Kölner Beiträge
zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut
Digitale Edition
Band 2

Neue Untersuchungen zur Rissschließung in Leinwandbildträgern: Uni- und Biaxiale Zugprüfungen an Prüfkörpern aus verklebtem Leinengarn und -gewebe sowie freien Klebstofffilmen

Hannah Flock

2014
CICS (Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft)
Köln

Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut
Digitale Edition, Band 2

2014

Herausgeber:
Fachhochschule Köln
Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft (CICS)
Ubierring 40, D-50968 Köln

Satz / Realisierung des Layouts: Hannah Flock

Dieser Band basiert auf der Masterarbeit von Hannah Flock, betreut durch Dipl.-Rest. Petra Demuth und Prof. Dr. Elisabeth Jägers

© Hannah Flock

Kurzzusammenfassung

Die Einzelfadenverklebung zur Rissschließung in Leinwandbildträgern stellt ein bedeutendes Forschungsfeld dar, dem sich diese Arbeit widmet:

Erstmalig wurden in einem gemeinsamen Kontext uniaxiale Zugprüfungen an freien Klebstofffilmen, verklebtem Garn und Gewebestreifen neben biaxialen Zugversuchen und multiaxialen Berstdruckprüfungen an Gewebeproben aus Leinen gegenübergestellt. Dazu wurden Rissverklebungen mit einer Auswahl unterschiedlicher Kunstharz-dispersionen und Störleim-Modifikationen in überlappenden bzw. Stoß-auf-Stoß-Verbindungen mit und ohne Fadenbrücken angefertigt.

Ziel der Untersuchung war es, die einzelnen Einflussfaktoren bei den verschiedenen Versuchsreihen zu vergleichen und eine geeignete Prüfsystematik für die Klebstoff-bewertung zur Rissbehandlung in textilen Bildträgern zu entwickeln.

Es zeigte sich, dass nur die Prüfung mehrerer verklebter Fäden im Gewebeverbund als langfristig sinnvoller Prüfaufbau verfolgt werden sollte. Im Zuge der Verklebungsbetrachtung konnten zudem vielversprechende Klebstoffe und -modifikationen gefunden sowie der zusätzlich verfestigende Effekt von Faden-brücken an Stoß-auf-Stoß-Verbindungen belegt werden.

Abstract

The focus of this thesis is thread-by-thread tear mending, for the treatment of torn canvas paintings on linen supports.

In this comparative investigation, uniaxial tensile tests on adhesive films, jointed linen threads and canvas strips, as well as biaxial tensile testing and burst pressure tests on canvas specimens have been carried out for the first time.

To show the correlation between these various testing procedures, tear repairs were prepared with a selection of different synthetic resin based dispersions and modifications of sturgeon glue for butt and overlapping joints. Generally, the test methods using fabric specimens (i. e. multiple threads) seemed to be the most appropriate way to evaluate mended tears. Furthermore, some adhesives showing promising tear mending properties were found and the strengthening effect of bridging threads for butt joints was proven.

Danksagung

An erster Stelle möchte ich meinen beiden Prüferinnen Dipl.-Rest. Petra Demuth und Prof. Dr. Elisabeth Jägers für die anregenden Gespräche und Hilfestellungen im Zuge meines zweijährigen Masterprojekts danken. Insbesondere Frau Demuth hatte ein immer offenes Ohr und hat voller Elan das Masterprojekt auf seinem Weg begleitet.

Herzlich bedanken möchte ich mich in diesem Rahmen daher auch bei den Mitarbeitern des Lehrstuhls für technische Mechanik der Uni des Saarlandes, Prof. Dr.-Ing. Stefan Diebels für die großzügige Ermöglichung der Kooperation zur Durchführung der Biaxversuche und Dipl.-Ing. Tobias Scheffer sowie insbesondere Dipl.-Ing. Henning Seibert für die intensive Betreuung und gute Zusammenarbeit.

Dank gilt zudem Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße, die als Textilingenieurin unseres Instituts maßgeblich zur systematischen Planung der Prüfungen beigetragen hat.
Auch Frau Dipl.-Ing. Bettina Bieber vom Sächsischen Textilforschungsinstitut in Chemnitz habe ich zu danken für die zahlreichen Hilfestellungen in textilwissen-schaftlichen Fragen und die freundliche Ermöglichung der Berstdruckversuche.

Des weiteren waren im Zuge der vorbereitenden Recherchen die Besuche am Institut für Lacke und Oberflächenchemie der Hochschule Niederrhein in Krefeld und am Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung in Bremen eine große Hilfe, sodass Herrn Prof. Dr. Michael Groteklaes, Prof. Dr. Thomas Brock und Alice Biniek sowie Dr.-Ing. Thomas Kowalik und Frau Katharina Koschek ebenfalls Dank gebührt.

Zu nennen sind auch Dipl.-Ing. Klaus Saxe, Thomas Homm und Stefanie Schülpen des Instituts für Leichte Flächentragwerke der Uni Duisburg-Essen, ohne deren hilfreiche Auskünfte es wohl zu keiner Biaxprüfung gekommen wäre.

Auch Thomas Schwan als Leiter der Zentralwerkstatt Maschinenbau sowie Dipl.-Ing. Christian Ihns vom Labor für Bau- und Werkstoffprüfung ist zu danken für die unermüdliche Anfertigung immer neuer Sonderwünsche und Hilfe bei der Prüfungsvorbereitung.

Zu danken ist ebenfalls allen weiteren kontaktierten Instituten und Firmen für die freundliche Bereitstellung von Geräten und Produktmustern, allen voran die Fa. Erichsen, sowie der Fa. Zwick für die freundlichen Auskünfte in nicht enden wollenden Prüffragen.

Großer Dank gilt zudem Dipl.-Inf. Florian Faber und Dr. Heike Marathon für die Hilfestellung bei der Auswertung, das Lektorat und die moralische Unterstützung im Endspurt. Und nicht zuletzt möchte ich zudem meinem Vater Dipl.-Ing. Stephan Flock für die Ermöglichung dieses Studiums danken.

Inhaltsverzeichnis

TEIL I : EINFÜHRUNG / GRUNDLAGEN

1. Einleitung S. 17

2. Forschungsstand S. 19

3. Zielsetzung S. 21

4. Grundlagenbegriffe S. 22
- **4.1** Leinengewebe als Bildträger S. 22
- **4.2** Rissentstehung S. 23
- **4.3** Einzelfadenverklebung S. 23

5. Klebstoffauswahl S. 25
- **5.1** Klebstoffanforderungen S. 25
- **5.2** Kunstharzdispersionen S. 26
  - **5.2.1** Polyvinylacetat (PVAc)-Dispersionen S. 27
  - **5.2.2** Ethylen-Vinylacetat (EVA)-Dispersionen S. 28
  - **5.2.3** Acrylharzdispersionen S. 29
- **5.3** Störleim-Weizenstärkekleister S. 29
- **5.4** Klebstoffmodifikationen S. 30
  - **5.4.1** Verdünnung mit Wasser S. 30
  - **5.4.2** Zusatz von Cellulosederivat S. 31
  - **5.4.3** Zusatz von Cellulosefasern S. 32
- **5.5** Sonderbetrachtungen S. 32
  - **5.5.1** Beva 371 S. 33
  - **5.5.2** Störleim 40 % S. 33
- **5.6** Übersicht zur letztlichen Klebstoffauswahl S. 34

TEIL II : HAUPTTEIL / VERSUCHE

6. Uniaxiale Zugprüfungen an freien Klebstofffilmen S. 35

6.1 Probekörpervorbereitung S. 36

6.2 Aufbau und Durchführung S. 37

6.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung S. 38

6.4 Einzelauswertungen S. 39

6.4.1 Polyvinylacetat (PVAc)-Dispersionen S. 40

Mowilith D 50

Mowilith DHS S1

Mowilith DHS S1 + H_2O

Mowilith DHS S1 + Methocel A4C

Mowilith LD 167

Jade 403 N + Arbocel BWW 40

Vinamul 8481

Vinnapas DP 600

6.4.2 Ethylen-Vinylacetat (EVA)-Dispersionen S. 44

Evacon-R

Evacon-R + Methocel A4C

Evacon-R + Arbocel BWW 40

Lineco

Lineco + H_2O

Lineco + Methocel A4C

Lineco + Arbocel BWW 40

6.4.3 Acrylharzdispersionen S. 48

Mowilith DM 771 + Methocel A4C

6.4.4 Störleim-Modifikationen S. 48

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

Störleim-Weizenstärkekleister (kaltlöslich)

Störleim 25 % + Arbocel BWW 40

Störleim 40 %

6.4.5 Beva 371 S. 51

6.5 Gesamtauswertung S. 52

7. Uniaxiale Zugprüfungen an Einzelfäden S. 57

7.1 Probekörpervorbereitung S. 57

7.1.1 Testgarn S. 57

7.1.2 Probekörperanfertigung und -verklebung S. 58

7.2 Aufbau und Durchführung S. 58

7.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung S. 59

7.3.1 Nullproben S. 59

7.3.2 Verklebungen S. 60

7.4 Einzelauswertungen S. 60

7.4.1 Nullproben S. 62

Garn / TextilTrade

7.**4.2** Polyvinylacetat (PVAc)-Dispersionen S. 63

Mowilith D 50

Mowilith DHS S1

Mowilith DHS S1 + H_2O

Mowilith DHS S1 + Methocel A4C

Mowilith LD 167

Jade 403 N + Arbocel BWW 40

Vinamul 8481

Vinnapas DP 600

7.**4.3** Ethylen-Vinylacetat (EVA)-Dispersionen S. 66

Evacon-R

Evacon-R + Methocel A4C

Evacon-R + Arbocel BWW 40

Lineco

Lineco + H_2O

Lineco + Methocel A4C

Lineco + Arbocel BWW 40

7.**4.4** Acrylharzdispersionen S. 70

Mowilith DM 771 + Methocel A4C

7.4.5 Störleim-Modifikationen S. 71

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

Störleim-Weizenstärkekleister (kaltlöslich)

Störleim 25 % + Arbocel BWW 40

Störleim 40 %

7.5 Gesamtauswertung S. 74

8. Uniaxiale Zugprüfungen an Gewebestreifen S. 77

8.1 Probekörpervorbereitung S. 77

8.1.1 Testgewebe S. 77

8.1.2 Probekörperanfertigung und -verklebung S. 78

8.2 Aufbau und Durchführung S. 79

8.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung S. 80

8.3.1 Nullproben S. 80

8.3.2 Verklebungen S. 80

8.4 Einzelauswertungen S. 81

8.4.1 Schussgarn / Testgewebe Sironi S. 82

8.4.2 Nullproben / Testgewebe Sironi S. 83

Schmale Streifen (12 Fäden)

Breite Streifen (24 Fäden)

8.4.3 Polyvinylacetat (PVAc)-Dispersion S. 85

Mowilith DHS S1

8.4.4 Ethylen-Vinylacetat (EVA)-Dispersion S. 86

Lineco

Lineco + Methocel A4C

8.4.5 Störleim-Modifikationen S. 89

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

Störleim-Weizenstärkekleister (kaltlöslich)

Störleim 25 % + Arbocel BWW 40

8.5 Gesamtauswertung S. 93

9. Biaxiale Zugprüfungen an Gewebekreuzproben S. 96

9.1 Probekörpervorbereitung S. 96

9.1.1 Testgewebe S. 97

9.1.2 Probekörperanfertigung und -verklebung S. 97

9.2 Aufbau und Durchführung S. 99

9.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung S. 100

9.3.1 Nullproben S. 101

9.3.2 Verklebungen S. 103

9.4 Einzelauswertungen S. 104

9.4.1 Nullproben S. 105

Testgewebe Sironi

9.4.2 Verklebungen S. 107

Lineco

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

9.5 Gesamtauswertung S. 110

10. Multiaxiale Berstdruckprüfungen an Gewebeflächen S. 115

10.1 Probekörpervorbereitung S. 116

10.1.1 Testgewebe S. 116

10.1.2 Probekörperanfertigung und -verklebung S. 117

10.2 Aufbau und Durchführung S. 117

10.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung S. 119

10.3.1 Nullproben S. 119

10.3.2 Verklebungen S. 120

10.4 Einzelauswertungen S. 121

10.4.1 Nullproben S. 121

Nullproben / Testgewebe Sironi

10.4.2 Verklebungen S. 122

Lineco

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

10.5 Gesamtauswertung S. 124

TEIL III: SCHLUSSTEIL / GESAMTAUSWERTUNG

11. Versuchsübergreifender Vergleich S. 127
11.1 Nullproben S. 127
11.2 Verklebungen / Lineco S. 128
11.3 Verklebungen / Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich) S. 128

12. Zusammenfassung, Vergleich u. Bewertung der Versuchsergebnisse S. 130
12.1 Zur allgemeinen Evaluierung der Klebstoffe S. 130
12.2 Zu den verschiedenen Verklebungstechniken S. 133
12.3 Zu den Prüfmethoden S. 134

13. Fazit S. 138

14. Ausblick S. 140

TEIL IV : ANLAGEN

Anhang

A.1 Abbildungen zu den Prüfungen

A.1.1 Klebstofffilmprüfung

A.1.2 Einzelfadenprüfung

A.1.3 Streifenzugversuche

A.1.4 Biaxversuche

A.1.5 Berstdruckversuche

A.2 Dokumentation der Probekörper

A.2.1 Nullproben

A.2.2 Mowilith D 50

A.2.3 Mowilith DHS S1

A.2.4 Mowilith DHS S1 + Methocel A4C

A.2.5 Mowilith DHS S1 + H_2O

A.2.6 Mowilith LD 167

A.2.7 Lineco

A.2.8 Lineco + H_2O

A.2.9 Lineco + Arbocel BWW 40

A.2.10 Lineco + Methocel A4C

A.2.11 Evacon-R

A.2.12 Evacon-R + Methocel A4C

A.2.13 Evacon-R + Arbocel BWW 40

A.2.14 Jade 403 N + Arbocel BWW 40

A.2.15 Vinnapas DP 600

A.2.16 Vinamul 8481

A.2.17 Beva 371

A.2.18 Mowilith DM 771 + Methocel A4C

A.2.19 Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

A.2.20 Störleim + Weizenstärke (kaltlöslich)

A.2.21 Störleim + Arbocel BWW 40

A.2.22 Störleim 40 %

A.3 Details zur Klebstoffauswahl

A.3.1 Klebstoffeigenschaften

Tabelle I: Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

Tabelle II: Filmauffälligkeiten

A.3.2 Untersuchungen und Analysen

Tabelle I: Ergebnisse der Untersuchungen und Analysen

A.3.3 Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Tabelle I: Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

A.4 Details zu Testgarn und -gewebe

A.4.1 Garn / Textiltrade

Tabelle I: Informationen zum Garn

Tabelle II: Zur Tex-Messung

Tabelle III: Zum Fadendurchmesser

Tabelle IV: Zur Dichte

A.4.2 Gewebe / Sironi

Tabelle I: Informationen zum Gewebe

Tabelle II: Zur Tex-Messung

Tabelle III: Zum Fadendurchmesser

Tabelle IV: Zur Fadendrehung

Tabelle V: Zur Gewebeschlichte

A.5 Material- und Produktverzeichnis

A.5.1 Klebstoffmaterialien

Tabelle I: Hersteller- und Bezugsadressen

A.5.2 Rezepte und Anleitungen

Tabelle I: Störleimfolienherstellung

Tabelle II: Herstellung Störleim-Weizenstärkekleister

Tabelle III: Klebstoffmodifikation / Celluloseetherzusatz

Tabelle IV: Klebstoffmodifikation / Cellulosefaserzusatz

Tabelle V: Herstellung Fadenbrücken

A.5.3 Materialien, Geräte und weitere Hilfsmittel

A.6 Details zur Probekörperherstellung

A.6.1 Details zu den freien Klebstofffilmen

Tabelle I: Allgemeines zur Herstellung Probekörper

Tabelle II: Parameter zur Klebstofffilmherstellung

Tabelle III: Filmdickenmessung

Tabelle IV: Anzahl hergestellter + geprüfter Probekörper

A.6.2 Details zu den Einzelfäden

Tabelle I: Vorbereitung der Einzelfadenprobekörper

Tabelle II: Überblick zu den Einzelfadenprobekörpern

A.6.3 Details zu den Gewebestreifen

Tabelle I: Vorbereitung der Gewebestreifenprobekörper

Tabelle II: Überblick zu den Gewebestreifenprobekörpern

A.6.4 Details zu den Gewebekreuzproben

Tabelle I: Vorbereitung der Gewebekreuzprobekörper

Tabelle II: Überblick zu den Gewebekreuzprobekörpern

A.6.5 Details zu den Berstdruckproben

Tabelle I: Vorbereitung der Berstdruckprobekörper

Tabelle II: Überblick zu den Berstdruckprobekörpern

A.7 Verklebungsprotokolle

A.7.1 Verklebungsleitfaden

Tabelle I: Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Tabelle II: Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Tabelle III: Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

A.7.2 Übersicht zu den angefertigten Textilprobekörpern

Tabelle I: Angefertigte Nullproben

Tabelle II: Angefertigte Klebungen

Tabelle III: Gesamtanzahl angefertigter Textilprobekörper

A.8 Zur Klebstofffilmprüfung

A.8.1 Wertetabellen

Tabelle I: Probenprotokoll

Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung

A.8.2 Grafiken und Diagramme

Diagramme I: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Diagramme II: Klebstofffilmprüfung im Überblick

A.9 Zur Einzelfadenprüfung

A.9.1 Wertetabellen

Tabelle I: Probenprotokoll

Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung

A.9.2 Grafiken und Diagramme

Diagramme I: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Diagramme II: Einzelfadenprüfung im Überblick

A.10 Zu den Streifenzugversuchen

A.10.1 Wertetabellen

Tabelle I: Probenprotokoll

Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung

A.10.2 Grafiken und Diagramme

Diagramme I: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Diagramme II: Gewebestreifenprüfung im Überblick

A.11 Zu den Biaxversuchen

A.11.1 Wertetabellen

Tabelle I: Probenprotokoll

Tabelle II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung

A.12.2 Grafiken und Diagramme

Diagramme I: Kraft-Zeit- und Kraft-Weg-Diagramme

Diagramme II: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Diagramme III: E-Modul-Ermittlungs-Diagramme

Diagramme IV: Biaxprüfung im Überblick

A.12 Zu den Berstdruckversuchen

A.12.1 Wertetabellen

Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung

A.12.2 Grafiken und Diagramme

Diagramme I: Berstdruckprüfungen im Überblick

A.13 Auswertung im erweiterten Kontext

Diagramme I: Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

A.14 Einstellungen der Prüfgeräte

A.14.1 Zwick

Tabelle I: Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Tabellen II: Darstellung der Problematik bei der E-Modul-Bestimmung

A.14.2 Biaxprüfung

A.14.3 Berstdruckgerät

A.15 Glossar zu den Prüfungen

A.16 Klimaaufzeichnungen

A.16.1 Überblick zu Probenherstellungs-, Lager und Prüfzeiträumen

A.16.2 Thermohygrographenblätter

A.17 Abbildungsverzeichnis und Fotoprotokoll

Tabelle I: Verzeichnis der Darstellungen

Tabelle II: Quellenverzeichnis der Darstellungen

Tabelle III: Fotoprotokoll

A.18 Bibliografie

A.18.1 Literatur- und Quellenverzeichnis

I. Allgemeine Literatur

II. Schriftliche Mitteilungen

III. Internetquellen

IV. Normen / Standards

V. E-mail-Verkehr und mündliche Mitteilungen

A.18.2 Weiterführende Quellen und Literatur

I. Zur Rissbehandlung und -verklebung

II. Zur biaxialen Prüfung

A.19 Abkürzungsverzeichnis

A.20 Digitaler Anhang

A.20.1 Produktdatenblätter

A.20.2 Prüfprotokolle und -dateien / Zwick

A.20.3 Prüfungsauswertung / Biax

A.20.4 Prüfprotokolle / Berstdruck

A.20.5 Auswertung / Excel

A.21 Eidesstattliche Erklärung

TEIL I: EINFÜHRUNG / GRUNDLAGEN

1. Einleitung

In der Gemälderestaurierung hat sich die Einzelfadenverklebung der im Gewebeverbund gerissenen Fäden als Maßnahme zur Behandlung von Rissen in textilen Bildträgern durchgesetzt. Man strebt so die Wiederherstellung des ursprünglichen Textilverbunds ohne abweichende Eigenschaften durchgehender Verklebungen an. In den vergangenen Jahrzehnten hat man sich in der Konservierungs- und Restaurierungswissenschaft daher zum Teil bereits intensiver mit der Einzelfadenverklebung zur Rissschließung beschäftigt.

Im Rahmen des zweijährigen Masterstudiums mit dem persönlichen Projektschwerpunkt *Klebstoffe und Materialforschung im Kontext der Rissverklebung an textilen Bildträgern* konnte sich umfangreich in dieses verschiedenste Themenbereiche überspannende Forschungsfeld eingearbeitet werden. Eine zentrale Rolle nahm hierbei die Auseinandersetzung mit dem aktuellen Forschungsstand zur Physik des textilen Bildträgers im Rahmen einer Projektsemesterarbeit im Wintersemester 2011/2012 ein.[1]

Obwohl sich bereits zahlreiche Arbeiten und Publikationen mit der Einzelfadenverklebung zur Rissschließung auseinandergesetzt haben, sind noch immer nicht für jede Problemstellung hinreichend geeignete Klebstoffe und Techniken gefunden. Auch die Eignung der bislang verwendeten Klebstoffe erscheint nicht ausreichend überprüft und gesichert.

Hierbei spielen u.a. Änderungen im Klebstoffsektor, wie zu überprüfende neuartige Produkte oder in der Produktion eingestellte Materialien, ebenso eine Rolle, wie die andauernde Notwendigkeit der Nutzung und Entwicklung verschiedenster Verklebungssysteme und -techniken, je nach Erfordernis des individuellen Objekts.

Wohl größter Nachteil bisheriger Forschungen ist jedoch leider die geringe Vergleichbarkeit der Ergebnisse:

[1] Siehe auch schriftliche Mitteilung FLOCK 2012.

Zwar existieren zahlreiche Daten aus Testreihen zur uni- und biaxialen Prüfung von intakten und verklebten Geweben, der uniaxialen Zugprüfung verklebter Einzelfäden sowie der allgemeinen Klebstoffprüfung, diese lassen sich jedoch in keinen gemeinsamen Kontext stellen.

Auch eine ausreichende Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Gemäldestrukturen konnte bislang nicht befriedigend umgesetzt werden. Die Fragestellung, welche Prüfmethode überhaupt eine geeignete Einschätzung von Rissverklebungsklebstoffen ermöglicht, konnte auf diese Weise noch nicht geklärt werden.

Ziel der Masterarbeit sollte daher sein, die Klebstoffevaluierung anhand übergreifender Testreihen durchzuführen, die bestenfalls Bezüge und Abhängigkeiten unterschiedlicher Klebstoffe, Verklebungstechniken und Prüfmethoden darstellen, um so letztlich auch erforderliche Übertragbarkeiten bisheriger Forschungsergebnisse zu ermöglichen.

Zudem wurde angestrebt, abweichend von bisherigen Untersuchungen nicht nur einen uniaxialen Versuchsaufbau zur Betrachtungen von Klebstoffen zur Einzelfadenverklebung zu verfolgen, sondern die Klebstoffbetrachtung ebenfalls anhand eines biaxialen Versuchsaufbaus durchzuführen:

Auf diese Weise sollten besser mit der tatsächlichen, zweiachsig aufgespannten Belastungssituation am Leinwandgemälde[2] vergleichbare Versuchsergebnisse erzielt werden, die letztlich eine realistischere Klebstoffevaluierung und Sicherung bisheriger sowie neuartiger Ergebnisse ermöglichen.[3]

[2] Im weiteren Verlauf wird der Terminus „Leinwandgemälde“ allgemein synonym für Gemälde auf textilem Bildträger verwendet.

[3] Gängige uniaxiale Prüfmethoden belasten Gewebeproben lediglich in einer Richtung, wodurch Querkontraktion eintritt. Im Falle letztlich biaxial belasteter Gewebestrukturen ergeben sich unter diesen abweichenden uniaxialen Prüfbedingungen verfälschte Ergebnisse durch u.a. höhere Dehnwerte als tatsächlich biaxial auftretend (CHEN, EGBERS 1995, S. 570).

2. Forschungsstand

Insbesondere in den letzten Jahren wurde am Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft (CICS) der FH Köln umfangreiche Grundlagenforschung zur Einzelfadenverklebung in textilen Bildträgern betrieben, speziell auf Initiative durch Frau Dipl.-Rest. Petra Demuth in Fortführung der intensiven Forschungsarbeit Winfried Heibers.[4]

Mit ihrer Diplomarbeit zu *Klebstoffen für die Rissverklebung in Leinengeweben* hat REUBER einen umfassenden Überblick zum derzeitigen Forschungsstand der Rissverklebung sowie für diese geeigneten Klebstoffe ermöglicht und so den Anstoß zur intensivierten Forschung auf dem Gebiet der Einzelfadenverklebung am CICS geben können:

In ihrer Arbeit hat REUBER erstmalig eine große Vielzahl unterschiedlicher Klebstoffe anhand von uniaxial geprüften Einzelfäden und exemplarischen Gewebestreifenprüfungen systematisch gegenübergestellt.[5]

Weitere wertvolle Erkenntnisse konnten aufbauend durch VOGEL in spezieller Auseinandersetzung mit dem zur Einzelfadenverklebung üblichen 'Standard-Klebemittel' Störleim-Weizenstärke und dessen Modifikation anhand weiterer Einzelfadenprüfungen gewonnen werden.[6]

Während REUBER und VOGEL wie in der Vielzahl bisheriger Publikationen lediglich die ideale überlappende Verklebungssituation betrachteten, hat sich BALTSCHEIT im Rahmen der jüngsten im Rissverklebungskontext entstandenen Abschlussarbeit am CICS dem „worst case“ der Stoß-auf-Stoß-Verklebung gewidmet und in diesem Rahmen ebenfalls uniaxiale Zugversuche an verklebten Einzelfäden durchgeführt.[7, 8]

In den jüngsten Arbeiten wurde daher letztlich die uniaxiale Zugprüfung einzelner verklebter Fäden zur Evaluierung von Klebstoffen und Techniken zur Einzelfadenverklebung an Leinwandgemälden bevorzugt. Als große Unsicherheitsfaktoren stellten sich dabei jeweils hohe Streuungen der statistischen Werte getesteter Verklebungen sowie kaum mögliche Übertragbarkeiten der Ergebnisse auf Gemäldestrukturen dar.

---

4 Siehe hierzu u.a. HEIBER 1996 sowie HEIBER 2003 und aktuellste Publikation am CICS zusammengetragener Ergebnisse DEMUTH et al. 2011.

5 Daher soll an dieser Stelle weiterführend auf den zusammengefassten Forschungsüberblick REUBERs verwiesen werden (REUBER 2010). Ein ergänzender Literatur- und Quellenüberblick findet sich zudem unter A.18.2.

6 Vgl. VOGEL 2010.

7 Vgl. BALTSCHEIT 2011.

8 Zur Technik der Einzelfadenverklebung siehe auch unter 4.3.

Bisherige Forschungsarbeiten im Hinblick auf eine biaxiale Prüfung von Einzelfadenverklebungen zur Klebstoffevaluierung sind nicht bekannt. Allgemein bilden biaxiale Versuchsaufbauten im Forschungskontext der Konservierung und Restaurierung, trotz prinzipiell naheliegender Erfordernis durch ebenfalls zweiachsig aufgespannte Leinwandgemälde, bisher noch die Ausnahme.[9] Als Grund dafür ist sicherlich auch die Sonderrolle biaxialer Textilprüfungen im übergeordneten Kontext anzuführen.[10]

[9] Vgl. u.a. BERGER, RUSSEL (1988), YOUNG (1996), YOUNG (1999), YOUNG, HIBBERD (1999) BERGER, RUSSEL (2000) und LIPINSKI (2010).

[10] Näheres unter Punkt 9.

3. Zielsetzung

Es ergaben sich für diese Arbeit somit folgende Hauptziele:

1. Evaluierende Betrachtung ausgewählter Klebstoffe hinsichtlich ihrer Eignung für die Einzelfadenverklebung unterschiedlicher Techniken,
2. dabei direkter Vergleich der Verklebungstechniken untereinander,
3. Darstellung der Abhängigkeiten von uniaxial getesteten un-/verklebten Einzelfäden und Gewebestreifen sowie biaxial geprüften Gewebestrukturen zur Ermöglichung der Versuchsergebnisübertragung,
4. Finden einer geeigneten Prüfsystematik zur Evaluierung von Rissverklebungsklebstoffen, speziell hinsichtlich glaubwürdiger Ergebnisse im Ausblick auf die langfristige Übertragbarkeit in Gemäldestrukturen.

Es wurden daher umfassende Versuchsreihen durchgeführt, die in der vorliegenden Arbeit nacheinander zusammenfassend dargestellt werden:

Zunächst erfolgt die uniaxiale Zugprüfung freier Klebstofffilme, um die Eigenschaften der reinen Klebstoffe losgelöst vom Verklebungskontext betrachten zu können. Auf diese Weise werden wertvolle Vergleichswerte der Klebstoffe untereinander ermöglicht und zudem ein langfristiger Bezug zu bisheriger Klebstoffmaterialforschung hergestellt.

Darauf aufbauend werden die zur Rissverklebungs-Prüfung gängigen uniaxialen Zugversuche an Einzelfäden sowie weiterführend an Gewebestreifen aufgegriffen.

Abschließend wird die Übertragung der Verklebung in einen biaxialen Prüfaufbau vorgenommen, um so eine größere Annäherung an die tatsächliche, zweiachsige Situation am Leinwandgemälde zu erzielen. Hierzu werden biaxiale Zugversuche und Berstdruckversuche herangezogen.

Insgesamt werden dabei jeweils Nullproben aus Leinengarn/ -gewebe sowie an diesen durchgeführte Verklebungen in den unterschiedlichen gebräuchlichen Verklebungstechniken[11] gegenübergestellt. Im Rahmen der Grundlagenforschung erfolgt dabei zunächst eine Beschränkung auf rein textile Strukturen, ungeachtet des üblichen weiteren Gemäldeaufbaus im Sinne nachfolgender Behandlungen bzw. Beschichtungen.

Ziel ist, auf diese Weise erstmalig aufeinander aufbauende, vergleichbare und reproduzierbare Ergebnisse eines gemeinsamen Kontexts zu schaffen.

[11] Zu den Verklebungstechniken siehe auch unter 4.3 sowie A.7.1 / Tabelle II.

4. Grundlagenbegriffe

Es folgt zunächst eine kurze Übersicht erforderlicher Verständnisgrundlagen:[12]

4.1 Leinengewebe als Bildträger

Zur Herstellung textiler Bildträger kommen unterschiedlichste natürliche und synthetische Fasern zum Einsatz. Am häufigsten findet sich aus der natürlichen Bastfaser Flachs hergestelltes Leinengewebe, weshalb sich in dieser Arbeit zunächst darauf beschränkt werden soll.

Hauptbestandteil der Bastfaser Flachs ist das Polysaccharid Cellulose; die Cellulosefaser besteht ganz allgemein aus gebündelten Fibrillen, welche sich wiederum aus Mikrofibrillen zusammensetzen. Durch den vielschichtigen Aufbau bilden sich zahlreiche Hohlräume, welche u.a. für Wasserdampfmoleküle[13] zugänglich sind.[14]

Um Bastfaserbündel zu gewinnen, bedarf es der Aufbereitung der Flachspflanze durch den klassischen Schritt des Röstens sowie mechanischer Behandlung in Form des Brechens, Reibens, Schwingens, Schneidens und Hechelns. Die aufbereiteten Fasern werden zum eigentlichem Faden oder Garn versponnen.[15]

Ein Gewebe ist laut Definition ein textiles Flächengebilde, welches durch das rechtwinklige Verkreuzen von unterschiedlichen Fadengruppen erhalten wird. Das längs im Webstuhl bzw. in der Webmaschine verlaufende System bildet hierbei die Kette, dazu quer läuft der eingeschobene Schuss. Der Schuss bildet am äußersten Kettrand bei der Wende die sogenannte Webkante.
Die Art und Weise der Verkreuzung von Kett- und Schusssystem wird durch die Bindungsart beschrieben; häufig liegt die einfache Überkreuzung in Leinwand oder auch Leinenbindung vor.

Üblicherweise stellen die Kettfäden das aktiv tragende[16], die Schussfäden hingegen das füllende Element dar. Durch den Webvorgang werden die Fadensysteme umeinander herumgedrückt (häufig speziell die Kette um den Schuss), was zu einer Art Wellenbewegung im

[12] Auf Grund des begrenzten Umfangs der Arbeit, soll dies in aller Kürze erfolgen. Die nachfolgenden Ausführungen erheben daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit; es wird jedoch auf entsprechende Literaturstellen zwecks möglicher Vertiefung verwiesen.

[13] Eine mögliche Wasseraufnahme erfolgt in den amorphen Faserbereichen; die kristallinen Bereiche der Faser vermögen es nicht, Wasser aufzunehmen (TÍMÁR-BALÁZSY 1999, S. 661 ff.).

[14] Zum genaueren Leinenfaseraufbau siehe u.a. REUBER 2010 (S. 10-13) sowie vertiefend BOBETH 1993 sowie VITI, HAUDEK 1981.

[15] Vgl. u.a. REUBER 2010 (S. 10-13), SCHLIEFER 1975 (S. 247-252) sowie VITI, HAUDEK 1981 (S. 86 f.).

[16] Daher weist der Kettfaden zumeist auch eine stärkere Drehung auf (ZENKER 1998, S. 342).

Gewebe führt.[17] Bedingt durch Webvorgang und -struktur weisen Leinwände allgemein anisotrope, das heißt richtungsabhängig ungleiche mechanische Eigenschaften auf.[18]

4.2 Rissentstehung

In textilen Bildträgern entstehen Risse ganz allgemein durch gerichteten Zug in einer oder aber zwei gegeneinander gerichteten Richtungen sowie Überdruck.[19] An leinengebundenen Geweben treten am häufigsten kettfadenparallele Risse im Schuss auf.[20]

Allgemein können je nach Schadenshergang, Gewebematerial, Bindungsart und Objektkontext spezifische Schadensphänomene verschiedener Länge und Lage entlang der Rissränder ausgebildet werden.[21]

4.3 Einzelfadenverklebung

Bei der Einzelfadenverklebung werden die Fadenenden der Rissstelle wieder einzeln miteinander verklebt, um so möglichst Spannungsverteilung, Festigkeit im Sinne einer Belastbarkeit, Elastizität und Reaktionsfähigkeit, d.h. Beweglichkeit des ursprünglichen Bildträgers zurückzugewinnen bzw. zu erhalten.

Die Verbindung kann prinzipiell auf drei verschiedene Arten erfolgen:

1. Stoß-auf-Stoß / **SAS**
   (direktes Aneinanderfügen der Fadenenden ohne Überlappung),

2. einfach überlappend / **Ü**

[17] Vgl. u.a. SCHEEL 1992 (S. 73) und ZENKER 1998 (S. 338, 346).

[18] Für zusammenfassende Darstellungen der näheren mechanisch-physikalischen Bildträgereigenschaften vgl. u.a. BRAKEBUSCH 1996 oder schriftliche Mitteilung FLOCK 2012.

[19] Man unterscheidet nach Rissen und Berstungen: Während Risse durch Ausübung axialer Zugkräfte in ein oder zwei Richtungen entstehen, sind Berstungen die Folge radial in alle Richtungen ausgerichteter Dehnung. Am Gewebe lassen sich die ausgeübten Zug- und Dehnungskräfte jedoch zumeist nicht trennen (vgl. u.a. HEIBER 1996, S. 121).

[20] Zu erklären ist dies damit, dass im Webvorgang oft mehr Kettmaterial verwendet wird: Die Kette ist länger und dehnbarer als der kürzere, stärker gespannte Schuss, welcher so den alleinigen Druck tragen muss und nachgibt (ZENKER 1998, S. 348).

[21] Vgl. u.a. HEIBER 1996 (S. 120 ff.), HEIBER 2003 (S. 36), BUCHER 2000 (S. 38 f.) und BECKER 2002 (S. 12, 26).

(bestenfalls mind. ein Millimeter Überlappung ohne weitere Verzahnung),

3. sowie im Idealfall überlappend verzahnt / **ÜV**
   (mit zusätzlich vermengten Fasern der Fadenenden zwecks Verzahnung und so möglicher Stabilisierung im Sinne keiner durchlaufenden Klebefuge).

Des weiteren ist das zusätzliche Aufbringen von Fadenbrücken möglich / **SAS+B**:

Im Rahmen dieser Arbeit wird dabei lediglich die übliche Anwendung der Fadenbrücken als zusätzliche Stabilisierung der Stoß-auf-Stoß-Verklebung zur erhofften optimierten Kraftübertragung betrachtet.[22]

Hierbei ist grundsätzlich darauf hinzuweisen, dass in der vorliegenden Arbeit zunächst normierte Idealsituationen betrachtet werden, in der Realität bedingt durch die Unordnung der Faserenden der Rissstellen jedoch zumeist Mischsituationen aus Stoß-auf-Stoß- sowie überlappenden Verbindungen im Gegensatz zu klaren Risskanten vorliegen. Des weiteren sind in der Regel eher Überlappungen von 0,3-0,5 mm vorzufinden, was die Verklebung technisch zusätzlich erschwert und gleichzeitig die Verklebungsfestigkeiten minimiert.[23, 24]

Auf eine detaillierte Darstellung der einzelnen Techniken muss auf Grund des begrenzten Umfangs der Arbeit an dieser Stelle verzichtet werden. Genauere Informationen zur angewandten Technik und Durchführung der Einzelfadenverklebungen im Zuge dieser Arbeit finden sich unter A.7.1.

[22] Vgl. u.a. HEIBER 1996 (S. 119), BECKER 2002 (S. 22), HOFFMANN 2009 (S. 4) und REUBER 2010 (S. 7, 16).

[23] Grundlegendes zur Problematik und Technik der Einzelfadenverklebung lässt sich u.a. bei HEIBER 1996 und HEIBER 2003 nachvollziehen.

[24] Zu umfassenden physikalischen Grundlagen zu Klebe- und Fügetechniken allgemein siehe u.a. HABENICHT 2009

5. Klebstoffauswahl

Im Anschluss wird die Klebstoffauswahl dieser Arbeit umrissen:

5.1 Klebstoffanforderungen

Allgemein gilt eine Vielzahl verschiedenster Anforderungen für die Klebstoffauswahl.[25] Zusammengefasst sollte der Klebstoff:

1. Eine möglichst hohe Klebkraft bei geringem Materialverbrauch aufweisen,
2. zwecks Adhäsion ausreichend gut benetzen,
3. möglichst annähernd die gleiche Kohäsion wie die zu verklebenden Fäden besitzen[26],
4. eine langsame Öffnung bei Klebungsversagen bieten,
5. flexibel-elastisch genug für klimatische Bildträgerbewegungen o.ä. sein,
6. und gleichzeitig steif genug entgegen möglicher Verformung,
7. eine geeignete, mittlere Dehnbarkeit aufweisen,
8. einen ausreichend hohen Glasübergangsbereich von ca. 40-65 °C besitzen,
9. Klimaschwankungen standhalten (ggf. leichte Hygroskopizität)[27],
10. über einen möglichst neutralen pH-Wert verfügen,
11. eine geeignete Viskosität und Applizierbarkeit bieten,
12. keine zu niedrige / hohe Mindestfilmbildungstemperatur haben[28],
13. eine gewisse Reversibilität und Wiederbearbeitbarkeit ermöglichen (Stichwort: idealerweise wasserquellbar/-löslich sowie thermoplastisch)[29],
14. keine optischen Veränderungen hervorrufen,

[25] REUBER hat einen umfangreichen Anforderungskatalog entwickelt, der hier nachfolgend verknappt dargestellt wird (vgl. REUBER 2010, S. 17-20).

[26] Zur Schadvermeidung sollte gelten: Kohäsion Klebstoff < Kohäsion Faden, d.h. bei Überlastung sollte sich die Klebestelle öffnen und kein neuer Riss nebenliegend entstehen.

[27] Obwohl teils feuchtigkeitsresistente Klebstoffe empfohlen werden, konnte REUBER eine bessere Beständigkeit gegen zyklische Klimaschwankungen an hygroskopischen Störleim-Klebemitteln im Vergleich zu PVAc verzeichnen (vgl. REUBER 2010, S. 19, 93); jedoch ist bei sämtlichen Klebstoffen mit einer Abnahme der erzielbaren Höchstzugkräfte nach Klimazyklen zu rechnen.

[28] Speziell im Hinblick auf eine mögliche Heiznadelnutzung.

[29] Aus gesundheitlichen Gründen sowie zum Schutz des Objekts ist dies der Quellbarkeit und Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln zumeist vorzuziehen.

15. möglichst homogen, frisch hergestellt, nicht überlagert o.ä. sein[30],
16. sowie natürlich eine gute Alterungsbeständigkeit aufweisen.

Als Klebstoffe zur Rissverklebung haben sich vor allem unterschiedliche Kunstharzdispersionen (Acrylate und insbesondere Polyvinylacetate) sowie das von HEIBER entwickelte „Standard-Klebemittel“ Störleim-Weizenstärke etablieren können.[31] Mitunter werden jedoch u.a. auch Polyamid-Schweißpulver, Epoxidharze sowie unterschiedliche Rezepturen mit Glutinleimen und Cellulosederivaten genutzt.

Umfangreiche Gegenüberstellungen verschiedener Klebemittel finden sich u.a. bei REUBER sowie DEMUTH et al.[32, 33]

Im Rahmen dieser Arbeit wurden einige vielversprechende, bisher getestete Klebstoffe aufgegriffen und um weitere Klebstoffe und Klebstoffmodifikationen ergänzt. Insgesamt wurden so 21 Klebstoffe unterschiedlicher Gruppen ausgewählt, welche nachfolgend vorgestellt werden.[34, 35]

5.2 Kunstharzdispersionen

Zur Rissverklebung wurden unter den Kunstharzdispersionen[36] bisher vor allem homopolymere Polyvinylacetatdispersionen (PVAc) erfolgreich angewendet. In jüngeren Arbeiten wurden zudem copolymere Ethylen-Vinylacetatdispersionen (EVA) näher betrachtet.[37, 38]

30 Stichwort: Mögliche Entmischung von Störleim-Weizenstärke oder überlagerter Dispersionen.

31 Vgl. HEIBER 1996 und HEIBER 2003.

32 REUBER stellte neben den Ergebnissen der Einzelfadenprüfung vorbereitend zudem die Klebstoffeigenschaften (Adhäsion, Kohäsion, Klimareaktion, Löslichkeit / Reversibilität sowie Alterungsverhalten) aller Klebstoffgruppen umfassend gegenüber (vgl. REUBER 2010, S. 8 f., 20-46). Daher erfolgt an dieser Stelle nur eine kurze Ausführung der Klebstoffauswahl.

33 Vgl. REUBER 2010 und DEMUTH et al. 2011.

34 Unter A.3.1 wurden sämtliche bekannte physikalische Kerngrößen und Eigenschaften ausgewählter Klebstoffe und -modifikationen versammelt.

35 Die Klebstoffauswahl erfolgte anhand bisheriger Testreihen anderer Arbeiten, weiterer Recherche im Klebstoffsektor und der Entwicklung neuartiger Rezepturen. Die letztliche Entscheidung erfolgte zudem über die Evaluierung erster freier Klebstoff-Testfilme und Probeverklebungen; siehe hierzu auch unter A.3.

36 Übliche Zusammensetzung einer Kunstharzdispersion: Wasser 50-70 %, Kunstharz 30-50 %, Netzmittel 1-3 %, Katalysator 1-3 %, Schutzkolloide 0-3 %, Weichmacher 0-5 %, Puffer 0-2 % sowie Verdicker 0-1 %. Ferner können weitere Additive wie Filmbildehilfsmittel, Lösungsmittel, Farbstoffe, Antioxidantien, Füllstoffe, Mikrobiozide, Entschäumungsmittel, Antistatica oder Verstärker enthalten sein. Vgl. u.a. EIPPER 1993 (S. 55, 62-64), DE WITTE et al. 1984 (S. 32), WILKS 1987 (S. 51 f.) und HORIE 2010 (S. 34).

37 REUBER (2010) testete lediglich PVAc, während bei BALTSCHEIT (2011) und DEMUTH et al. (2011) auch copolymere EVA betrachtet wurden.

38 Seltener werden für homopolymere Polyvinylacetate auch die Kürzel PVA oder PVAC sowie für copolymere Ethylen-Vinylacetate die Kürzel E/VA, E/VAC und PEVA verwendet.

Im Vergleich dazu erscheinen Acrylharzdispersionen, wohl auf Grund ihrer niedrigeren Glasübergangstemperaturen und schlechteren Verarbeitungseigenschaften[39], weniger beständige Verklebungen zu ermöglichen.[40]

5.2.1 Polyvinylacetat (PVAc)-Dispersionen

Nachteil der Polyvinylacetate ist ihr zumeist sauer eingestellter pH-Wert sowie die weitere Säureabspaltung in der Alterung. Sie besitzen in der Praxis jedoch den Vorteil vergleichsweise sehr widerstandsfähiger Einzelfadenverklebungen bei unkomplizierter Anwendung.[41]

Insgesamt wurden 6 verschiedene PVAc-Dispersionen ausgewählt:

Die drei Produkte **Mowilith D 50**, **Mowilith DHS S1** sowie **Mowilith LD 167** der Fa. Celanese wurden bereits von REUBER betrachtet.[42] Vielversprechendste Ergebnisse zeigte bisher das Produkt Mowilith D 50.[43]

Des weiteren sollte das von BALTSCHEIT getestete Produkt **Vinamul 8481**[44], ebenfalls der Fa. Celanese, getestet werden.[45]

---

39 Zu den Verarbeitungseigenschaften einiger Acrylharzdispersionen bei der Rissverklebung siehe auch unter A.3.3.

40 Vgl. u.a. REUBER 2010, S. 58, 67 f.

41 Vgl. auch REUBER 2010, S. 33 ff.

42 Alle drei Dispersionen weisen eine ähnliche Glasübergangstemperatur um 40 °C sowie einen Feststoffgehalt von ca. 50 % auf; in den Versuchen REUBERs schnitten sie jedoch unterschiedlich gut ab (REUBER 2010, S. 65-68). Sie sollten daher erneut betrachtet werden.

43 Mowilith D 50 schnitt von allen getesteten Klebstoffen bei REUBER am besten ab (vgl. REUBER 2010, S. 93). Die Produktion der Dispersion Mowilith D 50 wurde jedoch eingestellt (letztes Datenblatt: 03/2010). Die Dispersion sollte auf Grund der Ergebnisse REUBERs trotzdessen nochmals betrachtet werden, um entsprechende Vergleichswerte zu erhalten. Hierzu musste mangels beschaffbarer Alternative ein älteres, überlagertes Produkt verwendet werden (teilweise bereits entmischt / Phasentrennung erkennbar). Mitunter kann jedoch dies insofern von Vorteil sein, dass in vielen Restaurierungsateliers und -werkstätten auch überlagerte Dispersionen Verwendung finden; prinzipiell sind Kunstharzdispersionen jedoch nur ca. 6 Monate lagerfähig (freundliche schriftliche Mitteilung von Frau Dipl.-Rest. Eva Eis / Kremer Pigmente, Mail vom 23.08.2012).

44 Zur Klebstoffanalyse siehe auch unter A.3.2.

45 Das Produkt wurde erstmalig von BALTSCHEIT zur Rissverklebung getestet; als Fazit nennt BALTSCHEIT Vinamul 83481 als mögliche Alternative zum eingestellten Produkt Mowilith D 50 (BALTSCHEIT 2011, S. 83).

Zudem wurde die Dispersion **Vinnapas DP 600** der Fa. Wacker Chemie ausgewählt; das Vorgängerprodukt Vinnapas HP 60[46] wurde bereits von EIPPER zur Rissverklebung getestet.[47, 48]

Als sechste PVAc-Dispersion wurde **Jade 403 N** der Fa. Aabbitt hinzugenommen; das Vorgängerprodukt dieses Klebstoffs wurde u.a. von DOWN et al. anhand umfangreicher Untersuchungen für restauratorische Zwecke empfohlen.[49] Jade 403 (N) konnte sich jedoch bisher in Europa kaum etablieren. Daher sollte diese Dispersion ebenfalls erstmalig zur Rissverklebung betrachtet werden.[50]

5.2.2 Ethylen-Vinylacetat (EVA)-Dispersionen

Copolymere EVA-Dispersionen weisen durch den chemischen Aufbau eine „innere Weichmachung“ auf und sind daher in der Regel flexibler, weicher und weniger zugfest als homopolymere PVAc.[51] In den Untersuchungen von DOWN et al. konnten für die betrachteten EVA jedoch bessere Alterungseigenschaften und neutralere pH-Werte als an PVAc- und anderen Kunstharzdispersionen festgestellt werden.[52]

Die beiden EVA-Dispersionen **Neutral pH Adhesive** der Fa. Lineco (in der Arbeit vereinfacht als **Lineco** bezeichnet) sowie **Evacon-R** der Fa. Conservation by Design Unlimited wurden bereits von BALTSCHEIT und bei DEMUTH et al. näher betrachtet.

---

46 Vinnapas HP 60 wurde zum 30.09.2009 eingestellt und durch Vinnapas DP 600 ersetzt (freundliche schriftliche Mitteilung von Herrn Jürgen Düsch / Wacker Chemie AG, Mail vom 20.03.2012).

47 Vgl. EIPPER 1993, S. 60 ff..

48 Vinnapas-Dispersionen wurden bisher kaum für restauratorische Zwecke eingesetzt (vgl. u.a. EIPPER 1993, schriftliche Mitteilung LATERMANN 2012 sowie Erwähnung bei KÜHLBERG 2012, S. 60). Ein Grund für die offensichtlich stark auf die Forschung beschränkte Erprobung und Nutzung ist der erschwerte Bezug der Vinnapas-Dispersionen: Neben dem Hersteller Wacker finden sich keinerlei weitere Vertriebe. Bisherige Lieferungen erfolgten daher lediglich im Rahmen der Hochschulunterstützung in Probegebinden von wenigen Litern (übliche Abnahmemenge: 23 Tonnen / Lieferung); an private Restauratoren werden ausdrücklich keine Produktproben geliefert (freundliche schriftliche Mitteilung von Herrn Jürgen Düsch / Wacker Chemie AG, Mail vom 20.03.2012). Trotz dessen stellen Vinnapas-Produkte potenzielle Alternativen für konservatorische und restauratorische Zwecke dar, sodass sie unbedingt weiter erforscht werden sollten.

49 Vgl. Jade 403 der Fa. Talas bei DOWN et al. 1996 (S. 29). Vermutlich kann zunächst von ähnlichen Eigenschaften des Nachfolgeprodukts ausgegangen werde; siehe hierzu unter A.3.2.

50 Dazu war die Klebstoff-Modifikation notwendig, da sich in Vorversuchen bereits eine starke Dehnbarkeit des Materials zeigte, sodass erst durch Cellulosefaser-Zusatz und damit verbundener Versteifung des Materials eine Eignung von Jade 403 N zur Rissverklebung in Betracht gezogen wurde; siehe auch nachfolgend Punkt 5.4.2 sowie unter A.3.3.

51 Vgl. u.a. EIPPER 1993 (S. 56-59) und REUBER 2010 (S. 33).

52 Vgl. DOWN et al. 1996, S. 27. Ausgehend davon widmete sich DOWN speziell den EVA nochmals in der Publikation DOWN 2000.

Beide Dispersionen weisen als Besonderheit neutrale pH-Werte auf und sollen auch nach der Trocknung wasserlöslich bleiben.[53] Zwar hat lediglich Lineco in bisherigen Versuchen deutlich bessere Verklebungsergebnisse erzielen können, jedoch wurde Evacon-R zu Vergleichszwecken ebenfalls erneut mit in die Klebstoffauswahl aufgenommen.[54]

5.2.3 Acrylharzdispersionen

Sämtliche bisher im Hinblick auf die Rissverklebung von Leinengeweben getesteten Acrylharzdispersionen wiesen deutlich geringere Zugfestigkeiten sowie schlechtere Verarbeitungseigenschaften im Vergleich mit anderen betrachteten Kunstharzdispersionen auf. Daher soll von diesen Produkten kein Klebstoff weiter verfolgt werden.[55]

Bisher nicht betrachtet wurde jedoch das Reinacrylat **Mowilith DM 771** der Fa. Celanese, welches daher in die Auswahl mit aufgenommen wurde.[56]

5.3 Störleim-Weizenstärkekleister

Die von HEIBER entwickelte Mischung aus 20%igem Störleim[57] (Glutinleim) mit 10-13%igem Weizenstärkekleister im Verhältnis 1:1 hat sich als Standardklebemittel für die Rissverklebung etabliert.[58]

---

53 Im Zuge eigener Tests musste jedoch ein Verlust der zunächst tatsächlich gegebenen Wasserlöslichkeit der Filme innerhalb von 2,5 Jahren insbesondere an Lineco festgestellt werden; die Filme bleiben jedoch nach dieser Zeitspanne wasserquellbar und pH-neutral. Vgl. auch vertiefend schriftliche Mitteilung FLOCK 2010. Zu den pH-Werten und Analyseergebnissen der Klebstoffe siehe auch unter A.3.1 und A.3.2.

54 Vgl. u.a. BALTSCHEIT 2011 (S. 83) und DEMUTH et al. 2011 (S. 7-11). Zu erwähnen ist auch die bisherige nähere Betrachtung und verbreitetere Nutzung von Evacon-R im Rahmen anderer Restaurierungsdisziplinen (v.a. Papier und Textil), vgl. u.a. ALBERS 2011.

55 Vgl. u.a. REUBER 2010 (S. 58, 67 f.) und DEMUTH et al. 2011 (S. 7-11). Hinzu kamen im Zuge der eigenen Vorversuche zu Klebstofffilmherstellung und Rissverklebung ermittelte nachteilige Eigenschaften; siehe auch unter A.3.3.

56 Anhand erster Vorversuche ließen sich eine geringere Dehnbarkeit (ein höherer Tg-Wert) sowie bessere Filmbildungseigenschaften im Vergleich zu anderen Acrylharzdispersionen wie u.a. Plextol B 500 annehmen (vgl. auch unter A.3). Es erfolgte jedoch die Klebstoff-Modifikation mittels Zusatz von Celluloseethergel zwecks damit erkennbar verbundener Versteifung, da erst so eine Eignung zur Rissverklebung in Betracht gezogen wurde. Zur Modifikation siehe auch nachfolgend Punkt 5.4.2.

57 Bei Störleim handelt es sich um einen warmlöslichen Glutinleim, der aus der Schwimmblase des Störes (Fisch der Familie Acipenseridae) gewonnen wird; mitunter ist auch die Bezeichnung Hausenblase nach der Untergattung des Hausen üblich.

58 Vgl. HEIBER 1996 und HEIBER 2003.

Die Mischung bietet die Vorteile eines neutralen pH-Werts und der Warmwasserlöslichkeit bei vergleichsweise sehr hohen Zugfestigkeiten und bester Klimabeständigkeit der betrachteten Verklebungen im Rahmen bisheriger Testreihen REUBERs.[59]

Üblicherweise wird zur Herstellung native, warmlösliche Weizenstärke verwendet; im Rahmen ihrer Diplomarbeit hat sich jedoch VOGEL mit der alternativen Nutzung modifizierter, kaltlöslicher Weizenstärke beschäftigt.[60] Modifizierte Weizenstärke bietet die Vorteile einer vereinfachten Zubereitung und eines standardisierteren Materials homogenerer Qualitäten bei gleichbleibend hohen Zugfestigkeiten.[61]

Daher werden zudem die Klebstoffmischungen **Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)** sowie **Störleim + Weizenstärke (kaltlöslich)**[62] betrachtet. Zu Gunsten eines erhöhten, dem Feststoffgehalt der Kunstharzdispersionen näheren Feststoffgehalts, wird jeweils mit 13%iger Weizenstärke gearbeitet.

5.4 Klebstoffmodifikationen

Des weiteren sollten verschiedene Klebstoffmodifikationen getestet werden:[63]

5.4.1 Verdünnung mit Wasser

Häufig erfolgt in der Rissverklebungspraxis eine Verdünnung der Klebstoffe durch Wasserzusatz, um so deren Viskosität zu senken, die Benetzung und das Eindringvermögen des Klebstoffs zu optimieren und die Verarbeitung zu erleichtern. Aus diesem Grund wurden bereits von REUBER und BALTSCHEIT angewendete Verdünnungen ausgewählter Klebstoffe betrachtet, was zur genaueren Überprüfung des Einflusses auf die Verklebungseigenschaften ebenfalls weiter verfolgt werden sollte.[64]

---

59 Vgl. REUBER 2010 (S. 92 f.) und DEMUTH et al. 2011 (S. 19).

60 Vgl. VOGEL 2010.

61 Je nach gewählter modifizierter Stärke sind die erreichten Höchstzugkräfte ggf. sogar höher als mit getesteten nativen Weizenstärken (vgl. DEMUTH et al. 2011, S. 9, 19); vgl. auch VOGEL 2011, S. 11 f.

62 In ihrer Diplomarbeit betrachtete VOGEL verschiedene modifizierte Weizenstärken; in der Publikation DEMUTH et al. 2011 wurde ein zusätzliches Produkt der Fa. Gaylord betrachtet. Um weitere Werte zu diesem Material zu erhalten, wurde sich für die Nutzung der kaltlöslichen Weizenstärke der Fa. Gaylord entschieden. Zu den verwendeten Produkten sowie zur genauen Herstellung der Klebstoffmischung siehe auch unter A.5.1 und A.5.2.

63 Eine genaue Auflösung der ausgewählten Klebstoffmodifikationen findet sich nachfolgend als Übersicht unter Punkt 5.6.

64 Vgl. hierzu auch REUBER 2010 und BALTSCHEIT 2011.

5.4.2 Zusatz von Cellulosederivat

Durch Veretherung lässt sich unlösliche Cellulose, je nach Art hydrophiler bzw. hydrophober Substituenten und Grad der Substitution, in quellbare bis lösliche Derivate überführen.

Celluloseether sind Alkyd-, Aralkyl-, Hydroxyalkyl- und Carboxyalkylether der Cellulose. Es existieren einfache Ether sowie Mischether mehrerer unterschiedlicher Substituenten in der Cellulosekette; allgemein werden bei der Veretherung die Hydroxylgruppen nur partiell substituiert.

Methylcellulose (MC) zählt zu den Cellulosen; auf Grund gemeinsamer Eigenschaften werden jedoch auch Mischether vom Typ Hydroxyethyl-methylcellulose (HEMC), Hydroxypropyl-methyl-cellulose (HPMC), Hydroxybutylmethyl-cellulose (HBMC) sowie im weiteren Sinne Alkyl- und Hydroxyalkylalkyl-cellulosen zu den „Methylcellulosen“ gerechnet, was zu einem ungenauen Sprachgebrauch führt.[65]

Bereits BALTSCHEIT testete erfolgreich die Modifikation verschiedener PVAc- und EVA-Dispersionen mittels zugesetzten Celluloseethergelen (MC und HEMC), um so die zügige Häutchenbildung beim Abbinden zu verzögern, eine Verdünnung bei weniger starkem Klebkraftverlust sowie eine Steigerung der Wasserquellbarkeit zu erzielen.[66]

Im Rahmen der Klebstoffauswahl wurden nochmals unterschiedlichste Celluloseether hinsichtlich ihrer speziellen Eignung zur Klebstoffmodifikation zwecks Rissverklebung betrachtet.[67, 68]

Letztlich wurde die reine Methylcellulose (MC) **Methocel A4C** zur Klebstoffmodifikation ausgewählt:

In Zugversuchen BALTSCHEITs an freien Cellulosederivatfilmen konnten mit Methocel A4C die vergleichsweise höchsten Zugfestigkeiten erzielt werden.[69] Des weiteren lässt der chemische Aufbau von Methocel A4C (mittlerer Polimerisationsgrad, ergo Viskosität) eine geeignete

---

65 Vgl. u.a. BALSER, ISERINGHAUSEN 1975 (S. 192-194), SINDLINGER-MAUSHARDT, PETERSEN 2007 (S. 371-372) und GRUBER et al. 1975 (S. 189 f.).

66 Zur Anwendung hochviskoser Dispersionen bei der Rissverklebung ist deren Verdünnung wie erwähnt üblich, was jedoch die Festigkeit der Klebung bislang nachweislich reduzierte; vgl. u.a. REUBER 2010 (S. 67 f.) und BALTSCHEIT 2011 (S. 9).

67 Eine Darstellung des gesamten Recherchehintergrunds würde den Rahmen des Kapitels sprengen; siehe hierzu auch unter A.3.3. Zur Vertiefung siehe u.a. SINDLINGER-MAUSHARDT, PETERSEN (2007), WEILER (2009), GRUBER et al. (1975), KENNEDY et al. (1985) und SCHLIEFER (1975).}

68 Des weiteren wurde sich zunächst gegen die alternative Nutzung von Stärkederivaten entschieden; siehe vertiefend u.a. GÜTTLER (2005), WALTRINY (2003), ULMANN (1970), TEGGE (2004), ZIJDERFELD (1973) sowie freundliche schriftliche Mitteilung GÜTTLER.

69 BALTSCHEIT betrachtete des weiteren die Produkte Tylose MH 50, Tylose MH 200, Tylose MH 2000, Methocel A15 sowie Methocel A4M (BALTSCHEIT 2011, S. 34); letztlich entschied sich BALTSCHEIT auf Grund niedrigeren Polymerisationsgrads (und somit Viskosität zwecks Verdünnung) jedoch für Tylose MH 50 (BALTSCHEIT 2011, S. 38).

Anhaftung an den Leinenfasern vermuten[70] und sich die reine Methylcellulose als besonders alterungsstabil einstufen.[71]

5.4.3 Zusatz von Cellulosefasern

Da das zu verklebende Leinengewebe aus Cellulosefasern besteht, liegt prinzipiell die Zugabe dieser als Füllstoff zur Erhöhung des Feststoffgehalts sowie zusätzlicher Armierung nahe.

In vorbereitenden Testreihen wurden gemeinsam mit Frau Dipl.-Rest. Petra Demuth entsprechende neuartige Rezepturen entwickelt und im Zuge dessen das Produkt **Arbocel BWW 40**[72] ausgewählt.[73]

5.5 Sonderbetrachtungen

Zudem wurden zwei weitere Klebstoffe ausgewählt, die jedoch nicht zur direkten Anwendung bei der Einzelfadenverklebung getestet werden sollten:

[70] Im Hinblick auf eine Klebeverbindung zwischen Methylcellulose und Cellulosefasern wie Leinen müsste gelten, je weniger Hydroxylgruppen der Cellulose durch unpolare Methylgruppen substituiert und je kleiner diese Seitengruppen, umso stärker die Klebung. Theoretisch ließe sich zudem vermuten, dass auf Grund der Polarität der Endgruppen an den Kohlenstoffketten kurzkettige Methylcellulosen mit mehr Ketten und somit Endgruppen eine stärkere Klebkraft am Textil ausbilden können. Obwohl bei diesen auch eine bessere „Oberflächen-Anschmiegsamkeit“ vermutet werden kann, zweifeln SINDLINGER-MAUSHARDT und PETERSEN jedoch an der ausreichenden und bestmöglichen Haftvermittlung. Letztlich schlagen SINDLINGER-MAUSHARDT und PETERSEN die Mischung von Methylcellulosen unterschiedlichen Polimerisationsgrades und somit Viskositäten vor, um eine optimale, stabile Anbindung erzielen zu können (SINDLINGER-MAUSHARDT, PETERSEN 2007, S. 372 f.). Daher wurde mit Methocel A4C zunächst ein mittlerer Kompromiss ausgewählt.

[71] Nach FELLER und WILT gilt folgende Reihung von sehr alterungsstabil bis kritisch: Methylcellulose (MC), Carboxymethylcellulose (CMC), wasserlösliche Ethylhydroxyethylcellulose (EHEC), Hydroxyethylcellulose (HEC), Hydroxypropylcellulose (HPC) sowie in organischen Lösungsmitteln lösliche Ethylhydroxy- (EHEC) und Ethylcellulose (EC); vgl. FELLER, WILT 1990, S. 55, 93-96.

[72] Es handelt sich um Cellulosefasern von durchschnittlich 200 µm Länge und einer Faserdicke von 20 µm; vgl. Datenblatt unter A.20. Prinzipiell steht eine Vielzahl unterschiedlicher Cellulosefasertypen zur Verfügung, deren unterschiedliche Eignungen noch im Einzelnen zu beleuchten wären.

[73] Vgl. auch unter Punkt A.3.3.

5.5.1 Beva 371

Beim Produkt Beva 371 handelt es sich um einen speziell für die Konservierung und Restaurierung entwickelten Klebstoff auf Basis von EVA-Copolymeren[74], der häufig als Heißsiegelklebstoff Anwendung findet.

Bei der Rissverklebung mit zusätzlichen Fadenbrücken[75] stellt Beva 371 den zumeist bevorzugten Standardklebstoff zur Befestigung der Fadenbrücken dar.[76] Daher soll auch im Zuge dieser Arbeit Beva 371 als Klebstoff bei der Anbringung von Fadenbrücken dienen.

5.5.2 Störleim 40%

In der Regel weisen die zur Rissverklebungsprüfung ausgewählten Kunstharzdispersionen einen Feststoffgehalt von ca. 50 % auf. Im Gegensatz dazu besitzt die Mischung von 20%igem Störleim mit 13%iger Weizenstärke (1:1) jedoch lediglich einen Gesamtfeststoffgehalt von 16,5 %.[77]

Höherprozentige, mit dem Feststoffgehalt der Klebstoffdispersionen vergleichbare Lösungen reinen Störleims sind jedoch weniger zur Rissverklebung geeignet (40 %) oder nicht herstellbar (50 %).[78] Zwecks Ermittlung direkter Vergleichswerte soll trotzdem der höchstmögliche Störleim-Feststoffgehalt im Zuge der Klebstofffilmprüfung betrachtet werden.

---

[74] Das Produkt setzt sich u.a. nach REUBER wie folgend zusammen: 45 % Ethylen-Vinylacetat-Copolymer mit 32 % Vinylacetat (Elvax Harz 150), 27 % Cyclohexanonharz (ehemals Keton N, vermutlich ersetzt durch Laropal K80), 15 % Ethylen-Vinylacetat-Copolymer mit 15 % Vinylacetat (AC-Copolymer 400), 9 % ölfreies Paraffin (Schmelzpunkt 65 °C), 4 % Cellolyn 21 (Ester der Phtalsäure mit Hydroabietin-alkohol); vgl. REUBER 2010, S. 42. Zur Klebstoffanalyse der 2010 geänderten Klebstoffformulierung siehe auch unter A.3.2.

[75] Zur Verklebungstechnik siehe auch unter 4.3 sowie A.7.1. Die Herstellung der Fadenbrücken wird unter A.5.2 beschrieben.

[76] Vgl. HOFFMANN 2009 (S. 31 f.), SCHÄFER 2010 (S. 26 f.) und REUBER 2010 (S. 42 ff.).

[77] Vgl. auch unter Punkt A.3.1.

[78] Vgl. auch unter Punkt A.3.3.

5.6 Übersicht zur letztlichen Klebstoffauswahl

Es wurden somit folgende Klebstoffe und -modifikation ausgewählt:

Klebstoffauswahl			Komponenten[79]
1		Mowilith D 50	PVAC
2	A	Mowilith DHS S1	PVAC
	B	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	PVAC + CE
	C	Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	PVAC + H_2O
3		Mowilith LD 167	PVAC
4	A	Lineco	EVA
	B	Lineco + Wasser (9:1)	EVA + H_2O
	C	Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	EVA + CF
	D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	EVA + CE
5	A	Evacon-R	EVA
	B	Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	EVA + CE
	C	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	EVA + CF
6		Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	PVAC + CF
7		Vinnapas DP 600	PVAC
8		Vinamul 8481	PVAC
9		Beva 371	EVA u.a.
10		Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	AE
11	A	Störleim 20% + Weizenstärke (warmlöslich) 13% (1:1)	GL + S
	B	Störleim 20% + Weizenstärke (kaltlöslich) 13% (1:1)	GL + S
12		Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	GL + CF
13		Störleim 40%	GL

Tabelle I: Übersicht zur Klebstoff-Gesamtauswahl

Entsprechend der aufeinander aufbauenden Prüfungen wird die in der Klebstofffilmprüfung betrachtete Gesamtauswahl jedoch nach und nach reduziert werden.

[79] PVAC = Polyvinylacetat / EVA = Ethylenvinylacetat / CE = Celluloseether / AE = (Meth)Acrylsäure-ester / CF = Cellulosefaser / GL = Glutinleim / S = Stärke.

TEIL II: HAUPTTEIL / VERSUCHE

Im nachfolgenden Hauptteil der Arbeit werden die durchgeführten uniaxialen Zugversuche an freien Klebstofffilmen, Einzelfäden und Gewebestreifen sowie biaxialen Zugversuche an Gewebekreuzproben und ergänzenden tri- bzw. multiaxialen Berstdruckversuche an Gewebeflächen vorgestellt.

Auf Grund der Vielzahl unterschiedlicher Einzelversuche sowie im Hinblick auf den begrenzten Umfang der Arbeit, liegt der Fokus auf der Versuchsauswertung, im Speziellen der gemessenen Höchstzugkräfte und deren Variationskoeffizienten.

Umfangreichere Details zu u.a. Probekörperherstellung, Prüfeinstellungen, geprüften Probekörpern oder weiterer ermittelter Werte sind im Anhang dargestellt, sodass an den entsprechenden Stellen jeweils Verweise auf die zusätzlichen Daten erfolgen.

Da in dieser Arbeit letztlich die Evaluierung der Klebstoffe und Verklebungstechniken für die Einzelfadenverklebung im Vordergrund steht, wird zwar knapp auf das einzelne Probenverhalten sowie die Unterschiede der unterschiedlichen Prüfmethoden eingegangen, eine genauere Betrachtung und Analyse der Klebstoffe und Einzelproben muss jedoch zunächst ausgeklammert werden.

Gleichsam werden im Rahmen der Suche nach geeigneten Prüfmethoden diese zwar knapp erläutert sowie Vor- und Nachteile aufgeführt, eine detaillierte Gegenüberstellung der Testmethoden ist jedoch ebenfalls nicht Bestandteil der Arbeit.

Entsprechende Probeninformationen und gesammelte Datensätze werden jedoch im Rahmen der Thesis mitgeliefert, sodass weitere genannte Punkte jederzeit nachvollzogen und nachträglich ausgewertet werden können.

6. Uniaxiale Zugprüfungen an freien Klebstofffilmen

Den Textilprüfungen an verklebten Leinenfäden und -gewebe vorausgehend sollte zunächst eine erste vergleichende Klebstoffbewertung geschehen. Dabei wurde sich u.a. an DIN EN ISO 527-3 orientiert.

Anhand der uniaxialen Zugversuche an freien Klebstofffilmen lassen sich auf diese Weise die reinen Klebstoffeigenschaften betrachten und häufig getroffene pauschale Aussagen über besonders harte, weiche, elastische, brüchige etc. Klebstoffe allgemein überprüfen und verifizieren.

Besondere Bedeutung kommt in diesem Kontext den zu ermittelnden Höchstzugkräften und Zugfestigkeiten sowie maximalen Dehnungen zu. Die anhand dieser Werte mögliche Darstellung der Klebstoffkohäsion erlaubt so in der Theorie auch eine letztliche Klebstoffauswahl zur Einzelfadenverklebung in Annäherung an die Kohäsion des zu verklebenden Textils bzw. Fadens.[80]

6.1 Probekörpervorbereitung

Zur Klebstofffilmprüfung wurden aus sämtlichen Klebstoffen der Auswahl freie Film-Schulterproben des Typs 5 gemäß DIN EN ISO 527-3 in weiterer Berücksichtigung der Information von DOWN et al.[81] hergestellt.

Hierzu wurden alle Klebstoffe auf entsprechend geeigneten Foliensubstraten in jeweils geeigneter Einstellung aufgerakelt, um Filme von 65 µm (± 10 µm) zu erhalten. Die neben der Nutzung reiner Kunstharzdispersionen erforderliche Herstellung und Modifikation einzelner Klebstoffe ist unter Punkt A.5.2 nachvollziehbar.[82]

Einzig im Falle von Beva 371 wurde hingegen ein fertig produziert erhältlicher Klebstofffilm genutzt.[83]

Anschließend erfolgte zur Trocknung eine Lagerung von 4-6 Wochen.[84] Unmittelbar vor der Prüfung, nach der vier- bis sechswöchigen Trocknungszeit, wurden aus den Filmen mittels Stanze Schulterproben des Typs 5 hergestellt. Es wurden mindestens 17 Probekörper je Klebstoff angefertigt, um aus diesen letztlich mind. 10 der gleichmäßigsten Proben geeigneter Filmdicke[85] zur Prüfung auswählen zu können.[86]

[80] Siehe hierzu auch Punkt 5.1; es stellten sich jedoch teils abweichende Ergebnisse dar.
[81] DOWN et al. orientierten sich an den Standards ASTM D 2370, ASTM D 4078, ASTM D 823 und ASTM D 1005, sodass diese ebenfalls Berücksichtigung fanden (vgl. DOWN et al. 1996).
[82] Zu den geeigneten Herstellungsparametern je Klebstoff siehe auch unter A.6.1 / Tabelle II.
[83] Beva-Film, dick (65 µm); siehe auch unter A.5.1.
[84] Die Trocknung erfolgte wie bereits die Herstellung bei kontrolliertem Klima. Zu den Klimaaufzeichnungen siehe auch unter Punkt A.16.
[85] Zur Filmdickenmessung zwecks Auswahl siehe auch unter Punkt A.6.1 / Tabelle III.
[86] Für weitere Details zur genauen Klebstofffilmherstellung siehe auch unter A.6.1 / Tabelle I. Des weiteren ist auf die umfangreiche Vorbereitung der Filmprüfung im Rahmen einer Semesterarbeit zu verweisen (siehe auch schriftliche Mitteilung FLOCK 2013).



Abb. 01

Die Abbildung zeigt exemplarisch einige vorbereitete Klebstofffilmprobekörper in Schulterform gemäß des Probentyps 5 nach DIN EN ISO 527-3. Die aufwändige Probekörperherstellung ist unter A.6.1 genauer dargestellt.

6.2 Aufbau und Durchführung

Zur Prüfung wurde im Raum ein Klima von ca. 18-21 °C und 50-55 % r.F. eingestellt sowie die fertigen Probekörper vorbereitend 24 Stunden entsprechend konditioniert.[87] Genutzt wurde eine Zwick Universalprüfmaschine[88] mit angeschlossenem 100 N-Kraftaufnehmer.

Unter Tragen von Kunststoffhandschuhen (zum Erhalt der eingestellten Gleichgewichtsfeuchte der Filme) wurden die Probekörper entsprechend ihrer Markierungen in die auf eine Einspannlänge von 80 mm vorbereitend eingestellten Klemmbacken der Zugprüfmaschine eingespannt.[89] Nach Kontrolle der geraden und parallelen Ausrichtung wurde die uniaxiale Zugprüfung mit einer Vorkraft von 10 cN sowie einer Zuggeschwindigkeit von 50 mm/min gestartet.[90]

Dabei wurden die Klebstofffilmprobekörper entlang ihrer Hauptachse in konstanter Geschwindigkeit bis zum Bruch bzw. Versagen gedehnt. Parallel zur Prüfung zeichnete die an die Zugprüfmaschine angeschlossene Software[91] die Prüfung auf und wertete diese entsprechend der Voreinstellungen aus. Auf diese Weise wurden jeweils alle Filmprobekörper eines Klebstoffs in einer Prüfserie erfasst.[92]

---

87 Eingehalten werden sollten prinzipiell 23 ± 2 °C und 50 ± 2 % r.F. nach DIN EN ISO 527 (vgl. auch DIN EN ISO 291 und ASTM D2370).

88 Zwick Universalprüfmaschine („Zwicki“) Typ Z2.5/TN1S.

89 Zur Markierung der Filmprobekörper siehe auch unter A.6.1 / Tabelle I.

90 Zu den genauen Maschinen- und Software-Einstellungen siehe auch unter Punkt A.14.1.

91 Genutzt wurde das Programm „TestXpert V 12.1“.

92 Zu den getesteten Probekörpern und aufgezeichneten Werten siehe auch unter A.8.1. Eine Darstellung der Durchführung der Klebstofffilmprüfung erfolgt zudem unter A.1.1.



Abb. 02

Darstellung der genutzten Universalprüfmaschine der Fa. Zwick mit nebenstehendem Thermohygrographen zur Klimaaufzeichnung. Die Abbildung zeigt die Maschine mit von der Klebstofffilmprüfung abweichend für die Gewebestreifenprüfung ebenfalls genutzten Klemmbacken und Probehaltern des 2,5 kN-Kraftaufnehmers (vgl. Punkt 8 und A.14.1).

6.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung

Die verschiedenen getesteten Klebstofffilme zeigten wie zu erwarten ein teils sehr unterschiedliches Verhalten während der uniaxialen Zugprüfung:

Während ein Großteil der Probekörper nach recht kurzer Prüfdauer abrupt in mindestens zwei Teile zerbrach oder in mehrere Teile splitterig zersprang, zeigten andere Film-Schulterproben stärkere Dehnungen, mit langsam einreißenden Stegkanten und sich nach Bruch aufrollenden Filmenden, bis hin zum teils ausbleibendem Bruch innerhalb der festgesetzten 180 sec. maximaler Prüfdauer.

Das Probenverhalten bei der Prüfung spiegelte damit unmittelbar die aufgezeichneten Werte in Form bspw. höherer Zugfestigkeiten abrupt brechender Filme im Vergleich zu hohen Dehnungen sich lange aufziehender Proben wieder.

Des weiteren zeigten sich prinzipiell drei verschiedene Bruchtypen in Form

1. eines mittigen Bruchs im Steg der Schulterprobe,
2. eines nach oben / unten versetzten Bruchs am Übergang von Steg und breiterer Einspannfläche sowie

3. eines doppelten Bruchs am oberen und unteren Stegende gemäß einer Dreiteilung der Probe.

Von einer detaillierteren Ausführung soll auf Grund des abweichenden Schwerpunkts der Arbeit an dieser Stelle abgesehen werden. Zum genauen Probenprotokoll siehe ergänzend auch unter A.8.1 / Tabelle I.[93]

6.4 Einzelauswertungen

In der nachfolgenden Einzelauswertung wird nun je Klebstoffgruppe und zugehörigen Einzelklebstoffen auf die Ergebnisse der uniaxialen Filmprüfung eingegangen.

Hierbei liegt der Fokus auf der Betrachtung der erzielten Höchstzugkräfte und maximalen Dehnungen[94] bei Höchstzugkraft. Ergänzend werden ausgewählte Spannungs-Dehnungs-Diagramme im Text hinzugezogen:[95]

Der höchste Punkt der Spannungs-Dehnungs-Kurven beschreibt jeweils die gemessene Zugfestigkeit. Während die Höchstkraft in Newton (N) die maximal erreichte und gemessene Kraft wiedergibt, stellt die Zugfestigkeit als Spannung in Megapascal (MPa bzw. N/mm²) einen direkten Bezug der Höchstzugkraft zum Probenquerschnitt her.[96] Da sich die Werteverhältnisse von Zugfestigkeit (Rm) und Höchstzugkraft (Fmax) so weitestgehend entsprechen, soll die Zugfestigkeit zunächst nicht detaillierter im Rahmen der Auswertung betrachtet werden.[97]

Zur besseren Einschätzung der Probenvoraussetzungen erfolgt daher auch die Nennung der jeweils gemessenen Filmdicken und Filmdickenschwankungen.

Zum Vergleich der Messwerte untereinander werden die Größen arithmetischer Mittelwert

[93] An dieser Stelle soll der Vollständigkeit halber erwähnt werden, dass bereits die hergestellten Filme vor der Schulterprobenherstellung und Prüfung unterschiedliche, mehr oder weniger homogene Strukturen und Filmbildungseigenschaften optisch sowie haptisch erkennen ließen. Eine detaillierte Ausführung dessen sowie ein näherer Bezug auf die letztliche Zugprüfungsauswertung würden jedoch den Rahmen der Arbeit sprengen. Entsprechende Informationen lassen sich jedoch unter A.1.1, A.2.2 bis A 2.22 sowie A.3.1 und A.3.2 nachvollziehen und nachträglich auswerten.

[94] Prinzipiell sind Dehnungen einheitslos; zur besseren Veranschaulichung werden die Dehnungen in dieser Arbeit jedoch mit dem Faktor 100 multipliziert in Prozent angegeben.

[95] Bei vielen steileren Spannungs-Dehnungs-Kurven zeigt sich bei ca. 20-30 N/mm² ein maschinenbedingter Knick im Verlauf. Diese Messungenauigkeit der Maschine zeigte sich bereits im Rahmen anderer Arbeiten und soll daher keine nähere Beachtung finden (vgl. REUBER 2010, S. 52).

[96] Die Zugfestigkeit (Rm) erlaubt so einen anderen Vergleichswert, bspw. im Falle abweichender Filmdicken, als die singulär betrachtete Höchstzugkraft (Fmax).

[97] Hinzu kommt, dass durch die Sonderstellung der Zugfestigkeit in der Textilprüfung zunächst keine nachfolgenden Bezüge sinnvoll erscheinen; siehe hierzu auch unter A.14.1 (E-Modul / Spezialfall Textilprüfung).

(Durchschnittswert) und Variationskoeffizient der deskriptiven Statistik herangezogen:

Der Variationskoeffizient (VK) ist der Quotient aus Standardabweichung und arithmetischem Mittel multipliziert mit 100 und wird daher in Prozent angegeben. Er stellt somit quasi eine „relative Standardabweichung“ in Form der Schwankungen der Einzelergebnisse um den Mittelwert dar und setzt dabei die Streuung in Relation zur Häufigkeitsverteilung. Der Wert dient so als häufiges Maß für den Vergleich zweier Versuchsreihen hinsichtlich ihrer Gleichwertigkeit. Obwohl leicht missverständlich interpretierbar, sagt der VK damit jedoch nicht in etwa aus, dass die Ergebnisse um X % um den Mittelwert schwanken. Der VK ist wie Varianz oder Standardabweichung lediglich als statistisches Vergleichsmaß zu verstehen.[98] Prinzipiell wären so auch andere statistischen Größen sinnvoll zum Vergleich nutzbar gewesen.

Es muss zudem darauf hingewiesen werden, dass auf Grund des hohen Produktionsaufwands nur geringe Probekörperanzahlen (ca. 5-15) je Testreihen sämtlicher Prüfungen innerhalb dieser Arbeit vorliegen. Aus diesem Grund haben die aufgeführten statistischen Werte nur eine eingeschränkte Aussagekraft.

Detailliertere Informationen zu den geprüften Filmen sowie sämtliche gemessene Daten und ergänzende Werte zur deskriptiven Statistik sind unter Punkt A.8.1 ergänzend nachvollziehbar.[99]

6.4.1 Polyvinylacetat (PVAc)-Dispersionen

Mowilith D 50

Es wurden insgesamt 11 Filme einer durchschnittlichen Filmdicke von 64,9 µm mit vergleichsweise hohen Schwankungen um durchschnittlich 8,7 µm Dicke je Film getestet.[100]

Die gemessene mittlere Höchstzugkraft (Fmax) der Mowilith D 50-Filme liegt im Gesamtvergleich verhältnismäßig etwas höher bei 14,87 N mit einem ebenfalls erhöhten Variationskoeffizienten (VK) von ca. 20,2 %. Unter Umständen lässt sich der erhöhte VK von Fmax durch die vergleichsweise inhomogene Filmdicke begründen.[101]

Die Spannungs-Dehnungs-Kurven (S-D-Diagramm) verlaufen ab Beginn steil aufsteigend bis zum plötzlichen Bruch und charakterisieren so ein weniger nachgiebiges Material; die mittlere

[98] Vgl. u.a. BOURIR 2008 (S. 102) und BANDERMANN 1980 (S. 42).

[99] Sofern nicht anders gekennzeichnet, sind sämtliche folgende Auswertungen unter A.8.1 und A.8.2 nachvollziehbar, weshalb auf sich wiederholende Fußnoten verzichtet werden soll. Sämtliche Angaben zur Filmdicke sind des weiteren unter A.6.1 T Tabelle III einzusehen.

[100] Durchschnittliche Dickenschwankung je Film (min. / max. Messwert) werden nachfolgend auch verkürzt als „Abweichung Ø“ umschrieben.

[101] Möglicherweise ist im speziellen Zusammenhang mit der Überlagerung der Dispersion zu sehen; vgl. auch unter 5.2.1 und A.3.1 / Tabelle II.

Höchstzugkraftdehnung liegt so bei vergleichsweise geringen 1,09 % (vgl. Abb. 03).[102]

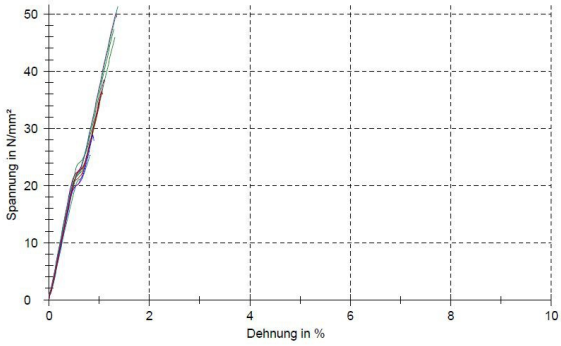


Abb. 03

Zu sehen ist das S-D-Diagramm der uniaxial geprüften Klebstofffilme aus Mowilith D 50:
Der steile Kurvenverlauf beschreibt ein eher zugfestes Material in Form verhältnismäßig geringer Dehnung bei höherer Spannung.[103]

Mowilith DHS S1

Aus der reinen Dispersion hergestellte Filmprobekörper wurden 13 Stück mit einer durchschnittlichen Filmdicke von 65 µm (Abweichung Ø 3 µm) betrachtet.

Der Kurvenverlauf im S-D-Diagramm ist recht steil und charakterisiert ähnliche Materialeigenschaften wie bereits bei Mowilith D 50 (vgl. Abb. 03).[104] Die mittlere Fmax liegt jedoch etwas erhöht bei 21,48 N bei einer ebenfalls leicht erhöhten Dehnung von 1,46 %. Vermutlich auf Grund der sehr gleichmäßigen Filmdicke und der Ausbildung eines sehr homogenen Films, liegt der VK von Fmax mit ca. 6,2 % vergleichsweise sehr niedrig.

Mowilith DHS S1 + H_2O

Bei den mittels Wasser verdünnten Mowilith DHS S1-Filmen ist ein ähnlicher, steiler Verlauf der S-D-Kurven zu verzeichnen (vgl. Abb. 03). Getestet wurden 11 Schulterproben einer durchschnittlichen Dicke von 54,6 µm (Abweichung Ø 3,1 µm). Die mittlere Fmax ist mit 17,19 N etwas geringer (jedoch auch die Filmdicke), der VK ist mit ca. 6,1 % jedoch gleichbleibend niedrig. Die durchschnittliche Dehnung bei Fmax ist im Zuge der Verdünnung minimal auf 1,37 % gesunken.[105]

---

[102] Als mittlere Zugfestigkeit (Rm) lassen sich 38,52 MPa mit einem der Fmax ähnlichen VK von ca. 23,4 % verzeichnen.

[103] Der sichtbare „Knick“ bei ca. 20 N/mm² ist maschinenbedingt und nicht auf den Klebstoff zurückzuführen (vgl. auch REUBER 2010, S.52). Auf Nachfrage nannte die Fa. Zwick Lockerungen im Maschinenaufbau als möglichen Grund. Da dieser vermutete Ungenauigkeitsfaktor sich jedoch für alle Filmprüfungen darstellt, bleiben die Messreihen vergleichbar.

[104] Die errechnete Zugfestigkeit beträgt recht hohe 55,21 MPa mit einem VK von ca. 5,2 %.

[105] Die mittlere Rm sinkt ebenfalls durch die Verdünnung leicht auf 52,44 MPa (VK ca. 6,1 %).

Mowilith DHS S1 + Methocel A4C

Die mittels Methocelgel verdünnten Filme bestätigen erneut den steilen Kurvenverlauf von Mowilith DHS S1 im S-D-Diagramm. Die mittlere Fmax liegt bei noch niedrigeren 15,53 N (es wurde jedoch mit einer stärkeren Verdünnung zur Erzielung einer vergleichbaren Viskosität gearbeitet).[106] Der VK von Fmax ist mit 6,2 % annähernd gleich. Die Höchstzugkraftdehnung (ε-Fmax) sinkt ebenfalls nochmals leicht auf 1,27 %.

Betrachtet wurden 13 Probekörper einer zudem noch etwas geringeren mittleren Dicke von 52,7 µm (Abweichung Ø 2,8 µm).[107]

Mowilith LD 167

Die Filmproduktion aus Mowilith LD 167 ergab ebenfalls 13 geeignete Schulterproben von Ø 64 µm (Abweichung Ø 4,2 µm).

Die steilen S-D-Kurvenverlaufe entsprechen den anderen bereits erläuterten Mowilith-Dispersionen auf PVAc-Basis (vgl. Abb. 03). Trotz erhöhten Feststoffgehalts (ca. 60 statt 50 %)[108] schneidet LD 167 unter diesen jedoch mit einer mittleren Fmax von 10,74 N bei der unter allen PVAc-Mowilithen geringsten Dehnung von 0,81 % am niedrigsten ab.[109] Der VK von Fmax ist mit ca. 17,6 % zwar deutlich erhöht, jedoch noch immer geringer als bei D 50 (vgl. ca. 20,2 %).

Jade 403 N + Arbocel BWW 40

Getestet wurden 14 Filmprobekörper. Die gemessene mittlere Filmdicke von 69,4 µm (Abweichung Ø 4,9 µm) ist jedoch leider nicht mit den anderen Werten der getesteten Klebstofffilme vergleichbar, da die Proben trotz ähnlicher Dickenmesswerte fühlbar dünner waren.[110]

Anders als die bisher betrachteten Mowilith-Produkte zeigt sich Jade 403 N unter den PVAc-Dispersionen (trotz vermeintlich versteifenden Cellulosefaser-Zusatzes) als deutlich weicher sowie dehnbarer:

Es zeigt sich zunächst bis zu einer Spannung von ca. 1-1,5 MPa ein recht steillinearer, sich dann jedoch deutlich abflachender allgemeinem Kurvenverlauf im S-D-Diagramm, der so im Verhältnis eine geringe Spannung bei hoher Dehnung beschreibt (vgl. Abb. 04). Die mittlere

[106] Die mittlere Rm sinkt ebenfalls durch die Verdünnung leicht auf 49,19 MPa (VK ca. 7,1 %).

[107] Mit erhöhter Verdünnung und niedrigerem Feststoffgehalt lassen sich an Mowilith DHS S1 so tendenziell weniger zugfeste und dehnbare Filme, jedoch gleicher Homogenität erzielen.

[108] Zu den Klebstoffeigenschaften siehe auch unter A.3.1.

[109] Folglich sinkt auch die Rm auf 27,89 MPa (VK ca. 14,4 %).

[110] Dieses Problem gilt für alle Klebstofffilme mit Cellulosefaser-Zusatz, da der restliche Klebstofffilm zwischen den als Dicke gemessenen Fasern deutlich dünner ist; siehe hierzu auch unter A.3.1 / Tabelle II sowie A.6.1 / Tabelle I und III.

Höchstzugkraftdehnung liegt mit 66,06 % bei einer mittleren Fmax von lediglich 1,64 N somit sehr hoch.[111] Der VK von Fmax liegt bei (im Gesamtvergleich noch eher niedrigen als mittleren) ca. 9,8 %.

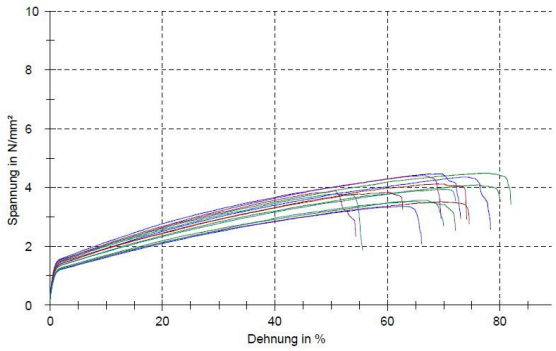


Abb. 04

Die nebenstehende Grafik zeigt das S-D-Diagramm von Jade 403 N + Arbocel BWW 40:
Deutlich erkennbar ist der im Vergleich zu den anderen PVAc-Dispersionen sehr viel flachere Kurvenverlauf bei extremer Dehnung.

Vinamul 8481

Aus Vinamul 8481 konnten 14 Probekörper mit einer durchschnittlichen Filmdicke von 69,7 µm bei durchschnittlichen Schwankungen um 4,9 µm aus den hergestellten Schulterproben ausgewählt werden.

Das S-D-Diagramm zeigt einen sogar noch etwas steiler verlaufenden linearen Anstieg bis zum Bruch als die bisher betrachteten PVAc-Dispersionen, worin sich die sehr geringe Dehnung von 0,55 % widerspiegelt (vgl. Abb. 03). Mit 8,73 N und liegt die mittlere gemessene Fmax zudem im vergleichsweise niedrigen Bereich.[112] Der Film zeigt sich somit als insgesamt etwas spröder und weniger zugfest. Auffällig ist jedoch der extrem hohe VK von Fmax mit ca. 29,1 %:

Damit weist Vinamul den zweithöchsten VK von Fmax unter allen betrachteten 21 Klebstoffen bzw. den mit Abstand höchsten VK unter den betrachteten Kunstharzdispersionen auf. Möglicherweise steht dies in Zusammenhang mit den unter allen hergestellten Filmen auffallend brüchig-splittrigen Eigenschaften, die sich bereits in der Probekörperproduktion abzeichneten. Davon ausgehend könnten sich bereits starke Streuungen auf Grund klebstoffimmanenter Inhomogenitäten bei der Betrachtung von (Einzelfaden-)Verklebungen mittels Vinamul 8481 vermuten lassen.

[111] Entsprechend fällt auch die ermittelte Zugfestigkeit (Rm) mit 3,95 MPa sehr gering aus; der zugehörige Variationskoeffizient (VK) beträgt ca. 9,7 %.

[112] Mit 20,92 MPa fällt die durchschnittliche Rm ins Mittelfeld der betrachteten PVAc-Dispersionen bei einem hohen VK von ca. 28,4 %.

Vinnapas DP 600

Bei Vinnapas DP 600 liesen sich 13 Schulterproben einer mittleren Dicke von 61,9 µm (Abweichung Ø 3 µm) auswerten.

Die Dispersion zeigt einen Vinamul 8481 vergleichbaren, recht steilen Anstieg bei geringer Dehnung bis zum Bruch im S-D-Diagramm. Die durchschnittliche Fmax liegt mit 12,43 N und einem VK von ca. 18,6 % jedoch etwas höher bzw. niedriger als bei Vinamul 8481. Die Höchstzugkraftdehnung ist mit 0,89 % der von Mowilith LD 167 vergleichbar.[113]

6.4.2 Ethylen-Vinylacetat (EVA)-Dispersionen

Evacon-R

Die Filmproduktion aus Evacon-R ergab 13 Schulterproben mit einer Dicke von Ø 57,2 µm (Abweichung Ø 4,5 µm).

Die Kurven des S-D-Diagramms ähneln den von Jade 403 N + Arbocel und zeigen einen nach kurzem steileren Anstieg (bis ca. 2-3 MPa) relativ flach weiter ansteigenden Verlauf eines somit weicheren und dehnbareren Klebstoffs (vgl. Abb. 04 sowie 06). Die mittlere Fmax beträgt lediglich 2,27 N bei einer zugehörigen Dehnung von 148,19 %.[114] Der VK von Fmax ist mit ca. 15,2 % unter den getesteten EVA-Dispersionen bzw. -modifikationen am höchsten.[115]

Evacon-R + Methocel A4C

Die 13 getesteten Filmprobekörper waren mit einer Dicke von durchschnittlich 49,7 µm (Abweichung Ø 4,4 µm) sehr dünn und lagen damit recht weit unter den angestrebten 65 µm (± 10 µm) zur vergleichenden Klebstofffilmbetrachtung.[116]

Dementsprechend liegt die gemessene mittlere Fmax mit 1,77 N (bei sonst der reinen Dispersion ähnlichem S-D-Diagramm) bereits deutlich niedriger. Die mittlere Höchstzugkraftdehnung ist ebenfalls vergleichsweise geringer und liegt bei noch immer hohen 122,64 %.[117]

---

[113] Die mittlere Rm von Vinnapas beträgt 33,40 MPa und liegt so im Mittelfeld der betrachteten PVAc-Dispersionen; der VK von Rm ist mit ca. 15,6 % im unteren Mittelfeld einzuordnen.

[114] Ausgehend von der geringen Fmax fällt die Rm ebenfalls mit 6,62 MPa niedrig aus; der zugehörige VK liegt bei 14,7 %.

[115] Hierzu sei jedoch zu erwähnen, dass lediglich an 7 der 13 Proben in der eingestellten max. Prüfdauer von 180 sec. ein Bruch erzielt werden konnte; vgl. auch A.8.1 / Tabelle I.

[116] Eine spezifische Begründung für teils in der finalen Filmproduktion überraschend dünner ausgefallenen Filme bei gleicher Anwendung zuvor erprobter Parameter hinsichtlich der Erzielung gleicher Filmdicken, konnte nicht gefunden werden. Siehe hierzu auch A.6.1.

[117] Auch die mittlere Rm liegt mit 5,93 MPa etwas niedriger (VK 7,8 %).

Interessanter Weise wirkt sich das zugesetzte Methocel A4C jedoch scheinbar in einem deutlich reduzierten VK von Fmax mit nur noch ca. 7,6 % aus, was auf einen homogener ausgebildeten Film schließen lassen kann.

Evacon-R + Arbocel BWW 40

Für die 10 aus Evacon-R + Arbocel BWW 40 hergestellten Schulterproben gilt ebenfalls eine nicht mit den anderen Klebstoffen ohne Cellulosefaserzusatz vergleichbare Filmdickenangabe von mittleren 66,7 µm (Abweichung Ø 6,3 µm).[118]

Somit ist u.a. auch die niedrige mittlere Fmax von 1,46 N nur schwer vergleichbar. Die mittlere Höchstzugkraftdehnung liegt bei im Vergleich zum Reinklebstoff tendenziell reduzierten, jedoch noch immer hohen 46,5 %.[119] Der VK von Fmax ist mit ca. 9,1 % jedoch wie bereits bei der Modifikation mittels Methocelgel deutlich geringer als bei der reinen Dispersion. Das S-D-Diagramm zeigt sich zu reinem Evacon-R vergleichbar, jedoch mit flacheren Kurvenverläufen auf Grund der erniedrigten Spannung.

Lineco

Aus Lineco konnte eine etwas höhere Anzahl von 17 hergestellten Filmschulterproben mit einer durchschnittlichen Dicke von 60,3 µm (Abweichung Ø 2,9 µm) geprüft werden. Es stellt sich ein zu Evacon-R vollständig unterschiedliches S-D-Diagramm dar:

Es zeigen sich zunächst sehr steil linear ansteigende Kurven bis zur mittleren Fmax von 5,07 N (Rm 14 MPa) bei einer mittleren Höchstzugkraftdehnung von 2,61 %.[120] Dann fallen die Kurven rapide ab auf ca. 3,7-4,0 N (Rm 10-11 MPa) ab; bei weiterer Dehnung bis auf recht hohe max. 61,60 % steigen Kraft und Spannung bis zur Brucherkennung[121] kaum bis leicht wieder an.

Dieser innerhalb der Klebstoffauswahl so deutlich einmalige Kurvenverlauf spricht für eine Umstrukturierung im Klebstofffilm; so kann dieser kurzzeitiger Belastung unter Ausbildung geringer Dehnung und hoher Zugfestigkeiten zunächst gut standhalten, bei steigender Belastung relaxiert jedoch der Film und dehnt sich bei Bruch auf (vgl. Abb. 05). Möglicherweise ist dies darauf zurückzuführen, dass zunächst die spröderen Komponenten im Film brechen und anschließend die elastischen Anteile des Copolymers zum Tragen kommen.

Die VK von Fmax und Rm zählen mit nur ca. 3,9 und 1,9 % zu den geringsten unter allen

[118] Siehe hierzu auch Jade 403 N + Arbocel BWW 40 unter Punkt 6.4.1.
[119] Bei einer Rm von 3,64 MPa (VK ca. 7,6 %).
[120] Sowie einer Rm von 14 MPa.
[121] Zu den Einstellungen der Zugprüfmaschine siehe auch unter Punkt A.14.1.

betrachteten Klebstoffen.[122]

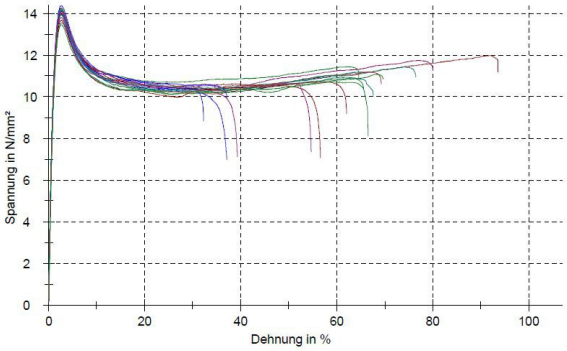


Abb. 05

Das dargestellte S-D-Diagramm zeigt die Kurvenverläufe der getesteten reinen Lineco-Filmprobekörper mit zunächst sehr steilem Anstieg bis zur Fmax / Rm und anschließendem deutlichen Spannungs- und Kraftabfall unter starker Dehnung.

Lineco + H_2O

Es wurden 13 Schulterproben mit einer auf Grund der Verdünnung stark reduzierten mittleren Filmdicke von 53,9 µm (Abweichung Ø 3,6 µm) betrachtet:

Das S-D-Diagramm zeigt der reinen Lineco-Dispersion stark entsprechende Kurven, mit jedoch im Vergleich kontinuierlicherer Dehnung nach Spannungsabfall. Die erzielte mittlere Fmax liegt (trotz erniedrigter Filmdicke) minimal erhöht bei 5,34 N.[123]

Die Ursache der erhöhten Werte trotz Verdünnung, sich äußernd in reduziertem Feststoffgehalt und verringerter Filmdicke, ist unklar und stellt unter den betrachteten Klebstofffilmen eine Ausnahme dar. Möglicherweise steht dies in direktem Zusammenhang mit einer gewissen Versteifung des Films, welche sich in einer minimal geringeren mittleren Höchstzugkraftdehnung von 2,44 % bzw. deutlich reduzierten Bruchkraftdehnung bei Prüfungsende von „nur“ noch hohen 36,56 % äußert.[124] Dabei ist der VK von Fmax mit ca. 6,4 % im Vergleich zudem leicht erhöht.

Lineco + Methocel A4C

Im Falle der Methocel-modifizierten Lineco-Dispersion konnten 13 Filmprobekörper einer durchschnittlichen Dicke von 55,1 µm (Abweichung Ø 3,8 µm) betrachtet werden:

Das S-D-Diagramm entspricht dem von wässrig verdünntem Lineco; es wird jedoch im Vergleich zur reinen Dispersion (trotz ebenfalls verringerter Filmdicke) eine noch weiter erhöhte

[122] Vergleichbare statistische Werte vermochte nur Beva 371 zu erzielen siehe auch unter 6.4.5.
[123] Rm 16,52 MPa mit VK 3 %.
[124] Es sind jedoch auch Messungenauigkeiten nicht auszuschließen; dies wäre anhand größerer Stichprobenumfänge zu überprüfen.

mittlere Fmax von 5,70 N gemessen.[125] Auch mittlere Höchstzugkraftdehnung und Bruchkraftdehnung am Prüfungsende sind weiter auf 2,30 bzw. 29,09 % reduziert.

Bei gleichem Mischungsverhältnis und durch den Celluloseether prinzipiell wieder um 0,3 % höheren Feststoffgehalt als bei der wässrigen Verdünnung, kann von einer Versteifung durch das Cellulosederivat ausgegangen werden. Der VK von Fmax liegt mit ca. 4,2 % zwischen reiner Dispersion und wässriger Verdünnung, sodass auf homogenere Filme als in wässriger Verdünnung geschlossen werden kann.

Im Gegensatz zu Evacon-R + Methocel A4C scheint so jedoch keine Homogenisierung des Dispersionsfilms, sich darstellend anhand geringerer Streuung der Messergebnisse, durch Methylcellulose-Zusatz zu erfolgen.

Lineco + Arbocel BWW 40

Es wurden 11 Schulterproben mit einer erneut leider nicht mit den Werten der cellulosefaserfreien Klebstofffilmen vergleichbaren mittleren Dicke von 73,9 µm (Abweichung Ø 9,3 µm) geprüft:

Die Kurven des zugehörigen S-D-Diagramms zeigen einen den anderen Lineco-Diagrammen prinzipiell nicht unähnlichen, jedoch deutlich abgeschwächten Verlauf in Form eines weniger steilen Anstiegs und weniger deutlichen sowie steilen Spannungsabfalls nach Erreichen der mittleren Fmax von 2,86 N; die mittlere Höchstzugkraftdehnung beträgt ebenfalls geringere 1,50 %.[126] Insgesamt sind diese stark reduzierten Werte auf Grund der eigentlich abweichenden, deutlich dünneren Filmdicke jedoch nicht mit den anderen Lineco-Versuchsreihen vergleichbar.

Auffallend ist jedoch der im Vergleich deutlich erhöhte VK von Fmax mit ca. 9,3 %. Möglicherweise lässt sich dies auf die uneinheitlichere Filmdicke bzw. inhomogenere Filme zurückführen.

[125] Rm 17,53 MPa mit VK 2,3 %.
[126] Rm 6,45 MPa mit VK ca. 7,5 %.

6.4.3 Acrylharzdispersionen

Mowilith DM 771 + Methocel A4C

Es wurden insgesamt 15 freie Klebstofffilmproben einer mittleren Dicke von 60,0 µm (Abweichung Ø 4,6 µm) ausgewertet:

Das S-D-Diagramm der einzigen betrachteten Acrylharzdispersion-Modifikation ähnelt stark dem von Evacon-R und zeigt einen nach kurzem steileren Anstieg (bis ca. 3-4 MPa) relativ flach weiter ansteigenden Verlauf bei höherer Dehnung bis auf eine mittlere Fmax von 3,01 N (Rm 8,36 MPa) bei einer mittleren Höchstzugkraftdehnung von im Gesamtvergleich hohen 128,7 % (vgl. Abb. 06). Im Vergleich zu Evacon-R liegen Fmax (und Rm) damit minimal bis etwas höher, bei geringerer Dehnung.

Mit einem VK von ca. 9,2 % für Fmax[127] liegt dieser im unteren Mittelfeld des Gesamtvergleichs.

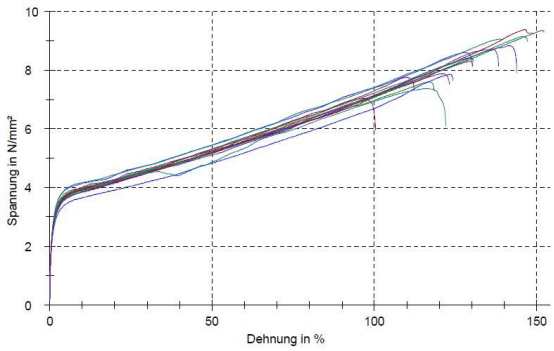


Abb. 06

Das Diagramm zeigt die S-D-Kurven von Mowilith DM 771 + Methocel A4C:
Die getesteten Klebstofffilmprobekörper charakterisieren so einen verhältnismäßig weichen und dehnbaren Klebstoff.

6.4.4 Störleim-Modifikationen

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

Da sich die Herstellung gleichmäßiger Filme ausreichender Dicke aus Störleim-Weizenstärke deutlich schwieriger darstellte, konnten von diesem Klebstoff lediglich 9 geeignetere Schulterproben einer mittleren Dicke von 67,8 µm (Abweichung Ø 10,6 µm) geprüft werden:[128]

[127] VK 8,9 % von Rm.

[128] Weitere Probekörper wiesen noch stärkere Dickenunterschiede auf, sodass diese verworfen wurden. Speziell in Anbetracht des geringen Probenumfangs sind die Unterschiede der Probekörperauswahl jedoch eigentlich etwas zu hoch, um eine vergleichende, treffende Einschätzung des Klebstoffs zu ermöglichen.

Das zugehörige S-D-Diagramm zeigt recht steile, mit den ersten betrachteten PVAc-Dispersionen vergleichbar verlaufende Kurven eines sehr zugfesten, weniger dehnbaren Klebstoffs (vgl. Abb. 03 und 07). Die mittlere Fmax liegt mit 36,60 N beim höchsten gemessenen Wert aller Klebstofffilme.[129] Entsprechend liegt die mittlere Höchstzugkraftdehnung mit 2,29 % recht niedrig, jedoch höher als bei den PVAc-Dispersionen. Mit ca. 12,2 % liegt der VK von Fmax jedoch vergleichsweise nicht besonders niedrig im Mittelfeld.

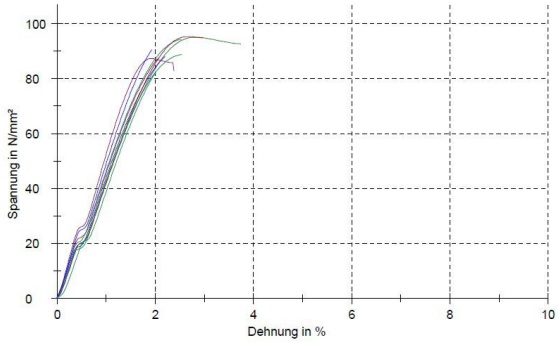


Abb. 07

Links zu sehen ist das S-D-Diagramm von Störleim-Weizenstärke (warmlöslich):
Der allgemeine Kurvenverlauf ist vergleichsweise steil, was ein recht zugfestes, weniger dehnbares Klebstoff-material erkennen lässt.

Störleim-Weizenstärkekleister (kaltlöslich)

Mit dem Zusatz kaltlöslicher Weizenstärke wurden insgesamt 10 Filmprobekörper einer vergleichsweise erhöhten durchschnittlichen Dicke von 71,7 µm und unter allen geprüften Klebstofffilmtypen höchsten Dickenschwankung von ca. 14 µm geprüft:

Das S-D-Diagramm entspricht der mit warmlöslichen Weizenstärke hergestellten Mischung (vgl. Abb. 07); es zeigt eine mittlere Fmax von 35,14 N bei einer (wie mittels nativer Weizenstärke ähnlich) niedrigen zugehörigen Dehnung von 2,16 %.[130] Dabei handelt es sich damit um die zweithöchste gemessene Fmax aller Filme. Wie bereits anhand der recht inhomogenen Filmdicken zu vermuten, weist der Klebstoff dabei jedoch einen sehr hohen VK von Fmax mit ca. 22,7 % auf (dritthöchster VK im Gesamtvergleich).

Störleim 25 % + Arbocel BWW 40

Aus der Klebstoffmischung Störleim mit Cellulosefasern konnten 14 hergestellte Film-Schulterproben geprüft werden. Die verzeichnete mittlere Dicke von 61,4 µm (Abweichung Ø 8,3 µm) ist wie bereits beschrieben lediglich mit den anderen Cellulosefaser-Filmen vergleichbar:

[129] Sowie die zweithöchste mittlere Rm von 89,96 MPa (VK ca. 4,8 %).
[130] Die durchschnittliche Rm beträgt 81,04 MPa (VK 18,2 %).

Die Kurven des S-D-Diagramms zeigen einen recht steilen, auffallend linearen Anstieg und starke Streuung der erreichten Fmax bzw. Rm (vgl. Abb. 08). So liegt bei Minimal- bzw. Maximalwerten von 5,3 N und 15,5 N die mittlere Fmax bei 8,82 N.[131] Entsprechend erreicht dieser Klebstoff den höchsten VK von ca. 35 %.

Die gemessene mittlere Höchstzugkraftdehnung ist mit 1,10 %, wie am Kurvenverlauf ablesbar, recht gering:

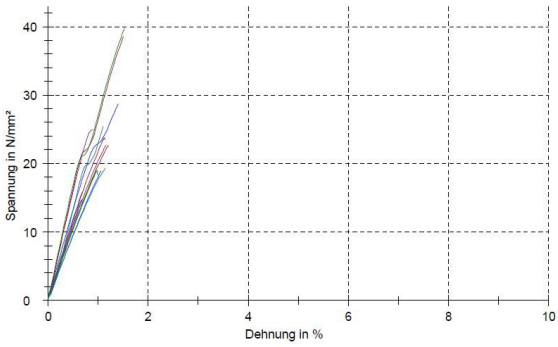


Abb. 08

Als auffällig zeigt sich die stärkere Streuung der Kurven im nebenstehenden S-D-Diagramm zu Störleim (25 %) + Arbocel BWW 40:
So zeigt der Klebstoff im Gesamtvergleich die höchsten VK der Messwerte.

Störleim 40 %

Es wurden 14 Schulterproben einer mittleren Dicke von geringeren 55,1 µm (Abweichung Ø 5,4 µm) getestet:

Das S-D-Diagramm zeigt einen den Störleim-Weizenstärken ähnlichen Verlauf bei etwas geringerer Streuung der Einzelkurven (vgl. Abb. 07); auch bei der Reinform handelt sich somit um einen recht zugfesten und weniger dehnbaren Klebstoff. Mit einer mittleren Fmax von 33,58 N liegt diese ähnlich hoch wie bei den Störleim-Weizenstärken (dritthöchster Wert im Gesamtvergleich); die mittlere Zugfestigkeit (Rm) stellt mit 101,55 MPa hingegen den höchsten aller gemessenen Werte dar und spiegelt die Relation zur Filmdicke wieder. Dabei liegt die mittlere Höchstzugkraftdehnung erwartungsgemäß eher niedrig bei 1,90 %. Die VK für Fmax und Rm liegen bei ca. 9,8 und 7 % und sind damit im Gesamtvergleich ins (untere) Mittelfeld einzuordnen.

Daraus wird deutlich, dass die hohen VK der Störleim-Weizenstärken weniger aus Glutinleim oder Weizenstärke als Naturprodukten resultieren, sondern wohl vielmehr auf die inhomogenen Mischung an sich zurückzuführen sind:

[131] Die mittlere Rm beträgt 23,80 MPa (Minimalwert 14,70 MPa / Maximalwert 39,73 MPa), mit zugehörigem VK von sehr hohen ca., 31,7 %.

Speziell im Falle der modifizierten Weizenstärke als standardisierteres Material wären eher erniedrigte VK zu erwarten gewesen, somit scheint die Streuung allein in der inhomogenen Mischung und daraus begründeten Filmstruktur begründet.[132]

6.4.5 Beva 371

Beva 371

Aus der fertigen Beva-Folie wurden 11 hergestellte Filmprobekörper mit einer durchschnittlichen Dicke von 57,0 µm (Abweichung Ø 3,5 µm) geprüft:[133]

Bei keiner der geprüften Proben konnte in der regulären Prüfdauer von 180 sec. ein Bruch erzielt werden (Abb. 09), sodass exemplarisch ein weiterer Film bei im Vorhinein unbegrenzter Prüfdauer betrachtet wurde (Abb. 10). Im Rahmen der regulären Prüfung wurde eine mittlere Fmax von lediglich 1,11 N (Rm 3,25 MPa) gemessen; die mittlere Höchstzugkraftdehnung liegt bei sehr hohen 183,48 % und damit noch über den Werten von Evacon-R. Der VK von Fmax ist mit ca. 3,6 % (Rm 2,4 %) sehr niedrig und charakterisiert ein sehr homogenes Filmmaterial.

Die S-D-Diagramme veranschaulichen das sehr dehnbare Verhalten von Beva:

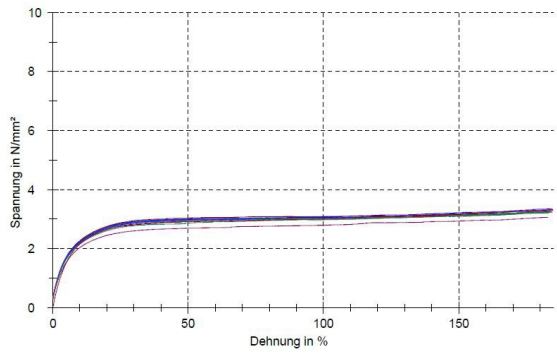
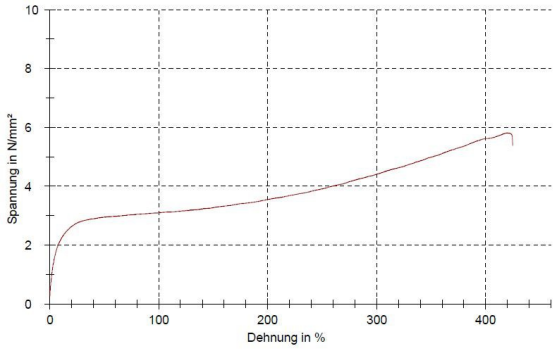


Abb. 09 und 10

Zu sehen sind die S-D-Diagramme des Klebstoff-films von Beva 371:
Innerhalb der Prüfdauer von 3 Min. konnte kein Probenbruch erzielt werden (Abb. 09).

[132] Es konnten zudem Separationserscheinungen an den Filmen beobachtet werden; siehe auch unter A.3.1 / Tabelle II.

[133] Damit liegt die durchschnittliche Filmdicke ca. 8 µm unter der Herstellerangabe von 65 µm.



Bei der exemplarisch verlängerten Prüfung zeigt sich zunächst ein ähnlicher, bis ca. 2-3 MPa (1 N) und ca. 20 % Dehnung steilerer Kurvenanstieg mit anschließender starker Abflachung; letztlich wird eine minimal erhöhte Fmax von 2,10 N bei einer unglaublichen Dehnung von ca. 420 % beim Bruch nach ca. 6-7 Min. verzeichnet (Abb. 10).

6.5 Gesamtauswertung

Nachfolgend sollen knapp nochmals die wichtigsten Prüfungsergebnisse zusammenfassend im Vergleich dargestellt werden:

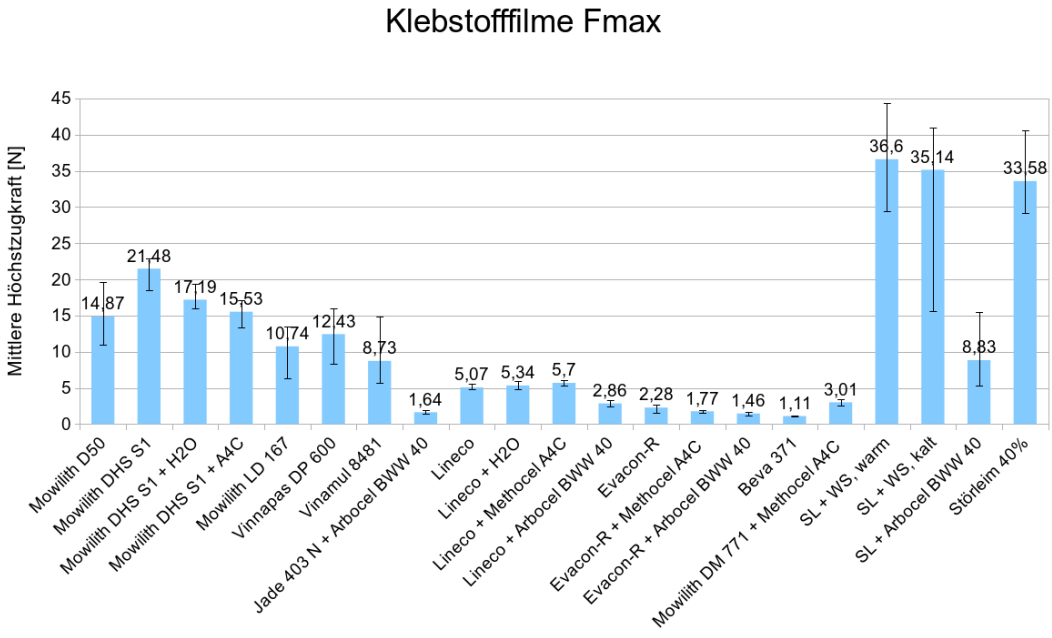


Abb. 11: Das Diagramm zeigt die mittleren Höchstzugkräfte (Fmax) der unterschiedlichen Klebstofffilme. Weitere Grafiken zu den Messergebnissen finden sich unter A.8.2.

Die getesteten Klebstofffilme einer angestrebten Dicke von 65 ± 10 µm erreichten maximale Höchstzugkräfte (Fmax) zwischen ca. 1,1 N und 36,6 N in der uniaxialen Zugprüfung. Damit lassen sich bereits anhand der betrachteten Fmax sehr unterschiedliche Klebstoffeigenschaften erkennen.

Die Variationskoeffizienten von Fmax liegen hierbei zwischen ca. 3,5 und 35 %. Anhand dessen lassen sich zudem Filme sehr gleichbleibender Qualität und Eigenschaften gegenüber inhomogenerer Filmbildungen ablesen. Weiterführend kann somit auch bereits mit unterschiedlichen Streuungen der mittels dieser Klebstoffauswahl angefertigten Verklebungen gerechnet werden.

Die betrachteten **PVAc-Dispersionen** erzielten mittlere Fmax von ca. 8-22 N sowie mittlere Rm von ca. 20-55 MPa und liegen damit im Gesamtvergleich im guten Mittelfeld. Die Höchstzugkraftdehnungen fallen hierbei insgesamt niedrig aus (< 2 %). Es zeigen sich somit recht zugfeste Klebstoffe eher geringerer Flexibilität. Hierbei scheinen die erzielbaren Höchstzugfestigkeiten nicht ausschließlich direkt vom Feststoffgehalt abzuhängen.

Eine Ausnahme stellt das mit Cellulosefasern modifizierte **Jade 403 N** dar; hier zeigen sich deutlich niedrigere Fmax und Rm bei auffallend hoher Dehnung. Trotz auf Grund der Modifikation und abweichender Filmdicke beschränkter Vergleichbarkeit der Messwerte, lässt sich so bereits ein unter den betrachteten PVAc-Dispersionen deutlich weniger zugfestes und steifes Material ablesen.

Die VK von Fmax der PVAc-Dispersionen liegen zwischen im Gesamtvergleich sehr geringen ca. 6 % bis hin zu unter die höchsten Werte fallende ca. 29 %. Bei bereits unterschiedlichen Fmax sind somit zudem verschiedene Verklebungsfestigkeiten auf Grund geringerer und stärkerer Streuungen der Ergebnisse unter den PVAc-Dispersionen zu erwarten.

Vor dem Hintergrund dieser Messergebnisse erscheint die häufige Bevorzugung von PVAc-Dispersionen zur Rissverklebung bereits nachvollziehbar; es lassen sich vergleichsweise hohe Festigkeiten bei geringen Dehnungen erwarten. Für die weitere Betrachtung zur Rissverklebung besonders vielversprechend erscheint jedoch lediglich **Mowilith DHS S1**, das in sämtlichen betrachteten Modifikationen die höchsten Werte in Höchstzugkraft und Zugfestigkeit bei niedrigsten Variationskoeffizienten ermöglichte.

Im Vergleich zu den PVAc-Dispersionen weisen die zwei betrachteten **EVA-Dispersionen** höhere Dehnungen sehr unterschiedlicher Ausprägung auf (Lineco um 3 % / Evacon-R > 100 %).

Entsprechend liegen die mittleren Fmax und Rm deutlich geringer bei nur noch ca. 1,5-6 N sowie ca. 5-18 MPa. Die VK von Fmax sind im Gesamtvergleich niedrig (Lineco) bis mittelhoch (Evacon-R).

Ausgehend von den Ergebnissen erscheint zunächst nur das weniger stark dehnbare **Lineco** auf Grund höherer Fmax- und Rm-Werte sowie niedrigerer VK[134] für die Rissverklebung geeigneter; eine besonders gute Eignung lässt sich ausgehend von den im Gesamtvergleich eher niedrigen Festigkeitswerten bei höherer Dehnung jedoch nicht vermuten.

Evacon-R erweist sich als potenziell deutlich zu dehnbar bei zu geringen Kraft- und Festigkeitswerten sowie vergleichsweise hohen Messwertstreuungen. Eine erfolgreiche Anwendung zur Erzielung widerstandsfähiger Einzelfadenverklebungen erscheint daher unwahrscheinlicher.

Ebenfalls auf EVA-Basis, lässt sich **Beva 371** mit den niedrigeren Fmax- und Rm-Werten von Evacon-R vergleichen, überzeugt jedoch durch unter allen betrachteten Klebstoffen niedrigste VK der Messergebnisse. Ausgehend von diesen Werten erscheint Beva 371 daher durchaus für das Aufbringen von flexiblen Fadenbrücken, jedoch auf Grund der extremen Dehnbarkeit nicht als alleiniger Klebstoff zur Rissverklebung geeignet.[135]

Die mittels Zusatz von gelförmigem Methocel A4C modifizierte, einzige betrachtete Acrylharzdispersion **Mowilith DM 771** erzielte im Gesamtvergleich eine geringe, in etwa mit der EVA-Dispersion Evacon-R vergleichbare Fmax von nur ca. 3 N. Der VK von Fmax liegt dabei mit ca. 9 % im Mittelfeld.

Vor diesem Hintergrund einer zusätzlich hohen Dehnbarkeit erscheint auch dieses Produkt als Vertreter der (zudem allgemein bereits weniger vielversprechend im Zuge der Einzelfadenverklebung getesteten) Acrylharzdispersionen weniger für die Rissverklebung geeignet.

Die getesteten **Störleim**- sowie **Störleim-Weizenstärke**-Filme erzielen die im Gesamtvergleich höchsten mittleren Fmax und Rm um ca. 33-37 N sowie ca. 81-102 MPa, bei im Vergleich zu den Kunstharzdispersionen deutlich niedrigerem Feststoffgehalt. Dabei weisen sie tendenziell mit den

[134] Im Falle der reinen Dispersion zeigt Lineco mit einem VK von ca. 3,9 % den niedrigsten Wert unter allen betrachteten Klebstoff-Dispersionen.

[135] An dieser Stelle sei daher auch auf das Produkt der Beva-Dispersion/en zu verweisen: Neben der teilweise unter Restauratoren genutzten Schmelze des Beva-Films zur Rissverklebung werden mitunter auch die Dispersionen „BEVA D-8“ sowie „BEVA-8-S“ verwendet. Ausgehend von bisherigen uniaxialen Prüfungen an mittels Beva-Dispersion/en sowie Beva-Schmelze verklebten Einzelfäden und der hier erbrachten Zugprüfung des Reinmaterials kann jedoch auch von der Nutzung dieser Produktalternative zur Rissverklebung auf Grund geringer Festigkeiten eher abgeraten werden. Für nähere Informationen vgl. u.a. DEMUTH et al. 2011 sowie freundliche schriftliche Mitteilung VOGEL 2009.

PVAc-Dispersionen vergleichbar geringe Höchstzugkraftdehnungen (< 2,5 %) auf. Des weiteren zeigen sich unterschiedlich hohe VK von Fmax bei ca. 10-23 %:

Erhöhte VK scheinen dabei insbesondere durch inhomogene Mischungen und somit Filme begründet und weniger aus grundsätzlichen Schwankungen der Naturprodukte zu resultieren. Interessanterweise scheint zudem die Mischung mit **kaltlöslicher Weizenstärke** höhere Schwankungen und im Vergleich schlechtere Filmbildungseigenschaften aufzuweisen. Es bliebe zu überprüfen, inwiefern sich das im Vergleich zur **warmlöslichen Weizenstärke** an den Einzelfadenverklebungen äußert.[136] Prinzipiell erscheinen die erzielten Ergebnisse bei beiden Klebstoffen jedoch vielversprechend im Hinblick auf die Einzelfadenverklebung.

Obwohl im Falle der 40%igen Lösung der Feststoffgehalt noch immer unter dem der betrachteten Kunstharzdispersionen liegt, erreichte **Störleim 40%** die mit Abstand höchste Rm bei sogar niedrigerem VK von Fmax im Vergleich zu einigen Dispersionsklebstoffen.

Bei **Mowilith DHS S1** (PVAc) kann jedoch durch nur leichte wässrige Verdünnung und Zusatz von Celluloseethergel bereits eine Abnahme von Fmax und Rm bei nahezu konstanten VK beobachtet werden.

Bei **Lineco** (EVA) hingegen verhält es sich bei beiden Zusätzen gegenteilig: Fmax und Rm steigen leicht, bei gleichzeitiger Erhöhung der VK. Ein höherer Feststoffgehalt bedeutet somit nicht automatisch höhere Fmax und Rm. Gleichzeitig bedeutet eine Verdünnung nicht zwangsläufig eine Abnahme; unter Umständen verhalten sich hier PVAc- und EVA-Dispersionen sogar gegensätzlich.[137]

Tendenziell erscheint jedoch die Verdünnung mittels **Methylcellulosegel** für die Rissverklebung vorzuziehen. Neben den Vorteilen verminderter Dehnungen und einer verbesserten Reversibilität, scheinen so im Vergleich zur wässrigen Verdünnung mindestens gleichbleibende bis steigende Festigkeiten zu erwarten.

Eine Sonderrolle nehmen die mittels **Cellulosefasern** modifizierten Filme auf Grund nicht direkt vergleichbarer, dünnerer Filmdicken in der Gesamtauswertung ein:

Prinzipiell lassen sich zunächst lediglich niedrige Fmax und Rm sowie erhöhte VK im Vergleich zu den Rein-Klebstoffen festhalten. Diese Ergebnisse können jedoch mitunter in direktem

[136] Die uniaxialen Prüfungen an Fäden u. Gewebestreifen erbrachten unterschiedliche Ergebnisse.

[137] Die Beobachtung einer Kraft- und Festigkeitsabnahme geprüfter Einzelfadenverklebungen bei wässriger Verdünnung der Dispersionsklebstoffe lässt sich somit zumindest nicht prinzipiell auch auf deren Filme übertragen; vgl. REUBER 2010 (S. 67 f.) und BALTSCHEIT 2011 (S. 9).

Zusammenhang mit der abweichenden Filmdicke stehen und sind nicht zwangsläufig auf die Modifikation mittels Cellulosefasern zurückzuführen. Erhöhte VK auf Grund inhomogenerer Filmstrukturen erscheinen jedoch wahrscheinlich.[138] In diesem Fall kann ausgehend von den Filmprüfungen noch keinerlei Rückschluss auf eine mögliche Eignung zur Klebstoffmodifikation hinsichtlich der Einzelfadenverklebung erfolgen.

Die Ergebnisse der uniaxialen Klebstofffilmprüfung erlauben somit einen umfassenden ersten Vergleich unterschiedlichster Klebstoffe:

Dabei sind jedoch die teils abweichenden Filmdicken der Klebstoffe untereinander sowie der für wissenschaftliche Betrachtungen sehr geringe Stichprobenumfang und daraus resultierende Ungenauigkeiten zu berücksichtigen. Grundsätzliche Klebstoffeigenschaften lassen sich jedoch formulieren, verifizieren und weiterreichende Bezüge herstellen. Im Rahmen dieser Arbeit konnten zunächst jedoch nur erste Tendenzen dargestellt werden.[139]

[138] Zur Filmstruktur siehe auch unter A.3.1 / Tabelle II.

[139] Für eine tieferes Verständnis der Einzelklebstoffe und Klebstoffgruppen sollten noch weitere Messwerte und Daten hinzugenommen werden; siehe hierzu auch unter A.9.1 und A.9.2.

7. Uniaxiale Zugprüfungen an Einzelfäden

Im Anschluss an die uniaxialen Zugprüfungen freier Klebstofffilme und die somit gesonderte Betrachtung des reinen Klebstoffverhaltens wird nun die Anwendung der Klebstoffe zur Einzelfadenverklebung textiler Garnabschnitte im Rahmen der uniaxialen Einzelfadenprüfung behandelt. Hierbei wurde in Anlehnung an DIN EN ISO 2062 vorgegangen.

Bereits REUBER weist darauf hin, dass so nicht nur die reinen Verklebungs-, sondern ebenfalls Fadeneigenschaften gemessen werden.[140] Nur mittels direkter Prüfung von verklebten Materialien lässt sich jedoch der Einfluss der Verklebung auf die reinen Klebstoffeigenschaften ansatzweise nachvollziehen und so die Klebstoffe hinsichtlich ihrer Eignung betrachten. Dabei spielen neben dem Klebstoff vor allem das zu verklebende Substrat, die Verklebungstechnik und die so letztlich erzielte Adhäsion eine Rolle.

7.1 Probekörpervorbereitung

Es folgt zunächst die Zusammenfassung der Probekörpervorbereitung:

Umfassend zusammengestellte Informationen zum Testgarn, dem Vorgang der Probekörperherstellung und -verklebung sowie eine Übersicht zu den erstellten Probekörpern finden sich zudem unter A.4.1, A.6.2 sowie A.7.1 und A.7.2.

7.1.1 Testgarn

Als Testgarn wurde das Produkt „Leinengarn Nm12/1“ der Fa. TextilTrade ausgewählt, an welchem bereits BALTSCHEIT ihre Einzelfadenverklebungen durchführte.

Das Leinengarn weist eine Feinheit von 78,36 tex bei Z-Drehung auf; der mittlere Fadendurchmesser liegt bei ca. 0,39 mm. Als Schlichte ließ sich eine geringe Menge Carboxymethylcellulose auf dem Garn nachweisen.[141]

[140] Vgl. REUBER 2010, S. 50.

[141] REUBER und VOGEL verwendeten hingegen ein leicht abweichendes Produkt der Fa. TextilTrade. Für Näheres zum Testgarn siehe auch unter A.4.1 / Tabelle I.

7.1.2 Probekörperanfertigung und -verklebung

Zur Probekörperanfertigung wurden Garnabschnitte von jeweils 200 mm Länge auf einer Schneidematte mit doppelseitigem Klebeband fixiert, glatt mittels Skalpell mittig zertrennt und anschließend in den entsprechenden Verklebungstechniken wieder zusammengefügt.[142] Auf diese Weise soll eine immer vergleichbare Verklebungssituation und möglichst hohe Standardisierung des Verklebungsaufbaus gewährleistet werden.[143]

Es wurden zunächst alle Klebstoffe der Gesamtauswahl für Stoß-auf-Stoß- Verklebungen **(SAS)** ausgewählt, um so einen direkten Bezug zu den Klebstofffilmen herstellen zu können.[144] Ergänzend wurden von einer verringerten Auswahl besonderen Interesses auch überlappende (**Ü**) sowie überlappend-vermengte (**Ü+V**) Verklebungen angefertigt. Das optionale zusätzliche Aufbringen von Fadenbrücken wurde im Rahmen der Einzelfadenprüfung als nicht sinnvoll erachtet.[145]

Alle Verklebungen wurden mit jeweils 0,6 µl Klebstoffmenge / Fadenprobekörper durchgeführt, um so deren Vergleichbarkeit zu gewährleisten.[146] Auf diese Weise wurden je mind. 10, teilweise abweichend 15 Einzelfadenprobekörper zu jedem Klebstoff in den jeweils ausgewählten Techniken angefertigt. Ergänzend wurden Nullproben des Testgarns als unbeschädigte Referenz vorbereitet.[147] Nach der Verklebung erfolgte die vierwöchige Lagerung bis zur Prüfung.

7.2 Aufbau und Durchführung

Zur Prüfung wurde im Raum mittels Luftbefeuchter ein Klima von ca. 27 °C und 60 % r.F.[148] eingestellt sowie die fertigen Probekörper vorbereitend 24 Stunden entsprechend konditioniert.[149]

---

[142] Zum Aufbau siehe auch unter A.6.2.

[143] Natürlich handelt es sich bei einem Schnitt mit geraden Kanten jedoch prinzipiell um eine andere Ausgangslage als bei der häufigeren Problemstellung eines Risses mit u.a. überdehntem Fadenmaterial, ausgefransten Fadenenden etc.

[144] Ausgenommen des explizit für die Fadenbrückenapplikation ausgewählten Beva 371.

[145] Zur genauen Durchführung der unterschiedlichen Verklebungstechniken siehe auch unter A.7.1 / Tabelle II.

[146] Zur Ermittlung der Klebstoffmenge siehe auch unter A.7.1 / Tabelle I.

[147] Des weiteren wurden Schuss-Nullproben des nachfolgend betrachteten Gewebes vorbereitet; diese sollen jedoch erst im Zuge der Gewebestreifenprüfung weiter erläutert werden. Eine Übersicht aller zur Einzelfadenprüfung hergestellten Probekörper findet sich unter A.7.2.

[148] Luftfeuchte angelehnt an DIN EN ISO 139 (20 ± 2 °C und 65 ± 4 % r.F.).

[149] Leider war es zum Zeitpunkt der Prüfungen im Außenklima sehr heiß, sodass keine geringere Temperatur erzielt werden konnte. Von einer höheren Luftfeuchte durch stärkere Befeuchtung wurde zudem abgesehen. Zum Prüfklima siehe auch unter A.16.

Genutzt wurde, wie bereits zuvor für die Klebstofffilme, die Universalprüfmaschine der Fa. Zwick mit angeschlossenem 100 N-Kraftaufnehmer (vgl. Abb. 02).

Ebenfalls mit Kunststoffhandschuhen wurden die Probekörper mit ihrer Klebestelle genau mittig in die auf eine Einspannlänge von 100 mm vorbereitend eingestellten Klemmbacken der Zugprüfmaschine eingespannt. Nach Kontrolle der geraden und parallelen Ausrichtung wurde die uniaxiale Zugprüfung mit einer Vorkraft von 10 cN sowie einer Zuggeschwindigkeit von 20 mm/min gestartet.[150] Dabei wurden die Einzelfäden wie bereits die Klebstofffilmprobekörper uniaxial entlang ihrer Hauptachse in konstanter Geschwindigkeit bis zum Bruch bzw. Versagen gedehnt.[151]

Parallel zur Prüfung erfolgte wieder die Aufzeichnung und Auswertung gemäß Voreinstellungen. Auf diese Weise wurden erneut jeweils alle Einzelfadenprobekörper eines Klebstoffs sowie einer Verklebungstechnik in einer Prüfserie erfasst.[152]

7.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung

Da wie bereits zuvor nicht im Einzelnen auf das Probekörperverhalten eingegangen werden kann, soll dieses zunächst kurz allgemein zusammengefasst werden. Detailliertere Aufzeichnungen zu den einzelnen Probekörpern finden sich ergänzend unter A.2 und A.9.1.

7.3.1 Nullproben

Bei der uniaxialen Zugprüfung der intakten Nullproben-Einzelfäden stellte sich das häufige Problem während der Prüfung herausrutschender Proben, sodass ein sehr starkes Einspannen erforderlich war.[153]

Bei erfolgreicher Fixierung war während des Zugversuchs zunächst ein deutliches Aufdehnen der Fäden zu sehen, bevor diese der Belastung teils abrupt, teils unter langsamem Auseinanderziehen der einzelnen miteinander versponnenen Fasern nachgaben. Nach dem Riss war ein

[150] Zu den genauen Maschinen- und Software-Einstellungen siehe auch unter Punkt A.14.1.
[151] Zu den genauen Brucheinstellungen siehe auch unter A.14.1.
[152] Zu den getesteten Probekörpern und aufgezeichneten Werten siehe auch unter A.9.1. Eine Darstellung der Einzelfadenprüfung erfolgt zudem unter A.1.2.
[153] Es wurde mit gummi-beschichteten Klemmbacken gearbeitet, in welche die Fäden jeweils 30 mm weit eingespannt wurden, da mittels dieser das festeste Einspannen erzielt werden konnte (vgl. auch unter A.14.1). Ein Rutschen konnte jedoch nicht vollständig vermieden werden; prinzipiell wäre daher ggf. nochmals über geeignetere Alternativen nachzudenken.

Kräuseln der Fadenhälften erkennbar. Dabei ließ sich gut erkennen, dass immer die schwächsten Fadenabschnitte im Sinne u.a. dünnerer oder unregelmäßigerer Bereiche nachgaben.

Prinzipiell wurden dabei drei Risstypen dokumentiert:

1. Mittiger Riss,
2. Riss im oberen und
3. Riss im unteren Fadendrittel.

7.3.2 Verklebungen

Im Falle der Verklebungen ergab sich auf Grund der im Vergleich stark minimierten Höchstzugkräfte weniger das Problem herausrutschender Fäden. Ein vergleichbar starkes Aufdehnen wie an den Nullproben konnte nicht beobachtet werden; zumeist gaben die Klebungen bereits nach deutlich kürzerer Versuchsdauer und damit verbunden geringerer Längenänderung nach.

Das Öffnen der Einzelfadenverklebungen erfolgte entweder:

1. Abrupter und sichtbar oder
2. (nahezu) unsichtbar im Sinne eines Aufdehnens der Klebestelle.[154]

7.4 Einzelauswertungen

In der nachfolgenden Auswertung wird nun erneut je Klebstoffgruppe und deren Einzelklebstoffen auf die Ergebnisse der uniaxialen Einzelfadenprüfung eingegangen. Dabei werden die unterschiedlichen betrachteten Verklebungstechniken (**SAS** / **Ü** / **Ü+V**) aus Platz- und Übersichtsgründen direkt je einzelnem Klebstoff gegenübergestellt. Zu Beginn werden zur Ermittlung entsprechender Referenzwerte des Testgarns zunächst die geprüften Einzelfaden-Nullproben betrachtet.

Erneut liegt der Schwerpunkt der Auswertung auf der Betrachtung der erzielten Höchstzugkräfte (Fmax). Des weiteren werden ausgewählte Spannungs-Dehnungs-Kurven

[154] Vereinzelt kam es zudem zu Fadenbrüchen (siehe auch unter A.9.1 / Tabelle I). Da in diesem Fall aber weniger das Klebstoff- oder Verklebungsverhalten, als vielmehr die Fadeneigenschaften beschrieben werden, sollen diese Fälle in der Auswertung weitestgehend ausgeklammert werden. Im Falle eines Fadenbruchs lag die Kohäsion der Verklebung zwar prinzipiell über der des Fadens, bei Betrachtung von Vergleichswerten ist dies jedoch häufig mit einzelnen Schwachstellen im Fadenmaterial und weniger außergewöhnlich hohen Einzelergebnissen der Verklebungen verbunden.

(S-D -Diagramme) unmittelbar im Text einbezogen. Um sich möglichst auf die Evaluierung der Verklebungen zu konzentrieren, werden die zuvor im Rahmen der Klebstofffilmprüfung teils ebenfalls erläuterten Dehnungen und Zugfestigkeiten zunächst ausgeklammert.[155]

Zum Vergleich der Messreihen untereinander werden jeweils (entsprechend der Klebstofffilmprüfung sowie Vorgängerarbeiten zur Einzelfadenverklebung) wieder die Größen arithmetischer Mittelwert und Variationskoeffizient (VK) zur deskriptiven Statistik herangezogen.[156]

Im Falle von vereinzelt auftretenden Fadenbrüchen sind deren Messwerte in der Statistik unberücksichtigt geblieben. Sofern nicht speziell gekennzeichnet, beziehen sich somit sämtliche Werte lediglich auf die Prüfung bis zur Öffnung der Klebestelle.

Detailliertere Informationen zu den geprüften Einzelfäden sowie sämtliche gemessene Daten und ergänzende Werte zur deskriptiven Statistik sind unter Punkt A.9.1 ergänzend nachvollziehbar.[157]

Auf Grund des begrenzten Umfangs der Abgabe muss zudem zunächst auf unmittelbare Vergleiche der ermittelten Werte mit bisherigen Arbeiten von u.a. REUBER, BALTSCHEIT, VOGEL und DEMUTH et al. verzichtet werden. Eine solche weiterführende Auswertung ist jedoch nachträglich möglich.[158]

---

[155] Während die Zugfestigkeit sich bei den Klebstofffilmen über den Probenquerschnitt errechnet, erfolgt die Bestimmung an den Einzelfäden abweichend über den angegebenen tex-Wert, die Werte sind somit kaum vergleichbar. Zudem wird die Dehnung in dieser Prüfung lediglich über die Längenänderung erfasst und ist somit ebenfalls unmittelbar fadenabhängig „verfälscht“; es ist daher kaum ein direkter Bezug auf die Klebstofffilme möglich (siehe auch unter A.14.1). Die Werte wurden jedoch gleichermaßen erhoben; siehe auch unter A.9.1 / Tabellen II.

[156] Bei u.a. REUBER (2010) wird zudem der in der Textilprüfung übliche, gemäß DIN EN ISO 2062 ebenfalls geforderte 95 %-Vertrauensbereich mit aufgeführt: Der 95 %-Vertrauensbereich, auch Konfidenzintervall genannt, wird durch die errechnete obere und untere Vertrauensbereichsgrenze in gleichem Abstand zum arithmetischen Mittel gebildet (vgl. u.a. SACHS, HEDDERICH 2006, S. 253 ff.).
Das 95 %-Konfidenzintervall beschreibt, dass mindestens 95 % aller Messwerte einer Reihe im errechneten Bereich zu erwarten sind; die häufig gefolgerte Aussage, dass die Ergebnisse mit 95 %iger Wahrscheinlichkeit zwischen den Vertrauensgrenzen liegen, ist somit nicht ganz korrekt. Der Vertrauensbereich erlaubt damit die Nennung eines unmittelbar zu erwartenden Wertebereichs und richtet sich dabei nach der Streuung der Werte. Da jedoch bereits der Variationskoeffizient die Wertestreuung beschreibt, soll aus Übersichtsgründen auf die Ausführung des Vertrauensbereichs verzichtet werden. Entsprechende Angaben des Konfidenzintervalls finden sich jedoch unter A.9.1 / Tabellen II.

[157] Sofern nicht anders gekennzeichnet, sind sämtliche folgende Auswertungen unter A.9.1 und A.9.2 nachvollziehbar, weshalb auf sich wiederholende Fußnoten verzichtet werden soll.

[158] Auf Grund teils abweichender Prüfeinstellungen sollte jedoch im Vorfeld nochmals genau kontrolliert werden, welche Werte sich für einen Vergleich eignen bzw. inwiefern diese unmittelbar vergleichbar sind; siehe hierzu auch unter A.14.1. Insgesamt beschreiben die Werte jedoch die gleichen Verhältnismäßigkeiten; während die Fmax-Werte dabei zu denen BALTSCHEITs annähernd gleich sind, erscheinen die Messwerte im Vergleich zu REUBER, VOGEL und DEMUTH et al. teils leicht erhöht (vgl. BALTSCHEIT 2011, REUBER 2010, VOGEL 2010 und DEMUTH et al. 2011).

7.4.1 Nullproben

Garn / TextilTrade

Vom Testgarn wurden insgesamt 15 Einzelfadenproben geprüft:

Das erstellte S-D-Diagramm zeigt einen nahezu linearen, das Diagramm annähernd im 45 ° - Winkel unterteilenden Kurvenverlauf und charakterisiert insgesamt ein recht widerstandsfähiges Material gewisser Dehnbarkeit.[159]

Für das Garn der Fa. TextilTrade wurde dabei eine mittlere Fmax von 23,70 N mit einem VK von ca. 11,6 % ermittelt. Der damit nicht besonders niedrige VK des Testmaterials ist vermutlich auf die natürlichen Schwankungen des Naturprodukts Flachs und dessen Verarbeitung in Fadenform zurückzuführen. Die zugehörige ermittelte Zugfestigkeit liegt bei 182,29 MPa bzw. 30,38 N/tex[160], im Idealfall würde diese bei der Verklebung wieder annähernd hergestellt.[161]

Berücksichtigt werden soll exemplarisch auch der 95 %-Vertrauensbereich: Demnach sind zwar 95 % der Messergebnisse zwischen ca. 22,2-25,2 N zu erwarten, es können jedoch auch schwächere sowie stärker belastbare Fäden bzw. Fadenabschnitte auftreten.[162]

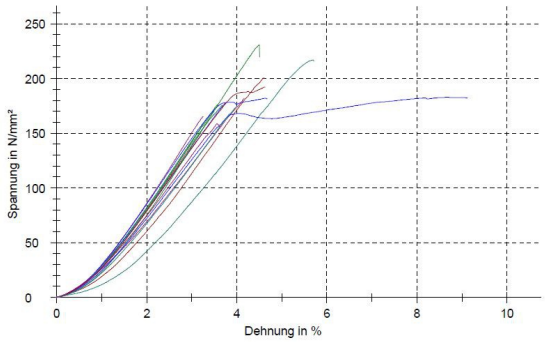


Abb. 12

Zu sehen ist das S-D-Diagramm des Testgarns der Fa. TextilTrade:
Der einzelne, sichtbar „länger gedehnte“ Kurvenverlauf ist auf ein Rutschen des Fadens in der Klemmbacke während der Zugprüfung zurückzuführen.

[159] Die mittlere Höchstzugkraftdehnung wirkt mit 4,36 % zwar relativ gering, ist jedoch wie zu erwarten höher als an einigen betrachteten Klebstofffilmen. In diesem Kontext ist jedoch darauf hinzuweisen, dass im Falle „echter Risse“ aufgespannter Gewebe bzw. Gemälde (statt wie hier eines künstlichen Schnitts eines nie zuvor verwobenen o.ä. Fadens) bereits gestreckte, überdehnte, somit quasi zusätzlich zur Webstruktur „verfestigte“ Fäden vorliegen.

[160] Zur ergänzenden Einheit bei der Zugfestigkeitsbetrachtung des Garns siehe auch unter A.14.1.

[161] Zu den Klebstoffanforderungen vgl. auch unter Punkt 5.1.

[162] Dies ist insbesondere im Hinblick vereinzelter Fadenrisse bei verklebten Proben zu berücksichtigen, die oftmals nicht mit der max. Höchstzugkraft der Prüfgruppe, sondern vielmehr mit besonders schwachen Fadenabschnitten in Verbindung zu bringen sind.

7.4.2 Polyvinylacetat (PVAc)-Dispersionen

Mowilith D 50

Es wurden insgesamt 10 Stoß-auf-Stoß (**SAS**) verklebte Einzelfäden geprüft:

Mittels Mowilith D 50 konnte eine mittlere Fmax von 3,02 N[163] bei einem sehr hohen VK von ca. 31,6 % gemessen werden.[164]

Das S-D-Diagramm ähnelt, trotz deutlich geringerer Höchstzugkraft bzw. Spannungs- und Dehnungswerten, prinzipiell dem Verlauf der Testgarn-Nullproben im Kurvenverlauf (unter A.9.2 / I, Diagr. 15): Es zeigt einen nahezu linearen Anstieg (in im Vergleich zu den Klebstoff-filmen weniger steilem Winkel von ca. 45 °)[165] bis zum Bruch (vgl. Abb. 12).

Mowilith DHS S1

Mittels Mowilith DHS S1 wurden auf Grund der vielversprechenden Klebstofffilm-Ergebnisse Verklebungen in allen drei Techniken durchgeführt:[166]

An den **SAS**-Verklebungen konnte eine mittlere Fmax von ca. 2,8 N mit einem VK von recht hohen 25,35 % gemessen werden. Wie zu erwarten, steigt die Fmax bei der **Ü**-Verklebung auf 7,33 N, jedoch gleichsam der VK auf deutlich höhere ca. 38,4 %.[167] Bei der **Ü+V**-Verklebung hingegen lässt sich ein wieder deutlich reduzierter, jedoch noch immer hoher VK von ca. 20,8 % bei einer mittleren Fmax von 16,91 N verzeichnen.[168]

Beim Vergleich der Kurvenverläufe der S-D-Diagramme (vgl. Abb. 13-15) zeigt sich eine tendenzielle Abflachung mit Verfestigung der Klebeverbindung durch erhöhte Dehnungen bei gleichzeitigem Spannungsanstieg:

---

[163] Zur Veranschaulichung: Bei einem Ortsfaktor (mittlere Erdbeschleunigung) g = 9,81 m/s² gilt ungefähr 1 N ≙ 102 g. An einem einzelnen auf Stoß verklebten Faden hängen damit bildlich gesprochen bei der Höchstzugkraft von ca. 3 N drei übliche Tafeln Schokolade (ca. 300 g).

[164] Exemplarische Darstellung des 95 %-Vertrauensbereichs im Hinblick auf den genannten VK: Nach Betrachtung des 95 %-Konfidenzintervalls sind allgemein 95 % der Verklebungen bei Höchstzugkräften zwischen ca. 2,3-3,7 N zu erwarten.

[165] Die Ähnlichkeit der Kurve zum Nullprobengarn bzw. der starke Unterschied zum S-D-Diagramm des reinen Klebstofffilms stellen den Einfluss des Fadens sowie der Verklebung dar.

[166] Stoß-auf-Stoß (**SAS**): 15 / überlappend (**Ü**): 10 / überlappend-vermengt (**Ü+V**): 10 Proben.

[167] Möglicherweise ist dies jedoch auf den geringen Stichprobenumfang zurückzuführen.

[168] Zudem kam es hier zu vereinzelten Fadenbrüchen statt Klebungsöffnung, siehe hierzu auch unter A.9.1 / Tabelle I.

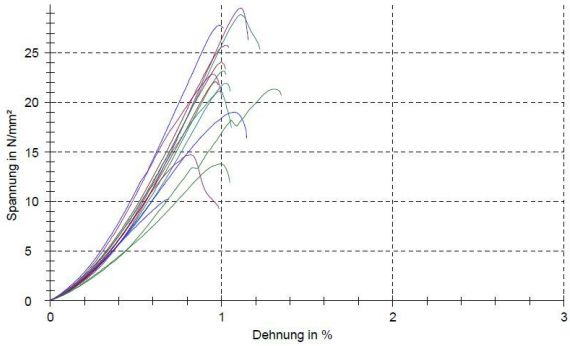


Abb. 13 (SAS)

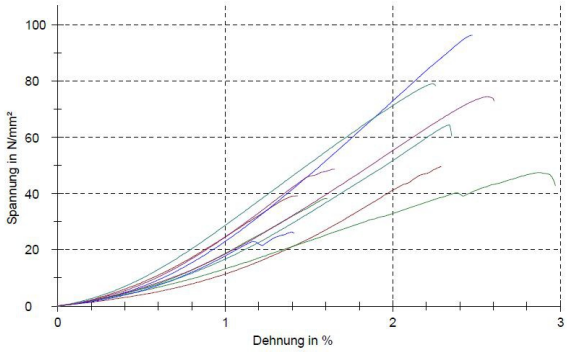


Abb. 14 (Ü)

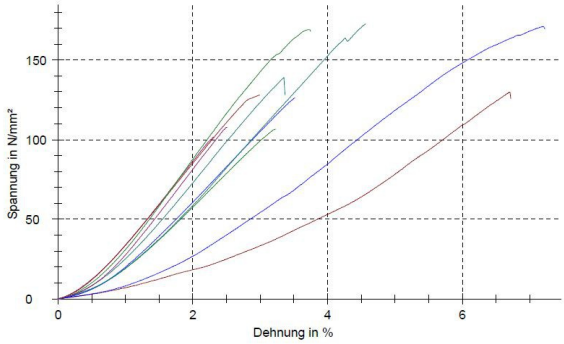


Abb. 15 (Ü+V)

Die Abb. zeigen die S-D-Diagramme von SAS-, Ü- sowie Ü+V-Verklebungen mittels Mowilith DHS S1: Im Vergleich zeigt sich ein allgemein abflachender Verlauf durch zunehmende Dehnung des Fadens bei erhöhter Zugfestigkeit der Klebestelle

Mowilith DHS S1 + H_2O

Im Falle der Verdünnung mit Wasser wurden 10 **SAS**-Einzelfadenprobekörper betrachtet:

Die durchschnittliche Fmax liegt mit 3,65 N (anders als bei den Filmen) über der des reinen Klebstoffs bei der Einzelfadenverklebung; als Begründung denkbar wäre ein besseres Eindringen des Klebstoffs und so optimierte Klebefuge.[169] Der VK von Fmax liegt im Vergleich hingegen mit ca. 26,2 % minimal erhöht.

Im Vergleich der S-D-Diagramme zeigen die Kurven der Verdünnung einen nahezu identischen Verlauf zur unverdünnten SAS-Klebung (vgl. Abb. 13).

[169] Zur Klebstofffilmprüfung vgl. auch unter 6.4.1.

Mowilith DHS S1 + Methocel A4C

Auch hier wurden 10 Einzelfäden mit **SAS**-Verklebung ausgewertet:

Unter Umständen wirkt sich der trotz Cellulosederivat-Zusatz hier niedrigere Feststoffgehalt[170] im Vergleich zur wässrigen Verdünnung in Form einer wieder leicht verringerten mittleren Fmax von 3,15 N sowie stark erhöhtem zugehörigen VK von ca. 38,9 % aus.[171]

Der Verlauf der Kurven des S-D-Diagramms ähnelt weitestgehend dem der wässrigen Verdünnung (vgl. unter A.9.2 / I, Diagr. 19 und 20).

Mowilith LD 167

Auf Grund der weniger vielversprechenden Ergebnisse der Klebstofffilmprüfung wurden lediglich 10 Probekörper in **SAS**-Verbindung betrachtet:

Das S-D-Diagramm zeigt einen mit Mowilith D 50 vergleichbaren Kurvenverlauf recht linearen Anstiegs. Die durchschnittliche Fmax liegt mit 1,81 N jedoch noch deutlich unter der von Mowilith D 50 (vgl. ca. 3 N). Bei einem VK der Fmax von ca. 54 % weist LD 167 zudem die zweitstärksten Streuungen der Fmax aller gemessenen Einzelfadenprobengruppen auf.

Jade 403 N + Arbocel BWW 40

Es wurden ebenfalls 10 **SAS**-verklebte Einzelfäden geprüft:

Bei einer mittleren Fmax von lediglich 0,92 N mit einem VK von 25,6 % erzielt die Klebstoffmischung die zweitniedrigsten Fmax aller betrachteten Probengruppen sowie einen vergleichsweise hohen VK im oberen Mittelfeld des Gesamtvergleichs. Anhand der Klebstofffilme konnte somit in diesem Fall die bereits tendenziell geringere Eignung prognostiziert werden (Stichwort: weich und hohe Dehnung).

Die Ergebnisse spiegeln sich in einem sehr uneinheitlichen S-D-Diagramm mit sich wenig überlagernden Kurvenbereiche wieder; die Kurven stellen zudem das Aufdehnen der Klebstelle nach Erreichen der Höchstzugkraft in einem Dehnungsbogen bis zur Bruchkraft dar (vgl. Abb. 16):

[170] Zur Veranschaulichung vergleichbarer Viskositäten sind unterschiedliche Verdünnungsanteile gewählt worden; so beträgt der Feststoffgehalt letztlich bei wässriger Verdünnung ca. 44-46 %, mit Methocelgel-Zusatz jedoch lediglich 41-43 % (vgl. auch unter A.3.1). Bereits an den Klebstofffilmen ließ sich eine höhere Zugfestigkeit der wässrigen Verdünnung beobachten.

[171] Der VK liegt damit wieder so hoch wie bei der unverdünnten Ü-Verklebung mittels reinem Mowilith DHS S1.

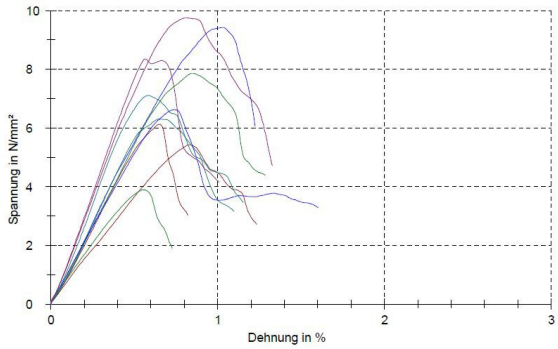


Abb. 16

Das S-D-Diagramm von Jade 403 N + Arbocel BWW 40 in der SAS-Verklebung am Faden: Es zeigen sich bereits zu Anfang uneinheitliche Kurvenverläufe inhomogener Verklebungs- und Fadeneigenschaften.

Vinamul 8481

Auch von Vinamul 8481 wurden 10 **SAS**-Verklebungen an Einzelfadenprobekörpern ausgewertet:

Die Kurvenverläufe des S-D-Diagramms liegen vergleichsweise stark aufgefächert und weisen damit bereits auf einen erhöhten VK der Fmax von ca. 39,2 % hin; bereits die Klebstofffilme hatten einen erhöhten VK aufgewiesen. Der Kurvenverlauf ähnelt den Mowilithen, verläuft jedoch leicht gebogen, sonst nahezu linear bis zur Höchstzugkraft ansteigend. Die mittlere Fmax erreicht dabei einen zu Mowilith D 50 leicht erniedrigten Wert von 2,74 N.

Vinnapas DP 600

Es wurden ebenfalls Zugversuche an 10 verklebten Einzelfäden in **SAS**-Verbindung durchgeführt:

Mit einer mittleren Fmax von geringeren 1,90 N bei einem hohen VK von ca. 35,8 % gehört auch Vinnapas DP 600 augenscheinlich zu den schlechteren Optionen für die Einzelfadenverklebung, was sich so deutlich anhand der Filme jedoch noch nicht ablesen ließ. Das zugehörige S-D-Diagramm weist einen vergleichsweise steileren Kurvenverlauf, wieder ähnlich Mowilith D 50, auf (unter A.9.2 / I, Diagr. 34).

7.4.3 Ethylen-Vinylacetat (EVA)-Dispersionen

Evacon-R

Da sich bereits die Klebstofffilme als sehr weich und dehnbar darstellten, wurden nur 10 Einzelfadenprobekörper in **SAS**-Verklebung betrachtet:

Bereits das mit Jade 403 N + Arbocel BWW 40 vergleichbare S-D-Diagramm lässt ähnlich schlechte Ergebnisse vermuten (vgl. Abb. 16):

Tatsächlich erzielt Evacon-R mit einer mittleren Fmax von lediglich 0,74 N die geringsten Festigkeiten aller betrachteten Gruppen. Dabei liegt der VK von Fmax zudem mit ca. 32,4 % recht hoch. Die Prognose anhand der Filmprüfung scheint somit bestätigt.

Evacon-R + Methocel A4C

Es wurden 10 **SAS**-verklebte Einzelfadenprobekörper hergestellt:

Der Verlauf des S-D-Diagramms erscheint im Vergleich zur reinen Dispersion ähnlich und gleichbleibend inhomogen in der Kurvenverteilung. Dabei wird eine leicht erhöhte mittlere Fmax von 1,17 N bei gleichsam etwas reduziertem, jedoch noch immer hohem VK von 31 % erreicht.

Der Methocel-Zusatz äußert sich hier gegenteilig zum betrachteten Klebstofffilm nachvollziehbar verfestigend.

Evacon-R + Arbocel BWW 40

Die 10 **SAS**-verklebten Einzelfäden zeigten folgendes Ergebnis:

Mit einer mittleren Fmax von 1,33 N sowie zugehörigem leicht reduzierten VK von 24,3 % zeigt die Modifikation mittels Cellulosefasern die besten Ergebnisse bei der Betrachtung von Evacon-R.

Anders als beim Klebstofffilm wird so die sich günstig auswirkende Versteifung dank zugesetzter Cellulosefasern deutlich. Die Werte sind jedoch noch immer im Gesamtvergleich eher schlecht. Das S-D-Diagramm zeigt daher nur leicht erhöhte Spannungen und Dehnungen, sonst keine nennenswerten Veränderungen im Vergleich mit der Rein-Dispersion.

Lineco

Von Lineco wurden ebenfalls Verklebungen in allen drei Techniken durchgeführt und geprüft:[172]

An den **SAS**-Verklebungen konnte eine mittlere Fmax von 1,72 N mit dem dritthöchsten aller VK von ca. 50 % gemessen werden. Damit erzielt Lineco in SAS-Technik den zweithöchsten aller VK unter den Kunstharzdispersionen, während es bei den Filmen noch der niedrigste VK der Dispersionsauswahl war.

Wie zu erwarten, steigt auch bei Lineco die durchschnittliche Fmax bei der **Ü**-Verklebung auf 4,72 N während der zugehörige VK deutlich auf 18,9 % sinkt.

Bei der **Ü+V**-Verklebung hingegen lässt sich ein wieder erhöhter VK von ca. 32,2% bei einer

[172] Stoß-auf-Stoß (**SAS**): 15 / überlappend (**Ü**): 10 / überlappend-vermengt (**Ü+V**): 10 Proben.

mittleren Fmax von 10,67 N verzeichnen.

Obwohl man davon ausgehen könnte, dass durch die steigende Verklebungsqualität bei erhöhten Festigkeiten prinzipiell homogenere Werte resultieren müssten, ist der VK der Ü+V-Verklebung in diesem Fall im Vergleich zur Ü-Verklebung wieder sehr hoch.[173] Insgesamt wird jedoch im Gegensatz zur Filmprüfung eine überraschend hohe Festigkeit mit Lineco in Ü+V-Technik im Einzelfaden-Gesamtvergleich erzielt.

Betrachtet man den Kurvenverlauf der S-D-Diagramme (vgl. Abb. 17 – 19), zeigt sich wie bereits bei Mowilith DHS S1 eine zunehmende Abflachung mit erhöhten Spannungen und Dehnungen bei Verfestigung der Klebeverbindung mittels Wechsel der Klebetechnik. Auch hier steigen die einzelnen Kurven zunächst verhältnismäßig linear bis zur Höchstzugkraft an und zeigen einen minimalen anschließendem Kurvenabfall bis zur Brucherkennung:[174]

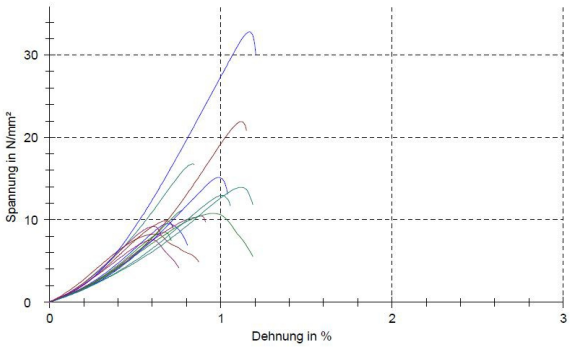


Abb. 17 (SAS)

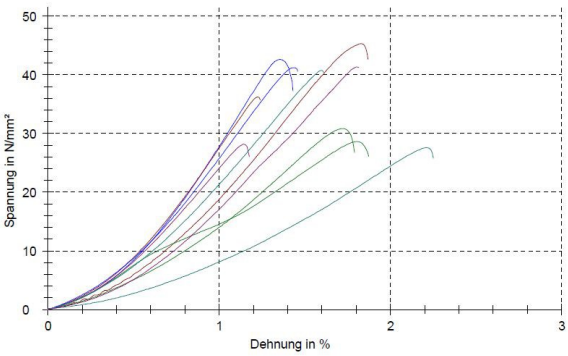


Abb. 18 (Ü)

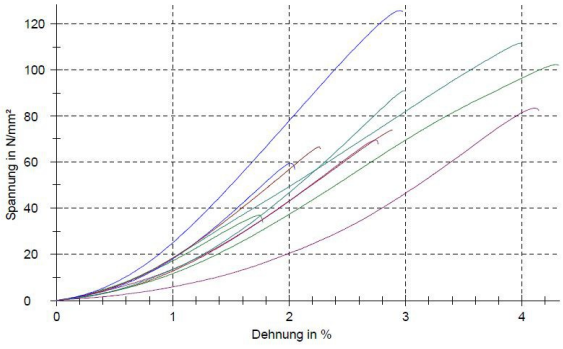


Abb. 19 (Ü+V)

Die Abb. zeigen die S-D-Diagramme von SAS-, Ü- sowie Ü+V-Verklebungen mittels Lineco:
Im Vergleich zeigt sich ein allg. abflachender Verlauf durch zunehmende Dehnung des Fadens bei erhöhter Zugfestigkeit der Klebestelle.

[173] Dies deutet zunächst auf Messungenauigkeiten hin, gleiches Phänomen findet sich jedoch auch an den verklebten Gewebestreifen. Siehe ergänzend auch unter 8.4.4.

[174] Somit zeigt sich das auffällige Verhalten des Klebstofffilms (im Sinne eines starken Aufdehnens bei Spannungsabfall und Bruch) im Falle der Verklebungen leider nicht erkennbar bestätigt; ein solches weniger abruptes Öffnen der Klebestelle bietet jedoch mögliche Vorteile für Rissverklebungen (vgl. Punkt 5.1).

Lineco + H_2O

Es wurden insgesamt 10 Proben in **SAS**-Verklebung betrachtet:

Die mittlere Fmax beträgt 1,39 N und zeigt so gegensätzlich zu den betrachteten Klebstofffilmen einen Festigkeitsverlust durch Verdünnung.[175] Der VK von Fmax beträgt ca. 28,5 % und zeigt sich damit sogar niedriger als bei reinem Lineco in SAS- und Ü+V-Klebung.[176] Das S-D-Diagramm weist einen der reinen Dispersion sehr ähnlichen Verlauf auf (vgl. Abb. 17 bzw. unter A.9.2 / I, Diagr. 07 und 11).

Lineco + Methocel A4C

Von der mittels Methocelgel modifizierten Lineco-Dispersion wurden Einzelfadenverklebungen in allen drei Techniken ausgewertet:[177]

An den **SAS**-Verklebungen konnte eine mittlere Fmax von 1,80 N mit einem VK von ca. 30,4 % gemessen werden; dieser liegt somit minimal höher als bei der wässrigen Verdünnung, jedoch noch immer unter SAS- und Ü+V-Klebung der reinen Dispersion. Im Vergleich zur reinen Dispersion und wässrigen Verdünnung hat sich die Festigkeit mittels Methocelgel-Zusatz nochmals steigern lassen, was die Tendenz der Klebstofffilme bestätigt. Es lässt sich vermuten, dass die Methylcellulose zur Verbesserung der Adhäsion und Kohäsion beiträgt.

Wie bereits häufiger zu beobachten, steigt auch hier erwartungsgemäß die durchschnittliche Fmax bei der **Ü**-Verklebung auf 4,40 N, während der zugehörige VK auf ca. 18 % sinkt.

Bei der **Ü+V**-Verklebung zeigt sich anders als mit der reinen Dispersion ein minimal weiter reduzierter VK von ca. 17 % bei einer mittleren Fmax von deutlich erhöhten 14,16 N.[178]

Bei Betrachtung der S-D-Diagramme lassen sich keine signifikanten Unterschiede zur Rein-Dispersion erkennen (vgl. Abb. 17 - 19).[179]

---

[175] Vgl. Beobachtungen von REUBER 2010 (S. 67 f.) und BALTSCHEIT 2011 (S. 9).

[176] Auf Grund der geringen Stichprobenanzahl wäre eine weitergehende Interpretation hierzu jedoch nicht sinnvoll, da sich das angenommene Muster (d.h. niedrigerer VK bei Verklebung mittels wässriger Verdünnung in SAS als bei reiner Dispersion in Ü+V) bei statistisch repräsentativerer Probenanzahl (bspw. X = 100) nicht bestätigen müsste.

[177] Stoß-auf-Stoß (**SAS**): 15 / überlappend (**Ü**): 10 / überlappend-vermengt (**Ü+V**): 10 Proben.

[178] Möglicherweise könnte somit von einem Ausreißer-Phänomen im Falle der verändert verteilten VK der Ü- und Ü+V-Verklebungen mittels reiner Dispersion ausgegangen werden.

[179] Zur Ergebnisbewertung vgl. auch nachfolgend unter 'Störleim-Weizenstärke (warmlöslich)'.

Lineco + Arbocel BWW 40

Es wurden erneut 10 in **SAS**-Technik verklebte Einzelfadenproben betrachtet:

Im Vergleich mit der reinen Dispersion fällt die mittlere Fmax auf einen Wert von 1,45 N leicht ab, während der zugehörige VK im Vergleich mit ca. 33,3 % zwar sehr hoch, jedoch deutlich geringer ausfällt.

Anders als an Evacon-R führen die Cellulosefasern hier somit zu einem geringen Kraftabfall; möglicherweise lässt sich dies auf die deutlich höhere Eigenfestigkeit dieser EVA-Dispersion zurückzuführen, die so eher gestört als unterstützt wird.

Der Kurvenverlauf im S-D-Diagramm unterscheidet sich stärker von den anderen Lineco-Diagrammen und zeigt sich als deutlich inhomogener sowie mit ähnlichem Bild wie Jade 403 N + Arbocel BWW 40 und die Evacon-R-Gruppen (vgl. Abb. 16 bzw. unter A.9.2 / I, Diagr. 07-14).

7.4.4 Acrylharzdispersionen

Mowilith DM 771 + Methocel A4C

Mit der modifizierten Acrylharzdispersion wurden ebenfalls 10 **SAS**-verklebte Proben geprüft:

Es wurde eine durchschnittliche Fmax von lediglich 1,05 N bei einem VK von ca. 24,3 % erzielt; damit schneidet der Klebstoff vergleichbar schlecht wie Jade 403 N + Arbocel BWW 40 ab. Die Tendenz der Klebstofffilmauswertung erscheint somit auch hier bestätigt.

Auch der Kurvenlauf im S-D-Diagramm ist nicht unähnlich, Mowilith DM 771 + Methocel A4C stellt sich jedoch insgesamt als etwas gleichmäßiger abflachend nach erreichter Höchstzugkraft bis zum Prüfungsabbruch dar (vgl. Abb. 20).

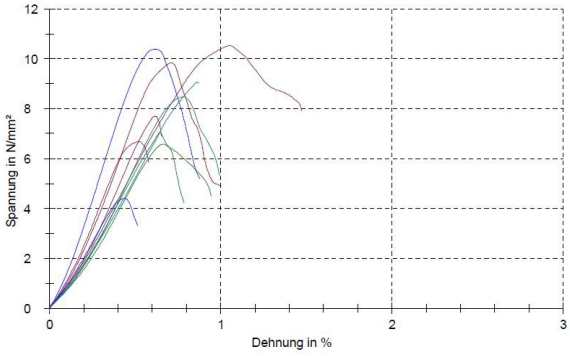


Abb. 20

Das S-D-Diagramm zeigt den Verlauf der in SAS-Technik mit Mowilith DM 771 + Methocel A4C verklebten Fäden:
Wie bei allen weicheren Klebstoffen zeigt die Kurve nach Erreichen der Höchstzugkraft einen Spannungsabfall unter starker Dehnung.

7.4.5 Störleim-Modifikationen

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

Es wurden auf Grund der vielversprechenden Klebstofffilm-Ergebnisse ebenfalls Verklebungen in allen drei Techniken durchgeführt:[180]

An den **SAS**-Verklebungen konnte eine mittlere Fmax von 2,38 N mit einem sehr hohen VK von 59,8 % gemessen werden; dabei handelt es sich um den höchsten aller gemessenen VK.

Auch hier steigt die durchschnittliche Fmax bei der **Ü**-Verklebung auf 10,71 N, dabei sinkt der VK deutlich auf ca. 25,4 %.

Bei der **Ü+V**-Verklebung reduziert sich der VK nochmals leicht auf ca. 23,2 % bei einer mittleren Fmax von wiederum erhöhten 14,94 N.[181] Damit erzielt SL+WS (warmlöslich) in Ü+V-Technik ähnliche Werte wie Lineco + Methocel A4C: Im Vergleich mit der Klebstoffprüfung wäre jedoch von einem deutlich erhöhten Ergebnis im Vergleich zu Lineco + Methocel A4C auszugehen gewesen bzw. wird auf diese Weise die enorme Steigerung des Klebstoffpotenzials Linecos in der Verklebung deutlich.

Der Kurvenverlauf der S-D-Diagramme sieht bei allen drei Verklebungstechniken sehr ähnlich aus und zeigt einen nahezu linearen Anstieg bis zum abrupten Bruch (vgl. Abb. 21-23):

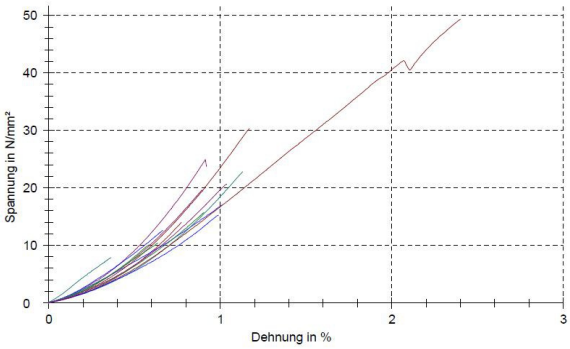


Abb. 21 (SAS)

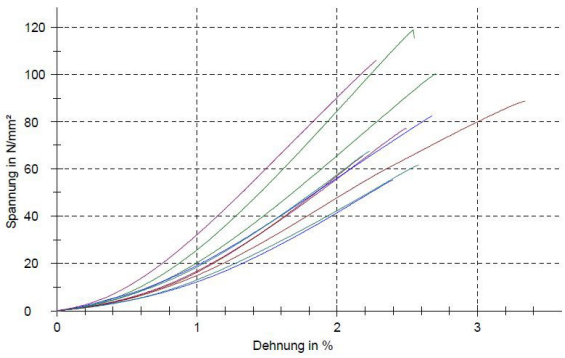


Abb. 22 (Ü)

[180] Stoß-auf-Stoß (**SAS**): 15 / überlappend (**Ü**): 10 / überlappend-vermengt (**Ü+V**): 10 Proben.

[181] Zudem kam es hier zu vereinzelten Fadenbrüchen statt Klebungsöffnung, siehe auch unter A.9.1 / Tabelle I.

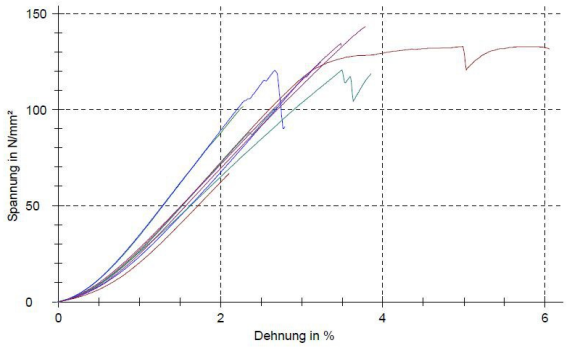


Abb. 23 (Ü+V)

Zu sehen sind die S-D-Diagramme der mittels SL + WS (warmlöslich) SAS-, Ü-, und Ü+V-verklebten Einzelfäden:
Abb. 23 lässt deutlich zwei gerissene Fäden unter den sich sonst öffnenden Ü+V-Klebungen der Probeneinheit erkennen.

Störleim-Weizenstärkekleister (kaltlöslich)

Auch die Mischung mit kaltlöslicher Weizenstärke wurde in allen drei Verklebungstechniken geprüft:[182]

An den **SAS**-Verklebungen konnte eine im Vergleich zur nativen Stärke etwas höhere mittlere Fmax von 3,14 N mit deutlich geringerem, jedoch noch immer hohen VK von ca. 40,3 % gemessen werden. Damit zeigt sich zunächst ein gegenläufiger Trend zu den Klebstofffilmen, bei denen die modifizierte Stärke einen deutlich höheren VK von Fmax aufwies.

Die durchschnittliche Fmax steigt ebenso bei der **Ü**-Verklebung etwas höher auf 11,04 N, während der VK noch deutlicher auf ca. 20,4 % sinkt.

Bei der **Ü+V**-Verklebung steigt der VK nochmals auf ca. 27,7 % bei einer mittleren Fmax von im Vergleich ebenfalls noch etwas höheren 16,71 N.[183]

Insgesamt erzielt die Mischung mit modifizierter Stärke hier somit etwas höhere Fmax und teils reduzierte VK im Vergleich zur nativen Stärke; damit zeigt sich ein den Klebstofffilmen gegenteiliges Ergebnis. Der Kurvenverlauf der S-D-Diagramme entspricht weitestgehend dem der mit warmlöslicher Weizenstärke hergestellten Proben (vgl. Abb. 21-23).

Störleim 25 % + Arbocel BWW 40

Erneut wurden Proben aller drei Verklebungstechniken betrachtet:[184]

Die **SAS**-Verklebungen zeigen eine mittlere Fmax von 5,54 N und damit die höchsten gemes-

[182] Stoß-auf-Stoß (**SAS**): 15 / überlappend (**Ü**): 10 / überlappend-vermengt (**Ü+V**): 10 Proben.
[183] Zudem kam es hier zu vereinzelten Fadenbrüchen statt Klebungsöffnung, siehe auch unter A.9.1 / Tabelle I.
[184] Stoß-auf-Stoß (**SAS**): 15 / überlappend (**Ü**): 10 / überlappend-vermengt (**Ü+V**): 10 Proben.

senen Werte für SAS-verklebte Proben. Der zugehörige VK liegt im Vergleich zu den anderen Störleim-Modifikationen dabei bereits mit 'nur' ca. 28,2 % deutlich geringer.

Die durchschnittliche Fmax steigt ebenfalls bei der **Ü**-Verklebung deutlich auf 14,92 N und ermöglicht auch hier im Gesamtvergleich die mit Abstand stärkste Ü-Verklebung; der VK sinkt dabei nur leicht auf ca. 26,8 %.

Die **Ü+V**-Verklebung weist den niedrigsten VK aller verklebten Einzelfadengruppen von nur noch ca. 12,4 % bei einer mittleren Fmax von unglaublichen 22,79 N auf; hierbei sind jedoch 8 Fadenbrüche statistisch nicht berücksichtigt. Betrachtet man die Fadenbrüche ebenfalls, reduziert sich die mittlere Fmax leicht auf 18,81 N bei einem VK von ca. 15,8 %. In beiden Berechnungen erreicht der Klebstoff so die höchste Fmax und zeigt den geringsten VK im Gesamtvergleich. Dabei entsprechen Fmax und VK annähernd den Werten der Referenz-Nullproben des Testgarns. Man kann somit davon ausgehen, dass mit diesem Klebstoff in Ü+V-Technik wieder die natürliche Festigkeit und Schwankungen des Fadens gemessen werden und die Klebung eine gleichbleibende Qualität aufweist.

Der Kurvenverlauf der S-D-Diagramme ähnelt dem der mittels Störleim-Weizenstärke hergestellten Proben (Abb. 24-26 und vgl. Abb. 21-23):

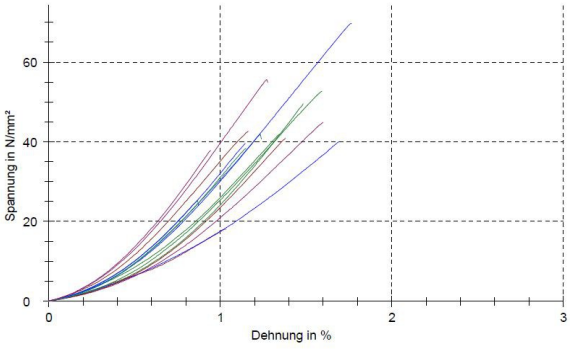


Abb. 24 (SAS)

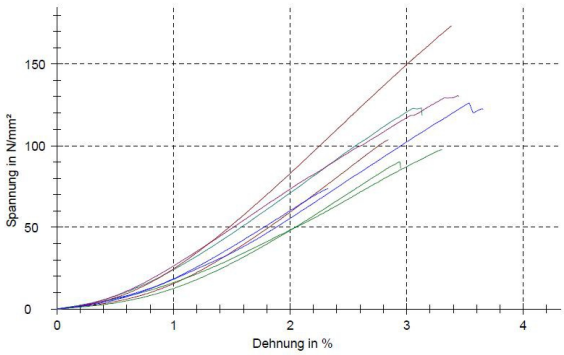


Abb. 25 (Ü)

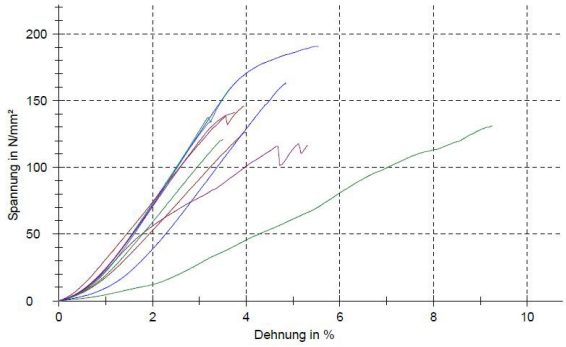


Abb. 26 (Ü+V)

Nebenstehend zu sehen sind die S-D-Diagramme von SL + Arbocel BWW 40 der SAS-, Ü- und Ü+V-Verklebungen an Fäden:
Der Kurvenverlauf erscheint gleichmäßig und nahezu linear bis Bruch; einzig im Falle der Ü+V-Technik zeigen sich Ungleichmäßigkeiten durch Rutschen bzw. Fadenriss.

Störleim 40 %

Zuletzt betrachtet wurden nochmals 10 **SAS**-verklebte Einzelfäden:

Die durchschnittliche Fmax beträgt relativ hohe 3,64 N bei einem VK von ebenfalls erhöhten 36,9 %. Das zugehörige S-D-Diagramm ähnelt zwar prinzipiell dem der anderen Störleim-Modifikationen, stellt sich jedoch als deutlich ungleichmäßiger in den Einzelkurven dar (unter A.9.2 / I, Diagr. 32).

Es zeigt sich, dass die Zugabe von Cellulosefasern den Klebstoff optimaler modifiziert als eine reine Erhöhung des Feststoffgehalts; allein anhand der Filme hätte hingegen der reine Störleim bevorzugt werden können. Es wird so deutlich, dass trotz höchstem Feststoffgehalt unter den Störleim-Modifikationen dieser allein nicht ausschlaggebend für die Verklebungsqualität ist.

7.5 Gesamtauswertung

Es folgt die vergleichende Zusammenfassung der wichtigsten Prüfungsergebnisse:

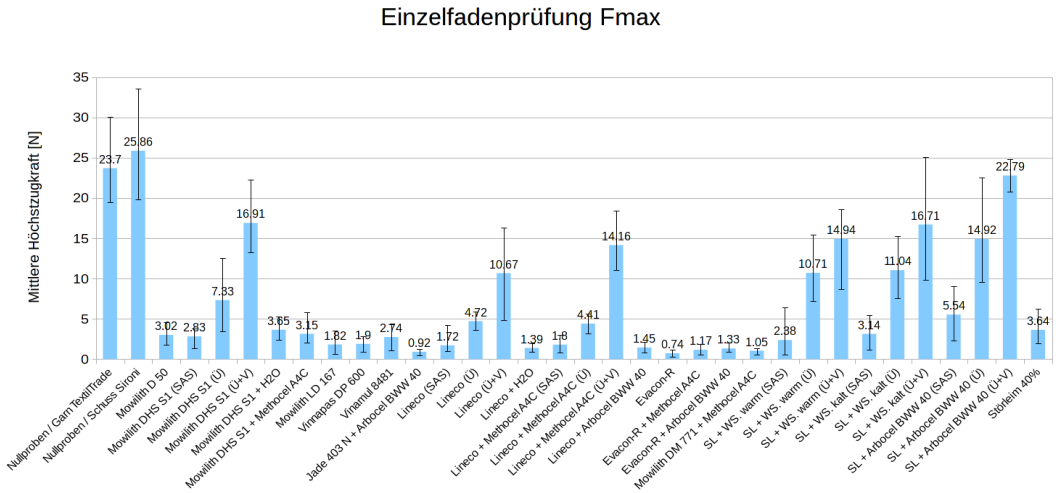


Abb. 27: Das Diagramm zeigt die mittleren Fmax der unterschiedlichen Einzelfadengruppen. Weitere grafische Übersichten der Messergebnisse finden sich unter A.9.2.

Wie bereits in der Filmprüfung zeigen sich sehr unterschiedliche Höchstzugkräfte an den mittels verschiedener Klebstoffe und Verklebungstechniken angefertigten Einzelfadenverklebungen mit Werten von ca. 0,7-23 N. Im weiteren Vergleich mit der Klebststofffilmprüfung zeigen sich diese

Werte jedoch abweichend verteilt:

So lieferten **Lineco** und **Lineco + Methocel A4C** überraschend gute Ergebnisse, während für **Mowilith LD 167** und **Vinnapas DP 600** ausgehend von der Klebstofffilmprüfung bessere Ergebnisse im Mittelfeld statt solch eines schlechten Abschneidens zu erwarten gewesen wären. Auch im Hinblick auf die Modifikation aus **Störleim + Arbocel BWW 40** ließ sich deren mit Abstand bestes Ergebnis der Gesamtauswahl nicht absehen.

Prinzipiell zeigt sich wie zu erwarten bei sämtlichen vergleichend betrachteten Klebstoffen ein Festigkeitsanstieg von **SAS**-, zu **Ü**- bis zur **Ü+V**-Technik.

Des weiteren ist auffällig, dass die Variationskoeffizienten von Fmax mit Werten von ca. 12-60 % sehr hoch liegen und sich im Vergleich zur Klebstofffilmprüfung quasi verdoppelt haben.[185] Die auffallend niedrigsten VK erzielten **Lineco**, **Lineco + Methocel A4C** sowie **Störleim + Arbocel BWW 40**; die (mit im Vergleich weitaus weniger Abstand zum Mittelfeld) höchsten VK zeigten sich bei **Mowilith LD 167**, **Lineco** sowie den **Störleim-Weizenstärke**n (vgl. unter A.9.2 / II, Diagr. 02). Dies spricht dafür, dass die Schwankungen bei einigen Klebstoffen mit niedrigem VK in der Filmprüfung, wie **Mowilith DHS S1** oder **Lineco**, zunächst nicht klebstoffimmanent sind, sondern die Gründe nachweisbar in der Verklebungstechnik (**SAS** / **Ü** / **Ü+V**), der Adhäsion an das Substrat sowie ggf. auch in der Art der Prüfung liegen.

Zudem scheinen schlechtere, im Rahmen der Klebstofffilmprüfung ermittelte VK von Fmax jedoch bereits allgemein auf eine spätere Einzelfadenverklebung auf Grund klebstoffimmanenter Inhomogenitäten übertragbar. Eine Ausnahme stellt in diesem Punkt jedoch **Störleim + Arbocel BWW 40** dar.

Die betrachteten **PVAc-Dispersionen** zeigen sehr unterschiedliche Fmax:

Unter allen betrachteten PVAc erzielt lediglich **Mowilith DHS S1** bessere mittlere Fmax von ca. 3-17 N bei einem hohen, jedoch im Gesamtvergleich nicht herausstechenden VK von ca. 20-38 %, je nach Verklebungstechnik.[186] Auffallend ist hierbei der mit ca. 25 % geringste VK in SAS-Technik unter den PVAc-Dispersionen. Prinzipiell bestätigt sich damit die in der Klebstofffilmprüfung ablesbare Tendenz, Mowilith DHS S1 unter den PVAc-Dispersionen deutlich bevorzugen zu können.

[185] Bei etwas höherem Stichprobenumfang erzielte REUBER ca. 17-53 % (REUBER 2010, S. 52).

[186] Wobei der höhere VK von ca. 38 % in Ü-Technik ggf. auf Messungenauigkeiten zurückzuführen ist, da SAS- und Ü+V-Technik einen VK von nur ca. 20-25 % aufweisen.

Vinamul 8481 erzielt zwar ähnliche Werte (< 3 N), wie bereits in der Klebstofffilmprüfung stellt sich jedoch ein extrem hoher VK von ca. 40 % dar.[187]

Auch bestätigte sich die anhand der Filmprüfung erstellte Prognose, dass **Evacon-R** für die Rissverklebung kaum geeignet erscheint, während **Lineco**, mit und ohne Zusatz von **Methocel A4C**, zumindest in **Ü**- und **Ü+V**-Verbindung deutlich höhere mittlere Kräfte um 4-11 N erzielte. **Lineco** erreicht dabei als **EVA-Dispersion** mit der **PVAc-Dispersion Mowilith DHS S1** vergleichbare Fmax und zugehörige VK.

Zudem nähern sich die gemessenen mittleren Fmax von **Lineco** und **Mowilith DHS S1** in der Verklebung deutlich den Festigkeiten von **Störleim-Weizenstärke (kalt-/warmlöslich)** an. Einzig **Störleim + Arbocel BWW 40** liegt noch deutlich darüber.

Im Falle der betrachteten Acrylharzdispersion **Mowilith DM 771** finden sich die Werte der Klebstofffilmprüfung sowie Tendenzen bisheriger Arbeiten bestätigt:[188]

Die geringe Fmax bei im Vergleich nicht auffallend geringem VK lässt auch dieses Produkt für die Einzelfadenverklebung ausscheiden und die Acrylharze weiterhin im Rahmen der zur Verfügung stehenden Klebstoffe nicht bevorzugen.

Während die **wässrige Verdünnung** an **Lineco** zu einer Reduzierung der mittleren Fmax führt, zeigt sich an **Mowilith DHS S1** eine Erhöhung, die vermutlich auf ein besseres Eindringvermögen des Klebstoffs der sonst hochviskosen Dispersion zurückzuführen ist.

Des weiteren ist bei beiden eine (weitere) Erhöhung der Fmax mittels zugesetztem **Methocel A4C**-Celluloseethergel trotz niedrigeren Feststoffgehalts zu beobachten.[189]

Die Eignung der **Arbocel BWW 40**-Cellulosefasern als Zusatz ist hingegen klebstoffabhängig und bedarf einer Einzelfallüberprüfung; schlimmstenfalls ist keine Verbesserung der Verklebungseigenschaften zu erwarten.

Damit zeigen sich teils gegenläufige Trends zum Verhalten in der Filmprüfung:

Es wird somit deutlich, dass diese allein, trotz hilfreicher Anhaltspunkte, keine hinreichende Evaluierung eines Klebstoffes zur Einzelfadenverklebung erlaubt.

---

[187] Ergänzend zu den auffallend splittrigen und brüchigen Filmen erscheint Vinamul 8481 auch als Klebstoff in der Einzelfadenverklebung weniger homogene Klebefugen zu erzielen.

[188] Siehe hierzu auch Punkt 5.2.3.

[189] Hier bliebe zu überprüfen, inwiefern sich durch weitere Erhöhung des Methylcellulose-Anteils ggf. weiter gesteigerte Festigkeiten erzielen ließen.

8. Uniaxiale Zugprüfungen an Gewebestreifen

Im Anschluss an die uniaxialen Einzelfadenzugversuche folgt nun die erste Übertragung der Verklebungen auf Gewebestrukturen:

Zunächst wurde dazu die bereits häufiger im konservatorisch-restauratorischen Kontext durchgeführte uniaxiale Zugprüfung an Gewebestreifen aufgegriffen. Dabei wurde in Anlehnung an DIN 13934-1 (und 13935-1) gearbeitet.

Vorteil der Gewebestreifen ist die veränderte Probekörpergeometrie der nun im Verbund vorliegenden Fäden und damit eine deutliche Annäherung an die Gegebenheiten am Leinwandgemälde. Des weiteren bewirkt die so erschwerte Einzelfadenverklebung durch ggf. abweichende Klebungsqualitäten eine höhere Praxisnähe. Nachteil der uniaxialen Streifenzugversuche ist jedoch, wie bereits bei der uniaxialen Einzelfadenprüfung, ein lediglich einachsig gerichteter, belastender Zug in der Prüfung, sodass die eigentlich biaxiale Belastungssituation im Gemälde nicht imitiert werden kann. Dessen ungeachtet werden erste Aussagen über die Tendenz eines im Vergleich zur Einzelfadenprüfung zu erwartenden veränderten Verklebungsergebnisses je Klebstoff bei der Anwendung in Gewebestrukturen möglich.

8.1 Probekörpervorbereitung

Es wird zunächst zusammenfassend auf die Probekörperherstellung eingegangen:

Nähere Informationen zum Testgewebe, dem Vorgang der Probekörperherstellung und -verklebung sowie eine Übersicht zu den angefertigten Probekörpern finden sich zudem unter A.4.2, A.6.3 sowie A.7.1 und A.7.2.

8.1.1 Testgewebe

Es wurde das Leinengewebe „Pattina L 13 (puro lino)“ der Fa. Tessitura Enrico Sironi ausgewählt.[190]

[190] Es musste leider ein vom Testgarn abweichendes Material gewählt werden, da kein aus dem Testgarn hergestelltes Gewebe erhältlich war. Auch war das Fadenmaterial des Gewebes nicht als unverwobenes Spulengarn erhältlich; so sollte von der Prüfung aus dem Gewebe entnommener Schussfäden als Testgarn auf Grund der Verwellung abgesehen werden (freundliche mündliche Mitteilung von Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße / CICS FH Köln, Gespräch am 5.02.2013). Bereits LIPINSKI verwendete im Rahmen seiner Diplomarbeit Gewebe der italienischen Weberei (vgl. auch LIPINSKI 2010).

Das Gewebe ist aus Z-gedrehten Garnen einer Feinheit von 83,84 tex (Kette) und 92,4 tex (Schuss) hergestellt; der mittlere Fadendurchmesser liegt bei ca. 0,42 mm (Kette) und ca. 0,40 mm (Schuss). Es besitzt des weiteren ein Flächengewicht[191] von ca. 156,6 g/m² bei einer Fadendichte von 10 x 10 Fäden/cm² in einfacher Leinenbindung. Als Schlichte ließ sich eine geringe Menge Polyethylenglycol auf dem Garn nachweisen.[192]

8.1.2 Probekörperanfertigung und -verklebung

Zwecks Probekörperanfertigung wurden Gewebestreifen einer Länge von jeweils 300 mm fadengerade längs in Schussrichtung aus dem Gewebe geschnitten. Die Entnahme erfolgte in einer Breite von 22 Fäden (sowie exemplarisch zudem 34 Fäden)[193] mit mind. 200 mm Abstand zur Webkante.[194] Anschließend wurden die Streifen seitlich jeweils um 5 Fäden ausgeriffelt, sodass eine effektive Probenbreite von 12 (/24) Fäden ≈ 12,5 (/25) mm entstand.[195]

Es wurde sich dazu entschieden, an allen Gewebeprobekörpern sämtlicher Prüfungen jeweils den Schuss zu betrachten, da in dieser Geweberichtung in der Praxis die häufigsten Risse auftreten.[196] Um eine bestmögliche Auswertung und Bewertung der Verklebung zu gewährleisten, wurde jeweils in allen uni- und biaxialen Versuchen eine Zugprüfung ausschließlich verklebter Fäden, ohne eine direkte Zugbelastung ggf. nebenliegender intakter Gewebebereiche, in der Prüfung umgesetzt.[197]

Zur Probekörperanfertigung wurden die Gewebestreifen wie bereits die Einzelfäden auf einer Schneidematte über doppelseitiges Klebeband fixiert, glatt mit dem Skalpell mittig im Schuss auf kompletter Breite zertrennt und anschließend in den entsprechenden Verklebungstechniken wieder zusammengefügt.[198] Zur Verklebung wurden folgende der bisherigen Klebstoffe ausgewählt:

---

[191] Richtiger: „Flächenbezogene Masse“ oder „Massenbelegung“.

[192] Nähere Informationen und Details zum Testgewebe siehe unter A.4.2.

[193] Parallel sollten exemplarisch einige Streifen doppelter Breite getestet werden, um einen möglichen Maßstabseffekt ggf. ableiten sowie belegen zu können (freundlicher mündlicher Hinweis von Herrn Prof. Dr.-Ing. Stefan Diebels / LTM Uni Saarland, 19.03.2013).

[194] Ursprünglich war eine Einspannlänge von 200 mm angedacht, bei letztlich gewählten 100 mm wäre eine Streifenlänge von 200 mm ausreichend gewesen; siehe auch unter A.6.3 / Tabelle I sowie vergleichend unter 9.1.2.

[195] Es wurde von einem vorbereitenden Waschen / dem Dekatieren des Gewebes abgesehen, um eine gleichmäßige Webstruktur mit weniger „aufgeflufften“ Fäden bei der Verklebung nutzen zu können (vgl. auch Abb. 06 und 07 in A.4.2 / Tabelle I) sowie zunächst keine weiteren Parameter zu verändern. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass die geringe Menge wasserlöslicher Polyethylenglycol-Schlichte die Verklebung nicht stärker beeinflussen sollte (siehe hierzu auch unter A.4.2 / Tabelle V).

[196] Vgl. auch unter 4.2.

[197] Zum Hintergrund siehe auch unter Punkt 10.

[198] Zum Aufbau siehe auch unter A.6.2.

Lineco (EVA), Lineco + Methocel A4C, Störleim-Weizenstärke (kalt- und warmlöslich), Mowilith DHS S1 (PVAc) sowie Störleim + Arbocel BWW 40.[199]

Es wurden jeweils mind. 5 / max. 10 Streifen Stoß-auf-Stoß (**SAS**) sowie teils ergänzend in Stoß-auf-Stoß mit Fadenbrücken (**SAS+B**), in überlappender (**Ü**) und überlappend-vermengter (**Ü+V**) Technik verklebt.[200] Wie bereits bei der Einzelfadenprüfung wurden alle Verklebungen mit jeweils 0,6 µl Klebstoffmenge / Faden durchgeführt, um deren Vergleichbarkeit zu gewährleisten.[201] Neben den verklebten Probekörpern wurden ergänzend Nullproben des Testgewebes als intaktes Referenzmaterial vorbereitet.[202] Nach der Verklebung erfolgte die vierwöchige Lagerung bis zur Prüfung.

8.2 Aufbau und Durchführung

Das mittels Luftbefeuchter eingestellte Raumklima von ca. 29 °C und 60 % r.F. entsprach weitestgehend dem der Einzelfadenprüfung; wie zuvor wurden die hergestellten Probekörper vorbereitend 24 Stunden entsprechend konditioniert.[203]

Genutzt wurde ebenfalls die Zwick Universalprüfmaschine (vgl. Abb. 02). Um eine höhere Messgenauigkeit zu ermöglichen, wurden die Verklebungen jeweils wieder mit angeschlossenem 100 N-Kraftaufnehmer geprüft, während für die Nullproben auf Grund der weitaus höheren zu messenden Kräfte nun bereits der 2,5 kN-Kraftaufnehmer genutzt werden musste.

Wie bei der vorherigen Prüfung wurden die Gewebestreifenprobekörper anhand vorheriger Markierungen in die auf eine Einspannlänge von 100 mm vorbereitend eingestellten Klemmbacken der Zugprüfmaschine eingespannt; dabei befand sich die Klebestelle jeweils genau mittig.[204] Nach Kontrolle der geraden und parallelen Ausrichtung konnte die uniaxiale Zugprüfung unter gleicher Vorkraft von 10 cN sowie Zuggeschwindigkeit von 20 mm/min wie bei der Einzelfadenprüfung gestartet werden.[205]

---

[199] Die Auswahl musste im Anschluss an die Filmprüfung erfolgen, sodass noch keine Ergebnisse der Einzelfadenprüfung berücksichtigt werden konnten.

[200] Zur Durchführung der unterschiedlichen Verklebungstechniken siehe A.7.1 / Tabelle II.

[201] Zur Ermittlung der Klebstoffmenge siehe auch unter A.7.1 / Tabelle I.

[202] Zur Übersicht aller zur Gewebestreifenprüfung hergestellten Proben siehe A.6.3 / Tabelle II.

[203] Vgl. auch unter Punkt 7.2 sowie zum Prüfklima unter A.16.

[204] Ursprünglich wurde eine Einspannlänge von 200 mm gemäß DIN 13934-1 angestrebt; es wurde sich jedoch letztlich im Hinblick auf die mit 100 mm geprüften Einzelfäden (und Kreuzproben der Biaxversuche) zu Gunsten des Vergleichs für eine ebenfalls verkürzte Einspannlänge entschieden; siehe hierzu u.a. 7.2, A.6.2 und A.6.3 sowie A.14.1.

[205] Zu den genauen Maschinen- und Software-Einstellungen siehe auch A.14.1. Zur Prüfungsdarstellung siehe auch A.1.3.

8.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung

Nachfolgend wird das allgemeine Probekörperverhalten knapp charakterisiert; detailliertere Aufzeichnungen zu den einzelnen Probekörpern finden sich ergänzend unter A.2 und A.10.1.

8.3.1 Nullproben

Sämtliche intakte Gewebestreifen richteten sich auf Grund der sehr geringen Vorkraft zunächst noch etwas planer aus:

Mit der glatten Ausrichtung durch deutliche Minimierung der Fadenwelligkeit und weiterer Streckung im Schuss wurde eine zunehmende Dehnung deutlich; dabei zeigte sich mit steigender Streckung und gerader Ausrichtung der Schussfäden ein alternierendes „Aufstellen" der seitlichen Kettfäden-Fransen.[206] In Form eines „Knackens" ließen sich erste unter der Spannung reißende Fasern und Fäden wahrnehmen, noch bevor die endgültige Bruchabschaltschwelle der Maschine erreicht war. Offensichtliche Fadenrisse ließen sich zunächst lediglich an den äußeren Schussfäden der Streifen erkennen und belegten damit eine dortige Spannungskonzentration auf Grund gewisser Querkontraktion bei der uniaxialen Zugprüfung durch den Poisson-Effekt.[207] Zumeist waren diese ersten seitlich reißenden Schussfäden ausschlaggebend für den Prüfungsabbruch.[208]

Nach dem Ausspannen der Streifenproben zeigten sich sichtbar überdehnte, verwölbte Bereiche an den über die gesamte Einspannlänge verteilten Schwachstellen. Es waren jedoch zunächst keine offensichtlichen Faser- oder Fadenrisse im Sinne von Öffnungen innerhalb der Streifenfläche zu erkennen; erst bei nachträglicher mikroskopischer Betrachtung konnten teils die vereinzelten Fadenbrüche innerhalb der Gewebestreifenflächen nachvollzogen werden.[209]

8.3.2 Verklebungen

Im Falle der verklebten Gewebestreifen erfolgte zunächst ebenfalls eine möglichst gerade Ausrichtung:

Es war jedoch ein minimiertes Aufstellen der seitlichen Kettfäden zu beobachten, da nur weitaus geringere Spannungen und Dehnungen vor dem Öffnen der Verklebung und damit Prüfungs-

[206] Vgl. auch A.1.4 / Abb. 03.
[207] Zum Poisson-Effekt siehe auch unter A.15.
[208] Zu den Brucheinstellungen siehe auch unter A.14.1.
[209] Zu den geprüften Gewebestreifenproben siehe auch unter A.2.1 sowie A.10.1 / Tabelle I.

abbruch erzielt werden konnten. Auch öffneten sich sämtliche Verklebungen frühzeitig, sodass keine Fadenrisse an den äußeren Schussfäden durch Querkontraktion beobachtet werden konnten.

Das Öffnen der Verklebungen erfolgte hierbei sehr unterschiedlich:

1. Ausgehend von der Mitte,
2. einer der Seiten (Gewebestreifenränder),
3. an verschiedenen Einzelfäden parallel
4. oder aber recht abrupt und ohne erkennbaren Beginn an allen Fäden scheinbar gleichzeitig
5. sowie als Sonderform mit einer der oben genannten Öffnungen, jedoch darüberliegenden, teils abgelösten und teils noch anhaftenden Fadenbrücken.[210]

Somit zeigt sich prinzipiell eine Abhängigkeit vom schwächsten Faden bzw. der schwächsten Einzelverklebung:

Bei Versagen eines Einzelfadens erhöht sich die Spannung unmittelbar auf die nebenliegenden Fäden, sodass (im Versuch) eine Kettenreaktion ausgelöst wird.[211]

8.4 Einzelauswertungen

Zu Beginn wird zunächst die ergänzende Prüfung des Gewebe-Schussgarns zwecks Vergleich mit dem für die Einzelfadenprüfung genutzten Testgarns vorgestellt:

So kann die Vergleichbarkeit von Testgarn und -gewebe hinsichtlich des gewährleisteten Bezugs der zwei durchgeführten Prüfverfahren betrachtet werden.

In der anschließenden Auswertung werden, wie bereits bei den Einzelfadenprüfungen, je Nullproben und Verklebungen der einzelnen Klebstoffe die Ergebnisse der uniaxialen Streifenzugversuche dargestellt. Bei der Auswertung werden wie bisher Höchstzugkräfte (Fmax) und ausgewählte Spannungs-Dehnungs-Kurven (S-D-Diagramme) im Text betrachtet. Zum Vergleich der Messreihen untereinander dienen jeweils wieder die Größen arithmetischer Mittelwert und Variationskoeffizient (VK).[212]

Detailliertere Informationen zu den geprüften Gewebestreifenproben sowie sämtliche gemessene Daten und ergänzende Werte zur deskriptiven Statistik sind unter Punkt A.10.1 ergänzend

[210] Zum Öffnen der Einzelproben siehe auch unter A.10.1 / Tabelle I sowie ergänzend zu den Klebstoffen A.2.3, A.2.7, A.2.10, A.2.19, A.2.20 und A.2.21.
[211] Vgl. u.a. HEIBER 1996 (S. 35), CHEN, EGBERS 1995 (S. 570) und REUBER 2010 (S. 90).
[212] Vgl. auch Erläuterungen unter 7.4.

nachvollziehbar.[213]

8.4.1 Schussgarn / Testgewebe Sironi

Bereits im Rahmen der unter Punkt 7. erläuterten Einzelfadenprüfung wurden 15 Einzelfäden des Schussgarns des hier betrachteten Testgewebes geprüft:

Die gemessene mittlere Höchstzugkraft (Fmax) von 25,86 N liegt geringfügig höher (vgl. 23,7 N), während die Zugfestigkeit (Rm) mit 168,64 MPa bzw. 28,11 N/tex etwas geringer ist als die des Testgarns der Fa. Textiltrade (vgl. 182,29 MPa bzw. 30,28 cN/tex).[214] Mit ca. 14,5 % ist auch der Variationskoeffizient (VK) von Fmax vergleichsweise leicht erhöht (vgl. ca. 11,6 %), was durch leicht erhöhte Unregelmäßigkeit des Garns oder aber die web-bedingte Fadenwelligkeit begründet sein könnte. Der sonst im Vergleich zum TextilTrade-Garn ähnliche Kurvenverlauf des Spannungs-Dehnungs-Diagramms weist zudem auf einige möglicherweise unbemerkt gerutschte Fäden hin, welche die Statistik ungünstig beeinflusst haben könnten (vgl. Abb. 12 und 28).

Prinzipiell erscheint sich so jedoch ausgehend vom verwendeten Testgarn und -gewebe eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse von verklebten Einzelfäden mit den jeweils im Gewebestreifen verklebten Schussfäden zu ergeben.[215]

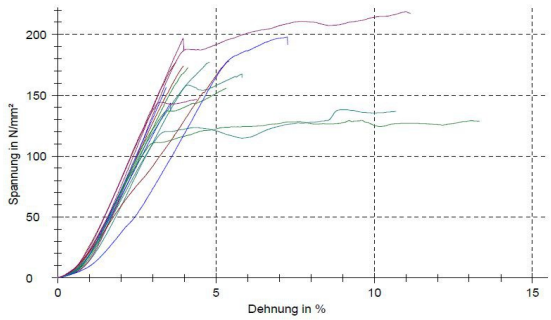


Abb. 28

Das linke S-D-Diagramm zeigt die Ergebnisse der uniaxialen Einzelfadenprüfung an den Schussfäden des Sironi-Testgewebes:
Der Kurvenverlauf zeigt sich als recht steil-linear und lässt Dehnungen von max. ca. 6 % ablesen, damit ist die Dehnung im Vergleich zum Textil-Trade-Testgarn, vermutlich auf Grund der Faden-welligkeit, leicht erhöht (vgl. ca. 4,4 %). Der sich teils stark abflachende Verlauf spricht zudem für das Rutschen einiger Fäden in der Prüfung.

[213] Sofern nicht anders gekennzeichnet, sind sämtliche folgende Auswertungen unter A.10.1 und A.10.2 nachvollziehbar, daher wird erneut auf sich wiederholende Fußnoten verzichtet.
[214] Zur Problematik der Angabe der Zugfestigkeit in MPa im Rahmen von Textilprüfungen siehe auch unter A.14.1.
[215] Zur Gegenüberstellung von Testgarn und -gewebe siehe auch unter Punkt A.4.1 und A.4.2.

Würde man nun die Ergebnisse der Schuss-Einzelfäden des Gewebes einfach hochrechnen, müsste sich für einen 12 Fäden breiten Gewebestreifen eine mittlere Fmax von ca. 310 N bei einer Rm von ca. 337 N/tex ergeben.[216]

8.4.2 Nullproben / Testgewebe Sironi

Es wurden insgesamt je 10 Gewebestreifen in der regulären Prüfbreite von 12 und ergänzend einer erhöhten Breite von 24 Fäden geprüft:[217]

Schmale Streifen (12 Fäden)
Die getesteten Nullproben zeigen eine mittlere Fmax von 280,96 N bei einem VK von (im Vergleich zu den bisher betrachteten Prüfungen an Klebstofffilmen und Einzelfäden) sehr geringen 6,5 %. So wiesen die einzeln betrachteten Schussfäden einen mit ca. 14,5 % etwa doppelten VK von Fmax auf. Die mittlere Zugfestigkeit (Rm) beträgt hierbei 46,83 MPa bzw. 280,96 N/tex.

In direktem Bezug zu den geprüften Schuss-Einzelfäden bedeutet das mit ca. 280 N einen leicht verminderten Wert der durchgeführten Hochrechnungen (ca. 310 N), jedoch durchaus eine Annäherung. Es erscheint nachvollziehbar, dass der reell erzielte Wert etwas niedriger liegen muss, wenn man davon ausgeht, dass der Bruch von den schwächsten Schussfäden des Streifens abhängt, denn es reißen zunächst die durch Querkontraktion stärker belasteten belasteten seitlichen Fäden.[218] In der Gewebestreifenstruktur kann sich die Kraft somit weniger gleichmäßig verteilen als bei „gleichmäßig durchlaufenden“ Einzelfäden.

Das zugehörige S-D-Diagramm zeigt anfangs einen leichten Bogen, da der Streifen sich zunächst im Sinne einer Reduzierung der Fadenwelligkeit streckt[219], nach gleichmäßiger Ausrichtung des Streifens folgt jedoch unter weiterer Dehnung der gestreckten Fäden ein steil-linearer Verlauf bis zum Auftreten erster Faser- und Fadenbrüche.[220] Es folgt ein zackiger Verlauf, der den charakteristischen Spannungsabfall bei erstem Reißen und anschließenden Spannungswiederanstieg durch Kraftumverteilung auf die nebenliegenden Fäden illustriert. Da die bleibenden Fäden bei fortgesetzter Prüfung den sich weiter erhöhenden Kräften ebenfalls nicht mehr standhalten

[216] Im Falle der doppelten Streifenbreite von 24 Fäden würde das gleichsam Werte von ca. 620 N und ca. 674 N/tex bedeuten.
[217] Exemplarisch wurden auch zwei Gewebestreifen einer Breite von 24 Fäden mit einer ursprünglich geplanten Einspannlänge von 200 mm betrachtet; siehe auch A.10.1 / Tabellen II.
[218] Vgl. auch unter 8.3.2.
[219] Sowie auf Grund einer zu Gunsten der Vergleichbarkeit mit den geprüften Einzelfäden etwas zu gering gewählten Vorkraft; siehe auch A.14.1.
[220] Vgl. u.a. A.2.1 / Abb. 06.

können, reduziert sich die gemessene Kraft und Spannung letztlich immer weiter, bis die Maschine anhand ihrer Bruchkraftschwelle die Prüfung beendet (Abb. 29).[221]

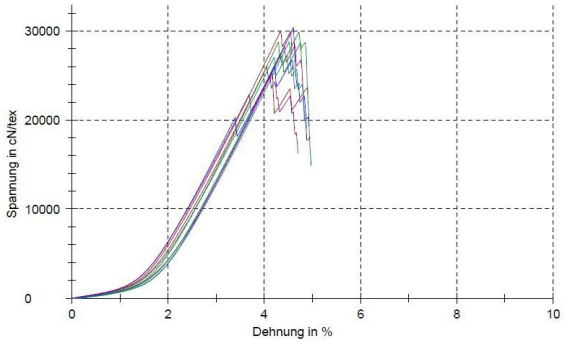


Abb. 29

Zu sehen ist das S-D-Diagramm der uniaxial geprüften Gewebestreifen-Nullproben (12 Fäden Breite):
Nach Ausrichten des Streifens und anschließend linearem Anstieg zeigen sich unregelmäßige Spannungsspitzen in Form erster feiner Risse.

Breite Streifen (24 Fäden)

Die getesteten breiteren Nullproben zeigen eine mittlere Fmax von 565,84 N bei einem VK von nochmals leicht reduzierten, sehr niedrigen 5,59 %. Die mittlere Rm bei erhöhter Streifenbreite beträgt 47,15 MPa bzw. 565,84 N/tex.

Es bestätigt sich zunächst die bereits beim Vergleich der schmaleren Streifen und Schuss-Einzelfäden beobachtete Tendenz einer verminderten Festigkeit im Vergleich zur Hochrechnung des Einzelfadens:

Liegt die mittlere Fmax am Einzelfaden noch bei 25,86 N, ist sie am schmalen Gewebestreifen im Rückschluss auf mittlere ca. 23,4 N pro Faden gesunken. Am Streifen doppelter Breite ergibt sich ein nahezu identischer Wert von ca. 23,6 N pro Faden bei ebenfalls verdoppelter Fmax im Vergleich zur halben Streifenbreite. Die vergleichbare Rm (ca. 47 MPa) drückt sich zudem im nahezu identischen S-D- Diagramm aus (vgl. Abb. 29 / unter A.10.2 / I, Diagr. 02).

Im Falle der uniaxialen Gewebestreifenprüfung erscheint daher ein direkter Maßstabseffekt für intakte Proben belegt, wodurch unmittelbare Rückschlüsse von kleineren auf größere Formate und umgekehrt möglich wären. Dahingegen ist die Hochrechnung von intakten Einzelfäden auf ebensolche Gewebestreifen in diesem Fall nur unter Vorbehalt und bei Beachtung einer gesamten Reduzierung (im vorliegenden Fall um ca. 10 %) möglich.

[221] Ein Prüfungsabbruch wird (wie bereits bei den Einzelfäden) mit einem gemessenen Wert von nur noch 50 % Fmax ausgelöst; vgl. auch unter A.14.1.

Durch eine erhöhte Anzahl gleichzeitig betrachteter Fäden lässt sich zudem der VK von Fmax effektiv verringern.[222]

8.4.3 Polyvinylacetat (PVAc)-Dispersionen

Mowilith D DHS S1

Es wurden exemplarisch 5 mittels Mowilith DHS S1 **SAS**-verklebte Gewebestreifenprobekörper von 12 Fäden Breite betrachtet:

Die erzielte durchschnittliche Fmax beträgt 26,6 N bei einem im Vergleich zu den Gewebestreifen-Nullproben wieder deutlich erhöhten VK von ca. 26,2 %. Der VK ist im Vergleich zu den SAS-verklebten Einzelfäden jedoch nahezu gleichbleibend hoch (vgl. ca. 25,4 %). Damit erzielt Mowilith DHS S1 die zweithöchste mittlere Fmax der getesteten SAS-Verklebungen. Bei einer mittleren Fmax von ca. 2,8 N im Einzelfadenversuch ergeben sich ca. 33,6 N bei direkter Hochrechnung auf 12 Fäden:

Wie bereits an den Nullproben beobachtet, liegt der tatsächliche Wert jedoch ebenfalls niedriger und sogar bei nur ca. 80 % des Hochrechnungswerts. Diese Art der Annäherung ist daher bereits anzuzweifeln, soll jedoch im Folgenden unter Vorbehalt zur weiteren Beweisführung durchgeführt werden.

Das S-D-Diagramm zeigt im Vergleich zu den betrachteten Nullproben einen auf Grund erwartungsgemäß geringerer Dehnung deutlich steileren, jedoch ebenfalls nahezu linearen Anstieg bis zum Auftreten erster Brüche und sich nahezu unmittelbar anschließendem Prüfungsende (vgl. Abb. 29 und 30).

[222] Im Falle der verdoppelten Einspannlänge zeigt sich eine vergleichbare mittlere Fmax von 571,96 N. Eine erhöhte Einspannlänge scheint somit prinzipiell keinen größeren Einfluss auf die erzielte Fmax zu haben. Auch die Dehnung erscheint mit 3,9 % prinzipiell ähnlich bis sogar leicht minimiert (ca. 4,5 %). Dies wäre jedoch anhand einer erhöhten Probenanzahl zu überprüfen. Auf Grund des geringen Probenumfangs (x = 2) ist dem im Vergleich mehr als halbierten VK von Fmax von ca. 2,4 % jedoch keine Aussagekraft zuschreibbar.

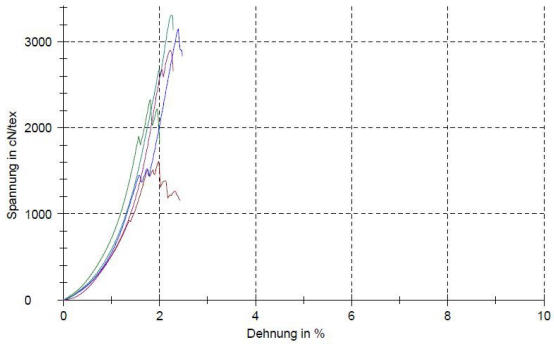


Abb. 30

Das nebenstehende Diagramm zeigt die S-D-Kurven der mittels Mowilith DHS S1 SAS-verklebten und uniaxial geprüften Gewebestreifen (Breite 12 Fäden).

8.4.4 Ethylen-Vinylacetat (EVA)-Dispersionen

Lineco

Von Lineco wurden jeweils 10 Streifen von 12 Fäden Breite in allen vier Verklebungstechniken (**SAS** / **SAS+B** / **Ü** / **Ü+V**) angefertigt; zusätzlich wurden 10 weitere Streifen einer Breite von 24 Fäden in SAS-Verklebung betrachtet:

Die am schmalen Streifen erzielte mittlere Fmax der **SAS**-Verklebungen beträgt 12,69 N bei einem VK von ca. 22,6 %. Am breiten Streifen konnte eine durchschnittliche Fmax von 29,42 N mit einem VK von ca. 13 % gemessen werden. Somit findet sich der an den Nullproben beobachtete Maßstabseffekt zunächst annähernd bestätigt:

Im Falle der verklebten Streifen steigt die mittlere Fmax am breiteren Streifen jedoch sogar um ca. 130 % statt sich nur zu verdoppeln. Zudem zeigt sich eine deutlichere Reduzierung des VK im Vergleich zur halbierten Streifenbreite. Auch im Hinblick auf die SAS-verklebten Einzelfäden zeigt sich der VK der verklebten Gewebestreifen allgemein stark reduziert (vgl. ca. 50 % an den Einzelfäden). Eine Reduzierung des VK durch eine erhöhte Anzahl gleichzeitig geprüfter Einzelfäden ist somit auch für die verklebten Proben ableitbar.

Bei Hochrechnung hätte sich des weiteren für den schmalen Streifen eine zu erwartende Höchstkraft von 12 x 1,72 N ≈ 20,6 N ergeben: Der tatsächliche Wert liegt jedoch nur bei ca. 60 % dieses Wertes. Bei den breiten Streifen konnten hingegen ca. 70 % erzielt werden.

Im Falle auf die SAS-Klebung zusätzlich aufgebrachter Fadenbrücken (**SAS+B**) konnte wie zu erwarten eine erhöhte mittlere Fmax von sogar 31,81 N verzeichnet werden; der Festigkeitsanstieg liegt somit bei ca. 150 %, d.h. mehr als verdoppelt. In Anbetracht dieser extremen Erhöhung erscheint auch der leicht erhöhte VK von ca. 25,3 % in Relation vertretbar.

Bei den **Ü**-verklebten Proben zeigt sich hingegen im Vergleich zu SAS+B eine niedrigere durchschnittliche Fmax von 30,56 N bei jedoch deutlich reduziertem VK von lediglich ca. 15,2 %. Mittels Überlappung konnte so im Vergleich zu SAS ein den Fadenbrücken ähnlicher Festigkeitsanstieg von ca. 140 % erzielt werden. Der VK erscheint im Vergleich zu den betrachteten Ü-verklebten Einzelfäden hingegen nur leicht geringer (vgl. ca. 18,9 %).

Entsprechend Hochrechnung des Einzelfadenwerts hätte sich eine Fmax von 12 x 4,72 N ≈ 56,6 N ergeben: Der erzielte Wert liegt jedoch bei lediglich ca. 55 % dessen und damit noch etwas geringer als bei der vergleichenden Betrachtung von SAS.

Bei der zuletzt betrachteten **Ü+V**-Verklebung zeigte sich eine mittlere Fmax von 52,44 N mit einem VK von ca. 25 %.[223] Der Festigkeitszuwachs ist jedoch sehr deutlich und höher als bereits bei SAS+B; im Vergleich zu SAS am Streifen liegt die Steigerung bei ca. 315 %. Bei vergleichender Betrachtung der Ü+V-verklebten Einzelfäden zeigt sich eine leichte Reduzierung des VK (vgl. ca. 32,2 %).

Die Hochrechnung des Einzelfadens ergibt 12 x 10,67 N ≈ 128 N: Von diesem Wert konnten mittels Gewebestreifen jedoch lediglich ca. 40 % erreicht werden.

Die maßstäbliche Übertragung der Fmax von Einzelfäden auf Gewebestreifen erscheint somit im Falle verklebter Proben auf Grund stark uneinheitlich reduzierter Werte noch schlechter möglich.

Betrachtet man den Kurvenverlauf der S-D-Diagramme (vgl. Abb. 31-34), zeigt sich ein prinzipiell ähnlicher Verlauf: Die Kurven verlaufen alle etwas steiler als die Nullproben und zeigen ein weiteres Aufdehnen nach Spannungsmaximum (≙ Fmax) in Form abfallender Kurven bis zum endgültigen Prüfungsabbruch. Auch hier zeigt sich das Phänomen „gezackter“ Kurvenhöhen durch nacheinander versagende Einzelfadenklebungen bei teilweise anschließendem erneutem Spannungsaufbau.

Insbesondere an SAS+B sowie Ü+V lässt sich eine im Vergleich etwas höhere Dehnung ablesen: Im Falle von SAS+B illustriert dieser Verlauf den langsameren Spannungsabfall nach Bruch (d.h. Öffnen der Verklebungen) durch die teils weiterhin stabilisierenden Fadenbrücken, da die Spannung nahezu der Ü-Klebungen entspricht. Im Falle der Ü+V-Klebung werden bei höheren Spannungen tatsächlich höhere Dehnungen bis zur Fmax gemessen.

[223] Erstaunlicher Weise ist der VK der Ü+V-Technik damit höher als bei der Ü-Klebung und ähnlich SAS sowie SAS+B: Dieses Phänomen findet sich lediglich an Lineco, dort jedoch an verklebten Einzelfäden und Gewebestreifen gleichermaßen. Möglicherweise ist dies ein Indiz für die Ausbildung besonders gleichbleibend-homogener Klebefugen im Zuge der Anwendung Linecos zur flächig überlappenden Klebung. Dies könnte ein Hinweis auf eine spezielle Anwendungs-Eignung des Produkts sein. Dies wäre anhand eines erhöhten Stichprobenumfangs nochmals darzustellen.

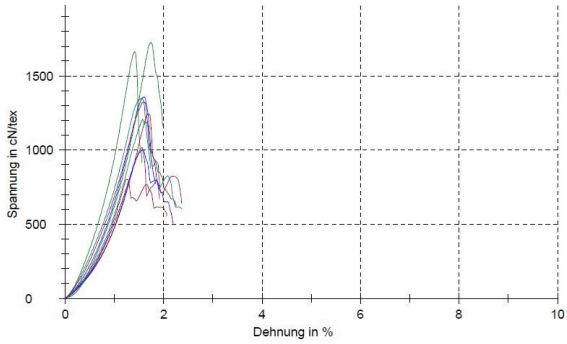


Abb. 31 (SAS)

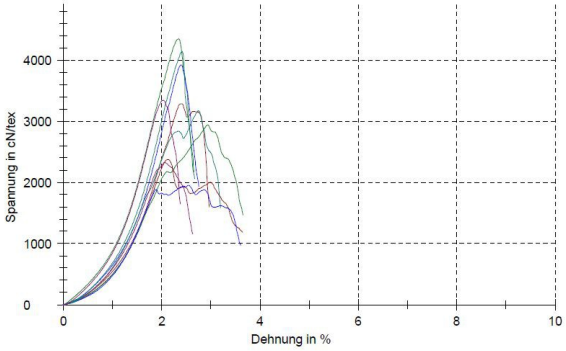


Abb. 32 (SAS+B)

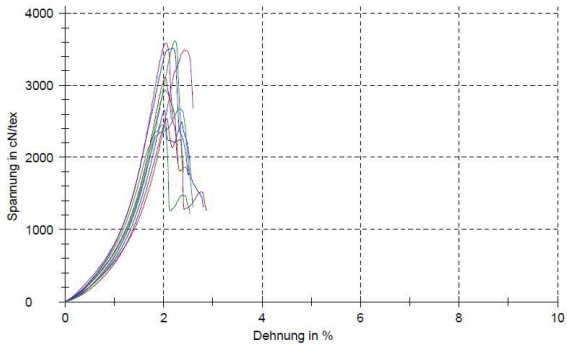


Abb. 33 (Ü)

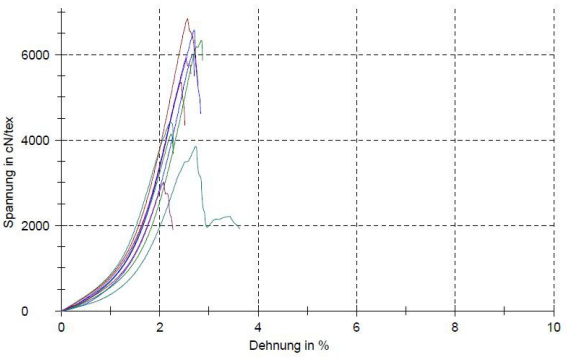


Abb. 34 (Ü+V)

Zu sehen sind die S-D-Diagramme von Lineco-Verklebungen (Technik: SAS / SAS + B / Ü / Ü+V) an uniaxial geprüften Gewebestreifen von 12 Fäden Breite (≈ 12,5 mm).

Lineco + Methocel A4C

Ergänzend wurden des weiteren exemplarisch 5 mittels Lineco + Methocel A4C **SAS**-verklebte Gewebestreifen (B: 12 Fäden) geprüft:

Es konnte eine mittlere Fmax von 15,99 N bei einem im Vergleich zur reinen Dispersion niedrigeren VK von 15,3 % gemessen werden (vgl. ca. 22,6 %). Im direkten Vergleich zu den mittels Lineco + Methocel A4C in SAS-Verklebung geprüften Einzelfäden konnte der VK ebenfalls halbiert werden (vgl. ca. 30,4 %). Wie bereits an den Einzelfäden, hat sich auch am Streifen die gemessene Fmax durch den Zusatz des Celluloseethers trotz geringeren Feststoffgehalts leicht erhöht (vgl. 12,69 N).

Prinzipiell lassen sich somit durch die Methocelgel-Modifikation des Klebstoffs dessen Eigenschaften (im Sinne höherer Fmax und deren niedrigerer VK) für die Einzelfadenverklebung bei der Rissschließung optimieren.

Von den Einzelfadenergebnissen rückschließend, wäre für die Gewebestreifen von 12 x 1,80 N ≈ 21,6 N als mittlere Fmax auszugehen gewesen:

Tatsächlich konnten jedoch nur ca. 75 % des Hochrechnungswerts erzielt werden. Auch an diesem Klebstoff bestätigt sich die kaum gegebene Übertragbarkeit der im Einzelfadenzugversuch gemessenen Kräfte, da scheinbar keine feste Relation verklebter Einzelfäden zum verklebten Gewebestreifen vorausgesagt werden kann.

Wie bereits bei den Einzelfäden, ähnelt auch hier der Verlauf der S-D-Kurven dem der SAS-Verklebungen mittels reiner Lineco-Dispersion (vgl. Abb. 31 bzw. unter A.10.2 / I, Diagr. 04 und 09).

8.4.5 Störleim-Modifikationen

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

Auch von diesem Klebstoff wurde, wie bereits bei Lineco, eine erhöhte Probenanzahl von jeweils 10 Streifen in 12 Fäden Breite in allen vier Verklebungstechniken (**SAS** / **SAS+B** / **Ü** / **Ü+V**) angefertigt; zusätzlich wurden ebenfalls 10 weitere Streifen einer Breite von 24 Fäden in **SAS**-Verklebung betrachtet:

Am schmalen Streifen konnte in SAS-Verklebung eine durchschnittliche Fmax von 15,23 N bei einem VK von 22,5 % erzielt werden; im Falle des doppelt so breiten Streifens betrug die mittlere Fmax 25,82 N mit einem VK von reduzierten 12,4 %. Mit verdoppelter Streifenbreite steigt die Fmax somit um 70 %; trotz deutlicher Erhöhung kommt es also zu keiner maßstablichen Verdopplung (vgl. Nullproben) oder sogar größeren Erhöhung (vgl. Lineco) der Fmax. Jedoch ist die Verringerung des VK mit Lineco äquivalent.

Bei Hochrechnung der Einzelfadenwerte ergeben sich 12 x 2,38 N ≈ 28,6 N für den schmalen bzw. 24 x 2,38 N ≈ 57,1 N für den breiten Streifen; damit erzielt der schmale Streifen lediglich ca. 55 %, der breite Streifen sogar noch geringere 45 % des Hochrechnungswerts.

Mittels zusätzlicher Fadenbrücken (**SAS+B**) ließen sich Werte von 30,42 N mittlerer Fmax mit einem VK von ca. 21,7 % erzielen. Im Vergleich zur SAS-Verklebung verdoppelt sich somit die mittlere Fmax bei leicht verringertem VK.

Anders als bei Lineco zeigen die **Ü**-Verklebungen eine mittlere Fmax von 41,55 N (bei einem VK von ca. 19,3 %) und damit eine Erhöhung um ca. 170 % im Vergleich mit SAS sowie ca. 35 % erhöhte mittlere Fmax im Vergleich zur SAS+B-Technik. Im Vergleich mit Lineco fällt

zudem ein deutlich weniger stark reduzierter VK im Vergleich zu SAS- bzw. SAS+B-Verklebung auf. Wie zu erwarten ist der VK in Anbetracht des Ergebnisses des Ü-verklebten Einzelfäden jedoch reduziert (vgl. ca. 25,4 %).

Ausgehend von der Einzelfadenverklebung wäre per Hochrechnung eine mittlere Fmax von 12 x 10,71 N ≈ 128,5 N zu erwarten gewesen: Erreicht werden davon jedoch lediglich ca. 30 % im Streifenzugversuch.

Die geprüften **Ü+V**-Verklebungen am Gewebestreifen zeigen eine durchschnittliche Fmax von 51,80 N; der zugehörige VK beträgt ca. 19 %. Im Vergleich zur Ü-Verklebung hat sich der VK somit nicht weiter reduziert, jedoch die Festigkeit nochmals erhöht. In Anbetracht der SAS-Verklebung am Streifen ließ sich so eine Erhöhung der mittleren Fmax um ca. 240 % erzielen. Im Vergleich mit den Ü+V-verklebten Einzelfäden ist der VK zudem nur leicht reduziert (vgl. ca. 23,2 %). Vom verklebten Einzelfaden hochgerechnet hatte sich für die Streifen zudem eine mittlere Fmax von 12 x 14,94 N ≈ 179,3 N ergeben: Tatsächlich erzielt werden jedoch nur ca. 30 % dieses hypothetischen Wertes.

Der Kurvenverlauf der S-D-Diagramme (vgl. Abb. 35 - 38) sieht bei allen vier Verklebungstechniken zunächst prinzipiell ähnlich aus:

Die Kurven verlaufen ebenfalls etwas steiler als die Nullproben (vgl. Lineco) und zeigen bis auf SAS+B allgemein das Phänomen „gezackter“ Kurvenhöhen, begründet durch nacheinander versagende Einzelfadenklebungen bei teilweise anschließendem erneutem Spannungsaufbau bis zum Prüfungsabbruch. Lediglich bei SAS+B zeigt sich, wie bereits bei Lineco, ein deutliche Dehnung nach dem Spannungsmaximum (≙ Fmax) bis zum Prüfungsabbruch, begründet durch einen langsameren Spannungsabfall dank aufsitzender Fadenbrücken.

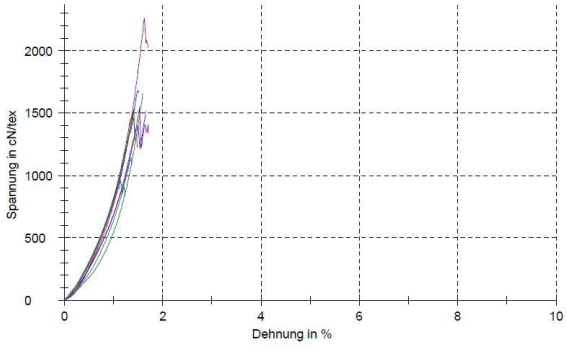


Abb. 35 (SAS)

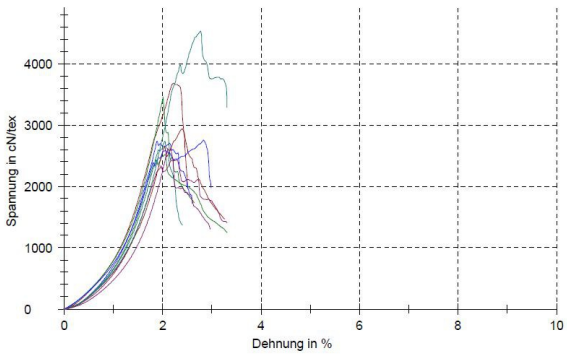


Abb. 36 (SAS+B)

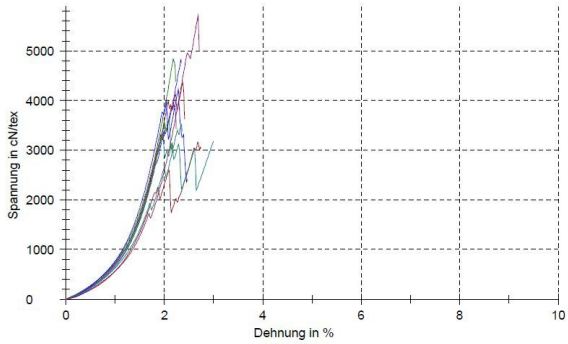


Abb. 37 (Ü)

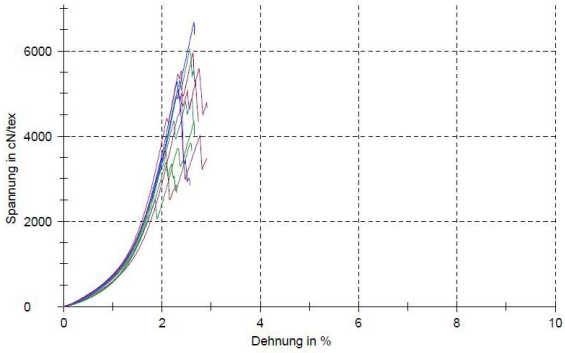


Abb. 38 (Ü+V)

Zu sehen sind die S-D-Diagramme von Verklebungen (Technik: SAS / SAS + B / Ü / Ü+V) mittels SL-WS (warmlöslich) an uniaxial geprüften Gewebestreifen von 12 Fäden Breite.

Störleim-Weizenstärkekleister (kaltlöslich)

Von der Mischung mit modifizierter Weizenstärke wurden lediglich exemplarische 5 Gewebestreifen (B: 12 Fäden) in **SAS**-Verklebung hergestellt:

Es konnte eine mittlere Fmax von 11,39 N bei einem sehr hohen VK von ca. 46,4 % verzeichnet werden; im direkten Vergleich mit warmlöslicher nativer Weizenstärke zeigt sich so bei leicht reduzierter Fmax ein deutlich erhöhter VK. Im weiteren Vergleich mit den SAS-verklebten Einzelfäden zeigt sich bei dieser Streifen-Gruppe somit als einzige Ausnahme ein erhöhter VK (vgl. ca. 40,3 %), was auf ein Ausreißer-Phänomen hindeutet.[224]

Rechnet man die mittlere Fmax der Einzelfadenprobekörper hoch auf 12 Fäden, ergibt sich ein Wert von 12 x 3,14 N ≈ 37,7 N: Von diesem Wert werden jedoch lediglich ca. 30 % tatsächlich mittels verklebten Gewebestreifen erzielt. Damit erreicht die Störleim-Mischung mit kaltlöslicher Weizenstärke in Relation zum Einzelfadenergebnis vergleichsweise noch deutlich geringere Werte als die warmlösliche Weizenstärke; dies umschreibt ein genau konträres Ergebnis zur Einzelfadenprüfung. Die sich abzeichnende Tendenz sollte daher zunächst noch in Frage gestellt werden.

Der Kurvenverlauf des S-D-Diagramms entspricht dem der mit warmlöslicher Weizenstärke verklebten Gewebestreifenproben (vgl. Abb. 35 sowie ggf. unter A.10.2 / I, Diagr. 12 und 13).

[224] In Anbetracht des geringen Stichprobenumfangs kann dieser auffällig hohe VK nicht zwangsläufig als Beweis für ein schlechteres Abschneiden im Vergleich zur Mischung mit warmlöslicher Weizenstärke herangezogen werden.

Störleim 25 % + Arbocel BWW 40

Es wurden erneut zwecks erster Tendenzen exemplarische 5 Gewebestreifen (B: 12 Fäden) in **SAS**-Technik verklebt:

Die verklebten Streifenprobekörper erreichen bei einem VK von ca. 27,3 % eine mittlere Fmax von 35,11 N. Damit wird die höchste mittels SAS-Verklebung erzielte durchschnittliche Fmax unter den betrachteten Gewebestreifenproben erzielt; gleichzeitig handelt es jedoch auch um den insgesamt zweithöchsten VK. Auch hier muss jedoch auf den geringen Stichprobenumfang verwiesen werden. Im Vergleich mit den SAS-verklebten Einzelfäden ist der VK von Fmax ähnlich hoch (vgl. ca. 28,2 %).

Bei Hochrechnung der Einzelfadenwerte ergibt sich zudem eine hypothetische mittlere Fmax von 12 x 5,54 N ≈ 66,5 N: An diesen Wert konnte sich jedoch nur auf ca. 50 % angenähert werden.

Der im Vergleich jedoch sehr hohe durchschnittliche Fmax-Wert für die SAS-Verklebung lässt diesen Klebstoff trotz des hohen VK weiterhin vielversprechend erscheinen; es sollten in jedem Fall weitere Tests in unterschiedlichen Verklebungstechniken zur Erhebung umfassenderer Datensätze durchgeführt werden.

Das zugehörige S-D-Diagramm zeigt einen den anderen betrachteten und mittels Störleim-Modifikationen SAS-verklebten Gewebestreifen entsprechenden Verlauf (vgl. Abb. 35).

8.5 Gesamtauswertung

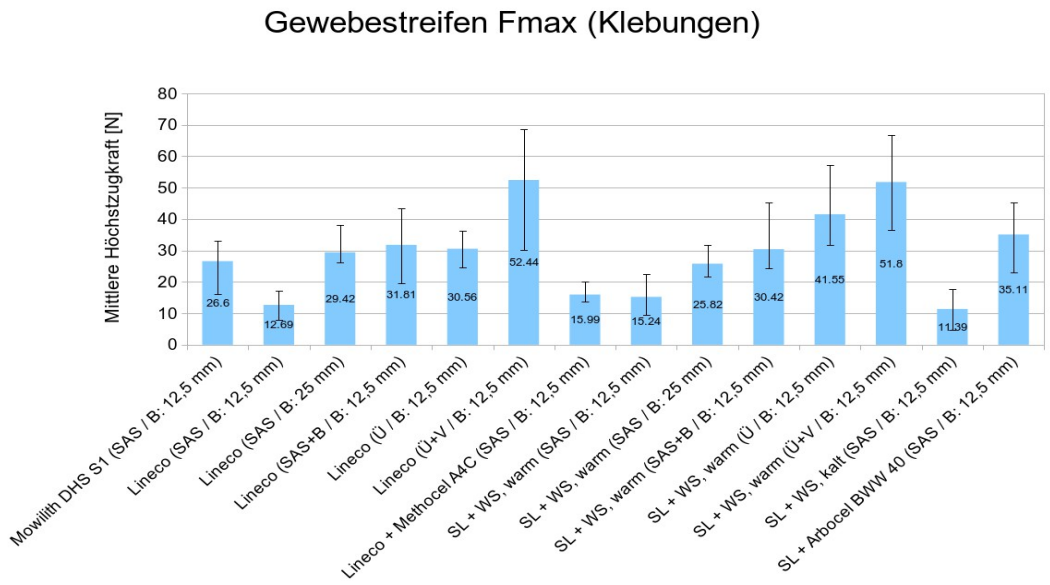


Abb. 39: Mittlere Höchstzugkräfte der unterschiedlichen Klebungen bei der uniaxialen Gewebestreifenzugprüfung. Für weitere grafische Übersichten siehe auch unter A.10.2 / II.

Wie bereits zu vermuten, lassen sich die in der Einzelfadenprüfung erzielten Werte nicht auf die Fadenanzahl der Gewebestreifen hochrechnen:

So liegt die mittlere Fmax der Gewebestreifenprobekörper lediglich bei 90 % der Hochrechnung im Falle der Nullproben bzw. 30-75 % der errechneten Werte bei den Klebungen.

Allgemein wird in Abhängigkeit von den Verklebungstechniken, d.h. von **SAS** über **Ü** hin zu **Ü+V**, die Differenz zwischen theoretischer Hochrechnung der Einzelfadenwerte und tatsächlichen Werten der Gewebestreifen immer höher: Dies spricht dafür, dass insbesondere die Ü+V-Verklebungen im Rahmen der Einzelfadenprüfung überschätzt werden, wenn man von einer späteren Klebstoffanwendung im Gewebeverbund ausgeht.

Da klebstoffübergreifend zudem keine feste Relation zwischen verklebten Einzelfäden und Geweben möglich ist, sollte von diesem näherungsweisen Rückschlussverfahren im Falle zu beurteilender Einzelfadenverklebungen Abstand genommen werden.

Auch maßstäbliche Rückschlüsse im Gewebeverbund lassen sich lediglich für intakte Gewebe in der uniaxialen Zugprüfung belegen, sodass hier ebenfalls keine Rückschlüsse in Bezug auf zu erwartende Verklebungsfestigkeiten möglich sind.

Mittels **Fadenbrücken** lassen sich im Streifenzugversuch die Festigkeiten der SAS-Verklebungen stark erhöhen (tendenziell **Fmax plus ca. 50-150 %**).[225] Dabei werden gleichbleibende bis reduzierte VK erzielt.

Prinzipiell lassen sich die **VK** bei Zugprüfung verklebter Gewebestreifen im Vergleich zu den Einzelfäden **reduzieren**.[226] Zudem gilt hier: Je breiter der Streifen, d.h. höher die Anzahl der verklebten Fäden einer Probe, desto niedriger der VK.[227] Im Vergleich mit den Nullproben stellt sich somit eine deutliche Abhängigkeit der VK verklebter Proben von der zu prüfenden **Probekörpergeometrie** dar.

Auch **sinken** die **VK** prinzipiell in Abhängigkeit von der **Verklebungstechnik**: D.h. vom höchsten VK bei Stoß-auf-Stoß (SAS), über die überlappende (Ü), hin zum niedrigsten VK bei der überlappend-vermengten Klebung (Ü+V).[228] Dies spricht für eine steigende Qualität und Homogenität der Klebungen.[229] Die VK bleiben im Vergleich zu den unverklebten Streifen jedoch in der Regel deutlich höher; somit lassen sich rein durch das Gewebe-Naturprodukt bedingte Schwankungen ausschließen.

Es lassen sich zudem veränderte, bis teils konträre Ergebnisse im Vergleich der Klebstoffe untereinander hinsichtlich der Einzelfadenprüfungen ablesen:

So zeigt sich eine Umkehrung der vorherigen Ergebnistendenzen bei den Mischungen von **Störleim und Weizenstärken (kalt-/warmlöslich)**. Zudem schneidet **Lineco** bei Betrachtung der VK der Fmax in der Gewebestreifenprüfung nun etwas besser ab als die zweite betrachtete Dispersion **Mowilith DHS S1**. Die PVAc-Dispersion **Mowilith DHS S1** erzielt jedoch eine im Gesamtvergleich ausgesprochen hohe mittlere Fmax in der SAS-Verklebung. Eine noch deutlich

[225] Gleichzeitig werden abrupte Verklebungsöffnungen vermieden, was letztlich zusätzliche Schäden am Objekt verhindert kann.
[226] Dies trifft in besonderem Umfang für die getesteten Dispersionsklebstoffe zu.
[227] Erste Tendenz anhand ausschließlich SAS-verklebter Gewebestreifen doppelter Breite; dem Phänomen sollte jedoch noch näher nachgegangen werden.
[228] Dies trifft ebenfalls in besonderem Umfang für die getesteten Dispersionsklebstoffe zu. Eine Ausnahme stellt sich in der erwähnten Sonderrolle der Ü-Verklebung mittels Lineco dar; vgl. auch unter 8.4.4.
[229] Trotz manueller, nicht standardisierbarer Manipulation. Der Gedanke BALTSCHEITs, diese zur Standardisierung nicht durchzuführen, erscheint daher weniger sinnvoll für den Prüfaufbau (vgl. BALTSCHEIT 2011, S. 44).

höhere mittlere Fmax der **SAS**-Verklebung erzielte nur **Störleim + Arbocel BWW 40**; trotz erhöhtem VK von Fmax weist dieser neu entwickelte Klebstoff daher hohes Potenzial auf.

Auch weist **Lineco** erstmalig tendenziell gleichwertige (bis etwas höhere) Fmax in Ü+V-Technik als **Störleim-Weizenstärke (warmlöslich)** auf. Auf Grund des geringen Probenumfangs kann es sich hierbei jedoch allgemein höchstens um Tendenzen handeln, die es in weiteren und umfassenderen Versuchen zu prüfen und belegen gilt.

Bestätigt wird zudem die Verfestigung der Verklebung bei gleichzeitig reduzierten Streuungen der Verklebungsergebnisse mittels Zusatz von **Methocel A4C** im Falle der **EVA-Dispersion Lineco**. Anhand dieser Tendenz ließe sich in Zukunft die Verarbeitung des Klebstoffs in der Modifikation mittels Celluloseethergel bevorzugen.

Für die Klebstoffe **Störleim-Weizenstärke (kalt-/warmlöslich)** und **Lineco** bzw. **Lineco + Methocel A4C** stellt sich somit ein besonderes Forschungspotenzial für die biaxiale Betrachtung dar.[230]

Es sollte zudem darauf hingewiesen werden, dass bei keiner der geprüften Gewebestreifenproben, anders als an einigen Ü+V-verklebten Einzelfäden, erkennbar neue Fadenrisse auftraten; makroskopisch nicht sichtbare neue Faserrisse können jedoch prinzipiell nicht ausgeschlossen werden.

[230] Was im Rahmen dieser Arbeit jedoch nur in ersten Ansätzen angerissen werden kann.

9. Biaxiale Zugprüfungen an Gewebekreuzproben

Ergänzend zu der zuvor dargestellten uniaxialen Zugprüfung an Gewebestreifen wurde die biaxiale Gewebeprüfung mit dem Ziel der Prüfung in einer zweiachsigen Belastungssituation und so erhofften langfristig höheren Aussagekraft hinsichtlich des tatsächlichen Verklebungsverhaltens am Gemälde angestrebt. Die Umsetzung gestaltete sich jedoch zunächst nicht als unproblematisch:[231]

Zwar existieren vereinzelt biaxiale Zugprüfmaschinen an unterschiedlichsten Standorten in Deutschland, diese sind jedoch zumeist auf deutlich höhere Kraftmessbereiche mehrerer 100 kN ausgelegt und somit für die Erfassung bei der Einzelfadenverklebung messbarer Kräfte denkbar ungeeignet.[232] Ein geeignetes Gerät fand sich jedoch am Lehrstuhl für Technische Mechanik an der Uni des Saarlandes in Saarbrücken:

Dank großzügiger Ermöglichung der Kooperation konnte letztlich dieses Gerät zur Durchführung der Biaxversuche genutzt werden. In enger Zusammenarbeit mit Herrn Dipl.-Ing. Henning Seibert wurde anhand des bisher am LTM üblichen Versuchsaufbaus sowie in Anlehnung an die bei der uniaxialen Gewebestreifenprüfung berücksichtigte DIN 13934-1 ein geeigneter Versuchsaufbau entwickelt.[233]

9.1 Probekörpervorbereitung

Auf Grund des begrenzten Umfangs der Arbeit kann an dieser Stelle ebenfalls nur kurz zusammenfassend auf die Probekörperherstellung eingegangen werden:

[231] Daher wurde u.a. auch die Modifikation der uniaxialen Zugprüfung mit Hilfe eines zusätzlich eingespannten Rähmchens nach LIPINSKI 2010 angedacht; siehe hierzu auch 9.4.1 und 9.5.

[232] Grund hierfür liegt in der geringen Nachfrage durch die Textilindustrie und -forschung: Zwar wurde sich vereinzelt, speziell im Rahmen der Betrachtung von Maschenwaren, mit der biaxialen Zugprüfung auseinandergesetzt, vielfach werden jedoch lediglich uniaxiale Zugversuche oder multiaxiale Berstdruckprüfungen im Rahmen vergleichbarer Fragestellungen genutzt (vgl. A.18.2). Aus diesem Grund wurde auch wiederholt von befragten Textilingenieuren zu einer alternativen Berstdruckprüfung geraten (siehe hierzu auch unter Punkt 10). Vorhandene Biax-maschinen sind daher meist eher im Kontext der Baustoffforschung o.ä. zu finden und daher auf extreme Kräfte ausgelegt; so wurde bspw. auch mit dem Essener Labor für Leichte Flächentrag-werke (ELLF) der Universität Duisburg-Essen Kontakt aufgenommen.

[233] Biaxiale Zugprüfungen werden üblicherweise in Anlehnung an (JIS) MSAJ / M-02 1995 durchgeführt (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Thomas Homm / ELLF Uni Duisburg-Essen, Gespräch am 8.01.2013). Dabei werden zyklische Belastungen des Materials simuliert; im Hinblick auf den Bezug zu den bisherigen uniaxialen Zugprüfungen erschien eine Prüfungsführung nach diesem Standard daher zunächst nicht sinnvoll.

Weitere Informationen zum Testgewebe, dem Vorgang der Probekörperherstellung und -verklebung sowie eine Übersicht zu den angefertigten Probekörpern befinden sich unter A.4.2, A.6.4 sowie A.7.1 und A.7.2.

9.1.1 Testgewebe

Es wurde wie bereits zur Herstellung der Gewebestreifenprobekörper das Leinengewebe „Pattina L 13 (puro lino)“ der Fa. Tessitura Enrico Sironi verwendet.[234]

9.1.2 Probekörperanfertigung und -verklebung

Im biaxialen Versuchsaufbau hat sich die Anfertigung von Kreuzproben mit abgerundeten Eckwinkeln bewährt, um so eine möglichst gleichmäßige Spannungsverteilung ohne Verwerfungen o.ä. in der zu betrachtenden, relevanten Mittelfläche erzielen zu können.[235] Daher wurden die wichtigsten Hinweise zur allgemeinen Kreuzprobekörpergeometrie nach dem zur biaxialen Zugprüfung üblichen Standard (JIS) MSAJ /M-02 1995 berücksichtigt.

Bei der Probekörperherstellung wurde sich an den Maßen sowie der Fadenanzahl der Gewebestreifenprobekörper orientiert, um spätere Bezüge zu ermöglichen. So wurden Gewebekreuzproben einer Länge von 200 mm in beiden Achsen für eine den bisherigen Textilprüfungen entsprechende Prüflänge von 100 mm angefertigt:[236]

Hierzu wurden aus entsprechend 200 mm langen sowie breiten Gewebequadraten in aufwändiger Vorbereitung schrittweise fadengerade Kreuze einer genauen Schenkelbreite von 12 Fäden (plus jeweils 5 mm seitlichen Fransen) mit einer exakt bemessenen mittigen Überlappungsfläche von 12 x 12 Fäden aus Kette und Schuss hergestellt (vgl. Abb. 40).[237]

---

[234] Für nähere Details zum Testgewebe vgl. auch 8.1.1 und A.4.2.

[235] Vgl. auch (JIS) MSAJ / M-02 1995.

[236] Es wurden zudem exemplarisch einige Proben einer Länge von 300 mm angefertigt: Hintergrund war ein möglicher Vergleich zu den uniaxialen Gewebestreifen in ursprünglich geplanter Einspannlänge von 200 mm; diese wurde jedoch letztlich der Einspannlänge der uniaxial geprüften Einzelfäden von 100 mm angeglichen (vgl. auch unter Punkt 8 und A.6.3).

[237] Zum Zuschnittverfahren siehe auch unter A.6.4 / Tabelle I.

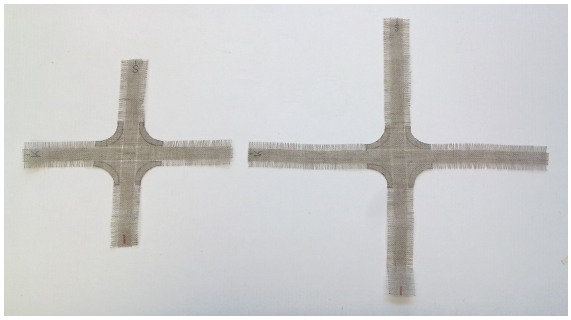


Abb. 40

Zu sehen sind zwei vorbereitete Gewebekreuzproben von 200 mm (links) und exemplarischen 300 mm (rechts) Länge. Die Schenkelbreite beträgt jeweils 12 Fäden plus jeweils seitliche Fransenbereiche.

Nach Fixierung der Gewebekreuzproben auf einer Schneidematte wurde mit dem Skalpell genau mittig innerhalb der Kreuzproben der Schuss auf kompletter Breite von 12 Fäden glatt zertrennt, um wie bereits bei den Gewebestreifen in der Prüfung letztlich nur verklebte Fäden direkt zugzuprüfen.[238]

Anschließend erfolgten Verklebungen in Stoß-auf-Stoß-Technik (**SAS**), mit und ohne zusätzlichen Fadenbrücken (**SAS+B**).[239] Alle Verklebungen wurden erneut mit jeweils 0,6 µl Klebstoffmenge / Faden durchgeführt.[240] Bei der Verklebung wurde sich auf die Klebstoffe **Lineco** (EVA) und **Störleim-Weizenstärke (warmlöslich)** beschränkt.[241] Es erfolgte so die Herstellung von 6 Gewebekreuzproben je Klebstoff und Verklebungstechnik.[242] Neben den verklebten Probekörpern wurden ergänzend Nullproben des Testgewebes als unbeschädigte Referenz vorbereitet.[243] Auf diese Weise ergaben sich in der Gewebekörpergeometrie unmittelbar mit den Gewebestreifen vergleichbare Verklebungen im biaxialen Kontext:

Dabei muss beachtet werden, dass die tatsächlich biaxiale Situation sich in der Prüfung somit jeweils auf das 12 x 12 Fäden große Mittelstück als relevanten Probenbereich mit / ohne Klebung beschränkt. Nach der Verklebung erfolgte die vierwöchige Lagerung bis zur Prüfung.

---

238 Zum Hintergrund vgl. auch 8.1.2 und 10.

239 Im Rahmen der Probekörpergeometrie konnte keine Überlappungssituation der Fäden hergestellt werden; dies wäre bei fortführenden Versuchen entsprechend zu modifizieren.

240 Zum Aufbau, Durchführung der Verklebung und Ermittlung der Klebstoffmenge siehe auch A.6.4 sowie A.7.1 / Tabelle I + II.

241 In Anbetracht der bisher dargestellten Prüfergebnisse wären unter Umständen auch andere Klebstoffe/-modifikationen vorzuziehen gewesen. Die Festlegung der Klebstoffauswahl erfolgte jedoch bereits vor Durchführung der uniaxialen Zugprüfungen. Auch lag die Biaxprüfung aus organisatorischen Gründen zeitlich den uniaxialen Versuchen vorgezogen.

242 In Absprache mit Herrn Dipl.-Ing. Henning Seibert wurde sich für eine reduzierte Probenanzahl von 6 Proben je Reihe zur Bewerkstelligung der Probekörperanfertigung sowie des Prüfumfangs entschieden (freundliche schriftliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Henning Seibert / LTM Uni Saarland, Mail vom 2.05.2013).

243 Für eine Übersicht der Biax-Probekörper siehe auch A.6.4 / Tabelle II.

9.2 Aufbau und Durchführung

Auf Grund des Standorts der biaxialen Zugprüfmaschine war keine zusätzliche Klimatisierung des Prüfraums möglich; das Raumklima war mit ca. 22-25 °C und 55-62 % r.F. jedoch den bisherigen Prüfklimata vergleichbar.[244] Die Probekörper wurden zudem bereits mehrere Tage vor Prüfung zur vorbereitenden Klimatisierung am LTM eingelagert.

Zur Prüfung wurde eine am LTM der Uni Saarland entwickelte Biaxprüfmaschine mit 100 N- sowie 500 N-Kraftaufnehmern genutzt (vgl. Abb. 41).[245] Mit Handschuhen wurden die Gewebekreuzproben anhand der zuvor genau markierten Probenbemaßung in die jeweils beidachsig auf 100 mm Einspannlänge vorbereitend positionierten vier Klemmbacken der Maschine mittig eingespannt; hierbei wurde die (verklebte) Schussrichtung der Kreuzproben jeweils vertikal sowie die Kettrichtung horizontal ausgerichtet. Nach Kontrolle der geraden und parallelen Ausrichtung wurde zunächst individuell durch achsweises Ansteuern eine Vorkraft von 10 cN je Fadensystem eingestellt und anschließend die automatisierte biaxiale Zugprüfung in fester Messrate mit einer Zuggeschwindigkeit von 20 mm/min je Achse gestartet.[246]

Abweichend von den bisherigen uniaxialen Zugversuchen mittels Zwick wurden in den Biaxversuchen keine Brucheinstellungen o.ä. zum automatisierten Prüfungsabbruch bei Probenversagen vorgenommen, sondern eine feste Abtastrate lang kontinuierlich geprüft. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt jedoch lediglich die Auswertung bis zur gemessenen Höchstzugkraft (Fmax). Auf Grund der so nach Probenbruch fortlaufenden Prüfung und Aufzeichnung zeigen sich jedoch stärker geschädigte Probekörper bei der nachträglichen Betrachtung sowie abweichende Kurven der dokumentierten Prüfung:

In den Kraft-Weg-Diagrammen ist die gesamte Prüfungsführung bis über den ersten Probenbruch / das Öffnen der Verklebung hinaus nachvollziehbar. Im Falle der Spannungs-Dehnungs-Diagramme wurde jedoch lediglich der Kurvenverlauf bis zur gemessenen Höchstzugkraft dargestellt.[247] Abweichend vom bisherigen Prüfverfahren mittels uniaxialer Zugprüfmaschine erfolgte zudem die Dehnungsberechnung in der Biaxprüfung nicht automatisiert über zuvor eingegebene Probendaten und ein Messen der Längenänderung zwischen den Klemmbacken während der

[244] Vgl. auch unter Punkt 7.2 sowie zum Prüfklima unter A.16.
[245] Wie bei den Gewebestreifen erfolgte die Prüfung der intakten Nullproben mit größeren Kraftaufnehmern (500 N). An den verklebten Proben wurde in der geschwächten Schussrichtung anschließend ein 100 N-Aufnehmer, in Kettrichtung weiterhin ein 500 N-Kraftaufnehmer genutzt; vgl. hierzu auch A.14.2.
[246] Bei gleichmäßigem Zug in alle vier Richtungen der Kreuzprobe bedeutete das jeweils 2 x 10 mm/min je Achse.
[247] Siehe auch A.14.2 und A.11.2 / Diagramme II.

Zugprüfung:[248]

Zur Dehnungsmessung wurde stattdessen das Verfahren der optischen Bildauswertung genutzt. Dabei wurden die Deformationszustände der Probe über zahlreiche, in der Prüfvorschrift synchron zur kontinuierlichen Messdatenaufzeichnung festgelegte Einzelbildaufnahmen des Probenmittelbereichs nachträglich ausgewertet. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass sich die gemessenen Dehnungszustände unmittelbar auf den innerhalb der Kreuzprobenmitte beschränkten, biaxialen Spannungszustand anwenden lassen.[249] Anders als beim uniaxialen Aufbau mittels Zwick lassen sich so bspw. auch Stauchungen als negative Dehnungen auswerten und inhomogene Deformationen betrachten.[250] Die so zusätzlich zur Prüfsituation abweichende Daten- und Messwertverarbeitung ist daher ggf. bei späteren Vergleichsbetrachtungen zu bedenken.[251]

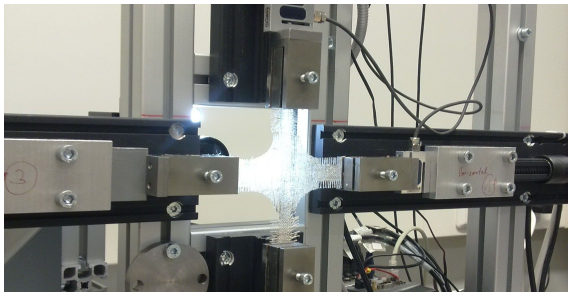


Abb. 41

Zu sehen ist ein Ausschnitt der Biaxmaschine mit eingespannte Kreuzprobe zu Beginn der biaxialen Zugprüfung (weitere Bilder zur Prüfung befinden sich unter A.1.4).

9.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung

Wie bisher wird zunächst zum verbesserten Verständnis der Prüfung und Prüfungsführung vor der Einzelauswertung der Messdaten kurz auf das allgemeine Probenverhalten im Prüfungsverlauf eingegangen. Detaillierte Informationen zu den Einzelproben finden sich unter A.2 und A.11.

[248] Zu den Einstellungen der uniaxialen Zugprüfmaschine vgl. auch A.14.1.

[249] Zum genaueren Aufbau, den Maschinen- und Software-Einstellungen siehe auch A.14.2.

[250] Vgl. u.a. KOENEN, SAXE 1991, S. 1 f. sowie freundliche schriftliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Henning Seibert / LTM Uni Saarland (Mail vom 14.08.2013). Zu den negativen Dehnungen siehe auch A.11.1 / Tabellen II.

[251] So kann davon ausgegangen werden, dass im Falle dieses Versuchsaufbaus eine genauere Messung hinsichtlich der tatsächlichen Dehnung im biaxialen Mittelbereich der Kreuzprobe vorliegt. Gleichzeitig bezieht sich die ungenauere Dehnungsberechnung der uniaxialen Zugversuche mittels Zwick auf die vollständige Einspannlänge.

9.3.1 Nullproben

Im Zuge der Prüfungen wurden zwei verschiedene Nullprobentypen betrachtet:

Nullproben Sironi (uniaxial + orthogonal fixiert)
Für ein besseres Verständnis der sich bei der biaxialen Zugprüfung im Vergleich zum einfachen uniaxialen Zugversuch unterschiedlich auswirkenden Kräfte wurden zunächst Gewebekreuzproben unter lediglich uniaxialem Zug in vertikaler Schussrichtung, bei gleichzeitig orthogonaler Fixierung des horizontalen Kettsystems geprüft. Auf diese Weise sollte betrachtet werden, inwiefern sich abweichende Ergebnisse bereits durch Behinderung der Querkontraktion (Poisson-Effekt) im uniaxialen Zugversuch einstellen und ob so ggf. auch eine Modifikation des uniaxialen Zugversuchs mittels Quereinspannung eines Kreuzprobekörpers in einen Hilfs-Rahmen zur Erzielung eines biaxialen Kompromisses denkbar wäre.[252]

Bei erster Vorkraft in zunächst noch beiden Geweberichtungen erfolgte zunächst die gerade Ausrichtung der Kreuzprobe in den Probenhalterungen. Bei der fortgesetzten uniaxialen Prüfung mit orthogonaler Fixierung ist anschließend ein deutliches Aufdehnen der Kreuzprobekörper in vertikaler Schussrichtung erkennbar. Mit steigender Spannung bei kontinuierlichem vertikalen Zug sind erste Faser- und Fadenrisse durch ein „Knacken“ zu vernehmen:

Diese beschränken sich auf den Schuss und konzentrieren sich auf den glatt ausgerichteten, orthogonal fixierten Mittelbereich der Probe. Der relevante Probenmittelbereich sich überlagernder Kett- und Schussfäden erscheint nach der Prüfung überdehnt sowie verwölbt, mit mikros- und makroskopisch erkennbaren Faser- und Fadenrissen in Schussrichtung. Im Vergleich dazu erscheinen die Längen der vertikalen Probenarme weniger beeinträchtigt.

Bei der Betrachtung der Schadensbilder ist jedoch insgesamt die über erste Faser-und Fadenbrüche hinausgehende Prüfungsführung zu bedenken, sodass diese prinzipiell nicht mit den uniaxial getesteten Gewebestreifen zu vergleichen sind.[253]

Nachfolgend ist der Prüfungsverlauf anhand des Kraft-Weg-Diagramms dargestellt:

[252] Mit einem solchen Rähmchen behalf sich bspw. bereits LIPINSKI (2010) in seiner Arbeit.
[253] Zu den geprüften Nullproben siehe auch unter A.2.1 und A.11.1 / Tabelle I.

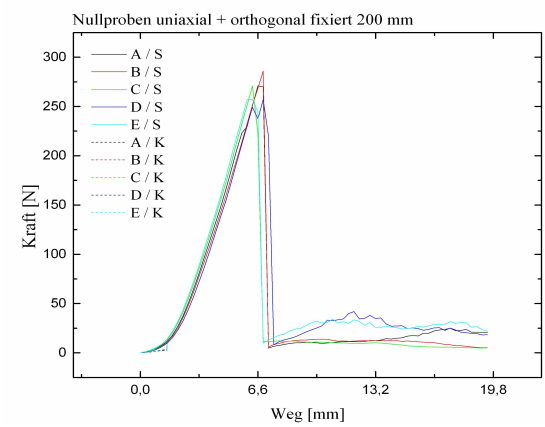


Abb. 42

Dargestellt ist der Prüfungsverlauf mittels Kraft-Weg-Diagramm im Falle der uniaxial- / orthogonal-fixierten Kreuzprobenprüfung:
Die festgestellte Kettrichtung legt keinen Weg zurück und zeichnet so keine Kurve (bei zudem lediglich geringen Kräften), während im Schuss nach ca. 6 mm Weg die Fmax und damit das eigentliche Prüfende bereits erreicht ist.

Nullproben Sironi (äquibiaxial)

Im Falle der äquibiaxial geprüften Gewebekreuzproben wurden diese hingegen gleichmäßig mit in beiden Achsen konstanter Geschwindigkeit geprüft:

Nach Proben-Ausrichtung mittels Vorkraft erfolgte bei kontinuierlichem Zug eine erkennbare Versteifung des Probenmittelfelds durch den biaxialen Spannungszustand, parallel zur Streckung der vier Probenarme. Bis zum Bruch erster Fasern und Fäden erscheint das relevante Mittelstück sich überlagernder Kett- und Schussfäden glatt gespannt und ohne einschnürende Effekte, Verwölbungen oder Stauchungen. Konzentriert auf das Mittelfeld reißen zuerst die vertikalen Schussfäden; unter fortgesetztem Zug zeigt sich eine „Entflechtung“ der Probe in Schussrichtung. Das sich web-bedingt länger umstrukturierende Kettsystem zeigt ein prinzipiell äquivalentes, lediglich zeitlich im Prüfvorgang versetztes Verhalten (Abb. 43).[254] Auch hier zeigt sich der Probenmittelbereich nach der Prüfung überdehnt sowie verwölbt, mit erkennbaren Faser- und Fadenrissen in Schuss- und Kettrichtung. Die Längen der vertikalen Probenarme erscheinen ebenso weniger beeinträchtigt.

[254] Zum Hintergrund der Gewebe-Anisotropie vgl. auch 4.1 und 4.2. Auf Grund des begrenzten Umfangs der Arbeit muss jedoch leider auf eine detaillierte Darstellung des Gewebeverhaltens in der biaxialen Zugprüfung verzichtet werden.

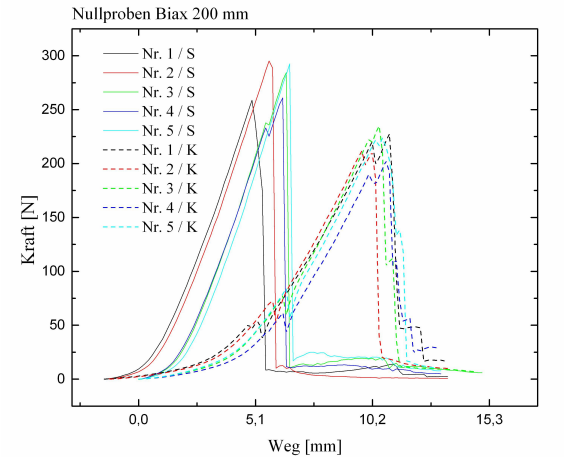


Abb. 43

Dargestellt ist der Prüfungsverlauf mittels Kraft-Weg-Diagramm im Falle der äquibiaxialen Gewebekreuzproben mit einer Einspannlänge von 100 mm: Deutlich zu erkennen ist das zeitlich versetzte, prinzipiell äquivalente Verhalten der Kett- im Vergleich zur Schussrichtung.

9.3.2 Verklebungen

Sämtliche verklebte Gewebekreuzproben wurden äquibiaxial mit gleichmäßig in beiden Achsen konstanter Geschwindigkeit geprüft:

Auch hier erfolgte zunächst das Ausrichten der Probekörper mittels Vorkraft mit anschließender erkennbarer Versteifung des Probenmittelfelds. Das Öffnen der Verklebung erfolgt ähnlich der Gewebestreifen:

1. Ausgehend von der Mitte (am häufigsten),
2. einer der Seiten (kaum zu sehen),
3. an verschiedenen Stellen parallel oder
4. recht abrupt und ohne erkennbaren Beginn an allen Fäden scheinbar gleichzeitig (nur bei SL+WS)
5. sowie als Sonderform mit einer der oben genannten Öffnungen, jedoch darüberliegenden, sich langsamer als in der uniaxialen Gewebestreifenprüfungen ablösenden Fadenbrücken.[255]

Somit zeigt sich auch hier prinzipiell eine Abhängigkeit vom schwächsten Faden bzw. der

[255] Zu den geprüften Einzelproben siehe auch unter A.11.1 / Tabelle I sowie ergänzend zu den Klebstoffen A.2.7 und A.2.19.

schwächsten Einzelverklebung.[256] Mit dem Öffnen der Verklebung kommt es zu abrupt auftretenden einschnürenden Effekten in Schussrichtung am vormals gleichmäßig gestreckten Mittelstück im Übergangsbereich zu den Armen der Gewebekreuzprobe. Wie an den Nullproben folgt ein Entflechten des Schussfäden sowie ein späteres Reißen des Kettsystems. Dabei deformiert der Mittelbereich um die geöffnete Verklebung zunehmend. Auch hier zeigen sich die Probenschenkel vergleichsweise weniger beeinträchtigt.

9.4 Einzelauswertungen

Zur anschließenden Detailauswertung werden die Ergebnisse der biaxialen Zugprüfung je Probekörpergruppe, sortiert nach Nullproben sowie Verklebungen je Klebstoff, dargestellt. Allgemein wird sich im Zuge dessen auf die Betrachtung der Schussrichtung der Gewebekreuzproben bis zur gemessenen Höchstzugkraft beschränkt.[257]

Die Betrachtung erfolgt anhand der mittleren Fmax und deren VK unter Berücksichtigung ausgewählter Spannungs-Dehnungs-Diagramme. Die S-D-Diagramme sind dabei das Ergebnis der nachträglichen Bildauswertung, indem die Spannung aus der Ingenieursdehnung berechnet wurde.[258]

Detailliertere Informationen zu den geprüften Gewebekreuzproben sowie sämtliche bisher ausgewertete Messdaten und ergänzende Werte zur deskriptiven Statistik sind auf Wunsch unter Punkt A.11.1 nachvollziehbar. Weitere Details in Form die Prüfungsführung erläuternder Kraft-Zeit- sowie Kraft-Weg-Diagramme, ergänzender Diagramme zur E-Modul-Ermittlung und grafischer Messwertdarstellungen finden sich zudem unter Punkt A.11.2.[259]

[256] Zur Veranschaulichung des Probenverhaltens in der Biaxmaschine siehe auch unter A.1.4.

[257] Für eventuelle Querbezüge und Vergleiche wurden die den Schusswerten jeweils entsprechenden Messwerte der Kettrichtung in den Ergebnistabellen parallel mit aufgeführt; siehe auch unter A.11.1 / Tabellen II. Die nach erreichter Höchstzugkraft gemessenen Werte wurden in den dort dargestellten Messwert-Tabellen zunächst nicht berücksichtigt. Es wäre jedoch jederzeit eine nachträgliche Auswertung der kompletten Prüfungsführung inkl. Kettsystem anhand der kontinuierlich erfassten Daten möglich; siehe auch unter A.20.

[258] Freundliche schriftliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Henning Seibert / LTM Uni Saarland (Mail vom 14.08.2013). Veranschaulichende Bilddaten befinden sich unter A.14.2.

[259] Sofern nicht anders gekennzeichnet, sind sämtliche folgende Auswertungen unter A.11.1 und A.11.2 nachvollziehbar, weshalb auf sich wiederholende Fußnoten verzichtet werden soll.

9.4.1 Nullproben / Testgewebe Sironi

Nullproben Sironi (uniaxial + orthogonal fixiert)

An den 5 ausgewerteten uniaxial in vertikaler Schussrichtung gezogenen Proben mit orthogonaler Fixierung in Kettrichtung lässt sich eine mittlere Fmax von 268,4 N in Schussrichtung verzeichnen. Der zugehörige VK von Fmax beträgt ca. 4,5 % und stellt sich damit als vergleichsweise sehr niedrig dar. Im direkten Vergleich mit den entsprechenden uniaxial geprüften Gewebestreifen-Nullproben[260] ergeben sich somit in Fmax (vgl. ca. 281 N) und VK (ca. 6,5 %) leicht reduzierte Werte.

Es lässt sich festhalten, dass sich die konstante Fixierung leicht abweichend auswirkt, da die nachfolgend äquibiaxial geprüften Gewebekreuzproben dem Gewebestreifen wieder ähnlichere Werte erzielen;[261] eine angestrebte Probenbeurteilung als „Zwischenzustand“ im Sinne eines Kompromisses zwischen uni- und äquibiaxialer Prüfung erscheint somit zunächst weniger möglich.

Bei Betrachtung des S-D-Diagramms zeigt sich ein den entsprechend uniaxial geprüften Gewebestreifen (vgl. Abb. 29) prinzipiell sehr ähnlicher Verlauf:

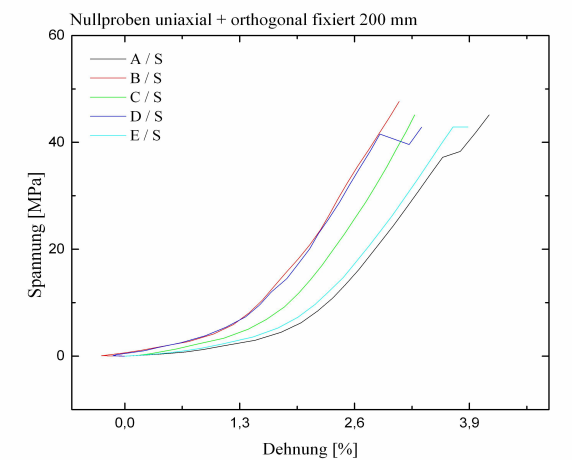


Abb. 44

Das S-D-Diagramm der Schussrichtung bei der uniaxial- / orthogonal-fixierten Kreuzprobenprüfung zeigt einen zunächst eher flachen Kurvenverlauf niedriger Spannung im Rahmen sich streckender Fadenwelligkeiten und Umstrukturierungen, bis hin zum steileren, durch den Probenbruch beendeten, recht linearen Anstieg (vgl. auch Abb. 29).

[260] Vgl. Einspannlänge von 100 mm sowie Probenbreite von 12 Fäden.
[261] Vgl. nachfolgende Auswertungen sowie unter 9.5.

Nullproben Sironi (äquibiaxial)

Im Falle der äquibiaxial geprüften Nullproben wurden ebenfalls 5 Kreuzproben ausgewertet:[262]

An den Kreuzproben ließ sich in in Schussrichtung eine mittlere Fmax von 278,32 N mit einem VK von ca. 6,3 % messen. Im Vergleich zu den uniaxial/orthogonal fixiert geprüften Kreuzproben (vgl. ca. 5,5 %) hat sich der VK somit wieder leicht erhöht und entspricht dem der vergleichbaren Gewebestreifen-Nullproben (vgl. ca. 6,5 %).[263] Die durchschnittliche Fmax von ca. 278 N ist somit im Vergleich mit den uniaxial-/ orthogonal fixiert geprüften Kreuzproben wieder etwas erhöht (vgl. ca. 268 N) und entspricht annähernd dem Wert der vergleichbaren Gewebestreifen-probekörper (vgl. ca. 281 N).

Der Verlauf des S-D-Diagramms der biaxial geprüften Gewebekreuzproben (vgl. Abb. 45) ähnelt den zuvor betrachteten uniaxial-/ orthogonal fixiert geprüften Nullproben (vgl. Abb. 44):

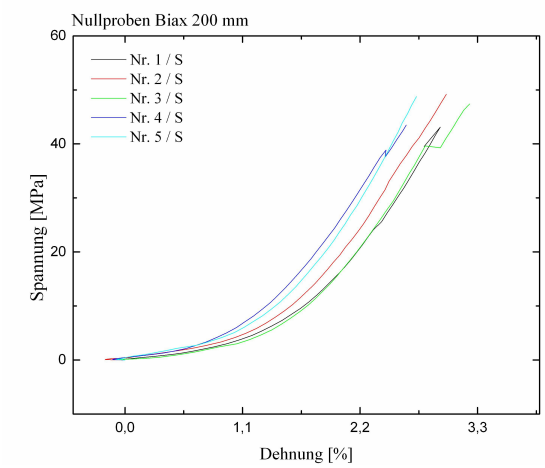


Abb. 45

Das S-D-Diagramm der Schussrichtung bei der äquibiaxialen Kreuzprobenprüfung zeigt einen zunächst eher flachen Kurvenverlauf niedriger Spannung im Rahmen sich streckender Faden-welligkeiten und Umstrukturierungen, bis hin zum steileren, durch den Probenbruch beendeten, recht linearen Anstieg (vgl. auch Abb. 29 und 44).

Veranschaulichende Kraft-Zeit- und Kraft-Weg-Diagramme finden sich unter A.11.2 / Diagramme II.

[262] Ergänzend wurden zudem Kreuzproben mit 200 mm Einspannlänge betrachtet: Hintergrund war ein möglicher Vergleich zu den uniaxialen Gewebestreifen in ursprünglich geplanter Einspannlänge von 200 mm; diese wurde jedoch letztlich der Einspannlänge der uniaxial geprüften Einzelfäden von 100 mm angeglichen (vgl. auch unter Punkt 8 und A.6.3). Daher sollen die verlängerten Kreuzproben in der Gesamtauswertung zunächst keine nähere Beachtung finden.

[263] Im Falle der auf 200 mm erhöhten Einspannlänge ergibt sich eine mittlere Fmax von 265,67 N mit zugehörigem VK von ca. 6,4 %. Der im Vergleich mit der kürzeren Schenkellänge leicht reduzierte Fmax-Wert (vgl. ca. 278 N) bei ähnlichem VK (vgl. ca. 6,3 %) könnte prinzipiell auf veränderte Kraftumverteilungen innerhalb der längeren horizontalen und vertikalen Schenkellängen hindeuten. So waren an den Gewebekreuzproben seit Planungsbeginn prinzipiell möglichst kurze Probenarme angedacht, um bei Betrachtung des tatsächlich biaxial geprüften Mittelbereichs der Kreuzproben den verfälschenden Einfluss der uniaxialen Schenkellängen auf die Messergebnisse zu reduzieren (freundliche schriftliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Henning Seibert / LTM Uni Saarland, Mail vom 2.05.2013).

9.4.2 Verklebungen

Lineco

Betrachtet wurden sowohl 6 einfache Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (**SAS**) sowie 6 Stoß-auf-Stoß-Verklebungen mit zusätzlich aufgebrachten Fadenbrücken (**SAS+B**):[264]

Im Falle der einfachen **SAS**-Verklebungen zeigt sich eine mittlere Fmax von 13,82 N mit einem VK von 12,2 %.[265] Bei zusätzlich vergleichender Betrachtung der mittels Lineco SAS-verklebten uniaxial geprüften Gewebestreifen gleicher Einspannlänge und Probenbreite wird so ein leichter Anstieg der mittleren Fmax (vgl. ca. 12,7 N) sowie eine auffallende Minimierung des VK deutlich (vgl. ca. 22,6 %).[266]

An den zusätzlich mit Fadenbrücken gesicherten SAS-verklebten Gewebekreuzproben **(SAS+B)** beträgt die durchschnittliche Fmax 31,36 N und zeigt sich damit als stark erhöht: Im Vergleich zu SAS ließ sich die mittlere Fmax somit um ca. 130 % erhöhen. Der VK von Fmax beträgt dabei nochmals reduzierte 7,9 % (vgl. ca. 12,2 %). An den SAS+B-verklebten Gewebestreifen zeigte sich zwar eine ähnliche mittlere Fmax (vgl. ca. 31,80 N), jedoch ein deutlich höherer VK (vgl. ca. 25,3 %):

Wie bereits bei der SAS-Verklebung liegt der VK der Fmax der biaxial geprüften Gewebekreuzproben mit Verklebung somit deutlich niedriger als an den verklebten und uniaxial geprüften Gewebestreifen. Der Festigkeitsanstieg bei Vergleich der SAS- und SAS+B-Technik war jedoch an den getesteten Gewebestreifen sogar noch etwas höher (vgl. ca. 150 mit 130 %).

Bei Betrachtung der S-D-Diagramme (vgl. Abb. 46 und 47) wird ein von den Nullproben stark abweichender Kurvenverlauf deutlich (vgl. Abb. 45): Der Verlauf ist von Beginn an weniger durchgebogen und steiler, bei verringerter Spannung und Dehnung. Wie bereits an den uniaxial geprüften Gewebestreifen zeigen die SAS+B-Verklebungen zudem etwas höhere Dehnungen:

---

[264] Auch hier wurden ergänzend zudem Gewebeproben einer Einspannlänge von 200 mm in SAS-Verklebung geprüft.

[265] Mit verlängerten Kreuzprobenschenkeln (LE: 200 mm) ließen sich als mittlere Fmax leicht erhöhte 16,87 N bei einem vergleichbaren VK von ca. 12,1 % verzeichnen; im Vergleich mit den längeren Nullproben zeigte sich somit ein gegenteiliger Effekt leicht erhöhter Werte von Fmax und VK bei erhöhter Schenkellänge; vgl. auch unter 9.4.1.

[266] Im Vergleich mit der an den Gewebestreifen zusätzlich betrachteten verdoppelten Breite von 24 verklebten Fäden entspricht sich der VK von Fmax weitestgehend (vgl. ca. 13 %).

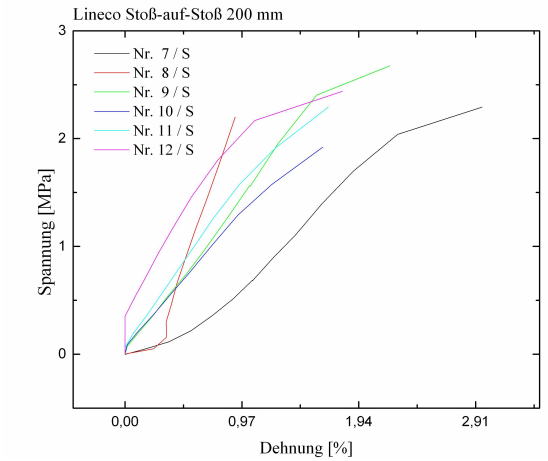


Abb. 46

Zu sehen ist das S-D-Diagramm der äquibiaxial geprüften, mittels Lineco SAS-verklebten Gewebekreuzproben:
Knicke im Kurvenverlauf markieren das Auftreten erster Faser- und Fadenrisse bereits vor Erreichen der Höchstzugkraft.

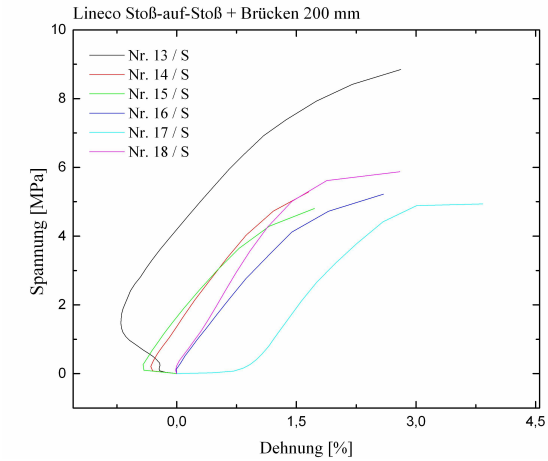


Abb. 47

Im Vergleich das S-D-Diagramm der SAS-verklebten Gewebekreuzproben mit Fadenbrücken (SAS+B):
Erkennbar sind negative Dehnungen als Stauchungen in Schussrichtung während der äquibiaxialen Zugprüfung, begründet durch den gleichzeitigen Zug in Kettrichtung.

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

Mittels Störleim-Weizenstärke wurden ebenfalls Gewebekreuzproben in **SAS**- und **SAS+B**-Technik angefertigt:

Die **SAS**-verklebten Proben erreichten eine mittlere Fmax von 14,76 N bei einem VK von sehr hohen ca. 46,2 %. Im Vergleich mit Lineco wird so eine etwas höhere Fmax bei jedoch extrem vergrößertem Streuungsbereich erzielt. Im Hinblick auf die Verklebungen an Gewebestreifen konnte an diesen eine ähnliche mittlere Fmax (vgl. ca. 15,2 N) bei jedoch deutlich niedrigerem VK (vgl. ca. 22,5 %) gemessen werden. Der Trend Linecos, von im direkten Vergleich zur uniaxialen Gewebestreifenprüfung auffallend reduzierten VK von Fmax im Rahmen der biaxialen Prüfung, wird in diesem Fall nicht bestätigt.

Mittels zusätzlich aufgebrachter Fadenbrücken (**SAS+B**) kann eine erhöhte durchschnittliche Fmax von 27,11 N mit einem reduzierten VK von ca. 22,5 % verzeichnet werden. Im direkten Vergleich zu den SAS-Klebungen ohne Fadenbrücken ergibt sich so eine Erhöhung der mittleren Fmax um ca. 85 %; der Festigkeitszuwachs fällt somit verhältnismäßig geringer aus als bei Lineco und erreicht auch insgesamt nicht ganz dessen mittlere Fmax (vgl. ca. 31,4 N).

An den vergleichend betrachteten SAS+B-verklebten Gewebestreifen zeigte sich mittels Fadenbrücken ein ähnlicher VK der mittleren Fmax (vgl. ca. 21,7 %), bei etwas größerer Erhöhung der Fmax im Vergleich zu den einfachen SAS-Verklebungen am Streifen (vgl. ca. 100 %). So konnte an den uniaxial geprüften Gewebestreifen eine insgesamt minimal höhere mittlere Fmax verzeichnet werden (vgl. ca. 30,4 N).

Die S-D-Diagramme (vgl. Ab. 48 und 49) verlaufen leicht unterschiedlich zu den Verklebungen mittels Lineco (vgl. Abb. 46 und 47): Die SAS-Verklebung zeigt hierbei als Kurve tendenziell einen den Nullproben ähnlicheren Verlauf (vgl. Abb. 45), wobei jedoch noch deutlich geringere Dehnungen als mit Lineco vorliegen. Wie bereits bei Lineco lassen sich auch bei Störleim-Weizenstärke (warmlöslich) mittels Fadenbrücken (SAS+B) erhöhte Spannungen und Dehnungen verzeichnen:

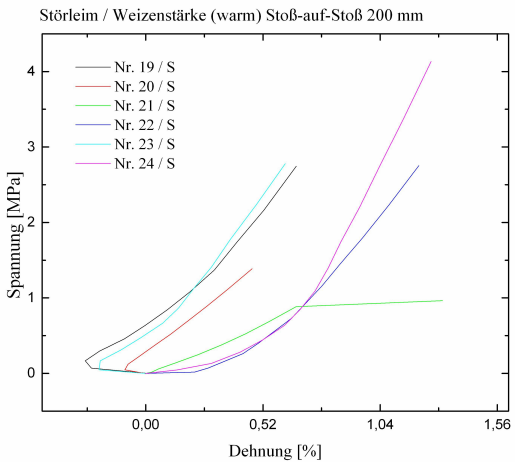


Abb. 48

Zu sehen ist das S-D-Diagramm der äquibiaxial geprüften, mittels SL+WS (warm) SAS-verklebten Gewebekreuzproben:
Es stellen sich deutlich geringere Dehnungen als an den Nullproben dar.

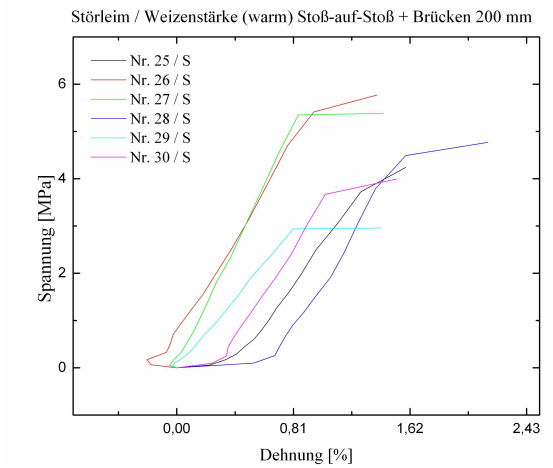


Abb. 49

Das S-D-Diagramm der SAS-verklebten Gewebekreuzproben mit Fadenbrücken (SAS+B):
Im Vergleich zur SAS-Verklebung zeigen sich erhöhte Spannungen und Dehnungen.

9.5 Gesamtauswertung

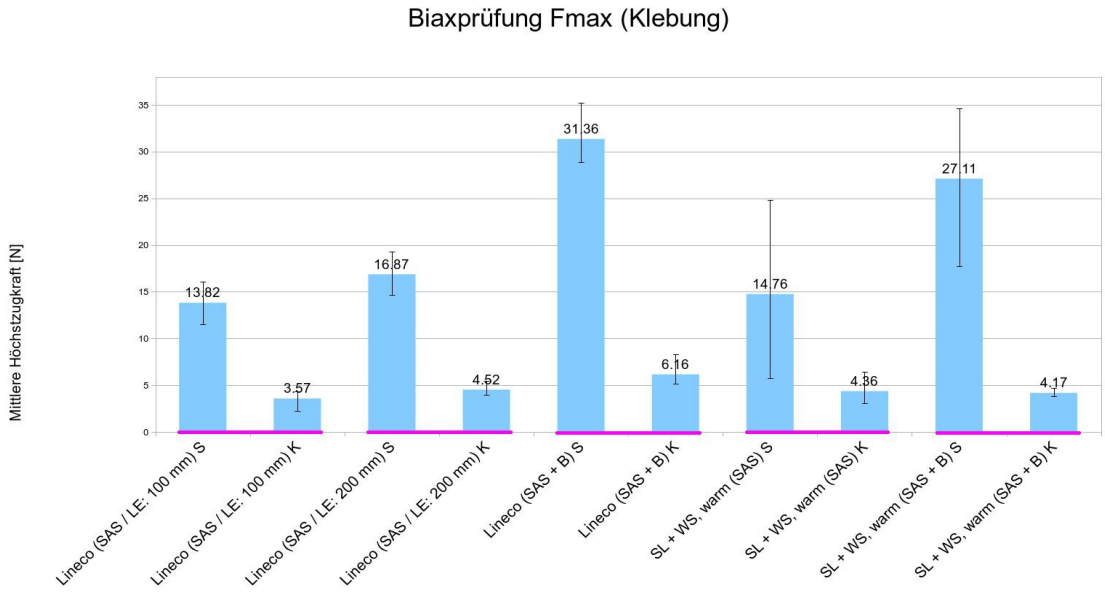


Abb. 50: Mittlere Fmax der unterschiedlichen Klebungen an biaxial geprüften Kreuzproben im Vergleich; zu sehen sind jeweils der verklebte Schuss (S) bei paralleler Kraft in Kettrichtung (K).

Auf Grund des vergleichsweise besonders **geringen Probenumfangs** (max. 6 auswertbare Proben / Gruppe) und der somit weniger verlässlichen Statistik sowie der lediglich zwei unterschiedlichen betrachteten Klebstoffe (in jeweils nur zwei Verklebungstechniken), sind verallgemeinernde Aussagen prinzipiell nicht sinnvoll. Daher muss nochmals betont werden, dass die daraus gezogenen Interpretationen nur als erste Tendenzen verstanden werden können.

Es ließen sich nur sehr **geringe Unterschiede** in den mittleren **Höchstzugkräften** (Fmax) sowie deren **Variationskoeffizient**en (VK) der **Nullproben** von uniaxial geprüften Gewebestreifen sowie äquibiaxial geprüften Gewebekreuzproben bei vergleichender Betrachtung feststellen:[267]

Tendenziell sind **Fmax** und zugehöriger **VK** der **Nullproben** in der Biaxprüfung **minimal reduziert**. So könnte man zunächst vermuten, dass im Falle der biaxialen Spannung keine entlastende Kraftumverteilung resultiert, sondern sich die Versteifung vielmehr leicht schwächend auf das Gefüge auswirkt; dies stünde jedoch im Widerspruch zu bisheriger Forschung.[268] Es ist jedoch auch eine mögliche Fehlinterpretation auf Grund des von der uniaxialen Prüfung abweichenden Messverfahrens oder von Messungenauigkeiten möglich; in diesem Fall könnten keine allgemein erhöhte Festigkeit bzw. gleichmäßiger verteilte Werte aus der zu erwartenden Versteifung des mittleren Probenbereichs der Nullproben abgeleitet werden. Unter Umständen könnte das bedeuten, dass im Rahmen der Betrachtung intakter Gewebe der uni- und biaxiale Versuchsaufbau hinsichtlich der zu erwartenden Höchstzugkräfte und deren Streuungen vielmehr vergleichbar wäre.

Auf Grund der deutlicher reduzierten mittleren Fmax und deren VK an den **uniaxial-/orthogonal fixiert** geprüften Nullproben im Vergleich zum uniaxialen und äquibiaxialen Aufbau wirkt zudem die Modifikation der uniaxialen Zugprüfung zur angestrebten verbesserten Beurteilung der Festigkeit von Verklebungen über fixierte Quereinspannungen nicht sinnvoll. Es scheint jedoch prinzipiell eine bessere Annäherung an den äquibiaxialen Spannungszustand möglich zu sein:

So liegt wie zu erwarten eine leichte Abnahme der Höchstzugkraftdehnungen vom Gewebestreifen (ca. 4,5 %), über die uniaxial/orthogonal fixierten (ca. 3,6 %) bis hin zu den biaxial geprüften (ca. 2,9 %) Gewebekreuzproben vor. Eine steigende Versteifung der Proben erscheint somit ablesbar.[269]

[267] Bezogen auf jeweils eine Einspannlänge von 100 mm (Gesamtlänge 200 mm), bei einer Probenbreite von 12 Fäden (≙ 12,5 mm).

[268] Vgl. u.a. YOUNG, HIBBERD 1999, S. 137 sowie KOENEN / SAXE 1991, CHEN / EGBERS 1995 und BUCKEMÜLLER 2005.

[269] Dabei ist zudem die abweichende Ermittlung der Dehnungswerte zu bedenken, vgl. auch 9.2.

Im Rahmen der Verklebungen zeigen sich abweichende und zudem unter den Klebstoffen gegenläufige Tendenzen:

Während sich im Falle von **Lineco** die erzielten **mittleren Fmax** leicht erhöht haben, zeigt sich bei **Störleim-Weizenstärke (warmlöslich)** tendenziell eine minimale Abnahme. Dies ließe zum einen den Schluss zu, dass sich im Rahmen des praxisnäheren biaxialen Aufbaus die tatsächlichen Verklebungseigenschaften besser darstellen lassen und somit Lineco möglicherweise als noch etwas besser, Störleim-Weizenstärke (warmlöslich) hingegen als etwas schlechter zu bewerten wäre. Zum anderen wäre denkbar, dass der gegenläufige Trend lediglich Messungenauigkeiten darstellt und es sich im Vergleich zur uniaxialen Gewebestreifenprüfung um prinzipiell unveränderte Werte handelt. Gegen Letzteres sprechen jedoch teils deutliche Unterschiede der VK von Fmax:

So ist im Falle von **Lineco** in beiden Techniken (SAS / SAS+B) eine deutliche Reduzierung des **VK** im Vergleich zur uniaxialen Streifenprüfung erkennbar, während bei **Störleim-Weizenstärke** (warmlöslich) vielmehr ein gleichbleibender (vgl. SAS+B) bis erhöhter (vgl. SAS) VK von Fmax aus den Prüfungsergebnissen hervorgeht. Es wäre zu vermuten, dass diese Tendenz ebenfalls als Ergebnis des zum Leinwandgemälde realitätsnäheren biaxialen Aufbaus zu bewerten ist und sich somit die mittels Lineco angefertigten Verklebungen im letztlich biaxial gespannten Gemälde noch etwas gleichmäßiger verhielten, gleichsam Störleim-Weizenstärke (warmlöslich) eher gegenteilig.

Auch findet sich eine deutliche **Erhöhung** der mittleren **Fmax** durch das Aufbringen von **Fadenbrücken** (SAS+B) im Vergleich zur einfachen Stoß-auf-Stoß-Verbindung (SAS) erneut bestätigt:

Mit um ca. 85-130 % Festigkeitserhöhung fällt diese jedoch im Vergleich zur uniaxialen Gewebestreifenprüfung etwas geringer aus. Dabei lässt sich festhalten, dass jedoch sowohl bei Lineco als auch Störleim-Weizenstärke (warmlöslich), genau gegenteilig zur uniaxialen Streifenzugprüfung, im biaxialen Zugversuch eine **Verringerung** der **VK** von **Fmax** an **SAS+B**-Verklebungen im Vergleich zu einfachen SAS-Verklebungen sichtbar ist:

Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die sowohl auf Kett-, als auch Schussfäden angebrachten Fadenbrücken im Falle einer biaxialen Spannungssituation (mit gleichzeitigem Querzug der Kettfäden) in der Lage sind, durch optimalere Kraftumleitung ein allgemein homogeneres Verhalten auszubilden. Damit würden die Fadenbrücken im uniaxialen Aufbau generell unterschätzt.

Beim direkten Klebstoffvergleich lassen sich wie bereits in den vorherigen Prüfungen deutlich **geringere VK** der **Fmax** geprüfter Verklebungen mittels **Lineco** im Vergleich zu **Störleim-Weizenstärke** (warmlöslich) erzielen. Dabei entsprachen sich die erzielten Fmax der zwei Klebstoffe weitestgehend.[270] Auf Grund erneut stabilerer Werte könnte Lineco je nach Objektanforderungen ggf. zu bevorzugen sein, da es weniger den natürlichen Schwankungen der Naturprodukte bzw. messbaren Inhomogenitäten der Mischung unterliegt. Bei direktem Vergleich der **VK** der **Nullproben** und **Klebungen** wird zudem erstmalig (mittels der EVA-Dispersion **Lineco**) eine deutliche **Annäherung** der Verklebungsqualität an die ursprünglichen Schwankungen des Leinengewebes deutlich (vgl. Abb. 51).

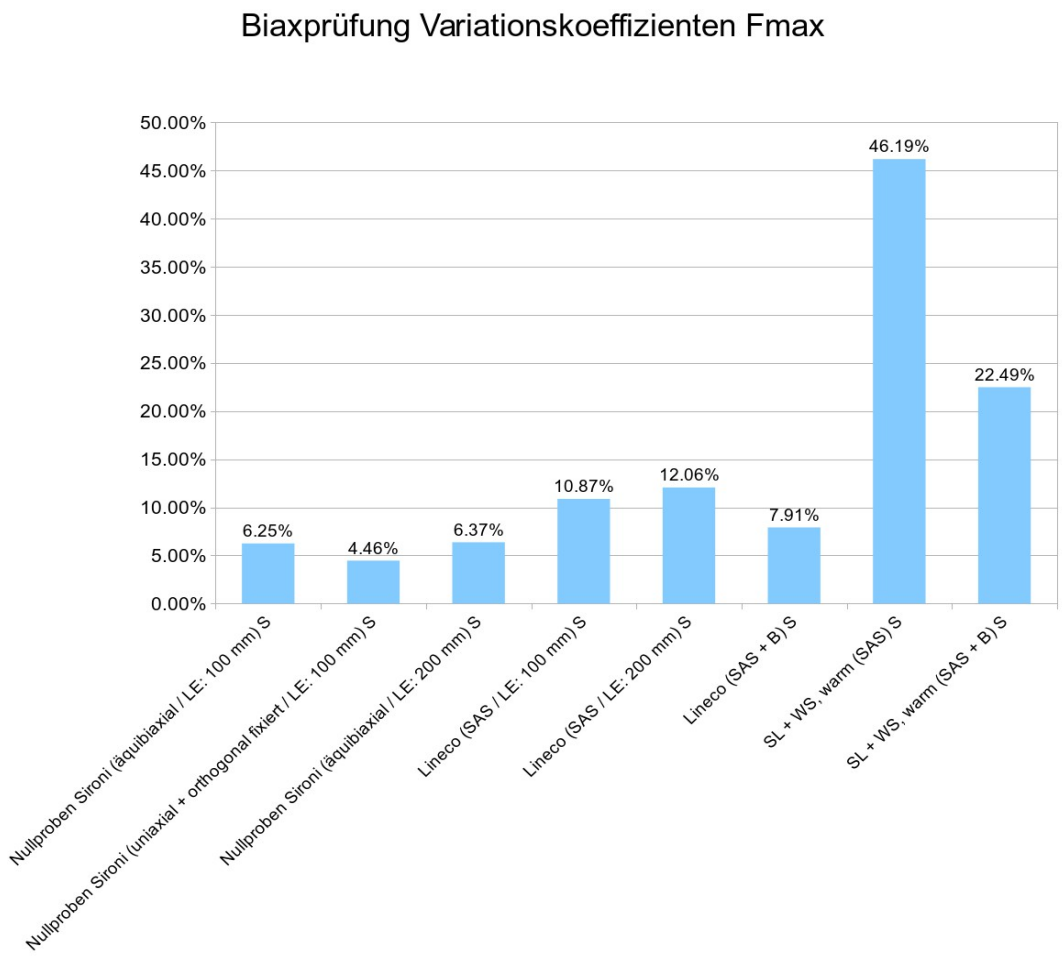


Abb. 51: Variationskoeffizienten der Fmax von Nullproben und Verklebungen an biaxial geprüften Gewebekreuzproben im Vergleich; zu sehen ist jeweils nur die Schussrichtung.

[270] Die „Testsieger“ liegen je nach Verklebungstechnik anders, wobei die Unterschiede in der Höchstzugkraft (Fmax) nicht besonders groß ausfallen. Auf Grund des geringen Stichprobenumfangs soll daher zunächst keine weiterreichende Interpretation erfolgen.

Exemplarische Betrachtungen an erhöhten Einspannlängen (200mm) durch verlängerte Kreuzprobenarme lassen vermuten, dass die Kreuzprobenlänge eher wenig Einfluss auf die Messergebnisse nimmt; grundsätzlich ist jedoch zu kürzeren Probenschenkeln zwecks höherer Messgenauigkeit bei Betrachtung der zur Auswertung relevanten Probenmittelflächen zu raten.[271]

Da die deutlich optimierten Werte Linecos[272] jedoch erst durch die veränderte biaxiale Prüfmethode deutlich wurden, bliebe zu prüfen, ob nicht auch weitere, in anderen uniaxialen Prüfungen deutlich schlechter abschneidende Klebstoffmaterialien solches Potenzial besitzen. So ließe sich im Vergleich zudem die Abhängigkeit des Lineco-Ergebnisses vom biaxialen Aufbau überprüfen.

[271] Freundliche schriftliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Henning Seibert / LTM Uni Saarland (Mail vom 2.05.2013).

[272] Optimierung in Form: 1. Eines Angleichens der mittleren Fmax an einen in bisherigen Tests deutlich besser abschneidenden Klebstoff (SL+WS), 2. im Vergleich zu bisherigen Tests deutlich verringerten VK von Fmax, 3. einer so starken Annäherung an den VK der Fmax des intakten Ausgangsmaterials bei der Verklebung.

10. Multiaxiale Berstdruckprüfungen an Gewebeflächen

Als letzte Prüfung soll zusätzlich die Berstdruckprüfung verklebter Gewebe betrachtet werden:

Bereits im Zuge der Recherche zu biaxialen Testmöglichkeiten von Geweben wurde von verschiedenen befragten Textilingenieuren und anderen Fachleuten kontaktierter Institute wiederholt die weitaus üblichere Berstdruckprüfung als Alternative vorgeschlagen. Anders als bei den zuvor erläuterten Prüfungen wird die kreisrund eingespannte Probe dabei nicht in einer Ebene auf Zug belastet, sondern im Wölbversuch über eine sich gleichmäßig aufbauende Halbkugelform aus der Fläche heraus gedrückt.[273] Es handelt sich somit vielmehr um einen tri- oder weitergreifend multiaxialen Versuchsaufbau.

Obwohl auf diese Weise vielmehr ein erneuter Schadensfall am Gemälde imitiert wird als eine übliche Zugbelastung der Klebestelle in der ebenen Aufspannung, wurde sich letztlich für eine exemplarische Durchführung entschieden. Hintergrund ist, dass die Berstdruckprüfung als einziges Verfahren eine sinnvolle Prüfung von verklebten Rissen / Schnitten inmitten gesamt betrachteter Gewebeflächen erlaubt. Im Falle sämtlicher Zugversuche muss dringend vom gleichzeitigen Prüfen intakter und verklebter Fäden abgeraten werden, da sich so die große Problematik einer Parameter-Überlagerung ergibt, die eine sinnvolle Evaluierung der durchgeführten Verklebung kaum bis nicht mehr ermöglicht.[274, 275]

Des weiteren gilt: Je kleiner die Verklebung im Verhältnis zu der sie kreisrund umgebenden, gleichmäßig mittig von allen Seiten aufzuwölbenden Fläche, desto geringer wirkt sich ein Biegemoment auf die einzelnen Verklebungsstellen aus. Im theoretischen Idealfall erzielt man so am Scheitel der Wölbung eine der biaxialen Zugprüfung nahezu vergleichbare Testsituation durch die exakt auf den oberen Pol begrenzte, in einer Fläche liegende äquibiaxiale Klebe-Belastung.[276, 277]

---

[273] Es existieren zwei genormte Testverfahren: Im hydraulischen Aufbau wird eine Membran mittels einer Flüssigkeit aufgewölbt, im pneumatischen Verfahren wird mit Luftdruck verfahren; vgl. DIN EN ISO 13938-1/2.

[274] Aus eben diesem Grunde wurden sämtliche Probekörper der bisher erläuterten uni- und biaxialen Zugversuche auf voller Breite zertrennt und verklebt, um so letztlich entweder ausschließlich intakte Fäden (Nullproben) oder ausschließlich Reparaturstellen auf Zug zu belasten und auszuwerten. So setzte bspw. REUBER mittig Schnitte in Gewebestreifen und beschreibt in ihrer Arbeit die erschwerte Auswertung der unzulänglichen Daten (vgl. REUBER 2010, S. 88-92).

[275] Freundliche mündliche Mitteilungen von Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße / CICS FH Köln (Telefonat vom 17.12.2012).

[276] Freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Stefan Diebels / LTM Uni Saarland (Gespräch am 19.03.2013). Für nähere Hintergründe vgl. auch ANDLER 2010, S. 26-32.

[277] Ausgehend von dieser theoretischen Grundlage wurde sich dazu entschieden, den Berstdruckversuch als multi- statt triaxialen Aufbau abzugrenzen. Streng genommen lässt sich jedoch bereits ein zweiachsiger Aufbau, wie der Biaxversuch, als multiaxial bezeichnen.

Daher wurden im Rahmen dieser Arbeit dank freundlicher Kooperation mit dem Sächsischen Textilforschungsinstitut (STFI) in Chemnitz einige exemplarische Berstdruckversuche durchgeführt, um so entsprechende Vergleichswerte einer mittels Berstdruckprüfung betrachteten Rissverklebung zu erhalten.



Abb. 52

Die Abbildung zeigt das am STFI in Chemnitz genutzte Berstdruckgerät „TruBurst“ (Model 610) der Fa. James Heal:
Zu sehen ist der Aufbau mit Schutzvorrichtung, hinter der sich die Prüfglocke mit innerem Stempel zur Wölbhöhenerfassung erkennen lassen. Das sich unter der Prüfglocke befindliche Kreisfeld zeigt die blaue Membran, welche bei der Prüfung pneumatisch mit dem darüberliegendem Prüfgut in die Prüfglocke gewölbt wird.

10.1 Probekörpervorbereitung

Es folgt die knappe Zusammenfassung der Probekörpervorbereitung:

Nähere Details zu Testgewebe, Probekörpervorbereitung und -verklebung finden sich ergänzend unter A.4.2, A.6.5 sowie A.7.1 und A.7.2.

10.1.1 Testgewebe

Wie bereits zur Herstellung der Gewebestreifen und Gewebekreuzproben wurde erneut das Leinengewebe „Pattina L 13 (puro lino)“ der Fa. Tessitura Enrico Sironi zur Vorbereitung der Berstdruckprobekörper genutzt.

10.1.2 Probekörperanfertigung und -verklebung

Zur Probekörperherstellung wurden jeweils längsrechteckige Gewebestücke von 240 mm (Kettrichtung) x 500 mm (Schussrichtung) fadengerade in mindestens 200 mm Abstand zur Webkante aus dem Gewebe geschnitten. Je so erzieltem Probekörper wurden mittig zwei kreisrunde Prüfflächen von 50 cm² angetragen, um jeweils eine intakte und verklebte Fläche gleichen Schussmaterials gegenüberstellen zu können.[278]

Zur Verklebung wurden die Berstdruckproben ebenfalls auf einer Schneidematte über doppelseitiges Klebeband fixiert. Anschließend wurde mittels Skalpell genau mittig innerhalb der angetragenen Prüfflache der Schuss auf einer Breite von 12 Faden glatt zertrennt. Es erfolgten nun Verklebungen in Stoß-auf-Stoß-Technik (**SAS**), mit und ohne zusätzlichen Fadenbrücken (**SAS+ B**) mit wie bisher je 0,6 µl Klebstoffmenge / Faden.[279] Die Betrachtung wurde erneut auf Verklebungen mit den Klebstoffen **Lineco** und **Störleim-Weizenstärke (warmlöslich)** begrenzt. Es wurden so jeweils 10 Berstdruckprobekörper je Klebstoff und Verklebungstechnik vorbereitet und mit vier Wochen Vorlauf zur Prüfung eingelagert.[280]

10.2 Aufbau und Durchführung

Im Rahmen der Prüfungsdurchführung am STFI in Chemnitz konnte das dortige Normklima für Textilprüfungen von 20 °C und 65 % r.F. gemäß DIN EN ISO 139 genutzt werden.[281] Für eine rechtzeitige Konditionierung der Probekörper wurden diese bereits mehrere Tage vor Prüfung im Prüfraum eingelagert.

Zur Berstdruckprüfung wurde ein „TruBurst“-Gerät der Fa. James Heal genutzt, dabei wurde sich an DIN 13938-2 zur pneumatischen Berstdruckprüfung an textilen Flächengebilden orientiert. Bei der Prüfung wurden die Gewebekreuzproben mit der obenliegenden Bearbeitungsseite

---

[278] Letztlich konnte jedoch leider nur ein Bruchteil der vorbereiteten Nullproben geprüft werden, da es mehrfach zum Reißen der Membran durch einschneidende Fäden kam; vgl. auch 10.3.1, A.1.5 und A.14.3.

[279] Zum Aufbau siehe auch unter A.6.5 sowie zur Verklebung, unter A.7.1 / Tabelle I + II. Auf Grund der Probekörpergeometrie konnten auch zunächst keine Überlappungen erfolgen.

[280] Entsprechend der so insgesamt 40 vorbereitend verklebten Probekörper ergab sich die gleiche Anzahl vorbereiteter Nullproben. Eine Übersicht aller zur Berstdruckprüfung hergestellten Probekörper findet sich unter A.6.5 / Tabelle II. Die davon geprüften und ausgewerteten Probekörper sind unter A.12.1 nachvollziehbar.

[281] Gemäß Norm 20 ± 2 °C und 65 ± 4 % r.F.; zum Prüfklima siehe auch unter unter A.16.

der Klebestelle[282] anhand der zuvor genau angetragenen Kreismarkierung auf der Membran unter der Prüfglocke positioniert, der Stempel zur Wölbhöhenerfassung aufgesetzt, die Prüfglocke gesenkt und anschließend bei Sichtschutz die Prüfung gemäß in Vorversuchen vorbereitend ermittelter Parameter mit einer Druckrate von 21 kPa/s gestartet.[283] Dabei wurde die unterliegende Membran mittels Druckluft aufgeblasen, um so das darüberliegende Gewebe mitsamt Messstempel hochzuwölben.

Der Prüfungsabbruch musste jeweils individuell manuell ausgelöst erfolgen; insgesamt wurden so zwei unterschiedliche Prüfhergänge verfolgt:

1. Ein Prüfen bis zum vollständigen Bersten bei max. Berstdruck sowie
2. ein unmittelbarer Prüfungsstop „bis zum ersten wahrnehmbaren Knacken“ bei ersten Faser- und Fadenrissen.

Das erforderliche manuelle Auslösen des Prüfungsstop konnte jedoch nicht immer rechtzeitig erfolgen, sodass weitaus weniger Datensätze zur Prüfung „bis zum ersten Knacken“ vorliegen.[284] Das Gerät zeichnete dabei parallel den gemessenen Berstdruck [kPa] sowie die Wölbhöhe [mm] und Prüfdauer [sec] bei Prüfungsabbruch auf.[285] Es ergeben sich somit abweichende Datensätze, die nicht direkt mit den bisherigen Versuchen vergleichbar sind.[286, 287]

Eine kontinuierliche Messdatenerfassung, wie bei den bisherigen Versuchen, war leider nicht möglich, sodass zu dieser Prüfung keine vergleichbaren, den Prüfungsverlauf visualisierenden Diagramme erstellt werden konnten.

---

[282] Somit entsprechend auch ggf. oben aufsitzenden Fadenbrücken bei SAS+B-Technik.

[283] Zu den Vorversuchen sowie Geräteparametern siehe auch unter A.12.1 / Tabellen I sowie unter A.14.3. Nähere Details finden sich zudem in der zugehörigen DIN 13938-2.

[284] Prinzipiell ist es auch möglich, am Gerät eine Brucherkennung im Sinne einer Bruchabschaltschwelle einzurichten. Erfahrungsgemäß kommt es so jedoch vermehrt zu Fehlmessungen durch fälschlicherweise ausgelöste Brucherkennungen, insbesondere im Zuge des ruckartigen Aufblasens der Membran. Aus diesem Grund wurde von einer solchen Einstellung Abstand genommen (freundliche mündliche Mitteilungen von Frau Dipl.-Ing. Bettina Bieber und Frau Beyer / STFI Chemnitz, Gespräch zum Prüftermin am 14.05.2013).

[285] Aus diesen Werten lassen sich gemäß Norm weitere Größen ermitteln, dies soll jedoch zunächst nicht im Rahmen dieser Arbeit behandelt werden. Für nähere Informationen siehe auch unter DIN 53861-3.

[286] Zum Vergleich: Bei den bisherigen uni- und biaxialen Versuchen wurden u.a. Höchstzugkraft [N], Zugfestigkeit [Rm], Höchstzugkraftdehnung [%] sowie Kraft bei 2 % Dehnung [N] und E-Modul [MPa] als durchlaufende Werte erfasst.

[287] Denkbar wäre, über das Umrechnen des Berstdrucks in MPa eine Bezugsgröße zu den bisherigen Zugfestigkeiten der uni- und biaxialen Zugversuche an Einzelfäden und Gewebeflächen herzustellen. Dies bliebe zu überprüfen. Vorbereitend wurden zu allen bisherigen Prüfungen gegenüberstellende Grafiken der Zugfestigkeiten angelegt, die dies ermöglichen (vgl. jeweils unter A.9.2, A.10.2 und A.11.2).

10.3 Allgemeines Probenverhalten bei Prüfung

Zum besseren Verständnis der Prüfung und Prüfungsführung erfolgt auch hier zunächst die kurze Darstellung des Probenverhaltens im Prüfungsverlauf:

10.3.1 Nullproben

Vollständiges Bersten

Durch die eingeleitete Druckluft werden Membran und der darüberliegende Gewebeprobekörper im Rahmen des vollständigen Berstversuchs innerhalb weniger Sekunden soweit aufgewölbt und gedehnt, bis die Membran abrupt geradezu durch das nachgebende Gewebe „durchschlägt“:

So reißt die Probefläche idealerweise mittig auf. Der Bruch bzw. Riss verläuft dabei immer ausgehend vom zunächst (mehr oder weniger zentral im Scheitelpunkt) fadenparallel zur Kette reißenden Schuss. Durch das fortgesetzte Aufwölben innerhalb von Sekundenbruchteilen nach Bruch erster Schussfäden, reißen ebenfalls Kettfäden unmittelbar nebenliegend des Rissbereichs orthogonal zur Schussrichtung (im Probenscheitel), sodass die Membran durchdringt.[288] Die zerborstenen Flächen zeigen anschließend stark überdehnte Fäden sowie aus der Überdehnung resultierend aufgewölbte Flächen im Sinne eines „Gewebeüberschusses“ um den Rissbereich.[289]

Prüfung bis zum ersten Knacken

Bei der alternativen Prüfungsführung „bis zum ersten Knacken“ wurde noch vor Erreichen des maximalen Berstdrucks beim Reißen erster Fasern und Fäden und dabei hörbarem Knacken ein Prüfungsabbruch vorgenommen. Die Proben zeigen sich anschließend als deutlich geringfügiger verwölbt, annähernd flach bis eben und weisen bei makroskopischer Betrachtung sonst kaum

[288] Durch einzelne stark zugfeste und im Zuge des Aufwölbens gespannte Kettfäden, kam es wiederholt zum Reißen der Membran durch deren Einschneiden. Dies spricht für die außergewöhnlich hohe Qualität der vermutlich nass gesponnenen, aus auffallend langen Einzelfasern gesponnenen Leinenfäden des Testgewebes (freundliche mündliche Mitteilungen von Frau Dipl.-Ing. Bettina Bieber / STFI Chemnitz, Gespräch am 14.05.2013). Aus diesem Grund konnte jedoch leider auch nicht die Gesamtanzahl der vorbereiteten Nullproben geprüft werden.

[289] In geringem Umfang wurde innerhalb einiger Stunden bzw. Tage ein Rückgang der Verformung im Rahmen der minimalen elastischen Verformungsanteile beobachtet. Die Proben stellen sich jedoch prinzipiell als im Vergleich zu sämtlichen anderen im Rahmen der Arbeit betrachteten Prüfkörpern extrem plastisch verformt und irreversibel überdehnt dar. Zu den geprüften Probekörpern siehe auch unter A.2.1 (ab Abb. 18) sowie unter A.12.1.

erkennbare Schäden auf:[290]

Bei Betrachtung unter dem Mikroskop lassen sich jedoch gut einzelne Faser- und Fadenrisse im Schusssystem nachvollziehen.[291]

10.3.2 Verklebungen

Vollständiges Bersten

An den verklebten Probekörpern zeigte sich hierbei prinzipiell ein den Nullproben ähnliches Verhalten:

Durch die sich aufwölbende Membran öffnet sich zunächst die Verklebung des darüberliegenden Probekörpers, dann setzt sich der Riss sofort auf die nebenliegenden intakten Schussfäden fort. Unmittelbar anschließend sowie teils parallel reißen zudem orthogonal verlaufende Kettfäden, sodass die Probe letztlich ein ähnliches Erscheinungsbild wie im Nullprobenversuch aufweist. Bei der SAS+B-Technik zusätzlich aufgebrachte Fadenbrücken werden teils einseitig abgelöst oder sogar vollständig abgesprengt.

Tatsächlich lässt sich so im Prinzip kaum das Verklebungsverhalten evaluieren, da deren Verhalten durch den nachfolgenden Prüfungsverlauf stark überlagert werden müsste.[292]

Prüfung bis zum ersten Knacken

Bei der verkürzten Prüfungsführung öffnet sich zunächst sichtbar die Verklebung, teils setzt sich der Riss bereits auf einzelne der nebenliegenden intakten Schussfäden fort. Die Proben zeigen sich anschließend ähnlich schwach verformt wie die verkürzt geprüften Nullproben, es lassen sich jedoch im Prinzip keine zusätzlichen Faser- und Fadenrisse inmitten der weiter vom Riss entfernt liegenden Prüffläche bei mikroskopischer Betrachtung entdecken. Teils zusätzlich aufgebrachte Fadenbrücken zeigen sich als deutlich schwächer abgelöst bis scheinbar fast noch vollständig anhaftend.

Eine Beurteilung der Verklebung anhand der abgewandelten Prüfungsform erscheint so zunächst deutlich besser möglich.[293]

---

[290] Der Anteil der elastischen Verformung dieser Probekörper ist weitaus höher, sodass diese sich innerhalb weniger Stunden bis Tage erkennbarer in die Ebene „zurückzuziehen“ vermögen.

[291] Vgl. auch unter A.2.1 (Abb. 26, 27) sowie weiterführend A.12.1.

[292] Vgl. auch unter A.2.1 (Abb. 43) und A.2.19 (ab Abb.33) und für weiterführende Details A.12.1.

[293] Vgl. auch unter A.2.1 (Abb. 43) und A.2.19 (ab Abb.33) und für weiterführende Details A.12.1.

10.4 Einzelauswertungen

Zur anschließenden Detailauswertung werden die Ergebnisse der multiaxialen Berstdruckprüfung, sortiert nach Nullproben und Verklebungen je Klebstoff, dargestellt:

Hierzu wird zunächst nur der gemessene Berstdruck[294] als Äquivalent zur bisher betrachteten Höchstzugkraft der Proben ausgewertet. Zum Vergleich der Ergebnisse und Messreihen erfolgt wie bisher die Betrachtung der arithmetischen Mittelwerte und Variationskoeffizienten aus der angelegten deskriptiven Statistik.[295] Detailliertere Information zu den geprüften Berstdruckproben sowie sämtliche weitere gemessene Daten und ergänzende Werte zur deskriptiven Statistik sind auf Wunsch unter Punkt A.12.1 einsehbar. Ergänzende Diagramme finden sich zudem unter Punkt A.12.2.[296]

Auf Grund des durch die erschwerte Prüfungsdurchführung stark begrenzten Stichprobenumfangs (min. 2 - max. 8 Proben / Gruppe), können die nachfolgenden Auswertungen in besonderem Maße nur als Tendenzen verstanden werden. Für gesicherte Aussagen wären daher weitere Versuche notwendig.

10.4.1 Nullproben / Testgewebe Sironi

An den betrachteten Nullproben ließ sich im **vollständigen Berstversuch** ein mittlerer Berstdruck von 423,9 kPa verzeichnen. Der zugehörige Variationskoeffizient (VK) beträgt verhältnismäßig geringe ca. 11 % bei einem Probenumfang von 7 geprüften Gewebeflächen.[297] Wie zu erwarten, ist der mittlere Berstdruck mit einem Wert von 248,4 kPa bei der Prüfung **bis zum ersten Knacken** deutlich niedriger:

[294] Es soll auf Anraten von Frau Dipl.-Ing. Bettina Bieber vereinfachend jeweils der unkorrigierte Messwert (eigentlich „Berstmessdruck“) betrachtet werden; siehe hierzu auch unter A.14.3.

[295] Auf Grund des begrenzten Umfangs der Arbeit können wie bisher leider nicht sämtliche erhobene Daten in der Auswertung berücksichtigt werden. Die entsprechenden Datensätze sind jedoch in der Abgabe enthalten, sodass jederzeit eine Nachbearbeitung möglich ist.

[296] Sofern nicht anders gekennzeichnet, sind sämtliche folgende Auswertungen unter A.12.1 und A.12.2 nachvollziehbar, weshalb auf sich wiederholende Fußnoten verzichtet werden soll.

[297] Ergänzend werden an dieser Stelle auch die im Rahmen der Vorversuche betrachteten Nullproben erwähnt: Da bei diesen mit einem Korrekturfaktor gearbeitet wurde, lässt sich der tatsächliche Messwert des mittleren Berstdrucks nicht direkt vergleichen, liegt jedoch mit 413 kPa in einem ähnlichen Bereich (unkorrigierter Wert ca. 429 kPa). Auch der Variationskoeffizient ist mit ca. 13,6 % vergleichbar.

Die intakte Gewebefläche vermag es also näherungsweise lediglich ca. 240 kPa standzuhalten, bevor es bereits zu hörbaren Schäden im Versuch kommt.[298] Damit ergibt sich ein sehr deutlicher Unterschied von ca. 40 % Druckabfall in den Ergebnissen der zwei Prüfungsführungen. Da bei letzterer Prüfungsform jedoch lediglich 2 Proben ausgewertet werden konnten, kann es sich bei den Werten nur um erste Tendenzen handeln.[299]

10.4.2 Verklebungen

Lineco

Bei der Prüfung bis zum **vollständigen Bersten** erreichten die mit **SAS**-Verklebung behandelten Gewebeproben ca. 217,95 kPa mit einem VK von ca. 7,8 % (Probenumfang: 8). Es wird somit keiner der beiden Nullprobenwerte erreicht; der Wert liegt jedoch in direkter Relation zu den Ursprungswerten der intakten Fläche beim Vergleich mit den bisherigen uni- und biaxialen Prüfungen recht hoch:

So werden ca. 50 % mittleren Berstdrucks bei der vollständigen Berstprüfung bzw. 90 % des Werts der Prüfung **bis zum ersten Knacken** erreicht. Der VK erscheint sogar als noch etwas geringer im Vergleich zu den Nullproben.

Bei der Prüfung der **SAS**-Verklebungen bis zum ersten Knacken konnte anhand zweier Stichproben als Tendenz ein mittlerer Berstdruck von ca. 176,6 kPa verzeichnet werden.[300] Gemessen am Wert der entsprechend gemessenen Nullprobe erscheint das Ergebnis der **SAS**-Verklebung mit einem mittleren Berstdruck von 70 % des Referenzwertes der gleich geprüften Nullprobe noch immer sehr gut.[301]

Bei der **vollständigen Berstprüfung** der SAS-Verklebung mit zusätzlichen Fadenbrücken (**SAS+B**) ließ sich ein mittlerer Berstdruck von etwas erhöhten 230,2 kPa bei einem niedrigen VK

[298] Es muss jedoch betont werden, dass der tatsächliche Wert noch etwas niedriger ist: Ein hörbarer Schaden umfasst bei weitem noch keine ersten Faserrisse und Überdehnungen. Hinzu kommt ein leicht verfälschter Wert im Rahmen der erforderlichen Reaktionszeit. Ähnliches gilt jedoch auch für die bisherigen uni- und biaxialen Zugversuche: Obwohl die Messvorrichtungen sicherlich genauer arbeiten als ein akustisches Signal mit zeitverzögerter Reaktion es vermag, ein Kraftabfall durch gerissene Fäden beleuchtet keine vorherigen Schäden in der Gewebestruktur. Diesem Umstand kann im Rahmen dieser Arbeit auf Grund des zentralen Gegenstands der Klebstoffevaluierung jedoch keine nähere Ausführung zuteilwerden.

[299] Die Ermittlung eines Variationskoeffizienten (VK) sowie weiterer Werte der deskriptiven Statistik sind in Anbetracht des Stichprobenumfangs wenig aussagekräftig; der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle trotzdessen der zugehörige VK von 3,7 % festgehalten werden.

[300] Prinzipiell zugehöriger Variationskoeffizient: ca. 6,2 %.

[301] Zu den mittels Lineco durchgeführten SAS+B-Verklebungen existieren leider keine Messdaten einer Prüfung bis zum ersten Knacken.

von ca. 5,8 % messen (Probenumfang: 10). Zwar liegt der erzielte mittlere Berstdruck damit leicht erhöht bei ca. 55 % der vergleichbar geprüften Nullproben, der Stabilitätszuwachs (5 %) durch die Fadenbrücken fällt jedoch im Vergleich zu den bisherigen uni- und biaxialen Prüfungen relativ gering aus.[302]

Störleim-Weizenstärkekleister (warmlöslich)

Mittels Störleim-Weizenstärke konnte in der Prüfung der **SAS**-Verklebungen bis zum **vollständigen Bersten** ein mittlerer Berstdruck von 218,46 kPa mit einem zugehörigen niedrigen VK von ca. 5 % erreicht werden (Probenumfang: 8). Der Wert entspricht somit nahezu unmittelbar dem mit Lineco erzielten Ergebnis (ca. 218 kPa / ca. 7,8 %).[303]

Bei der Prüfung **bis zum ersten Knacken** hingegen wurde ein durchschnittlicher Berstdruck von deutlich reduzierten 145,75 kPa ermittelt (Probenumfang: 2).[304] Die ermittelten Werte gingen jedoch stark auseinander, sodass ohne Drittwert nur schwer eine Tendenz genannt werden kann:

Ausgehend vom maximalen Messwert (ca. 168 kPa) scheinen die Berstdruckwerte hier jedoch geringer auszufallen als mittels Lineco. Gleichzeitig scheint der VK jedoch zu steigen.

Bei der Betrachtung der **SAS+B**-Verklebungen im Rahmen der **vollständigen Berstprüfung** ergab sich ein mittlerer Berstdruck von 226,91 kPa bei einem ebenfalls geringen VK von ca. 9,8 % (Probenumfang: 7). Wie bereits bei Lineco erscheint auch hier der mittlere Berstdruck nur minimal erhöht.

Bei ergänzender Betrachtung der Prüfung **bis zum ersten Knacken** zeigte sich sogar tendenziell eine verringerte Festigkeit in Form eines im Vergleich mit der entsprechenden SAS-Verklebung reduzierten mittleren Berstdrucks von 133,7 kPa (Probenumfang: 2).[305] Betrachtet man auf Grund des geringen Stichprobenumfangs erneut den Maximalwert (ca. 146 kPa), scheint sich die Beobachtung sich kaum auswirkender Fadenbrücken zu bestätigen.

[302] An den Gewebestreifen zeigte sich eine Erhöhung der Fmax um ca. 150 %, an den Kreuzproben um ca. 130 %. Hierbei bliebe jedoch noch genauer zu klären, ob sich Höchstzugkraft und Berstdruck so einfach in Relation stellen lassen bzw. wie diese sich gegenseitig bedingen.

[303] Auf Grund des geringen Stichprobenumfangs kann der geringfügigen Abnahme des VK im Vergleich zu Lineco keine größere Bedeutung beigemessen werden.

[304] Prinzipiell zugehöriger Variationskoeffizient: ca. 21,8 %.

[305] Prinzipiell zugehöriger Variationskoeffizient: ca. 12,9 %.

10.5 Gesamtauswertung

Im Falle des am STFI in Chemnitz verfügbaren Geräts stellte sich die nicht mögliche Standardisierung der Prüfungsführung, bspw. im Rahmen einer sinnvoll einrichtbaren Kraftabschaltschwelle zur gleichbleibend definierten, automatischen Brucherkennung, bei zudem fehlender kontinuierlicher Messdatenerfassung und Prüfungsaufzeichnung, als nachteilig dar. Grundsätzlich muss bei der Betrachtung von Gewebe- und Klebungsfestigkeiten im konservatorisch-restauratorischen Kontext daher zur alternativen, von der entsprechenden Norm abweichend verkürzten Berstdruckprüfung „bis zum ersten Knacken“ geraten werden, da nur der letzte Messwert aufgezeichnet wird.

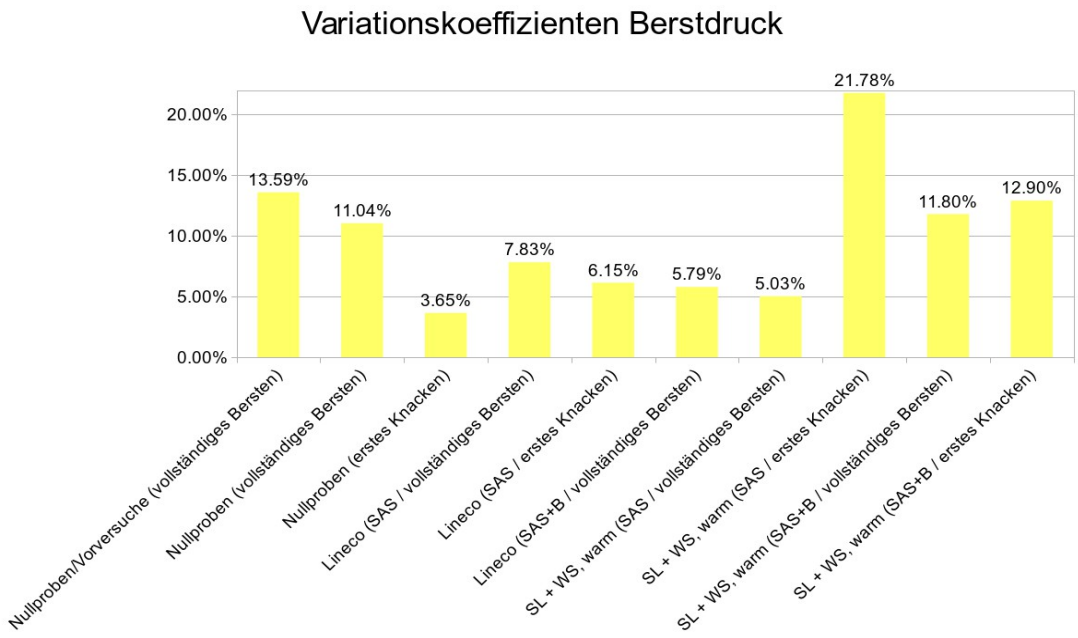


Abb. 53: Variationskoeffizienten des mittleren Berstdrucks an intakten und verklebten Geweben.

Zwar liegt auch hier der gemessene mittlere Berstdruck der Nullproben allgemein höher als der verklebter Probekörper, jedoch liegen sich die Werte bei Vergleich der Relation der Festigkeiten der anderen Prüfungen am nächsten. Die erzielten Messergebnisse zeugen zudem insgesamt von vergleichsweise niedrigen Variationskoeffizienten (**VK**) um ca. **4-22 %** (vgl. Abb. 53):

Während sich so im Falle der Verklebungen (sowohl bei der Prüfung „bis zum ersten Knacken“ sowie vollständigen Berstversuch) allgemein die niedrigsten gemessenen VK aller betrachteten Prüfverfahren ergeben, zeigen sich an den Nullproben im Vergleich zu den uni- und biaxialen Zugversuchen an Gewebestreifen und Kreuzproben erhöhte VK. Hierbei bliebe zu klären, inwiefern sich die **VK** von **Höchstzugkraft** (Fmax) und **Berstdruck** jedoch so einfach in Bezug zueinander stellen lassen.

Innerhalb der Berstdruckprüfung erzielen somit die **Verklebungen niedrigere VK** des **mittleren Berstdrucks** als die **Nullproben**. Das Ergebnis scheint daher stark abhängig vom Prüfverfahren:

Eine tatsächliche Homogenisierung des zugrundeliegenden Leinengewebes durch eingebrachte Verklebungen erscheint prinzipiell unlogisch. Auf Grund so möglicherweise in der Berstdruckprüfung im Vergleich zu den unterschiedlich festen Fäden der Nullproben einheitlicher nachgebender Verklebungen, könnte es sich jedoch prüfbedingt so darstellen.

Bei Vergleich der zwei Klebstoffe **Lineco** und **Störleim-Weizenstärke** (warmlöslich) erzielt Lineco in beiden Verklebungstechniken (SAS / SAS+B) etwas höhere Berstdruckwerte bei zumeist deutlich **geringeren Streuungen**. Bisherige Tendenzen einer grundsätzlich eher gleichwertigen Festigkeit der Verklebung bei höherer Qualität durch minimierte Streuungen mittels Lineco scheinen sich damit erneut zu bestätigen.

Als besonders auffällig stellt sich zudem der in der Berstdruckprüfung **kaum** feststellbare **Effekt** der **Fadenbrücken** im Unterschied zu den bisherigen uni- und biaxialen Zugversuchen dar:

Eine mögliche Erklärung für den kaum messbaren Effekt der Fadenbrücken in der Berstdruckprüfung könnte sein, dass die Fadenbrücken beim Wölbversuch quasi seitlich wegrutschen und/ oder sich durch den Biegemoment auf Grund ihrer im Verhältnis zur Klebestelle deutlich erhöhten Länge[306] frühzeitiger ablösen, die Kraft sich somit nicht mehr von einem Ende der Brücke zum anderen überträgt und diese somit keinerlei verfestigenden Effekt mehr ausüben können.[307]

Das erscheint logisch, wenn man sich vor Augen führt, dass die ursprüngliche Idee hinter den **Fadenbrücken** eine zusätzliche **Kraftübertragung** zwischen den mittels Klebestelle verbundenen Fadenenden im Rahmen einer senkrecht zur Klebeflächenverbindung wirkenden Zug-

[306] 20 mm Länge der Fadenbrücken im Verhältnis zu theoretisch max. 1mm Überlappung bei nicht betrachteter Ü- sowie Ü+V-Verbindung.

[307] Freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Tobias Scheffer / LTM Uni Saarland (Gespräch vom 13.06.2013).

spannung (SAS-Verbindung) bzw. parallel wirkenden Schub-oder Scherspannung (Ü-Verbindung) darstellt. Bei Stoß oder Verwölben hingegen wirken sich durch überlagernde Effekte Biege- oder Schälspannung aus, deren abweichende Angriffspunkte in Form von Spannungsspitzen innerhalb der unterschiedlichen Klebeflächen so eine besondere Belastung für die Klebestelle darstellen.[308]

Im Rückschluss bedeutet das, dass Fadenbrücken zwar bei der regulären flächigen Gemäldeaufspannung einen verfestigenden Effekt auf die Klebestelle ausüben, im Falle eines erneuten Schadensfalls durch triaxiale Stöße o.ä. jedoch kaum mehr einen Vorteil darstellen oder Schutz bieten können.[309]

Bereits CHEN und EGBERS stellten fest, dass die Berstdruckprüfung sinnvolle Rückschlüsse auf die Spannungen und Dehnungen eines Materials anhand des gemessenen Drucks sowie der Wölbhöhe prinzipiell nur zulässt, sofern lineare und isotrope Eigenschaften vorliegen:

Im Falle **anisotropen** Materialverhaltens, wie an **Geweben**, würden sich bei diesem Prüfverfahren jedoch gravierende **Fehlinterpretationen** ergeben. Neben der nicht erfassbaren, nur theoretisch in alle Richtung gleichbleibenden Hauptspannungen sowie einer nicht genauer messbaren, ungleichmäßigen Dehnung der Prüffläche, wirke sich insbesondere die Veränderung der Probengeometrie durch erhebliche Winkeländerungen in der Prüfung nachteilig in der Auswertung aus.[310]

Somit scheint die Berstdruckprüfung zwar auch die prinzipiell unterschiedlichen Verklebungseigenschaften der zwei Klebstoffe aufzeigen zu können, sie ermöglicht jedoch keine sinnvollen Werte zur weiteren Abschätzung des Unterschieds oder zwecks Bezugs auf andere Testreihen. Zudem ergeben sich verfälschte Ergebnisse, u.a. in der Evaluierung der Verklebungstechniken, durch den von der flächigen Aufspannung des Gemäldes stark abweichenden Versuchsaufbau.[311] Auf Grund dieser Unzulänglichkeiten ist die Berstdruckprüfung daher vermutlich weniger für die Fragestellung der Evaluierung von Einzelfadenverklebungen geeignet.[312]

[308] Vgl. HABENICHT 2009, u.a. S. 343, 369-373, 380-393 sowie 443. Eine zusammenfassende Darstellung weiterer physikalischer Grundlagen zu Klebeverbindungen im Hinblick auf die Einzelfadenverklebung zur Rissschließung findet sich u.a. in der freundlichen schriftlichen Mitteilung BALTSCHEIT 2011.

[309] Hierbei spielt jedoch vermutlich auch die Lage der Fadenbrücken auf bzw. entgegen der Belastungsseite eine Rolle.

[310] Vgl. CHEN, EGBERS 1995, S. 570.

[311] Auch speziell im Hinblick auf einen langfristig zwecks Annäherung an die tatsächliche Gemäldesituation abzuwandelnden Aufbau mit beschichteten Probekörpern erscheint eine sinnvolle Prüfung noch viel weniger möglich.

[312] Hinzuweisen ist an dieser Stelle auf einen optimierten Aufbau des „Wölbversuchs“ mit der Möglichkeit einer feldlich-optischen 3D-Dehnungsmessung am LTM der Uni Saarland. Auf diese Weise ließe sich auch ein anisotropes Verhalten darstellen und nachvollziehen (vgl. auch ANDLER 2010). Die grundlegenden Nachteile des Belastungswinkels der Klebstelle sowie zur realen Gemäldeaufspannung abweichenden Prüfsituation blieben jedoch bestehen.

TEIL III: SCHLUSSTEIL / GESAMTAUSWERTUNG

11. Versuchsübergreifender Vergleich

Berücksichtigt man alle 5 verschiedenen Prüfverfahren, lassen sich versuchsübergreifend jeweils **Lineco** und **Störleim-Weizenstärke (warmlöslich)** sowie im Falle der Textilprüfungen zudem ergänzend die **Nullproben** betrachten.

Es sollen an dieser Stelle nur knapp die offensichtlichsten Tendenzen vor der abschließenden Auswertung nochmals vor Augen geführt werden. Unter A.13 lassen sich diese ausgewählten Gegenüberstellungen einsehen und ggf. noch weiterführende Bezüge herstellen:

11.1 Nullproben

- Es ist ein allgemeiner Anstieg der mittleren Höchstzugkraft (Fmax) vom Einzelfaden zu den Gewebestreifen ablesbar; bei Übertragung in den biaxialen Kontext ergeben sich gleichbleibende bis leicht minimierte Festigkeiten als Tendenz (vgl. A.13 / Diagr. 01).
- Die Variationskoeffizienten (VK) von Fmax sinken deutlich bei der Betrachtung von Gewebestreifen im Vergleich zu Einzelfäden, sowie nochmals leicht mit erhöhter Anzahl geprüfter Fäden;
- im biaxialen Kontext ergeben sich gleichbleibende bis leicht minimierte VK (vgl. A.13 / Diagr. 02).
- Ein Bezug zu den VK des mittleren Berstdrucks erscheint nicht sinnvoll herstellbar (vgl. A.13 / Diagr. 03).
- Die in den uni- und biaxialen Zugprüfungen gemessenen Zugfestigkeiten in MPa scheinen sich vollständig unabhängig von der Probengeometrie zu entsprechen, d.h. dass alle Prüfverfahren glaubhafte Ergebnisse liefern;
- die Zugfestigkeit der Einzelfäden nimmt jedoch eine Sonderrolle ein (vgl. A.13 / Diagr. 04); ein sinnvolles Hochrechnen zur Übertragung auf Gewebestrukturen ist nicht möglich.

11.2 Verklebungen / Lineco

- Der reine Klebstofffilm charakterisiert Lineco als Klebstoff mit homogenem Filmbildungsverhalten anhand geringer Streuungen der mittleren Fmax (vgl. A.13 / Diagr. 06).
- Bei der Anwendung zur Verklebung an Textilproben zeigen sich erhöhte VK der Fmax; es stellt sich eine deutliche Abhängigkeit der VK von der Verklebungstechnik sowie des jeweiligen Prüfverfahrens dar:
- Über die uniaxiale Prüfung von Einzelfäden und schmalen zu breiten Gewebestreifen, hin zur biaxialen Zugprüfung an Gewebekreuzproben nehmen die VK von Fmax kontinuierlich ab und nähern sich dem reinen Filmverhalten (vgl. A.13 / Diagr. 06).
- Es zeigt sich eine Erhöhung der mittleren Fmax in Abhängigkeit von der Verklebungstechnik: SAS → SAS+B / Ü → Ü+V[313] (vgl. A.13 / Diagr. 05).
- Ein zu erwartender allgemeiner Anstieg der mittleren Fmax vom Einzelfaden zu den Gewebestreifen ist ablesbar; bei Übertragung in den biaxialen Kontext ergeben sich (gleichbleibende bis) leicht erhöhte Festigkeiten (vgl. A.13 / Diagr. 05).
- Gleiches trifft auf die mittleren Zugfestigkeiten (Rm) zu; Ausnahme und Sonderrolle nehmen hier erneut die Einzelfäden ein (vgl. A.13 / Diagr. 08); ein sinnvolles Hochrechnen zur Übertragung auf Gewebestrukturen ist nicht möglich.
- Ausgehend von der mittels Klebstofffilm erzielten mittleren Fmax wäre die im Zuge der verschiedenen Verklebungstechniken und Prüfverfahren deutlich gesteigerte Festigkeit nicht abzusehen gewesen (vgl. A.13 / Diagr. 05).

11.3 Verklebungen / Störleim-Weizenstärke (warmlöslich)

- Der reine Klebstofffilm charakterisiert SL-WS als Klebstoff mit inhomogenerem Filmbildungsverhalten anhand höherer Streuungen der mittleren Fmax (vgl. A.13 / Diagr. 10).
- Bei der Anwendung zur Verklebung an Textilproben zeigen sich erhöhte VK der Fmax; es stellt sich eine gewisse Abhängigkeit der VK von der Verklebungstechnik sowie des jeweiligen Prüfverfahrens dar:

[313] Überlappung von 1 mm / Fadenbrücken von 10 mm Länge.

- Von der uniaxialen Prüfung der Einzelfäden hin zu den Gewebestreifen nehmen die VK von Fmax kontinuierlich ab und entsprechen an breiten Gewebestreifen dem Filmverhalten; bei der biaxialen Zugprüfung an Gewebekreuzproben zeigen sich hingegen gleichbleibende bis erhöhte VK (vgl. A.13 / Diagr. 10).
- Es zeigt sich eine Erhöhung der mittleren Fmax in Abhängigkeit von der Verklebungstechnik: SAS → SAS+B → Ü → Ü+V[314] (vgl. A.13 / Diagr. 09).
- Ein zu erwartender allgemeiner Anstieg der mittleren Fmax vom Einzelfaden zu den Gewebestreifen ist ablesbar; bei Übertragung in den biaxialen Kontext ergeben sich (gleichbleibende bis) leicht minimierte Festigkeiten (vgl. A.13 / Diagr. 09).
- Gleiches trifft auf die mittleren Zugfestigkeiten (Rm) zu; Ausnahme und Sonderrolle nehmen hier erneut die Einzelfäden ein (vgl. A.13 / Diagr. 12); ein sinnvolles Hochrechnen zur Übertragung auf Gewebestrukturen ist nicht möglich.
- Ausgehend von der mittels Klebstofffilm erzielten mittleren Fmax wären im Zuge der verschiedenen Verklebungstechniken und Prüfverfahren ggf. höhere Festigkeitssteigerungen zu erwarten gewesen (vgl. A.13 / Diagr. 09).

Die anhand der drei Probekörpertypen knapp umrissenen Versuchsergebnisse und Tendenzen illustrieren die Komplexität beim Versuch der übergreifenden Auswertung der durchgeführten Prüfungen. Die nachfolgenden Auswertungen sind daher vor diesem Hintergrund zu betrachten.

[314] Überlappung von 1 mm / Fadenbrücken von 10 mm Länge.

12. Zusammenfassung, Vergleich und Bewertung der Ergebnisse

Im Rahmen der abschließenden Betrachtung sollen die wichtigsten Punkte aus den Gesamtauswertungen der fünf Versuchsreihen entsprechend der Ergebnisse zur Evaluierung der Klebstoffe, den verschiedenen Verklebungstechniken und Prüfmethoden versammelt werden:

12.1 Zur allgemeinen Evaluierung der Klebstoffe

Anhand der Klebstofffilmprüfung lassen sich für die Klebstoffe **Mowilith D 50**, **Mowilith LD 167**, **Evacon-R**, **Vinnapas DP 600**, **Vinamul 8481**, **SL+WS (kalt(-/warm)löslich)** und **SL + Arbocel BWW 40** im Gesamtvergleich auffallend weniger homogene Filmbildungs- bzw. Klebstoffeigenschaften ableiten, die bei der Klebstoffauswahl zur Einzelfadenverklebung allgemein bedacht werden sollten.

Auffallend homogene Eigenschaften zeigen jedoch **Mowilith DHS S1**, **Lineco** und **Beva 371** als Klebstoffmaterialien.

Auf Grund zu starker Materialdehnungen muss bei **Evacon-R**, **Jade 403 N**, **Beva 371**[315] und **Mowilith DM 771** von einer Anwendung als Klebstoff zur Einzelfadenverklebung abgeraten werden.

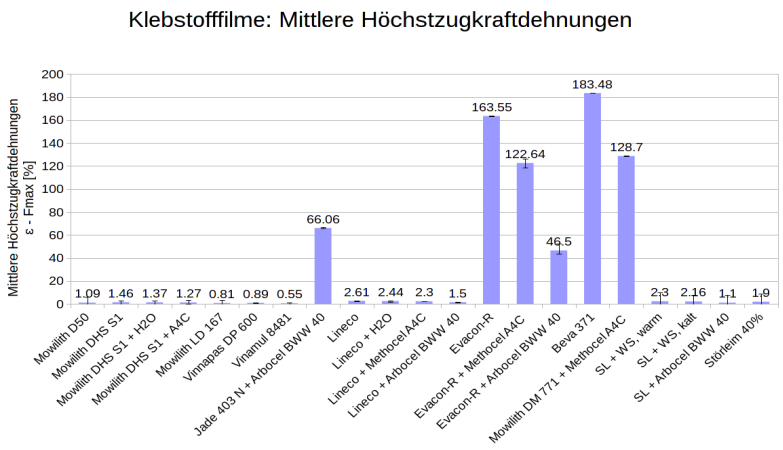


Abb. 54

Darstellung der mittleren Höchstzugkraftdehnungen der Klebstofffilme.
Die Werte von Jade 403 N, Beva 371 und Mowilith DM 771 sowie Evacon-R in allen getesteten Modifikation erscheinen im Gesamtvergleich extrem.

[315] Sonderfall und Ausnahme: Fadenbrücken.

In den Textilprüfungen zeigen sich vielversprechende Verklebungsergebnisse hinsichtlich zu erreichender Höchstzugkräfte mit **Mowilith DHS S1**, **Lineco**, **SL+ WS (kalt-/warmlöslich)** und **SL + Arbocel BWW 40**.

Im Hinblick auf die **Naturprodukte** und deren **Mischungen** muss zwar mit starken **Streuungen** der erzielten Verklebungsergebnisse gerechnet werden, vor dem Hintergrund noch immer hoher unterer Vertrauensbereichsgrenzen (**95 %-Konfidenzintervall**) und damit zu erwartenden minimalen **Festigkeiten** scheint dies jedoch ggf. **vertretbar**.[316]

Eine Bevorzugung der kalt- bzw. warmlöslichen Weizenstärke zur Störleim-Modifikation ist auf Grund sich im Rahmen dieser Arbeit darstellenden widersprüchlichen Tendenzen zunächst nicht möglich.[317]

Die **Modifikation** von **Störleim** mittels Cellulosefasern Typ **Arbocel BWW 40** erzielte unter allen betrachteten Klebstoffen die höchsten mittleren Zugfestigkeiten sowie Höchstzugkräfte und ist daher als geeigneter neuer Klebstoff zur Einzelfadenverklebung zu beurteilen.[318]

Unter Umständen wäre die neu entwickelte Mischung auf Grund optimierter Festigkeiten bei ähnlichen Streuungsbereichen langfristig den Störleim-Weizenstärken (kalt-/ warmlöslich) vorzuziehen.[319]

Der **Zusatz von Cellulosefasern** scheint sich anhand der betrachteten Beispiele jedoch weniger zur Modifikation von Kunstharzdispersionen anzubieten; dies wäre jedoch noch für weitere Produkte zu überprüfen.

Die **wässrige Verdünnung** der **Kunstharzdispersionen** kann zu verringerten Festigkeiten der Einzelfadenverklebungen führen. **Mowilith DHS S1** sollte jedoch grundsätzlich verdünnt angewandt werden, um das Eindringvermögen und somit die Verklebungsfestigkeiten zu erhöhen.

---

316 Die Konfidenzintervalle wurden zwar nicht näher ausgeführt, lassen sich jedoch unter A.8.1, A.9.1, A.10.1, A.11.1 und A.12.1 für die einzelnen Klebstoffe innerhalb der durchgeführten Versuchsreihen nachvollziehen.

317 Siehe daher auch VOGEL 2011.

318 Die Empfehlung gilt vor dem Hintergrund möglichst hoher gewünschter Festigkeiten; ggf. könnte dieser Klebstoff, je nach Verklebungstechnik und zu verklebendem Ausgangsmaterial, auch bereits zu stark sein und zusätzliche Schäden provozieren.

319 Hierbei sollte auch die mögliche Mischung unterschiedlicher Faserlängen zur weiteren Verklebungsoptimierung bedacht werden. Die hier aufgeführte, speziell ausgewählte und erprobte Rezeptur (Störleim 25 % + Arbocel BWW 40, 20:1) sollte dabei in ihrer Konzentration und Anteilen jedoch nicht grundlegend verändert werden, vgl. auch unter A.3.3.

Bisher konnte keine den Verarbeitungseigenschaften der wässrigen Verdünnung äquivalente Mischung mit Methocelgel gefunden werden, die eine ebenso hohe Höchstzugkraft erzielt.[320] Dies bliebe zu überprüfen.

Tendenziell kann jedoch die Verdünnung mittels zugesetzter **Cellulosederivatgele** vorgezogen werden:

Die Modifikation der Kunstharzdispersionen mittels **Methocel A4C** verspricht höhere Festigkeiten im Vergleich zur wässrigen Verdünnung sowie ggf. eine zusätzliche Verfestigung im Vergleich zum reinen Klebstoff (trotz verringerten Feststoffgehalts), bei gleichzeitiger Erhöhung der Wiederbearbeitbarkeit der Verklebung.

Im Falle von **Lineco + Methocel A4C** scheint die Modifikation mittels Cellulosederivat daher sogar tendenziell der Rein-Dispersion allgemein vorzuziehen.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Eignung der zwei zu bevorzugenden Kunstharzdispersionen der Gesamtauswahl, **Mowilith DHS S1 (PVAc)** und **Lineco (EVA)**, sind grundsätzlich deren chemische Grundzusammensetzung und daraus resultierende Eigenschaften zu bedenken. Dabei muss zudem nochmals auf die **pH-Neutralität Linecos** als Alleinstellungsmerkmal verwiesen werden.[321]

Des weiteren kann **Beva 371** als Klebstoff zur Fixierung von **Fadenbrücken** empfohlen werden; im Hinblick auf das abweichende Klebstoffprofil der Fadenbrücken stellt sich das in der Klebstofffilmprüfung verzeichnete, sehr flexible Verhalten vermutlich abweichend zur Rissverklebung als Vorteil dar.

[320] Das heißt, mit prinzipiell verringertem Feststoffgehalt durch Wasserzusatz bessere Verklebungseigenschaften als bei weiter verringertem Feststoffgehalt durch Gelzusatz zur Erzielung vergleichbarer Viskositäten; beides jedoch besser als unverdünnte Dispersion.

[321] Vor- und Nachteile spezieller oder ggf. unterschiedlicher Anwendungsgebiete können ausgehend von den Ergebnissen noch nicht genannt werden.

12.2 Zu den verschiedenen Verklebungstechniken

Es lassen sich ein allgemeiner Festigkeitsanstieg und reduzierte Streuungen der Ergebnisse von Stoß-auf-Stoß-Verklebung ohne (**SAS**) und mit Fadenbrücken (**SAS+B**), über die einfach überlappende (**Ü**), hin zur überlappend-vermengten Verklebung (**Ü+V**) mit verzahnten Fasern verzeichnen.[322]

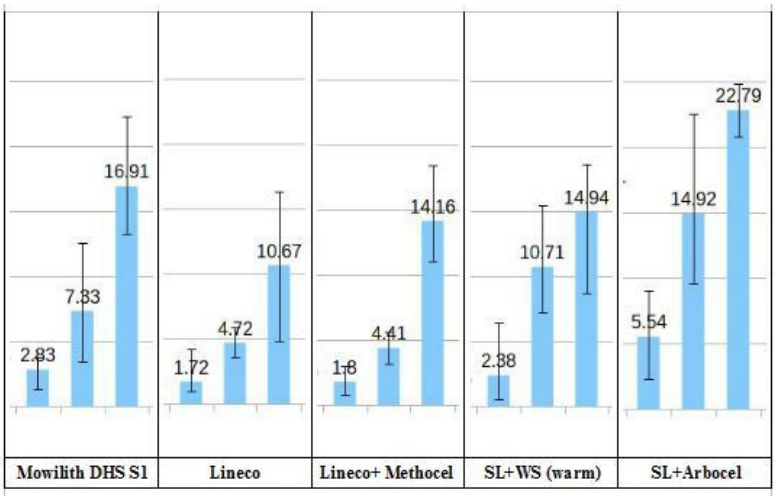


Abb. 55

Darstellung der mittleren Höchstzugkräfte [N] im Einzelfaden-Zugversuch, jeweils im Vergleich:
SAS / Ü / ÜV - Technik.

Im Falle sich überlappender Fadenenden bei der Verklebung sollte somit auf eine **gründliche Verzahnung** der Fasern bei der Verklebung geachtet werden.[323] Des weiteren erscheinen **Fadenbrücken**} als zusätzliche **Stabilisierung** der **Stoß-auf-Stoß-Verbindung** sinnvoll:

Es ließen sich so teils erhebliche Festigkeitssteigerungen mit mehr als **verdoppelten** mittleren **Höchstzugkräften** durch zusätzlich stabilisierende Brücken erzielen.[324] Zudem ließ sich ein allgemein langsameres Öffnen der Verklebungen beim Bruch feststellen, sodass auf diese Weise nachweislich eine schonendere Rissöffnung am verklebten Gemälde erfolgt.

[322] Innerhalb der Testreihen Überlappung von jeweils 1 mm und Fadenbrücken von 10 mm Länge.
[323] Die Festigkeitssteigerung verdeutlicht, dass prinzipiell von einer „schnellen Variante“ im Sinne lediglich einfach überlappender Fadenenden bei der Einzelfadenverklebung abgeraten werden muss. Das bedeutet auch ein „Auffasern“ möglicherweise vorliegender Faserbündel, sofern diese nicht zu brüchig o.ä. sind.
[324] Diese Empfehlung lässt sich jedoch zunächst nur im Hinblick auf eine „zu ersetzende“ Überlappung ableiten und nicht zwangsläufig auf andere Verklebungstechniken übertragen, auch wenn dies zu erwarten ist.

Hinsichtlich der für bestimmte **Verklebungstechniken** zu **bevorzugenden Klebstoffe** konnten bisher nur begrenzte Vergleichs-Betrachtungen erfolgen, sodass dies noch in größerem Umfang zu überprüfen wäre. Es lassen sich jedoch folgende erste Tendenzen festhalten:

Bei durch die anderen Klebstoffe bei weitem unerreichter Höchstzugkräfte kann **SL + Arbocel BWW 40** für die **Stoß-auf-Stoß**-Verklebung hervorgehoben und möglicherweise bevorzugt werden. Auch **Mowilith DHS S1** vermochte auffallend hohe Fmax im Gesamtvergleich zu erzielen, sodass diese als Kunstharzdispersion in der hier dargestellten Klebstoffauswahl für Stoß-auf-Stoß-Klebungen bevorzugt werden kann.[325]

Gleichsam sollte von der Anwendung des sonst ebenfalls allgemein als empfehlenswert einzustufenden **Lineco** in der **Stoß-auf-Stoß**-Technik **abgesehen** werden, während der Klebstoff in der überlappend-vermengten-Technik den Störleim-Weizenstärken (kalt-/warmlöslich) vergleichbare Festigkeiten zu erreichen vermag.

Des weiteren könnte hingegen **SL + Arbocel BWW 40** in **überlappenden** Techniken, je nach Objektvoraussetzungen, bereits **zu fest** sein, sodass erneute Risse provoziert werden könnten.[326]

12.3 Zu den Prüfmethoden

Beim Vergleich der unterschiedlichen Prüfmethoden wurden teils große Unterschiede, Vor- und Nachteile der Methoden sowie ebenfalls Bezüge deutlich:

Im Hinblick auf die **Klebstofffilmprüfung** liefert diese zwar wichtige Hinweise zur ersten **Einschätzung** des **Materials**, erlaubt jedoch keine prinzipiellen Rückschlüsse auf das letztliche Verhalten der Verklebungen:

Unmittelbar übertragbare Aussagen scheinen lediglich die Beurteilung des **Dehnungsverhaltens** sowie die Betrachtung der **Ergebnis-Streuung** in Form der sich auf die Verklebung auswirkender, **klebstoff-immanenter Schwächen** zuzulassen. Diese Werte können so eine Hilfe in der Klebstoffvorauswahl leisten.

Ein Abschätzen in der Einzelfadenverklebung zu erwartender Höchstzugkräfte ist jedoch quasi nicht möglich, sodass diese Prüfmethode zur alleinigen Klebstoffevaluierung zwecks Rissverklebung nicht genügt.[327] Eine Fortführung der Filmprüfungen zur Klebstoffevaluierung im Rissver-

[325] Ähnliche Tendenzen von Störleim-Weizenstärke (kalt-/warmlöslich) in der Einzelfadenprüfung finden sich bei der Übertragung in Gewebestrukturen nicht mehr bestätigt.

[326] Dabei handelt es sich jedoch um eine Tendenz aus der Einzelfadenprüfung, die sich im Gewebeverbund nicht mehr unbedingt bestätigen müsste, sofern sich die bisher nachzuweisende Herabsetzung der Festigkeit in Relation bestätigt.

[327] Am deutlichsten wird dies am Beispiel Lineco, vgl. nachfolgende Abb. 56.

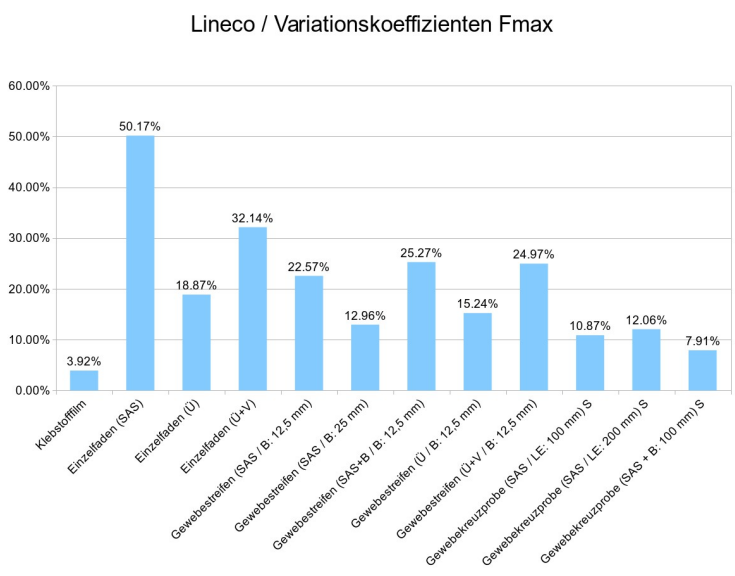
klebungskontext erscheint daher in Anbetracht des erforderlichen Aufwands weniger sinnvoll.

Des weiteren ließ sich belegen, dass die **hohen Streuungen** der Ergebnisse im Rahmen bisher durchgeführter **uniaxialer Einzelfadenzugversuche** vor allem **prüfmethodenbedingt** sind und sich durch die Übertragung der Verklebung auf Gewebestrukturen (uniaxialer Streifenzugversuch/ biaxialer Zugversuch an Gewebeflächen)[328] minimieren lassen.[329]

Es zeichnet sich zudem die Tendenz einer weiteren **Minimierung** prüfbedingter **Streuungen** durch den **biaxialen Versuchsaufbau** im Unterschied zu bisher genutzten uniaxialen Streifenzugversuchen ab.

Gleichzeitig ließen sich trotz prinzipiell ähnlicher Messwerte vergleichbarer Probengeometrien nochmals leicht veränderte Höchstzugkraft-Tendenzen ablesen. Es kann daher vermutet werden, dass der biaxiale Versuchsaufbau tatsächlich die größtmögliche Annäherung im Sinne genauester Ergebnisse ermöglicht.

Abb. 56



Dargestellt sind die VK der Fmax aller betrachteten Probekörper von Lineco:
Es zeigt sich eine Reduzierung der VK von uniaxialer Einzelfaden-, bis Gewebestreifen-, und biaxialer Kreuzprobenprüfung.

Als erkennbar **wiederkehrende**, vergleichbare **Grundprinzipien** lassen sich sowohl für die uniaxialen Faden- und Gewebestreifenprüfung als auch den biaxialen Zugversuch an Einzelfadenverklebungen festhalten:

[328] Tendenz anhand jeweils 12 bzw. 25 verklebter Fäden im Verbund.
[329] Zudem kann von einer umso besser möglichen Evaluierung des tatsächlichen Verhaltens der Verklebung ausgegangen werden, je höher die Anzahl gleichzeitig geprüfter Fäden ist.

1. Eine Abhängigkeit der mittleren Höchstzugkräfte von der Verklebungstechnik (Bsp. SAS → SAS+B → Ü → Ü+V)[330],
2. die sich im Messergebnis verschieden voneinander darstellenden Klebstoffe bzw. erkennbare Auswirkung von Klebstoffmodifikationen (Bsp. Methocel-Zusatz: Erhöhung der mittleren Fmax) und
3. die sich deutlich in der Gesamtrelation darstellenden Streuungen auf Grund klebstoffimmanenter Inhomogenitäten (Bsp. Störleim-Weizenstärke: hohe VK der mittleren Fmax).[331]

Vor diesem Hintergrund erscheinen somit alle drei Prüfmethoden zur generellen **Evaluierung** von **Rissverklebungs-Klebstoffen** im Rahmen von Vergleichsbetrachtungen mehrerer Klebstoffe zunächst anwendbar. Bisherige, auf zumeist uniaxialen Einzelfadenprüfungen basierende Arbeiten lassen sich somit zur allgemeinen Klebstoffcharakterisierung noch sinnvoll nutzen.

Zu **bevorzugen** sind jedoch die **Betrachtungen** von **Gewebestrukturen**:

1. Da sich so nochmals andere Verhältnismäßigkeiten der gemessenen Werte zueinander ergeben,
2. auf diese Weise die Beurteilung der tatsächlichen Verklebung (statt schwankenden Verklebungs-Substrats) verbessert wird,
3. indem so auch die Variationskoeffizienten deutlich minimiert werden und eine unverfälschtere Messwertbeurteilung möglich ist,
4. sowie natürlich, speziell im biaxialen Aufbau, eine prinzipiell größere Übertragbarkeit auf Gemäldestrukturen vorliegt und damit größtmögliche Annäherung an tatsächlich zu erwartende Werte ergibt.

Zudem muss beachtet werden, dass **hypothetische Hochrechnungen** zwecks Ermittlung zu erwartender Höchstzugkräfte von Verklebungen im Gewebeverbund anhand der Werte der uniaxialen Einzelfaden- und Streifenzugversuchen grundsätzlich **nicht sinnvoll** möglich scheinen.

Die tatsächlich erzielten Werte fallen zu den betrachteten Einzelfäden so unterschiedlich aus, dass sich auch keine Formel für eine sich maßstäblich reduzierende mittlere Höchstzugkraft bei der hypothetischen Hochrechnung anhand der vorliegenden Ergebnisse aufstellen lässt.[332]

[330] Innerhalb der Testreihen Überlappung von jeweils 1 mm und Fadenbrücken von 10 mm Länge.
[331] Diese Prinzipien lassen sich mitunter nicht auf die Klebstofffilm- sowie Berstdruckprüfung übertragen.
[332] Vgl. auch REUBER 2010, S. 91 ff.

Hingegen ist im uniaxialen Versuchsaufbau ein Maßstabseffekt[333] für intakte Gewebe anhand der hier dargestellten Versuche belegt und anwendbar.

Gesichert werden konnte zudem die Reduzierung der mittleren Fmax im Vergleich der Werte aus der uniaxialen Einzelfaden-, zu den Gewebestreifen-Zugversuchen. Als Ursache vermutete HEIBER die Auswirkungen des Poisson-Effekts.[334]

Auf Grund der gleichsam feststellbaren Reduzierung im biaxialen Zugversuch erscheint diese Vermutung jedoch widerlegt. Möglicherweise liegt die Begründung der so stark unterschiedlichen Messwerte vielmehr:

1. Zum einen in den nachweislich hohen Streuungen und somit verfälschten Ergebnissen der uniaxialen Einzelfadenprüfung begründet;
2. und zum anderen in schlichtweg nicht vergleichbaren Probengeometrien, in Form eines sich im Gewebeverbund letztlich nicht mehr auf den Einzelfaden zurückführbaren Gesamtverhaltens.[335]

Als wenig geeignet erscheint zudem die **Berstdruckprüfung** zur Untersuchung von Einzelfadenverklebungen:

Trotz möglicher Geräte-Optimierung[336] erscheinen die mittels multiaxialer Berstdruckprüfung erzielbaren Messwerte generell nicht sinnvoll auf bisher genutzte Prüfungen übertragbar. Auch ist die dort durchgeführte Belastung eher schlechter mit dem biaxialen Aufbau vergleichbar als der uniaxiale Zugversuch.[337]

---

[333] Im Sinne einer Verdopplung der Fmax bei verdoppelter Probenbreite.

[334] Vgl. HEIBER 1996, S. 35.

[335] Eine Klärung kann anhand der bisherigen Versuchsergebnisse leider nicht erfolgen und ist zudem nicht Teil dieser Arbeit. Es sollen jedoch trotz dessen einige weiter reichende, zu überprüfen erforderliche Hypothesen festgehalten werden: 1. Ein grundsätzlicher Zusammenhang mit der Gewebe-Anisotropie im Gegensatz zum Faden, 2. die Ursache in den abweichenden Fadenwelligkeiten des Gewebes und der damit verbundenen abweichenden Streckung bei der Zugprüfung im Unterschied zum geraden Faden, 3. die Überlegung, dass es sich am Einzelfaden quasi um eine durchgehende, belastete Klebefuge handelt, während der Riss als „Ganzes“ letztlich web-bedingte Öffnungen zwischen den Fäden aufweist. D.h. ein Zusammenhang mit der im Vergleich zu den verschiedenen Gewebeproben auffällig höheren Zugfestigkeit der Einzelfäden, was für eine in Relation bessere Ausnutzung des Probenquerschnitts hinsichtlich der Spannungsübertragung spricht (vgl. A.13 / Diagr. 04).

[336] Im Sinne einer im Unterschied zum betrachteten Versuchsgerät kontinuierlichen Messdatenaufzeichnung und/oder sensiblen Brucheinstellung zwecks standardisierter Prüfungsführung. So existiert bspw. am LTM der Uni Saarland ein optimierter Aufbau des „Wölbversuchs“ mit der Möglichkeit einer feldlich-optischen 3D-Dehnungsmessung (vgl. auch ANDLER 2010).

[337] Am deutlichsten wird dies am Beispiel der betrachteten Fadenbrücken.

13. Fazit

Allgemein ist zu berücksichtigen, dass die in dieser Arbeit aufgezeigten Werte hinsichtlich des stark begrenzten Probenumfangs nur geringe statistische Relevanz aufweisen und so die Gefahr besteht, die dargestellten Ergebnisse zu stark zu interpretieren. Es ergeben sich jedoch einige glaubhafte Tendenzen:

Erzielt werden sollte eine Evaluierung der ausgewählten Klebstoffe hinsichtlich ihrer Eignung für die Einzelfadenverklebung unterschiedlicher Techniken. Anhand insbesondere der uniaxialen Klebstofffilm- und Einzelfadenprüfung konnte im Gesamtvergleich der Klebstoffe untereinander eine erste Bewertung erfolgen, sodass tendenziell zu bevorzugende und weniger geeignete Klebstoffe aufgezeigt wurden.

Auch war es möglich, anhand dieser und weiterer uni- sowie biaxialer Prüfungen erste Tendenzen für ggf. spezielle Anwendungseignungen der Klebstoffe in unterschiedlichen Verklebungstechniken aufzuzeigen.

Auf Grund der jedoch nur vereinzelt durchgeführten Gegenüberstellung der Verklebungstechniken an unterschiedlichen Klebstoffen kann diese Fragestellung noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden.

Angesichts der neuen Ergebnisse zu möglicherweise stärker abweichenden Klebstoffeigenschaften in der Verklebung je nach Prüfmethode, wären zudem die bisherigen Ergebnisse ggf. vor diesem Hintergrund nochmals zu prüfen.

Des weiteren sollte ein direkter Vergleich der Verklebungstechniken erfolgen:

Es ließ sich darstellen, dass sich eine feste Abhängigkeit und Verhältnismäßigkeit zwischen Verklebungstechnik und erzielter Höchstzugkraft der Verklebung ergibt. Somit konnte die anfangs dargestellte Zielsetzung in diesem Punkt erfüllt werden.

Ferner wurde angestrebt, die Bezüge der verschiedenen Prüfverfahren untereinander für eine mögliche Ergebnisübertragung darzustellen:

Durch die systematische Betrachtung
- uniaxialer Zugprüfungen an freien Klebstofffilmen,
- uniaxialer Zugprüfungen an Einzelfäden,
- uniaxialer Zugprüfungen an Gewebestreifen sowie
- biaxialer Zugprüfungen an Gewebekreuzproben und
- multiaxialer Berstdruckprüfungen an Gewebeflächen

konnten erste Vergleichbarkeiten, Un- und Abhängigkeiten sowie Unterschiede der Prüfungen allgemein sowie speziell hinsichtlich einer zu betrachtenden Einzelfaden- bzw. Rissverklebung dargelegt werden.

Dabei scheint sich vor allem die zu Anfang beschriebene beschränkte Vergleichbarkeit auch im gemeinsamen Prüfungskontext zu bestätigen. Dies bedeutet, dass in der Vergangenheit mitunter schon Interpretationen vorgenommen wurden, die ggf. angezweifelt werden müssen. Für ein tieferes Verständnis und die Ermöglichung ergänzender Bezüge auf andere Arbeiten wären jedoch noch weitere Versuchsreihen deutlich größeren Stichprobenumfangs erforderlich.

Davon ausgehend sollte schlussendlich eine langfristig geeignete Prüfsystematik zur Evaluierung von Rissverklebungsklebstoffen gefunden werden:

So konnte dargestellt werden, dass sich für nachfolgende Versuchsreihen auf uniaxiale Zugversuche an Gewebestreifen sowie im Idealfall weitere biaxiale Zugversuche konzentriert werden sollte, da aus diesen Prüfungen die vielversprechendsten Ergebnisse hinsichtlich einer möglichst realitätsnahen Evaluierung der Einzelfadenverklebung zu erwarten sind. Dabei sollte bestenfalls eine hohe Anzahl gleichzeitig verklebter Fäden je Probe betrachtet werden.

Obwohl diese Prüfungen zunächst vergleichbare Ergebnisse liefern, lässt sich jedoch anhand erster abweichender Tendenzen die Annahme begründen, nur mit einem biaxialen Versuchsaufbau langfristig glaubwürdige Ergebnisse bei der angestrebten Ergebnisübertragung auf Gemäldestrukturen erzielen zu können.

14. Ausblick

Zwar konnten im Rahmen dieser Arbeit erste wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, es stellt sich jedoch noch eine schier unendliches Forschungsfeld in diesem Kontext dar. Als wichtigste anzustrebende Fortführungen der Thematik wären daher folgende Punkte zu nennen:

Im Rahmen der weiteren Klebstoffforschung wäre zunächst die Untersuchung der sich im Kontext dieser Arbeit ebenfalls als vielversprechend darstellenden, jedoch nur kurz angerissenen Rissverklebungs-Klebstoffe[338] anzustreben.

Von besonderem Interesse wäre hierbei der mögliche Vorzug von Cellulosefasern statt Weizenstärke zur üblichen Störleim-Modifikation.[339] Auch weiterführend sollte die Klebstoffsuche zur Einzelfadenverklebung noch nicht als abgeschlossen angesehen werden, da sich im Hinblick individueller Problemstellungen an Leinwandgemälden immer neue Anforderungen ergeben.

Ferner sollten die betrachteten Klebstofffilme noch Nachbearbeitung in Form einer weiteren Ergebnisauswertung und vergleichenden Betrachtung mit bisherigen Arbeiten erfahren:

So müsste insbesondere der Frage nachgegangen werden, inwiefern sich die Zugprüfungsergebnisse durch eine detaillierte Betrachtung der physikalischen und chemischen Klebstoffeigenschaften begründen lassen. So sollte geklärt werden, wie genau sich bspw. teils höhere Festigkeiten bei niedrigerem Feststoffgehalt der Dispersionen bedingen.[340]

Da im Rahmen dieser Arbeit auf Grund des begrenzten Umfangs leider nicht erfolgt, müssten zudem die durchgeführten Zugprüfungen an verklebten Einzelfäden und Gewebestreifen in umfangreicheren Bezug zu bisherigen Arbeiten gestellt werden.

---

[338] Vgl. Mowilith DHS S1 und SL + Arbocel BWW 40 sowie die Methocel A4C- Modifikationen von Klebstoffen wie u.a. Lineco. So wäre bspw. auch das Mischen verschiedener Celluloseether oder Cellulosefaserlängen zwecks nochmals optimierter Ko- und Adhäsion bzw. Füllstoffzusammensetzung denkbar.

[339] Cellulosefasern sind alterungsbeständig und hygroskopisch, sie substituieren das ggf. fehlende Fadenmaterial ideal, zudem bieten sich optimierte Verarbeitungseigenschaften im Vergleich zum Standardgemisch Störleim-Weizenstärke (keine Entmischung o.ä.). Die hier aufgeführte Rezeptur (Störleim 25 % + Arbocel BWW 40, 20:1) sollte zudem nicht grundlegend verändert werden, da es sich um eine durch mehrere Testreihen ausgewählte und erprobte Rezeptur handelt, vgl. auch unter A.3.3.

[340] So wäre bspw. ein Aspekt, inwiefern sich die „Teilchen-Packung“ der Dispersion auf die Filmbildung und deren Eigenschaften auswirkt. Theoretisch müsste sich so bspw. bei gemischt-dispersen Systemen eine idealere Packung der Makromoleküle im Film ergeben, der so widerstandsfähiger würde (freundliche mündliche Mitteilung von Frau Prof. Dr. Elisabeth Jägers / CICS FH Köln, Gespräch vom 9.08.2013).

Von besonderem Interesse wären dabei Vergleichsbetrachtungen mit den Ergebnissen von REUBER, VOGEL, BALTSCHEIT und DEMUTH et al.

Um die Tendenzen der durchgeführten biaxialen Zugprüfungen bestätigen zu können, sollten zudem zeitnah weitere Versuchsreihen in aussagekräftigem Stichprobenumfang durchgeführt werden. Bei ggf. ergänzender Betrachtung überlappender Verklebungen im biaxialen Kontext, müsste dazu noch ein geeigneter Aufbau entwickelt werden.[341]

Auch die Betrachtung weiterer uniaxialer Streifenproben zur Sicherung des hier hergestellten Bezugs müsste in diesem Zusammenhang zur Ergebnissicherung erfolgen. Je nach weiterführender Fragestellung könnte zudem eine umfassendere Auswertung der hier zusätzlich erhobenen Messwerte und Daten sowie Aufzeichnungen zu den einzelnen Probekörpern der unterschiedlichen Prüfungen von Interesse sein, da durch die selektive Betrachtung möglicherweise noch weitere Zusammenhänge unentdeckt blieben.

Zwar wurde sich in der biaxialen Prüfung dem Verklebungsverhalten hinsichtlich der späteren Lage im zweiachsig aufgespannten System angenähert, der Versuchsaufbau sollte jedoch langfristig optimiert werden:

So würde idealerweise bei Fortführung des biaxialen Versuchsaufbaus eine größere Probenfläche mit größerem Verklebungsbereich betrachtet werden. Im Zuge dessen sollte bestenfalls ein Aufbau entwickelt werden, der auch die Prüfung und Auswertung von gleichzeitig zugbelasteten inakten und verklebten Fäden sinnvoll ermöglicht, um sich bei der Verklebungsbetrachtung reellen Schadensbildern am Probekörper annähern zu können.[342]

Des weiteren wäre eine verlängerte Prüfdauer im Rahmen von Langzeitversuchen anzustreben:

Sämtliche uni- und biaxiale Zugversuche dieser Arbeit stellen im Vergleich zur tatsächlichen Belastungssituation am aufgespannten Gemälde stark beschleunigte Belastungszustände in Form einer sich innerhalb kürzester Zeit kontinuierlich erhöhenden Spannung dar. Die Versuche erlauben so zwar einen ersten Vergleich des Klebstoffverhaltens untereinander, in der tatsächlichen Aufspannung sind jedoch abweichende, konstante Belastungszustände und somit auch ein abweichendes Probenverhalten zu erwarten.[343]

[341] Vgl. auch A.6.4.
[342] Vgl. auch unter Punkt 10.
[343] Vgl. u.a. LÄUCHLI 2004.

Weiterführend wäre daher im Speziellen die Dauerbelastung der Verklebungen zu evaluieren. Nur so ließe sich das längerfristige Verklebungsverhalten, wie bspw. ein „Fließen“ des Klebstoffs, auch im Kontext des viskoelastischen Bildträgerverhaltens darstellen.[344]

Ferner sollte die systematische Beschichtung der Gewebeprobekörper zur schrittweisen Annäherung an den tatsächlichen Gemäldeaufbau erfolgen:

Zur Trennung der Parameter und Entwicklung eines Grundverständnisses, ist die Betrachtung von Verklebungen an unbehandeltem Leinengarn und -gewebe zunächst notwendig; letztlich ist in Gemälden jedoch ein abweichendes Verhalten durch die das Textil versteifende Bildschicht zu erwarten, sodass ausgehend davon die Betrachtung von verklebten Rissen innerhalb eines Bildschichtaufbaus für eine verlässliche Klebstoff-Evaluierung unerlässlich scheint.[345]

Auch wäre in diesem Kontext nochmals der Fragestellung nach der letztlichen „Gemäldespannung“ nachzugehen, um die allgemeinen Klebstoffanforderungen hinreichend klären zu können. Prinzipiell sollte in der Fortführung der Testreihen rechtzeitig das mechanisch-physikalische Bildträger- und Gemäldeverhalten in der wissenschaftlichen Bearbeitung parallel zur Klebstoffbetrachtung Berücksichtigung finden.

Des weiteren müssten verschiedene Risstypen im Gewebe betrachtet werden:

Neben den bisherigen Betrachtungen des Schusssystems sollten äquivalente Verklebungen im Kettsystem untersucht werden. Zudem stellen sich insbesondere unterschiedliche Rissformen, wie diagonale oder vertreppte Risse, als weiteres Forschungsfeld dar.

Nachteil bisher verklebter Gewebeprobekörper ist auch ihre nicht praxisnahe „Rissentstehung“ mittels glatten Schnitts: Es bliebe zu prüfen, inwiefern sich ggf. andersartige Ergebnisse bei der Betrachtung überdehnter, natürlich gerissener Probekörper o.ä. darstellen.

Auch müsste prinzipiell untersucht werden, wie abweichend Verklebungen zu bewerten sind, die unter der üblichen, erschwerten Arbeitssituation eines zumeist noch partiell bis vollständig aufgespannten Gemäldes angefertigt werden.

[344] Am ELLF der Uni Essen-Duisburg existiert bspw. der sogenannte 'Dauerstandversuch': Es handelt sich um quadratische Metallgestelle, in die Flächengebilde über Seilwinden und angehängte Gewichte an vier Seiten eingespannt und anschließend durch Kameras im Langzeitversuch beobachtet werden (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Thomas Homm / ELLF Uni Duisburg-Essen, Gespräch am 8.01.2013).

[345] Eine vorbereitende Dekatur sollte dabei ebenfalls bedacht werden.

Hinsichtlich der enormen Festigkeitssteigerung der Stoß-auf-Stoß-Verklebung mittels Fadenbrücken wäre ggf. zudem eine Betrachtung zusätzlich über überlappenden Klebungen angebrachter Fadenbrücken interessant; so wäre möglicherweise eine optimierte Kraft- bzw. Spannungsübertragung im Falle leicht abgebauter, schwerer zu verklebender Leinenfasern denkbar. Auch sollten noch Alternativen zu Beva 371 als Klebemittel überdacht werden.

Im Rahmen des Alterungs- und Klimaverhaltens wäre insbesondere die „Klimaalterung“ im Sinne des Verklebungsverhaltens der Klebstoffe bei zyklischem Klimawechsel oder erhöhten relativen Luftfeuchten langfristig zu betrachten.

Hinsichtlich der so resultierenden Bildträgerbewegungen wären weiterführend die Auswirkungen von extremen Bewegungsbelastungen, bspw. im Kontext von Transporten, auf das Verklebungsverhalten sinnvoll zu beleuchten.

Des weiteren wäre zu bedenken, dass sämtliche Probekörper bisher aus neuem, ungealtertem Material angefertigt wurden. Speziell vor dem Hintergrund sich möglicherweise im Alterungskontext als zu fest erweisender Klebstoffe müssten rechtzeitig Verklebungsbetrachtungen an entsprechend künstlich oder natürlich gealtertem Material erfolgen.

Und nicht zuletzt müsste zudem die Klebstoffforschung zur Rissverklebung selbstverständlich auf andere textile Bildträgertypen, wie bspw. Baumwolle oder Polyester, ausgeweitet werden.

Daher ist die fortzusetzende Bearbeitung des im Zuge des Masterprojekts und der vorliegenden Arbeit angerissenen Themenkomplexes im Rahmen eines weiterführenden Promotions-Forschungsprojekts geplant.

TEIL IV : ANLAGEN

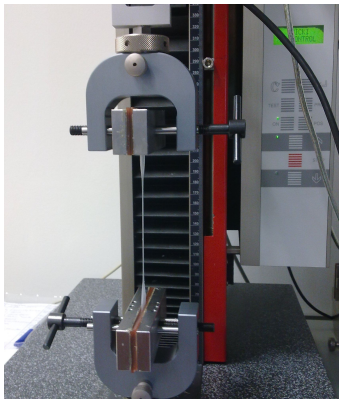
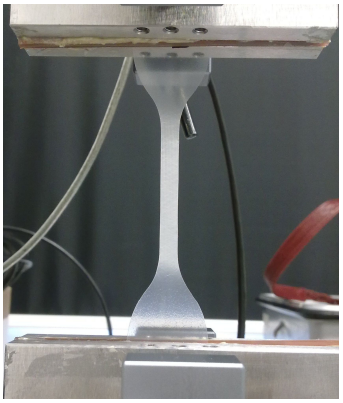
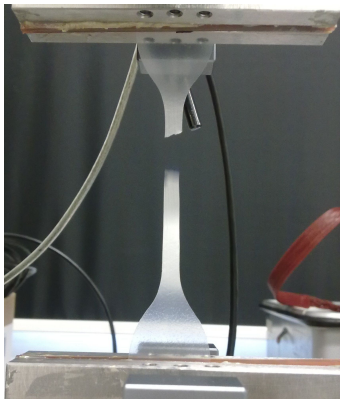
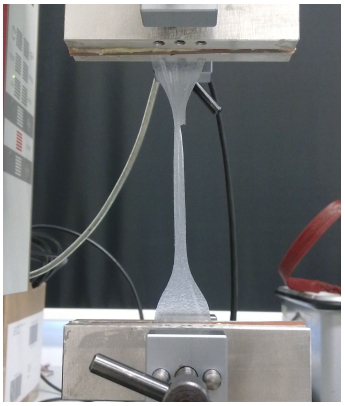
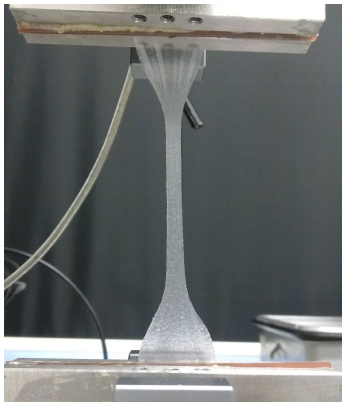
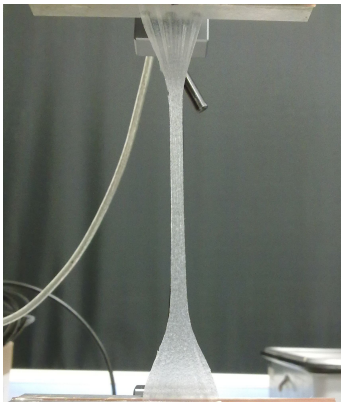
A. Anhang

Es wurde sich dazu entschieden, den Anhang nicht fortlaufend durchzunummerieren, sondern die alternative Kennzeichnung „A“ zu verwenden, um die Lage der Verweise im Text direkt eindeutig zu lokalisieren.

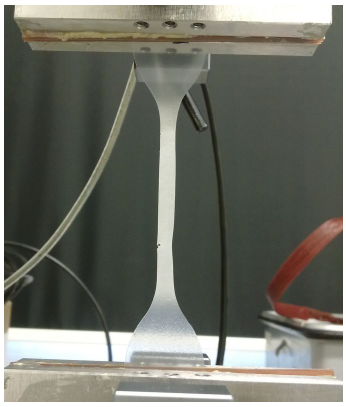
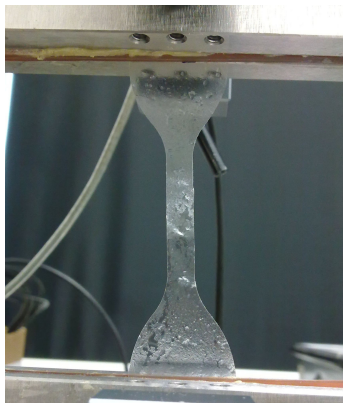
A.1 Abbildungen zu den Prüfungen

Es folgen einige die im Text beschriebenen Prüfungsabläufe illustrierende Fotos:

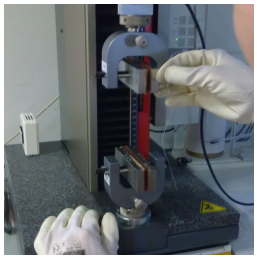
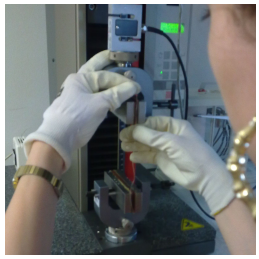
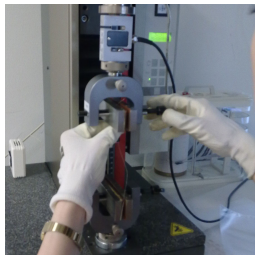
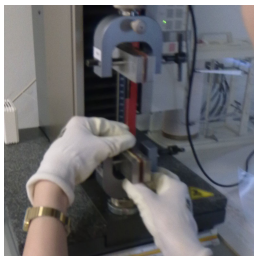
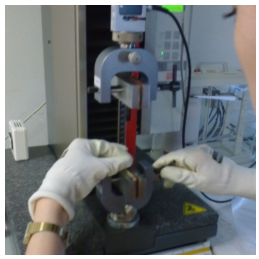
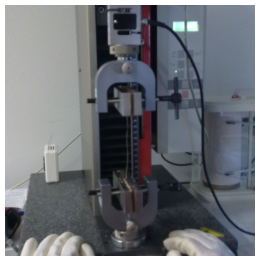
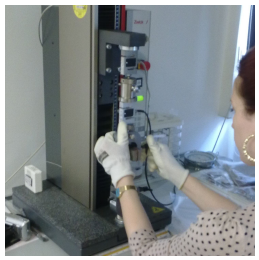
A.1.1 Klebstofffilmprüfung

<table>
<tr><td> 
Abb. 01</td><td> 
Abb. 02</td><td> 
Abb. 03</td></tr>
<tr><td>In der Zwick-Zugprüfmaschine eingespannter Klebstofffilm.</td><td colspan="2">Lineco-Film während der Prüfung: Der Steg wird weißlich, nach kurzem Aufdehnen folgt der Bruch.</td></tr>
<tr><td> 
Abb. 04</td><td> 
Abb. 05</td><td> 
Abb. 06</td></tr>
<tr><td>Ein Film aus Jade 403 N + Arbocel BWW 40 reißt nach deutlicher Dehnung.</td><td colspan="2">Evacon-R-Film während der Prüfung: Der Film dehnt sich stark auf, beginnt dann von den Seiten her langsam einzureißen während er sich weiter in die Länge zieht.</td></tr>
</table>

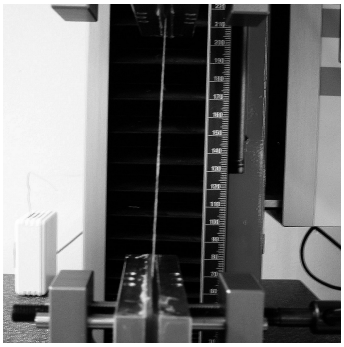
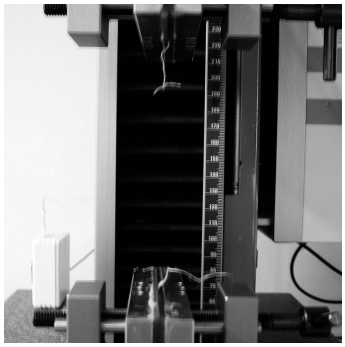
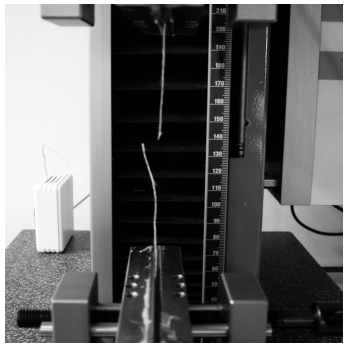
Fortsetzung **A.1.1** Klebstofffilmprüfung

 Abb. 07	 Abb. 08	 Abb. 09
Ein Film aus Lineco + Methocel A4C reißt langsam seitlich im Zugversuch ein.	Zu sehen ist ein eingespannter Störleim-Weizenstärke (warm-löslich) -Film mit deutlichen Filmunregelmäßigkeiten.	Der extrem dehnbare Film aus Beva 371 während der Prüfung.
Es handelt sich lediglich um exemplarische Darstellungen und kein allgemeingültiges Regelverhalten.		

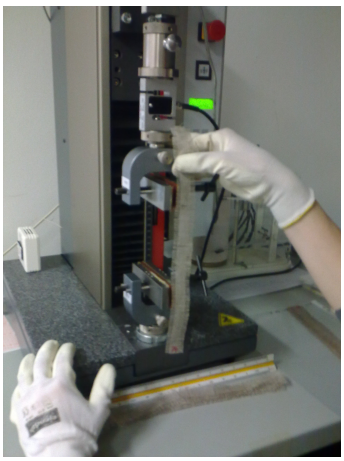
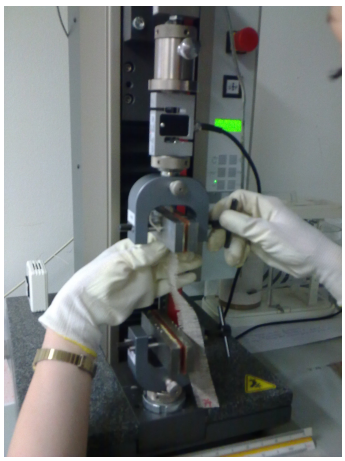
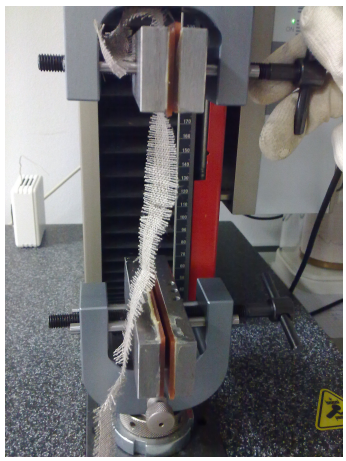
A.1.2 Einzelfadenprüfung

 Abb. 01	 Abb. 02	 Abb. 03	 Abb. 04
Einspannvorgang der Einzelfäden: Positionierung des oberen Fadenendes im oberen Klemmbackenpaar, Ausrichtung des Fadens gemäß Markierung und erstes Schließen der Backen, gleichmäßiges Ausrichten des Fadens zum unteren Probenhalter ohne Spannung, […]			
 Abb. 05	 Abb. 06	 Abb. 07	 Abb. 08
[…] vorsichtige Fixierung des Fadens beim ersten Schließen der Backe, Kontrolle der geraden und ungespannten Fadenposition, kräftiges Festdrehen beider Klemmbackenpaare.			

Fortsetzung **A.1.2** Einzelfadenprüfung

 Abb. 09	 Abb. 10	 Abb. 11
Intakter Nullprobenfaden bei der Zugprüfung: Der Faden dehnt sich sichtbar auf.	Intakter Nullprobenfaden bei / nach der Zugprüfung: Der Faden reißt abrupt und kräuselt sich.	Verklebter Einzelfaden bei / nach der Zugprüfung: Der Faden dehnt sich kaum vor dem Öffnen der Verklebung.
Es handelt sich lediglich um exemplarische Darstellungen und kein allgemeingültiges Regelverhalten.		

A.1.3 Streifenzugversuche

 Abb. 01	 Abb. 02	 Abb. 03
Einspannvorgang der Gewebestreifen: Positionierung des oberen Streifenendes im oberen Klemmbackenpaar, Ausrichtung des Gewebestreifens gemäß Markierung und erstes Schließen der Backen, […]		

Fortsetzung **A.1.3** Streifenzugversuche

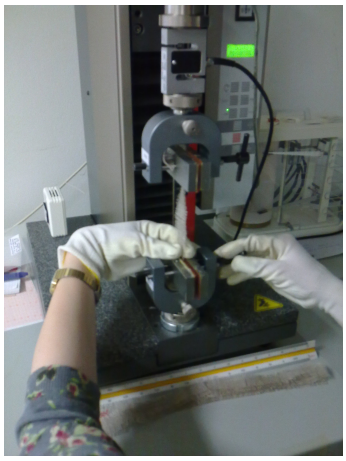


Abb. 04

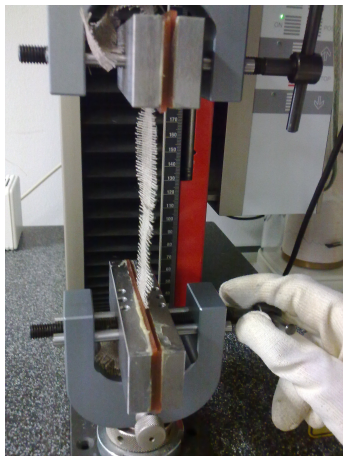


Abb. 05

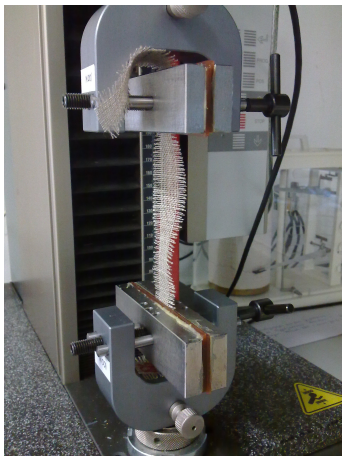


Abb. 06

[…] Ausrichten des Streifens zum unteren Probenhalter ohne Spannung, Fixierung des Gewebestreifens beim ersten Schließen der Backe, Kontrolle der geraden und ungespannten Streifenposition, […]

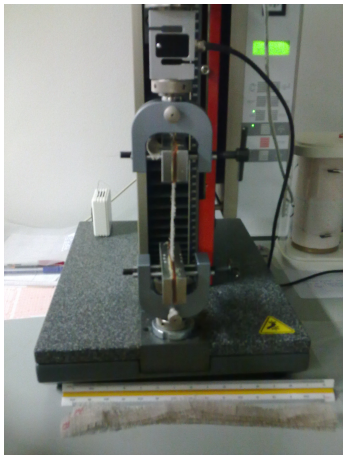


Abb. 07



Abb. 08

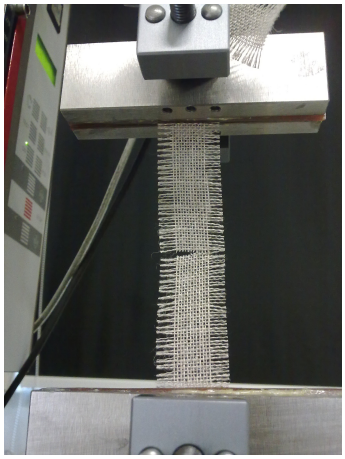
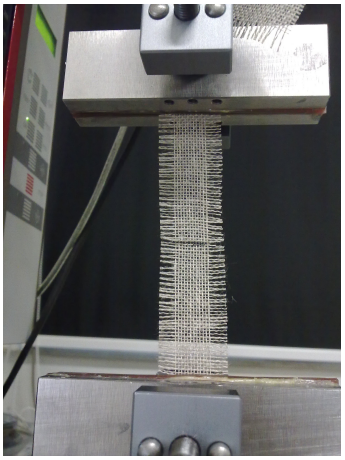
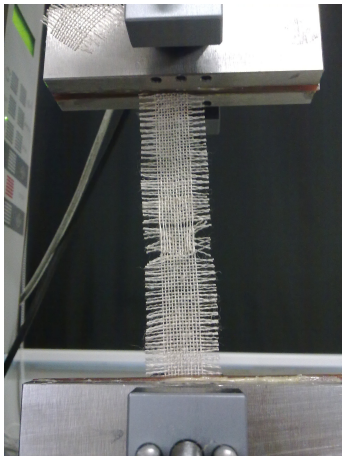
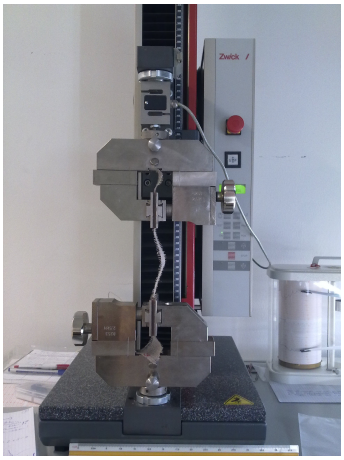


Abb. 09

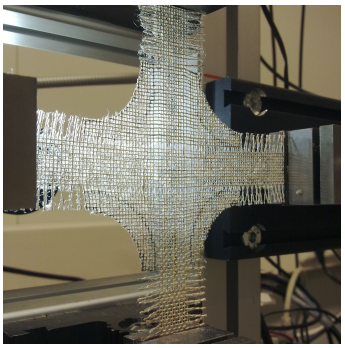
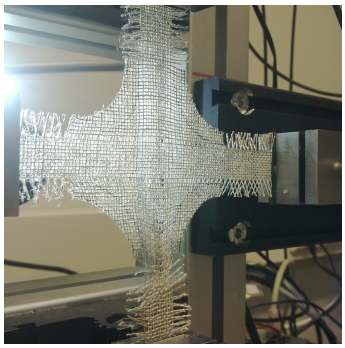
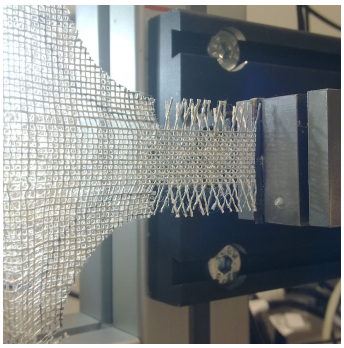
[…] nach Korrektur kräftiges Festdrehen beider Klemmbackenpaare.

Ein verklebter Gewebestreifen spannt sich in der Zugprüfung und öffnet sich beginnend seitlich an der Verklebung;
bei zu starkem Kraftabfall endet die Prüfung und der Streifen entspannt sich mit halb geöffnetem Riss.

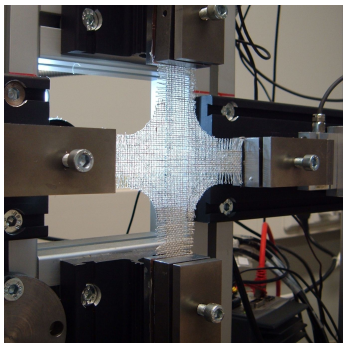
Fortsetzung **A.1.3** Streifenzugversuche

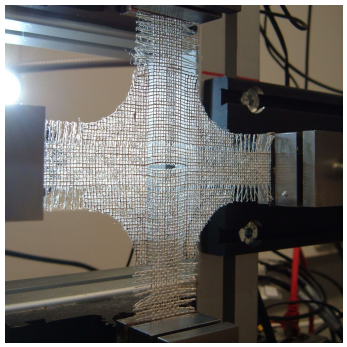
 Abb. 10	 Abb. 11	 Abb. 12
Ein verklebter Gewebestreifen öffnet sich mittig im verklebten Bereich während der Zug-prüfung.	Ein weiterer Streifen mit zusätzlichen Fadenbrücken während der Zugprüfung: Die Brücken versteifen sichtbar den mittigen Bereich.	Relaxierter Streifen nach der Prüfung mit sichtbarer Dehnung, plastischer sowie noch elastischer Anteile.
Es handelt sich lediglich um exemplarische Darstellungen und kein allgemeingültiges Regelverhalten.		

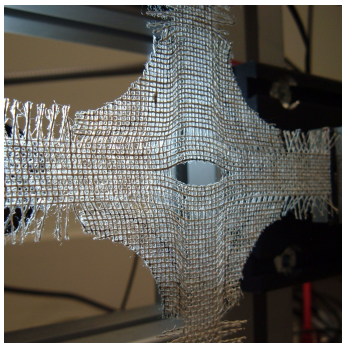
A.1.4 Biaxversuche

 Abb. 01	 Abb. 02	 Abb. 03
Eingespannte Kreuz-Nullprobe im äquibiaxialen Zugversuch: Die Kreuzprobe hat sich erkennbar eben und straff unter Spannung ausgerichtet (Abb. 01), dann reißen einzelne vertikale Schussfäden, der untere Probenarm rutscht langsam heraus (Abb.02), die Kettfäden richten sich durch den andauernden Zug weiter gestreckt aus, sodass die ausgefransten Schussfäden der Probenarme sich alternierend aufstellen (Abb. 03).		

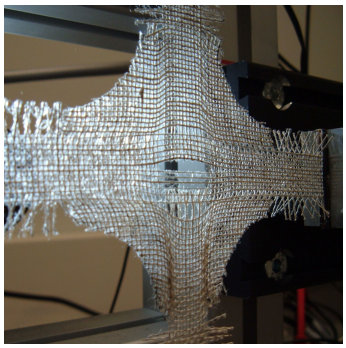
Fortsetzung **A.1.4** Biaxversuche

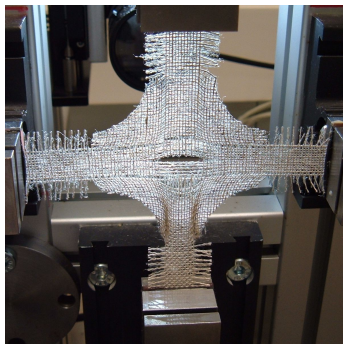

Abb. 04

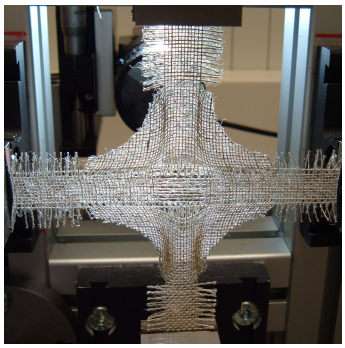

Abb. 05


Abb. 06

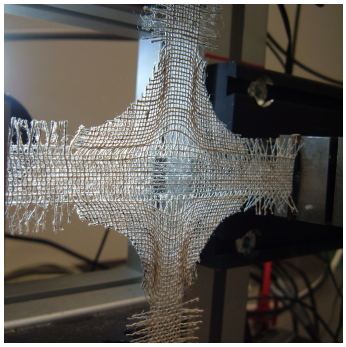
Äquibiaxiale Zugprüfung einer SAS-Verklebung mittels Lineco:
Die Probe hat sich gerade ausgerichtet und streckt sich (Abb. 04),
der verklebte Schnitt öffnet sich von der Mitte ausgehend (Abb. 05),
die ehemals verklebten vertikalen Schussfäden haften oben und unten noch an den Kettfäden an und ziehen diese bei ihrer weiteren Vertikal-Bewegung mit sich aus der Horizontale, […]

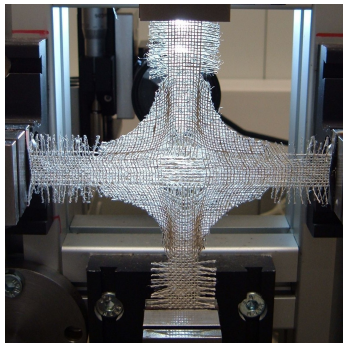

Abb. 07

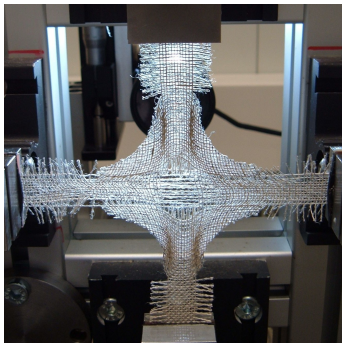

Abb. 08


Abb. 09

[…] die unteren Schussfadenhälften lösen sich vom Kettfaden und springen zurück, dabei fängt der untere Übergang zwischen Mittelbereich und Probenarm an, durch spannungsbegründete Querkontraktion (Poisson-Effekt) stark einzuschnüren (Abb. 07 und 08),
nun lösen sich auch die oberen Schussfäden vom Kettfaden (Abb. 09), […]

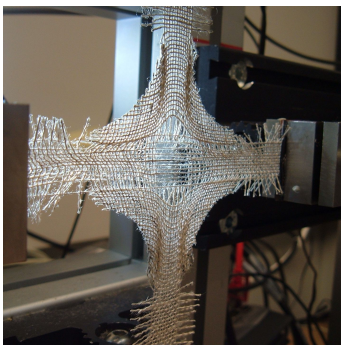

Abb. 10

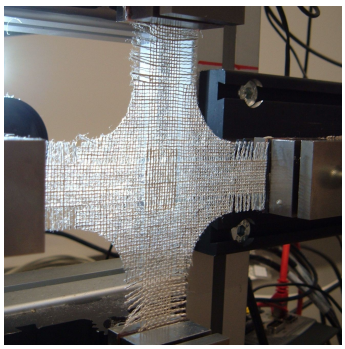

Abb. 11

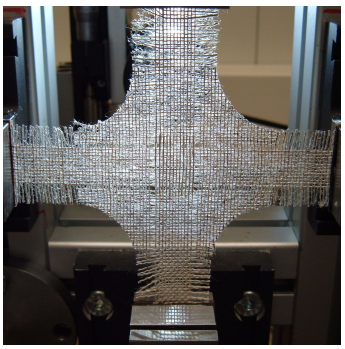

Abb. 12

[…] auch der obere Kreuzfeld-Bereich schnürt durch Querkontraktion zunehmend ein (Abb. 10), die Kettfäden richten dabei nun ungehindert immer gerader aus und reißen schließlich durch dort querkontraktionsbedingt erhöhte Spannungen zunächst an den äußeren Fäden (Ab. 11), […]

Fortsetzung **A.1.4** Biaxversuche

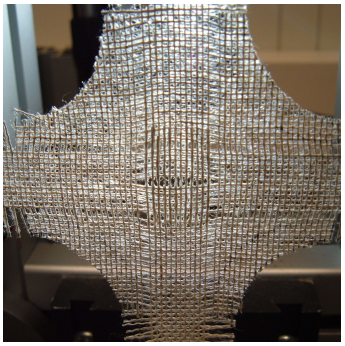

Abb. 13

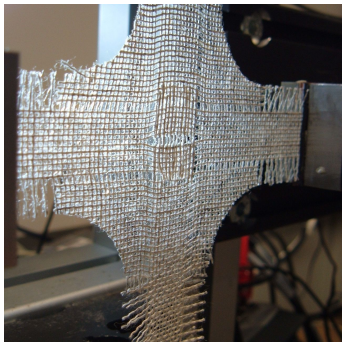

Abb. 14

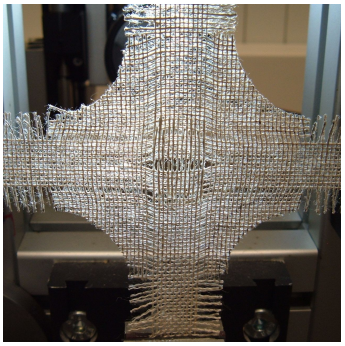

Abb. 15

[…] mit fortschreitender Prüfung deformiert die Probe nun zunehmends durch zahlreiche Risse von Fäden beider Zugrichtungen.

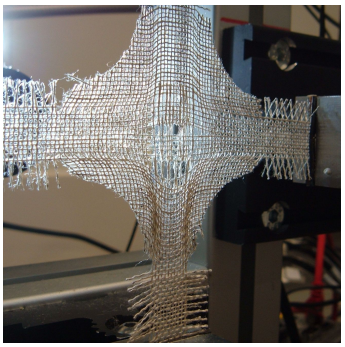
Äquibiaxiale Zugprüfung einer SAS-Verklebung mittels Lineco und zusätzlich aufgebrachten Fadenbrücken (SAS+B):
Die Probe hat sich gerade ausgerichtet und streckt sich (Abb. 14 und 15), […]

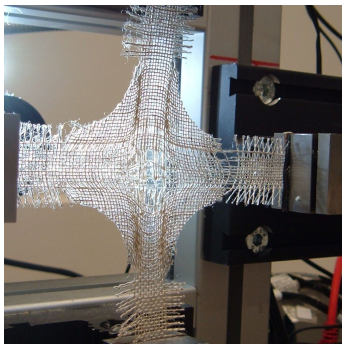

Abb. 16


Abb. 17


Abb. 18

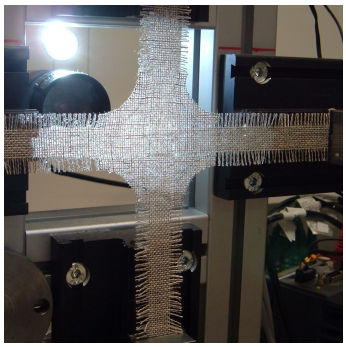
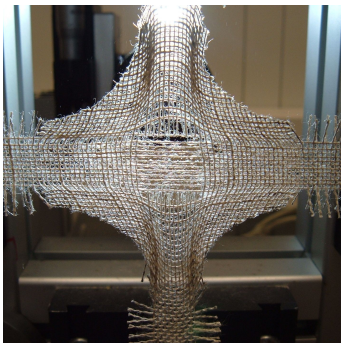
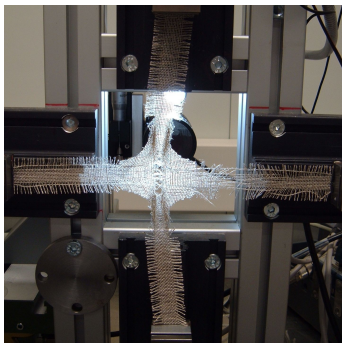
[…] der verklebte Schnitt öffnet sich von der Mitte ausgehend, während die Fadenbrücken noch anhaften und die Kraft weiterhin übertragen (Abb. 16),
beginnendes Ablösen einzelner Fadenbrückenenden und somit schussfaden-weise Unterbrechung der Kraftübertragung (Abb. 17); obwohl langsamer als ohne Brücken, öffnet sich die ehemals verklebte Schnittstelle stetig weiter, die Schussfadenenden haften hierbei wieder an der Kette an und ziehen dieses mit sich in die Vertikale (Abb. 18), […]


Abb. 19

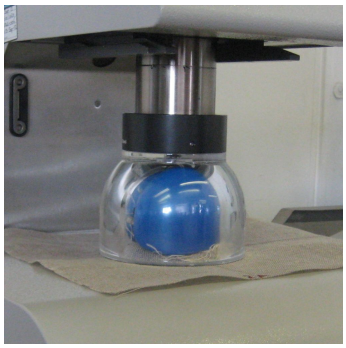
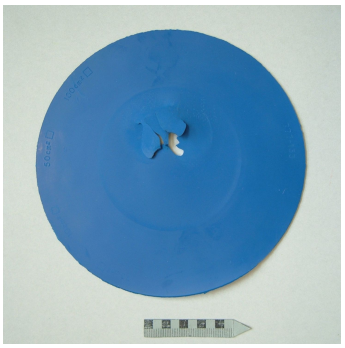

Abb. 20

[…] abruptes Lösen der unteren Schussfadenhälften vom Kettfaden, sofortige Ausrichtung der gelösten Kettfäden in erstrebte Horizontale und Hinaus-rutschen der Schussfäden, am unteren Ende zum Probenarm dadurch erneut Quer-kontraktion (Ab. 19), stärkere Probendeformation, Faden-brücken alle nur noch lose anhaftend, rechter Probenarm kurz vorm Abreißen (Abb. 20).

Fortsetzung **A.1.4** Biaxversuche

 Abb. 21	 Abb. 22	 Abb. 23
Äquibiaxiale Zugprüfung einer SAS-Verklebung mittels Lineco an Probe mit erhöhten Einspannlängen (200 mm): Die Probe hat sich gerade ausgerichtet und streckt sich (Abb. 21), der verklebte Schnitt öffnet sich, die Schussfäden rutschen unmittelbar in Zugrichtung heraus, dadurch kommt es zur Querkontraktion am Mittelstück, die Kettfäden richten sich weiter gerade aus (Abb. 22), auch die Kettfäden reißen unter der hohen Spannung, die Probe zieht sich rissbedingt aus der Mitte (Abb. 23).		
Es handelt sich lediglich um exemplarische Darstellungen und kein allgemeingültiges Regelverhalten.		

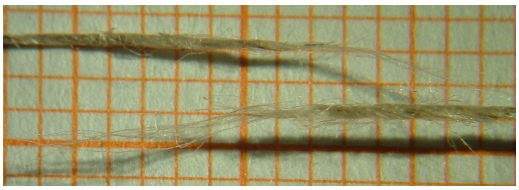
A.1.5 Berstdruckversuche

 Abb. 01	 Abb. 02	Exemplarische Durchführung der Berstdruckprüfung / Verklebung: Die verklebte Gewebeprobe wurde unter der Prüfglocke über der Membran mit Höhenmessstempel positioniert (Abb. 01), die Membran wird aufgeblasen, der verklebte Schnitt öffnet sich und setzt sich beginnend fort (Abb. 02).
 Abb. 03	 Abb. 04	Exemplarische Durchführung der Berstdruckprüfung / Nullprobe: Die Gewebe-Nullprobe wird von der aufgeblasenen Membran durchschlagen, dabei spannen einzelne Kettfäden über der Membran und schneiden diese ein (Abb. 03), die Membran platzt auf (Abb.04).
Es handelt sich lediglich um exemplarische Darstellungen und kein allgemeingültiges Regelverhalten.		

A.2 Dokumentation der Probekörper

Nachfolgend werden zur Veranschaulichung exemplarisch die unterschiedlichen Probekörper in den Vor- und / oder Nachzuständen dargestellt. Die Sortierung erfolgt nach Nullproben bzw. verwendeten Klebstoffen sowie innerhalb dieser nach Prüftechnik bzw. Probekörperform und ggf. Verklebungstechniken. Die Nummerierung der Abbildungen erfolgt innerhalb dieses Kapitels in den zugehörigen Unterkapiteln jeweils wieder beginnend mit Abb. 01.

A.2.1 Nullproben

Einzelfäden	
	
Abb. 01: Einzelne Fäden des Testgarns der Firma TextilTrade, welches für sämtliche uniaxiale Zugversuche an Einzelfäden genutzt wurde (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).	Abb. 02: Einzelne Fäden des Schussgarns aus dem Sironi-Gewebe mit deutlich erkennbarer, web-bedingter Verwellung; der Schuss wurde lediglich zur Erhebung von Vergleichsdaten geprüft (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).
	
Abb.03: Das Garn der Firma TextilTrade mit typischem Bruch nach dem uniaxialen Zugversuch; es sind deutlich die auseinander-gezogenen und -gerissenen Leinenfasern erkennbar (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).	Abb.04: Das Schussgarn des Sironi-Gewebes mit typischem Bruch nach dem uniaxialen Zugversuch; es sind deutlich die auseinander-gezogenen und -gerissenen Leinenfasern erkennbar (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.1** Nullproben

Gewebestreifen

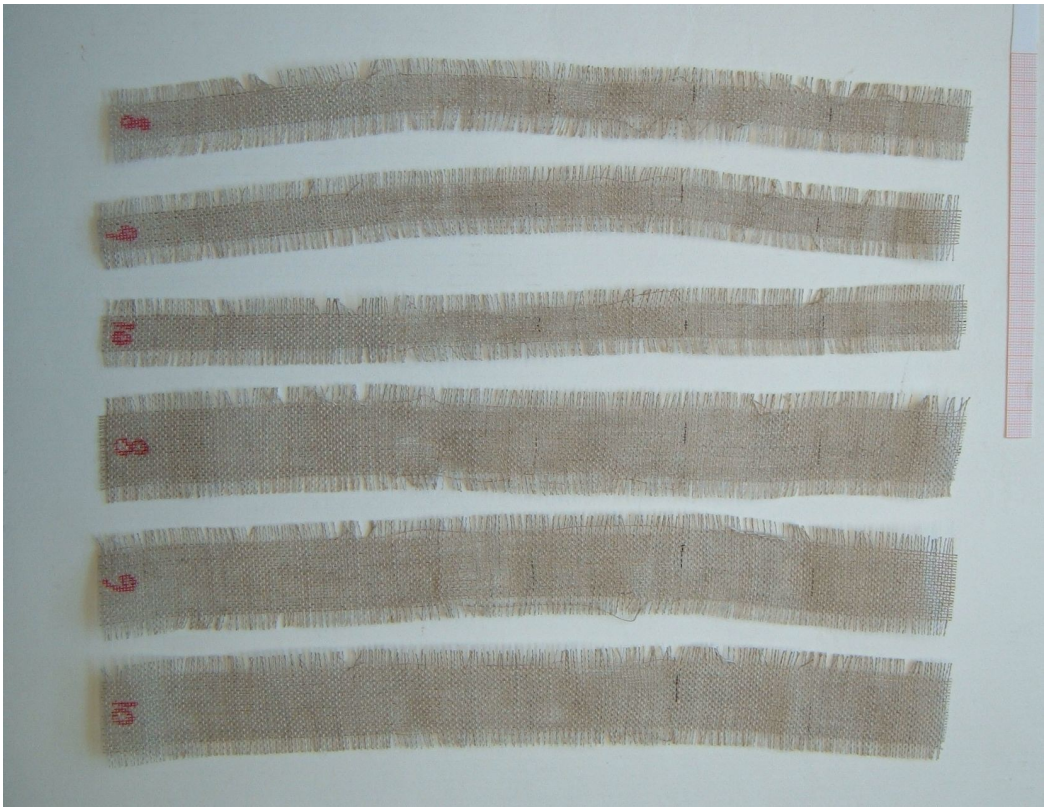


Abb. 05: Exemplarisch einige bereits uniaxial in Schussrichtung geprüfte Gewebestreifen mit einer Breite von 12,5 mm bzw. 12 Fäden sowie 25 mm bzw. 24 Fäden. Deutlich erkennbar sind die prüfbedingten Verformungen, welche v.a. aus Umstrukturierungen im Gewebe, unterschiedlich stark gedehnten Bereichen mit im Schuss auseinandergezogenen Fasern sowie partiell gerissenen Fäden resultieren (Maßstab: vgl. nebenliegenden Millimeterpapierstreifen).

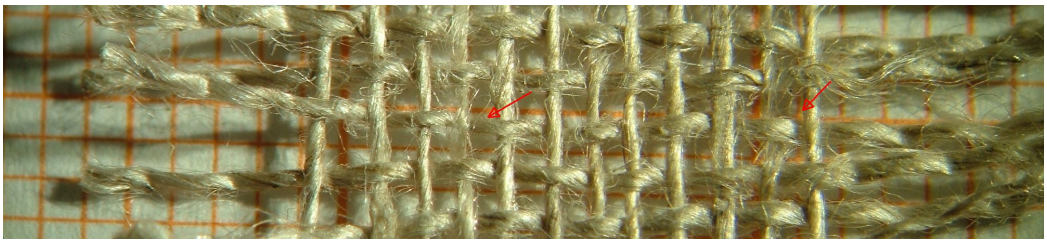


Abb. 06: Detail eines geprüften Gewebestreifens; die roten Pfeile markieren zwei Stellen mit besonders deutlich auseinandergezogenen sowie -gerissenen Fasern der Schussfäden.
Diese Bereiche finden sich prinzipiell über die gesamte Prüflänge verteilt und führen zu partiellen Ausbeulungen und Verformungen der ehemals glatten und gerade ausgerichteten Streifenproben, vgl. auch Abb. 05 (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.1** Nullproben

Kreuzproben

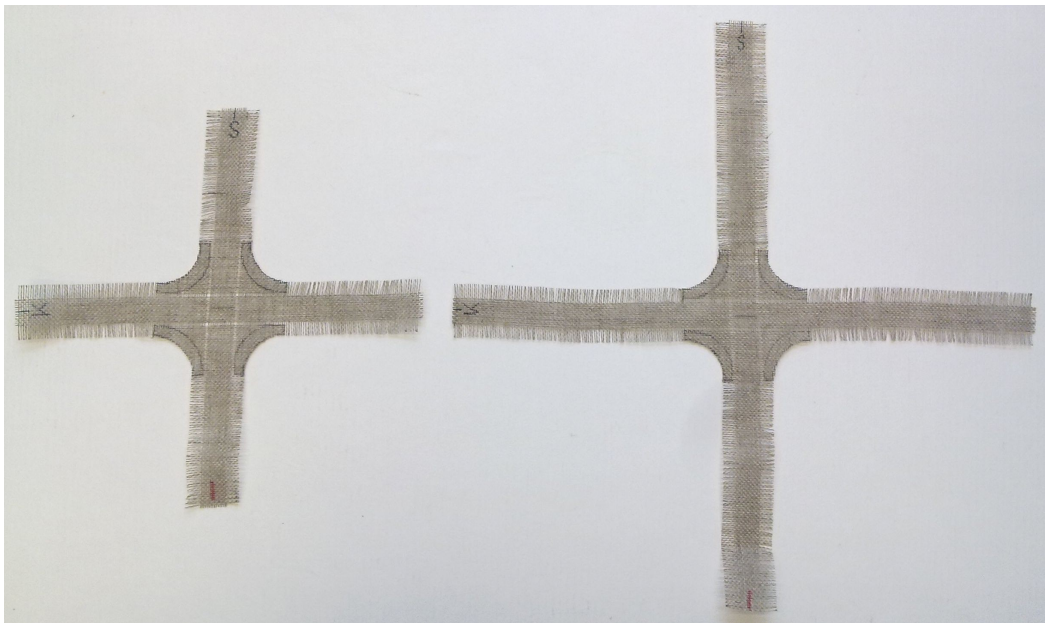
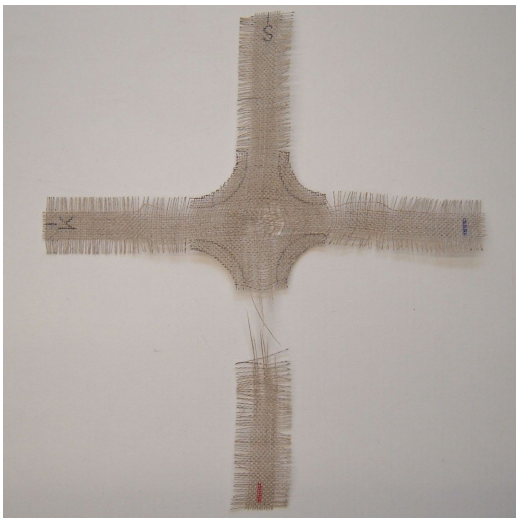


Abb. 07: Zu sehen sind links eine vorbereitete Kreuzprobe für die biaxiale Zugprüfung mit horizontal (Kette) und vertikal (Schuss) jeweils 200 mm Gesamtlänge sowie rechts daneben mit jeweils 300 mm Länge.



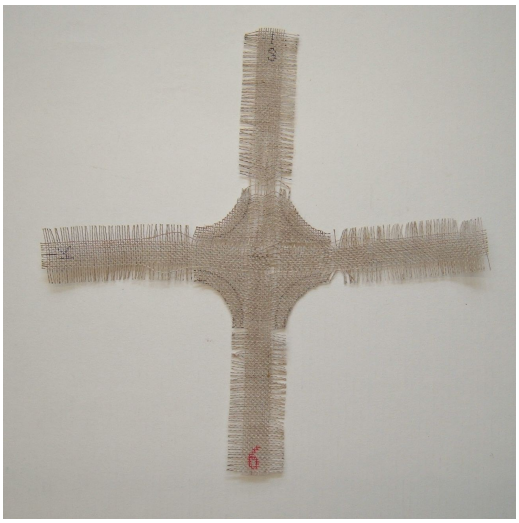
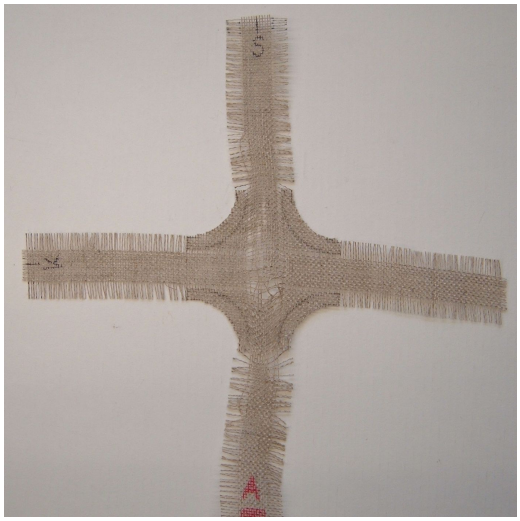


Abb. 08 und Abb. 09: Exemplarische Darstellungen äquibiaxial geprüfter Kreuzproben (200 mm). Besonders auffällig sind bei beiden Proben der stark beeinträchtigte und deformierte innere Mittelbereich (direkte Überlappung der äquibiaxial belasteten Kett- und Schussfäden), die stark überdehnten und gerissenen äußeren Kettfäden (horizontal) sowie der in Abb. 08 abgerissene untere Probenarm in Schussrichtung (vertikal) bzw. der in Abb. 09 ebenfalls bereits am Übergang zwischen oberen Arm und Mittelbereich in Schussrichtung sichtbare Schaden.

Fortsetzung **A.2.1** Nullproben

Kreuzproben



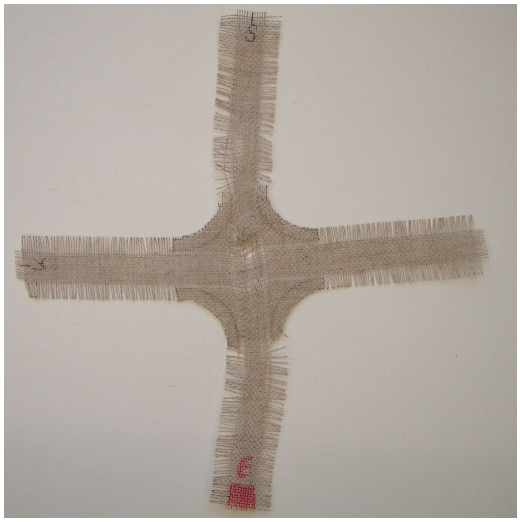


Abb. 10 und Abb. 11: Exemplarische Darstellungen lediglich uniaxial in Schussrichtung vertikal gezogener Kreuzproben mit unterdessen orthogonal fixierter, horizontaler Kettrichtung (200 mm). Auch bei diesen Proben zeigt sich wie an den äquibiaxial geprüften Kreuzproben (vgl. Abb. 08 und 09) der innere Mittelbereich (direkte Überlappung der uniaxial gezogenen sowie fixierten Schuss- und Kettfäden) als besonders beeinträchtigt und deformiert, jedoch lediglich mit erkennbaren Brüchen in Schussrichtung. Im Gegensatz zur äquibiaxialen Prüfung scheint die horizontale Kette lediglich im inneren Mittelbereich, bedingt durch den überlappenden vertikalen Zug im Schuss, leicht deformiert und sonst formstabil. Die sonst bei der äquibiaxialen Prüfung v.a. in Kettrichtung stark überdehnten und gerissenen äußeren Fäden liegen hier lediglich in vertikaler Schussrichtung vor.



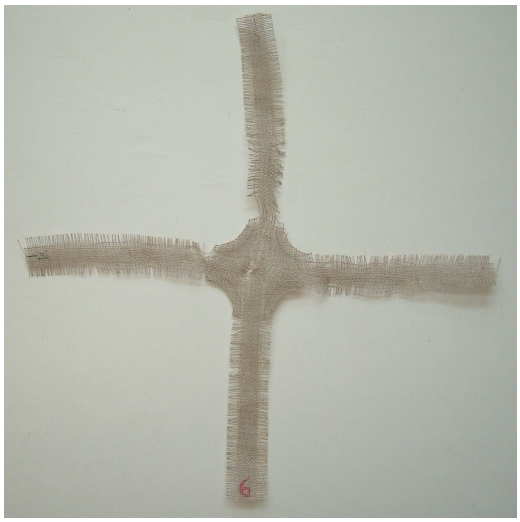
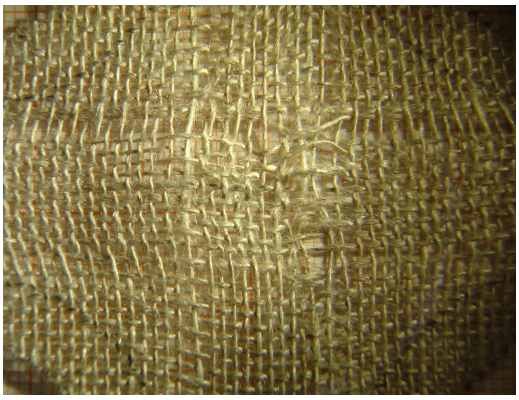


Abb. 12 und Abb. 13: Exemplarische Darstellungen äquibiaxial geprüfter längerer Kreuzproben (300 mm). Die längeren Probenarme stellen sich als besondere Schwachstellen dar (vgl. Abb. 8).

Fortsetzung **A.2.1** Nullproben

Kreuzproben



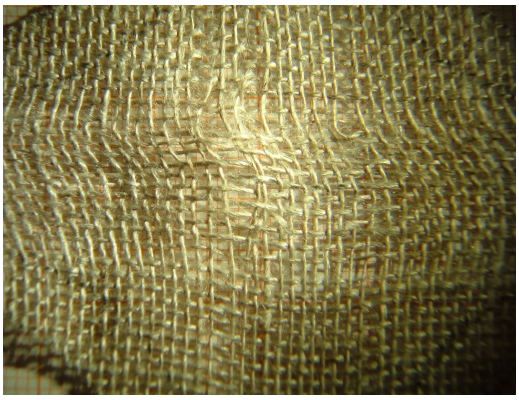
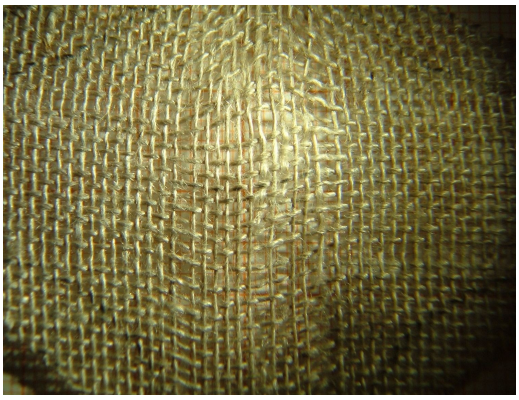


Abb. 14 und Abb. 15:
Exemplarische Details zweier äquibiaxial geprüfter Kreuzproben;
deutlich zu erkennen sind die auf den inneren Mittelbereich (direkte Überlappung der äquibiaxial belasteten Kett- und Schussfäden) konzentrierten Deformationen und Fadenrisse sowohl in Schuss-, als auch Kettsystem (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).



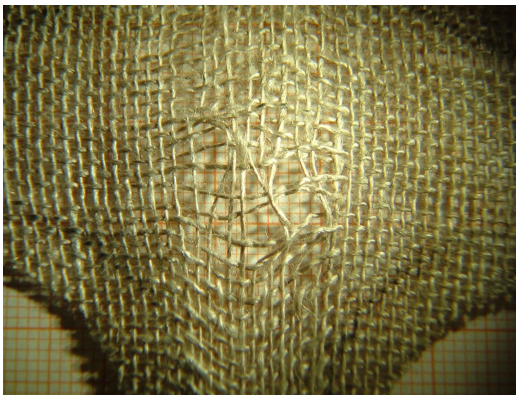


Abb. 16 und 17:
Exemplarische Details zweier lediglich uniaxial in Schussrichtung vertikal gezogener Kreuzproben mit unterdessen orthogonal fixierter horizontaler Kettrichtung.
Deutlich zu erkennen sind die von der äquibiaxialen Prüfung abweichenden Deformationen und Risse im inneren Mittelbereich (direkte Überlappung der uniaxial gezogenen sowie fixierten Schuss- und Kettfäden), vgl. auch Abb. 14 und 15. Im Gegensatz zur äquibiaxialen Prüfung hat sich das innere Mittelfeld hier vor allem in vertikaler Schussrichtung verformt, während die horizontal verlaufende Kette weniger stark beeinträchtigt ist, vgl. auch Abb. 10 und 11.
In vertikaler Schussrichtung sind zudem im an das innere Mittelfeld angrenzenden, umliegenden Mittelbereich insbesondere im Übergang zu den Probenarmen deutlichere Einschnürungen durch den Poisson-Effekt erkennbar (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.1** Nullproben

Berstdruckproben



Abb. 18: Exemplarische Darstellung einer Nullprobe zur Berstdruckprüfung mit angetragenen Hilfslinien in Bleistift; der Kreis dient dem späteren exakten Aufsetzen der Prüfglocke (Durchmesser 116 mm, entspricht den Außenwänden) .
In diesem Fall ist die Probe gedreht, das Kettsystem verläuft vertikal und das Schusssystem horizontal (siehe auch unter A.6.5 / Tabelle I).

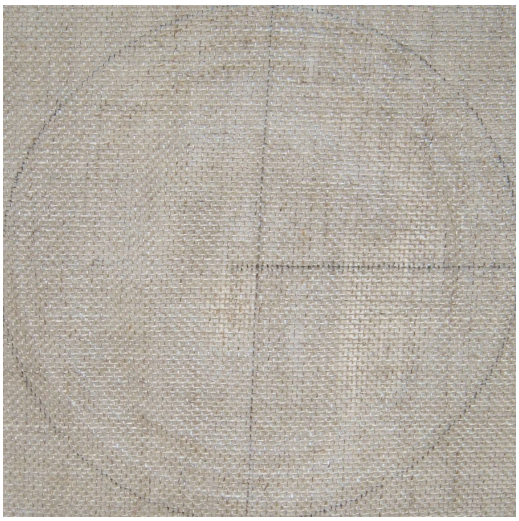
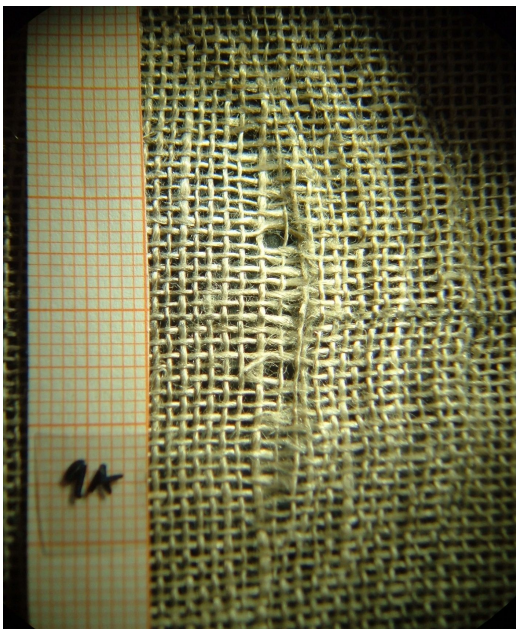


Abb. 19: Zu sehen ist eine mittig gleichmäßig komplett zerborstene Berstdruckprobe; um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Schuss: horiz.).



Abb. 20: Zu sehen ist eine vom Rand ausgehend komplett zerborstene Probe (vgl. Klemmbruch); umliegend ebenfalls sichtbar die Wandungen der Prüfglocke (Schuss: horiz.).

Fortsetzung **A.2.1** Nullproben

Berstdruckproben	
	
Abb. 21: Zu sehen ist eine seitlich komplett zerborstene Berstdruckprobe mit auffallend ausfransten Schadstellenrändern; um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Schuss: horiz.).	Abb. 22: Zu sehen ist eine makroskopisch nicht sichtbar beschädigte, lediglich bis zum „ersten Knacken“ geprüfte Berstdruckprobe, umliegend hier ebenfalls gut sichtbar die Wandungen der Prüfglocke (Schuss: horizontal). Vgl. Abb. 27.
	
Abb. 23: Detaildarstellung eines vom Rand ausgehenden Berstens im Sinne eines „Klemmbruchs“, vgl. auch Abb. 20 (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm). Schuss: horizontal.	Abb. 24: Detaildarstellung eines vom Rand ausgehenden, kompletten Zerberstens, vgl. auch Abb. 20 und 23 (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm). Schussrichtung auch hier: horizontal.

Fortsetzung **A.2.1** Nullproben

Berstdruckproben

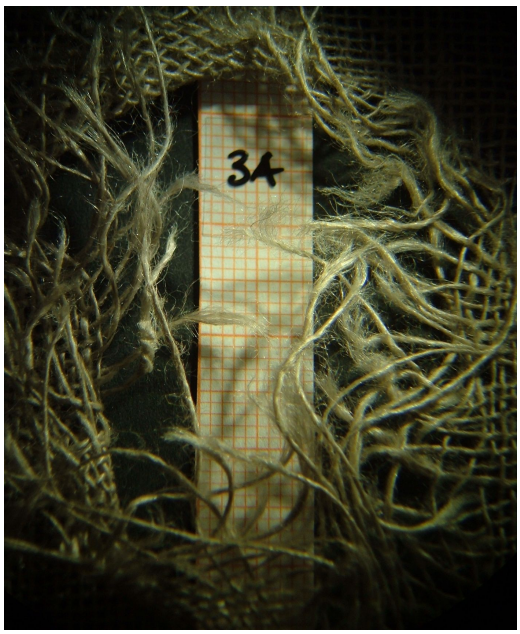


Abb. 25: Exemplarische Detaildarstellung einer seitlich komplett zerborstenen Probe, vgl. auch Abb. 21. Auf dieser Abbildung sind besonders gut die gerissenen und stark auseinander-gefaserten Fäden erkennbar. Der Schuss läuft horizontal. (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

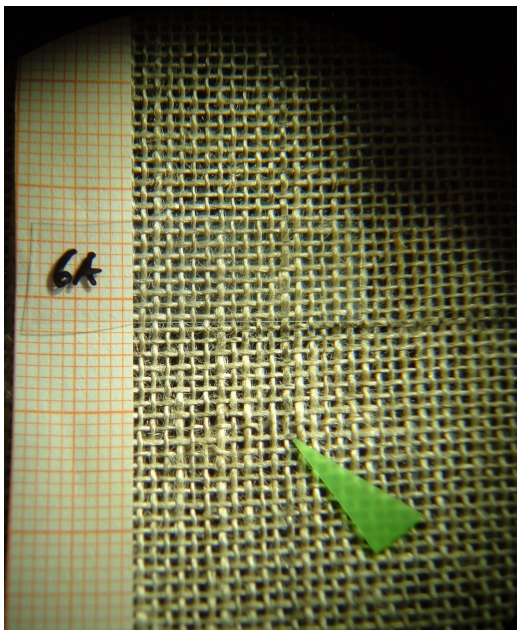


Abb. 26: Exemplarische Detaildarstellung einer lediglich bis zum „ersten Knacken“ geprüften Probe, vgl. auch Abb. 22. Der Schuss verläuft auch hier horizontal; der grüne Pfeil markiert einen Fadenriss in Schussrichtung, siehe auch Abb. 27. (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

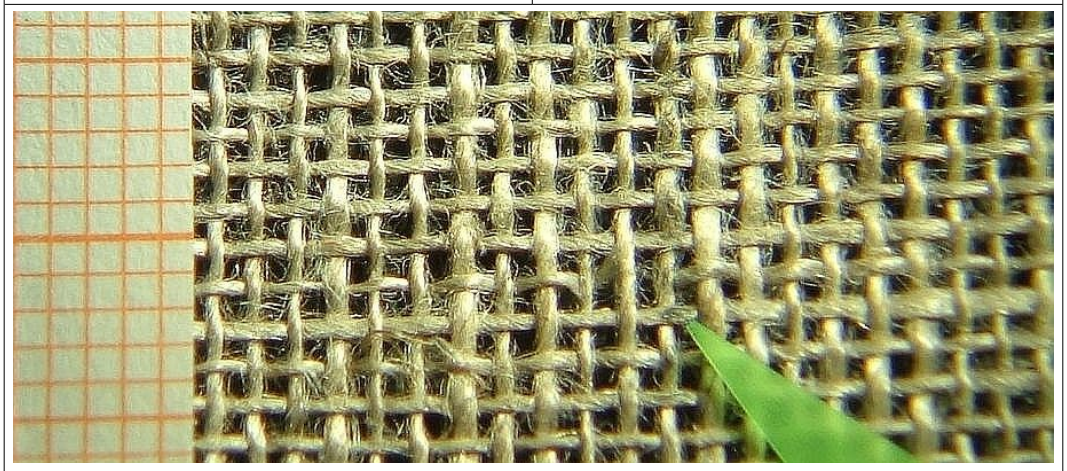


Abb. 27: Der grüne Pfeil markiert einen einzelnen Fadenriss in Schussrichtung; diese bei der Berstdruckprüfung bis zum „ersten Knacken“ sehr vereinzelt auftretenden Fadenrisse sind makroskopisch kaum sichtbar und verursachen mit bloßem Auge nicht bis lediglich kaum wahrnehmbare Gewebedeformationen, vgl. auch Abb. 22 (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.2 Mowilith D 50

Klebstofffilme

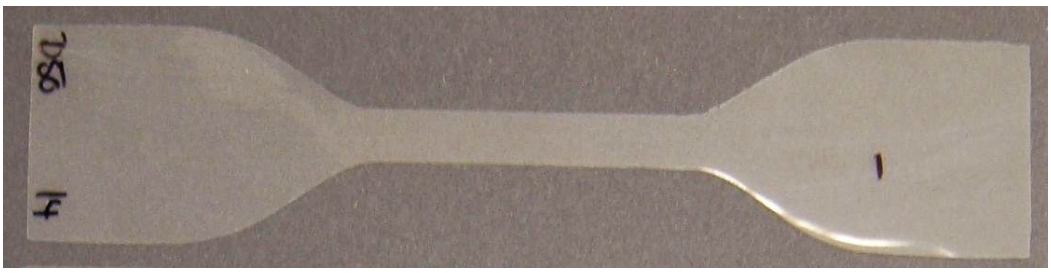


Abb. 01: Vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm).
Vom geprüften Klebstofffilm ist leider kein geeignetes Bild vorhanden, vgl. A.2.4 / Abb. 01.

Einzelfäden

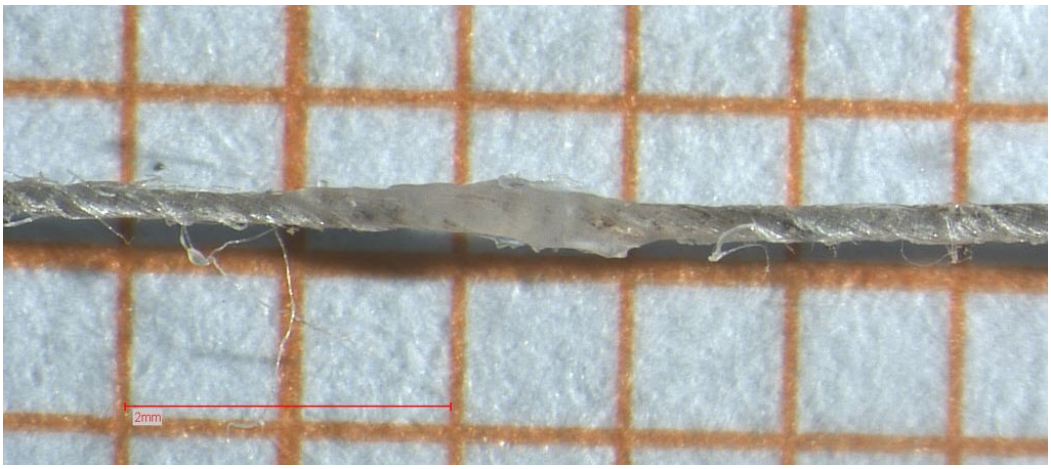


Abb. 02: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).



Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.3 Mowilith DHS S1

Klebstofffilme

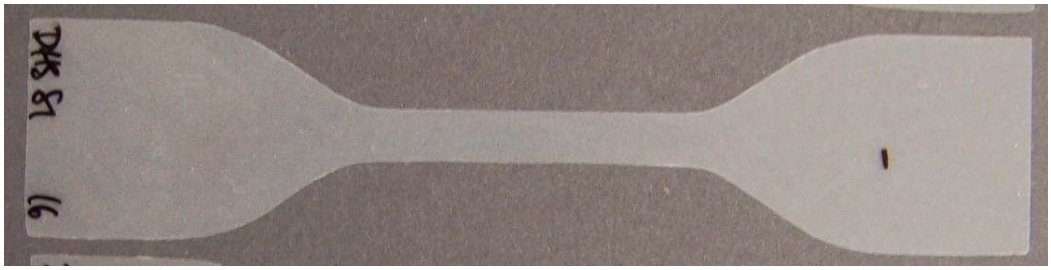


Abb. 01: Vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm).
Vom geprüften Klebstofffilm ist leider kein geeignetes Bild vorhanden, vgl. A.2.4 / Abb. 01.

Einzelfäden



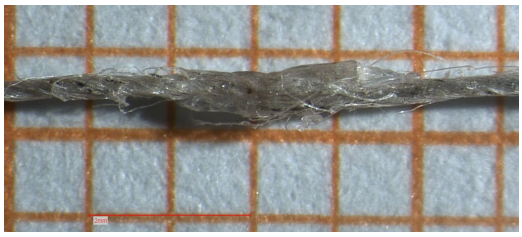


Abb. 02 und Abb. 03: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß- und überlappende Verklebung (SAS / Ü) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).

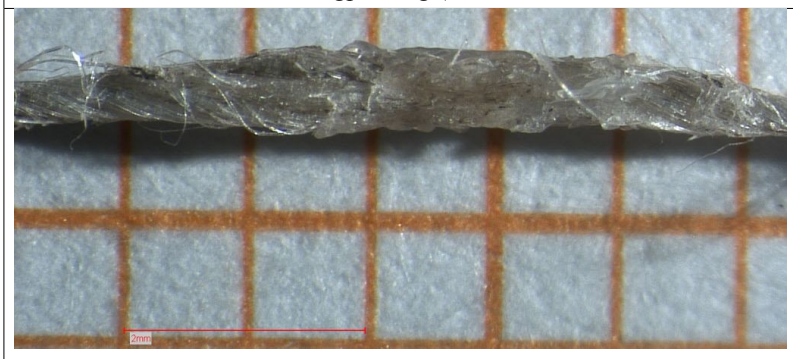


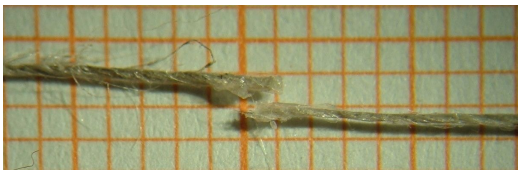
Abb. 04: Vorbereitete überlappend-vermengte Verklebung (Ü+V) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).



Abb. 05: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.3** Mowilith DHS S1

Einzelfäden



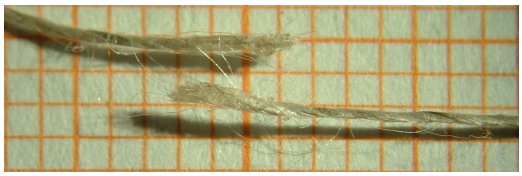


Abb. 06 und 07: Geöffnete überlappende und überlappend-vermengte Verklebung (Ü / Ü+V) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Gewebestreifen

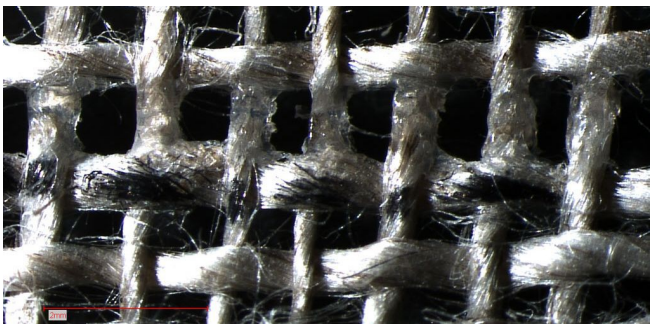
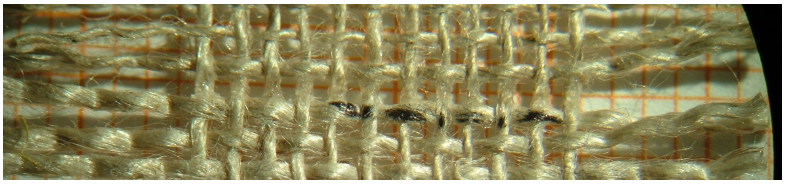


Abb. 08:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung von der Bearbeitungsseite; es lassen sich schmalere und etwas dickere Klebefugen im Verbund erahnen (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).



Abb. 09:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung von der Bearbeitungsrückseite; die Verbindungen der einzelnen Fasern sowie die Klebstoffbenetzung erscheinen hier teils als unzureichend (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).



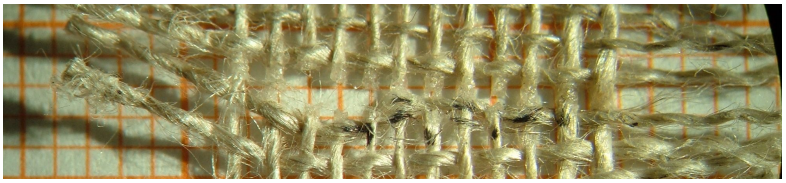
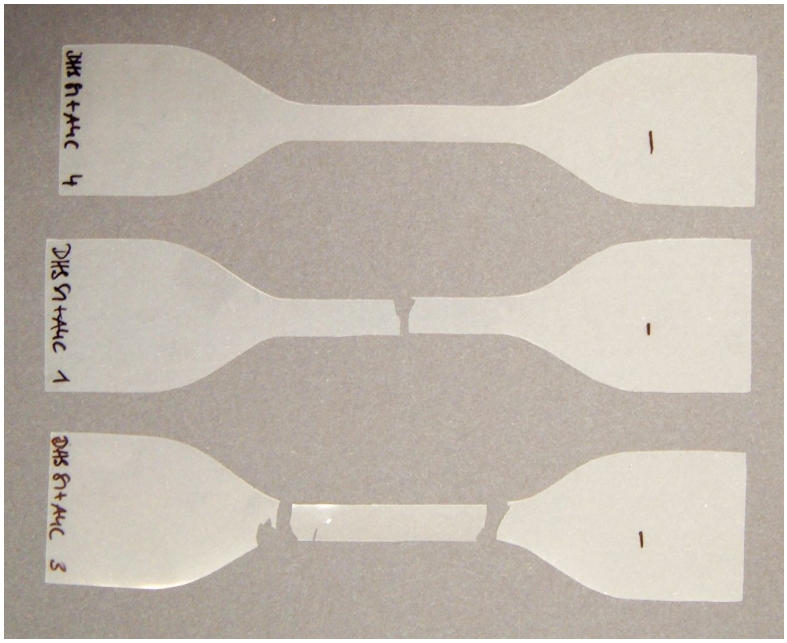
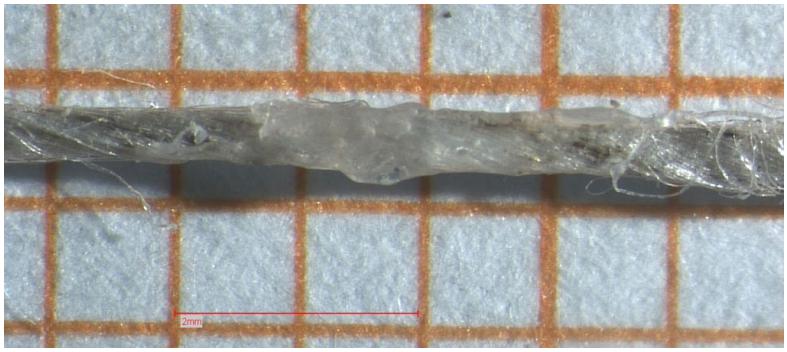


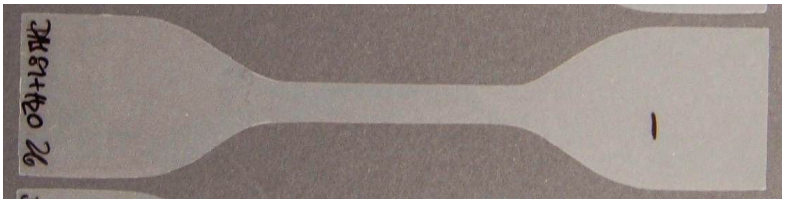
Abb. 10 und Abb. 11:
Vorbereitete (Abb. 10) und uniaxial zug-geprüfte, sich partiell geöffnete (Abb. 11) Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.4 Mowilith DHS S1 + Methocel A4C

Klebstofffilme	
	Abb.01: Ganz oben ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darunter exemplarisch dargestellt zwei geprüfte Filmprobekörper unterschiedlichen Risstyps, siehe auch unter A.8.1 / Tabelle I.
Einzelfäden	
	Abb. 02: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).
	Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.5 Mowilith DHS S1 + H_2O

Klebstofffilme



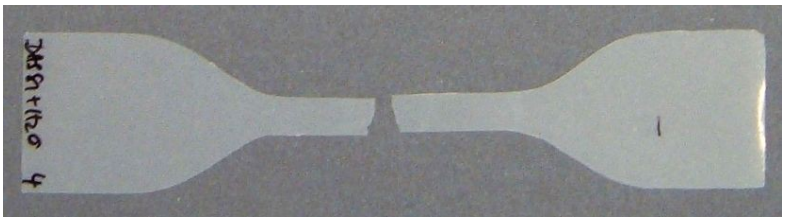


Abb. 01 und Abb. 02: Oben ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung (Abb. 01); am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darunter exemplarisch dargestellt ein geprüfter Filmprobekörper (Abb. 02).

Einzelfäden

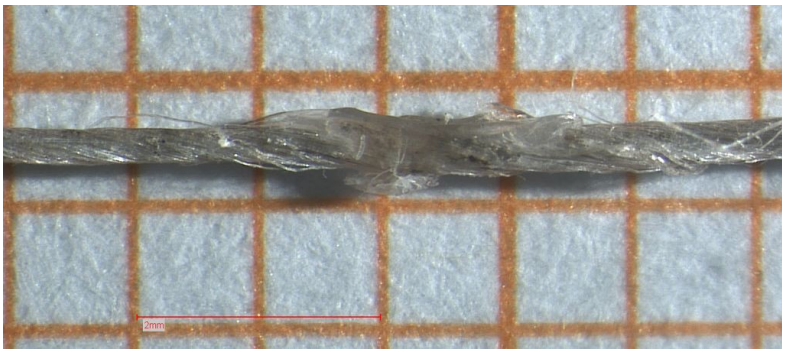


Abb. 03: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).



Abb. 04: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.6 Mowilith LD 167

Klebstofffilme

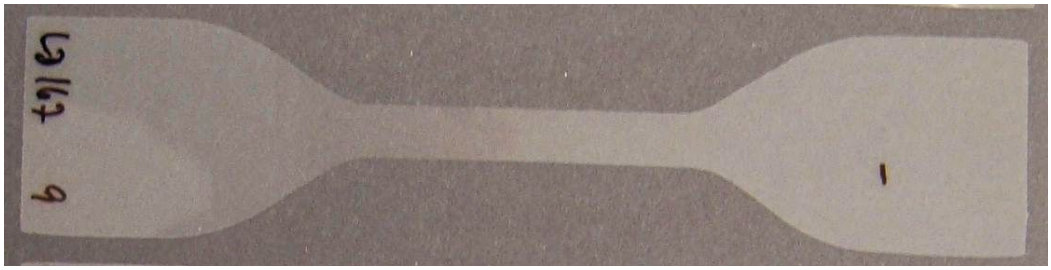


Abb. 01: Vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm).
Vom geprüften Klebstofffilm ist leider kein geeignetes Bild vorhanden, vgl. A.2.4 / Abb. 01.

Einzelfäden

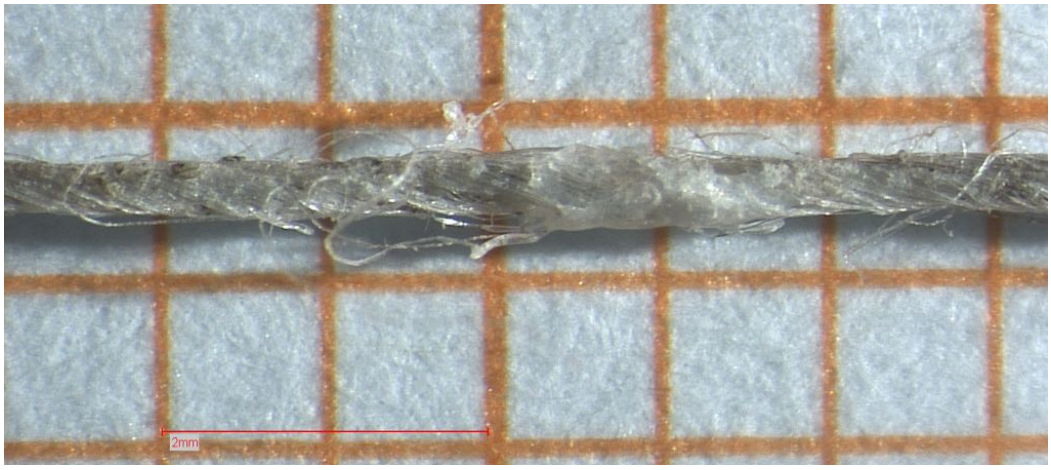


Abb. 02: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).

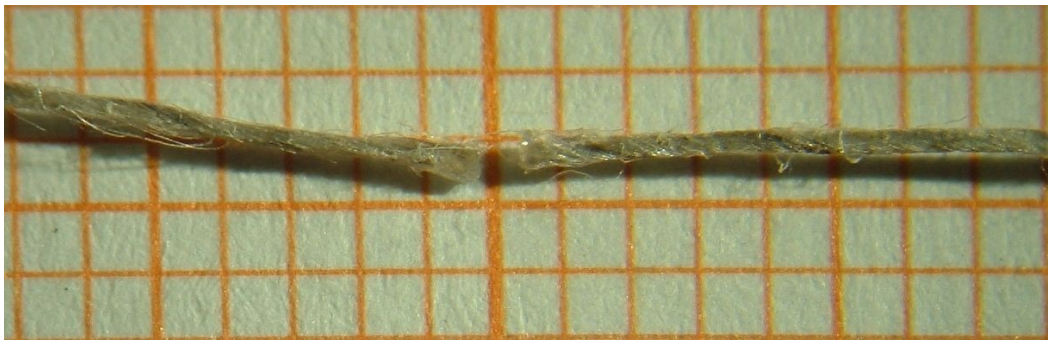


Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.7 Lineco

Klebstofffilme

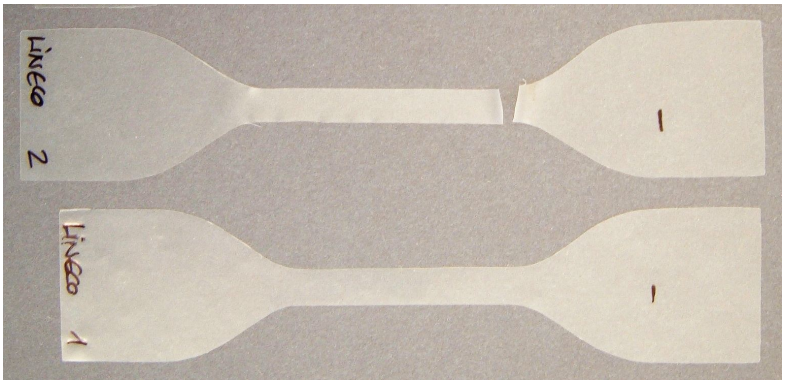


Abb.01:
Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch dargestellt ein geprüfter Filmprobekörper.

Einzelfäden





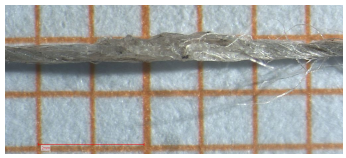
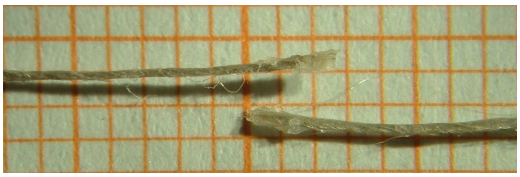


Abb. 02, 03 und 04:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß- , überlappende und überlappend-vermengte Verklebung (SAS / Ü / Ü+V) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung. In diesem Vergleich ist besonders auffällig, wieviel dicker die Klebestelle bei der einfach überlappenden im Vergleich zur überlappend-vermengten Verklebung wird (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).





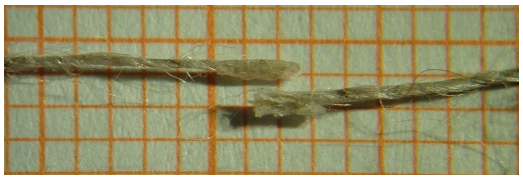
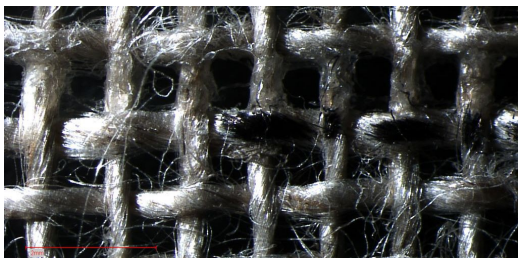


Abb. 05, 06 und 07:
Geöffnete Stoß-auf-Stoß-, überlappende und überlappend-vermengte Verklebung (SAS / Ü / Ü+V) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Gewebestreifen



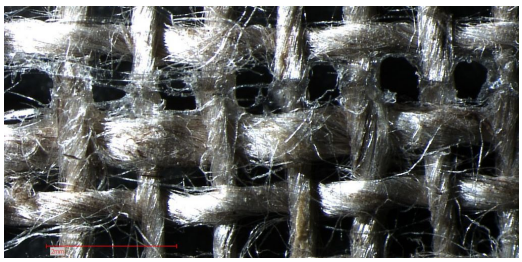
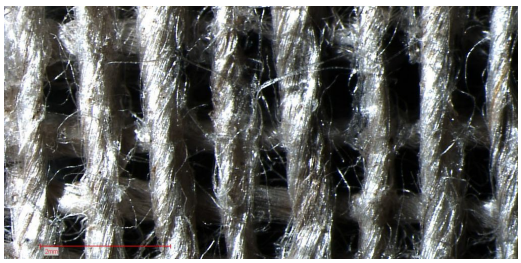


Abb. 08 und Abb. 09:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung von der Bearbeitungsseite (Abb. 08) sowie von der Bearbeitungsrückseite (Abb. 09). Es lassen sich schmalere und etwas dickere Klebefugen im Verbund erahnen, zudem erscheinen die Verbindungen der einzelnen Fasern sowie die Klebstoffbenetzung rückseitig teils als unzureichend (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).



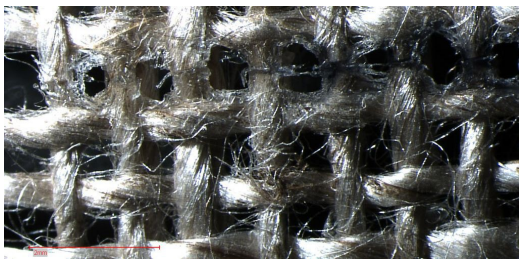
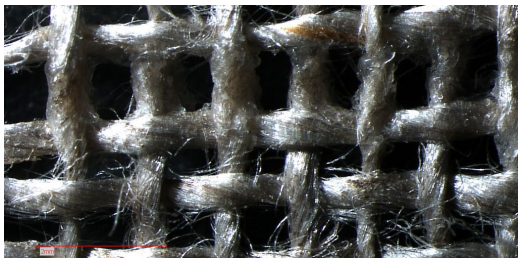


Abb. 10 und Abb. 11:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit aufgesetzten Fadenbrücken (SAS+B) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung, von der Bearbeitungsseite (Abb. 10) sowie von der Bearbeitungsrückseite (Abb. 11). Auch hier erscheinen die Verbindungen der einzelnen Fasern rückseitig teils als unzureichend (Maßstab: roter Balken ≙ 2 mm).



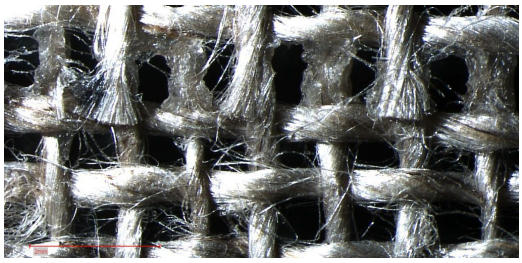


Abb. 12 und Abb. 13:
Detail einer vorbereiteten überlappenden Verklebung (Ü) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung von der Bearbeitungsseite (Abb. 12) sowie von der Bearbeitungsrückseite (Abb. 13). Vorderseitig erscheint die Verklebung als gleichmäßig und gelungen, von der Rückseite betrachtet erscheinen die Verbindungen der einzelnen Fasern sowie die Klebstoffbenetzung hingegen teils als unzureichend (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Gewebestreifen

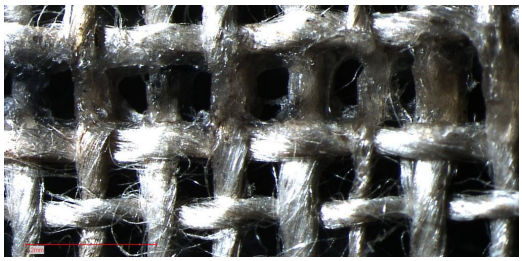
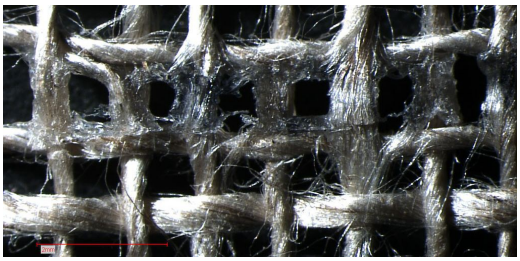



Abb. 14 und Abb. 15:
Detail einer vorbereiteten überlappend-vermengten Verklebung (Ü+V) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung von der Bearbeitungsseite (Abb. 14) sowie von der Bearbeitungsrückseite (Abb. 15). Vorderseitig erscheint die Verklebung als gleichmäßig und gelungen, von der Rückseite betrachtet sind hingegen einige Fasern teils unzureichend eingemengt (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

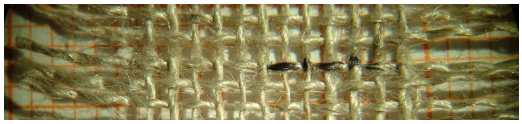
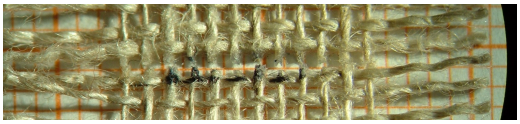



Abb. 16 und Abb. 17:
Vorbereitete (Abb. 16) und uniaxial zuggeprüfte, sich partiell geöffnete (Abb. 17) Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

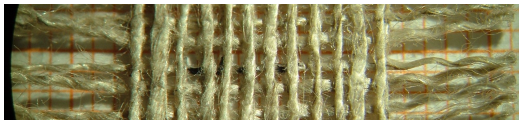



Abb. 18 und Abb. 19:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B) am Gewebestreifen, vorder- und rückseitig betrachtet (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

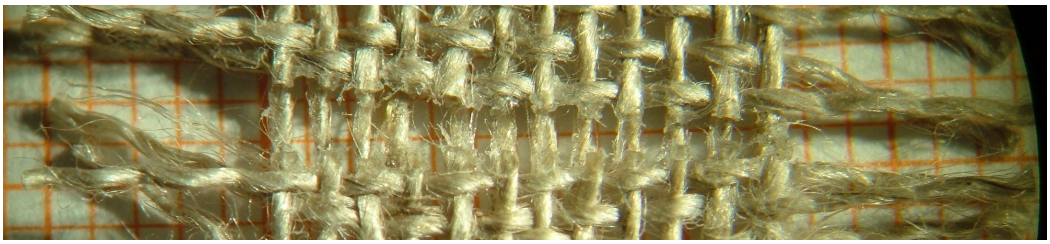


Abb. 20:
Sowie uniaxial zuggeprüfte, sich fast vollständig bis auf die Fadenbrücken rückseitig geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B); von der Rückseite sind gut die vorderseitig durchlaufenden Fadenbrücken erkennbar (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Gewebestreifen

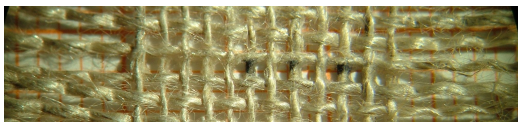
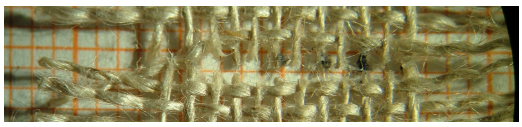



Abb. 21 und Abb. 22:
Vorbereitete (Abb. 21) und uniaxial zuggeprüfte, sich partiell geöffnete (Abb. 22) überlappende Verklebung (Ü) am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

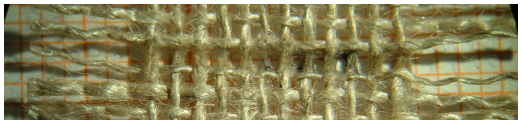
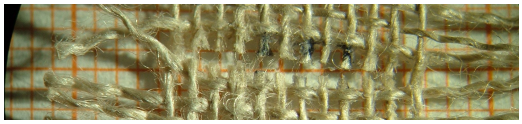



Abb. 23 und Abb. 24:
Vorbereitete (Abb. 23) und uniaxial zuggeprüfte, sich partiell geöffnete (Abb. 24) überlappend-vermengte Verklebung (Ü+V) am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Kreuzproben

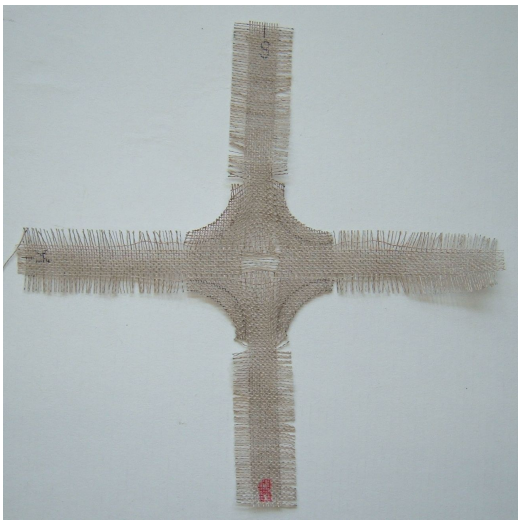
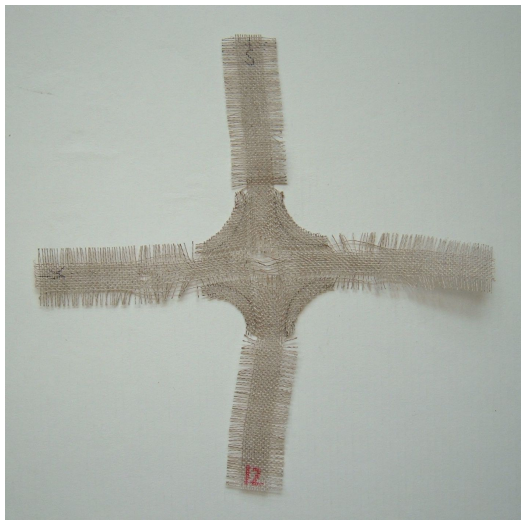
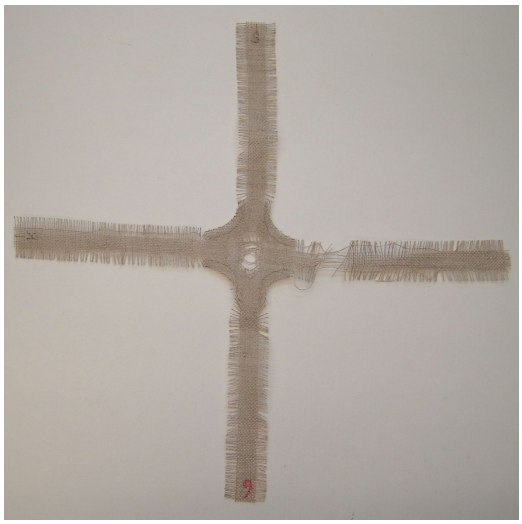



Abb. 25 und Abb. 26:
Zwei bereits äquibiaxial zuggeprüfte Kreuzproben mit einer Gesamtlänge von 200 mm und Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS); die Verklebung im inneren Mittelfeld hat sich erkennbar zuerst geöffnet. Deutlich zu erkennen sind zudem die prüfbedingten Verformungen, welche v.a. aus Umstrukturierungen im Gewebe, unterschiedlich stark gedehnten Bereichen mit auseinander-gezogenen Fasern sowie partiell gerissenen Fasern resultieren.
Besonders auffällig sind bei beiden Proben die sich nach der Klebungsöffnung durch die fortgesetzte Zugbewegung aus dem inneren Mittelbereich (direkte Überlappung der äquibiaxial belasteten Kett- und Schussfäden) ziehenden Schussfäden in vertikaler Richtung sowie die erkennbare Einschnürung durch den Poisson-Effekt im Mittelfeld an den Übergängen zu den Probenarmen, insbesondere in vertikaler Schussrichtung. Ebenfalls auffällig sind die stark überdehnten und gerissenen äußeren Kettfäden in horizontaler Richtung.

Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Kreuzproben



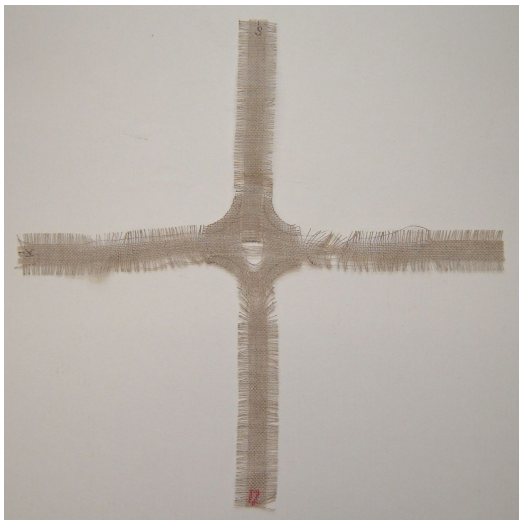
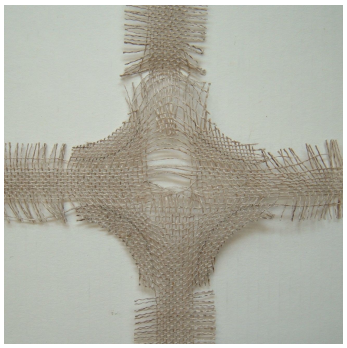
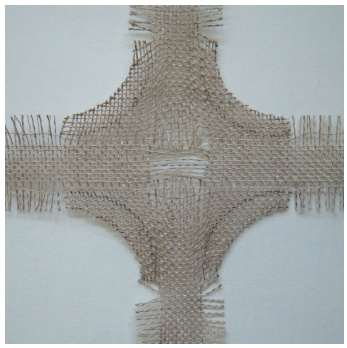


Abb. 27 und Abb. 28:
Exemplarische Darstellung zweier bereits äquibiaxial zuggeprüfter Kreuzproben mit einer ursprünglichen Gesamtlänge von 300 mm und Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS). Es lassen sich prinzipiell die gleichen Phänomene wie in Abb. 25 und 26 beobachten; die längeren Probenarme stellen sich hier zudem als besondere Schwachstellen dar. Hinzuweisen ist auch auf die oberhalb der Klebestelle noch immer am der Klebung nächsten horizontal durchgehenden Kettfaden anhaftenden vertikalen Schussfäden in Abb. 28.





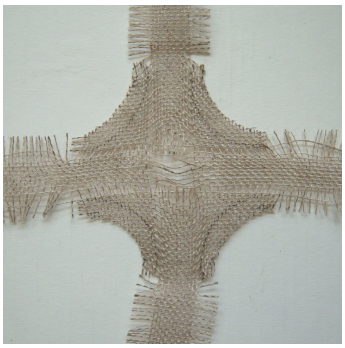


Abb. 29, 30 und 31:
Exemplarische Detaildarstellungen verschiedener bereits äquibiaxial zuggeprüfter Kreuzproben mit einer ursprünglichen Gesamtlänge von 200 mm und Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS). Abb. 29 zeigt deutlich, wie die vertikalen Schussfäden nach der Klebungsöffnung unterhalb der Klebestelle noch länger am nächsten horizontal durchlaufenden Kettfaden anhafteten, weshalb sich die unteren Schussfadenhälften erst deutlich weniger aus dem Mittelbereich gezogen haben und oben gegenüberliegend zudem ein stärker einschnürender Poisson-Effekt erkennbar ist. Sowohl Abb. 29 und Abb. 31 zeigen eine starke Beeinträchtigung der horizontalen Kettfäden, insbesondere in den „Arm-Übergängen“ und der äußersten Kettfäden sowie daraus resultierende Verwerfungen, während in Abb. 30 die Kettfäden weniger stark beeinträchtigt worden zu sein scheinen und ein deutlich geringere Poisson-Effekte in horizontaler Richtung vorliegen.

Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Kreuzproben

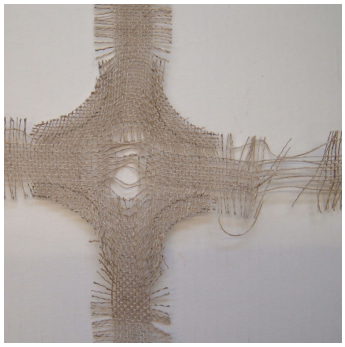
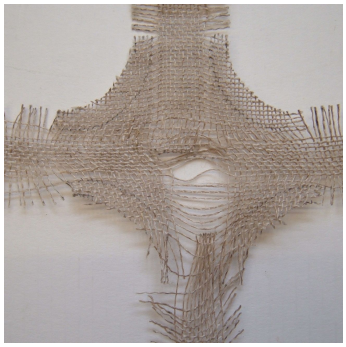
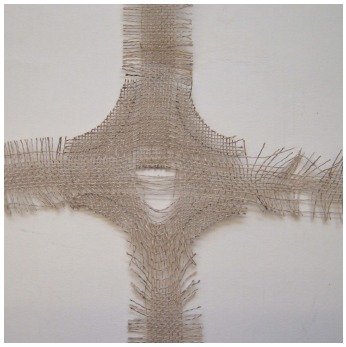




Abb. 32, 33 und 34:
Exemplarische Detaildarstellungen verschiedener bereits äquibiaxial zuggeprüfter Kreuzproben mit einer ursprünglichen Gesamtlänge von 300 mm und Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS).
Es lassen sich prinzipiell die gleichen Phänomene wie in Abb. 29-31 beobachten; die längeren Probenarme stellen sich hier zudem als besondere Schwachstellen, insbesondere in den Übergängen zum Mittelbereich, dar.
Abb. 33 und 34 zeigen erneut, wie die vertikalen Schussfäden nach der Klebungsöffnung hier oberhalb der Klebestelle noch länger am nächsten horizontal durchlaufenden Kettfaden anhafteten, weshalb sich die oberen Schussfadenhälften erst deutlich weniger aus dem Mittelbereich gezogen haben und unten gegenüberliegend zudem ein stärker einschnürender Poisson-Effekt erkennbar ist.

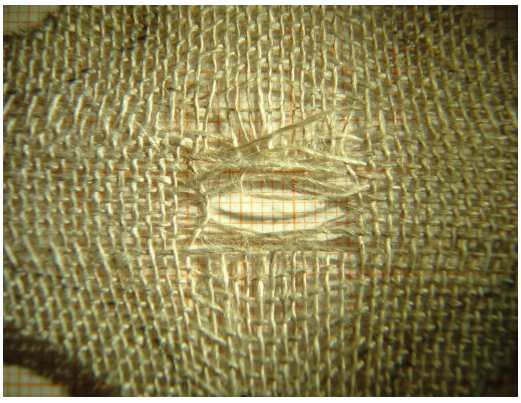
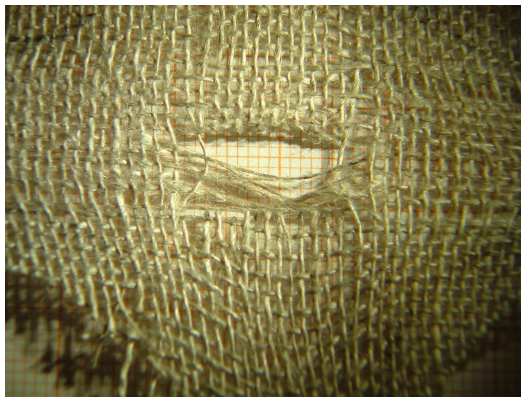
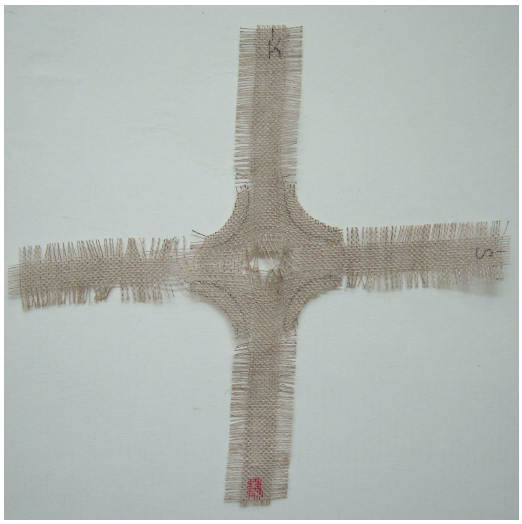



Abb. 35 und Abb. 36:
Nochmals zwei exemplarische Detaildarstellungen bereits äquibiaxial zuggeprüfter Kreuzproben mit Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS).
Abb. 35 zeigt deutlich den wieder geöffneten Schnitt in vertikaler Schussrichtung; beide Schussenden haben sich recht gleichmäßig durch die nach der Klebungsöffnung fortgesetzte Zugbewegung auseinander bewegt. Die horizontalen Kettfäden erscheinen stark überdehnt sowie größtenteils im inneren Mittelbereich (direkte Überlappung der äquibiaxial belasteten Kett- und Schussfäden) gerissen.
In Abb. 36 hingegen hafteten die vertikalen Schussfäden nach der Klebungsöffnung oberhalb der Klebestelle noch länger am nächsten horizontal durchlaufenden Kettfaden an; die Kettfäden scheinen überdehnt, jedoch hier weniger stark gerissen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Kreuzproben



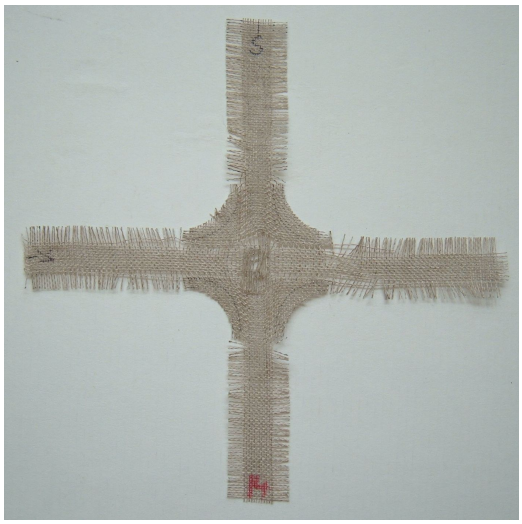
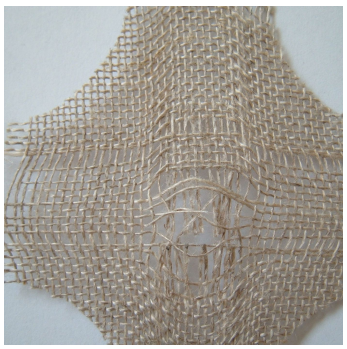


Abb. 37 und Abb. 38:
Zwei bereits äquibiaxial zuggeprüfte Kreuzproben mit einer Gesamtlänge von 200 mm und Stoß-auf-Stoß-Verklebungen mit Fadenbrücken (SAS+B); es lassen sich prinzipiell die gleichen Phänomene wie in Abb. 25 und 26 beobachten. Abb. 37 zeigt eine deutliche Klebestellenöffnung mit einseitig alternierend abgesprengten Fadenbrücken, während Abb. 38 eine weniger offensichtliche Öffnung mit deutlich gerader ausgerichteten, bevorzugt unten links bzw. oben rechts noch anhaftenden, einseitig gelösten Fadenbrücken in vertikaler Schussrichtung zeigt.



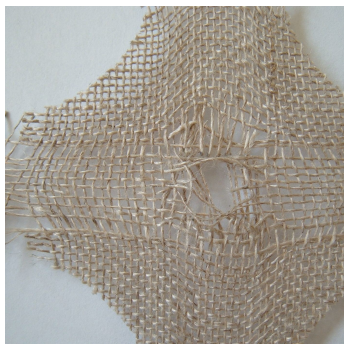
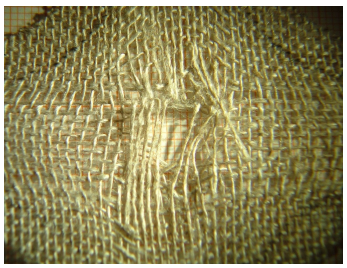


Abb. 39 und Abb. 40:
Exemplarische Detail-darstellungen verschiedener bereits äquibiaxial zuggeprüfter Kreuzproben mit Stoß-auf-Stoß-Verklebungen und Fadenbrücken (SAS+B); es zeigen sich unterschiedliche Ausprägungen der Klebungsöffnung und des Ablösens der Fadenbrücken, vgl. u.a. Abb. 37 und 38.



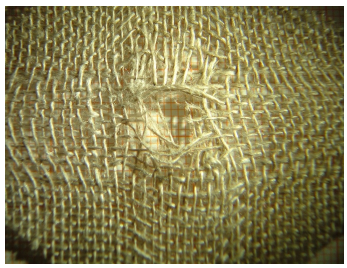


Abb. 41 und Abb. 42:
Veranschaulichende vorder- (Abb. 41) und rückseitige (Abb. 42) Darstellung einer bereits äquibiaxial zugge-prüften Kreuzprobe mit Stoß-auf-Stoß-Verklebung und Fadenbrücken (SAS+B).
Maßstab: ein Kästchen ≙ 1 mm.

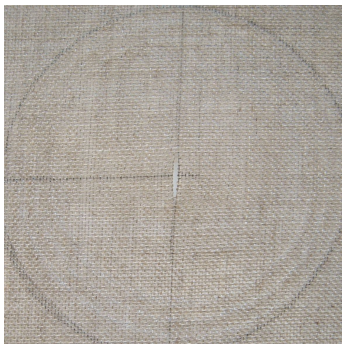
Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Berstdruckproben





Abb. 43 und Abb. 44:
Zu sehen sind zwei exemplarische Darstellungen mittig gleichmäßig komplett zerborstener Berstdruckproben mit Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS); um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Gesamtdurchmesser 116 mm).
Der hier horizontal verlaufende Schuss ist nach Klebungsöffnung weiter gerissen; Abb. 44 zeigt besonders deutlich, wie ausgehend vom mittig vertikal verlaufenden Riss durch den Schuss das umliegende Gewebe weiter aufgedehnt wurde, verzögert mit ansteigender Belastung auch vertikal verlaufende Kettfäden gerissen sind und die Probe regelrecht seitlich „aufgeklappt“ ist.



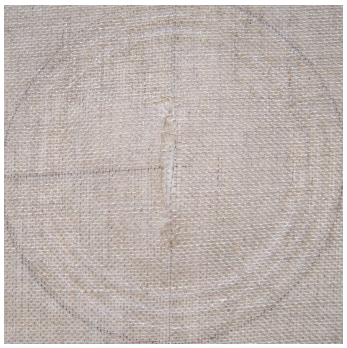
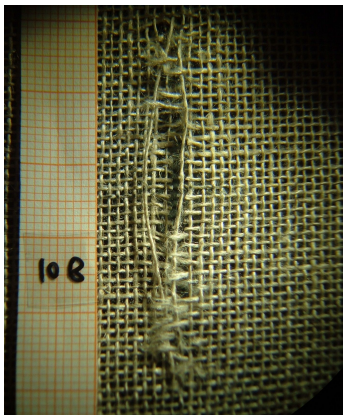


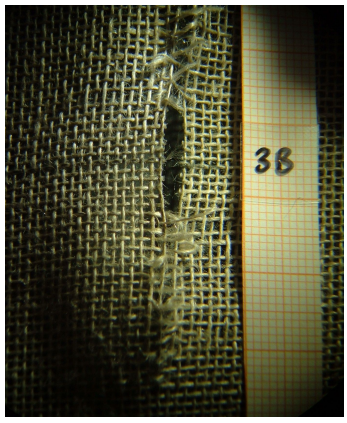


Abb. 45, 46 und 47:
Zu sehen sind drei exemplarische Darstellungen mittig bei der Berstdruckprüfung bis zum „ersten Knacken“ lediglich leicht geöffneter Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS);
um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Gesamtdurchmesser 116 mm).
Während Abb. 45 lediglich eine Öffnung der Klebestelle ohne weitere makroskopisch sichtbare Beeinträchtigung des umliegenden intakten Gewebematerials zeigt, hat sich der Schnitt nach Öffnung der Klebestelle in Abb. 46 und 47 als Riss beidseitig im horizontal verlaufenden Schuss fortgesetzt. Abb. 47 zeigt zudem eine auch Wochen nach der Prüfung verbleibende deutliche Verwölbung der Gewebeprobe, bedingt durch plastische Dehnung der Schuss- und Kettfäden.

Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Berstdruckproben





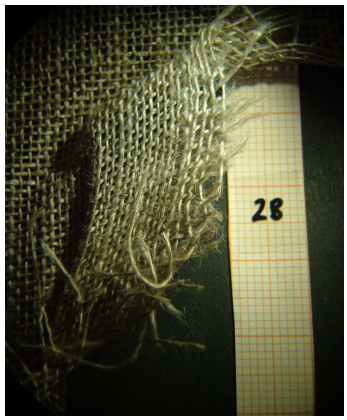
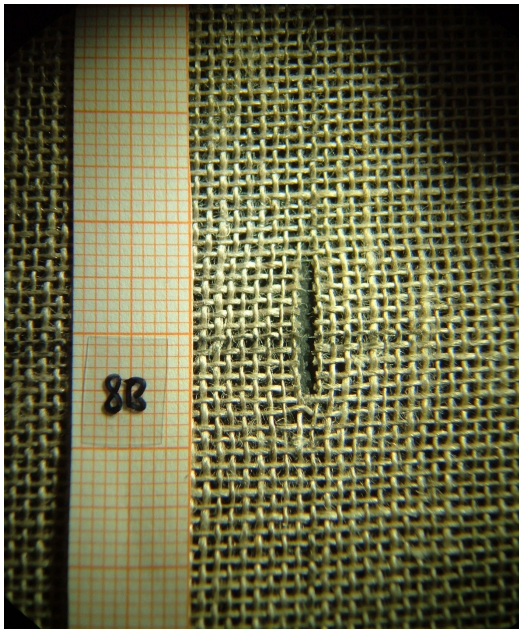


Abb. 48, 49 und 50:
Zu sehen sind drei exemplarische Detaildarstellungen mittig geborstener Berstdruckproben mit Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS). Abb. 48 und 49 zeigen, wie der horizontal verlaufende Schuss nach Klebungsöffnung weiter gerissen ist, wobei in Abb. 48 die vertikalen Kettfäden bereits stärker überdehnt wurden. Abb. 50 zeigt eine komplett zerborstene Probe, bei der ausgehend vom mittig vertikal verlaufenden Riss durch den Schuss das umliegende Gewebe weiter aufgedehnt wurde und verzögert mit ansteigender Belastung auch die vertikal verlaufenden Kettfäden gerissen sind, sodass die Probe regelrecht seitlich „aufgeklappt“ ist, vgl. auch Abb. 44 (Maßstab: vgl. nebenliegenden Millimeterpapierstreifen / ein Kästchen ≙ 1 mm).



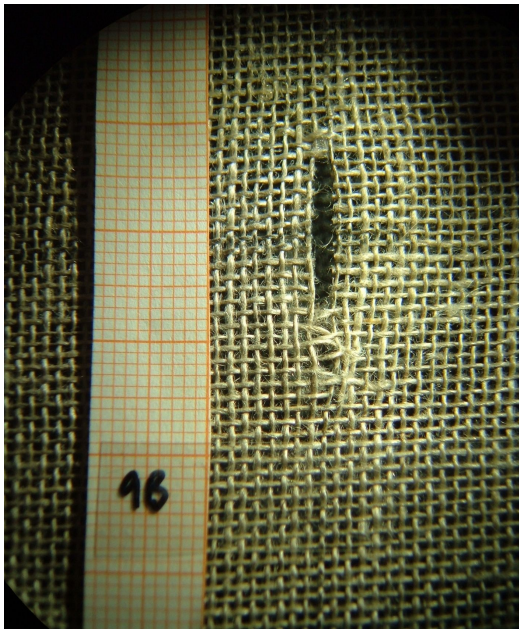
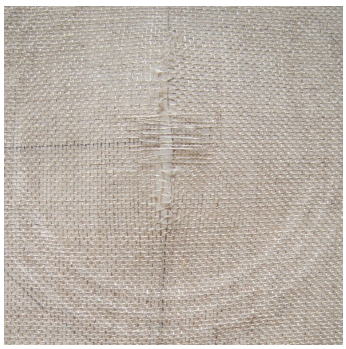
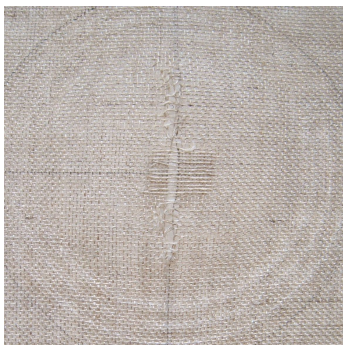
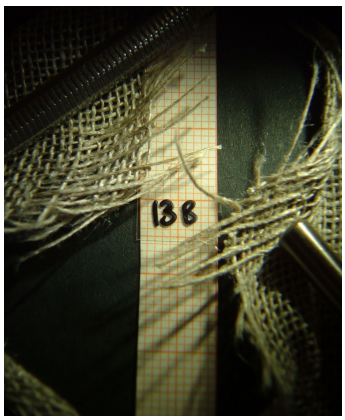
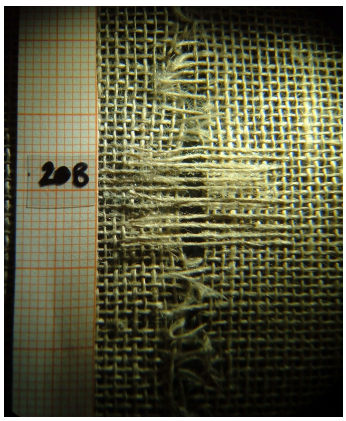
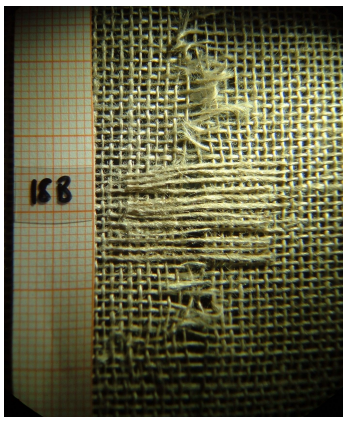


Abb. 51 und Abb. 52: Zu sehen sind zwei weitere exemplarische Detaildarstellungen lediglich bis zum „ersten Knacken“ geprüfter Berstdruckproben mit fast ausschließlich geöffneten Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS), vgl. auch Abb. 45 und 46 (Maßstab: ein Kästchen ≙ 1 mm).

Fortsetzung **A.2.7** Lineco

Berstdruckproben		
		
Abb. 53: Exemplarische Darstellung einer mittig gleichmäßig komplett zerborstenen Berstdruckprobe mit Stoß-auf-Stoß-Verklebung und Fadenbrücken (SAS+B); vgl. auch Abb. 43. Um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Gesamt-durchmesser 116 mm).	Abb. 54 und Abb. 55: Zu sehen sind zwei exemplarische Darstellungen mittig geborstener, etwas schwächer nach Öffnung der Stoß-auf-Stoß-Verklebungen mit Fadenbrücken (SAS+B) im horizontalen Schuss weiter gerissener Proben, vgl. auch Abb. 48 und 49. Um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Gesamtdurchmesser 116 mm). Während sich in Abb. 54 die Fadenbrücken recht gleichmäßig alternierend jeweils einseitig abgelöst haben, scheinen die Fadenbrücken in Abb. 55 weniger stark abgesprengt und vor allem noch rechtsseitig des geöffneten Schnittes anhaftend.	
		
Abb. 56: Exemplarisches Detail einer mittig gleichmäßig komplett zerborstenen Berst-druckprobe mit Stoß-auf-Stoß-Verklebung und Fadenbrücken (SAS+B), vgl. auch Abb. 53. Die Fadenbrücken haben sich recht gleichmäßig alternierend jeweils einseitig abgelöst (1 Kästchen ≙ 1 mm).	Abb. 57 und Abb. 58: Zu sehen sind zwei weitere Details mittig geborstener, etwas schwächer nach Öffnung der Stoß-auf-Stoß-Verklebungen mit Fadenbrücken (SAS+B) im horizontal verlaufenden Schuss weiter gerissener Proben, vgl. 54 und 55. Während sich in Abb. 54 und 57 die Fadenbrücken recht gleichmäßig alternierend jeweils einseitig abgelöst haben, scheinen die Fadenbrücken in Abb. 55 und 58 weniger stark abgesprengt und vor allem noch rechtsseitig des geöffneten Schnittes anhaftend.	

A.2.8 Lineco + H_2O

Klebstofffilme

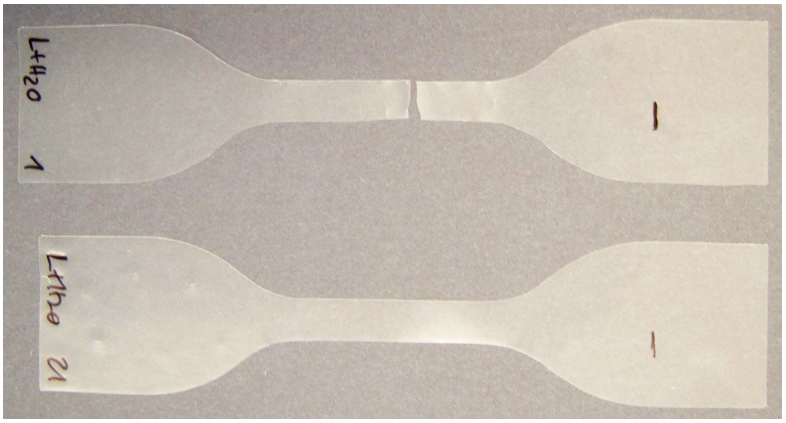


Abb. 01:
Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch dargestellt ein geprüfter Filmprobekörper.

Einzelfäden



Abb. 02:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).

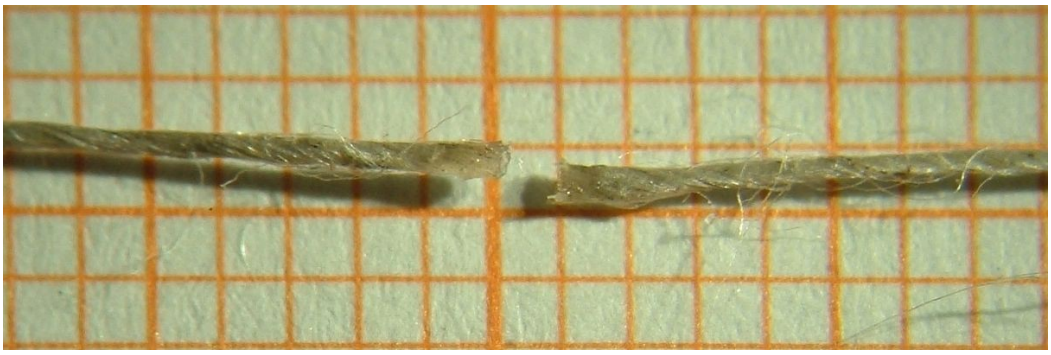
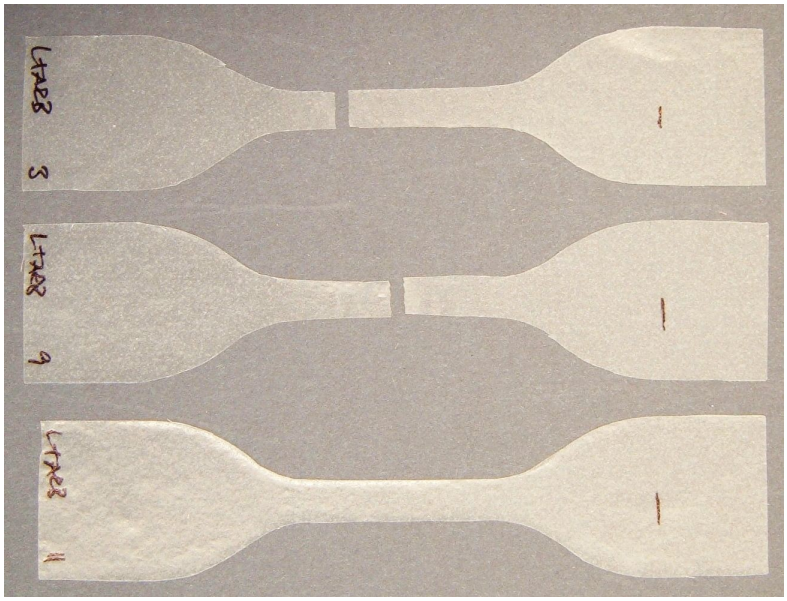


Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.9 Lineco + Arbocel BWW 40

Klebstofffilme	
	Abb.01: Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch dargestellt zwei geprüfte Filmprobekörper mit unterschiedlichen Risstypen, vgl. auch A.8.1 / Tabelle I.
Einzelfäden	
	Abb. 02: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).
	Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.10 Lineco + Methocel A4C

Klebstofffilme

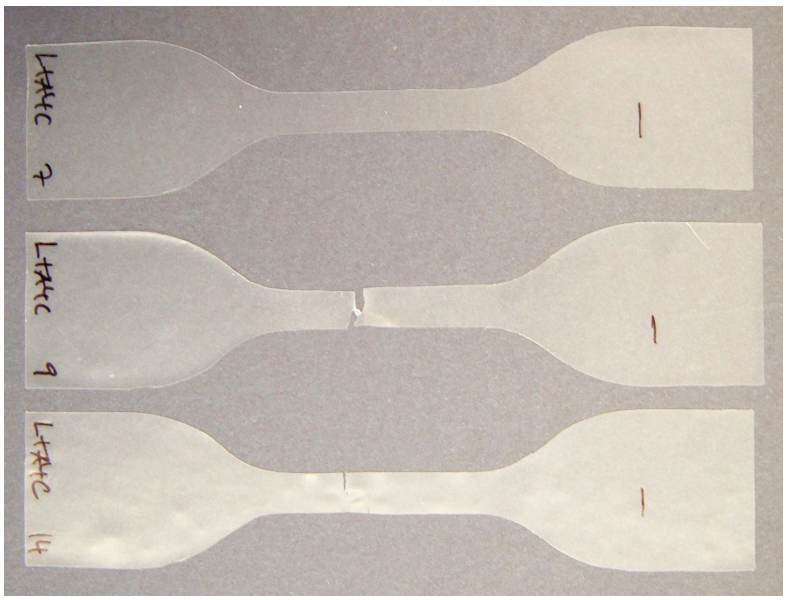
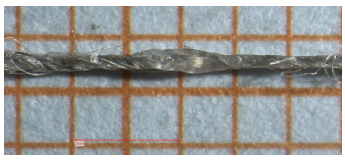


Abb.01:
Oben ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darunter exemplarisch dargestellt zwei geprüfte Filmprobekörper; mittig mit durchgehendem Riss, ganz unten lediglich angerissen (vgl. hierzu auch A.8.1 / Tabelle I).

Einzelfäden



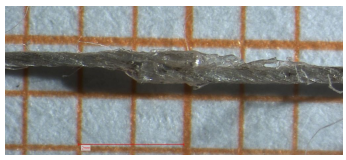
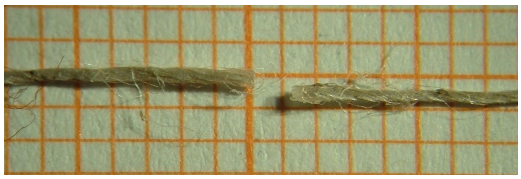




Abb. 02, 03 und 04:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß- , überlappende und überlappend-vermengteVerklebung (SAS / Ü / Ü+V) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung. In diesem Vergleich ist besonders auffällig, wieviel dicker die Klebestelle bei der einfach überlappenden im Vergleich zur überlappend-vermengten Verklebung wird (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).





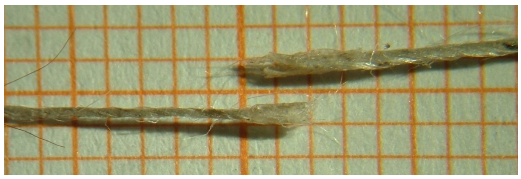


Abb. 05, 06 und 07:
Geöffnete Stoß-auf-Stoß-, überlappende und überlappend-vermengte Verklebung (SAS / Ü / Ü+V) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.10** Lineco + Methocel A4C

Gewebestreifen

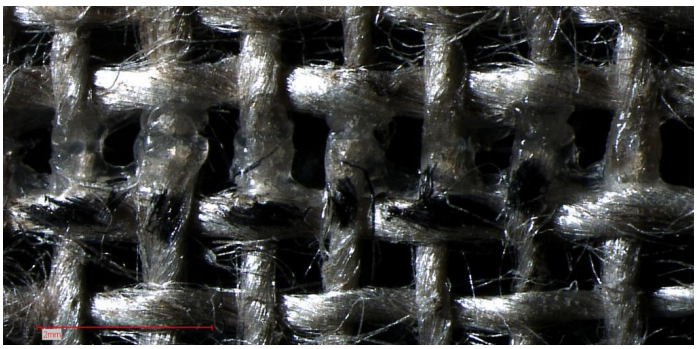


Abb. 08:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung, betrachtet von der Bearbeitungsseite. Es lassen sich schmalere und etwas dickere Klebefugen im Verbund erahnen (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

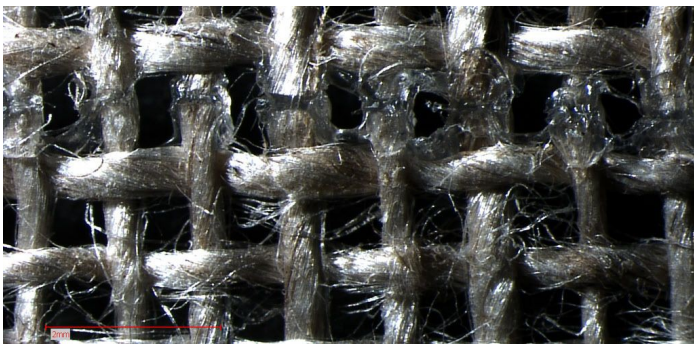


Abb. 09:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung, betrachtet von der Bearbeitungsrückseite.
Die Klebefugen wirken teils recht dick, zudem erscheinen die Verbindungen der einzelnen Fasern teils als unzureichend (Maßstab: roter Balken ≙ 2 mm).

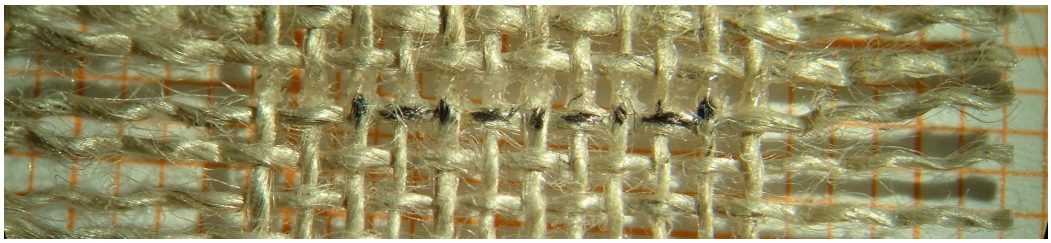


Abb. 10: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

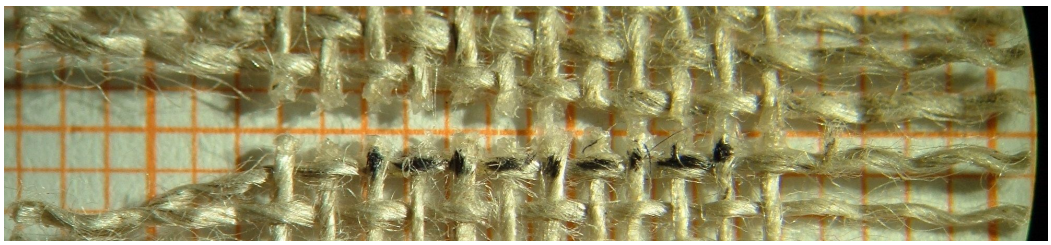
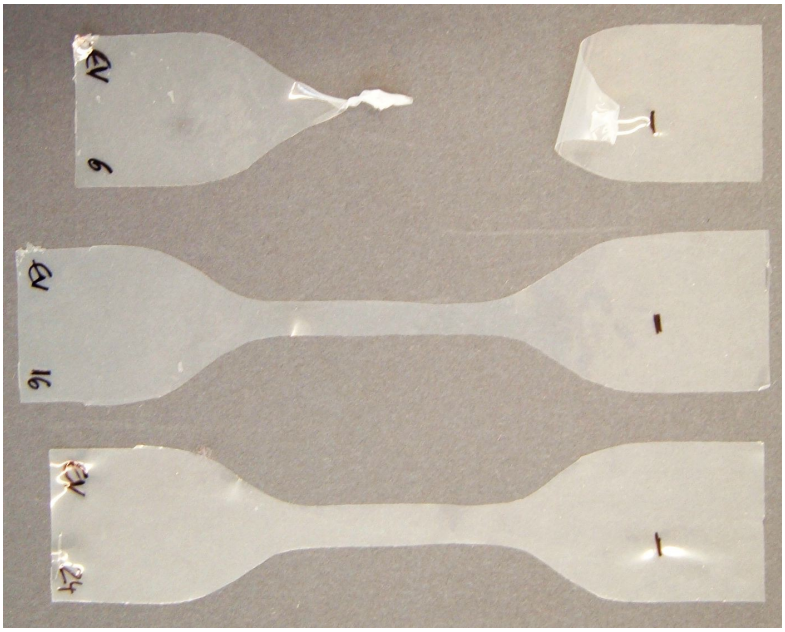
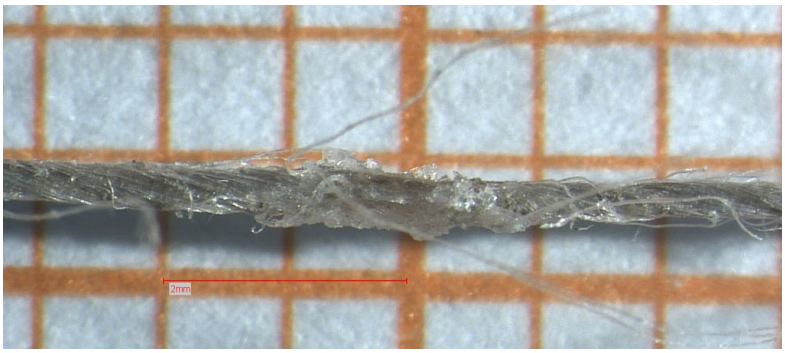
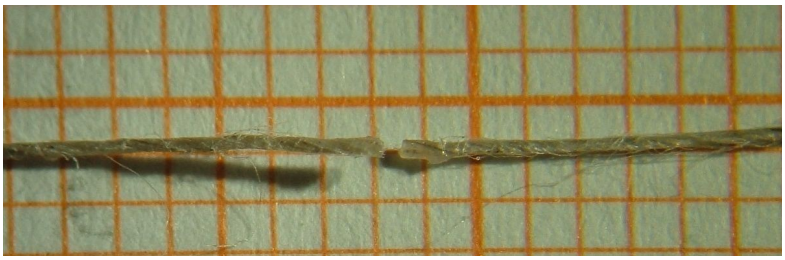


Abb. 11: Partiell geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.11 Evacon-R

Klebstofffilme	
	Abb.01: Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch dargestellt zwei geprüfte Filmprobekörper, mittig plastisch aufgedehnt ohne Riss, ganz oben mit Riss und beim Reißen aufgerollten Stegenden (vgl. A.8.1 / Tabelle I).
Einzelfäden	
	Abb. 02: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).
	Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.12 Evacon-R + Methocel A4C

Klebstofffilme



Abb.01:
Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch dargestellt ein geprüfter Filmprobekörper (A.8.1 / Tabelle I).

Einzelfäden

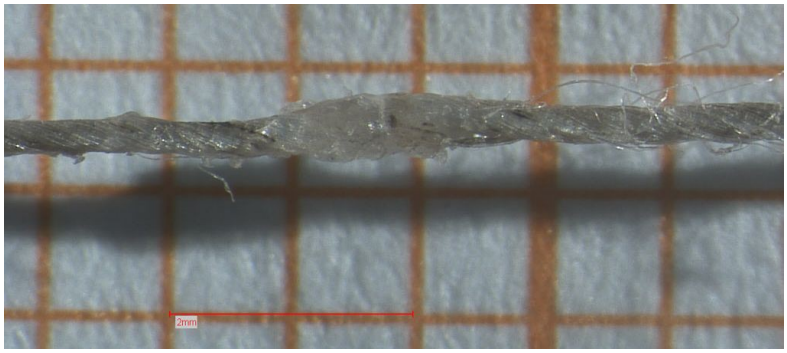


Abb. 02:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).



Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.13 Evacon-R + Arbocel BWW 40

Klebstofffilme

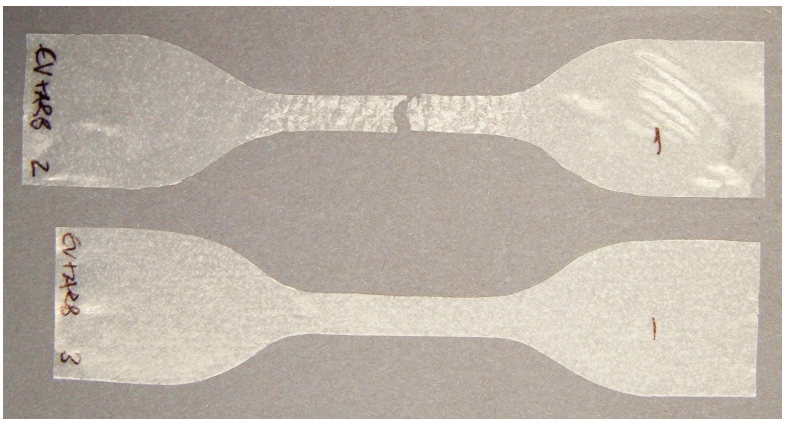


Abb.01:
Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch dargestellt ein geprüfter Filmprobekörper (vgl. auch A.8.1 / Tabelle I).

Einzelfäden

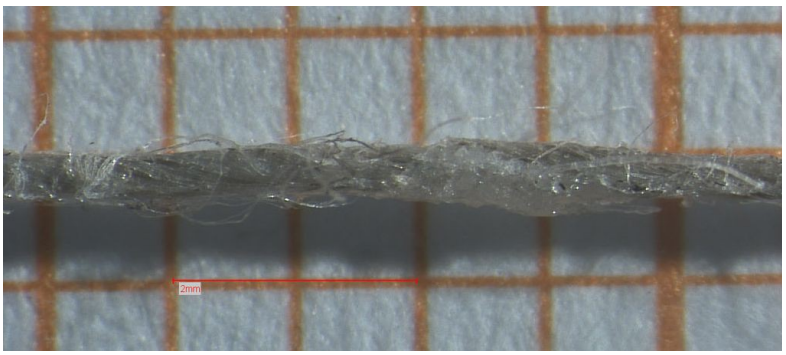


Abb. 02:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).



Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.14 Jade 403 N + Arbocel BWW 40

Klebstofffilme

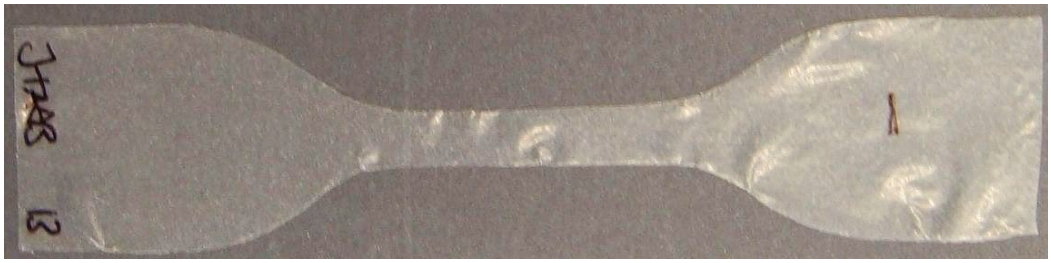


Abb. 01: Vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm).
Vom geprüften Klebstofffilm ist leider kein geeignetes Bild vorhanden, vgl. A.2.13 / Abb. 01.

Einzelfäden

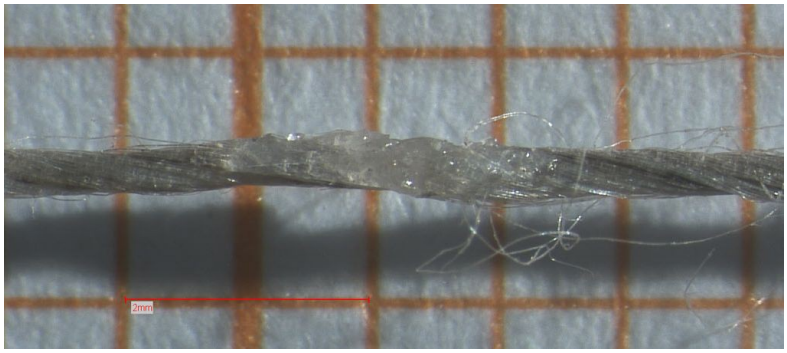


Abb. 02: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).

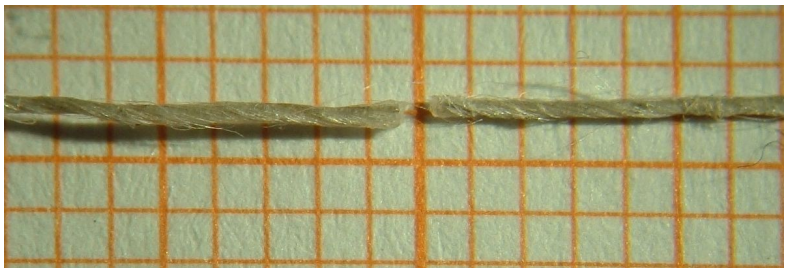




Abb. 03 und Abb. 04: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden; während sich in Abb. 04 beide Fadenenden komplett voneinander getrennt haben, ist bei Abb. 05 eine geringfügige Klebstoffbrücke zwischen den Fadenenden verblieben (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.15 Vinnapas DP 600

Klebstofffilme

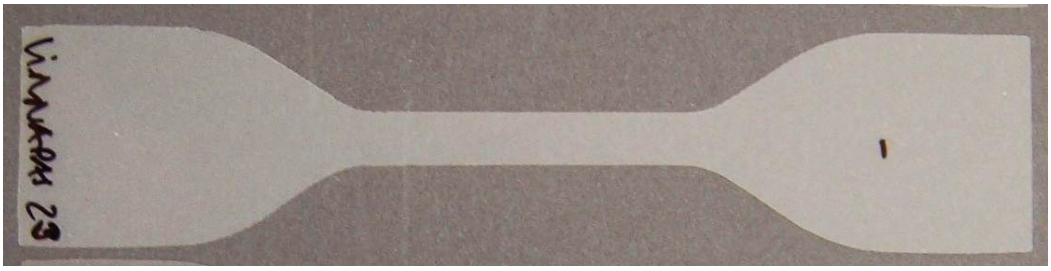


Abb. 01: Vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm).
Vom geprüften Klebstofffilm ist leider kein geeignetes Bild vorhanden, vgl. A.2.4 / Abb. 01.

Einzelfäden



Abb. 02:Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).



Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.16 Vinamul 8481

Klebstofffilme

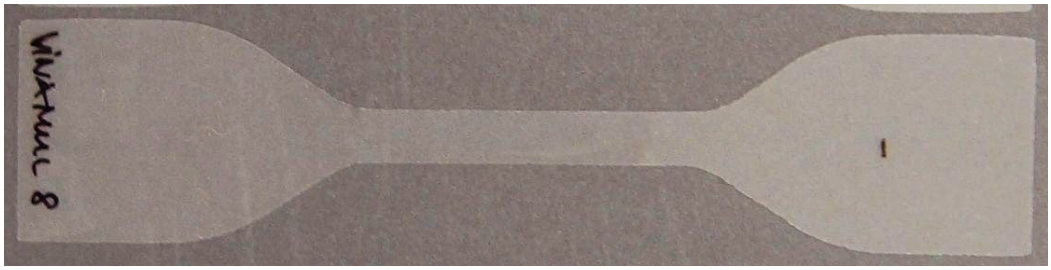


Abb. 01: Vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm).
Vom geprüften, stark splitternden Klebstofffilm ist leider kein geeignetes Bild vorhanden.

Einzelfäden



Abb. 02:Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).

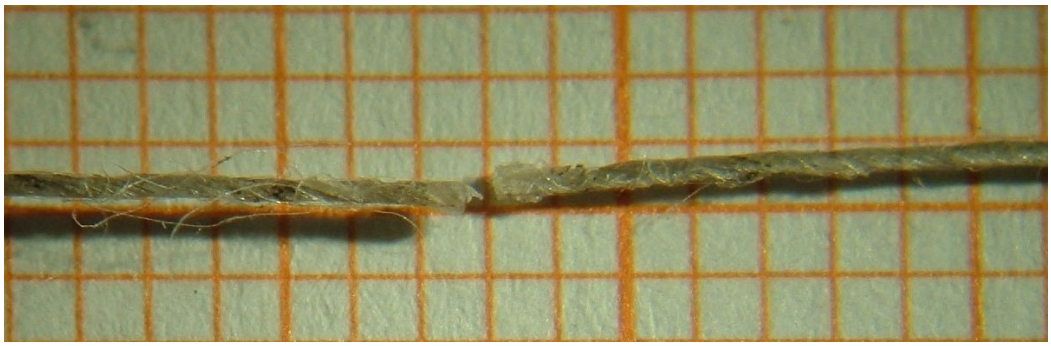


Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.17 Beva 371 (b)

Klebstofffilme

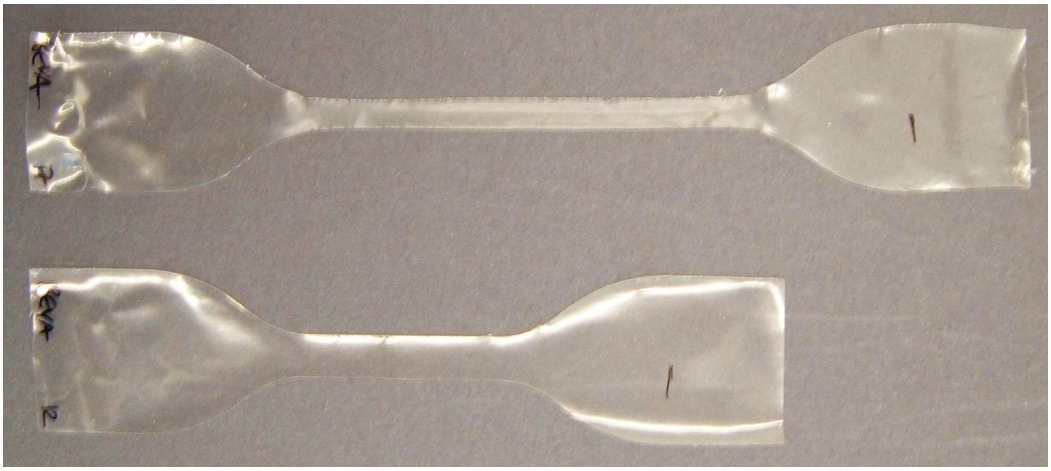


Abb.01: Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zug-prüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch ein mehrere Tage alter geprüfter Filmprobekörper, plastisch aufgedehnt und ohne Bruch (vgl. auch A.8.1 / Tabelle I).

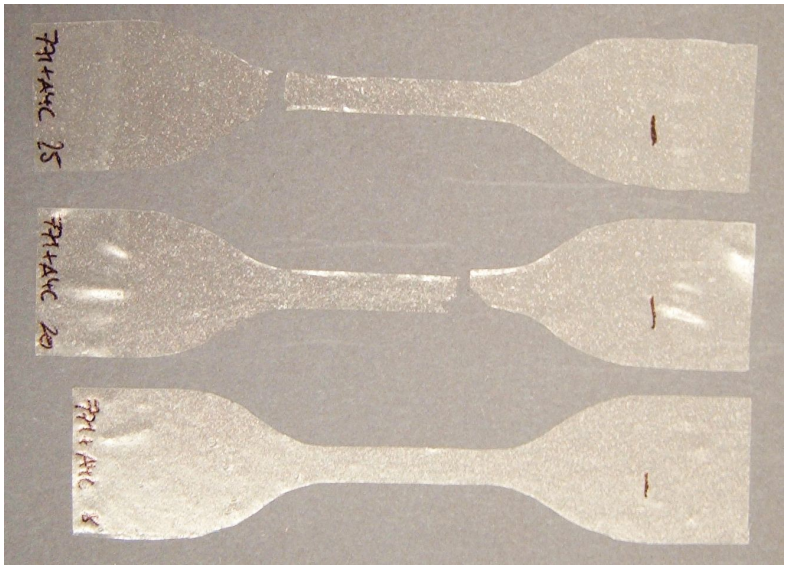
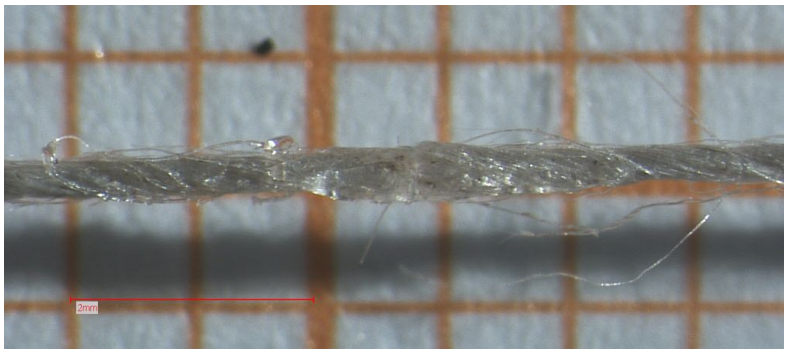
Gewebestreifen / Kreuzproben / Berstdruckproben

In den weiteren Testreihen kam die getestete Bevafolie nicht mehr als direkter Klebstoff zur Einzelfadenverklebung, jedoch als Klebemittel für sämtliche Fadenbrücken zum Einsatz. Ausgenommen sind die Einzelfäden, an denen keine Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B) getestet wurde.
Mit solchen Fadenbrücken versehene Probekörper wurden bei folgenden Klebstoffen und Testreihen betrachtet:

- Lineco, Gewebestreifen
- Lineco, Kreuzproben
- Lineco, Berstdruckproben
- Störleim + Weizenstärke (warmlöslich), Gewebestreifen
- Störleim + Weizenstärke (warmlöslich), Kreuzproben
- Störleim + Weizenstärke (warmlöslich), Berstdruckproben

Die entsprechenden Testreihen lassen sich in den zugehörigen Unterkapiteln dieses Kapitels nachvollziehen.

A.2.18 Mowilith DM 771 + Methocel A4C

Klebstofffilme	
	Abb.01: Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch dargestellt zwei geprüfte Filmprobekörper mit unterschiedlichen Risstypen, vgl. auch A.8.1 / Tabelle I.
Einzelfäden	
	Abb. 02: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).
	Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.19 Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

Klebstofffilme

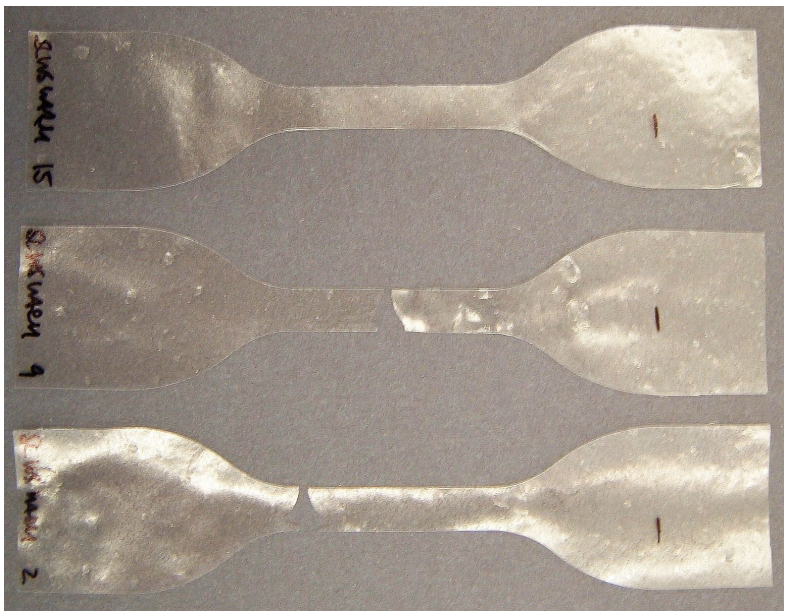


Abb.01:
Oben ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darunter exemplarisch dargestellt zwei geprüfte Filmprobekörper unterschiedlichen Risstyps, siehe hierzu auch A.8.1 / Tabelle I.

Einzelfäden



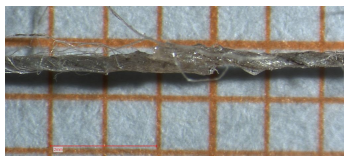
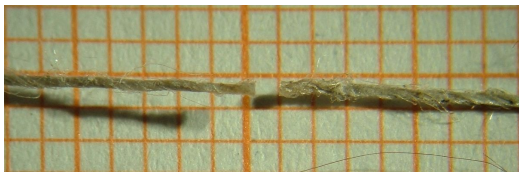
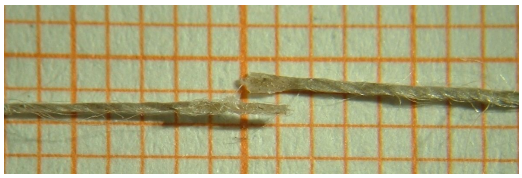




Abb. 02, 03 und 04: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß- , überlappende und überlappend-vermengte Verklebung (SAS / Ü / Ü+V) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).





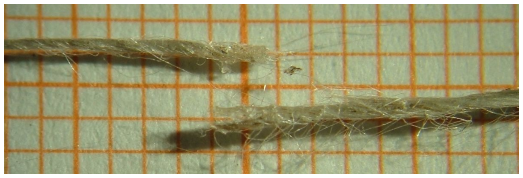
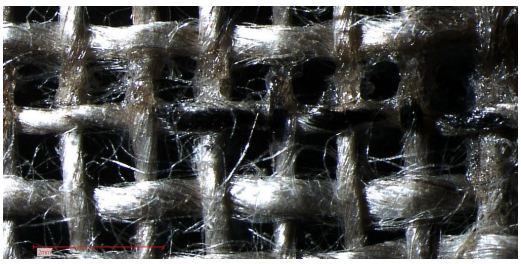


Abb. 05, 06 und 07:
Geöffnete Stoß-auf-Stoß-, überlappende und überlappend-vermengte Verklebung (SAS / Ü / Ü+V) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden. Die Fadenenden erscheinen bei der geöffneten überlappend-vermengten Verklebung (Ü+V) auffallend auseinander-gefasert, was für ein partielles Reißen sprechen könnte (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.19** Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

Gewebestreifen



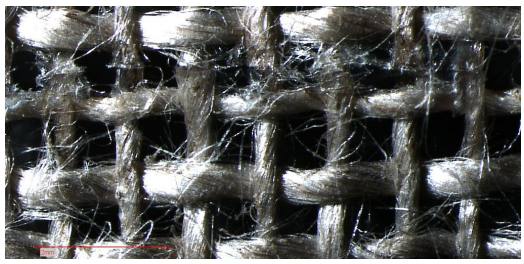
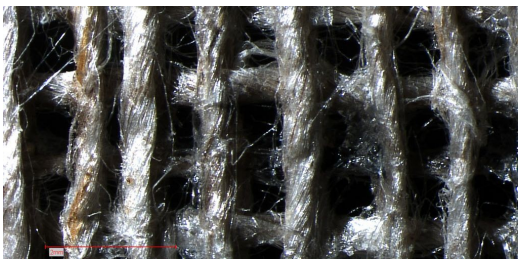


Abb. 08 und Abb. 09:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung von der Bearbeitungsseite (Abb. 08) sowie von der Bearbeitungsrückseite (Abb. 09). Der verklebte Gewebebereich erscheint stark durchtränkt, es zeigt sich eine deutliche Farbtonvertiefung; zudem erscheinen die Verbindungen der einzelnen Fasern bzw. Fadenenden rückseitig teils als nicht perfekt geglückt (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).



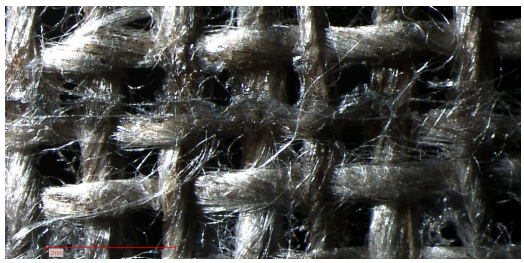


Abb. 10 und Abb. 11:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit aufgesetzten Fadenbrücken (SAS+B) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung, von der Bearbeitungsseite (Abb. 10) sowie von der Bearbeitungsrückseite (Abb. 11). Auch hier zeigt sich eine deutliche Farbtonvertiefung (Maßstab: roter Balken ≙ 2 mm).

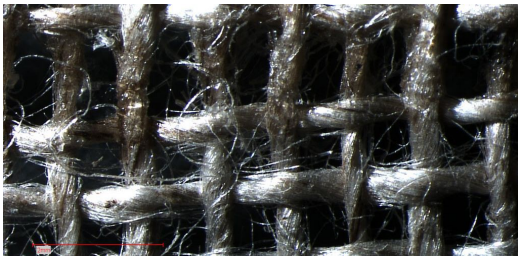




Abb. 12 und Abb. 13:
Detail einer vorbereiteten überlappenden Verklebung (Ü) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung von der Bearbeitungsseite (Abb. 12) sowie von der Bearbeitungsrückseite (Abb. 13). Vorderseitig erscheint die Verklebung als gleichmäßig und gelungen, von der Rückseite betrachtet erscheinen die Verbindungen der einzelnen Fasern sowie die Klebstoffbenetzung hingegen teils als unzureichend (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

Fortsetzung **A.2.19** Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

Gewebestreifen

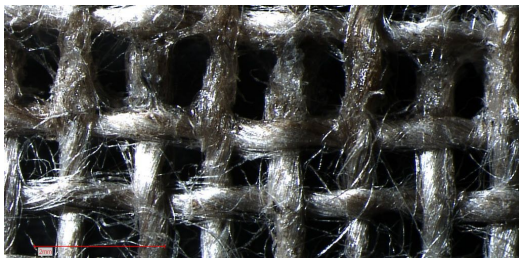
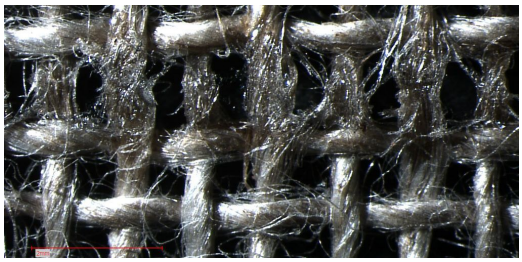



Abb. 14 und Abb. 15:
Detail einer vorbereiteten überlappend-vermengten Verklebung (Ü+V) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung von der Bearbeitungsseite (Abb. 14) sowie von der Bearbeitungsrückseite (Abb. 15). Der verklebte Gewebebereich erscheint stark durchtränkt, es zeigt sich eine deutliche Farbtonvertiefung; die Verbindungen der einzelnen Fasern der Fadenenden wirken auch rückseitig recht gleichmäßig und ausreichend verbunden (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

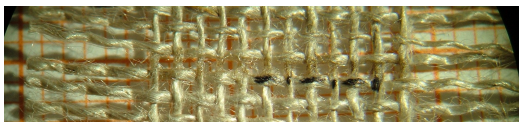
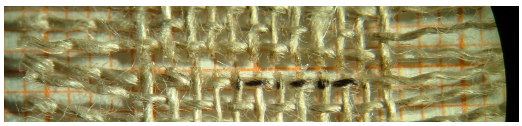



Abb. 16 und Abb. 17:
Vorbereitete (Abb. 16) und uniaxial zuggeprüfte, sich partiell geöffnete (Abb. 17) Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

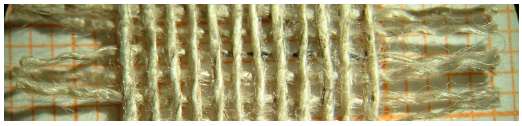



Abb. 18 und Abb. 19:
Vorbereitete, vorderseitig betrachtete (Abb. 18) und uniaxial zuggeprüfte, rückseitig betrachtete, sich fast vollständig bis auf die Fadenbrücken rückseitig geöffnete (Abb. 19) Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B); von der Rückseite sind gut die vorderseitig durchlaufenden Fadenbrücken erkennbar (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

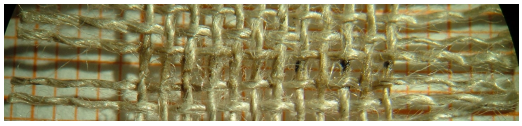
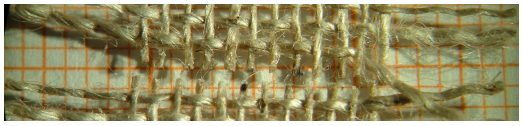
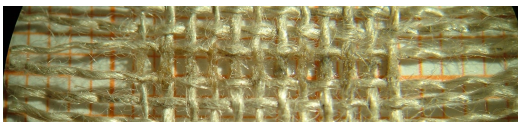



Abb. 20 und Abb. 21:
Vorbereitete (Abb. 20) und uniaxial zuggeprüfte, sich vollständig geöffnete (Abb. 21) überlappende Verklebung (Ü) am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.19** Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

Gewebestreifen



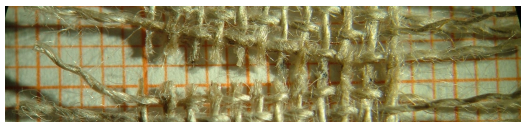
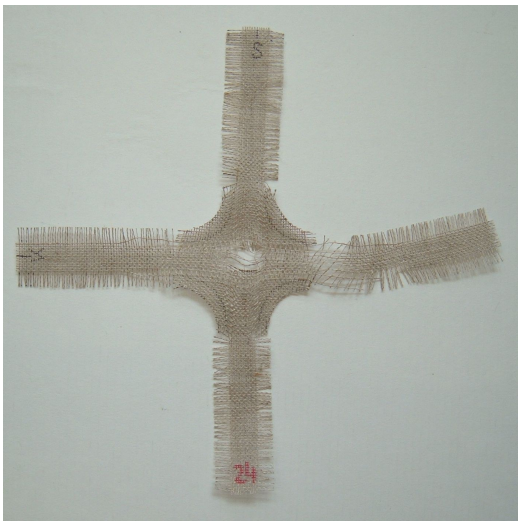


Abb. 22 und Abb. 23:
Vorbereitete (Abb. 22) und uniaxial zuggeprüfte, sich partiell geöffnete (Abb. 23) überlappend-vermengteVerklebung (Ü+V) am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Kreuzproben



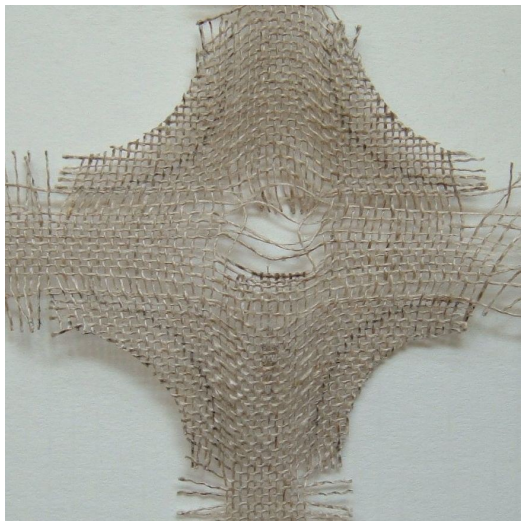
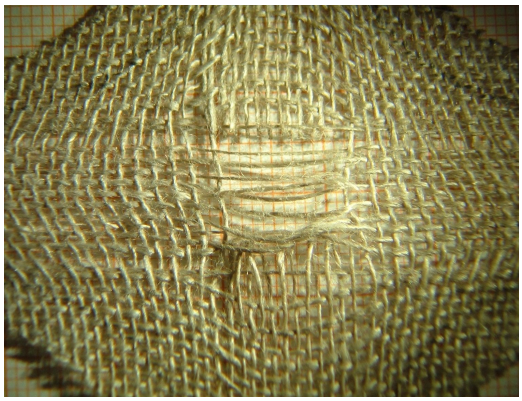


Abb. 24 und Abb. 25:
Exemplarische Darstellung einer bereits äquibiaxial zuggeprüften Kreuzprobe mit einer Gesamtlänge von 200 mm und Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) in Komplettaufsicht (Abb. 24) sowie Detailansicht (Abb. 25).
Die Verklebung im inneren Mittelfeld hat sich erkennbar zuerst geöffnet. Deutlich zu erkennen sind zudem die prüfbedingten Verformungen, welche v.a. aus Umstrukturierungen im Gewebe, unterschiedlich stark gedehnten Bereichen mit auseinandergezogenen Fasern sowie partiell gerissenen Fasern resultieren.
Besonders auffällig sind die sich nach der Klebungsöffnung durch die fortgesetzte Zugbewegung aus dem inneren Mittelbereich (direkte Überlappung der äquibiaxial belasteten Kett- und Schussfäden) ziehenden Schussfäden in vertikaler Richtung sowie die erkennbare Einschnürung durch den Poisson-Effekt im Mittelfeld an den Übergängen zu den Probenarmen, insbesondere in vertikaler Schussrichtung.
Unterhalb der geöffneten Klebestelle scheinen die unteren vertikalen Schussfäden noch immer am der Klebung nächsten horizontal durchlaufenden Kettfaden anzuhaften.
Ebenfalls auffällig sind die stark überdehnten und gerissenen äußeren Kettfäden in horizontaler Richtung sowie der sich beginnend lösende rechte Probenarm.

Fortsetzung **A.2.19** Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

Kreuzproben



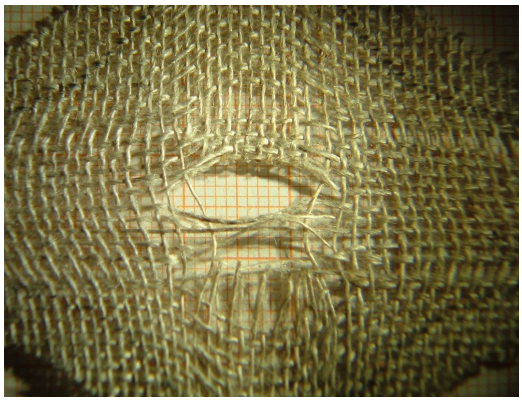
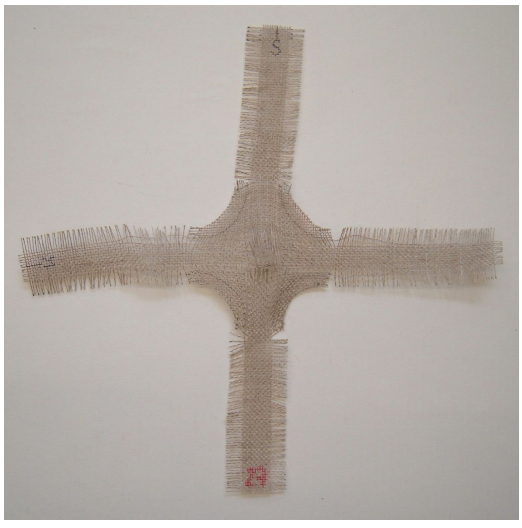


Abb. 26 und Abb. 27:
Nochmals zwei exemplarische Detaildarstellungen bereits äquibiaxial zuggeprüfter Kreuzproben mit Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS).
Abb. 26 zeigt deutlich den wieder geöffneten Schnitt in vertikaler Schussrichtung; beide Schussenden haben sich recht gleichmäßig durch die nach der Klebungsöffnung fortgesetzte Zugbewegung auseinander bewegt. Die horizontalen Kettfäden erscheinen stark überdehnt sowie teils im inneren Mittelbereich (direkte Überlappung der äquibiaxial belasteten Kett- und Schussfäden) gerissen. In Abb. 27 hingegen haften die vertikalen Schussfäden nach der Klebungsöffnung oberhalb der Klebestelle noch immer am nächsten horizontal durchlaufenden Kettfaden an; die Kettfäden scheinen überdehnt und stark von den anhaftenden Schussfäden beeinflusst (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).



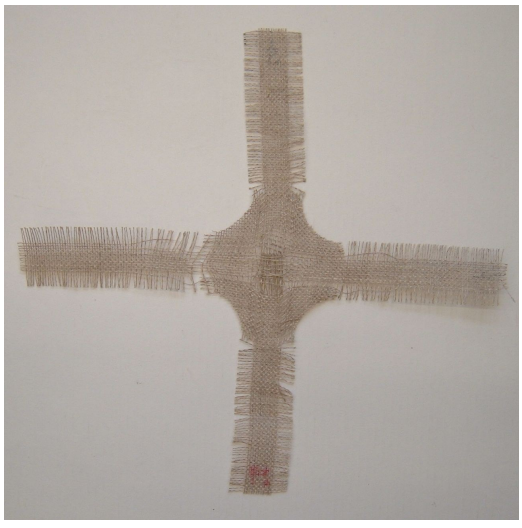
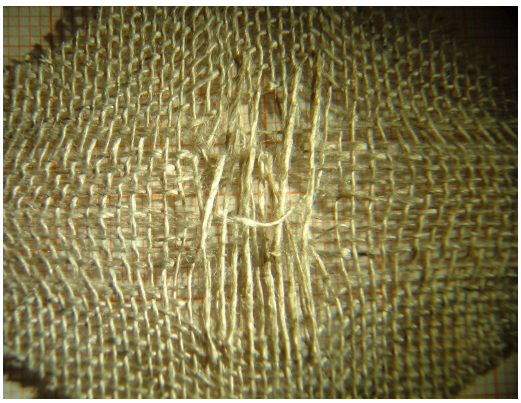
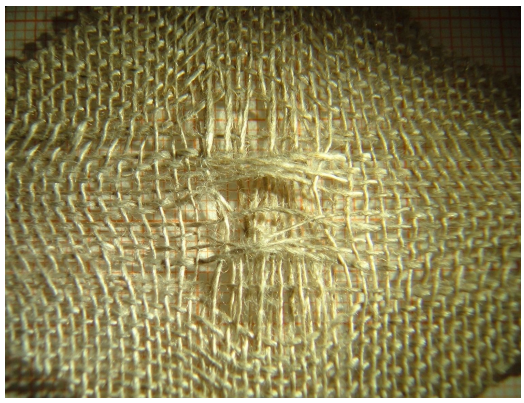
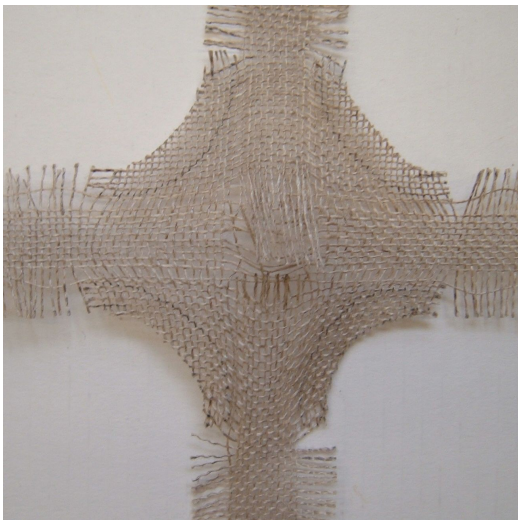


Abb. 28 und Abb. 29:
Exemplarische Darstellung einer bereits äquibiaxial zuggeprüften Kreuzprobe mit einer Gesamtlänge von 200 mm und Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B), von der Vorder- (Abb. 28) und Rückseite (Abb. 29) betrachtet. Es lassen sich prinzipiell die gleichen oder ähnliche Phänomene wie in Abb. 24 und 25 beobachten, siehe ergänzend auch Abb. 30-32.

Fortsetzung **A.2.19** Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

Kreuzproben	
	
	Abb. 30, 31 und 32: Exemplarische Detaildarstellungen zweier verschiedener bereits äquibiaxial zuggeprüfter Kreuzproben mit Stoß-auf-Stoß-Verklebungen und Fadenbrücken (SAS+B); es zeigen sich unterschiedliche Ausprägungen der Klebungsöffnung und des Ablösens der Fadenbrücken. Abb. 30 und 31 zeigen die Vorder- und Rückseite einer Probe, bei der sich die vorderseitigen Fadenbrücken nahezu gleichmäßig alternierend einseitig abgelöst zu haben scheinen; die durchlaufenden Kettfäden an der Rückseite erscheinen stark überdehnt und teils gerissen. In Abb. 32 hingegen haben sich die Fadenbrücken lediglich einseitig unterhalb der Klebestelle abgelöst.

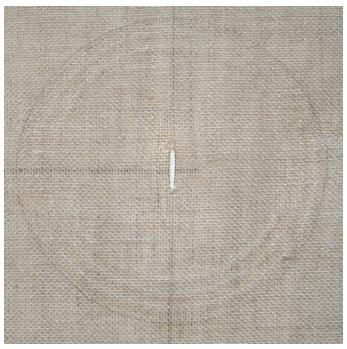
Fortsetzung **A.2.19** Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

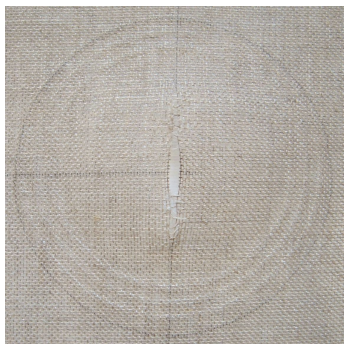
Berstdruckproben





Abb. 33 und Abb. 34:
Zu sehen sind zwei exemplarische Darstellungen mittig gleichmäßig komplett zerborstener Berstdruckproben mit Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS); um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Gesamtdurchmesser 116 mm).
Der hier horizontal verlaufende Schuss ist nach Klebungsöffnung weiter gerissen; Abb. 34 zeigt besonders deutlich, wie ausgehend vom mittig vertikal verlaufenden Riss durch den Schuss das umliegende Gewebe weiter aufgedehnt wurde, verzögert mit ansteigender Belastung auch vertikal verlaufende Kettfäden gerissen sind und die Probe regelrecht seitlich „aufgeklappt“ ist.





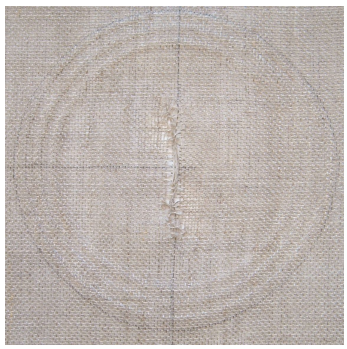


Abb. 35, 36 und 37:
Zu sehen sind drei exemplarische Darstellungen mittig bei der Berstdruckprüfung leicht geöffneter, nicht vollständig zerborstener Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS); um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Gesamtdurchmesser 116 mm). Während Abb. 35 lediglich eine Öffnung der Klebestelle ohne weitere makroskopisch sichtbare Beeinträchtigung des umliegenden intakten Gewebematerials zeigt (~ Prüfung bis zum „ersten Knacken“), hat sich der Schnitt nach Öffnung der Klebestelle in Abb. 36 und 37 als Riss beidseitig im horizontal verlaufenden Schuss fortgesetzt. Im Gegensatz zu Abb. 35 und 36 zeigen sich die vertikal verlaufenden Kettfäden in Abb. 37 als besonders stark überdehnt.

Fortsetzung **A.2.19** Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

Berstdruckproben

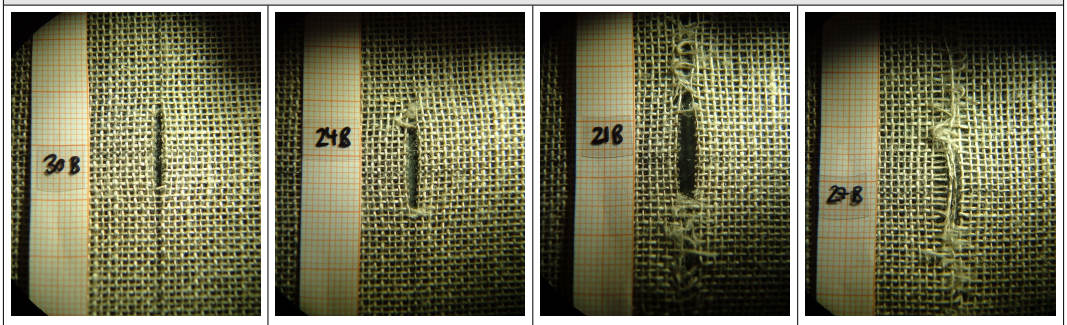


Abb. 38, 39, 40 und 41:
Zu sehen sind vier exemplarische Detaildarstellungen von Berstdruckproben mit mittig geöffneten und teils als Riss fortgesetzten Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS).
Abb. 38 zeigt eine lediglich bis zum „ersten Knacken“ geprüfte Berstdruckprobe mit ausschließlich wieder geöffneter Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS), während sich in Abb. 39 der Riss bereits minimal in beide Richtungen fortzusetzen beginnt.
Abb. 40 und 41 zeigen nach der Klebungsöffnung noch weiter fortgesetzte Fadenrisse im horizontal verlaufenden Schuss, sodass sich der Riss vertikal weiter ausweiten konnte;
in Abb. 41 wurden die vertikal verlaufenden Kettfäden zudem bereits stärker überdehnt (Maßstab: vgl. nebenliegenden Millimeterpapierstreifen / ein Kästchen ≙ 1 mm).



Abb. 42:
Exemplarische Darstellung einer mittig gleichmäßig komplett zerborstenen Berstdruckprobe mit Stoß-auf-Stoß-Verklebung und Fadenbrücken (SAS+B); vgl. auch Abb. 33.
Um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Gesamtdurchmesser 116 mm).

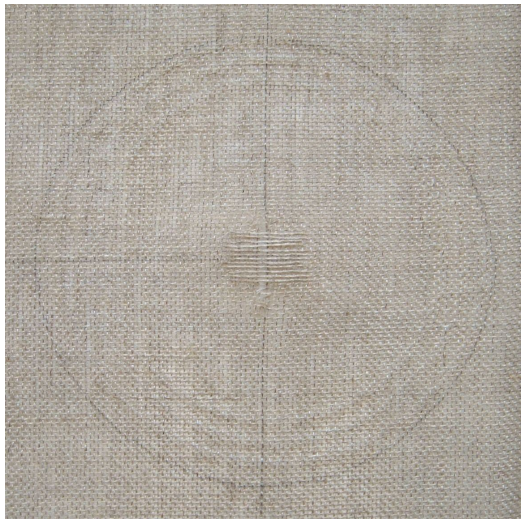
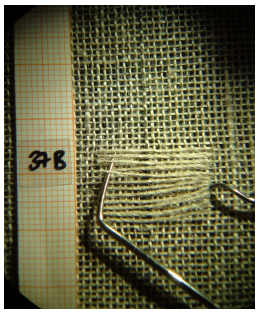


Abb. 43:
Exemplarische Darstellungen einer bis zum „ersten Knacken“ geprüften, mittig geöffneten, kaum weiter gerissenen Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B);
vgl. auch Abb. 35, 38 und 39.
Um den Bereich zeichnen sich sichtbar die aufgesetzten Wandungen der Prüfglocke ab (Gesamtdurchmesser 116 mm).

Fortsetzung **A.2.19** Störleim + Weizenstärke (warmlöslich)

Berstdruckproben



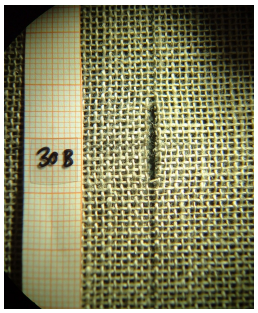
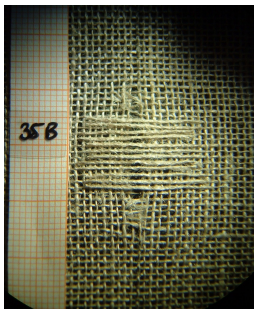


Abb. 44 und Abb. 45:
Zu sehen ist eine bis zum „ersten Knacken“ geprüfte Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B) von der Vorder- (Abb. 44) sowie Rückseite (Abb. 45).
Die Fadenbrücken haben sich vorderseitig bevorzugt unten rechts bzw. oben links einseitig abgelöst; die Klebestelle hat sich rückseitig perfekt ohne weitere Schussfadenbeschädigung geöffnet (Maßstab: ein Kästchen ≙ 1 mm).



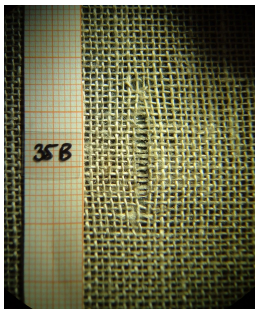


Abb. 46 und Abb. 47:
Zu sehen ist eine ebenfalls bis zum „ersten Knacken“ geprüfte Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B) von der Vorder- (Abb. 44) sowie Rückseite (Abb. 45).
Die Fadenbrücken haben sich vorderseitig recht gleichmäßig alternierend einseitig abgelöst; die rückseitig geöffnete Klebestelle hat sich in wenigen Schussfadenrissen weiter fortgesetzt (Maßstab: ein Kästchen ≙ 1 mm).

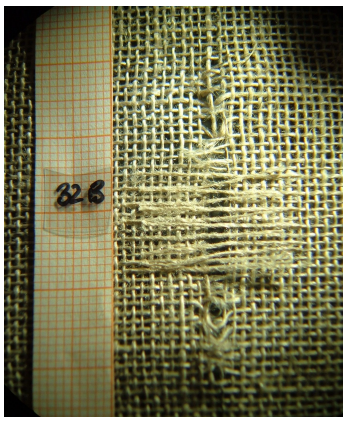


Abb. 48:
Exemplarisch ein Detail einer mittig geborstenen, etwas schwächer nach Öffnung der Stoß-auf-Stoß-Verklebung mit Fadenbrücken (SAS+B) im horizontal verlaufenden Schuss weiter gerissenen Probe, vgl. Abb. 40 und 41. Die Fadenbrücken haben sich recht gleichmäßig alternierend jeweils einseitig abgelöst.



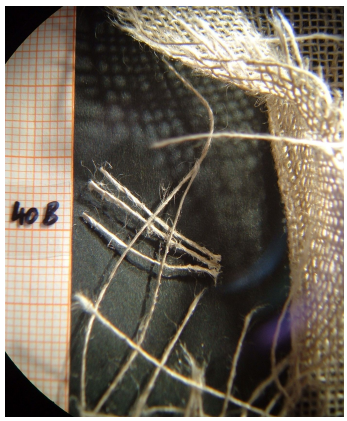


Abb. 49 und Abb. 50:
Exemplarische Detaildarstellungen zweier mittig gleichmäßig komplett zerborstener Berstdruckproben mit Stoß-auf-Stoß-Verklebungen und Fadenbrücken (SAS+B), vgl. auch Abb. 42.
Die Fadenbrücken in Abb. 49 haben sich recht gleichmäßig alternierend jeweils einseitig abgelöst, während die Brücken in Abb. 50 regelrecht „abgesprengt“ wurden und sich teils vollständig vom Gewebe abgelöst haben (1 Kästchen ≙ 1 mm).

A.2.20 Störleim + Weizenstärke (kaltlöslich)

Klebstofffilme

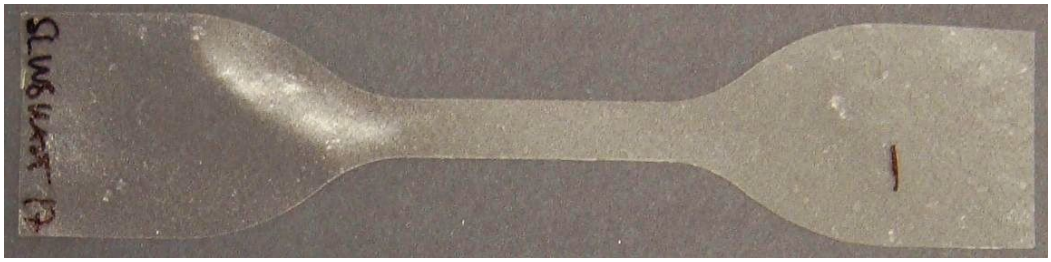
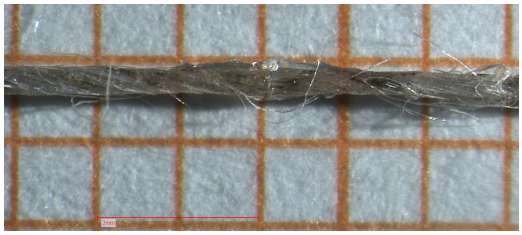


Abb. 01: Vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm).
Vom geprüften Klebstofffilm ist leider kein geeignetes Bild vorhanden, vgl. A.2.19 / Abb. 01.

Einzelfäden



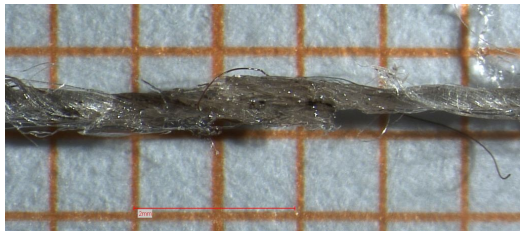
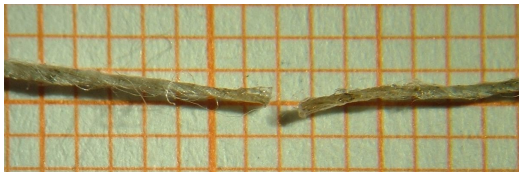




Abb. 02, 03 und 04:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß- , überlappende und überlappend-vermengteVerklebung (SAS / Ü / Ü+V) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).



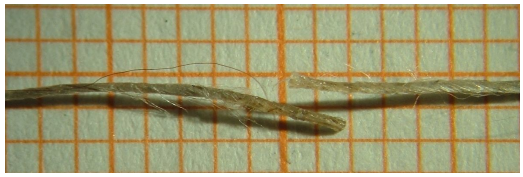




Abb. 05, 06 und 07:
Geöffnete Stoß-auf-Stoß-, überlappende und überlappend-vermengte Verklebung (SAS / Ü / Ü+V) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.20** Störleim + Weizenstärke (kaltlöslich)

Gewebestreifen

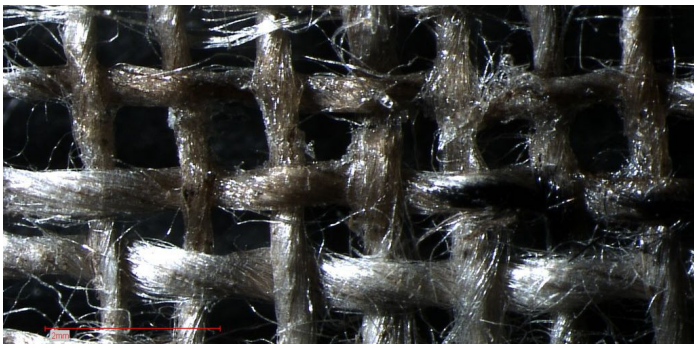


Abb. 08:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung, betrachtet von der Bearbeitungsseite. Der verklebte Gewebebereich erscheint stark durchtränkt, es zeigt sich eine deutliche Farbtonvertiefung (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

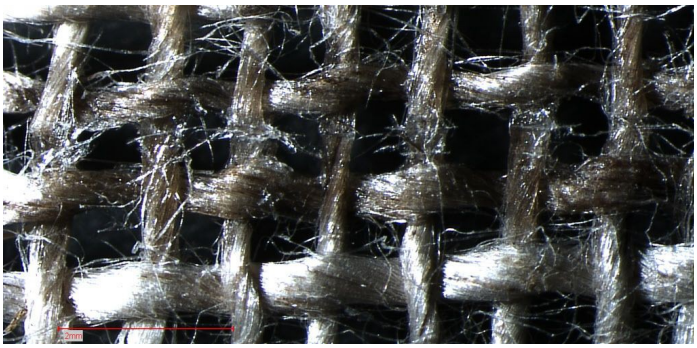


Abb. 09:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung, betrachtet von der Bearbeitungsrückseite.
Der verklebte Gewebebereich erscheint auch hier stark durchtränkt mit deutlicher Farbtonvertiefung (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

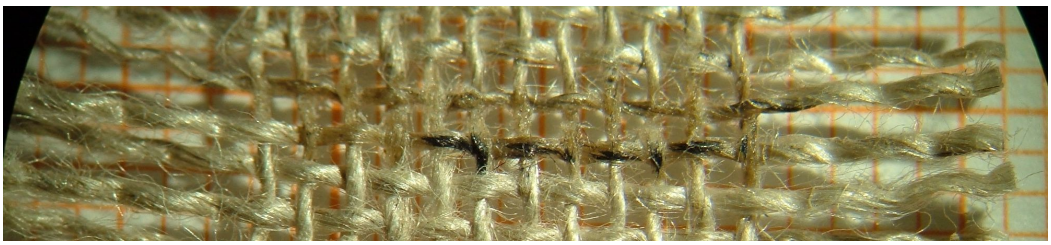


Abb. 10: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung; der verklebte Bereich erscheint deutlich dunkler (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

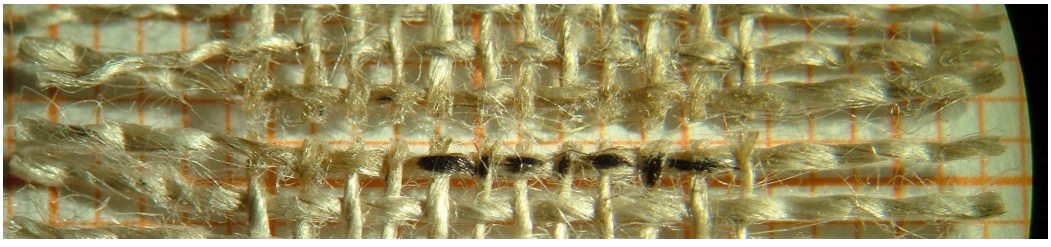


Abb. 11: Vollständig geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.21 Störleim + Arbocel BWW 40

Klebstofffilme

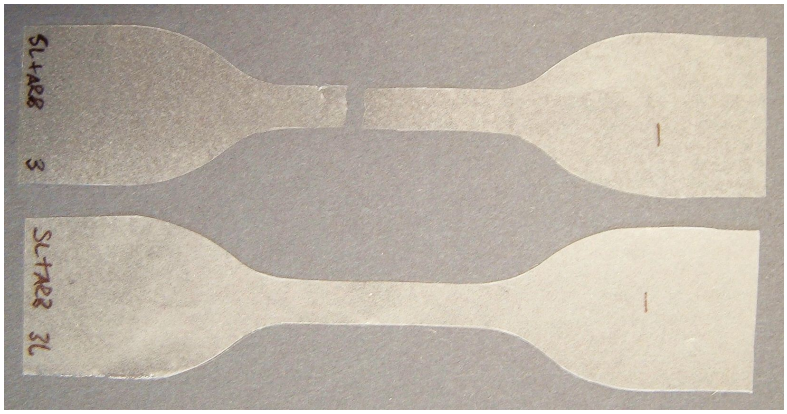
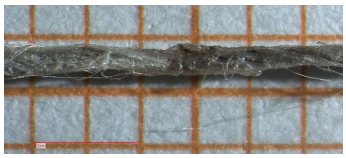
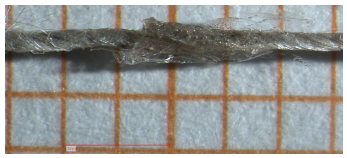


Abb.01:
Unten ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darüber exemplarisch dargestellt ein geprüfter Filmprobekörper.

Einzelfäden





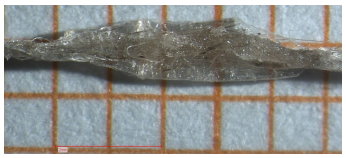
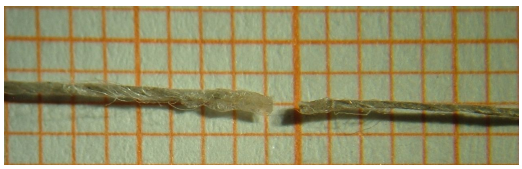


Abb. 02, 03 und 04:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß- , überlappende und überlappend-vermengteVerklebung (SAS / Ü / Ü+V) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung. In diesem Vergleich ist besonders auffällig, wie dick die Klebestelle insbesondere bei der überlappend-vermengten Verklebung durch die zusätzlich im Klebstoff enthaltenen Cellulosefasern wird (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).





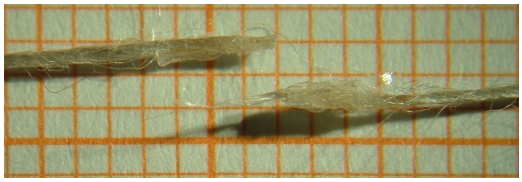


Abb. 05, 06 und 07:
Geöffnete Stoß-auf-Stoß-, überlappende und überlappend-vermengte Verklebung (SAS / Ü / Ü+V) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

Fortsetzung **A.2.21** Störleim + Arbocel BWW 40

Gewebestreifen

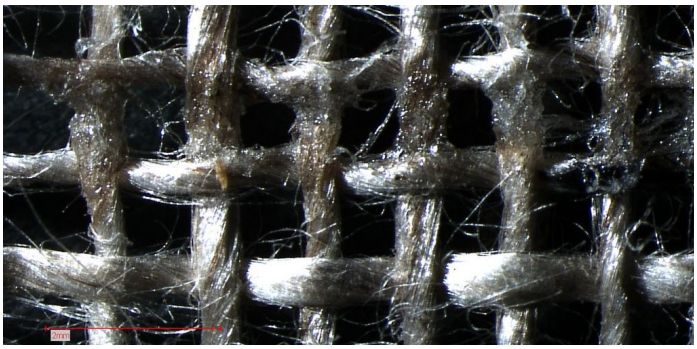


Abb. 08:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung, betrachtet von der Bearbeitungsseite.
Die Verklebung erscheint gleichmäßig und gelungen; es zeigt sich eine Farbton-vertiefung (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

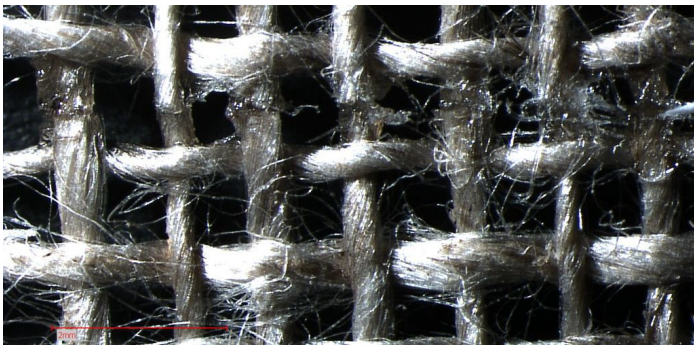


Abb. 09:
Detail einer vorbereiteten Stoß-auf-Stoß- Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung, betrachtet von der Bearbeitungsrückseite.
Einige Fasern erscheinen rückseitig jedoch nur unzureichend verbunden (Maßstab: roter Balken ≙ 2 mm).

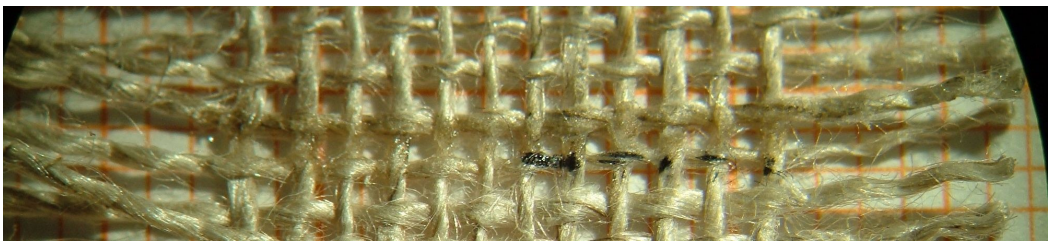


Abb. 10: Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Gewebestreifen zur uniaxialen Zugprüfung; der verklebte Bereich erscheint deutlich dunkler (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

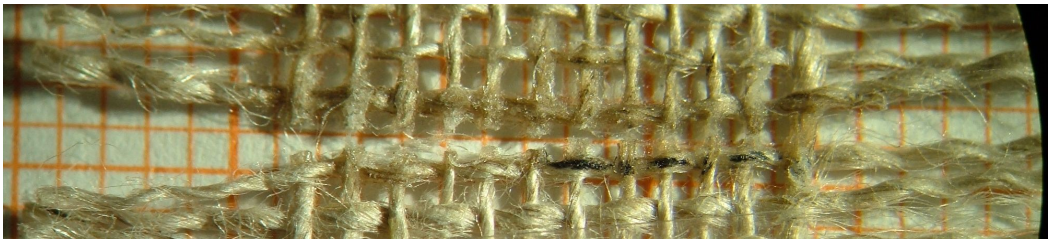


Abb. 11: Partiell geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Gewebestreifen (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.2.22 Störleim 40%

Klebstofffilme

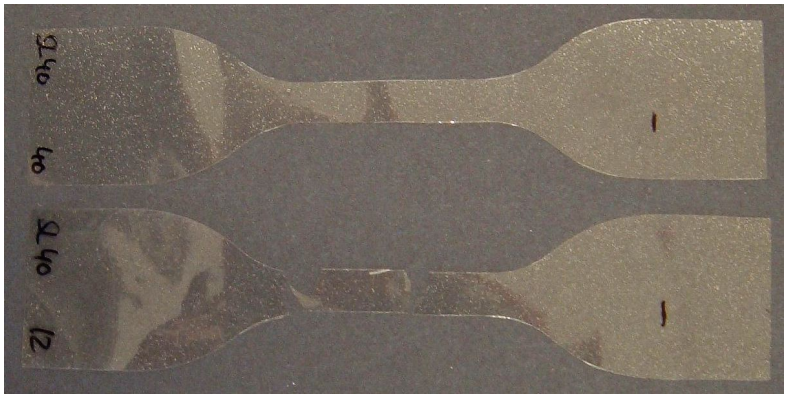


Abb.01:
Oben ein vorbereiteter Filmprobekörper zur uniaxialen Zugprüfung; am oberen Ende ist die Einspannkante angetragen (Gesamtlänge 115 mm / spätere Einspannlänge 80 mm). Darunter exemplarisch dargestellt ein geprüfter Filmprobekörper.

Einzelfäden

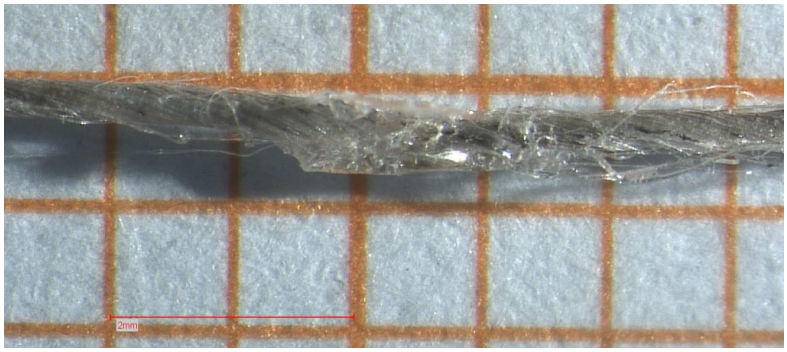


Abb. 02:
Vorbereitete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) am Einzelfaden zur uniaxialen Zugprüfung (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm / roter Balken ≙2 mm).

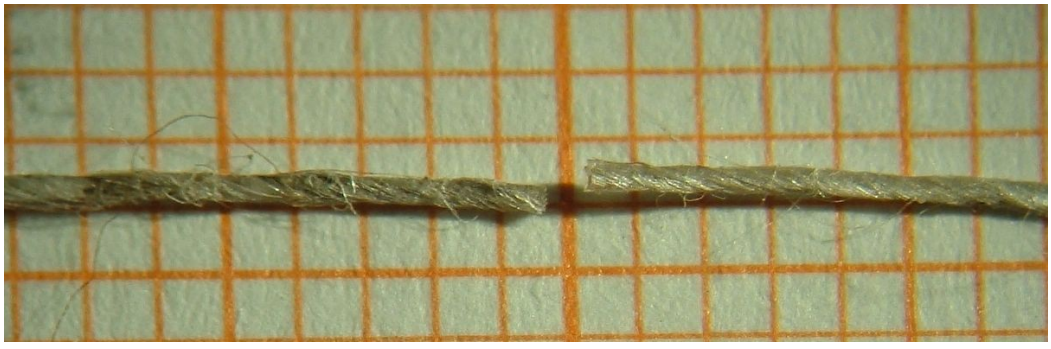


Abb. 03: Geöffnete Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) nach der uniaxialen Zugprüfung am Einzelfaden (Maßstab: ein Kästchen ≙1 mm).

A.3 Details zur Klebstoffauswahl

Nachfolgend werden detailliertere Informationen zur Klebstoffauswahl zusammengetragen. Auf den Abdruck von hier genannten Produkt- und Sicherheitsdatenblätter wurde aus Platzgründen verzichtet, die entsprechenden Dokumente finden sich im digitalen Anhang unter A.20.

A.3.1 Klebstoffeigenschaften

Legende zu den nachfolgenden Tabellen		
Sofern nicht anders gekennzeichnet, sind sämtliche chemisch-physikalischen Daten aus den unter A.20 geführten Datenblättern der jeweiligen Klebstoffe entnommen oder darauf basierend errechnet. Die Anmerkungen zur Filmbildung beziehen sich auf die im Rahmen der Vorversuche beobachteten, mittels Rakel produzierten Klebstofffilme (siehe hierzu auch unter A.6.1).		
Tg	Glasübergangstemperatur	
pH-Wert	[ ]*	Werte laut Produkt- / Sicherheitsdatenblättern
	[ ] **	Werte entsprechend eigener Messung mittels pH-Messstäbchen „pH Fix 0-14“, Fa. Roth (Art.-Nr. 9549), eingetaucht in flüssigen Klebstoff

A.3.1 / Tabelle I: Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Zusammen-setzung / Basis**	**Tg** [°C]	**pH-Wert**	**Feststoff-gehalt** [%]	**Viskosität** bei 25 °C [MPa]	**Tropfen-durchmesser** von 3 µl [mm]	**Anmerkungen** (Filmbildung, Auffälligkeiten o.ä.)
1	Mowilith D 50	(rein)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion	ca. 38	3-4* (3-) 4**	49-51	2500-6500	ca. 1,41	- sehr gut auszurakeln - Nassfilm weiß-opak, gleichmäßig - Film recht gleichmäßig, glatt (leichte Zugspuren vom Rakel) - leicht milchiger Trockenfilm, sehr flexibel, aber gleichzeitig fest, nicht spröde (weicher als DHS S1), nicht klebrig, keinerlei Abhebungen - verwendetes Produkt ist stark überlagert (hatte sich leicht getrennt und musste aufgerührt werden)
-		Mowilith D 50 + Wasser (19:1)	Wässrige homopolymere PVAC-Dispersion + Wasser	-	(3-) 4**	ca. 46-48	-	ca. 1,36	(vgl. Mowilith D 50)
2 A	Mowilith DHS S1	(rein)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion	ca. 44	3,5 - 5,5* (4-) 5**	49-51	30000-60000	-	- sehr hochviskos, aber sehr gut aufzurakeln - Nassfilm weiß-opak, gleichmäßig - Trockenfilm milchig, gleichmäßig (minimale Zugspuren vom Rakel) und glatt, relativ fest, aber flexibel, nicht klebrig, keinerlei Abhebungen

Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle I:** Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Zusammen-setzung / Basis**	**Tg** [°C]	**pH-Wert**	**Feststoff-gehalt** [%]	**Viskosität** bei 25 °C [MPa]	**Tropfen-durchmesser** von 3 µl [mm]	**Anmerkungen** (Filmbildung, Auffälligkeiten o.ä.)
2 B	Mowilith DHS S1	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion + Cellulosederivat-gel (MC)	-	- (4-) 5**	ca. 41-43	-	-	- sehr gut auszurakeln - Trockenfilm leicht milchig, aber transparent, flexibel, aber fest, nicht klebrig, gleichmäßig (leichte Zugspuren vom Rakel, selten rau durch Bläschen), keinerlei Abhebungen; Film bleibt wasserlöslich
2 C		Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion + Wasser	-	- 4-5**	ca. 44-46	-	ca. 1,17	- Trockenfilm milchig und gleichmäßig (leichte Zugspuren vom Rakel), relativ fest, aber flexibel, nicht klebrig, keinerlei Abhebungen
3	Mowilith LD 167	(rein)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion	ca. 44	5-6* 5**	59-61	20000-40000	-	- sehr hochviskos, aber sehr gut auszurakeln - weiß-opaker, gleichmäßiger Nassfilm - gleichmäßiger Trockenfilm (geringfügige Rakel-Zugspuren), milchig (weißlich-trüb-transparent), glatt, eher fest und starr, leicht flexibel, nicht klebrig, keinerlei Abhebungen - Beobachtung auffälligen schwefelig-säuerlichen Geruchs nach Öffnen in Gläschen abgefüllter Dispersion

Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle I:** Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Zusammen-setzung / Basis**	**Tg** [°C]	**pH-Wert**	**Feststoff-gehalt** [%]	**Viskosität** bei 25 °C [MPa]	**Tropfen-durchmesser** von 3 µl [mm]	**Anmerkungen** (Filmbildung, Auffälligkeiten o.ä.)
-	Mowilith LD 167	Mowilith LD 167 + Wasser (7:1)	s.o. + Wasser	-	5**	ca. 51-53	-	ca. 1,18	(vgl. Mowilith LD 167)
4 A	Lineco	(rein)	Wässrige copolymere Ethylen-vinylacetat-Dispersion	-	7-8* 6-7**	50-54	-	ca. 1,27	- Nassfilm gleichmäßig und weiß-opak - leicht weißlich-transparenter (milchiger) Trockenfilm, fast klar, gleichmäßig, glatt, fest, aber flexibel, keinerlei Abhebungen
4 B		Lineco + Wasser (9:1)	Wässrige copolymere Ethylen-vinylacetat-Dispersion + Wasser	-	6-7**	ca. 45-49	-	ca. 1,45	- Nassfilm noch gleichmäßiger als mit reinem Klebstoff und weiß-opak - Trockenfilm sehr gleichmäßig, leicht weißlich-transparent, fast klar, keinerlei Abhebungen
4 C		Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	Wässrige copolymere Ethylen-vinylacetat-Dispersion + Cellulosefasern	-	(5-) 6**	ca. 52-56	-	ca. 1,08	- milchig-weißer Trockenfilm, nicht transparent, leicht körnig-rau, aber gleichmäßig, weich, flexibel, nicht klebrig, keinerlei Abhebungen
4 D		Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	Wässrige copolymere EVA-Dispersion + Cellulosederivat-gel (MC)	-	6**	ca. 45-49	-	ca. 1,17	- Trockenfilm gleichmäßig und milchig-transparent, weich, flexibel, nicht klebrig, keinerlei Abhebungen

Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle I:** Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Zusammen-setzung / Basis**	**Tg** [°C]	**pH-Wert**	**Feststoff-gehalt** [%]	**Viskosität** bei 25 °C [MPa]	**Tropfen-durchmesser** von 3 µl [mm]	**Anmerkungen** (Filmbildung, Auffälligkeiten o.ä.)
5 A	Evacon-R	(rein)	Wässrige copolymere Ethylen-vinylacetat-Dispersion	-	7-8* (6-) 7**	50-52	1000-1200	ca. 1,33	- sehr gut auszurakeln - Nassfilm gleichmäßig, opak-weiß - Trockenfilm leicht milchig, sonst transparent, gleichmäßig, glatt, sehr weich, flexibel, etwas klebrig, keinerlei Abhebungen
5 B		Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	Wässrige copolymere Ethylen-vinylacetat-Dispersion + Cellulosederivat-gel (MC)	-	6 (-7)**	ca. 45-47	-	ca. 1,29	- leicht milchiger Trockenfilm, nahezu transparent, sehr weich, flexibel, leicht klebrig, sehr gleichmäßig (leichte Zugspuren und teils minimale Bläschen), keinerlei Abhebungen
5 C		Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	Wässrige copolymere Ethylen-vinylacetat-Dispersion + Cellulosefasern	-	6**	ca. 52-54	-	ca. 1,27	- milchig-weißer Trockenfilm, leicht körnig-rau, aber gleichmäßig, nicht transparent, weich, flexibel, leicht klebrig, keinerlei Abhebungen
-	Jade 403 N	(rein)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion	ca. 0	ca. 7*	49-52	4000-5000 (bei 20 °C)	-	- sehr gut auszurakeln, gleichmäßiger, weiß-opaker Nassfilm - leicht weißlich-transparenter, homogener Trockenfilm, weich, flexibel, klebrig, keine Abhebung

Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle I:** Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Zusammen-setzung / Basis**	**Tg** [°C]	**pH-Wert**	**Feststoff-gehalt** [%]	**Viskosität** bei 25 °C [MPa]	**Tropfen-durchmesser** von 3 µl [mm]	**Anmerkungen** (Filmbildung, Auffälligkeiten o.ä.)
6	Jade 403 N	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion + Cellulosefasern	-	5**	ca. 50-54	-	ca. 1,05	- recht hochviskos, pastig-zäh klebrig, aber sehr gut aufzurakeln - Nassfilm opak-weiß, leicht körnig, sonst gleichmäßig - Trockenfilm leicht milchig-trüb, nahezu transparent, fein-raue / körnige Struktur, weich, flexibel, an Unterseite leicht klebrig, keinerlei Abhebungen
7	Vinnapas DP 600	(rein)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion	ca. 33	4 - 5,5* (4-) 5**	58-62	35000 ± 6000	(nicht pipettierbar)	- sehr hochviskos, aber sehr gut auszurakeln - Nassfilm weiß-opak, gleichmäßig - leicht weißlicher, milchiger, gleichmäßiger, glatter Trockenfilm, eher steif, brüchiger und starr, keinerlei Abhebungen
-		Vinnapas DP 600 + Wasser (7:1)	s.o. + Wasser	-	(4-) 5**	ca. 50-54	-	ca. 0,95	(vgl. Vinnapas DP 600)
8	Vinamul 8481	(rein)	Wässrige homopolymere Polyvinylacetat-Dispersion	ca. 33	4-5* (4-) 5**	54-56	2500-4500	ca. 1,25	- sehr gut auszurakeln - Nassfilm opak-weiß, gleichmäßig - milchiger, eher steifer, leicht brechender, gleichmäßiger, glatter (leichte Zugspuren), flexibler Trockenfilm, keinerlei Abhebungen

Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle I:** Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Zusammen-setzung / Basis**	**Tg** [°C]	**pH-Wert**	**Feststoff-gehalt** [%]	**Viskosität** bei 25 °C [MPa]	**Tropfen-durchmesser** von 3 µl [mm]	**Anmerkungen** (Filmbildung, Auffälligkeiten o.ä.)
9	Beva 371 (b)	(rein) / Film, dick (65 µm)	Copolymere Ethylenvinylacetate mit Zusätzen von Cyclohexanon-harzen, Phthalat-Ester (von Hydroabietyl-alkohol) und Paraffin	-	-	100	-	-	- Zusammensetzung gemäß Sicherheitsdatenblatt (s.a. Internetquelle KREMER BEVA, 24.07.2013) - Zusammensetzung BEVA 371 allgemein: 45% Ethylen-Vinylacetat-Copolymer mit 32% Vinylacetat (Elvax Harz 150), 27% Cyclohexanonharz (ehemals Keton N, vermutlich ersetzt durch Laropal K80), 15% Ethylen-Vinylacetat-Copolymer mit 15% Vinylacetat (AC-Copolymer 400), 9% ölfreies Paraffin (Schmelzpunkt 65 °C), 4% Cellolyn 21 (Ester der Phtalsäure mit Hydroabietin-alkohol); vgl. REUBER 2010, S. 42. Bezüglich der Neuformu-lierung siehe auch unter A.3.2.
-	Mowilith DM 771	(rein)	Wässrige copolymere Dispersion auf Basis von Methacrylsäure-estern	-	8-9*	ca. 50	8000-15000	-	- weiß-opaker Nassfilm, gut auszurakeln - Trockenfilm leicht milchig, fast klar, gleichmäßig, weich, flexibel, leicht klebrig, keinerlei Abhebungen

Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle I:** Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

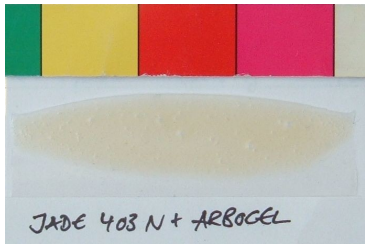
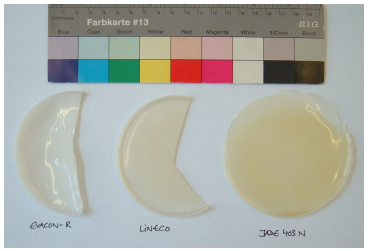
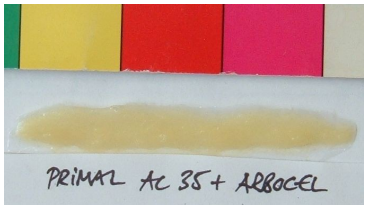
Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Zusammen-setzung / Basis**	**Tg** [°C]	**pH-Wert**	**Feststoff-gehalt** [%]	**Viskosität** bei 25 °C [MPa]	**Tropfen-durchmesser** von 3 µl [mm]	**Anmerkungen** (Filmbildung, Auffälligkeiten o.ä.)
10	Mowilith DM 771	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	Wässrige copolymere Dispersion auf Basis von Methacrylsäure-ester + Cellulosederivat-gel (MC)	-	8 (-9)**	ca. 45-46	-	ca. 1,13	- relativ niedrigviskos, aber trotzdem recht gut aufzurakeln - Trockenfilm gebrochen transparent / leicht trüb, leicht raue Struktur, feine Unregel-mäßigkeiten, sonst gleichmäßig; sehr weich, flexibel, an Unterseite glatt und leicht klebrig, keinerlei Abhebungen
11 A	Störleim 20%	Störleim 20% + Weizenstärke (warm)13% (1:1)	Glutinleim + Stärkekleister	-	(6-) 7**	ca. 16-17	-	ca. 1,80	- eigentlich gut aufzurakeln, aber recht „körnig“, sofern ungesiebt - Trockenfilm nahezu klar, leicht rau, aber im Vergleich zu nass deutlich glatter auftrocknend; folien- bis papierartig, relativ empfindlich, leichte bis keinerlei Abhebungen
11 B		Störleim 20% + Weizenstärke (kalt)13% (1:1)	Glutinleim + Stärkekleister	-	7**	ca. 16-17	-	ca. 1,67	- eigentlich gut aufzurakeln, aber recht „körnig“, sofern ungesiebt - Trockenfilm nahezu klar, leicht rau, aber im Vergleich zu nass deutlich glatter auftrocknend; folien- bis papierartig, relativ empfindlich, leichte bis keinerlei Abhebungen

Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle I:** Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften

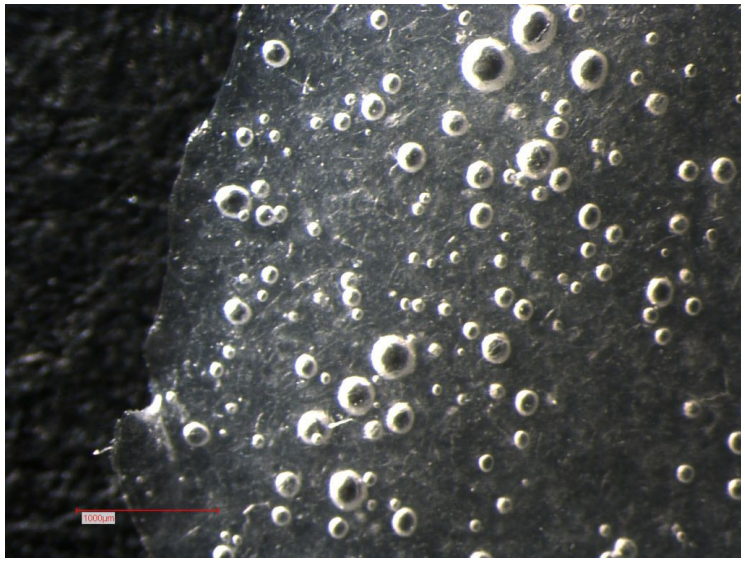
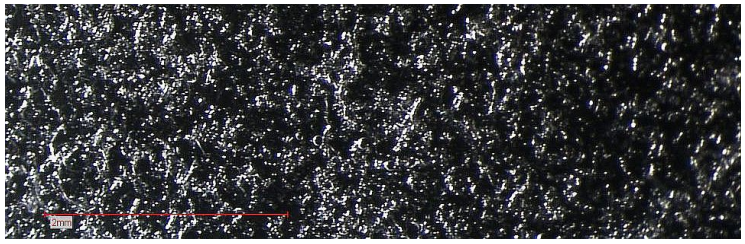
Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Zusammen-setzung / Basis**	**Tg** [°C]	**pH-Wert**	**Feststoff-gehalt** [%]	**Viskosität** bei 25 °C [MPa]	**Tropfen-durchmesser** von 3 µl [mm]	**Anmerkungen** (Filmbildung, Auffälligkeiten o.ä.)
12	Störleim 25%	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	Glutinleim + Cellulosefasern	-	(6-) 7**	ca. 28-29	-	ca. 1,42	- gut aufzurakeln - relativ „krümeliger“ Nassfilm, aber sonst gleichmäßig - körnig-rauer, weiß-transparenter Trockenfilm, recht steif + „papierartig“ (knistert), nicht klebrig, leichte bis keine Abhebungen
-	Störleim 30%	Störleim 30% + Arbocel BWW 40 (20:1)	Glutinleim + Cellulosefasern	-	6 (-7)**	ca. 33	-	-	- lässt sich gut ausrakeln, aber zügiges Arbeiten und genügend Material erforderlich - Nassfilm trüb, körnig, aber gleichmäßig - körnig-rauer, weißlicher Trockenfilm, hebt sich leicht von Folie ab, recht steif + „papierartig“ (knistert) - wurde letztlich trotz Eignung zur Rissverklebung in der Klebstoff-auswahl nicht berücksichtigt; siehe auch unter A.7.1.
13	Störleim 40%	(rein)	Glutinleim	-	7**	ca. 40	-	-	- relativ gut auszurakeln - relativ gleichmäßiger Trockenfilm, feine Bläschen, gelblich-transparent, hebt sich selbst von Folie ab, sehr fest

A.3.1 / Tabelle II: Filmauffälligkeiten

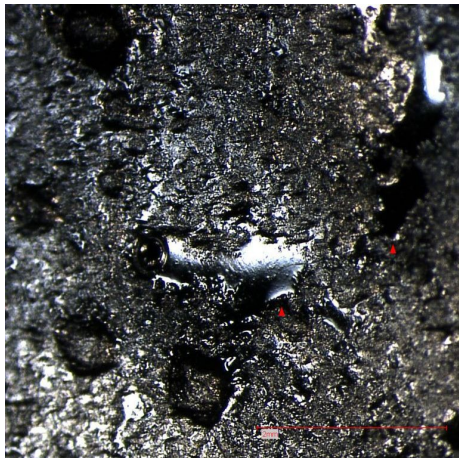
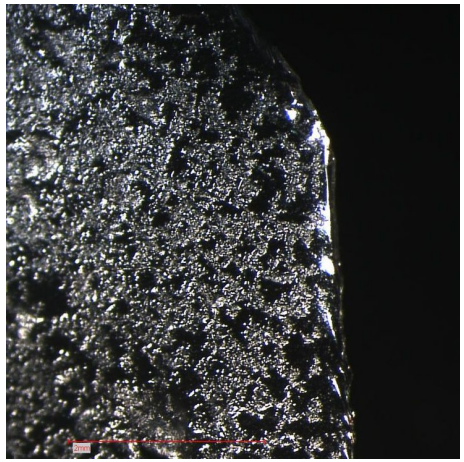
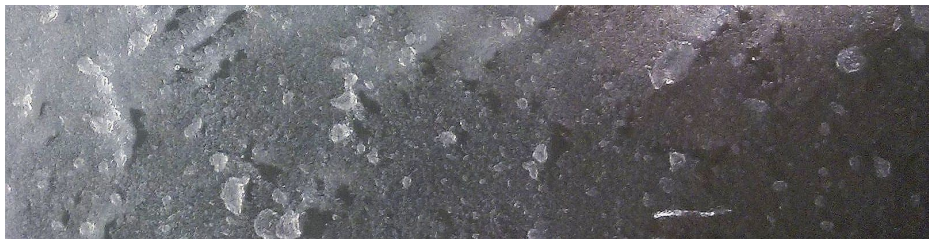
Nachfolgend sollen einige beobachtete Filmauffälligkeiten der Vollständigkeit halber kurz dokumentiert werden:

Klebstoff	Abbildungen		Anmerkungen
Jade 403 N / Lineco / Evacon-R	 Abb. 01	 Abb. 02	Bei den Versuchen zur Filmherstellung zeigten sich an mehreren reinen sowie modifizierten Jade-Filmen auffällige gelbliche Verfärbungen innerhalb weniger Wochen offener Lagerung ohne außergewöhnliche Lichtexposition o.ä. (vgl. Abb. 1). Vorbereitend zur einer pH-Messung des Film-Extrakts wurde im August 2012 ein ca. 1-2 mm dicker Jade-Film in einer Petrischale ausgegossen und lichtgeschützt gelagert; im direkten Vergleich mit gleichen Filmen der Klebstoffe Evacon-R und Lineco von November 2010 zeigt sich dieser bereits als deutlich stärker verfärbt (vgl. Abb. 2). Evacon-R ist als einziger aller drei Filme nicht erkennbar gegilbt (von li. nach re.: Evacon-R, Lineco, Jade 403 N).
Mowilith D 50 / Primal AC 35	 Abb. 03	 Abb. 04	Bei den Versuchen zur Filmherstellung zeigten sich ebenfalls an mehreren reinen sowie modifizierten MowilithD50-Filmen auffällige Verfärbungen, die jedoch anders als an bspw. Jade 403 N eher bräunlich als gelblich erschienen (s. Abb. 3). Diese bräunliche Färbung ließ sich sonst an keiner anderen betrachteten Kunstharzdispersion feststellen und lässt sich möglicherweise auf das besonders stark überlagerte Produkt zurückführen (vermutlich von 2008). Hinzuweisen sei auch auf die im Zuge der Klebstoffvorauswahl ebenfalls betrachteten Primal-Acrylharzdispersionen: Verschiedene Primal-Produkte, allen voran Primal AC 35, zeigten in reinen sowie modifizierten Filmen innerhalb kürzester Zeit extrem grell-gelbliche Verfärbungen, die so bei keinem anderen betrachteten Dispersionsfilm vorzufinden waren (vgl. Abb. 4).

Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle II:** Filmauffälligkeiten

Klebstoff	Abbildungen	Anmerkungen
Lineco + Arbocel BWW 40	 Abb. 05	Im Falle zugesetzter ArbocelBWW40-Cellulosefasern ließ sich an allen betrachteten Dispersionen nicht nur eine Viskositätserhöhung und steigender „Körper“ durch den zugesetzten Füllstoff beobachten, sondern zudem eine auffällige Oberflächen-Rauigkeit der frei trocknenden Filmoberseite (die Unterseiten sind alle bedingt durch das glatte Foliensubstrat extrem glatt und eben). Diese Unebenheiten machten es u.a. erforderlich, für die Filme mit Arbocel-Zusatz eine abweichende Messmethode zur Dickenerfassung zu nutzen; die digitale Messsonde vermochte es nicht, einen sinnvollen mittleren Dickenwert zu ermitteln, da sie prinzipiell „zwischen den Fasern hindurch“ in den dünneren Filmbereichen ohne Faseragglomerationen zu messen schien, was jedoch nicht repräsentativ für die eigentliche Filmdicke mit Fasern sein sollte. Daher wurde sich mit einer digitalen Mikrometer-messschraube beholfen; die so erzielten Messwerte erscheinen jedoch ebenfalls nicht mit den anderen Filmen vergleichbar, da trotz gemessener ~ 65 µm deutlich fühlbar dünnere Filme vorlagen. Stellvertretend für alle Kunstharzdispersionen daher die versuchte Darstellung der fein im Film verteilten Fasern (s. links Abb. 5).
Störleim + Arbocel BWW 40	 Abb. 06	Die fotografische Dokumentation der im Störleimfilm fein verteilten Arbocel-Fasern erwies sich auf Grund der starken Lichtreflexion leider als nahezu unmöglich. Am Störleim-Arbocel-Film konnten prinzipiell die selben bereits oberhalb geschilderten Phänomene beobachtet werden. Der im Vergleich zu den Dispersionen mit Arbocel-Zusatz besonders dünne Störleim-Arbocel-Film erlaubt jedoch mit bloßem Auge prinzipiell eine weitaus bessere Einschätzung der gleichmäßigen Verteilung der weißlich-opaken Fasern im ursprünglich klaren Film (vgl. links Abb. 6).

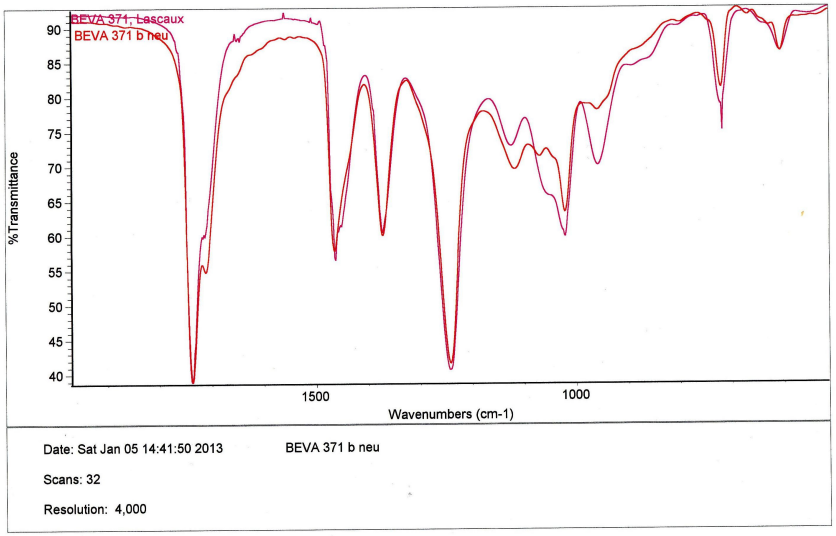
Fortsetzung **A.3.1 / Tabelle II:** Filmauffälligkeiten

Klebstoff	Abbildungen	Anmerkungen
Störleim + Weizenstärke (kalt-/ warmlöslich)	 Abb. 07  Abb. 08 Links ein SL-WS-Film mit kaltlöslicher, rechts mit warmlöslicher Weizenstärke.  Abb. 09 Im Zuge der Filmbildung entstandene, als dunkle, da klar-durchsichtige Flecken erkennbare Störleim-Bereiche ohne Weizenstärke im sonst durchgehenden Film.	An mehreren Störleim-Weizenstärke-Filmen, unabhängig ob mit kalt- oder warmlöslicher Weizenstärke hergestellt, ließen sich gewisse Separationserscheinungen beobachten. Es scheint, als würde die zugesetzte Weizenstärke in der Filmbildung agglomerieren oder wegrutschen, sodass sich feine, etwas dickere Weizenstärke-Inseln sowie teils völlig frei von Weizenstärke vorliegende, klare Störleimbereiche nebeneinander ausbilden (vgl. links Abb. 7, 8, 9). Dieses Phänomen war prinzipiell umso deutlicher zu erkennen, je dünner der Film, da sich bei dickeren Filmen möglicherweise die separierten Bereiche optisch überlagern und weniger gut erkennen lassen. Jedoch ist das Phänomen ohnehin makroskopisch mitunter nur sehr schwer zu erkennen und insbesondere fotografisch festzuhalten. Das Entmischen von Störleim-Weizenstärke-Mischungen auf Grund von Retrogardations-erscheinungen des Kleisters ist ein bekanntes Problem; HOFMANN beschreibt zudem eine mögliche unmittelbar mit dem Auftrag der Mischung in Verbindung stehende Entmischung, die sie jedoch nicht für die Einzelfadenverklebung nachweisen konnte (vgl. HOFMANN 2003, S. 15, 46).

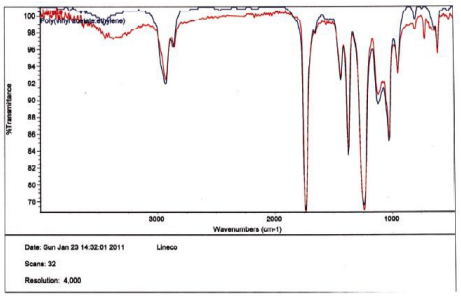
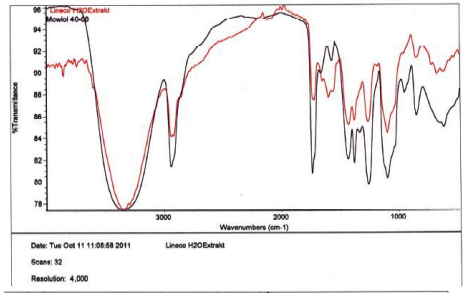
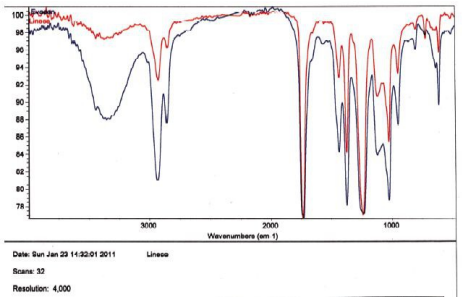
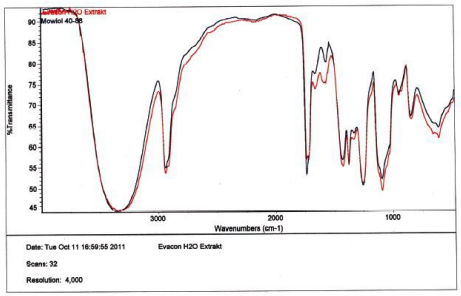
A.3.2 Untersuchungen und Analysen

Nachfolgend sollen vorhandene unabhängige Analyseergebnisse zu einigen der getesteten Klebstoffe festgehalten werden. Sofern nicht anders gekennzeichnet, wurden sämtliche Analysen von Frau Prof. Dr. Elisabeth Jägers durchgeführt.

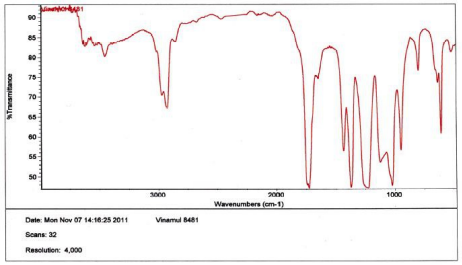
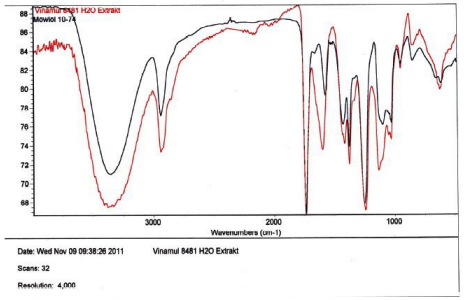
A.3.2 / Tabelle I: Ergebnisse der Untersuchungen und Analysen

Klebstoff	**Analyse / FTIR-Spektrum**	**Interpretation / Anmerkungen**
Beva 371 (b)	 Abb. 01	Seit einiger Zeit ist eine neue Beva-Formulierung auf dem Markt (2010), die im Gegensatz zum Vorgängerprodukt auffallend gelb ist. Die zwei Kurven zeigen das Spektrum des Vorgängerprodukts „BEVA 371 Lascaux“ (pink) sowie das Spektrum der neuen Beva-Formel „BEVA 371 b neu“ (rot), siehe Abb. 01. Die mittels FTIR festgestellten Unterschiede zwischen Beva 371 und dem Nachfolgeprodukt Beva 371 (b) sind relativ gering; wobei jedoch keine direkten Aussagen über eine möglicherweise veränderte quantitative Zusammensetzung und damit unter Umständen zusammenhängenden unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften getroffen werden können (freundliche mündliche Mitteilung von Frau Prof. Dr. Elisabeth Jägers, Gespräch am 14.01.2013). Dieses Ergebnis wird von den weitergehenden Analysen durch MC GLINCHY et al. 2011 bestätigt.

Fortsetzung **A.3.2 / Tabelle I:** Ergebnisse der Untersuchungen und Analysen

Klebstoff	**Analyse / FTIR-Spektrum**	**Interpretation / Anmerkungen**
Lineco	 Abb. 02  Abb. 03 Abbildungen der FTIR-Spektren aus BALTSCHEIT 2011, S. 107-108.	Abb. 02 zeigt die Spektren von Lineco (rot) sowie einem copolymeren Ethylenvinylacetat (blau) als Referenz; in Abb. 02 wurde das Spektrum von wässrig extrahiertem Lineco (rot) mit dem Polyvinylalkohol Mowiol 40-00 gegenübergestellt. Es finden sich teils widersprüchliche Angaben, ob es sich um eine PVAC- oder EVA-Dispersion handelt, laut Hersteller handelt es sich um eine Mischung aus homo- und copolymeren Vinylacetaten; entsprechend der Analysen werden EVA sowie Polyvinylacetat als Stabilisator bestätigt (vgl. BALTSCHEIT 2011, S. 18 f.).
Evacon-R	 Abb.04  Abb.05 Abbildungen der FTIR-Spektren aus BALTSCHEIT 2011, S. 107-108.	Abb. 04 zeigt die FTIR-Kurven von Lineco (rot) und Evacon-R (blau) im Vergleich; in Abb. 05 wurde das Spektrum von wässrig extrahiertem Evacon-R (rot) mit dem Polyvinylalkohol Mowiol 40-88 gegenüber-gestellt. Bei Evacon-R handelt es sich demnach ebenfalls um eine polyvinylalkohol-stabilisierte, copolymere EVA-Dispersion, vermutlich mit höherem Ethylen-Anteil als bei Lineco (vgl. BALTSCHEIT 2011, S. 18 f.).

Fortsetzung **A.3.2 / Tabelle I:** Ergebnisse der Untersuchungen und Analysen

Klebstoff	**Analyse / FTIR-Spektrum**		**Interpretation / Anmerkungen**
Vinamul 8481	 Abb. 06  Abb. 07 Abbildungen der FTIR-Spektren aus BALTSCHEIT 2011, S. 107-108.		Abb. 06 zeigt die FTIR-Kurve von Vinamul 8481, daneben in Abb. 07 wurde das Spektrum von wässrig extrahiertem Vinamul 8481 (rot) mit dem Polyvinylalkohol Mowiol 10-74 gegenübergestellt. Bei Vinamul 8481 handelt es sich vermutlich um eine homopolymere PVAC-Dispersion, welche ebenfalls mit Polyvinylalkohol stabilisiert wurde (vgl. BALTSCHEIT 2011, S. 18 f.).
Jade 403 N	**INTRODUCTION** In December 1994, Tara Grant from the CCI Archeaology Division requested an analysis of **Jade No.403N** from University Products to determine if it was identical to the **Jade No.403** sold by Talas. **EXPERIMENTAL** **Jade No.403N** was spread on a silver chloride plate, and allowed to dry. A spectrum was run on a Bomem Michelson MB-100 Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectrometer. **RESULTS** The neat spectrum of **Jade No.403N** was very similar to the spectrum of **Jade No.403** from Talas. The **Jade No.403** from Talas was identified as containing a vinyl acetate/ethylene copolymer, vinyl alcohol/vinyl acetate copolymer, soap (emulsifier), and polyacrylamide.[1] **CONCLUSIONS** The **Jade No.403N** from University Products appears to be the same product as **Jade No.403** from Talas. Abb.08	Abb. 08 stellt den zentralen Ausschnitt der schriftlichen Mitteilung DOWN 1995 dar.	Das Vorgängerprodukt Jade 403 schnitt in umfangreichen Analysen zu Materialverhalten und Beständigkeit am CCI (Veröffentlichung DOWN et al. 1996) sehr vielversprechend ab. Das Nachfolgeprodukt Jade No. 403 N von University Products ist laut frühen Analysen von DOWN im Spektrum sehr ähnlich zum Vorgängerprodukt Jade No. 403 von Talas; durch die Analysen erscheinen ein EVA-Copolymer, eine „Seife“ / Tensid als Emulgator und Polyacrylamid als Inhaltsstoffe bestätigt (vgl. schriftliche Mitteilung DOWN 1995). Zu einem späteren Zeitpunkt nennt DOWN jedoch vom Vorgängerprodukt abweichende, ggf. nachteilige flüchtige Substanzen in Jade 403 N (DOWN 2000).

A.3.3 Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Nachfolgend sollen zu Dokumentationszwecken ebenfalls im Rahmen von Vortests zur Filmherstellung und probeweisen Einzelfadenverklebungen an Gewebestreifen betrachtete und verworfene Klebstoffe sowie Klebstoffmodifikationen gelistet werden.

Die Tabelle wird um kurze Erläuterungen ergänzt; detailliertere Informationen u.a. zu Filmbildung und -ablöseverhalten dieser Klebstoffe und -modifikationen finden sich in der schriftlichen Mitteilung FLOCK 2013.

Auffallend ist, dass fast alle betrachteten Acrylharzdispersionen und -modifikationen ausscheiden, da diese an zu weichen bis klebrigen Filmen (Stichwort: Glasübergangstemperaturen) oder schlechten Verarbeitungseigenschaften scheitern. Möglicherweise erklären diese Beobachtungen auch das im Vergleich schon deutlich schlechtere Abschneiden der Acrylharzdispersionen in den Testreihen zur Rissverklebung bei REUBER 2010.

A.3.3 / Tabelle I: Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Klebstoff	**Modifikation**	**Anmerkungen**
Mowilith D 50	Mowilith D 50 + Wasser (19:1)	Verzicht auf ergänzende Betrachtung der Verdünnung (bereits häufig beobachtete Herabsetzung der Zugfestigkeit und Höchstzugkräfte in der Einzelfadenverklebung durch Verdünnung, vgl. u.a. REUBER 2010, S. 66 f.)
Mowilith DHS S1	Mowilith DHS S1 + Tylose MH 300 3%ig (10:2)	Bevorzugte Modifikation durch Celluloseether-Gel alternativ mittels Methocel A4C
Mowilith LD 167	Mowilith LD 167 + Wasser (7:1)	Verzicht auf ergänzende Betrachtung der Verdünnung (vgl. u.a. REUBER 2010, S. 66)

Fortsetzung **A.3.3 / Tabelle I:** Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Klebstoff	**Modifikation**	**Anmerkungen**
Lineco	Lineco + Tylose MH 300 3%ig / 5 %ig (9:1)	Lineco + Tylose MH 50 3%ig (9:1): Bei Rissverklebung gute Benetzung, aber relativ flüssig (Rezeptur vgl. BALTSCHEIT 2011) Lineco + Tylose MH 300 3%ig (9:1): Bei Rissverklebung gute Benetzung, etwas mehr „Stand“ als MH 50, aber sehr ähnlich in Verarbeitung (Unterschiede minimal bis nicht vorhanden, d.h. Dispersion dominierend; hiervon ausgehend kein Tylose-Typ direkt zu bevorzugen) Bevorzugte Modifikation durch Celluloseether-Gel alternativ mittels Methocel A4C
	Lineco 9:1 in Wasser + Tylose MH 300 3%ig (9:1)	
	Lineco + Tylose MH 50 3%ig (9:1)	
	Lineco +Tylose H 20 P2 3%ig (9:1)	
Evacon-R	Evacon-R + Tylose MH 300 5%ig (9:1)	Bevorzugte Modifikation durch Cellulosether-Gel alternativ mittels Methocel A4C
Jade 403 N	(rein)	Bei Rissverklebung zunächst sehr angenehm aufzutragen, mittelviskos, zieht nicht schnell weg, leider sehr opak weiß, scheint gut in Fasern einzudringen, könnte viskoser sein; sehr klebrig-weicher Film, Tg erscheint für Rissverklebung ggf. zu niedrig und ungeeignet
	Jade 403 N + Tylose MH 300 3%ig / 5%ig (9:1)	Sehr klebrig-weicher Film, Tg erscheint für Rissverklebung ggf. zu niedrig und ungeeignet; auch Modifikation mittels Celluloseether-Gel führte zu keiner Verbesserung
	Jade 403 N+ Arbocel BWW 40 (20:1) / (40:1)	Bei Rissverklebung mit 40:1-Verhältnis bereits optimierte Verarbeitung zu reinem Klebstoff, da etwas pastiger; im Verhältnis 20:1 noch immer recht hochviskos, pastig-zäh bis klebrig, lässt sich jedoch überraschend gut verarbeiten; Klebstoff recht massereich, ggf. eher für Stoß-auf-Stoß geeignet; sehr gute Anfangsadhäsion, Nachmodellieren gut möglich (erfordert auch stärkere Einarbeitung); relativ lange verarbeitbar, wird nicht krümelig o.ä. (vgl. Acrylate) Erfolgreiche Modifikation alternativ im Verhältnis 30:1 durchgeführt

Fortsetzung **A.3.3 / Tabelle I:** Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Klebstoff	**Modifikation**	**Anmerkungen**
Vinnapas EP 17	(rein)	Sehr klebrig-weicher Film; Tg erscheint für Rissverklebung zu niedrig und ungeeignet
Plextol B 500	(rein)	Sehr klebrig-weicher Film; Tg erscheint für Rissverklebung zu niedrig und ungeeignet (Plextol B 500 ist von allen getesteten Acrylaten am „klebrigsten“)
	Plextol B 500 + Tylose MH 300 3%ig (8:2) / (9:1)	Sehr klebrig-weicher Film, Tg erscheint für Rissverklebung zu niedrig und ungeeignet; auch Modifikation mittels Celluloseether-Gel führte zu keiner Verbesserung der Verarbeitungs- und Filmeigenschaften Methocel-Zusatz: Bei Rissverklebung recht krümelig zu verarbeiten (zudem bei Löslichkeitsprobe mit feuchtem Watteträger einige Sekunden auf Film keine Reaktion)
	Plextol B 500 + Tylose MH 300 5%ig (9:1)	
	Plextol B 500 + Methocel A4C 10%ig (2:1) / (4:1)	
	Plextol B 500 + Arbocel BWW 40 (20:1) / (40:1)	Sehr klebrig-weicher Film, Tg erscheint für Rissverklebung zu niedrig und ungeeignet; auch Modifikation mittels Cellulosefaser-Zusatz führte zu keiner Verbesserung Rissverklebung mit 20:1-Verhältnis von allen getesteten Acrylaten am schlechtesten durchführbar; sehr flüssig, Arbocelfasern sehr störend in Verarbeitung, wird stark krümelig, dringt nicht ein, haftet nicht
Plextol D 540	(rein)	Bei Rissverklebung sehr schlecht zu verarbeiten, wird stark krümelig, wenig Haftung (durch Heiznadel leicht optimierbar) / Film zudem erst einige Tage nach dem Aufrakeln nicht mehr klebrig (~ 72 Std.), auch bei Löslichkeitsprobe mit feuchtem Watteträger einige Sekunden auf Film keine Reaktion
	Plextol D 540 + Methocel A4C 10%ig (2:1)	
Plextol D 498	(rein)	Bei Rissverklebung zunächst sehr angenehm aufzutragen (Klebstoff eher flüssig, aber zieht nicht schnell weg), wird dann aber schnell krümelig (vgl. D 540, etwas weniger stark), keine Haftung bei Verarbeitung / Film zudem erst einige Tage nach dem Aufrakeln nicht mehr klebrig (~ 72 Std.)

Fortsetzung **A.3.3 / Tabelle I:** Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Klebstoff	Modifikation	Anmerkungen
Plextol D 498	Plextol D 498 + Arbocel BWW 40 (40:1) / (20:1)	Zu pastig für die Rissverklebung
		Bei Rissverklebung pastig bis „mayonnaise-artig“, scheint zunächst gut einzudringen, da flüssiger als 40:1, aber zieht letztlich nicht so gut weg; wird beim Nacharbeiten leicht bröckelig (besser als reine Dispersion, aber wird krümelig an Fadenoberseite, nicht nachträglich besser einzuarbeiten), d.h. die geringe Anfangshaftung wird durch das Nacharbeiten zerstört (Zusatz bewirkt zwar Verbesserung, aber Klebstoff trotz Modifikation noch immer schlecht → ggf. höchstens für acryl-imprägnierte Gewebe o.ä. denkbar?)
	Plextol D 498 + Tylose H 20 P2 (40:1)	Zu pastig für die Rissverklebung
Primal AC 33	(rein)	Sehr klebrig-weicher Film; Tg erscheint für Rissverklebung zu niedrig und ungeeignet
	Primal AC 33 + Tylose MH 300 3%ig (8:2) / (9:1)	Sehr klebrig-weicher Film, Tg erscheint für Rissverklebung zu niedrig und ungeeignet; auch Modifikation mittels Celluloseether-Gel führte zu keiner Verbesserung
Primal WS 24	Primal WS 24 + Methocel A4M 3%ig (9:1)	Hat unter den betrachteten Acrylaten zwar höheren Tg, ist aber viel zu flüssig sowie als Film zu kristallin und spröde; auch Modifikation mittels Celluloseether-Gel führte zu keiner Verbesserung
	Primal WS 24 + Tylose MH 300 3%ig (9:1)	
Primal AC 35	(rein)	Recht klebrig-weicher Film; Tg erscheint für Rissverklebung ggf. zu niedrig und ungeeignet; zudem sehr niedrigviskos (→ Modifikation durch Cellulosederivatgel- / Cellulosefaserzusatz getestet, s.u.)
	Primal AC 35 + Tylose MH 300 3%ig / 5%ig (9:1)	Mit 5%iger Tylose bei Rissverklebung sehr flüssig, könnte hochviskoser sein; sehr nass und lange Offenzeit (dringt gut in Fasern ein), jedoch relativ geringe Anfangshaftung (→ auf 7%igen Zusatz erhöht, s.u.)
	Primal AC 35 + Tylose MH 300 7%ig (9:1)	Verhält sich bei der Rissverklebung genauso flüssig wie mit 5%igem Zusatz, aber ist deutlich inhomogener in der Mischung
	Primal AC 35 + Arbocel BWW 40 (10:1)	Bei Rissverklebung extrem „nass“, Dispersion dringt ein und Fasern haften an Oberfläche; Sonde voller Fasern, schwer zu dosieren, haftet schlecht / bildet zudem keinen gleichmäßig ablösbaren Film aus; Produkt scheinbar ungeeignet

Fortsetzung **A.3.3 / Tabelle I:** Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Klebstoff	**Modifikation**	**Anmerkungen**
Mowilith DM 771	(rein)	Recht klebrig-weicher Film, Modifikation zu bevorzugen (Tg erscheint für Rissverklebung ggf. als zu niedrig und ungeeignet)
	Mowilith DM 771 + Tylose MH 300 3%ig (9:1)	Bei der Rissverklebung relativ niedrigviskos, aber trotzdem gut anzutragen; relativ geringe Anfangshaftung, lange Offenzeit, gute Faserbenetzung bis starke Fasertränkung; Klebestelle nach Trocknung extrem glänzend und dunkel verfärbt (→ auf 5%igen Zusatz erhöht, s.u.)
	Mowilith DM 771 + Tylose MH 300 5%ig (9:1)	Bevorzugte Modifikation durch Celluloseether-Gel alternativ mittels Methocel A4C
Störleim 20%	(rein)	Verzicht auf ergänzende Betrachtung; ggf. auch Nutzung als Störleim-Gel erprobt, vgl. REUBER 2010, S. 61 Rissverklebung möglich, aber nicht sehr komfortabel in Verarbeitung, da Fasern sehr störrisch und Klebstoff recht niedrigviskos; schlechtere Anfangshaftung als mit 30% (aber mglw. besseres Eindringen und dadurch Verkleben?)
	Störleim 20% + MCC 63 µm (20:1) / (10:1) / (5:1)	Modifikation mittels mikrokristalliner Cellulose (MCC) erbrachte nicht erwünschten verdickenden Effekt bzw. ermöglichte kein homogenes Gemisch; bevorzugte alternative Modifikation durch Cellulosefaser-Zusatz Bei Rissverklebung 20:1 viel zu flüssig; 10:1 immernoch sehr flüssig, aber besser zu verarbeiten, da optimierte Benetzung und Fasern besser zu modellieren; mit 5:1 etwas pastiger, aber noch immer relativ flüssig (ggf. Zusatz noch weiter erhöhen bzw. andere MCC / aber ist solch hoher Anteil an MCC im Klebstoff noch vertretbar?)
	Störleim 20% + MCC 125-250 µm (10:1) / (5:1)	Bei Rissverklebung mit 10:1 extrem flüssig an Sonde, zwar gute Anfangshaftung und kein starkes Wegschlagen des Klebstoffs, aber zu lange Offenzeit und leichte MCC-Rückstände auf Faseroberseiten; bei 5:1 lediglich Verschlechterung

Fortsetzung **A.3.3 / Tabelle I:** Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Klebstoff	**Modifikation**	**Anmerkungen**
Störleim 20%	Störleim 20% + Heweten / MCC 50 µm (10:1)	Bei der Rissverklebung Mischung nicht homogen („Pulver“ noch erkennbar), sehr „nass“, recht flüssig, oben auf Faser sitzen Fasern in „Körnchen“ auf (je länger bearbeitet, desto „nasser“, da Viskosität leidet), keine wirkliche Optimierung zu Störleim 20% (rein)
	Störleim 20% + Tylose H 300 P2 10%ig (1:1) / (ca. 1:1,5)	Beim betrachteten Produkt soll es sich um eine besonders wärmestabile Tylose handeln (zwar kein Entmischen auf Heizplatte, Mischung wird jedoch ebenfalls inhomogener) Bei Rissverklebung angenehm benetzendes Gel, hält Wasser, aber dringt tief ein, sofortige Anfangshaftung, relativ niedrigviskos und längere Offenzeit
	Störleim 20% + Tylose H 300 P2 5%ig (1:1,5)	
	Störleim 20% + Methocel A4C 10%ig (1:1) / (ca. 1:1,5)	Bei Rissverklebung sehr „nass“, gutes Eindringen, geringe Anfangshaftung, bei Verarbeitung wenig „Körper“ (Gel verflüssigt sich), Fasern lösen sich beim Modellieren voneinander, relativ lange Offenzeit, wird bei Trocknung zunehmend krümelig, wenn weiter nachbearbeitet; keine Optimierung zu Störleim 20% (rein), für Stoß-auf-Stoß gänzlich ungeeignet (aber noch höhere Viskosität durch mehr Feststoff im Methocelgel ist nicht herstellbar); Verklebung sehr leicht zu öffnen / Film zeigt Filmstörungen und Mischung trennt sich auf Heizplatte
	Störleim 20% + Klucel E 10%ig (1:1)	Auf der Heizplatte zeigt sich schnell eine Phasentrennung, das Klucel fällt in weißen Klümpchen aus („dispergiert“); beim Abkühlen wird das Gel wieder klar Störleim 20% + Klucel H 5%ig (1:1): Bei Rissverklebung mit kalt angewendetem „Gelee“ wird dieses beim Ein-/Nacharbeiten flüssiger, relativ schwer zu dosieren, mglw. nicht überall eindringend
	Störleim 20% + Klucel H 5%ig (1:1)	
	Störleim 20% + Arbocel BWW 40 (20:1) / (10:1)	Mit 20:1 bei der Rissverklebung zu flüssig bzw. zu nass in der Verarbeitung, Fasern „verkrümeln“; mit 10:1 etwas besser, aber noch immer sehr „nass“ und lange Offenzeit (und ist solch hoher Anteil an Cellulosefasern im Klebstoff noch vertretbar?)

Fortsetzung **A.3.3 / Tabelle I:** Verworfene Klebstoffe und Modifikationen

Klebstoff	**Modifikation**	**Anmerkungen**
Störleim 25%	(rein)	Verzicht auf ergänzende Betrachtung; bevorzugte alternative Modifikation durch Cellulosefaser-Zusatz
	Störleim 25 % + Arbocel BWW 40 (15:1)	Bei Rissverklebung noch gut für Stoß-auf-Stoß geeignet, aber vermutlich absolute Obergrenze an möglichem Arbocel-Zusatz
Störleim 30%	(rein)	Reine Anwendung zur Rissverklebung möglich, aber schnelles Arbeiten nötig; Verarbeitung insgesamt nicht richtig gut
	Störleim 30 % + Arbocel BWW 40 (8:1) / (10:1)	Bei Rissverklebung mit 10:1 nicht sehr gut zu verarbeiten, zu pastig, zäh, fest (Rezeptur übernommenen aus studien-richtungsinterner Doku von Stephanie Meyer / CICS / Praxis Studienrichtung GSM „Porträt einer alten Dame“, SS 2012, S. 33 f.); mit 8:1 bilden Arbocelfasern Klümpchen, schwer von der Sonde zu nehmen (zu viel oder kaum etwas), auch bei hoher Temperatur keine Verbesserung; Leim schafft es nicht, die „Fasern zu binden“, 10:1 scheint Obergrenze
	Störleim 30 % + Arbocel BWW 40 (20:1)	Verzicht auf ergänzende Betrachtung, da mit Störleim 25% + Arbocel der „worst case“ an niedrigst möglichem Feststoffanteil der Mischung beleuchtet wird (prinzipiell jedoch sehr gut zu verarbeiten, vergleichbar mit „homogenem Gel“, sehr transparent, sehr geschmeidig, gut mit Sonde zu dosieren; „Testsieger bei Arbocel-Versuchen“)
	Störleim 30 % + Arbocel BC 200 (ca. 29:1) / (ca. 17:1)	Verzicht auf ergänzende Betrachtung; bevorzugte alternative Modifikation mittels Arbocel BWW 40 Verhältnis 29:1 etwas zu flüssig für die Rissverklebung; 17:1 zeit eine gute Konsistenz für die Rissverklebung, aber die Verarbeitungszeit ist zu kurz
Störleim 50%	(rein)	Nicht herstellbar, 40% erscheint Maximum
Uhu Plus schnellfest	(rein)	Verzicht auf ergänzende Betrachtung von Epoxidharzen (s.u. REUBER 2010, S. 68 f.)
Uhu Plus endfest	(rein)	Für Rissverklebung eher ungeeignet, da zu lange Offenzeit

A.4 Details zu Testgarn und -gewebe

Nachfolgend sollen die wichtigsten Daten zu Testgarn und -gewebe festgehalten werden.
Die genauen Händler- und Bezugsadressen finden sich unter A.5.3.

A.4.1 Garn / TextilTrade

A.4.1 / Tabelle I: Informationen zum Garn

Informationen zum Garn		**Erläuterungen**
Produktname	„Leinengarn Nm12/1“	Das Produkt „Leinengarn Nm12/1“ der Firma TextilTrade verwendete bereits BALTSCHEIT in ihrer Arbeit (BALTSCHEIT 2010, S. 16). REUBER und VOGEL hingegen verwendeten einen sehr ähnlichen Leinenfaden der Firma TextilTrade, das Produkt „Linen LEA 20 raw Nm12 Nr. 115/2007“ (vgl. REUBER 2010, S. 48 / VOGEL 2010, S. 114).
Feinheit	Nm 12/1	„Die Einheit „Nm“ ist als Länge pro Masse definiert: 1 Nm entspricht einem Meter pro Gramm. Hinter dem Schrägstrich ist die Anzahl an verzwirnten Einzelfäden* angegeben. Demnach wurden bei diesem Leinengarn Einzelfäden von 12m/g zu einem Garn versponnen.“ (BALTSCHEIT 2011, S. 16); [* = hier: Einzelfasern]. Gleiches gilt für das Testgarn von REUBER und VOGEL.
	78,36 tex	Theoretisch gilt für die Angabe von 12 Nm wie bei REUBER genannt ein tex-Wert von ca. 83 tex, da gilt tex = 1000 / Nm (vgl. REUMANN 2000, S. 253). Durch eigene Messungen wurde jedoch ein leicht abweichender Wert ermittelt; zur tex-Ermittlung siehe auch die nachfolgende Tabelle II.
Drehung	Z	Vgl. auch Testgarn bei REUBER und VOGEL (REUBER 2010, S. 48 und VOGEL 2010, S. 114).
Zugfestigkeit	30,38 cN/tex	Zur Ermittlung siehe auch unter A.9.1 / Tabellen II. REUBER nennt für das vergleichbare TextilTrade-Garn einen Wert von 32 cN/tex (REUBER 2010, S. 48).
Fadendurch-messer (ohne Vorkraft)	0,39 mm (399 µm)	Zur Ermittlung siehe auch nachfolgende Tabelle II. REUBER nennt für das vergleichbare TextilTrade-Garn einen deutlich geringeren Garndurchmesser von durchschnittlich ca. 0,27 mm (REUBER 2010, S. 48). Das hier genutzte Garn der Firma TextilTrade ist dank des höheren Fadendurchmessers jedoch besser mit dem Kett- und Schussfadenmaterial des Testgewebes vergleichbar, siehe auch die nachfolgende Tabelle III.
Dichte	0,62 g/cm³	Zur Ermittlung siehe auch nachfolgende Tabelle IV.

Fortsetzung **A.4.1 / Tabelle I:** Informationen zum Garn

Informationen zum Garn		**Erläuterungen**
Schlichte	Carboxymethyl-cellulose	Nachweis anhand von FTIR-Analysen von Frau Prof. Dr. Elisabeth Jägers (vgl. BALTSCHEIT 2011, S. 16). Am Testgarn von REUBER und VOGEL konnte ebenfalls eine Methylcellulose-Schlichte nachgewiesen werden: „Das FTIR-Spektrum ist Na-Carboxymethylcellulose (etwa Tylose C300) sehr ähnlich, es zeigt jedoch leicht abweichende Signale bei den Wellenlängen 2899.79, 2849.34 und 1732.36. Dies weist auf eine geringere Polarität hin. Eventuell können Spuren eines Tensids dafür verantwortlich sein.“ (REUBER 2010, S. 48).

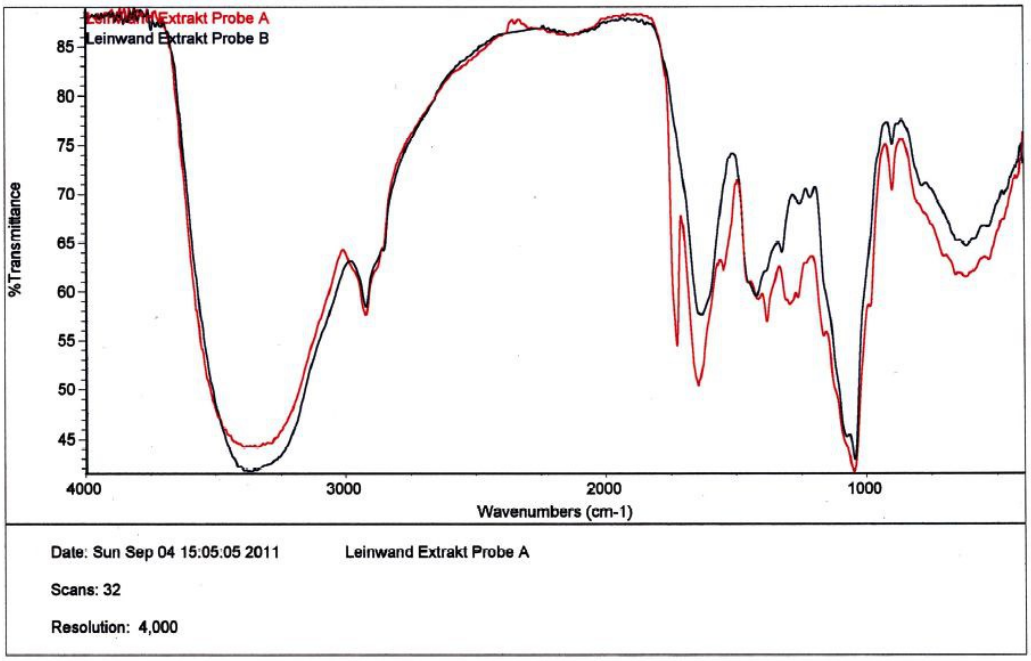


Abb. 01: FTIR-Spektrum zum Extrakt des Testgarns aus BALTSCHEIT 2011, S. 107.



Abb. 02: Mikroskopaufnahme einzelner Fäden des Testgarns (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

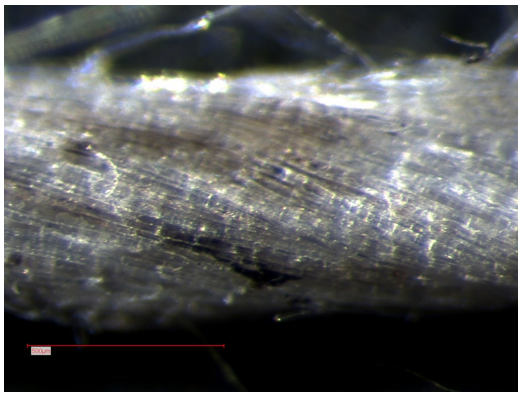


Abb. 03: Einzelner Faden bei starker Vergrößerung betrachtet; die einzelnen Flachsfasern sind gut erkennbar (roter Balken ≙500 µm).

A.4.1 / Tabelle II: Zur Tex-Messung

<table>
<tr><th colspan="4">tex-Messung</th></tr>
<tr><td>Norm</td><td colspan="3">Bei der tex-Messung wurde sich an der DIN 53830
„Bestimmung der Feinheit von Garnen und Zwirnen“
im Abschnittverfahren (Teil 3) orientiert.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Fadenvorbereitung und Wiegen</td><td colspan="3">Vorbereitende Trocknung von ca. 1 m langen Fadenabschnitten bei 50 °C im Trockenschrank für ca. 2 Std. auf Grund des Hystereseverhaltens des Leinengarns vor der Klimatisierung (Empfehlung gemäß freundlicher mündlicher Mitteilung von Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße, Gespräch vom 5.02.2013).</td></tr>
<tr><td colspan="3">Klimatisierung der Fadenabschnitte bei ca. 24 °C und 60 % r.F. über Nacht.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Zuschnitt von je fünf 50 cm langen Garnabschnitten:
Einspannen in obere Halterung der Zwick-Zugprüfmaschine bei LE-Abstand von 50 cm, am unteren Ende des Fadens wurde eine Schlaufe geknotet und für ca. 1 Min. ein 50g-Gewicht eingehängt, anschließend genaues Abtrennen ohne Druck gemäß LE-Markierung auf 50 cm mittels scharfen Skalpells (dabei Tragen von Kunststoffhandschuhen gegen Beeinflussung der Gleichgewichtsfeuchte der Fasern).</td></tr>
<tr><td colspan="3">Wiegen der Garnabschnitte mittels Feinwaage
„Kern 770-14, 0,01-200 g“.</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">Abb. 04: Fäden nach 50g Vorkraft-Gewicht, zum verminderten Fadendurchmesser siehe auch Tabelle III / Abb. 06
(Maßstab: roter Balken ≙2 mm).</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Berechnung des tex-Werts</td><td>Messwerte [g]</td><td>Mittelwert [g]</td><td>Gewicht [mg] / Länge [m]

1 tex = 1g / 1000 m</td></tr>
<tr><td>0,0413</td><td rowspan="5">0,03918 g /
39,18 mg</td><td rowspan="5">78,36 tex</td></tr>
<tr><td>0,0421</td></tr>
<tr><td>0,0382</td></tr>
<tr><td>0,0381</td></tr>
<tr><td>0,0362</td></tr>
</table>

A.4.1 / Tabelle III: Zum Fadendurchmesser

Ermittlung des Fadendurchmessers

Vorgehensweise	Der Fadendurchmesser wurde mittels mikroskopischer Messungen erhoben: Hierzu wurde eine Mikroskopkamera der Firma Hitachi, verbunden mit dem Mikroskop Leica MZ FL (FLUO) III zum Erstellen von Aufsichtabbildungen mehrerer Fadenabschnitte sowie zur maßstabsgetreuen Abmessung die Software „Diskus – Mikroskopische Diskussion, Version MIL 8.0b“ genutzt. Alternativ wäre jedoch auch eine Abmessung des tatsächlichen Querschnittdurchmessers mittels Herstellung eines in Technovit eingebetteten Querschliffs denkbar gewesen.

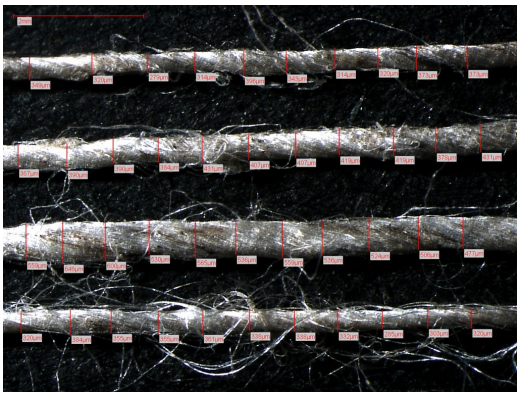


Abb. 05

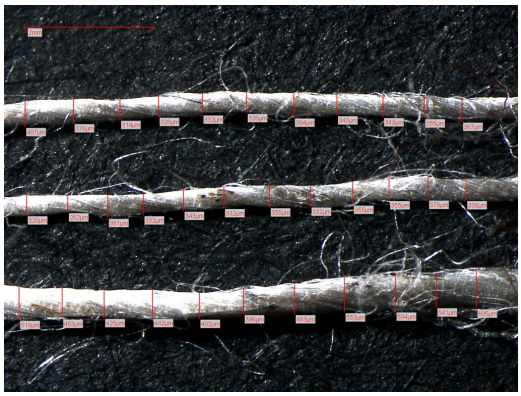


Abb. 06

Abb. 06 zeigt das Testgarn unbehandelt; Abb. 07 hingegen zum Vergleich nach Vorkraft mittels 50g-Gewicht im Rahmen der tex-Messung (siehe hierzu auch Tabelle II), der Fadendurchmesser erscheint durch bleibende Streckung leicht verringert (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

Rechnung	Einzelmessungen [µm] (ohne Vorkraft)				Mittelwert [µm] (ohne Vorkraft)
	349	367	431	506	399,069 (~ 0,39 mm)
	320	390	559	477	
	279	390	646	320	
	314	384	600	384	
	396	431	530	355	
	343	407	565	355	
	314	407	536	361	
	320	419	559	338	
	373	419	536	338	
	373	378	524	332	
	285	303	320	-	

A.4.1 / Tabelle IV: Zur Dichte

<table>
<tr><th colspan="4">Bestimmung der Fadendichte</th></tr>
<tr><td>Vorgehensweise</td><td colspan="3">Die Bestimmung der Fadendichte erfolgte mittels Rechnung anhand der bekannten, bisher erhobenen Daten
(vgl. Tabellen I+II).
Bei REUMANN wird für rohen Flachs allgemein eine abweichende Dichte von 1,43-1,52 g/cm³ genannt
(REUMANN 2000, S. 173, Tabelle 3.4).</td></tr>
<tr><td rowspan="10">Rechnung</td><td colspan="3">Rechenweg</td></tr>
<tr><td>Formel / Zylinder-Volumen</td><td>$V = \pi * r^2 * h$</td><td rowspan="4">Ein Garnabschnitt von 50 cm Länge mit einem Durchmesser von ca. 0,04 cm hat somit ein Volumen von ca. 0,0628 cm³.</td></tr>
<tr><td>Höhe</td><td>$h = 50$ cm</td></tr>
<tr><td>Durchmesser</td><td>$d \approx 0{,}04$ cm</td></tr>
<tr><td>Radius</td><td>$r \approx 0{,}04$ cm</td></tr>
<tr><td>Formel / Dichte</td><td>$\varrho = m / V$</td><td rowspan="3">Ein Garnabschnitt von 50 cm Länge mit einem Durchmesser von ca. 0,04 cm, einem Gewicht von ca. 0,039 g und einem Volumen von ca. 0,0628 cm³ hat also eine Dichte von ca. 0,621 g/cm³.</td></tr>
<tr><td>Volumen</td><td>$V \approx 0{,}0628$ cm³</td></tr>
<tr><td>Masse</td><td>$m = 0{,}039$ g</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ergebnis</td></tr>
<tr><td colspan="3">Das Garn hat somit eine theoretische Dichte von ca. 0,62 g/cm³
(siehe hierzu jedoch auch unter A.14.1).</td></tr>
</table>

A.4.2 Gewebe / Sironi

Bei der Dokumentation des Gewebes wurde sich an der Leinwand- bzw. Gewebestrukturanalyse nach ROUBA 1993 und LIPINSKI 2010 orientiert.

A.4.2 / Tabelle I: Informationen zum Gewebe

Informationen zum Gewebe				**Erläuterungen**
Produktname	„Pattina L 13 (puro lino)“			Das Leinengewebe „Pattina L 13“ der italienischen Firma Sironi erfüllte als einziges gefundenes Gewebe die entsprechenden Anforderungen an Webstruktur (nicht zu dicht und engmaschig) sowie vor allem Schlichte (nicht vorhanden bzw. wasserlöslich). Bereits LIPINSKI 2010 verwendete in seiner Arbeit aus den selben Gründen Gewebe der Firma Sironi.
Faserart	Flachs (Leinen)			Eine Cellulosefaser wurde im Rahmen der Schlichteanalyse bestätigt, vgl. auch Tabelle V.
Webart	Leinenbindung			Siehe auch Abb. 01 und 02.
Webdichte	Kette	10 Fäden / cm		
	Schuss	10 Fäden / cm		
Drehung	Kette	Z		Siehe auch Abb. 03 und 04.
	Schuss	Z		
Winkel / Fadendrehung	Kette	63,98 °		Die Messung erfolgte im Gewebeverbund, siehe hierzu auch Tabelle IV.
	Schuss	56,67 °		
Fadendurchmesser (ohne Vorkraft)	Kette	0,46 mm*	0,42 mm**	* = Messung im Gewebeverbund zwischen den Bindungspunkten / ** = Messung an den herausgelösten Fäden als Vergleichswert; siehe hierzu auch Tabelle III.
	Schuss	0,45 mm*	0,40 mm**	
Gewebefüllung	Kette	69 %		Errechnung nach ROUBA 1993: $Füllung_{Faden}$ = (Fadenanzahl * Strecke [mm] * Ø Fadenbreite [mm] / Fläche [mm²]) * 100 % bzw. für Gewebefüllung Addition der zwei Fadenfüllungen abzüglich des Überlappungsbereichs.
	Schuss	67,5 %		
	gesamt	~ 89,9 %		
Zugfestigkeit / Fäden	Schuss	28,11 cN/tex		Zur Ermittlung siehe auch unter A.9.1 / Tabellen II.
Feinheit	Kette	83,84 tex		Siehe hierzu auch Tabelle II.
	Schuss	92,4 tex		
Flächengewicht	156,6 g/m²			Richtiger: „Flächenbezogene Masse / Massenbelegung“; ermittelt durch Wiegen.

Fortsetzung **A.4.2 / Tabelle I:** Informationen zum Gewebe

Informationen zum Gewebe		**Erläuterungen**
Dichte	0,3 g/cm³	Rechnung: 0,25 m² wiegen ca. 39,2 g, was einem Flächengewicht von ca. 156 g/m² entspricht; ein 0,25 m² (50 cm x 50 cm) großes Gewebestück mit einer Dicke von 0,048 cm hat ein Volumen von 120 cm³. Dichte = Masse / Volumen.
Gewebedicke	0,48 mm	Mittelwert mehrfacher Messungen mittels digitaler Mikrometerschraube, Fa. Wabeco (siehe hierzu auch A.5.3).
Schlichte	vermutlich Polyethylenglycol	Auf Grund der erschwerten Nachweisbarkeit ist lediglich eine sehr geringe Menge anzunehmen. Näheres zur Schlichte unter Tabelle V.

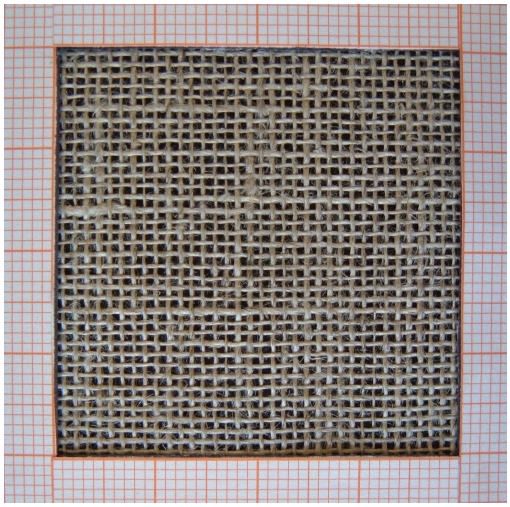


Abb. 01: Detailabbildung von 40 mm x 40 mm des Gewebes; der Schuss verläuft vertikal, die Kette horizontal (Maßstab: Millimeterpapier)

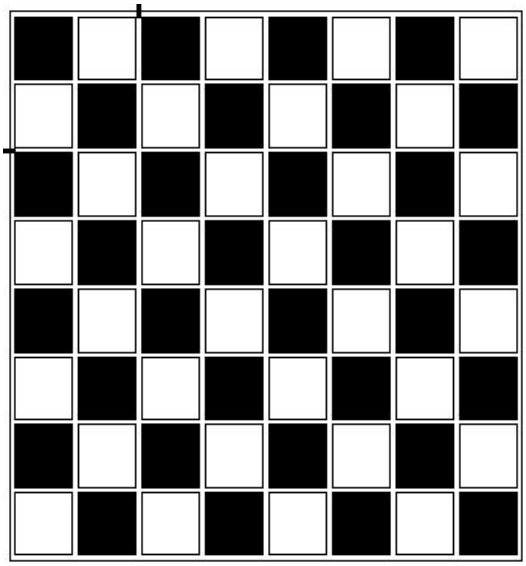


Abb. 02: Patrone zur Leinwandbindung

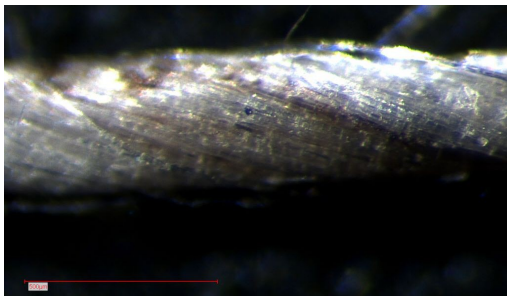


Abb. 03

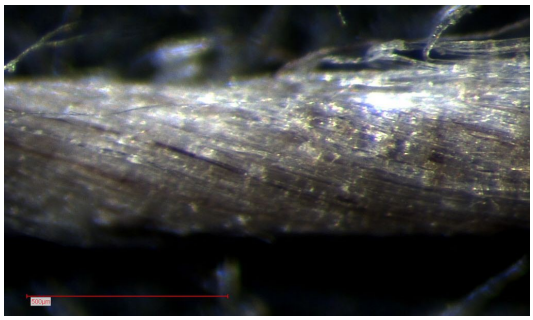
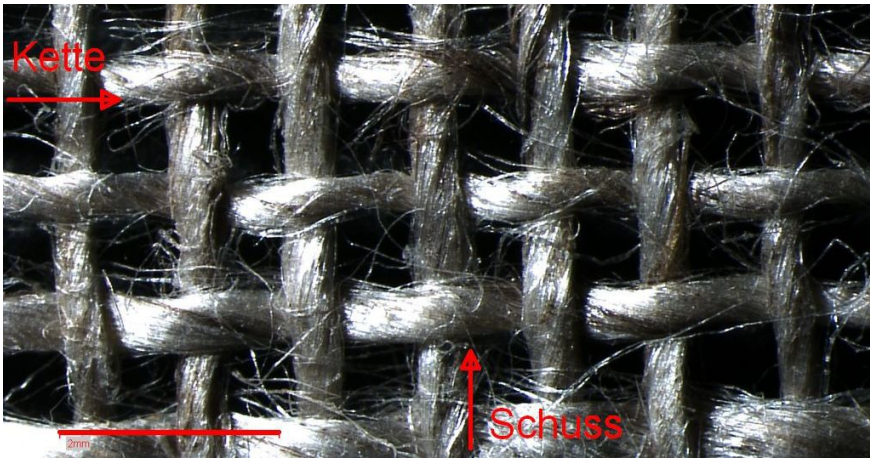
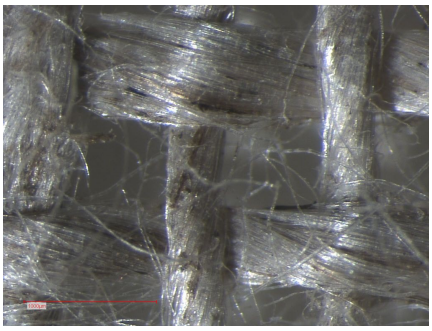
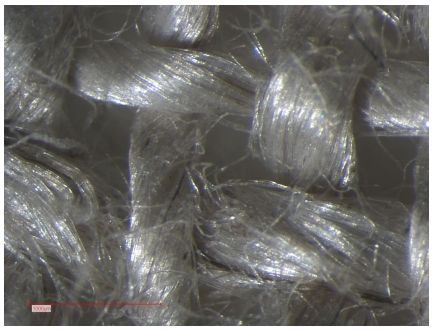
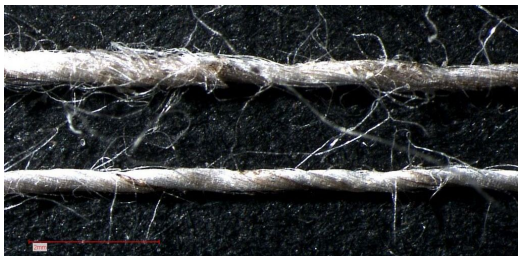


Abb. 04

Einzelne Fäden der Kette (Abb. 03) sowie des Schuss' (Abb. 04) bei starker Vergrößerung betrachtet; beide Fäden nach Vorkraft-Gewicht von 200 g (Maßstab: roter Balken ≙500 µm).

Fortsetzung **A.4.2 / Tabelle I:** Informationen zum Gewebe

Informationen zum Gewebe	
 Abb. 05	Abb. 05: Detailaufnahme des Gewebes mit angetragenen Fadensystemen (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).
 Abb. 06  Abb. 07	Abb. 06 und Abb. 07: Gewebedetail ungewaschen (Abb. 06) und gewaschen (Abb.07) im Vergleich (Maßstab: roter Balken ≙1 mm).
 Abb. 08  Abb. 09	
Einzelne Kettfäden vor (Abb. 08) und nach (Abb. 09) 200 g Vorkraft-Gewicht (roter Balken ≙2 mm).	
 Abb. 10  Abb. 11	
Einzelne Schussfäden vor (Abb. 10) und nach (Abb. 11) 200 g Vorkraft-Gewicht (roter Balken ≙2 mm).	

A.4.2 / Tabelle II: Zur Tex-Messung

<table>
<tr><th colspan="5">tex-Messung</th></tr>
<tr><td>Norm</td><td colspan="4">Bei der tex-Messung wurde sich an der DIN 53830
„Bestimmung der Feinheit von Garnen und Zwirnen“
im Abschnittverfahren (Teil 3) orientiert.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Fadenvorbereitung und Wiegen</td><td colspan="4">Aufweben eines Gewebeabschnitts zur Gewinnung möglichst langen Kett- und Schussfadenmaterials.
Vorbereitende Trocknung von ca. 1 m langen Fadenabschnitten bei 50 °C im Trockenschrank für ca. 2 Std. auf Grund des Hystereseverhaltens des Leinengarns vor der Klimatisierung (Empfehlung gemäß freundlicher mündlicher Mitteilung von Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße, Gespräch vom 5.02.2013).</td></tr>
<tr><td colspan="4">Klimatisierung der Fadenabschitte bei ca. 24 °C und 60 % r.F. über Nacht.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Zuschnitt von je fünf 50 cm langen Garnabschnitten für Kette und Schuss:
Einspannen in obere Halterung der Zwick-Zugprüfmaschine bei LE-Abstand von 50 cm, am unteren Ende des Fadens wurde eine Schlaufe geknotet und für ca. 1 Min. ein 200g-Gewicht eingehängt, anschließend genaues Abtrennen ohne Druck gemäß LE-Markierung auf 50 cm mittels scharfen Skalpells (dabei Tragen von Kunststoffhandschuhen gegen Beeinflussung der Gleichgewichtsfeuchte der Fasern).</td></tr>
<tr><td colspan="4">Abweichend von Spulengarn ist bei Fadenmaterial aus Geweben eine höhere Vorkraft von 200 g erforderlich, um die web-bedingte Verwellung der Fäden auszugleichen und so einen Vergleich zu anderem Fadenmaterial zu ermöglichen
(vgl. auch unter A.4.1 / Tabelle II).</td></tr>
<tr><td colspan="4">Wiegen der Garnabschnitte mittels Feinwaage
„Kern 770-14, 0,01-200 g“.</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Berechnung des tex-Werts</td><td colspan="2">Messwerte [g]</td><td>Mittelwert [g]</td><td>Gewicht [mg] / Länge [m]

1 tex = 1g / 1000 m</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Kette</td><td>0,0395</td><td rowspan="5">0,04192 g / 41,92 mg</td><td rowspan="5">83,84 tex</td></tr>
<tr><td>0,0471</td></tr>
<tr><td>0,0383</td></tr>
<tr><td>0,0413</td></tr>
<tr><td>0,0434</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Schuss</td><td>0,0537</td><td rowspan="5">0,0462 g / 46,2 mg</td><td rowspan="5">92,4 tex</td></tr>
<tr><td>0,0482</td></tr>
<tr><td>0,0473</td></tr>
<tr><td>0,0385</td></tr>
<tr><td>0,0433</td></tr>
</table>

A.4.2 / **Tabelle III:** Zum Fadendurchmesser

Ermittlung des Fadendurchmessers	
Vorgehensweise	Der Fadendurchmesser wurde mittels mikroskopischer Messungen erhoben: Hierzu wurde eine Mikroskopkamera der Firma Hitachi, verbunden mit dem Mikroskop Leica MZ FL (FLUO) III zum Erstellen von Aufsichtabbildungen mehrerer Faden- und Gewebeabschnitte sowie zur maßstabsgetreuen Abmessung die Software „Diskus – Mikroskopische Diskussion, Version MIL 8.0b“genutzt. Alternativ wäre jedoch auch eine Abmessung des tatsächlichen Querschnittdurchmessers mittels Herstellung eines in Technovit eingebetteten Querschliffs denkbar gewesen. Es wurden jeweils die Fadendurchmesser anhand aus dem Gewebe herausgelösten Kett- und Schussfäden ohne vorherige Vorkraft (vgl. Abb. 12 und 14; die Werte mit Vorkraft lassen sich in Abb. 13 und 15 nachvollziehen) sowie mittels direkter Messung im Gewebeverbund (vgl. Abb. 16 und 17) bestimmt.

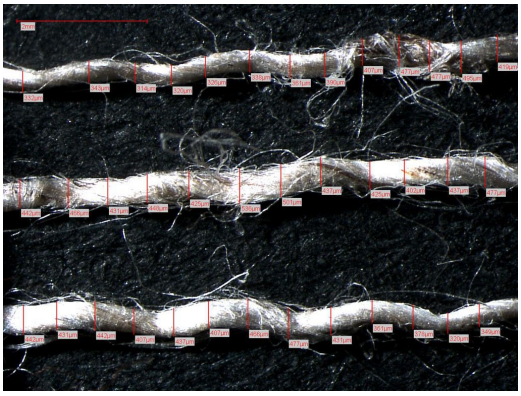


Abb. 12

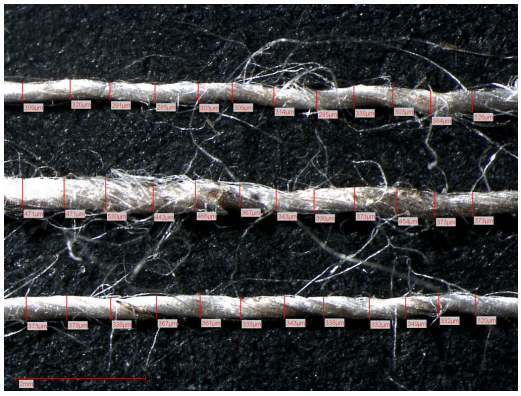


Abb. 13

Abb. 12 zeigt das Kettgarn unbehandelt; Abb. 13 hingegen zum Vergleich nach Vorkraft mittels 200g-Gewicht im Rahmen der tex-Messung (siehe hierzu auch Tabelle II), der Fadendurchmesser erscheint durch die bleibende Streckung leicht verringert (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).

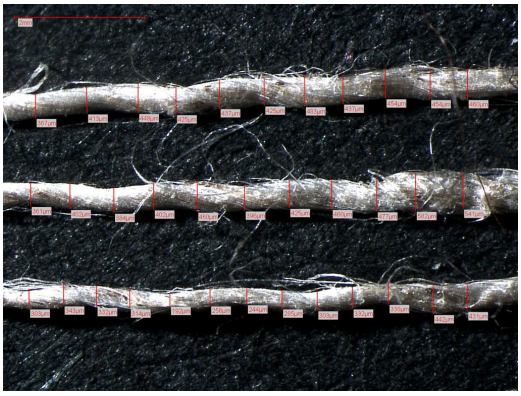


Abb. 14

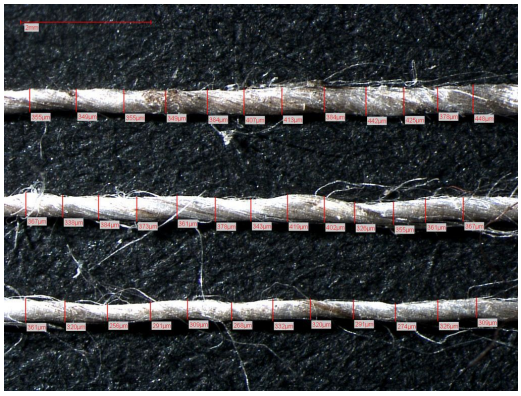


Abb. 15

Abb. 14 zeigt das Schussgarn unbehandelt; Abb. 15 hingegen zum Vergleich nach Vorkraft mittels 200g-Gewicht im Rahmen der tex-Messung (siehe hierzu auch Tabelle II), der Fadendurchmesser erscheint durch die bleibende Streckung leicht verringert (roter Balken ≙2 mm).

Fortsetzung **A.4.2 / Tabelle III:** Zum Fadendurchmesser

Ermittlung des Fadendurchmessers

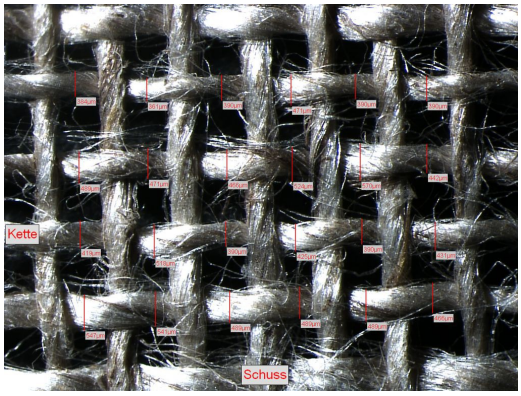


Abb. 16

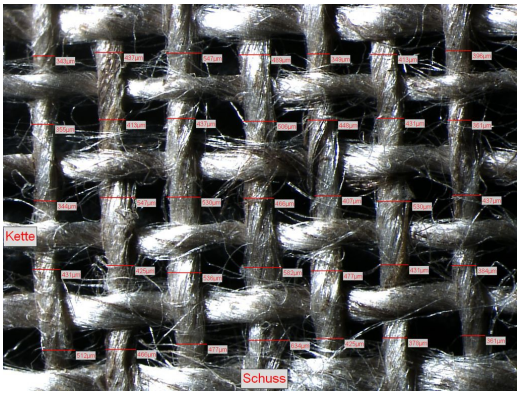


Abb. 17

Abb. 16 zeigt die Messung des Kettfadendurchmessers im Gewebeverbund in den freien Garnbereichen neben den Bindungspunkten; Abb. 17 stellt selbe Messungen am Schussfaden dar.

Rechnung / Messungen Faden	Einzelmessungen [µm] (ohne Vorkraft)		Mittelwert [µm] (ohne Vorkraft)
	Kette	332, 477, 437, 407, 343, 495, 425, 466, 314, 419, 402, 477, 320, 442, 437, 431, 326, 466, 477, 361, 338, 431, 442, 378, 361, 448, 431, 320, 390, 425, 442, 349, 407, 536, 407, 477, 501, 437	415,105 (~ 0,42 mm)
	Schuss	367, 460, 582, 303, 413, 361, 541, 332, 438, 402, 303, 338, 425, 384, 343, 442, 437, 402, 332, 431, 425, 460, 314, 483, 396, 192, 437, 425, 256, 454, 460, 244, 454, 477	405,823 (~ 0,40 mm)
Rechnung / Messungen Gewebeverbund	Einzelmessungen [µm]		Mittelwert [µm]
	Kette	384, 570, 489, 361, 442, 489, 390, 419, 489, 471, 518, 466, 390, 390, 390, 425, 489, 390, 471, 431, 466, 547, 524, 541	455,916 (~ 0,46 mm)
	Schuss	343, 506, 437, 477, 437, 448, 431, 634, 547, 431, 425, 425, 489, 361, 536, 378, 349, 344, 582, 361, 413, 547, 477, 396, 530, 431, 355, 466, 384, 413, 407, 512, 437, 530, 466	448,714 (~ 0,45 mm)

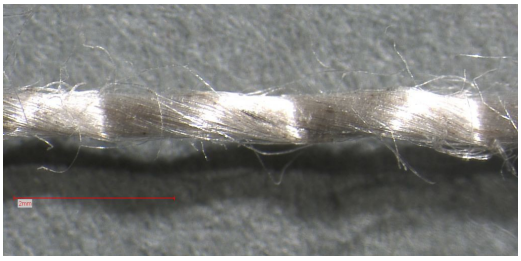
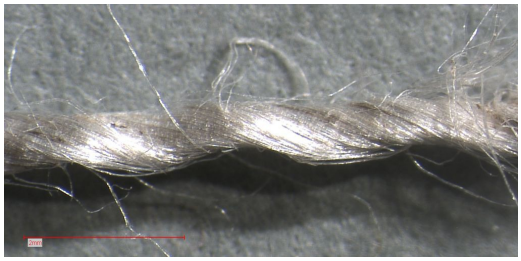
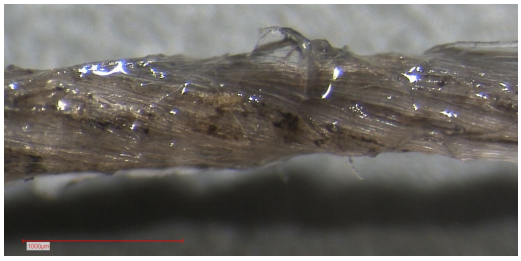
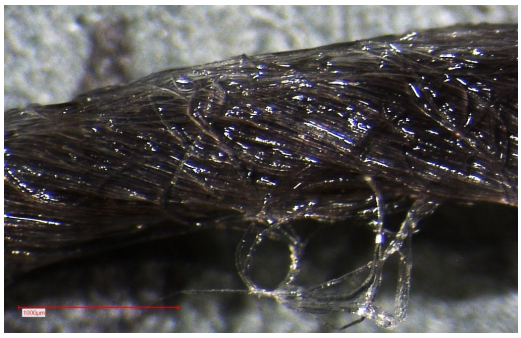
A.4.2 / Tabelle IV: Zur Fadendrehung

Bestimmung des Winkels der Fadendrehung				
Vorgehensweise	Die Winkel der Fadendrehung an Kett- und Schussgarn wurden mit Hilfe des Messwerkzeugs in ADOBE Photoshop CS3 ausgemessen und notiert. Zur Veranschaulichung wurden nicht nur die Winkel der Fadendrehung im Gewebeverbund, sondern auch die Winkel an herausgelösten Kett- und Schussfäden des Testgewebes sowie am TextilTrade-Testgarn zum Vergleich gemessen.			
Rechnung / Messungen Fäden		Einzelmessungen [in °]		Mittelwert [in °]
	Kette / Sironi	68,7	69,0	68,24
		64,3	74,2	
		62,1	-	
		68,1	-	
		71,3	-	
	Schuss / Sironi	70,0	72,4	67,46
		63,1	-	
		69,1	-	
		68,3	-	
		61,9	-	
	Garn / TextilTrade	66,3	66,9	66,61
		73,3	61,6	
		73	64,9	
		63,1	61,6	
		68,1	67,3	
Rechnung / Messungen Gewebeverbund	**Kette**	60,3	64,0	63,98
		68,9	61,4	
		63,9	60,1	
		57,3	67,0	
		65,3	71,6	
	Schuss	46,2	58,6	56,67
		59,4	47,4	
		66,3	52,5	
		55,6	56,7	
		59,7	64,3	
Ergebnis	Überraschender Weise erscheint der Kettfaden geringfügig schwächer gedreht als der Schussfaden des Testgewebes; da die zwei Fäden sich jedoch sonst sehr stark ähneln und die Verwendung des selben Garns für Kette und Schuss nicht ausgeschlossen ist, kann es sich auch um Messungenauigkeiten handeln. Gut ablesbar ist, wie sich Kett- und Schussfaden außerhalb des Testgewebes aufdrehen und sich der Winkel der Fadendrehung bereits ohne Vorkraft-Gewicht (vgl. Tabelle II) dem des Testgarns der Firma TextilTrade angleicht.			

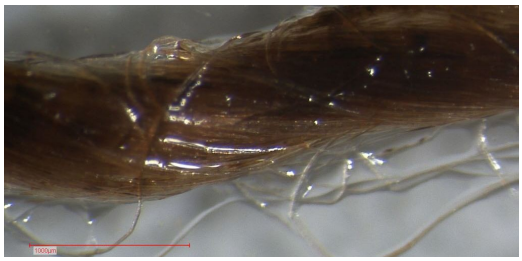
A.4.2 / Tabelle V: Zur Gewebeschlichte

Analyse der Gewebeschlichte	
Einführung	Laut Angabe der Tessitura Enrico Sironi befindet sich auf dem Gewebe keine Schlichte; diese Angabe sollte sich jedoch leider als falsch erweisen. Bei der Recherche und Suche nach einem geeigneten Testgewebe musste festgestellt werden, dass Gewebe häufig fälschlicher Weise als „schlichte-frei“ deklariert werden. Vermutlich liegt die Ursache darin, dass bereits die Webereien ihre Garne extern beziehen und so nur unzureichende Informationen zu diesen erhalten; die falsche Angabe resultiert dann mangels genauer Informationen über die Garnproduktion. So gaben auf Nachfrage u.a. die Firma Kremer Pigmente für ihr Gewebe „L 516“ sowie die Firma Claessens Canvas für ihr Gewebe „09“ explizit ein rohes Gewebe ohne Schlichte an (es kann u.a. auf Grund der Gewebestruktur vermutet werden, dass es sich unter Umständen um dasselbe Produkt handelt). Auf beiden Geweben ließ sich jedoch bereits bei einfacher mikroskopischer Betrachtung eine Ummantelung des Garns erkennen; bei „L 516“ verblieb dieser Film sogar nach einer 95 °C-Wäsche (ohne Tensidzusatz o.ä.) noch an den Bindungspunkten. Für das Gewebe „09“ konnte über Nachfrage der Weberei beim Garnhersteller das Produkt „ENSIWAX CPA-CV“ (-laut Datenblatt ein wachsbasiertes synthetisches Polymer-) nachträglich in Erfahrung gebracht werden. Es sollten bei der Testgewebeauswahl daher in jedem Fall eigene Untersuchungen hinsichtlich einer vorhandenen Schlichte und deren Zusammensetzung zur Überprüfung der Hersteller- bzw. Händlerangaben erfolgen.
Mikroskopische Untersuchung / **Gewebe Sironi**	Mittels mikroskopischer Betrachtung des Gewebematerials sowie separat herausgelöster Kett- und Schussfäden ließ sich keine Schlichte als aufliegender Film / „Häutchen“ o.ä. erkennen. Auch die ergänzende Benetzung mit Wasser sowie verschiedenen Lösungsmitteln (Ethanol und Aceton) und parallele Beobachtung des Faden- sowie Faserverhaltens ließ zunächst keine Rückschlüsse auf eine vorhandene Schlichte zu; die Fäden schienen gleichmäßig ohne eine zu erahnende „Sperr-schicht“ o.ä. zu benetzen (siehe ergänzend: FTIR-Analyse).
Cellulosenachweis / Durchführung	Häufig werden Cellulosederivate (insbesondere verschiedenste Methylcellulosen) als wasserlösliche Schlichten eingesetzt (vgl. u.a. WEILER 2009, S. 35). Es sollte daher getestet werden, ob sich möglicherweise wie auf dem Testgarn eine cellulose-haltige Schlichte auf dem (ebenfalls aus Cellulosefasern bestehenden) Gewebe mittels Anfärbung darstellen lässt. Zum Nachweis wurde Chlorzinkiod verwendet; Cellulose färbt sich mittels CZI rotviolett bis blau (vgl. GRUBER et al. 1975, S. 187). Hierzu wurden sowohl unbehandeltes, direkt aus dem Gewebe entnommenes sowie aus bei 60 °C gewaschenem Gewebe entnommenes Kett- und Schussgarn gestaffelt für min. 0,5 bis max. 4 Min. mit CZI behandelt, anschließend einige Sekunden gewässert und sofort unter dem Mikroskop betrachtet.

Fortsetzung **A.4.2 / Tabelle V:** Zur Gewebeschlichte

Analyse der Gewebeschlichte	
 Abb. 18	 Abb. 19
Das Kettgarn ungewaschen (Abb. 18) sowie nach einer 60 °C-Wäsche (Abb. 19); (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).	
 Abb. 20	 Abb. 21
Das Schussgarn ungewaschen (Abb. 20) sowie nach einer 60 °C-Wäsche (Abb. 21); (Maßstab: roter Balken ≙2 mm).	
 Abb. 22	 Abb. 23
Das ungewaschene Kett- (Abb. 22) sowie Schussgarn (Abb. 23) nach der negativen Anfärbung zum Cellulosenachweis mittels CZI (Maßstab: roter Balken ≙1 mm).	
 Abb. 24	 Abb. 25
Das gewaschene Kett- (Abb. 24) sowie Schussgarn (Abb. 25) mit noch minimaler positiver Anfärbung zum Cellulosenachweis mittels CZI (Maßstab: roter Balken ≙1 mm).	

Fortsetzung **A.4.2 / Tabelle V:** Zur Gewebeschlichte

Analyse der Gewebeschlichte	
Cellulosenachweis / Auswertung	Das ggf. nachzuweisende Schlichtematerial ließ sich nicht mittels CZI positiv auf Cellulose anfärben, ein Cellulosederivat als mögliche Schlichte erscheint daher auszuschließen. Es ließ sich jedoch beobachten, dass sich die gewaschenen Kett- und Schussfäden (Abb. 24 und 25) deutlich zügiger und stärker selbst positiv auf Cellulose anfärbten als die ungewaschenen Fäden (Abb. 22 und 23); dies spricht dafür, dass beim Waschvorgang eine wasserlösliche Schlichte entfernt worden sein könnte, die bei den ungewaschenen Fäden die Anfärbung dieser verzögert und abmildert. Somit konnte mittels Cellulosenachweis das mögliche Vorhandensein einer geringfügigen wasserlöslichen Schlichte nachgewiesen werden.
Stärkenachweis	Neben Cellulosederivaten finden auch Stärkederivate Einsatz als wasserlösliche Schlichtematerialien auf Geweben. Daher sollte im nächsten Schritt ein Stärkenachweis zur möglichen Anfärbung einer stärkehaltigen Schlichte erfolgen: Hierzu wurde wie zuvor bereits beschrieben eine Anfärbung mittels Lugolscher Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung) versucht. Sowohl gewaschene als auch ungewaschene Kett- und Schussfäden zeigten jedoch keine positive violett-blaue Anfärbung auf Stärke. Es ließ sich lediglich eine minimal stärkere Anhaftung der Lösung am ungewaschenen Fadenmaterial erkennen (Abb. 26 und 27); in den nachfolgenden FTIR-Analysen sollte nun geklärt werden, ob diese möglicherweise zarte Anfärbungstendenz unter Umständen auf eine geringe Menge polyvinylalkoholhaltiger Schlichte o.ä. zurückzuführen ist.
 Abb. 26	 Abb. 27
 Abb. 28	 Abb. 29
Sowohl ungewaschene Kett- (Abb. 26) und Schussfäden (Abb. 27), als auch gewaschene Kette (Abb. 28) und Schuss (Abb. 29) zeigten keine positive Anfärbung auf Stärke (Maßstab: roter Balken ≙1 mm).	

Fortsetzung **A.4.2 / Tabelle V:** Zur Gewebeschlichte

Analyse der Gewebeschlichte	
FTIR-Analyse	Die FTIR-Analysen wurden von Frau Prof. Dr. Elisabeth Jägers durchgeführt: Frau Prof. Dr. Jägers vermochte es für die FTIR-Analyse eine farblose („schmierige“) Substanz mit Wasser von den Fäden zu lösen. Bei der anschließenden Analyse wurden sowohl das Fadenmaterial direkt, als auch der Extrakt des Fadens betrachtet (Abb. 30 und 31). Zunächst wurde auf Grund von Ähnlichkeiten zum Fadenextrakt-Spektrum ein Polyvinylalkohol vermutet; weiterreichende Versuche lassen jedoch ein deutlich besser übereinstimmendes Polyethylenglycol (PEG) als Hauptbestandteil einer in sehr geringen Mengen auf dem Garn vorhandenen Schlichte annehmen.

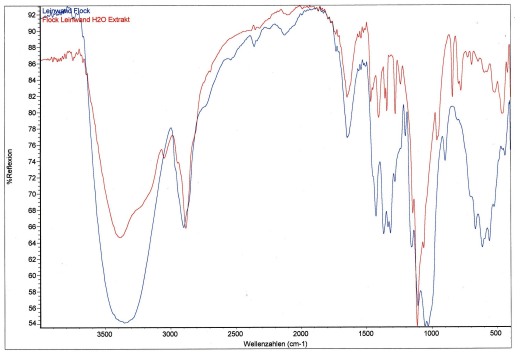


Abb. 30

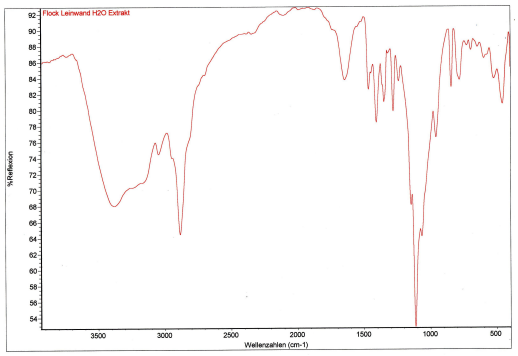


Abb. 31

Zu sehen sind die Gegenüberstellung der Spektren des Fadenmaterials (blau) und dessen Extrakts (rot) in Abb. 30 sowie die isolierte Kurve des Extrakts in Abb. 31.

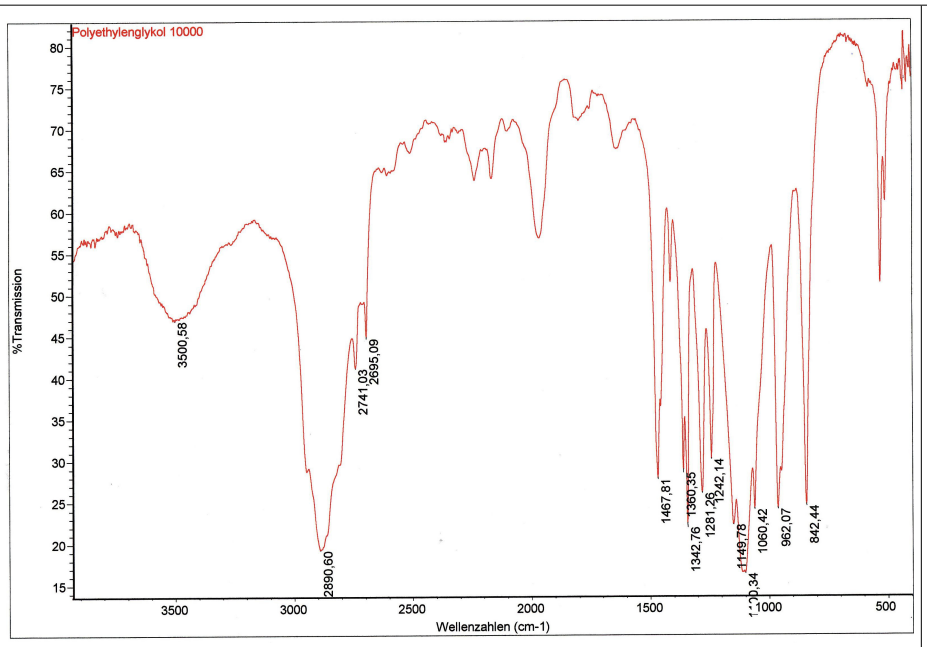


Abb. 32

Die obige Abb. 32 zeigt das dem Fadenextrakt sehr ähnliche Polyethylenglykol-Spektrum.

Fortsetzung **A.4.2 / Tabelle V:** Zur Gewebeschlichte

Analyse der Gewebeschlichte

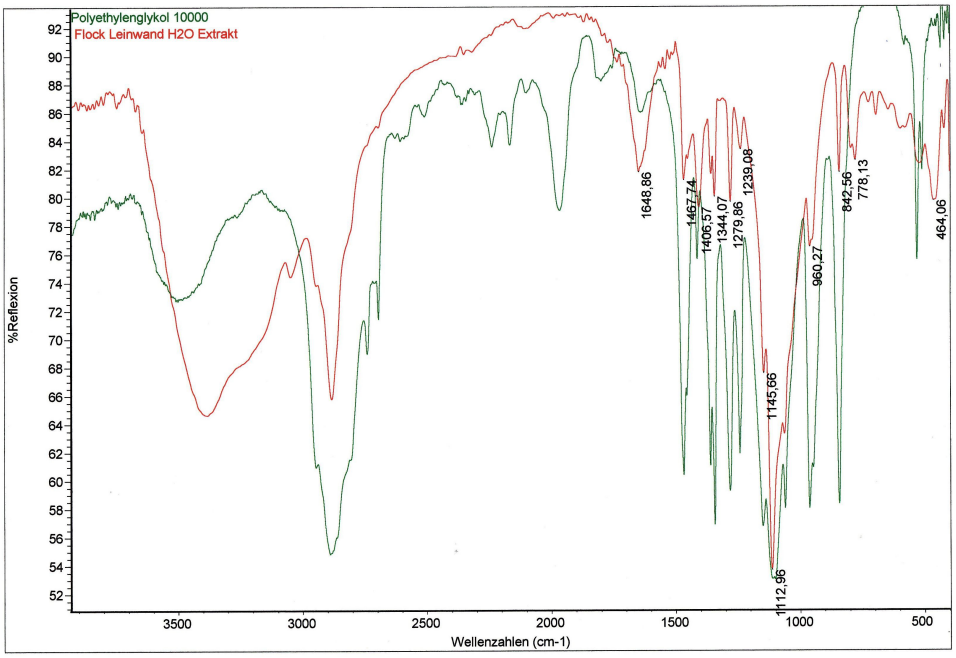


Abb. 33

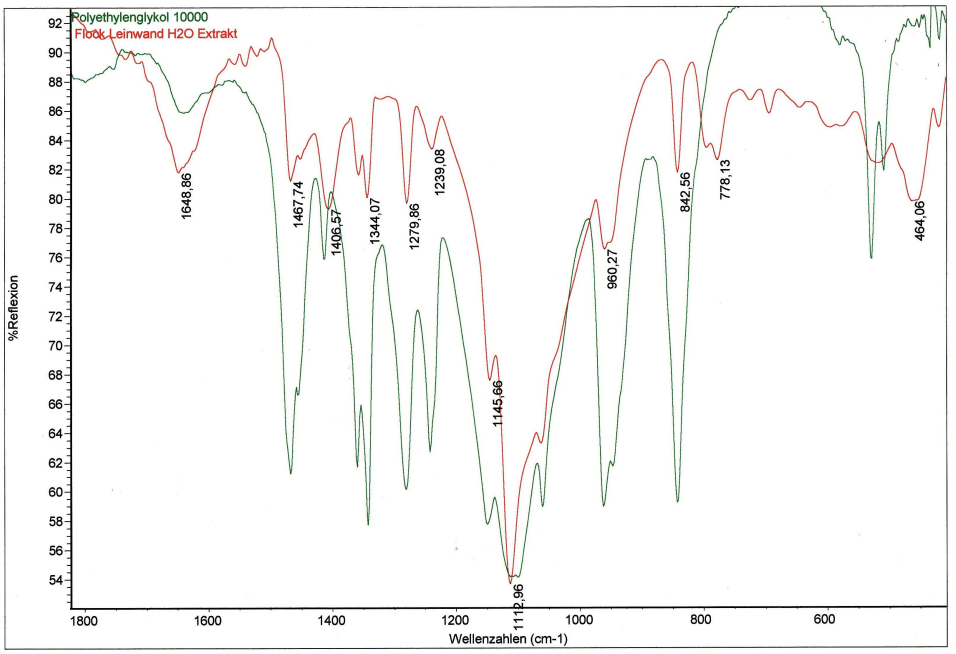


Abb. 34

Die beiden obigen Spektren (Abb. 34 und 35) zeigen die übereinander gelegten Spektren des Fadenmaterial-Extrakts (rot) sowie der Polyethylengylcol-Referenz (grün), nach Wellenzahlenbereichen in zwei Teile untergliedert (zusammenhängende Gesamtspektren, siehe Abb. 31 + 32).

A.5 Material- und Produktverzeichnis

Nachfolgend werden die genutzten Klebstoffmaterialien, zugehörige Hersteller- und Bezugsadressen sowie bekannte Liefer- und Öffnungsdaten der genutzten Produkte, Rezepturen und Anleitungen sowie Geräte und weitere Hilfsmittel aufgeführt:

A.5.1 Klebstoffmaterialien

A.5.1 / Tabelle I: Hersteller- und Bezugsadressen

Kunstharzdispersionen					
Produkt	Hersteller	Bezugsadresse	Lieferdatum (Monat / Jahr)	Öffnungsdatum (Monat / Jahr)	Anmerkungen (Bestell-Nr., Charge o.ä.)
Mowilith D 50	Celanese Emulsion GmbH Industriepark Höchst 65926 F.a.M. (D) celanese-emulsions. com	Ehemals über Kremer Pigmente / Deffner & Johann	-	vermutlich 2008 (im Rahmen Diplom REUBER)	Wird nicht mehr hergestellt (letztes Datenblatt von 03/2010); Nr. auf Gebinde: 508964
Mowilith DHS S1	Celanese (s.o.)	Produktprobe (s. li.)	10 / 2012	2 / 2013	Nr. auf Gebinde: 560544
Mowilith LD 167	Celanese (s.o.)	Produktprobe (s. li.)	10 / 2012	2 / 2013	Nr. auf Gebinde: 583001
Lineco / Neutral pH Adhesive (PVAC)	Lineco, 517 Main Street, Holyoke MA 01040 (USA) lineco.com	Preservation Equipment Ltd., Vinces Road Diss Norfolk, IP 22 4HQ England (GB) preservationequipment.com	-	2 / 2012	Gebindeangabe: Item 901-1032 (Produkt-/Bestell-Nr.)

Fortsetzung **A.5.1 / Tabelle I:** Hersteller- und Bezugsadressen

Kunstharzdispersionen					
Produkt	Hersteller	Bezugsadresse	Lieferdatum (Monat / Jahr)	Öffnungsdatum (Monat / Jahr)	Anmerkungen (Bestell-Nr., Charge o.ä.)
Evacon-R / Neutral pH Reversible EVA Adhesive	Conservation by Design Unlimited, Timecare Works, 5 Singer Way, Kempston, Bedford, MK 42 7AW (GB) conservation-by-design.co.uk	Conservation by Design Unlimited, Timecare Works, 5 Singer Way, Kempston, Bedford, MK 42 7AW (GB) conservation-by-design.co.uk	-	9 / 2012	Gebindeangabe: MK 42 7AW D3 9118 7625 / SUEVAR0002 (Produkt-/Bestell-Nr.)
Jade 403 N Adhesive (PVA)	Talas, 330 Morgan Ave, Brooklyn, NY 11211 (USA) talasonline.com	University Products – the archival company, 517 main street, p.o. Box 101, holyoke, MA 01041 (USA) universityproducts.com	-	(1-8) / 2012	Gebindeangabe: MA 01 041-0101 Lot.-No.: 051307 / Catalog-Nr.: 964-40332 Produkt-/Bestell-Nr.: 964-40308
		Alternativ auch möglich: Preservation Equipment Ltd., Vinces Road Diss Norfolk, IP 22 4HQ England (GB) preservationequipment.com	(nicht genutzt)	(nicht genutzt)	
Vinnapas DP 600	Wacker Polymers / Wacker Chemie AG Johannes-Hess-Str. 24 84489 Burghausen (D) wacker.com	Produktprobe (s. li.)	vermutlich 7 / 2011	8 / 2012	Auftrags-Nr.: 6706918 / Chargen-Nr.: 110706015

Fortsetzung **A.5.1 / Tabelle I:** Hersteller- und Bezugsadressen

Kunstharzdispersionen					
Produkt	Hersteller	Bezugsadresse	Lieferdatum (Monat / Jahr)	Öffnungsdatum (Monat / Jahr)	Anmerkungen (Bestell-Nr., Charge o.ä.)
Vinamul 8481	Celanese Emulsion GmbH Industriepark Höchst 65926 F.a.M. (D) celanese-emulsions. com	Produktprobe (s. li.)	10 / 2012	2 / 2013	Nr. auf Gebinde: 553415
Mowilith DM 771/ Acryldispersion DM 771	Celanese Emulsion GmbH Industriepark Höchst 65926 F.a.M. (D) celanese-emulsions. com	Kremer Pigmente GmbH & Co KG Hauptstr. 41 - 47 88317 Aichstetten (D) kremer-pigmente.com	10 / 2012	10 / 2012	Kremer Pigmente / Bestell-Nr. 75000
Cellulosefasern					
Produkt	Hersteller	Bezugsadresse	Lieferdatum (Monat / Jahr)	Öffnungsdatum (Monat / Jahr)	Anmerkungen (Charge o.ä.)
Arbocel BWW 40 Cellulosemehl (ca. 200 µm)	J. Rettenmeier & Söhne GmbH & Co KG 73494 Rosenberg (D) jrs.de	Kremer Pigmente GmbH & Co KG Hauptstr. 41 - 47 88317 Aichstetten (D) kremer-pigmente.com	-	-	Kremer Pigmente / Best.-Nr. 59770
		Alternativ auch möglich: Deffner & Johann GmbH Mühläcker Str. 13 96520 Röthein (D) deffner-johann.de	(nicht genutzt)	(nicht genutzt)	Deffner & Johann / Best.-Nr. 424300

Fortsetzung **A.5.1 / Tabelle I:** Hersteller- und Bezugsadressen

Cellulosederivat					
Produkt	Hersteller	Bezugsadresse	Lieferdatum (Monat / Jahr)	Öffnungsdatum (Monat / Jahr)	Anmerkungen (Bestell-Nr., Charge o.ä.)
Methocel A4C	The Dow Chemical Company 2030 Willard H. Dow Center Midland, MI 48674 (USA) dow.com	Dow Deutschland Inc. Am Kronberger Hang 4 65824 Schwalbach (D) dow.com/deutschland/	-	-	-
	Alternativprodukt möglich: „Benecel A4C“ von Ashland Inc. 50 E. RiverCenter Blvd. P.O. Box 391, Covington, KY 41012-0391 (USA) ashland.com	Alternativprodukt möglich: „Benecel A4C“ über Kremer Pigmente GmbH & Co KG Hauptstr. 41 - 47 88317 Aichstetten (D) kremer-pigmente.com	(nicht genutzt)	(nicht genutzt)	Altenativprodukt Kremer Pigmente / Best.-Nr. 63682
Störleim					
Produkt	Hersteller	Bezugsadresse	Lieferdatum (Monat / Jahr)	Öffnungsdatum (Monat / Jahr)	Anmerkungen (Charge o.ä.)
Zuchtstörblasen	-	Störleim Manufaktur Eva Przybylo In der Helle 21 59929 Brilon (D) stoerleim-manufaktur.de	02 / 2013	02 / 2013	Zur Störleim-Herstellung, siehe auch unter A.5.2 / Tabelle I.

Fortsetzung **A.5.1 / Tabelle I:** Hersteller- und Bezugsadressen

Weizenstärken					
Produkt	Hersteller	Bezugsadresse	Lieferdatum (Monat / Jahr)	Öffnungsdatum (Monat / Jahr)	Anmerkungen (Bestell-Nr., Charge o.ä.)
Weizenstärke pH 6,5-7 / ausgezeichnete Klebkraft (nativ / warmlöslich)	-	GMW Gabi Kleindorfer Aster Str. 9 84186 Vilsheim gmw-shop.de	-	-	Kleindorfer / Best.-Nr. 40601 / 40605 /40625
Gaylord Wheat Starch Paste Reversible, Pre-Cooked (modifiziert / kaltlöslich)	-	Gaylord Bros. PO Box 4901, Syracuse, NY 13221-4901 (USA) gaylord.com	-	-	No. WW-52000 (Produkt-/ Bestell-Nr.) vgl. Produkt „Instant Weizenstärke“ über monochrom.com (Bestell-Nr. 34741)
Beva-Folien					
Produkt	Hersteller	Bezugsadresse	Lieferdatum (Monat / Jahr)	Öffnungsdatum (Monat / Jahr)	Anmerkungen (Bestell-Nr., Charge o.ä.)
Beva 371 Film dick, 65 µm	-	Deffner & Johann GmbH Mühläcker Str. 13 96520 Röthein (D) deffner-johann.de	02 / 2013	02 / 2013	Deffner & Johann / Best.-Nr. 2080000
Beva 371 Film dünn, 25 µm			vermutlich 03 / 2010	vermutlich 03 / 2010	Deffner & Johann / Best.-Nr. 2010000
s.o.		Alternativ auch möglich: Kremer Pigmente GmbH & Co KG	(nicht genutzt)	(nicht genutzt)	Kremer Pigmente / Bestell-Nr. 87051 und 87050

A.5.2 Rezepte und Anleitungen

A.5.2 / Tabelle I: Störleimfolienherstellung

Herstellung der Störleimfolie	
Die Störleimfolienherstellung zur späteren Klebstoffherstellung erfolgte am 14.-15.02.2013; es wurden ausschließlich Zuchtstörblasen einer Lieferung und bei der späteren Klebstoffherstellung lediglich einheitlich Störleimfolien dieser Produktion verwendet. Es wurde sich hierbei an Hinweisen von PRZYBYLO 2006, HAUPT 2000, HAUPT 2004, VOGEL 2010 sowie vor allem dem Leitfaden aus der freundlichen schriftlichen Mitteilung DEMUTH 2012 zur Standard-Herstellungsweise am CICS / Studienrichtung GSM orientiert.	
Schritte	Erläuterungen
Mengenverhältnis	Abwiegen von Schwimmblasen und demineralisiertem Wasser im Verhältnis 1:6 (hier: 57 g Störleim / 342 g demin. H_2O).
Zerkleinern	Vorquellen der Schwimmblasen (in bereits abgewogener entsprechender Menge Wasser für gewünschte Konzentration) für 1 Std. im Kühlschrank, anschließend Zerschneiden der weichen Schwimmblasen in ca. 1-3 x 5-10 in mm große Stückchen (denkbar wäre auch eine Zerkleinerung mittels Küchen-Feinhexler o.ä.). Nach Zerkleinern sofortige Zurückgabe ins Wasser.
Vorquellen	Nochmaliges Quellen der zerkleinerten Schwimmblasen für ca. 12-16 Stunden (über Nacht) im Kühlschrank.
Erwärmen	Erwärmen der gequollenen Schwimmblasenstückchen für 1-1,5 Stunden auf 50-55 °C (Glas im Wasserbad mit Dampfeinsatz-korb als Abstandshalter zum Topf) bei ständiger Temperatur-kontrolle, anschließend kurzes Erwärmen auf 70 °C für ca. 15 Minuten. Dabei gelegentliches Rühren (Holzstab).
Filtrieren	Filtern der warmen Lösung durch zuerst gröberes Sieb gegen Verstopfen, dann durch inerten Filter (gewaschene farblose Strumpfhose). Lediglich leichtes Ausdrücken zum Schluss.
Ausgießen	Ausgießen der warmen Lösung auf Hostaphan RNT 36 (abgegrenzt durch untergeschobene Holzleisten) auf beheizbarem Niederdrucktisch, dünnes Ausstreichen mittels Plastikspachtel bei eingeschalteter Sogwirkung. Nach 2 Stunden Trocknungszeit Einschalten zusätzlicher Wärme (30 °C).
Ablösen und Lagerung	Nach vollständigem Abschalten des Heiztisches Ruhenlassen der Leimfolie für noch einen Tag zur sicheren Trocknung. Wenn Film vollständig grifffest und ohne klebrige Bereiche, Ablösen von Folie und Zerschneiden / Reißen in Stücke, dann Lagerung in Glasbehälter (zunächst geöffneter Deckel für Resttrocknung).
Auflösen der Folie zur Störleimherstellung	Zur Herstellung von Störleim Abwiegen entsprechender Menge Folie, Zerkleinern der Folie, Auffüllen mit entsprechender Menge Wasser je nach Konzentration unter Rühren im Magnetrührer. Erwärmen mit paralleler Temperaturkontrolle; Verflüssigung in Wasser bei 30-35 °C (< 40 °C).

A.5.2 / Tabelle II: Herstellung Störleim-Weizenstärkekleister

Herstellung des Störleim-Weizenstärkekleisters	
Es wurde sich hierbei an das von VOGEL vereinheitlichte „Standardrezept“ angelehnt (VOGEL 2010, S. 69-77, 80-83). Näheres zur Stärkekleisterzubereitung und -aufbewahrung findet sich zudem u.a. bei RIPPLINGER 2007.	
Schritte	Erläuterungen
Störleimherstellung	Herstellen einer 20%igen Störleimlösung aus vorbereiteter Folie und demineralisiertem Wasser (neutraler pH-Wert / ~ 5,5) im Wasserbad bei < 40 °C (vgl. Tabelle I).
Herstellung warmlöslichen, nativen Weizenstärkekleisters	Herstellen eines 13%igen Weizenstärkekleisters durch Einrühren der auf 100 µm gesiebten Stärke (vgl. VOGEL 2010, S. 142) in kaltes demineralisiertes Wasser. Abdecken des Gläschens mit Frischhaltefolie und Erwärmen in der Mikrowelle auf niedrigster Stufe für 10 Sekunden, anschließend Kontrolle (bei geringen Mengen von ≤ 2 g Gesamtmenge häufig schon ausreichend für gleichmäßige Verkleisterung zu klarem Gel, ggf. Vorgang zu wiederholen). Zur Optimierung der Homogenität wurde der Kleister anschließend noch heiß mittels Löffel durch einen inerten Filter (gewaschene farblose Strumpfhose) gedrückt.
Herstellung kaltlöslichen, modifizierten Weizenstärkekleisters	Zum Herstellen eines 13%igen Weizenstärkekleisters wurde die erforderliche Menge Weizenstärke nach und nach unter ständigem Rühren mittels Magnetrührer in das zuvor kochend heiß erhitzte demineralisierte Wasser gegeben (ähnlich der Methylcellulose, vgl. Tabelle III; so gleichmäßigere Resultate). Die Mischung wurde anschließend ca. 30 Minuten zum Quellen weitergerührt. Zur Optimierung der Homogenität wurde der Kleister anschließend ebenfalls noch mittels Löffel durch einen inerten Filter (gewaschene farblose Strumpfhose) gedrückt.
Mischung mit warmlöslichem, nativen Weizenstärkekleister	Zum Mischen wird warmer nativer Weizenstärkekleister unmittelbar nach der Herstellung dem frisch erwärmten Störleim zugegeben und anschließend mehrere Minuten auf dem Magnetrührer bei minimaler Erwärmung (ggf. über Wasserbad zu realisieren) gleichmäßig durchmischt. Zur Optimierung der Homogenität kann die Mischung erneut durch einen inerten Filter (gewaschene farblose Strumpfhose) gedrückt werden, dies ist jedoch mit Materialverlusten verbunden, daher wurde davon abgesehen.
Mischung mit kaltlöslichem, modifiziertem Weizenstärkekleister	Zum Mischen wurde der bestenfalls noch nicht vollständig auf Raumtemperatur abgekühlte Weizenstärkekleister dem frisch erwärmten Störleim zugegeben und anschließend mehrere Minuten auf dem Magnetrührer bei minimaler Erwärmung (ggf. über Wasserbad zu realisieren) gleichmäßig durchmischt.
Aufbewahrung	Von einer Aufbewahrung hergestellter Mischungen wurde abgesehen (insbesondere die Lagerung im Kühlschrank führt durch Retrogardation zu Wasserverlust des Kleisters und inhomogen-krümeligen Mischungen). Es wurden daher lediglich täglich frisch zubereitete Mischungen unmittelbar verwendet.

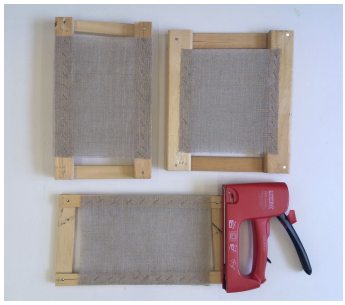
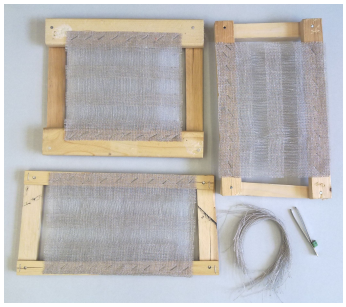
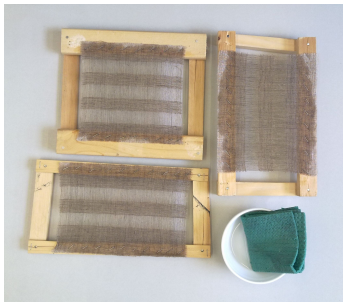
A.5.2 / Tabelle III: Klebstoffmodifikation mittels Celluloseetherzusatz

Klebstoffmodifikation mittels Methocelgel	
Die direkte Zugabe des Celluloseetherpulvers zu den Klebstoffdispersionen erwies sich als nicht sinnvoll, da das Pulver verklumpte und keine homogenen Mischungen erzielt werden konnten. Die Klebstoffmodifikation mittels Celluloseether-Zusatz ist im Falle der betrachteten Kunstharzdispersionen daher lediglich mit bereits vorbereiteten Celluloseether-Gelen möglich.	
Schritte	Erläuterungen
Herstellung des Celluloseether-Gels	Zur Herstellung des Methocel-Gels wurde eine vorbereitend abgewogene Menge Methocel A4C unter ständigem Rühren auf dem Magnetrührer mit der für die gewünschte Konzentration entsprechenden Menge kochend heiß erhitztem demineralisiertem Wasser aufgegossen; auf diese Weise war das Methocelpulver fein dispergierbar zur Herstellung eines klumpenfreien, homogenen Gels (vgl. auch FELLER, WILT 1990, S. 108 f.). Die Abkühlung erfolgte zunächst einige Minuten unter weiterem Rühren.
Mischen von Klebstoff und Celluloseether-Gel	Zur Klebstoffmodifikation wurden möglichst frisch zubereitete, jedoch bereits erkaltete (d.h. erst tatsächlich gelartig-höherviskose) Methocel-Gele verwendet, um einem begonnenen Austrocknen älterer Gele o.ä. vorzubeugen. Zum Mischen wurden die entsprechenden Mengen Klebstoff und Cellulosederivatgel einfach ineinandergerührt. Auf Grund der mitunter recht hohen Viskositäten der Kunstharzdispersionen war teils keine erfolgreiche Durchmischung mittels Magnetrührer möglich; stattdessen erfolgte die Durchmischung durch mehrminütiges Rühren mittels Holzstäbchen bis zur gleichmäßigen Durchmischung ohne Schlieren o.ä.. Mehrere Tage alte Gemische wurden verworfen.

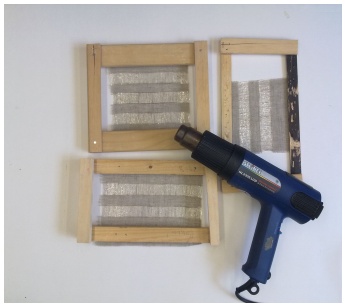
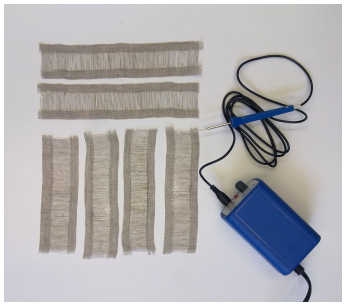
A.5.2 / Tabelle IV: Klebstoffmodifikation mittels Cellulosefaserzusatz

Klebstoffmodifikation mittels Arbocelfasern	
Herstellung	Zur Herstellung der Klebstoffmodifikationen mittels Cellulosefaserzusatz wurden die entsprechenden Mengen Klebstoff und Arbocel BWW 40 einfach ineinandergerührt. Auf Grund der mitunter recht hohen Viskositäten der Kunstharzdispersionen war teils keine erfolgreiche Durchmischung mittels Magnetrührer möglich; stattdessen erfolgte die Durchmischung durch mehrminütiges Rühren mittels Holzstäbchen bis zur gleichmäßigen Durchmischung ohne Klümpchen o.ä.. Bei Störleim wurde dieser zuvor erwärmt.
Quelldauer	Nach dem Herstellen der Mischung wurde diese zunächst für mind. 1 Stunde stehengelassen, um ein gleichmäßiges Quellen der Arbocelfasern zu ermöglichen. Nach der Wartezeit konnten die Mischungen in gleichbleibender Qualität und Beschaffenheit weiterverarbeitet werden. Mehrere Tage alte Gemische wurden jedoch verworfen.

A.5.2 / Tabelle V: Herstellung Fadenbrücken

<table>
<tr><th colspan="3">Herstellung der Beva-Fadenbrücken</th></tr>
<tr><td colspan="3">Bei der Vorbereitung der Fadenbrücken wurde sich teils an Hinweisen von SCHÄFER zur Flickenherstellung orientiert (SCHÄFER 2010, S. 124-128).
Die nachfolgend beschriebene Methode ermöglicht die Herstellung von 2 cm langen Fadenbrücken mit insgesamt ca. 0,01 g (10 mg) Beva371 je 12 Fäden (Ermittlung durch Wiegen).</td></tr>
<tr><td>Schritte</td><td colspan="2">Erläuterungen</td></tr>
<tr><td>Materialauswahl</td><td colspan="2">Für die Fadenbrücken sollte das Schussmaterial des Testgewebes verwendet werden, siehe auch unter A.4.2.</td></tr>
<tr><td>Aufspannen</td><td> 
Abb. 01</td><td>Abb. 01:
Die Gewebestücke wurden an der Schussseite auf vorbereitete kleine Holzrähmchen getackert (die Kettfäden sind frei gespannt und seitlich an ihren Enden nicht fixiert).</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ziehen der Kettfäden</td><td> 
Abb. 02:</td><td>Abb. 02:
Anschließend wurden mittig auf 2 cm Breite alle Kettfäden seitlich mit einer Pinzette herausgezogen, um die späteren Fadenbrücken im Schuss zu isolieren; bei ausreichender Rahmenbreite wurden mehrere „kettfreie“ Bereiche in 2 cm Abstand nebeneinander angelegt.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Theoretisch ist auch das Aufbringen von in der Anzahl reduzierten Fadenbrücken auf lediglich jedem zweiten verklebten Faden einer Rissstelle möglich; hierzu wird nun jeder zweite Schussfaden im „kettfreien“ Bereich herausgeschnitten. Um alle Fäden einer bearbeiteten Klebestelle gleichmäßig zu bearbeiten, sollte in diesem Fall jedoch jeder verklebte Faden auch mit einer Fadenbrücke versehen werden. Daher wurde die Schussfadenanzahl im „kettfreien“ Bereich nicht reduziert.</td></tr>
<tr><td>Befeuchten</td><td> 
Abb. 03</td><td>Abb. 03:
Zum „Nachspannen“ der vorbereiteten Fadenbrücken-Gewebe wurden diese anschließend mittels Schwamm befeuchtet.</td></tr>
</table>

Fortsetzung **A.5.2 / Tabelle V:** Herstellung Fadenbrücken

Herstellung der Beva-Fadenbrücken		
Aufsiegeln des Beva-Films	 Abb. 04	Abb. 04: Nach der vollständigen Trocknung des nun nachgespannten Fadenbrücken-Gewebes wurde mittels kleinem Reisebügeleisen dünner Beva-Folienfilm (25 µm) ca. 30 Sek. lang auf die Rückseiten der „kettfreien“ Bereiche aufgesiegelt.
	Für eine glatte Auflagefläche beim Siegeln wurden die Rahmen einfach gewendet und die Rückseiten beschichtet. Der Anpressdruck betrug ca. 6 kg, die Siegeltemperatur lag bei ca. 73 °C (die Temperatur sollte mit ≥ 68 °C hoch genug für ein erfolgreiches gleichmäßiges Anhaften gewählt sein, jedoch ≤ 75 °C betragen, um eine zu starke Klebstoffmigration in die Fasern zu vermeiden; Kontrolle mit Oberflächenthermometer).	
Durchfönen des Beva-Films	 Abb. 05	 Abb. 06
	Abb. 05 und Abb. 06: Anschließend wurde das aufgespannte Fadenbrücken-Gewebe von der Vorderseite (entgegen der „Siegelseite“ mit Beva-Film) mittels Heißluftfön im Abstand von ca. 10 cm bei 140 °C nach der „Heiberschen Methode“ für eine kurze Dauer gerastert; gefönt wurde, bis die mit Klebstoff überspannten Zwischenräume der Gewebefäden aufgeplatzt waren und sich der Klebstoff auf die Fadenstege an der „Siegelseite“ zurückgezogen hatte.	
Zuschnitt zur Fadenbrücken-Applikation	 Abb. 07	Abb. 07: Nach vollständigem Erkalten wurden die Fadenbrücken-Gewebe von den Hilfsrahmen abgespannt und mit ca. 1 cm Abstand zu den vorbereiteten Fadenbrücken der „kettfreien“ Bereiche in mit beliebiger Breite applizierbare Fadenbrücken-Streifen geschnitten; siehe auch A.7.1 / Tabelle II.

A.5.3 Materialien, Geräte und weitere Hilfsmittel

Geräte und weitere Hilfsmittel		
Anwendung	Gerät / Hilfsmittel	Spezifikation
Klebstoffherstellung / -modifikation	Feinwaage	„Kern PFB 120-3“, Feinwaage bis 120 g, d=0,001g (Serien-No. WF 080015); Fa. Kern & Sohn GmbH / kern-sohn.de
	Magnetrührer	„Heidolph MR 3001“; Fa. Heidolph Instruments GmbH & Co. KG / heidolph-instruments.de
	Demineralisiertes Wasser	Chemielabor CICS / FH Köln
	pH-Messstreifen	„pH-fix 0-14“; Fa. Roth Laborbedarf (Art.-Nr. 0549) / carlroth.com
	pH-Meter	„Digital-pH-Meter“; Fa. Knick / knick.de
	pH-Kalibrierlösung	„Pufferlösung pH 4 / 7“; Fa. Roth Laborbedarf (Art.-Nr. P712.3 / A518.3) / carlroth.com
Klebstofffilmproduktion	Rakel	„BYK Gardner Film Applicator“ 8 cm Filmbreite (Stufen 30/60/90/120 µm und 50/100/150/200 µm), Fa. BYK / byk.com
	Filmzuggerät	„Unicoater 409“ (5-99 mm/sec, Best.-Nr. 0246.01.31), freundliche Leihgabe der Fa. Erichsen / erichsen.de
	Substratfolien	Hostaphan RNT 36 (Nr.: 87222), Kremer Pigmente und Co. KG / kremer-pigmente.com
		Hostaphan RN 75 (Nr.: 87221), Kremer Pigmente und Co. KG / kremer-pigmente.com
		Polyesterfolie 125 µm (ID: 38 512); Fa. GMW Gabi Kleindorfer / gmw-shop.de

Fortsetzung **A.5.3** Materialien, Geräte und weitere Hilfsmittel

Geräte und weitere Hilfsmittel		
Fortsetzung **Klebstofffilmproduktion**	Plexiglasplatten	PMMA, 350 x 440 x 3 in mm; Fa. Bauhaus GmbH & Co. KG / bauhaus.info
	Glasplatten	(unterschiedl. Bezugsquellen)
	Kapaplatten	„Kapa Line“ (Artikel-Nr.: 111110), Fa. Karthäuser-Breuer / karthaeuser-breuer.de
	Transparentes Klebeband	„Tesafilm transparent“ (Bestell-Nr. 57371-02); Fa. tesa SE / tesa.de
	Lösungsmittel	Ethanol und Aceton: Ethylalkohol (Best.-Nr. 70800), Dimethylketon (B.-Nr. 70780); Kremer Pigmente und Co. KG / kremer-pigmente.com
	Vliestücher	Vliestücher, 320 x 290 in mm (Art.-Nr.: 2217000); Deffner & Johann GmbH / deffner-johann.de
	Stanzgerät	Handstanzgerät (Beschriftung K 1619 / 054952, Type 7103, W.-Nr. 61421), Fa. Zwick / zwick.de
	Stanzmesser	Typ 5 nach DIN EN ISO 527-3, Fa. Zwick / zwick.de
		Typ 5 nach DIN EN ISO 527-3, Anfertigung ZWM / FH Köln
	Schneidematten	(Einzelhandel / Bürobedarf)
	Kunststoffplatte (Stanzuntergrund)	Polypropylenplatte (Nr. 182636 VE; 297x210x1,2 in mm), Fa. Modulor GmbH / modulor.de
	Digitale Mikrometermess-schraube	Digitale Mikrometerschraube, 0-25 mm / Messgenauigkeit 0,001 mm (Best.-Nr. 11392); Fa. Wabeco / wabeco-remscheid.de
	Filmdickenmessgerät mit Sonde	„Layercheck FN2“ (Sensor Minitest), Messgenauigkeit 0,001 mm; freundliche Leihgabe der Fa. Erichsen / erichsen.de

Fortsetzung **A.5.3** Materialien, Geräte und weitere Hilfsmittel

Geräte und weitere Hilfsmittel		
Textilprobenanfertigung	Testgarn	„Leinengarn Nm12/1“, Fa. HD Textil Trade; Firma scheint nicht mehr zu existieren / ursprünglicher Kontakt: Volksgartenstr. 85-89, 41065 Mönchengladbach, Tel: 02161/95121-0 / h.d.textil-trade@t-online.de (Frau Hannelore Driessen)
	Testgewebe	„Pattina L 13 (puro lino)“; Fa. Tessitura Enrico Sironi / sironienrico.it (Lieferung 04 / 2013)
	Schneidematten	(Einzelhandel / Bürobedarf)
	Doppelklebeband	„Tesa Doppelseitiges Klebeband Universal“; Fa. Tesa SE (Bestell-Nr. 56170) / tesa.de
	Skalpell und Klingen	(unterschiedl. Bezugsquellen)
tex-Messung	Feinwaage	„Kern 770-14“, 0,01-200g; Fa. Kern & Sohn GmbH / kern-sohn.de
Fadenbrückenherstellung	Bügeleisen	„Philips Stewardess, World travel iron, HD 1301“, Fa. Philips Deutschland GmbH / philips.de
	Heißluftfön	Heißluftgebläse mit Temperaturanzeige, Typ „HL 2305 LCD (thermo- power / thermo control)“, 2300 Watt, 50-650 °C, Luftstrom 250-500 l/min; Fa. Steinel / steinel.de
	Oberflächenthermometer	Oberflächenthermometer mit Punktfühler, Typ „Testo 925“, Messbereich - 60 / + 1000 °C, Genauigkeit $\pm$ 1 °C; über Deffner & Johann / deffner-johann.de

Fortsetzung **A.5.3** Materialien, Geräte und weitere Hilfsmittel

Geräte und weitere Hilfsmittel		
Einzelfadenverklebung	Feinpipette	„Transferpette S digital“, 0,1-1 µl; Fa. Brand GmbH + CoKG / brand.de
	Dosiernadelspitzen	Dosiernadel „Standard (Farbe lavendel)“, 1-⌀ 0,15 mm / ¼ (Bestell-Nr. F560016- ¼); Fa. Vieweg GmbH (Fisnar) / dosieren.de
	alternative Dosierspitzen	Abbrechen der Nadel von Spritzenkanüle: Braun Sterican, Gr. 17, 0,55x25mm, BL/LB 24Gx1; B. Braun Melsungen AG / bbraun.de
	Dosierkartuschen	Polypropylen-Kartuschen (Gr. 35 cc / Best.-Nr. 580141), Fa. Vieweg GmbH / dosieren.de
	Dosiergerät	„BELO Dosiergerät KDN“; Fa. BELO Restauriergeräte GmbH / belo-restauro.de
	Mikroskop	Zeiss Focus, Okular 10x / 22 BT* (f=170), 50 T* + f 200 T*; Carl Zeiss Jena GmbH / zeiss.de
	Schwanenhalslampe	„KL 200 LD“, Fa. Schott AG / schott.com
	Heiznadel und -gerät	Gerät „Denta-Star S, ST 083“ + Nadel „ST 083“, 7.5 W, 12 V (AC/DC [08331]); Fa. Star Tec / startecproducts.de
	Sonden / Dentalwerkzeug	(unterschiedl. Bezugsquellen)
	Druckluftgerät	Druckluftanschluss CICS / FH Köln
	Heizfolie	„thermo 12 V, 12 W, 110x77“ + Adapter „Voltcraft - Switching Power Supply“ (Model: SNG 1500)
Uniaxiale Zugprüfungen	Uniaxiale Zugprüfmaschine	Universalprüfmaschine Typ Z2.5 / TN1S („Zwicki“), Fa. Zwick / zwick.de
	Software	TestXpert V 12.1, Fa. Zwick
	weiteres Zubehör	(siehe auch unter A.14.1)

Fortsetzung **A.5.3** Materialien, Geräte und weitere Hilfsmittel

Geräte und weitere Hilfsmittel		
Biaxiale Zugprüfung	Biaxiale Zugprüfmaschine	Eigenbau des Lehrstuhls für Technische Mechanik (LTM) / Universität des Saarlands
	Programme	„HOST Bedienoberfläche“ / „CRIO Datenaufzeichnung“ / „ORIGIN 8.1-9.0“ / „VIC 2D 2009“
	Klemmbacken / Probehalter	Anfertigung durch Zentralwerkstatt Maschinenbau (ZWM) / FH Köln (Ansprechpartner: Thomas Schwan) → mit Beschriftung „FH KÖLN / CICS (GSM) 2013 Leihgabe Nr. I-VIII / VIII“ am LTM / Universität des Saarlands
Berstdruckprüfung	Berstdruckgerät	„TruBurst Model 610“, James H Heal & Co. Ltd / james-heal.co.uk
	Membran	„Duraflex 1.0 mm (JHH)“; Fa. Duraflex / duraflex.co.uk
Klimaeinstellung	Luftbefeuchter	„BRUNE B 500 Professional“; Fa. Brune Luftbefeuchtung Proklima GmbH / brune.info
	Thermohygrograph (mit Aufzeichnung)	„Thermohygrograph“, 0-100 % r.F. - 20 / + 60 °C, (Bestell.-Nr. 3.015/2); Fa. Ketterer / ketterer.net
	Thermohygrograph (ohne Aufzeichnung)	„Klimamesser“, 0-100 % r.F. / 10-50 °C; Fa. Lufft / lufft.com
	Klimamessgerät (Datalogger)	Almemo 2290-8 und Fühler Rotronic HP101A-L5W1W; Rotronic Messgeräte GmbH / rotronic-messgeraete.de

A.6 Details zur Probekörperherstellung

Nachfolgend werden Details zur Herstellung der verschiedenen Probekörper für die unterschiedlichen Prüfverfahren dargestellt:

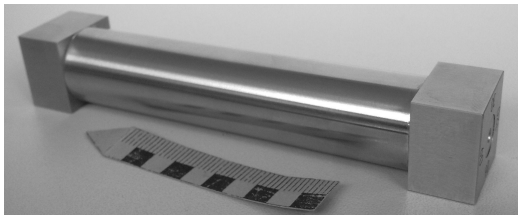
A.6.1 Details zu den freien Klebstofffilmen

Die Herstellung der freien Klebstofffilme wurde während des Masterstudiums ausführlich im Rahmen einer Semesterarbeit im Masterprojekt vorbereitet (siehe auch schriftliche Mitteilung FLOCK 2013). Die nachfolgenden Tabellen sollen die wichtigsten Erkenntnisse und Daten aus Platzgründen knapp zusammentragen.

A.6.1 / Tabelle I: Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
Bei der Herstellung der Klebstofffilmprobekörper zur späteren uniaxialen Zugprüfung wurde sich vor allem an der DIN EN ISO 527-3, den Standards ASTM D 2370, ASTM D 4078, ASTM D 823 und ASTM D 1005 sowie den Angaben von DOWN et al. 1996 orientiert (u.a. haben sich ebenfalls HANSEN, TAKETOMO 1989, JACEK 1998, HOFMANN 2003 und BALTSCHEIT 2011 mit der Klebstofffilmproduktion auseinandergesetzt). Detailliertere Angaben und Informationen finden sich in der schriftlichen Mitteilung FLOCK 2013. Zunächst sollen einige erarbeitete Grundlagen vorgestellt werden:	
Grundlagen	Erläuterung
Zur Klebstoffauswahl	Limitierend auf die Klebstoffauswahl wirken hinsichtlich der Filmherstellung Parameter wie insbesondere der Feststoffgehalt, die Viskosität, die Homogenität oder die Glasübergangstemperatur des Klebstoffs. So scheint z.B. die Herstellung von gleichmäßigen Filmen mittels Rakel bei einem Gesamtfeststoffgehalt < 20% nicht bis kaum, darüber bis 40% nur mit mäßigem Erfolg und ab 50% in der Regel sehr gut möglich. Zu hohe Viskositäten bzw. ein sehr hoher Feststoffgehalt (> 70 %) lassen sich jedoch nur noch schlecht aufrakeln. Auch neigen Klebstoffe mit niedrigerem Tg (insbesondere < 20 °C) zum Ziehen und Verkleben der Filme.
Zum Filmsubstrat	Vortests ergaben, dass speziell Folienmaterialien (vgl. Melinex, Hostaphan) zur Filmherstellung geeignet sind. Für weiche Filme erscheinen eher feste, dickere Folien geeignet; für sprödere Filme sind hingegen eher flexible, dünne Folien geeignet, um diese möglichst beschädigungsfrei lösen zu können. Je stärker der Klebstoff hierbei am Untergrund anhaftet, desto vergleichsweise dickere Filme ergeben sich; desto schlechter ist der Film jedoch auch beschädigungsfrei zu lösen.

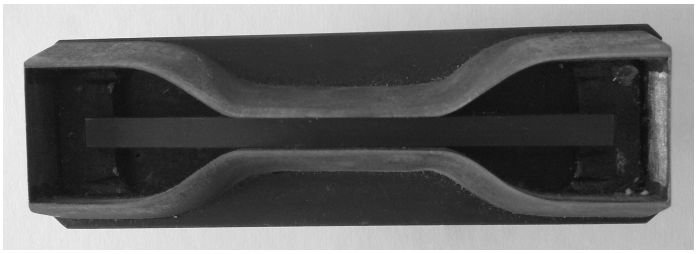
Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
Grundlagen	Erläuterung
Zum Untergrund	Am besten sind Glasplatten als Untergrund für das Filmsubstrat geeignet (glatt, ebenmäßig, biegefest, nicht elektrostatisch, lösungsmittel-unempfindlich, leicht zu reinigen). Aus Kostengründen können alternativ zu Glas auch Plexiglasplatten verwendet werden, sofern auf Grund ihrer Dicke ausreichend biegefest (Vorteil: niedrigeres Gewicht / Nachteil: Lösungsmittelempfindlichkeit, elektrostatische Aufladung, d.h. Anziehen von Schmutz sowie erschwertes Lösen der Folien). Da Polymethylmethacrylat als Kunststoff ein schlechterer Wärmeleiter als Glas ist, kühlen bspw. warm aufgetragene Glutinleim-Klebstoffe weniger schnell ab; obwohl so rein theoretisch die gleichmäßigere Filmbildung möglich sein sollte, scheint Plexiglas als Substratuntergrund für störleimbasierte Filme nicht geeignet. Zur Lagerung können die getrockneten Filme auch auf Kapaplatten transferiert werden.
Zu Rakeltypen und -größen	Prinzipiell stehen diverse Rakeltypen (Kochenrakel, Rahmenrakel, Spiralrakel, größenverstellbare Rakel) und Rakelgrößen (theoretische Nassfilmdicken und Filmbreiten) zur Verfügung; diese sind je nach aufzutragendem Medium mehr oder weniger geeignet. Aus einer zuvor festgelegten gewünschten Filmdicke ergibt sich generell die Notwendigkeit, empirisch zu testen, mit welchen Rakeltypen, -breiten und -stufen die angestrebte Filmdicke (unter Berücksichtigung weiterer Einflussgrößen) erzielbar ist. Das Ausrakeln hoher Viskositäten in niedrigeren Schichtdicken im Vergleich zu hohen Viskositäten in höheren Schichtdicken bzw. niedrigen Viskositäten in dünnen und hohen Schichtdicken scheint zu besonders gleichmäßigen Filmen zu führen. Nachteil sehr breite Filmmaße produzierender Rakel (ab ca. > 10 cm Filmbreite) sind die im Vergleich deutlich ungleichmäßigeren Filme von uneinheitlicherer Schichtdicke; es gilt, je schmaler die Rakelfläche, desto gleichmäßiger der Film. Prinzipiell scheinen Knochenrakel (Breite ~ 8 cm) besonders gleichmäßige Filme zu ermöglichen: Knochenrakel sind hantelförmig und bestehen aus einer runden Walze, die zwischen zwei quadratischen Klötzchen sitzt. Die Aussparung zwischen Walze und Untergrund auf Grund minimal höherer seitlicher Klötzchen ermöglichst das definierte „Durchziehen“ des davorzusetzenden, aufzurakelnden Mediums.
	 Abb. 01
	Abb. 01: Exemplarische Abbildung eines Knochenrakels mit 8 cm Filmbreite.

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
Grundlagen	Erläuterung
Zur Filmdicke	Generell sind die „theoretische Nassfilmdicke“ entsprechend des Rakeleinschliffs (bspw. 200 µm), die praktische Nassfilmdicke sowie die Trockenfilmdicke zu unterscheiden. Nach ASTM D 4708 sind Filme < 50 µm schwer zu handhaben, DIN EN ISO 527 - 3 verweist auf eine maximale Dicke der Filme von 1 mm; demnach erscheinen allgemein Filme von min. 50 µm bis max. 1 mm Dicke zur Zugprüfung geeignet. Im Rahmen der Vorversuche wurde deutlich, dass sich Filme > 70 µm auffallend leichter handhaben lassen; die genaue anzustrebende Filmdicke muss jedoch je nach Fragestellung, Filmmedium und Einzelfall festgelegt werden. Da sich durch die ergänzend angestrebte Zugprüfung vorgefertigter Beva-Folie eine Maßgabe von 65 µm ergab, sollen in diesem Fall Filme von 65 + 10 µm Filmdicke angestrebt werden, um eine Vergleichbarkeit in den Ergebnissen der Zugprüfung gewährleisten zu können. Eigne Versuche ergaben, dass neben Viskosität, Feststoffgehalt und Auftragsgeschwindigkeit auch der Rakeltyp, Substrat und Untergrund, die Klebstofftemperatur, Auftragsart, Klima sowie die allgemeinen Trocknungsbedingungen Einfluss auf die Filmdicke sowie Filmgleichmäßigkeit und -qualität nehmen (in besonderem Maße trifft dies für die warm aufzutragenden Glutinleimfilme und deren Modifikationen zu). Es gilt also, dass die Rakelstufe (bspw. 200 µm) jeweils nur eine „theoretische Nassfilmdicke“ ermöglicht, während die praktische Nassfilmdicke schon geringer und die Trockenfilmdicke nochmals geringer sein wird (allgemein gilt: Nassfilme ca. 60-70% der angegebenen Rakelstufe / Sinken der Nassfilmdicke je nach Feststoffgehalt in der Trocknung nochmals um ca. 50-60% auf die Trockenfilmdicke).
 Abb. 02	 Abb. 03
	Abb. 02 zeigt das genutzte Schichtdickenmessgerät mit Messsonde; Abb. 03 zeigt die alternativ genutzte Mikrometermessschraube; siehe hierzu nachfolgend unter „Zur Filmdickenmessung“.

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
Grundlagen	Erläuterung
Zur Auftragsgeschwindigkeit	Nach ASTM D 823 wird das Material beim händischen Auftrag mittels seitlich gegriffenem Rakel mit einer Zuggeschwindigkeit von ca. 250-500 mm/sec über das Substrat verteilt; für den maschinellen Auftrag werden keine expliziten bzw. tendenziell noch höhere Werte genannt. Eigene Versuche ergaben jedoch, dass diese Zuggeschwindigkeiten viel zu hoch veranschlagt sind; schon bei einer Zuggeschwindigkeit von 99 mm/sec bildet sich keine ausreichende Haftung des Klebstofffilms am Substrat aus, sodass es zu einem regelrechten Wegrutschen des Klebstoffs und erheblichen Filmstörungen kommt: Für die getesteten Dispersionsklebstoffe hat sich daher ein langsames Aufrakeln mit 5 mm/sec bewährt; die getesteten störleim-basierten Filme hingegen erforderten das händische Aufrakeln mit einer weiter verringerten Zuggeschwindigkeit von 2-3mm/sec zur Ausbildung geeigneter Filme. Es lässt sich allgemein die Tendenz festhalten, dass generell je höher die Zuggeschwindigkeit, desto dünner der Film.
Zur Probekörperform	Sowohl DOWN et al. als auch BALTSCHEIT arbeiteten erfolgreich mit Schulterproben, um dem Reißen an der mechanischen Schwachstelle der Einspannung an den Klemmbacken bei der Zugprüfung vorzubeugen. Aus diesem Grund sollte prinzipiell die Schulterform für die Zugprüfung bevorzugt werden, um Messfehlern vorzubeugen. In den entsprechenden Normen werden unterschiedliche Probekörperformen vorgestellt; in DIN EN ISO 527-3 werden neben einer Streifenform drei normierte Hantel- oder auch Schulterformen zur speziellen Qualitätskontrolle dargestellt: In Vortests betrachtet wurden Schulterform „Typ 5“ für Folien und Tafeln mit sehr hoher Bruchdehnung sowie „Typ 4“ für andere Arten flexibler thermoplastischer Tafeln; während Typ 5 sich bei allen Klebstoffen bewährte, zeigte sich bei der deutlich größeren Probekörperform des Typs 4 als Nachteil ein wiederholtes Einreißen der Prüflinge an der Klemmbacke. Hinzu kam die nachteilige Erfordernis weitaus größerer gleichmäßiger Filmflächen zur Probenproduktion. Es wurde daher die Probekörperform „Typ 5“ ausgewählt:
	 Abb. 04
	Abb. 04 zeigt die Stanzform für Probekörper des Typs 5.

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

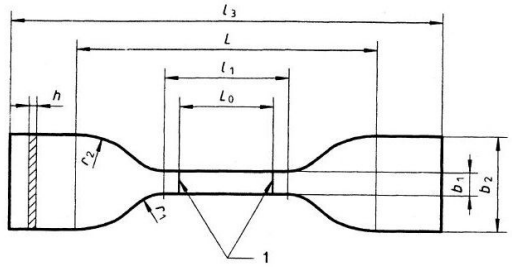


Abb. 05

Legende

1	Messmarken	
b_1	Breite des engen parallelen Teils:	6 mm ± 0,4 mm
b_2	Breite an den Enden:	25 mm ± 1 mm
h	Dicke:	≤ 1 mm
L_0	Messlänge:	25 mm ± 0,25 mm
L_1	Länge des engen parallelen Teils:	33 mm ± 2 mm
L	Anfangsabstand der Einspannklemmen:	80 mm ± 5 mm
l_3	Gesamtlänge:	≥ 115 mm
r_1	kleiner Radius:	14 mm ± 1 mm
r_2	großer Radius:	25 mm ± 2 mm

Abb. 06

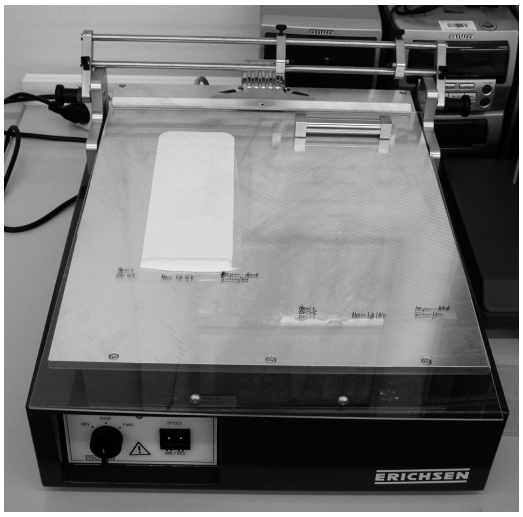
Abb. 05 und Abb. 06 zeigen die Bemaßungen des Probekörpers Typ 5 nach DIN EN ISO 527-3.

Grundlagen	Erläuterung
Zur Filmdickenmessung	Zur Filmdickenmessung sind beschädigungsfreie Messmethoden auszuwählen, welche die spätere Verwendung des Films bzw. Probekörpers gewährleisten. Spezielle Sonden zur genauen Schichtdickenmessung arbeiten im magnetinduktiven Verfahren auf magnetischen Untergründen oder im Wirbelstromverfahren auf magnetischen und nicht magnetischen Metalluntergründen; diese Sonden ermöglichen besonders genaue Ergebnisse: Zur Verfügung gestellt wurde ein Gerät der Fa. Erichsen (Abb. 02) zur Messung im Wirbelstromverfahren (Messgenauigkeit 1 µm); zur Messung ist eine glatte und ebenmäßige metallische Unterlage erforderlich, auf welche die Sonde aufgesetzt wird und welche so als „Nullung“ kalibriert werden kann. Zur Messung wurde der Film mit oder ohne Substrat auf das Metall gelegt und erneut die Sonde aufgesetzt (durch „Nullen“ der Folie auf dem Metall ist auch eine direkte Messung des Films trotz Anhaftung auf dem Substrat möglich). Es sind lediglich punktuelle Messungen durchzuführen; ein Bewegen der Sonde zwecks Ablesen sich verändernder Werte beschädigt diese. Für Filme mit inhomogeneren Filmdicken (Cellulosefaser-zusatz) wurde stattdessen eine digitale Mikrometermess-schraube (Genauigkeit 1 µm) genutzt (Abb. 3): Nach jeder Probe wurde die Messfläche gereinigt und das Gerät neu kalibriert, um verfälschte Messergebnisse durch Schmutz-auflagen o.ä. auszuschließen. Leider zeigte sich im Nachhinein, dass auch die Mikrometer-messschraube nicht für die genaue Filmdickenmessung cellulosefaser-versetzter Filme geeignet ist, da im Vergleich zu den restlichen Filmen so trotz gleicher Messwertangaben zu dünne Filme resultierten (vgl. A.3.1 / Tabelle II). Eine geeignete Alternative ist noch nicht gefunden. Denkbar wäre ein Einbetten des Films in Kunstharz (Technovit) und das Ausmessen der dünner neben den Fasern liegenden Filmdickenbereichen am Mikroskop mittels entsprechender Software (vgl. auch A.5.3 / Tabelle I und A.17 / Tabelle II).

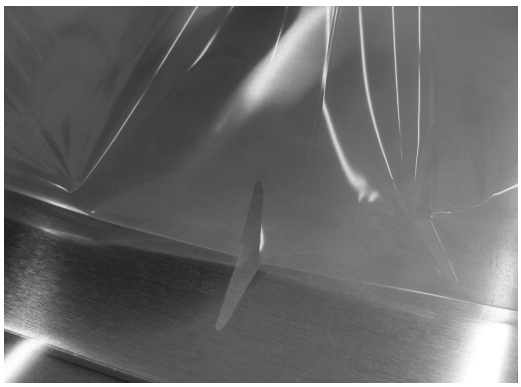
Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
Nachfolgend werden die einzelnen Herstellungsschritte knapp umschrieben; die genauen in umfangreichen Vortests ermittelten Herstellungsparameter je einzelnem Klebstoff finden sich in der nachfolgenden Tabelle II.	
Herstellungsschritt	Erläuterung
1. Raumklimatisierung zur Filmherstellung	Es sollte angestrebt werden, möglichst alle Filme gleichzeitig unter gleichen klimatischen Bedingungen herzustellen. Zur Filmherstellung wurde im Raum daher ein gleichmäßiges Klima von 23 °C (+ 2 °C) und 50 % r. F (+ 5 %) eingestellt. In Vorversuchen zeigte sich jedoch, dass sich in kühlerem und feuchterem Klima (ca. 19°C und 65% r.F.) etwas besser störleim-basierte Filme von höherer Dicke herstellen lassen; daher wurden diese ggf. in kühlerem Klima bei ca. 18-20°C produziert und erst nach Trocknung im oben genannten Klima weiter gelagert.
2. Reinigen der Untergrundplatte	Der Untergrund muss sorgfältig von jeglichem Schmutz befreit werden; die Auflage von Staub, Krümeln, Fasern o.ä. unter den Substratfolien kann zu Filmstörungen und verminderten Schichtdicken führen. Bei Glas eignet sich das gründliche Abwischen mit Lösungsmitteln oder Glasreiniger mittels Mikrofasertuch, auf Plexiglas eignet sich ein feuchtes Mikrofasertuch ohne größeres Reiben.
3. Fixieren der Substratfolien	Die je nach Klebstoff geeigneten Substratfolien (siehe hierzu auch Tabelle II) werden entsprechend der Untergrundplattengrößen etwas kleiner zugeschnittene; die absolut knickfreien, an der Unterseite unbedingt schmutzfreie Substratfolien werden aufgelegt, sorgfältig glattgestrichen und mittels Klebeband (Tesafilm) ringsherum seitlich fixiert. Beim Glattstreichen mittels Händen erfolgt die Tastkontrolle auf möglicherweise zwischen Untergrund und Substrat fühlbare Unebenheiten. Die Folie muss unbedingt absolut plan aufliegen und darf beim Festkleben unter keinen Umständen Zugfalten o.ä. bilden.
4. Reinigen der Substratfolien	Unmittelbar vor dem Filmauftrag wurden die Substratfolien mittels ethanol- und anschließend acetonbenetzter, fusselfreier Vliestücher gleichmäßig entfettet und gereinigt, da schon leichte Fingerabdrücke zu Filmstörungen führen können.
5. Klebstoffauftrag mittels Rakel	Vor dem Rakeln wurde der geeignete Tisch (mit ebener, glatter Tischfläche) mittels Wasserwaage kontrolliert und nachjustiert. Beim Rakelvorgang wurden zudem Kunststoffhandschuhe und fusselfreie Kleidung (Kittel) getragen. Das je nach Klebstoff geeignete Rakel wurde vor jedem Auftrag erneut gründlich gereinigt und entfettet; der Auftrag erfolgte sofern möglich genormt maschinell mittels Unicoater-Zuggerät oder händisch (siehe hierzu auch Tabelle II). Beim händischen Auftrag wurde das Rakel auf der Substratplatte platziert, eine entsprechende Menge Klebstoff vor das Rakel gegeben, dieses gleichmäßig seitlich gegriffen und mit kontinuierlichem Druck zum eigenen Körper hin gezogen.

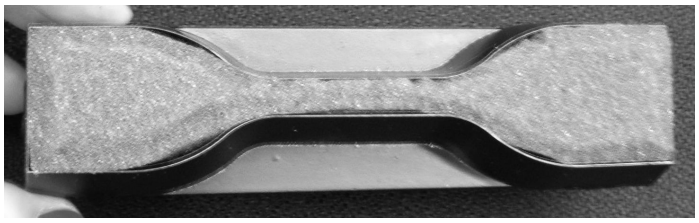
Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
Herstellungsschritt	Erläuterung
Fortsetzung: **5.** Klebstoffauftrag mittels Rakel	Die Geschwindigkeitskontrolle erfolgte beim händischen Auftrag mittels nebenliegendem Millimeterpapier und Stoppuhr. Für den maschinellen Auftrag wurde uns freundlicherweise ein Filmzuggerät durch die Fa. Erichsen zur Verfügung gestellt; das Gerät verfügt über eine Schiebeeinrichtung, in welche das Rakel eingespannt und mit definierter, konstanter Geschwindigkeit über die mittels Klemme fixierte Substratplatte geführt wird. Der auf diese Weise bestmöglich standardisierte Rakelauftrag (Geschwindigkeit, Rakeldruck etc.) ist die ggf. vorzuziehende Variante. Für u.a. störleim-basierte Filme erwies sich der Unicoater in Vortests jedoch auf Grund einer zu hohen Minimalzuggeschwindigkeit (5 mm /sec) als ungeeignet, da viel zu dünne sowie teils unregelmäßige Filme resultierten. Zur Applikation wurden die Klebstoffe mittels Löffel oder aufgezogen in Spritzen so vor das Rakel gegeben, dass dieser das Rakel erst berührt, sobald der Zugvorgang einsetzte und daher ein gleichmäßiger Druck auf das Rakel ausgeübt wurde. Beim Rakelvorgang sollte zudem immer ein Klebstoff-überschuss am Rakel bestehen, damit die Seitenbegrenzung des Rakels voll ausgenutzt wird und der Film gleichbleibend dick wird (es sollte jedoch keine nachträgliche Klebstoffzugabe während des Ziehens erfolgen, da es sonst zu Ungleichmäßig-keiten kommen kann. Um ein „Zurücklaufen“ des Klebstoffs und so bedingte Beeinflussung der Filmdicke zu vermeiden, wurde der Überschuss über die Substratplatte hinaus gerakelt und aufgefangen; dieses letzte Stück Film wurde verworfen.
 Abb. 07	 Abb. 08 Abb. 07 zeigt das Unicoater-Filmzuggerät; exemplarisch darauf zu sehen sind links ein fertig ausgerakelter Dispersionsfilm sowie daneben rechts das noch uneingespannte Knochenrakel für den nächsten Filmauftrag. Abb. 08 zeigt im Detail das eingespannte Knochenrakel beim Filmauftrag.

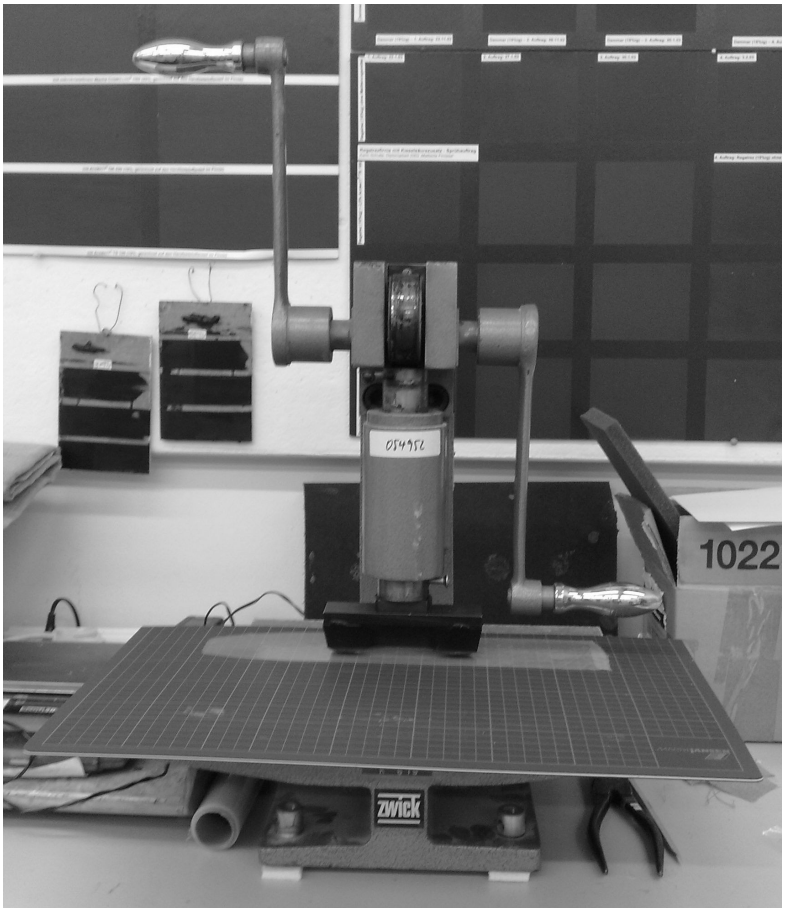
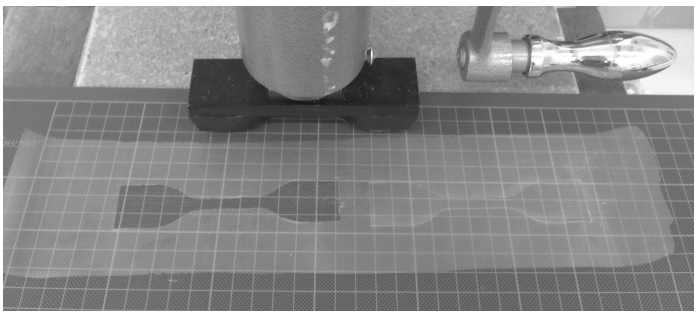
Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
Herstellungsschritt	Erläuterung
6. Filmlagerung	Nach Herstellung der Filme wurden diese bis zur Probekörperherstellung und -prüfung vier Wochen lang gelagert, um eine abgeschlossene physikalische Trocknung und die Gleichmäßigkeit der späteren Probekörper gewährleisten zu können (das Ablösen der Filme sollte daher erst nach Lagerung, unmittelbar vor Probekörperherstellung und -prüfung erfolgen). Entsprechend der Normen wurden die Filme bei 23 °C (+ 2 °C) und 50 % r. F (+ 5 %) staubfrei, luftschadstoff- und lichtgeschützt unter Aufzeichnung der Klimadaten gelagert (um die Bearbeitungszeit der Rissverklebung zu imitieren, wurden die entsprechenden Schränke zunächst eine Woche offen gelassen, dann geschlossen). Die Lagerung der noch nicht abgelösten Filme auf ihren wiederum ebenfalls auf Platten fixierten Substraten gewährleistete die Gleichmäßigkeit der Filme.
7. Ablösen der Filme	Nach ASTM D 4708 werden die Filme mit Substrat gestanzt und erst dann gelöst; eigene Versuche zeigten jedoch, dass zur erfolgreichen Probekörperproduktion vom Stanzen mit Substratfolie generell abgeraten werden muss. Daher wurden lediglich freie Filme gestanzt; hierzu wurden zunächst die Filme an einem Ende mittels herunterfahrender Skalpellklinge auf der gesamten Breite ca. 1 cm weit abgelöst und dann die gegriffenen Filme vollständig abgezogen. Bei jeglichem Handling von Filmen bzw. Probekörpern wurden ab diesem Schritt Handschuhe getragen. Insbesondere weiche Filme mussten in einer fließenden Bewegung ohne Absetzen oder ruckartige Momente gelöst werden, da sich sonst sehr leicht linienartige Knicke im Film gebildet hätten und die Deformation des Films durch Strecken bzw. Ziehen begünstigt worden wäre. Bei spröderen Filmen wurde vielmehr das Substrat vom Film gelöst als umgekehrt (daher sollten für weiche Filme eher feste, für spröde Filme hingegen flexible Substrate gewählt werden).
	 Abb. 09
	Abb. 09 zeigt das Einreißen eines dünnen, großflächigen Films während des Ablösens; dünnere Filmbereiche sowie Bereiche mit Filmstörungen neigen dazu, beim Ablösen der Filme einzureißen.

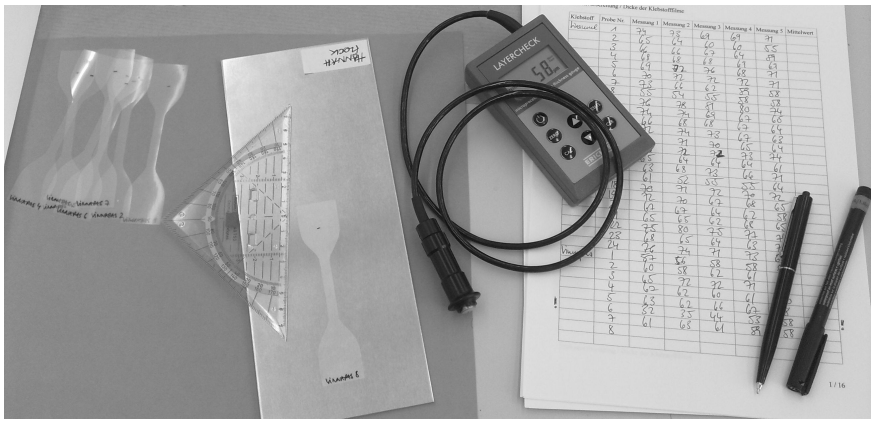
Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
Herstellungsschritt	Erläuterung
8. Schärfen der Stanzmesser	Für die Zugprüfung müssen unbeschädigte, glatte und kerbfreie Kanten gewährleistet werden, sodass jeder Prüfkörper einzeln mittels einer beidseitig an den Klingen geschliffenen, scharfen Stanzform ausgestochen werden sollte. Aus diesem Grund wurde das genutzte Stanzmesser vorbereitend professionell geschärft (Schleiferei Balwinski / Köln).
 Abb. 10	Abb. 10 zeigt ein mit Schaumstoff ausgefülltes Stanzmesser, um der Problematik einer leicht in der Stanze hängenbleibenden Probe und somit leichteren Beschädigung dieser beim Herausnehmen zu begegnen.
9. Stanzen der Probekörper	Das Stanzen der Probekörper erfolgte erst wenige Tage vor der Prüfung. Genutzt wurde ein Handstanzgerät der Fa. Zwick, in welches die Stanzmesser eingespannt und mittels Handgriffen auf die positionierte Probe gefahren wurden (der Stanzdruck war mittels vorhandener Handstanze nicht normierbar). Die Filme wurden vor dem Stanzen mittels zweier kleiner Tesastreifen an den Enden des Filmes auf dem Stanzuntergrund gegen ein Verrutschen gesichert, der Stanzuntergrund wurde auf der Tischplatte des Handstanzgeräts positioniert und zusätzlich über Schraubzwingen fixiert. Je nach Filmbeschaffenheit sind unterschiedliche Stanzuntergründe geeignet; besonders gut eignen sich nach Vorversuchen leicht nachgiebige Materialien. Daher wurde die Vielzahl der Filme auf Schneidematten gestanzt. Generell gilt jedoch, je dünner und spröder der Film, desto fester sollte die Stanzunterlage sein, da diese Filme sonst leicht verformen und somit reißen. Auch im Falle besonders elastisch-weicher Dispersionsfilme ist ein festerer Untergrund von Vorteil, da diese sonst nur eingedrückt und nicht geschnitten werden. In diesen Fällen können festere Kunststoffunterlagen genutzt werden. Unmittelbar vor dem Stanzen wurde die Unterlage zudem gründlich gereinigt. Nach ASTM D 4708 sollen die Proben mit mindestens 13 mm Abstand zum Rand des Filmes gestanzt werden, um fehlerhafte Randbereiche besser ausschließen zu können. Die Ausrichtung der Schulterprobe erfolgte gemäß der Zugrichtung des Rakels beim Filmauftrag. Ein Nachschneiden der Filme bei eventuellen „Stegen“ und unzureichendem Durchschneiden des Stanzmessers erfolgte lediglich noch auf der Stanzunterlage mittels eines scharfen Skalpells entlang der vorgedrückten Markierung des Stanzmessers (unter keinen Umständen darf der Film zuvor losgelöst und quasi „in der Luft“ geschnitten werden, da es sonst sehr leicht zu Ungenauigkeiten und fehlerhaften Probenrändern kommt).

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

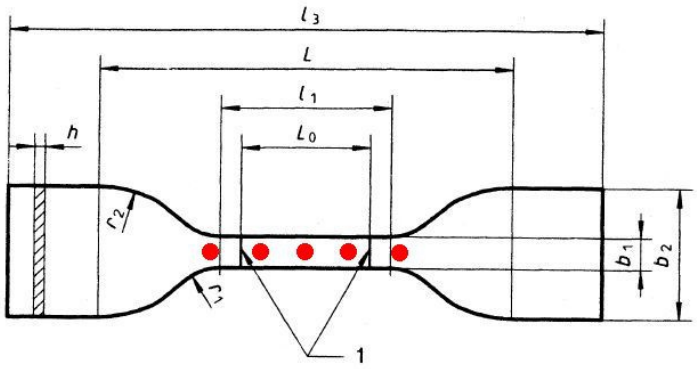
Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
 Abb. 11	Abb. 11 zeigt das verwendete Stanzgerät der Fa. Zwick; das Stanzmesser wird in die Halterung oben eingespannt und mittels der zwei Handhebel in einer Drehbewegung nach unten auf den Film geführt.
Abb. 12 zeigt exemplarisch einen Dispersionsfilm mit zwei nebeneinander liegenden gestanzten Schulterproben; die linke Schulterprobe wurde bereits aus dem Film herausgelöst.	 Abb. 12
Herstellungsschritt	Erläuterung
10. Probenmarkierung	Zwecks späterer Einspannung der Probekörper wurde auf der Schulterprobe vorsichtig an einer Seite die Einspannlänge angetragen; zudem wurde auf jeder Probe der Klebstoff vermerkt und diese je Klebstoff durchgehend nummeriert, um Verwechslungen vorzubeugen (vgl. Abb. 13 und 14).

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper	
 Abb. 13	Abb. 13 zeigt mehrere vorbereitete Klebstofffilmprobekörper mit bereits angetragenen Einspannmarkierungen sowie Nummerierung und Klebstoffzugehörigkeit.
Herstellungsschritt	Erläuterung
11. Schichtdickenmessung und Probenauswahl	Die Auswahl eines geeigneten Films sowie Filmbereichs für die Probekörperherstellung mittels Schichtdickenmessung wurde am noch substratstabilisierten Film durchgeführt; die Kontrolle des fertig hergestellten Probekörpers wurde hingegen ohne Substrat durchgeführt (prinzipiell kann die Messung schon ohne oder noch mit Substrat erfolgen, sofern die Substratdicke problemlos subtrahierbar ist). Die Filmdicke wurde anhand von fünf Messpunkten überprüft (Abb. 15); angestrebt wurde eine Filmdicke von 65 µm + 10 µm. Die einzelnen Messwerte wurden notiert und anschließend die ca. 10 besten Filme mit den der Vorgabe nächsten Filmdicken und geringsten Schwankungen der Filmdicke ausgewählt (Abb. 14); siehe hierzu auch Tabelle III.
 Abb. 14	Abb. 14 stellt den Vorgang der Probenmarkierung, Schichtdickenmessung und Probenauswahl dar; in der Liste rechts werden die gemessenen Werte festhalten.

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle I:** Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper

Herstellung der Klebstofffilmprobekörper



Legende

1	Messmarken	
b_1	Breite des engen parallelen Teils:	6 mm ± 0,4 mm
b_2	Breite an den Enden:	25 mm ± 1 mm
h	Dicke:	≤ 1 mm
L_0	Messlänge:	25 mm ± 0,25 mm
L_1	Länge des engen parallelen Teils:	33 mm ± 2 mm
L	Anfangsabstand der Einspannklemmen:	80 mm ± 5 mm
l_3	Gesamtlänge:	≥ 115 mm
r_1	kleiner Radius:	14 mm ± 1 mm
r_2	großer Radius:	25 mm ± 2 mm

Abb. 15

Abb. 15 zeigt die systematische Darstellung der fünf Messpunkte am Probekörper Typ 5 zur Überprüfung der Filmdicke; die Messpunkte sind in ihrer Position rot markiert.



Abb. 16

In Abb. 16 zu sehen ist der Arbeitsplatz in Raum 138; im Vordergrund auf den Tischen sind einige Filmvorversuche auf folienbespannten Glasplatten zu sehen. Im Hintergrund ist eine vorläufige Klebstoffauswahl in Gebinden aufgestellt.

A.6.1 / Tabelle II: Parameter zur Klebstofffilmherstellung

Die nachfolgende Tabelle beschreibt die zur Herstellung der getesteten Filme befolgten, im Rahmen der letzten Semesterarbeit des Masterprojekts im WS 2012/13 (vgl. schriftliche Mitteilung FLOCK 2013) vorbereiteten und teils nochmals abgewandelten, geeigneten Parameter zur erfolgreichen Herstellung gleichmäßiger, gut ablösbarer Klebstofffilme mit einer Dicke von 65 µm ± 10 µm der unter Punkt 5.6 im Text dargestellten Klebstoffauswahl. Zu den Geräten und Materialien im Einzelnen siehe auch unter A.5.

Legende zur nachfolgenden Tabelle		
Rakeltyp	kl. Knochen	Knochenrakel mit 8 cm Filmbreite (Fa. BYK)
Klebstoffauftrag (unter mm / sec)	H	Händisch (Zuggeschwindigkeit über nebenliegende Millimeterskala und Stoppuhr)
	UC	Maschinell mittels Unicoater (Zuggeschwindigkeit fest einstellbar)
Substrat (+ Platte Glas / Plexiglas)	RNT 36 RS	Hostaphan RNT 36, 36 µm, einseitig silikonisiert; auf „Rückseite“ (RS), d.h. nicht silikonisiert
	RN 75	Hostaphan RN 75, 75 µm
	GK 125 RS	Gabi Kleindorfer Polyesterfolie, 125 µm; auf „Rückseite“ (RS), d.h. nach innen aufgerollte Seite
Schichtdickenmessung	MS	Digitale Mikrometermessschraube (Messgenauigkeit 1 µm)
	SD	Schichtdickenmessgerät mit Sonde (Messgenauigkeit 1 µm)
Stanzuntergrund	SM	Schneidematte
	KP	Kunststoffplatte

A.6.1 / Tabelle II: Parameter zur Klebstofffilmherstellung

Nr.	Klebstoff	Modifikation	Rakeltyp	Rakel-Einschliff	Auftrag und mm / sec	Substrat / UG	Dicken-messung	Stanz-UG	Anmerkungen
1	Mowilith D 50	(rein)	kl. Knochen	200 µm	UC: 5	RN 75 / Plexi	SD	SM	- alternativ wäre auch Substrat GK 125 RS oder RNT 36 RS sowie UG Plexiglas möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch vorzuziehen gewesen
2 A	Mowilith DHS S1	(rein)	kl. Knochen	200 µm	UC: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM	- alternativ wäre auch Substrat RNT 36 RS oder RN 75 sowie UG Glas möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch vorzuziehen gewesen
2 B		Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	kl. Knochen	200 µm	UC: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM	- alternativ wäre auch Substrat RNT 36 RS oder RN 75 sowie UG Glas möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen
2 C		Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	kl. Knochen	200 µm	UC: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM	- alternativ wäre auch Substrat RNT 36 RS oder RN 75 sowie UG Glas möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen
3	Mowilith LD 167	(rein)	kl. Knochen	150 µm	UC: 5	RN 75 / Plexi	SD	SM	- falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch und/oder auf RNT 36 RS / Glas und/oder mit Rakelstufe 120 µm vorzuziehen gewesen
4 A	Lineco	(rein)	kl. Knochen	200 µm	UC: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM	- alternativ wäre auch Substrat RN 75 möglich gewesen - falls Film zu dünn werden geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle II:** Parameter zur Klebstofffilmherstellung

Nr.	Klebstoff	Modifikation	Rakeltyp	Rakel-Einschliff	Auftrag und mm / sec	Substrat / UG	Dicken-messung	Stanz-UG	Anmerkungen
4 B	Lineco	Lineco + Wasser (9:1)	kl. Knochen	200 µm	H: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM	- alternativ wäre auch Substrat RN 75 möglich gewesen - maschinell mittels UC scheint allgemein zu dünne Filme zu produzieren - falls der Film trotzdem zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen
4 C		Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	kl. Knochen	100 µm	H: 5	GK 125 RS / Plexi	MS	SM	- Vorquellen der Cellulosefasern in der fertigen Mischung vor dem Ausrakeln beachten (ca. 1 Std.) - alternativ wäre auch Substrat RN 75 möglich gewesen - maschinell mittels UC scheint allgemein zu dünne / unbefriedigende Filme zu produzieren - falls der Film trotzdem zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen
4 D		Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	kl. Knochen	200 µm	H: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM	- alternativ wäre auch Substrat RN 75 möglich gewesen - maschinell mittels UC scheint allgemein zu dünne Filme zu produzieren - falls der Film trotzdem zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen
5 A	Evacon-R	(rein)	kl. Knochen	200 µm	UC: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM / KP	- alternativ wäre auch Substrat RN 75 möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen
5 B		Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	kl. Knochen	200 µm	UC: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM / KP	- alternativ wäre auch Substrat RN 75 möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. (händisch) auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle II:** Parameter zur Klebstofffilmherstellung

Nr.	Klebstoff	Modifikation	Rakeltyp	Rakel-Einschliff	Auftrag und mm / sec	Substrat / UG	Dicken-messung	Stanz-UG	Anmerkungen
5 C	Evacon-R	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	kl. Knochen	120 µm	UC: 5	RN 75 / Plexi	MS	SM	- Vorquellen der Cellulosefasern in der fertigen Mischung vor dem Ausrakeln beachten (ca. 1 Std.) - alternativ wären auch Substrat RNT 36 RS und GK 125 RS möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen
6	Jade 403 N	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	kl. Knochen	150 µm	UC: 5	RN 75 / Plexi	MS	SM	- Vorquellen der Cellulosefasern in der fertigen Mischung vor dem Ausrakeln beachten (ca. 1 Std.) - alternativ wäre auch auch Substrat RNT 36 RS und GK 125 RS möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. händisch auf RNT 36 RS / Glas mit Rakelstufe 120 µm oder auf GK 125 RS mit UC: 5 und Rakelstufe 200 µm vorzuziehen gewesen
7	Vinnapas DP 600	(rein)	kl. Knochen	150 µm	UC: 5	RN 75 / Plexi	SD	SM	- alternativ wäre auch Substrat RNT 36 RS, in keinem Fall jedoch GK 125 RS möglich gewesen - falls der Film zu dick geworden wäre, wäre ggf. mit Rakelstufe 100/120 µm und /oder händisch auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen
8	Vinamul 8481	(rein)	kl. Knochen	200 µm	H: 5	RN 75 / Plexi	SD	SM	- alternativ auch Substrat RNT 36 RS, in keinem Fall jedoch GK 125 RS möglich gewesen - falls der Film zu dick/dünn geworden wäre, wäre ggf. auf RNT 36 RS / Glas vorzuziehen gewesen - maschinell mittels UC scheint allgemein unbefriedigende Filme zu produzieren
9	Beva 371 (371 b)	(rein)	-	-	-	-	SD	SM / KP	(fertig produzierter Bevafilm; liegt bei ca. 65 µm Filmdicke)

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle II:** Parameter zur Klebstofffilmherstellung

Nr.	Klebstoff	Modifikation	Rakeltyp	Rakel-Einschliff	Auftrag und mm / sec	Substrat / UG	Dicken-messung	Stanz-UG	Anmerkungen
10	Mowilith DM 771	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	kl. Knochen	200 µm	UC: 5	GK 125 RS / Plexi	SD	SM / KP	- alternativ wäre auch Substrat RNT 36 RS oder RN 75 sowie UG Glas möglich gewesen - falls der Film zu dünn geworden wäre, wäre ggf. der Substratwechsel und/oder händische Auftrag vorzuziehen gewesen
11 A	Störleim 20%	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1)	kl. Knochen	(890 µm) 200 µm-Rakel + 3x Doppel-klebeband mit Folie*	H: 2-3	RNT 36 RS / Glas	SD	SM	- alternativ wäre auch RN 75 (oder GK 125 RS), in keinem Fall jedoch UG Plexiglas möglich gewesen - maschinell mittels UC scheint allgemein zu dünne Filme zu produzieren - falls der Film trotzdem zu dünn geworden wäre, wäre ggf. eine Klimaänderung vorzuziehen gewesen (besser kühler und feuchter: ca. 19 °C und 60 % r.F.)
11 B		Störleim 20% + Weizen-stärke (kalt) 13% (1:1)	kl. Knochen	(890 µm) 200 µm-Rakel + 3x Doppel-klebeband mit Folie*	H: 2-3	RNT 36 RS / Glas	SD	SM	- alternativ wäre auch RN 75 (oder GK 125 RS), in keinem Fall jedoch UG Plexiglas möglich gewesen - maschinell mittels UC scheint allgemein zu dünne Filme zu produzieren - falls der Film trotzdem zu dünn geworden wäre, wäre ggf. eine Klimaänderung vorzuziehen gewesen (besser kühler und feuchter: ca. 19 °C und 60 % r.F.)
12	Störleim 25%	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	kl. Knochen	(180 µm) 150 µm-Rakel + 1 x Tesafilm*	H: 2-3	RNT 36 RS / Glas	MS	SM	- Vorquellen der Cellulosefasern in der fertigen Mischung vor dem Ausrakeln beachten (ca. 1 Std.) - alternativ wäre auch RN 75 (oder GK 125 RS), in keinem Fall jedoch UG Plexiglas möglich gewesen - maschinell mittels UC scheint allgemein zu dünne Filme zu produzieren - falls der Film trotzdem zu dünn geworden wäre, ggf. Rakelstufe 150/200 µm oder eine Klimaänderung vorzuziehen (besser kühler und feuchter: ca. 19 °C und 60 % r.F.)

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle II:** Parameter zur Klebstofffilmherstellung

Nr.	Klebstoff	Modifikation	Rakeltyp	Rakel-Einschliff	Auftrag und mm / sec	Substrat / UG	Dicken-messung	Stanz-UG	Anmerkungen
13	Störleim 40%	(rein)	kl. Knochen	(290 µm) 200 µm-Rakel + 3x Tesafilm*	H: 2-3	RNT 36 RS / Glas			- alternativ wäre auch RN 75 (oder GK 125 RS), in keinem Fall jedoch UG Plexiglas möglich gewesen - maschinell mittels UC scheint allgemein zu dünne Filme zu produzieren - falls der Film trotzdem zu dünn geworden wäre, wäre ggf. eine Klimaänderung vorzuziehen gewesen (besser kühler und feuchter: ca. 19 °C und 60 % r.F.)
* = doppelseitiges Klebeband mit Beschichtung: 230 µm / Tesafilm: 33 µm									

A.6.1 / Tabelle III: Filmdickenmessung

In den nachfolgenden Tabellen werden die fünf erhobenen Schichtdickenmesswerte der letztlich ausgewählten Klebstofffilm-probekörper aufgeführt. Ausgewählt wurden die besten ca. 10 Filme jedes Klebstoffs, welche die geringsten Schichtdickenschwankungen (minimaler / maximaler Messwert) aufwiesen und die Dickenmaßgabe (65 $\pm$ 10 µm) am besten oder ehesten erfüllten. Die Auswahl erfolgte aus min. 18 bis max. 47 vorbereitend gestanzten Prüflingen (Anzahl abhängig von Anzahl der vorbereiteten Filme sowie dem Stanzaufwand und -erfolg); auf ein Abdrucken der handschriftlich geführten Messwert-Listen zur Probekörperauswahl aus der Gesamtanzahl wird aus Platzgründen verzichtet. Die Messung erfolgte, sofern nicht anders gekennzeichnet, mittels Sonden-Filmdickenmessgerät (vgl. unter A.5.3).

A.6.1 / Tabelle III: Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
1	Mowilith D 50	(rein)	1	73	70	61	62	61	65,4	12
			2	65	66	63	65	63	64,4	3
			3	58	63	62	67	67	63,4	9
			4	68	70	74	75	73	72	7
			5	63	70	61	57	58	61,8	13
			6	65	64	63	59	60	62,2	6
			7	57	59	56	55	59	57,2	4
			8	77	71	64	70	67	69,8	13
			9	64	62	70	64	59	63,8	11
			10	67	68	78	66	70	69,8	12
			11	61	63	66	67	63	64	6
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						64,9	8,7
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 11 von 21							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
2 A	Mowilith DHS S1	(rein)	1	62	64	65	65	67	64,6	5
			2	67	67	66	65	65	66	2
			3	65	67	63	64	63	64,4	4
			4	63	62	65	64	63	63,4	3
			5	62	62	62	61	63	62	2
			6	65	63	63	63	64	63,6	2
			7	68	67	65	65	64	65,8	4
			8	67	69	68	64	66	66,8	4
			9	66	67	65	66	65	65,8	2
			10	63	63	64	63	63	63,2	1
			11	71	70	71	67	67	69,2	4
			12	66	66	64	67	66	65,8	3
			13	64	65	67	64	64	64,8	3
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						65,0	3
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 27							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
2 B	Mowilith DHS S1	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	1	52	55	55	55	56	54,6	4
			2	53	54	51	51	51	52	3
			3	53	57	53	54	54	54,2	4
			4	52	52	54	54	54	53,2	2
			5	56	56	56	54	55	55,4	2
			6	53	54	53	52	54	53,2	2
			7	53	52	50	50	50	51	3
			8	55	55	53	53	54	54	2
			9	51	52	51	49	52	51	3
			10	52	52	53	51	53	52,2	2
			11	52	51	50	51	52	51,2	2
			12	51	51	51	54	50	51,4	4
			13	51	50	54	51	51	51,4	4
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						52,7	2,8
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 20							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
2 C	Mowilith DHS S1	Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	1	56	56	57	57	57	56,6	1
			2	53	53	54	53	54	53,4	1
			3	54	52	54	53	54	53,4	2
			4	55	54	52	54	55	54	3
			5	55	61	55	55	54	56	7
			6	56	52	58	55	57	55,6	6
			7	53	53	55	56	55	54,4	3
			8	56	55	58	56	54	55,8	4
			9	54	52	53	54	55	53,6	3
			10	54	54	54	56	56	54,8	2
			11	55	53	53	52	54	53,4	3
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						54,6	3,1
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 11 von 26							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
3	Mowilith LD 167	(rein)	1	73	71	74	72	70	72	4
			2	65	66	66	69	67	66,6	4
			3	59	59	58	58	57	58,2	2
			4	65	71	68	68	66	67,6	6
			5	54	56	60	60	59	57,8	6
			6	62	62	63	61	61	61,8	2
			7	60	54	55	53	55	55,4	7
			8	68	69	68	70	71	69,2	3
			9	60	61	60	63	60	60,8	3
			10	62	65	64	67	63	64,2	5
			11	68	68	68	69	65	67,6	4
			12	68	68	68	74	74	70,4	6
			13	60	59	60	61	62	60,4	3
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						64	4,2
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 18							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
4 A	Lineco	(rein)	1	65	64	65	66	65	65	2
			2	60	60	62	61	61	60,8	2
			3	57	58	61	59	61	59,2	4
			4	63	60	64	64	61	62,4	4
			5	62	61	60	60	62	61	2
			6	61	60	62	60	61	60,8	2
			7	59	61	57	58	59	58,8	4
			8	61	62	62	61	60	61,2	2
			9	58	58	58	60	62	59,2	4
			10	59	57	58	58	58	58	2
			11	63	60	62	62	64	62,2	4
			12	60	61	60	60	59	60	2
			13	58	59	62	60	59	59,6	4
			14	59	60	57	58	58	58,4	3
			15	56	57	60	60	58	58,2	3
			16	60	59	60	61	62	60,4	3
			17	61	61	59	58	61	60	3
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						60,3	2,9
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 17 von 25							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
4 B	Lineco	Lineco + Wasser (9:1)	1	56	57	57	59	57	57,2	3
			2	52	54	52	52	54	52,8	2
			3	54	56	53	52	52	52,8	4
			4	52	53	51	50	50	51,2	3
			5	55	55	55	57	54	55,4	3
			6	51	51	51	54	48	51	6
			7	56	58	57	57	55	56,6	3
			8	49	53	54	52	51	51,8	5
			9	55	60	59	57	57	57,6	5
			10	60	59	57	60	60	59,2	3
			11	52	51	53	51	51	51,6	2
			12	51	51	52	52	49	51	3
			13	52	50	52	53	55	52,4	5
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						53,9	3,6
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 21							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
4 C*	Lineco	Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	1	80	75	71	76	79	76,2	9
			2	78	79	86	76	75	78,8	11
			3	69	68	76	76	76	73	8
			4	75	77	80	77	72	76,2	8
			5	73	72	75	64	69	70,6	11
			6	79	78	72	71	64	72,8	15
			7	81	78	78	82	72	78,2	10
			8	64	71	70	75	72	70,4	11
			9	75	81	70	78	80	76,8	11
			10	66	68	70	70	70	68,8	4
			11	71	73	69	73	71	71,4	4
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						73,9	9,3
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 11 von 21							
			* = abweichende Messung mit digitaler Mikrometermessschraube erforderlich / keine direkte Vergleichbarkeit mit Messwerten anderer Filme, da trotz ähnlicher Werte fühlbar dünner							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
4 D	Lineco	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1	52	53	53	55	54	53,4	3
			2	54	56	58	57	55	56	4
			3	56	58	59	57	58	57,6	3
			4	57	54	56	56	55	55,6	3
			5	52	51	53	53	56	53	5
			6	57	57	51	51	56	54,4	6
			7	56	58	55	58	57	56,8	3
			8	55	54	53	50	54	53,2	5
			9	52	56	58	56	54	55,2	6
			10	53	54	54	54	54	53,8	1
			11	58	59	56	56	57	57,2	3
			12	55	55	54	53	55	54,4	2
			13	53	56	57	56	58	56	5
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						55,1	3,8
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 20							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
5 A	Evacon-R	(rein)	1	57	60	59	60	57	58,6	3
			2	54	63	66	63	59	61	7
			3	60	59	57	57	59	58,4	3
			4	56	58	57	55	54	56	4
			5	59	58	58	60	55	58	5
			6	55	55	57	58	54	55,8	4
			7	56	56	56	53	56	55,2	3
			8	54	58	56	59	55	56,4	5
			9	55	55	55	57	60	56,4	5
			10	60	59	56	57	56	57,6	4
			11	60	57	56	56	54	56,6	6
			12	53	57	59	56	55	56	6
			13	57	57	58	58	60	58	3
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						57,2	4,5
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 28							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
5 B	Evacon-R	Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1	47	50	49	48	51	49	4
			2	49	49	49	48	51	49,2	3
			3	45	50	49	49	51	48,8	6
			4	49	50	55	50	53	51,4	4
			5	46	51	52	51	48	49,6	7
			6	48	50	50	50	50	49,6	2
			7	47	48	50	49	47	48,2	3
			8	52	46	52	46	49	49	6
			9	50	52	52	49	51	50,8	3
			10	51	52	48	50	49	50	4
			11	49	49	48	53	49	49,6	5
			12	54	48	52	48	51	50,6	6
			13	53	51	49	51	49	50,6	4
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						49,7	4,4
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 21							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
5 C*	Evacon-R	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	1	68	64	69	67	72	68	8
			2	71	68	70	68	67	68,8	4
			3	64	66	55	60	58	60,6	8
			4	63	64	61	57	62	61,4	7
			5	72	73	69	71	71	71,2	4
			6	73	70	68	68	69	69,6	5
			7	73	66	69	72	72	70,4	7
			8	71	77	70	73	76	73,4	7
			9	63	61	65	58	62	61,8	7
			10	65	61	59	61	64	62	6
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						66,7	6,3
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 10 von 27							
			* = abweichende Messung mit digitaler Mikrometermessschraube erforderlich / keine direkte Vergleichbarkeit mit Messwerten anderer Filme, da trotz ähnlicher Werte fühlbar dünner							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
6*	Jade 403 N	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	1	72	65	72	72	68	69,8	7
			2	77	75	75	75	77	75,8	2
			3	77	75	75	77	75	75,8	2
			4	68	66	61	61	62	63,6	7
			5	68	71	69	69	67	68,8	4
			6	61	62	65	66	65	64,4	5
			7	59	64	60	60	64	61,4	5
			8	70	65	70	68	65	67,6	5
			9	67	60	64	65	64	64	7
			10	68	67	64	66	67	66,4	4
			11	64	69	68	65	63	65,8	6
			12	75	79	75	79	78	77,2	4
			13	75	76	75	70	76	74,4	6
			14	76	77	74	75	78	76	4
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						69,4	4,9
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 14 von 21							
			* = abweichende Messung mit digitaler Mikrometermessschraube erforderlich / keine direkte Vergleichbarkeit mit Messwerten anderer Filme, da trotz ähnlicher Werte fühlbar dünner							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
7	Vinnapas DP 600	(rein)	1	57	56	58	58	59	57,6	3
			2	70	73	72	73	74	72,4	4
			3	62	60	62	61	62	61,4	2
			4	65	64	66	65	65	65	2
			5	63	62	61	63	63	62,4	2
			6	60	58	62	61	60	60,2	4
			7	61	63	61	59	58	60,4	5
			8	71	70	71	70	69	70,2	2
			9	55	59	55	59	56	56,8	4
			10	59	59	58	60	61	59,4	3
			11	58	57	57	58	57	57,4	1
			12	58	57	56	54	57	56,4	4
			13	64	65	67	66	63	65	4
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						61,9	3,0
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 26							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
8	Vinamul 8481	(rein)	1	74	73	69	69	71	71,2	5
			2	66	66	67	64	59	64,4	8
			3	68	68	68	69	69	68,4	1
			4	69	74	76	68	71	71,2	8
			5	70	72	72	72	71	71,4	2
			6	76	78	81	80	74	77,8	7
			7	66	68	68	67	64	66,6	4
			8	71	71	70	65	64	68,2	7
			9	70	72	72	73	74	72,2	2
			10	65	64	64	64	61	63,6	4
			11	70	71	72	70	72	71	2
			12	72	70	67	68	65	68,4	7
			13	65	65	62	68	65	65	6
			14	75	80	75	77	74	76,2	6
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						69,7	4,9
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 13 von 24							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
9	Beva 371 (b)	(rein)	1	52	54	56	56	55	54,6	4
			2	54	53	52	58	56	54,6	6
			3	52	55	54	55	56	54,6	4
			4	55	55	54	56	55	55	2
			5	55	59	58	59	59	58	4
			6	55	56	57	54	54	55,2	3
			7	53	55	56	56	55	55	3
			8	56	56	57	56	57	56,4	1
			9	58	58	61	58	57	58,4	4
			10	61	62	61	61	61	61,2	1
			11	61	60	60	59	62	60,4	3
			(12) 1**	57	64	60	63	57	60,2	7
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						57,0	3,5
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 11 bzw. 12 von 18							
			** = separat mit längerer Versuchsdauer geprüft							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
10	Mowilith DM 771	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1	61	65	60	58	60	60,8	7
			2	60	64	60	62	61	61,4	4
			3	58	62	63	62	60	61	5
			4	63	61	61	64	62	62,2	3
			5	55	56	59	55	60	57	5
			6	59	56	56	58	59	57,6	3
			7	58	59	59	57	61	58,8	4
			8	60	61	61	58	61	60,2	3
			9	56	63	59	57	60	59	7
			10	61	60	57	60	62	60	5
			11	63	60	59	61	56	59,8	7
			12	63	61	63	64	60	62,2	4
			13	58	60	62	61	64	61	6
			14	63	63	59	63	63	62,2	4
			15	56	57	57	58	58	57,2	2
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						60,0	4,6
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 15 von 25							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
11 A	Störleim 20%	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1)	1	69	59	61	67	58	62,8	11
			2	78	76	75	79	80	77,6	5
			3	77	76	75	74	67	73,8	10
			4	74	65	65	66	74	66,8	9
			5	66	56	49	53	57	56,2	17
			6	63	79	68	67	65	68,4	16
			7	73	74	68	64	75	70,8	11
			8	62	62	57	54	59	58,8	8
			9	77	77	68	76	76	74,8	9
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						67,8	10,6
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 9 von 18							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
11 B	Störleim 20%	Störleim 20% + Weizen-stärke (kalt) 13% (1:1)	1	80	81	64	66	80	74,2	17
			2	73	79	73	75	70	74	9
			3	74	71	83	86	72	77,2	15
			4	89	74	74	81	73	78,2	16
			5	58	56	58	51	68	58,2	17
			6	75	73	63	67	74	70,4	12
			7	67	70	45	61	69	62,4	25
			8	79	68	73	71	75	73,2	9
			9	76	68	74	78	73	73,8	10
			10	70	73	80	78	74	75	10
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						71,7	14,0
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 10 von 17							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
12*	Störleim 25%	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	1	60	60	56	63	63	60,4	7
			2	62	73	55	57	62	61,8	8
			3	61	67	57	58	58	60,2	10
			4	57	54	51	61	55	55,6	10
			5	52	62	56	61	59	58	10
			6	64	66	57	62	56	61	10
			7	60	54	55	64	54	57,4	10
			8	63	65	61	59	58	61,2	7
			9	72	69	68	73	66	69,6	7
			10	55	51	59	58	52	55	8
			11	57	67	64	66	63	63,4	10
			12	63	68	68	65	61	65	7
			13	59	60	61	60	61	60,2	2
			14	66	66	76	74	72	70,8	10
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						61,4	8,3
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 14 von 44							
			* = abweichende Messung mit digitaler Mikrometermessschraube erforderlich / keine direkte Vergleichbarkeit mit Messwerten anderer Filme, da trotz ähnlicher Werte fühlbar dünner							

Fortsetzung **A.6.1 / Tabelle III:** Filmdickenmessung

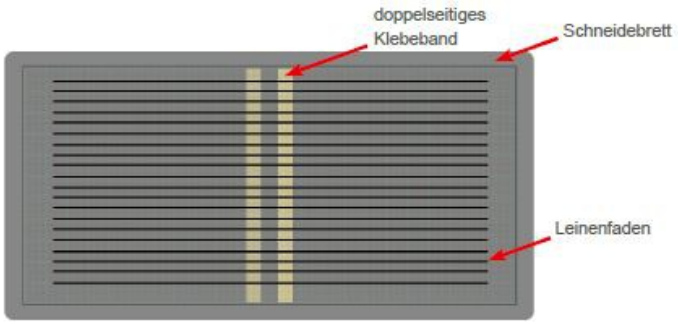
Nr.	**Klebstoff**	**Modifikation**	**Nr.**	**Messung 1** Dicke [µm]	**Messung 2** Dicke [µm]	**Messung 3** Dicke [µm]	**Messung 4** Dicke [µm]	**Messung 5** Dicke [µm]	**Mittelwert** Dicke [µm]	**Diff. Min/Max** Dicke [µm]
13	Störleim 40%	(rein)	1	53	55	51	51	49	51,8	6
			2	58	64	66	68	61	63,4	10
			3	61	58	58	55	50	56,4	11
			4	55	52	50	50	54	52,2	5
			5	56	56	55	53	54	54,8	3
			6	57	54	54	53	55	54,6	4
			7	54	55	56	54	55	54,8	2
			8	54	51	54	60	60	55,8	9
			9	58	57	55	54	55	55,8	4
			10	58	59	56	57	55	57	4
			11	55	57	55	55	52	54,8	5
			12	55	54	51	54	54	53,6	4
			13	49	53	53	53	54	52,4	5
			14	55	55	51	55	52	53,6	4
			Mittelwert aller ausgewählter Filmproben:						55,1	5,4
			Anzahl ausgewählter Filme aus den insgesamt vorbereiteten Schulterproben: 14 von 47							

A.6.1 / Tabelle IV: Anzahl hergestellter und geprüfter Filmprobekörper

Nr.	Klebstoff / -modifikation	angefertigte Probekörper	geprüfte Probekörper
1	Mowilith D 50	21	11
2 A	Mowilith DHS S1	27	13
2 B	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	20	13
2 C	Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	26	11
3	Mowilith LD 167	18	13
4 A	Lineco	25	17
4 B	Lineco + Wasser (9:1)	21	13
4 C	Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	21	11
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	20	13
5 A	Evacon-R	28	13
5 B	Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	21	13
5 C	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	27	10
6	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	21	14
7	Vinnapas DP 600	26	13
8	Vinamul 8481	24	13
9	Beva 371 (b / neu)	18	12
10	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	25	15
11 A	Störleim 20% + Weizenstärke (warm) 13% (1:1)	18	9
11 B	Störleim 20% + Weizenstärke (kalt) 13% (1:1)	17	10
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	44	14
13	Störleim 40%	47	14
Gesamtanzahl		515	265

A.6.2 Details zu den Einzelfäden

A.6.2 / Tabelle I: Vorbereitung der Einzelfadenprobekörper

Vorbereitung der Einzelfäden	
Orientierung an Vorgehensweise von u.a. BALTSCHEIT (BALTSCHEIT 2011, S. 42) sowie Berücksichtigung von DIN EN ISO 2062 (sowie DIN 53834 /-2).	
Schritt	Erläuterung
Fadenzuschnitt	Zunächst wurden mehrere exakt 200 mm lange Leinenfäden aus dem Spulengarn der Fa. TextilTrade abgeschnitten.
Fadenpositionierung auf Schneidematte	Auf einer Schneidematte wurden mittig vorbereitend zwei Streifen doppelseitiges Klebeband in 50 mm Abstand befestigt. Anschließend wurden die Fäden auf der Schneidematte in ca. 5 mm Abstand positioniert, sodass sie rechts und links ihrer exakten Mitte durch das Klebeband fixiert wurden.
 Abb. 01	Abb. 01 zeigt den schematischen Aufbau der Fadenpositionierung auf der Schneidematte (Abbildung aus: BALTSCHEIT 2011, S. 42); in der Praxis wurde sich abweichend dazu entschieden, die Klebestreifen horizontal mit der Länge der Schneidematte auszurichten, um mehr Fäden nebeneinander positionieren zu können.
Zertrennen der Fäden	Anschließend wurden die Fäden genau mittig gemäß der Skalenmarkierung der Schneidematte mittels scharfer Skalpellklinge glatt (bei je 100 mm) zertrennt. Daraufhin wurden die Fäden entsprechend der gewünschten Verklebungsmethode zur sofortigen Verklebung positioniert: Repositionierung einer Fadenhälfte zum Ausgleich der durch die Rotationsbewegung des Garns auseinander gewichenen Fadenenden für die Stoß-auf-Stoß-Verklebung bzw. Neupositionierung einer Fadenhälfte zur Erzielung einer 1 mm-Überlappung mithilfe eines untergelegten folienbeschichteten Millimeterpapiers.
Fadenverklebung	Zur Verklebung siehe unter A.7.1
Trocknung und Lagerung*	Die verklebten Fäden wurden anschließend einige Tage in dieser Position belassen, um eine ausreichende Trocknung und Aushärtung der Klebstoffe zu gewährleisten. Anschließend wurden die Fäden vorsichtig ohne Zug- oder Biegebelastung der Klebestellen losgelöst und in vorbereiteten, auf Kapaplatten eben horizontal gelagerten Folienumschlägen bis zur Prüfung weitergelagert (eine Lagerung der Fäden auf den Schneidematten bis zu Prüfung wäre vorzuziehen gewesen; dies war jedoch mangels Matten und Lagerraum nicht umsetzbar).
* = es wurde sich am Klima nach DIN EN ISO 139 orientiert; siehe hierzu auch unter A.16.	

A.6.2 / Tabelle II: Überblick zu den Einzelfadenprobekörpern

Vorbereitete Einzelfadenprobekörper			
Verklebungstechnik	SAS	Ü	Ü+V
Klebstoff	**Probekörperanzahl**		
Evacon	10	-	-
Evacon + Methocel A4C	10	-	-
Evacon + Arbocel BWW 40	10	-	-
Jade + Arbocel BWW 40	10	-	-
Lineco	15	10	10
Lineco + H_2O	10	-	-
Lineco + Methocel A4C	15	10	10
Lineco + Arbocel BWW 40	10	-	-
Mowilith D 50	10	-	-
Mowilith DHS S1	15	10	10
Mowilith DHS S1 + H_2O	10	-	-
Mowilith DHS S1 + Methocel A4C	10	-	-
Mowilith DM 771 + Methocel A4C	10	-	-
Mowilith LD 167	10	-	-
SL + WS (kaltlöslich)	15	10	10
SL + WS (warmlöslich)	15	10	10
Störleim 40%	10	-	-
SL 25% + Arbocel BWW 40	15	10	10
Vinamul 8481	10	-	-
Vinnapas DP 600	10	-	-
Probekörperanzahl	230	60	60
	350		

A.6.3 Details zu den Gewebestreifen

A.6.3 / Tabelle I: Vorbereitung der Gewebestreifenprobekörper

Vorbereitung der Gewebestreifen	
Berücksichtigung und Orientierung u.a. von / an REUBER (REUBER 2010, S. 88 f.), SCHÄFER und HOFFMANN (freundliche schriftliche Mitteilungen HOFFMANN 2009, S. 34-41, und SCHÄFER 2009, S. 59) sowie Anlehnung an DIN 13934-1 (und 13935-1).	
Schritt	Erläuterung
Gewebelagerung	Um Knicke im Testgewebe und somit ein erforderliches Glätten unter Wärmeeinwirkung zur Probekörperanfertigung zu vermeiden, wurde das Gewebe flach und gleichmäßig aufgerollt gelagert. Sofern Knicke vorhanden, wurden diese Gewebe-abschnitte ggf. vorbereitend unter (kaltem) Pressdruck gelagert.
Streifenzuschnitt	Es wurden lediglich Gewebeabschnitte mit 200 mm Abstand zur Webkante zur Streifenherstellung verwendet. Die Streifen wurden fadengerade mit vertikal längs durchlaufendem Schuss aus dem Gewebe (ungewaschenen o.ä.) herausgeschnitten: Abweichend von den entsprechend übertragbaren Normen wurde sich mit einer effektiven Breite von 12,5 mm (≙ 12 Fäden) exklusive Fransen für ein Viertel der Gesamtbreite der letztlich zu prüfenden Fäden gemäß Norm entschieden, um den Verklebungsaufwand bewältigen zu können. Die herausgeschnittene Gesamtbreite betrug somit plus seitlich je 5 mm ≙ 5 zu ziehende Schussfäden Fransenbereich 22,5 mm ≙ 22 Fäden; die Streifenlänge betrug 300 mm (bei einer ursprünglich geplanten Einspannlänge von 200 mm*). Um die Tendenz des Maßstabseffekts betrachten zu können, wurden zudem Gewebestreifen doppelter Breite von 25 mm ≙24 Fäden plus seitlich je 5 mm ≙ 5 zu ziehender Fäden Fransenbereich, d.h. von einer herauszuschneidenden Gesamtbreite von 35 mm ≙ 34 Fäden hergestellt. Die erforderliche Streifenbreite wurde jeweils anhand der Schussfadenanzahl abgezählt statt mittels Millimetermaß abgemessen.
	* = Die Streifenbreite wurde jedoch letztlich zu Gunsten des Vergleichs mit den anderen Proben auf 100 mm herabgesetzt, sodass bei einer Backenbreite von 2 x 50 mm eine Streifengesamtlänge von 200 mm ausreichend gewesen wäre. Auf einen Überstand aus den Klemmbacken sollte ursprünglich auf Grund des nicht realisierbaren Überstands in den Biaxialversuchen aus Vergleichsgründen verzichtet werden.
Ausfransen der Gewebestreifen	Nach dem Zuschnitt wurden die Gewebestreifen seitlich je um die fünf vorgesehenen Schussfäden ausgefranst (von einem unausgefransten „Nahtbereich“ nach DIN 13935-1 wurde zur Vereinheitlichung der Probe abgesehen).
Streifenmarkierung	Mittels wasserfestem Filzschreiber und Millimetermaß wurden feine Markierungen der oberen Einspannkante (ursprünglich bei 50 mm vom oberen Ende, später auf 100 mm heraufgesetzt) sowie der später zu zertrennenden Streifenmitte gesetzt. Des weiteren wurden die Streifen durchgehend nummeriert.

Fortsetzung **A.6.3 / Tabelle I:** Vorbereitung der Gewebestreifenprobekörper

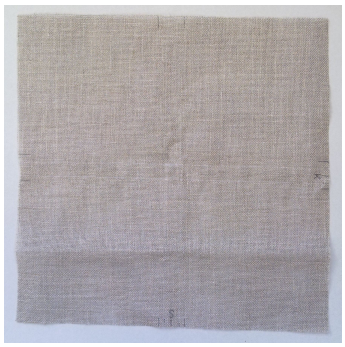
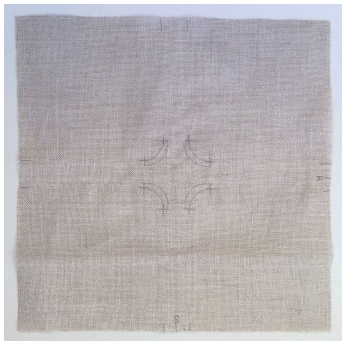
Vorbereitung der Gewebestreifen	
Schritt	Erläuterung
Streifenpositionierung auf der Schneidematte	Auf einer Schneidematte wurden vorbereitend zwei Streifen doppelseitiges Klebeband in 50 mm Abstand befestigt. Anschließend wurden die Gewebestreifen längs auf der Schneidematte in ca. 5 mm Abstand positioniert, sodass sie rechts und links ihrer Mitte durch das Klebeband fixiert wurden; vgl. auch in A.6.2 / Tabelle I, Abb. 01.
Zertrennen der Streifen	Vor dem Zertrennen wurde im Falle einer gewünschten überlappenden oder überlappend-vermengten Verklebung zunächst der mittlere Kettfaden an der markierten Streifenmitte zur Erzielung einer Überlappung gezogen. Vor dem Zertrennen wurden bereits Verklebungsgewichte auf den Streifen aufgesetzt, um eine sichere Positionierung zu gewährleisten (das Zertrennen fand zudem erst unmittelbar vor der Verklebung statt; siehe daher auch unter A.7.1). Anschließend wurden die Gewebestreifen genau mittig gemäß ihrer Markierung fadengerade entlang der Kette mittels scharfer Skalpellklinge im Schuss glatt zertrennt. Daraufhin konnten die Streifen entsprechend einer gewünschten Überlappung positioniert werden: Ablösen und Neupositionierung einer Streifenhälfte zur Erzielung einer 1 mm-Überlappung mithilfe eines untergelegten folienbeschichteten Millimeterpapieres; eine Repositionierung einer Streifenhälfte bei gewünschter Stoß-auf-Stoß-Verklebung (vgl. A.6.2) entfiel.
Einzelfadenverklebung	Zur Verklebung siehe unter A.7.1.
Trocknung und Lagerung* * = es wurde sich am Klima nach DIN EN ISO 139 orientiert; siehe hierzu auch unter A.16	Die verklebten Streifen wurden anschließend einige Tage nach der Verklebung in dieser auf den Schneidematten fixierten Position belassen, um eine ausreichende Trocknung und Aushärtung der Klebstoffe zu gewährleisten. Anschließend wurden die Streifen vorsichtig ohne Zug- oder Biegebelastung der Klebestellen losgelöst und in vorbereiteten, auf Kapaplatten eben horizontal gelagerten Folienumschlägen bis zur Prüfung weiter gelagert (eine Lagerung der verklebten Gewebestreifen auf den Schneidematten bis zu Prüfung wäre vorzuziehen gewesen; dies war jedoch mangels Schneidematten und Lagerraum nicht umsetzbar).
 Abb. 01	Abb. 01 zeigt einen Abschnitt eines vorbereiteten, exklusive seitlichen Fransen 12,5 mm breiten Gewebestreifens mit horizontal in der Länge durchlaufendem Schuss und kurzen, ausgefransten Kettfäden vertikal.

A.6.3 / Tabelle II: Überblick zu den Gewebestreifenprobekörpern

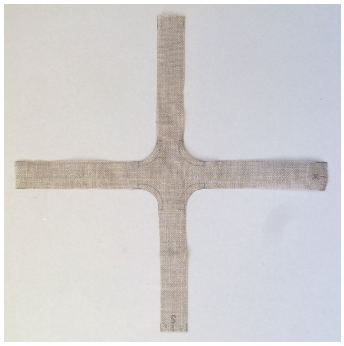
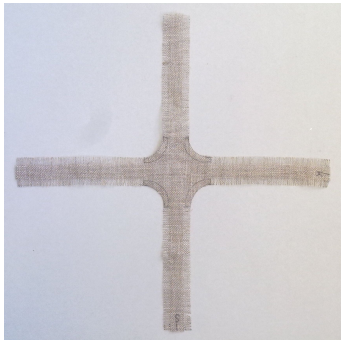
Vorbereitete Gewebestreifenprobekörper			
Nullproben	Streifenbreite [mm]		Nr.
Gewebestreifen	12,5		1-10
Gewebestreifen	25		1-10
Gewebestreifen (LE 200 mm)	25		-
Klebstoff	Streifenbreite [mm]	Klebetechnik	Nr.
Lineco	12,5	SAS	11-20
	25	SAS	11-20
	12,5	SAS + B	21-30
	12,5	Ü	31-40
	12,5	Ü + V	41-50
SL + WS (warm)	12,5	SAS	51-60
	25	SAS	21-30
	12,5	SAS + B	61-70
	12,5	Ü	71-80
	12,5	Ü + V	81-90
Lineco + Methocel	12,5	SAS	91-95
Mowilith DHS S1	12,5	SAS	96-100
SL + Arbocel	12,5	SAS	101-105
SL + WS (kalt)	12,5	SAS	106-110

A.6.4 Details zu den Gewebekreuzproben

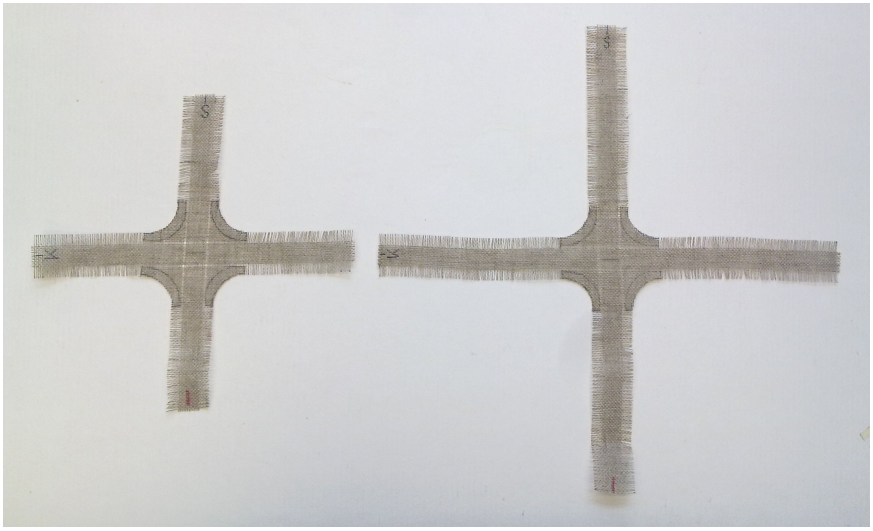
A.6.4 / Tabelle I: Vorbereitung der Gewebekreuzprobekörper

<table>
<tr><th colspan="3">Vorbereitung der Kreuzproben</th></tr>
<tr><td colspan="3">Anlehnung an / Modifikation von (JIS) MSAJ / M-02 1995 und DIN 13934-1.</td></tr>
<tr><td>Schritt</td><td colspan="2">Erläuterung</td></tr>
<tr><td>Gewebelagerung</td><td colspan="2">Um Knicke im Testgewebe und somit ein erforderliches Glätten unter Wärmeeinwirkung zur Probekörperanfertigung zu vermeiden, wurde das Gewebe flach und gleichmäßig aufgerollt gelagert. Sofern Knicke vorhanden, wurden diese Gewebe-abschnitte ggf. vorbereitend unter (kaltem) Pressdruck gelagert.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Zuschnitt von Gewebestücken</td><td>Zunächst wurden fadengerade quadratische Gewebestücke von 200 x 200 in mm bzw. 300 x 300 in mm Größe zugeschnitten (für eine spätere Kreuzprobenlänge von 200 bzw. 300 mm).
Hierzu wurden lediglich Gewebeabschnitte mit 200 mm Abstand zur Webkante verwendet. Das Gewebe wurde zuvor nicht gewaschen, dekatiert o.ä.</td><td> 
Abb. 01</td></tr>
<tr><td colspan="2">Entsprechend der Entnahme aus dem Gewebe (Webkanten-verlauf) wurden sofort nach Zuschnitt Kette und Schuss auf den vier Seitenrändermitten der Stücken markiert (Abb. 01).</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Markierung zum Kreuzprobenzuschnitt</td><td>Es sollte gemäß der hergestellten Gewebestreifen-probekörper (vgl. A.6.3) eine Schenkelbreite von je ca. 12,5 mm ≙ 12 Fäden exklusive Fransen bzw. inklusive seitlich je ca. 5 mm ≙ 5 zu ziehende Schussfäden Fransenbereich mit einer Gesamtbreite von ca. 22,5 mm ≙ 22 Fäden vorbereitet werden:</td><td> 
Abb. 02</td></tr>
<tr><td colspan="2">Hierzu wurden die Mitten der vier Gewebequadrateseiten markiert und an diesen je 12 Fäden plus seitlich nochmals je 5 Fäden mittels wasserfestem Filzschreiber markiert. Anschließend wurden in Kett- und Schussrichtung die zwei links und rechts unmittelbar an die 12 Fäden späterer Schenkelbreite grenzenden Fäden gezogen, um eine fadengerade Ausrichtung der mittigen Probekörpermarkierung zu ermöglichen (Abb. 02).</td></tr>
</table>

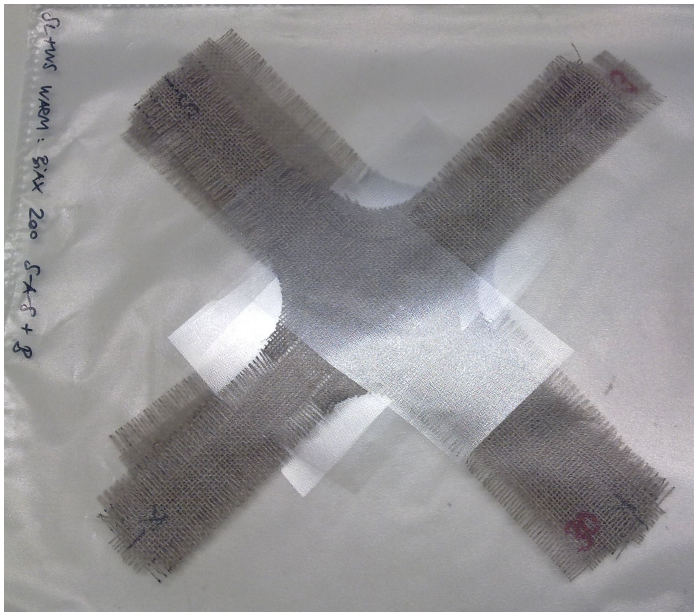
Fortsetzung **A.6.4 / Tabelle I:** Vorbereitung der Gewebekreuzprobekörper

Vorbereitung der Kreuzproben		
Schritt	Erläuterung	
Fortsetzung: Markierung zum Kreuzprobenzuschnitt	Mittels durchsichtiger Kunststoff-Kreisschablone (r = 19 mm)* wurden nun die Eckrundungen in Probenmitte angetragen: Hierzu wurden in gleichbleibender Fadenanzahl (22 Fäden) Abstand zum Rand des durch das Ziehen der Fäden entstandenen Mittelquadrats (12 x 12 Fäden) Bleistift-markierungen als Anlegepunkte der Schablone in den Ecken der Kreuzproben angebracht. * = Maßgabe LTM / Uni Saarland	
	Von diesen Markierungen wurden nochmals die 5 aus-zufransenden Fäden links und rechts der Streifenbreite abgezählt und dort ebenfalls eine Markierung angebracht. Anschließend wurde die Kreisschablone 2 x je Ecke an den je 2 Markierungspunkten angelegt, um die Eck-rundungen mittels Bleistift anzutragen (Abb. 03).	 Abb. 03
Kreuzprobenzuschnitt	Ausgehend von den angetragenen äußersten Seitenbegrenzungen der Streifenbreite wurden nun die Kreuzprobenschenkel faden-gerade bis zur Markierung der Rundungspunkte sowie ab dort der äußeren Rundungs-markierung folgend zugeschnitten (Abb. 04).	 Abb. 04
Ausfransen der Gewebekreuzproben	Nach dem Zuschnitt der Kreuzproben wurden die Schenkel an den 8 Punkten der mittigen Eckrundungs-markierung (vgl. Abb. 03) die verbleibenden 4 auszu-fransenden Fäden weit seitlich eingeschnitten und anschließend alle vier Schenkel rechts und links bis zum Mittelbereich durch Ziehen der Fäden ausgefranst.	 Abb. 05
Kreuzprobenmarkierung	Mittels wasserfestem Filzschreiber wurden die Kreuzproben nun fortlaufend nummeriert.	

Fortsetzung **A.6.4 / Tabelle I:** Vorbereitung der Gewebekreuzprobekörper

Vorbereitung der Kreuzproben	
 Abb. 06	Abb.06 zeigt exemplarisch zwei vorbereitete Gewebekreuzproben von 200 mm (links) und 300 mm (rechts) Länge.
Schritt	Erläuterung
Probenpositionierung auf der Schneidematte	Auf einer Schneidematte wurden vorbereitend zwei Streifen doppelseitiges Klebeband in 50 mm Abstand befestigt. Anschließend wurden die Gewebekreuzproben in Schussrichtung quer über den Klebestreifen ausgerichtet, sodass sie rechts und links ihrer Mitte durch das Klebeband fixiert wurden; vgl. auch A.6.2 / Tabelle I, Abb. 01.
Setzen des Schnitts	Vor dem Zertrennen der durchlaufenden 12 Schussfäden wurden bereits Verklebungsgewichte auf die Kreuzproben aufgesetzt, um eine sichere Positionierung zu gewährleisten (das Zertrennen fand zudem erst unmittelbar vor der Verklebung statt; siehe daher auch unter A.7.1). Anschließend wurden die 12 durchlaufenden Schussfäden der Kreuzproben genau mittig gemäß Markierung im Mittelfeld fadengerade entlang der Kette mittels scharfer Skalpellklinge glatt zertrennt. Auf diese Weise sind nur Verklebungen in Stoß-auf-Stoß-Technik mit und ohne Fadenbrücken möglich (SAS / SAS+B), da keine Fadenüberlappung erzielt werden kann. Gleichzeitig wird auf diese Weise gewährleistet, dass bei der Prüfung immer nur an so vielen Fäden in Schussrichtung gezogen wird, wie verklebt (keine Durchmischung intakter / verklebter Fäden).
Einzelfadenverklebung	Zur Verklebung siehe unter A.7.1.
Trocknung und Lagerung* * = es wurde sich am Klima nach DIN EN ISO 139 orientiert; siehe hierzu auch unter A.16.	Die verklebten Streifen wurden anschließend 1-2 Tage nach der Verklebung in dieser auf den Schneidematten fixierten Position belassen, um eine ausreichende Trocknung und Aushärtung der Klebstoffe zu gewährleisten. Anschließend wurden die Proben vorsichtig ohne Zug- oder Biegebelastung der Klebestellen losgelöst und in vorbereiteten, auf Kapaplatten eben horizontal gelagerten Folienumschlägen bis zur Prüfung weiter gelagert:

Fortsetzung **A.6.4 / Tabelle I:** Vorbereitung der Gewebekreuzprobekörper

Vorbereitung der Kreuzproben	
 Abb. 07	Hierbei wurden kleine Hostaphanfolienstücke zwischen den Klebestellen der Kreuzproben positioniert. Eine Lagerung der verklebten Gewebestreifen auf den Schneidematten bis zu Prüfung wäre vorzuziehen gewesen; dies war jedoch mangels Schneidematten und Lagerraum nicht umsetzbar.
	Abb. 07 zeigt einige übereinander mit Hostaphanfolien-Zwischenlage gelagerte, vorbereitete Kreuzproben auf dem zugehörigen beschrifteten Folienumschlag mit unterliegender Destabilisierungspolitik.

A.6.4 / Tabelle II: Überblick zu den Gewebekreuzprobekörpern

Vorbereitete Gewebekreuzprobekörper			
Nullproben	Streifenlänge [mm]		Nr.
Kreuzprobe (äquibiaxial)	200		1-6
Kreuzprobe (äquibiaxial)	300		1-6
Kreuzproben (uniaxial + orthogonal fixiert)	200		A-E
Klebstoff	Streifenlänge [mm]	Klebetechnik	Nr.
Lineco	200	SAS	7-12
	300		7-12
	200	SAS + B	13-18
SL + WS (warm)	200	SAS	19-24
	200	SAS + B	25-30

A.6.5 Details zu den Berstdruckproben

A.6.5 / Tabelle I: Vorbereitung der Berstdruckprobekörper

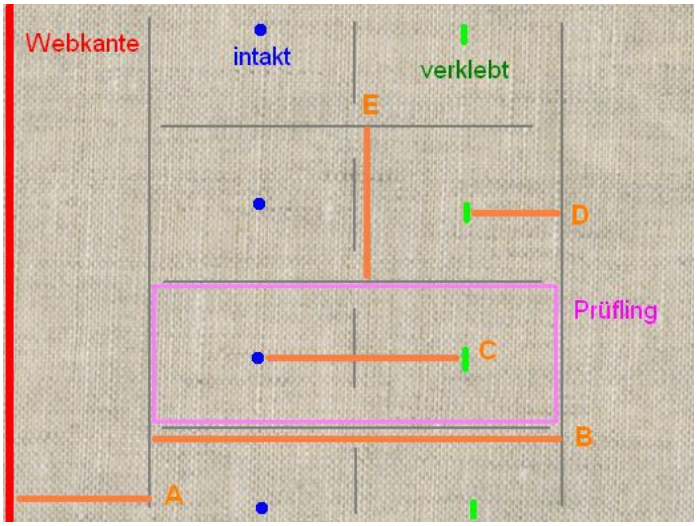
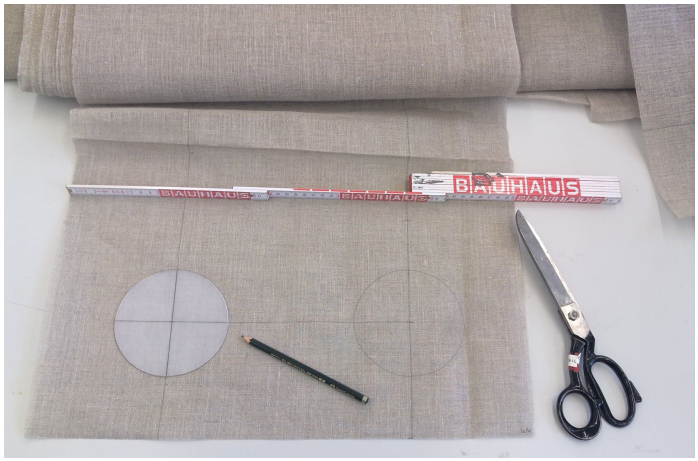
<table>
<tr><th colspan="2">Vorbereitung der Berstdruckproben</th></tr>
<tr><td colspan="2">Orientierung an DIN 13938-2
sowie Absprachen mit Frau Dipl.-Ing. Bettina Bieber (STFI / Chemnitz).</td></tr>
<tr><td>Schritt</td><td>Erläuterung</td></tr>
<tr><td>Gewebelagerung</td><td>Um Knicke im Testgewebe und somit ein erforderliches Glätten unter Wärmeeinwirkung zur Probekörperanfertigung zu vermeiden, wurde das Gewebe flach und gleichmäßig aufgerollt gelagert. Sofern Knicke vorhanden, wurden diese Gewebeabschnitte ggf. vorbereitend unter (kaltem) Pressdruck gelagert.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Zuschnitt der Berstdruckproben</td><td>Da die Randbereiche nahe der Webkanten andere physikalische Eigenschaften als das übrige Gewebe aufweisen, sollten die Prüfflächen erst mind. 200 mm von diesen entfernt beginnen. Des weiteren ist ein Abstand von mind. 400 mm zwischen den einzelnen Verklebungen im Falle eines Probekörpers mit mehreren Probeflächen empfehlenswert. Bestenfalls würde der Streifen zur Anfertigung mehrerer Prüf- bzw. Klebestellen auf einem Stück diagonal aus dem Gewebe genommen, um immer andere Kett- und Schussfäden zu prüfen (freundliche mündliche Mitteilung von Frau Dipl.-Ing. Bettina Bieber / STFI Chemnitz, Telefonat vom 5.03.2013).
Um Material zu sparen sowie immer die identischen Schussfäden mit und ohne Klebestellen gegenüberstellend betrachten zu können wurde sich in Absprache mit Frau Dipl.-Ing. Bettina Bieber (STFI / Chemnitz) für folgendes Entnahme- bzw. Zuschnittschema entschieden:</td></tr>
<tr><td> 

Abb. 01</td></tr>
<tr><td>Der pink markierte Bereich in Abb. 01 gibt die Lage des fadengerade aus dem Gewebe geschnittenen Probekörpers an.</td></tr>
</table>

Fortsetzung **A.6.5 / Tabelle I:** Vorbereitung der Berstdruckprobekörper

Vorbereitung der Berstdruckproben	
Schritt	Erläuterung
Fortsetzung: Zuschnitt der Berstdruckproben	Auf diese Weise wurden Gewebestücke mit einer Höhe von 240 mm in Kettrichtung (Strecke E) und einer Gesamtbreite von 2 x 250 mm (Strecke B) in Schussrichtung im Abstand von 200 mm zur Webkante (Strecke A) entnommen und zugeschnitten (vgl. Abb. 01). Das Gewebe wurde zuvor nicht gewaschen, dekatiert o.ä.
Probenmarkierung	Anschließend wurden mittels Bleistift die zwei nebeneinander liegenden Probeflächen auf den Probekörpern markiert: Hierzu wurden in 125 mm Abstand zu den Seitenrändern (Strecke D) jeweils zwei fadengerade Linien mit einem Abstand von 250 mm (Strecke C) in Kettrichtung markiert. Daraufhin wurden die Mitten der angetragenen „Kett-Strecken“ markiert und anschließend horizontal der Schussrichtung folgend (entsprechend Strecke C) fadengerade miteinander verbunden (vgl. Abb. 01 für Strecken sowie Abb. 02).
	 Abb. 02
	Mittels durchsichtiger Kunststoff-Kreisschablone (d = 116 mm entsprechend Außenwandungen der Prüfglocke bei 79,8 mm Durchmesser der Prüffläche von 50 cm²) wurde nun die Kreisfläche zum zentrierten Aufsetzen der Prüfglocke angetragen: Hierzu wurde das Mittelkreuz der Kreisschablone an den angetragenen Linien des Gewebes ausgerichtet und anschließend der Kreis mittels Bleistift markiert (Abb. 02).
Probenpositionierung auf der Schneidematte	Auf einer Schneidematte wurden vorbereitend zwei Streifen doppelseitiges Klebeband in 50 mm Abstand befestigt. Anschließend wurden die zu verklebenden Prüfhälften der vorbereiteten Berstdruckproben mit quer über die Klebestreifen laufendem Schuss so ausgerichtet, dass sich die jeweilige Markierung der Kettrichtung genau mittig zwischen den zwei Klebestreifen befand.

Fortsetzung **A.6.5 / Tabelle I:** Vorbereitung der Berstdruckprobekörper

Vorbereitung der Berstdruckproben	
Schritt	Erläuterung
Setzen des Schnitts	Vor dem Zertrennen der 12 Schussfäden der späteren Klebestelle wurden bereits Verklebungsgewichte auf die Kreuzproben aufgesetzt, um eine sichere Positionierung zu gewährleisten (das Zertrennen fand zudem erst unmittelbar vor der Verklebung statt; siehe daher auch unter A.7.1). Anschließend wurden genau mittig an dem Kreuzungspunkt der Kett- und Schussfadenmarkierung im Kreiszentrum liegende 12 Schussfäden fadengerade entlang der Kette mittels scharfer Skalpellklinge glatt zertrennt. Auf diese Weise sind nur Verklebungen in Stoß-auf-Stoß-Technik mit und ohne Fadenbrücken möglich (SAS / SAS+B), da keine Fadenüberlappung erzielt werden kann. Anders als bei den Streifen- und Kreuzproben wird jedoch auch intaktes Fadenmaterial neben der Klebung bei der Prüfung belastet.
Einzelfadenverklebung	Zur Verklebung siehe unter A.7.1
Trocknung und Lagerung*	Die verklebten Berstdruckproben wurden anschließend 1-2 Tage nach der Verklebung in dieser auf den Schneidematten fixierten Position belassen, um eine ausreichende Trocknung und Aushärtung der Klebstoffe zu gewährleisten. Anschließend wurden die Proben vorsichtig ohne Zug- oder Biegebelastung der Klebestellen losgelöst und mit zwischen den Klebestellen positionierten Hostaphanfolienstücken auf Kapaplatten eben horizontal bis zur Prüfung weiter gelagert.
* = es wurde sich am Klima nach DIN EN ISO 139 orientiert; siehe hierzu auch unter A.16.	

A.6.5 / Tabelle II: Überblick zu den Berstdruckprobekörpern

Vorbereitete Berstdruckprobekörper			
Nr.	Hälfte	Klebstoff	Klebetechnik
1-10	A	[Nullproben]	-
	B	Lineco	SAS
11-20	A	[Nullproben]	-
	B	Lineco	SAS + B
21-30	A	[Nullproben]	-
	B	SL + WS (warm)	SAS
31-40	A	[Nullproben]	-
	B	SL + WS (warm)	SAS + B

A.7 Verklebungsprotokolle

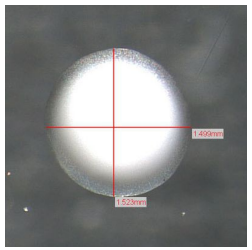
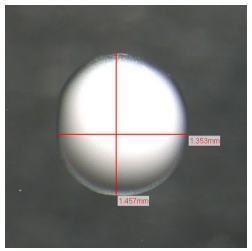
Unter den nachfolgenden Punkten werden die Durchführungen der Einzelfadenverklebungen detailliert dargestellt:

A.7.1 Verklebungsleitfaden

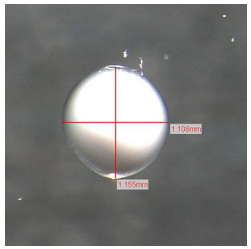
A.7.1 / Tabelle I: Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen	
Klebstoffmenge	Es wurde sich anhand von Vortests für eine Klebstoffmenge von 2 x 0,3 = 0,6 µl je einzeln verklebtem Faden entschieden: BALTSCHEIT begann mit 0,8 µl (vgl. auch nachfolgende Abb. 20), womit jedoch ein starker Klebstoffüberschuss bei der Stoß-auf-Stoß-Verklebung bestand, und reduzierte daher die Klebstoffmenge. Mittels Klebstoffverdünnungen konnte BALTSCHEIT mit lediglich 0,3 µl eine ausreichende Benetzung der Fadenenden zu Stoß-auf-Stoß-Verklebung erzielen (vgl. BALTSCHEIT 2011, S. 41-60). Eigene Versuche ergaben jedoch, dass 0,3 µl nicht ausreichen, um mit allen ausgewählten Klebstoffen in der vorliegenden (zumeist unverdünnten) Modifikation in allen Techniken ausreichende Benetzungen der Fadenenden zu erzielen; so war speziell bei der überlappend-vermengten Verklebung mittels höherviskoser Klebstoffe eine besonders große Klebstoffmenge erforderlich. Da jedoch bei allen Verklebungen zwecks Vergleichbarkeit die gleiche Klebstoffmenge appliziert werden sollte, wurde sich für vermittelnde **0,6 µl Klebstoffmenge** entschieden.
Erfordernis der Tropfengrößen-ermittlung	Da mittels Pipette jeweils nur ein Tropfen definierter Menge aufgenommen und abgegeben werden kann, sollte zur Vereinfachung der Verklebungen ein Dosiergerät mit Kartuschen-Klebstoffreservoir zur Erzielung von Klebstofftropfen feinster Größe genutzt werden; das genutzte Dosiergerät verfügt jedoch über keine einstellbare Mengenabgabe. Zur Nutzung des Dosiergeräts wurden daher zunächst die Tropfengrößen von 0,3 µl je Klebstoff zwecks späteren Abgleichs erfasst. Hierzu wurde eine Glasplatte mittels Ethanol und Aceton entfettet und anschließend mehrere Tropfen von 0,3 µl je Klebstoff mittels Feinpipette (Transferpette S / 0,1-1 µl) aufpipettiert. Hierbei wurde der Knopf der Pipette komplett eingedrückt, dann die Spitze in den Klebstoff eingetaucht und der Knopf langsam gelöst, anschließend nach 2 Sekunden (Zählen: 21, 22) die Spitze wieder herausgenommen und an einem Vliestuch abgestreift; die Abgabe des aufgenommenen Tropfens erfolgte daraufhin in steilem Winkel auf der Glasplatte. Die Tropfendurchmesser wurden mittels Kamera und Software am Mikroskop ausgemessen (vgl. A.17 / Tabelle II).

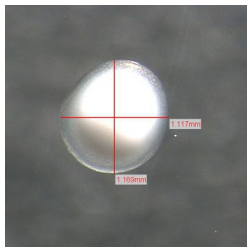
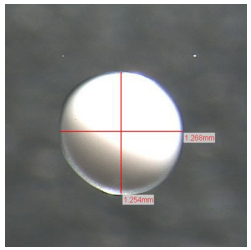
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Mowilith D 50	1,659	1,376	8,517 : 6 = 1,4195 ca. 1,42	8,418 : 6 = 1,403 ca. 1,40	28225:2= 1,41125 ca. 1,41	 Abb. 01	-
	1,442	1,541					
	1,499	1,523					
	1,292	1,315					
	1,329	1,348					
	1,296	1,315					
Mowilith D 50 + Wasser (19:1)	1,362	1,400	9,517 : 7 = 1,35957714 ca. 1,36	9,447 : 7 = 1,3495714 ca. 1,35	2,7091485 :2 = 1,3545742 ca. 1,36	 Abb. 02	Nicht angewandt, lediglich Vergleichswert; basierend auf Verdünnung nach REUBER 2010, S. 67.
	1,329	1,405					
	1,287	1,244					
	1,348	1,320					
	1,287	1,235					
	1,551	1,386					
	1,353	1,457					
Mowilith DHS S1	(nicht pipettierbar)						Da 0,3 µl-Tropfen nicht pipettierbar, wurde sich an der Tropfengröße von Lineco orientiert (ähnlichste Viskosität)

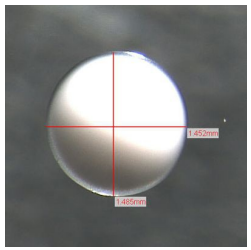
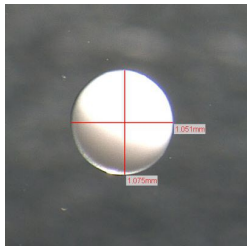
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	(nicht pipettierbar)						Da 0,3 µl-Tropfen nicht pipettierbar, wurde sich an der Tropfengröße von Lineco + Methocel A4C orientiert (ähnlichste Viskosität)
Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	1,268	1,178	9,49 : 8 = 1,18625 ca. 1,19	9,287 : 9 = 1,160875 ca. 1,16	2,347125 : 2 = 1,1735635 ca. 1,17	 Abb. 03	-
	1,226	1,193					
	1,131	1,075					
	1,023	1,037					
	1,268	1,268					
	1,108	1,155					
	1,141	1,207					
	1,325	1,174					
Mowilith LD 167	(nicht pipettierbar)						Da 0,3 µl-Tropfen nicht pipettierbar, wurde sich an der Tropfengröße von Lineco orientiert (ähnlichste Viskosität)

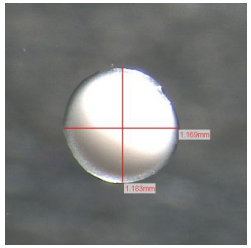
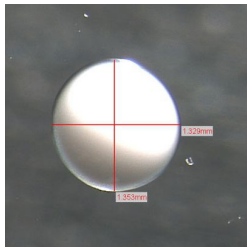
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Mowilith LD 167 + Wasser (7:1)	1,320	1,230	11,846 : 10 = 1,1846 ca. 1,19	11,69 : 10 = 1,169 ca. 1,12	2,3536 : 2 = 1,1768 ca. 1,18	 Abb. 04	Nicht angewandt, lediglich Vergleichswert; basierend auf Verdünnung nach REUBER 2010, S. 66.
	1,117	1,155					
	1,117	1,169					
	1,056	1,197					
	1,042	1,004					
	1,207	1,145					
	1,183	1,174					
	1,358	1,282					
	1,249	1,174					
	1,197	1,160					
Lineco	1,127	1,117	12,576 : 10 = 1,2576 ca. 1,23	12,714 : 10 = 1,2714 ca. 1,27	2,529 : 2 = 1,2645 ca. 1,27	 Abb. 05	-
	1,211	1,287					
	1,325	1,273					
	1,117	1,127					
	1,329	1,315					
	1,273	1,329					
	1,268	1,254					
	1,381	1,391					
	1,235	1,296					
	1,310	1,325					

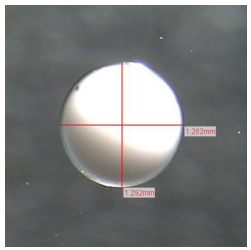
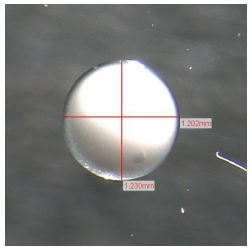
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Lineco +Wasser (9:1)	1,409	1,494	14,367 : 10 = 1,4367 ca. 1,44	14,537 : 10 = 1,4537 ca. 1,45	2,8904 : 2 = 1,4452 ca. 1,45	 Abb. 06	-
	1,329	1,362					
	1,358	1,358					
	1,673	1,612					
	1,499	1,414					
	1,362	1,419					
	1,428	1,504					
	1,452	1,485					
	1,391	1,381					
	1,466	1,508					
Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	1,183	1,188	10,85 : 10 = 1,085 ca. 1,09	10,808 : 10 = 1,0808 ca. 1,08	2,1658 : 2 = 1,0829 ca. 1,08	 Abb. 07	-
	1,051	1,075					
	1,070	1,089					
	1,197	1,249					
	1,141	1,112					
	1,108	1,112					
	1,079	1,075					
	0,933	0,933					
	0,872	0,900					
	1,216	1,075					

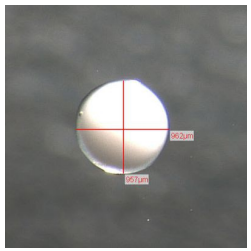
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1,193	1,174	11,691 : 10 = 1,1691 ca. 1,17	11,677 : 10 = 1,1677 ca. 1,17	2,3368 : 2 = 1,1684 ca. 1,17	 Abb. 08	-
	1,061	1,061					
	1,122	1,150					
	1,122	1,164					
	1,169	1,183					
	1,277	1,207					
	1,103	1,122					
	1,235	1,188					
	1,051	1,108					
	1,358	1,320					
Evacon-R	1,367	1,381	13,231:10= 1,3231 ca. 1,32	13,424:10= 1,3424 ca. 1,34	2,6655 : 2= 1,33275 ca. 1,33	 Abb. 09	-
	1,254	1,320					
	1,348	1,395					
	1,386	1,395					
	1,112	1,112					
	1,287	1,277					
	1,329	1,353					
	1,320	1,292					
	1,376	1,551					
	1,452	1,348					

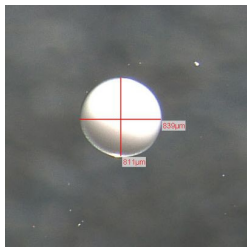
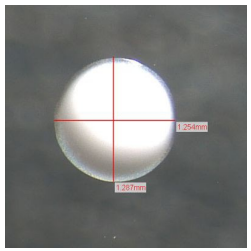
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1,282	1,292	12,977 : 10 = 1,2977 ca. 1,30	12,87 : 10 = 1,287 ca. 1,29	2,5847 : 2 = 1,29235 ca. 1,29	 Abb. 10	-
	1,367	1,391					
	1,339	1,348					
	1,301	1,315					
	1,395	1,409					
	1,292	1,141					
	1,277	1,193					
	1,287	1,339					
	1,287	1,155					
	1,150	1,287					
Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	1,164	1,150	12,727 : 10 = 1,2727 ca. 1,27	12,65 : 10 = 1,265 ca. 1,27	2,5377 : 2 = 1,26885 ca. 1,27	 Abb. 11	-
	1,207	1,131					
	1,164	1,065					
	1,174	1,230					
	1,428	1,320					
	1,400	1,376					
	1,376	1,499					
	1,202	1,230					
	1,325	1,263					
	1,287	1,386					

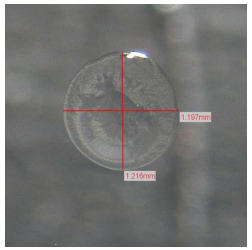
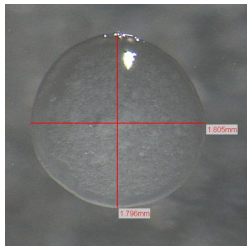
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Jade 403 N	(nicht pipettiert)						Vergleichswert nicht erhoben.
Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	0,995	0,976	9,49 : 9 = 1,0544444 ca. 1,05	9,329 : 9 = 1,0365555 ca. 1,04	2,0909999 : 2 = 1,0454999 ca. 1,05	 Abb. 12	-
	0,900	0,919					
	1,263	1,226					
	0,962	0,957					
	0,995	0,995					
	1,103	1,032					
	1,141	1,094					
	1,155	1,131					
	0,976	0,999					
Vinnapas DP 600	(nicht pipettierbar)						Da 0,3 µl-Tropfen nicht pipettierbar, wurde sich an der Tropfengröße von Lineco orientiert (ähnlichste Viskosität)

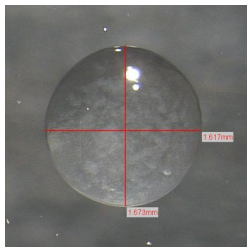
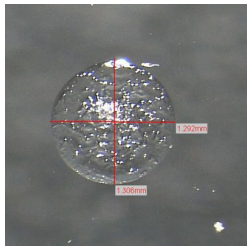
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Vinnapas DP 600 + Wasser (7:1)	0,839	0,811	10,054 : 10 = 1,0054 ca. 1,00	8,925 : 10 = 0,8925 ca. 0,89	1,8979 : 2 = 0,94895 ca. 0,95	 Abb. 13	Nicht angewandt, lediglich Vergleichswert; in Anlehnung an Verdünnung von ebenfalls sehr hochviskosem Mowilith LD 167 nach REUBER 2010, S. 66.
	1,136	0,943					
	1,051	0,836					
	0,820	0,853					
	1,292	0,995					
	0,839	0,881					
	1,046	0,877					
	1,051	1,046					
	0,858	0,712					
	1,122	0,971					
Vinamul 8481	1,277	1,230	13,675 : 11 = 1,2431818 ca. 1,24	13,712 : 11 = 1,2465454 ca. 1,5	2,4897272 : 2 = 1,2448636 ca. 1,25	 Abb. 14	-
	1,226	1,296					
	1,160	1,221					
	1,306	1,395					
	1,254	1,287					
	1,070	1,037					
	1,197	1,207					
	1,282	1,226					
	1,386	1,334					
	1,240	1,202					
	1,277	1,277					

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Mowilith DM 771	(nicht pipettiert)						Vergleichswert nicht erhoben.
Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1,295	1,178	11,452 : 10= 1,1452 ca. 1,15	11,228 : 10 = 1,1228 ca. 1,12	2,268 : 2 = 1,134 ca. 1,13	 Abb. 15	-
	1,197	1,216					
	1,268	1,188					
	1,032	1,127					
	1,325	1,193					
	1,112	1,051					
	0,999	1,094					
	1,065	1,079					
	1,009	1,051					
	1,150	1,051					
Störleim 20% + Weizenstärke (warm) 13% (1:1)	1,721	1,735	15,934 : 9 = 1,7704444 ca. 1,77	16,4 : 9 = 1,8222222 ca. 1,82	3,5926666 : 2 = 1,7963333 ca. 1,80	 Abb. 16	-
	1,739	1,820					
	1,805	1,796					
	1,820	1,763					
	1,763	2,036					
	1,768	1,928					
	1,848	1,739					
	1,754	1,815					
	1,716	1,768					

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

Ermittlung der Klebstofftropfengrößen							
Klebstoff	Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]		Tropfendurchmesser Ø [mm]			Exemplarische Tropfenabbildung	Anmerkungen
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	gemittelt		
Störleim 20% + Weizenstärke (kalt) 13% (1:1)	1,617	1,673	16,735 :10 = 1,6735 ca. 1,67	16,753 : 10 = 1,6753 ca. 1,68	3,3488 : 2 = 1,6744 ca. 1,67	 Abb. 17	-
	1,664	1,683					
	1,683	1,664					
	1,758	1,706					
	1,678	1,570					
	1,834	1,857					
	1,739	1,768					
	1,636	1,655					
	1,537	1,579					
	1,589	1,598					
Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	1,400	1,400	14,209 : 10 = 1,4209 ca. 1,42	14,223 : 10 = 1,4223 ca. 1,42	2,8432 : 2 = 1,4216 ca. 1,42	 Abb. 18	-
	1,193	1,702					
	1,438	1,263					
	1,702	1,320					
	1,603	1,471					
	1,452	1,160					
	1,607	1,607					
	1,325	1,636					
	1,292	1,306					
	1,197	1,358					

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle I:** Ermittlung der Klebstofftropfengrößen

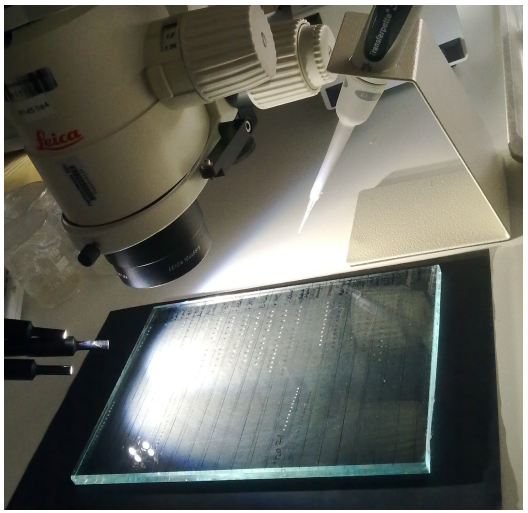
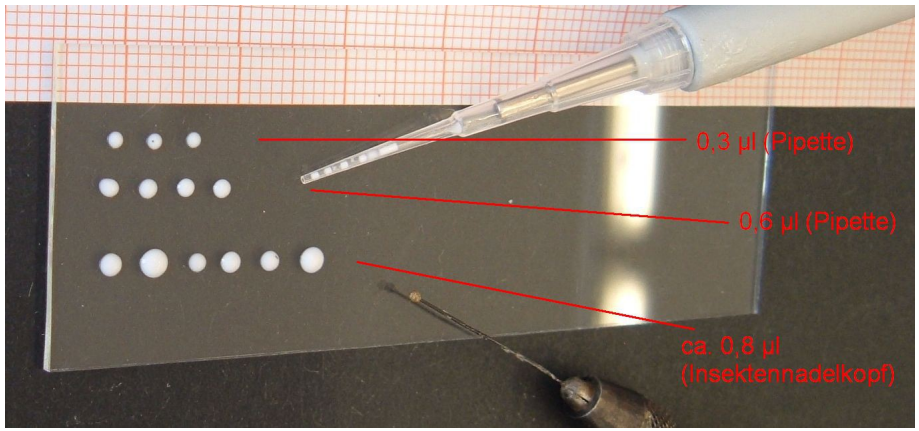
<table>
<tr><th colspan="7">Ermittlung der Klebstofftropfengrößen</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Klebstoff</td><td colspan="2">Tropfen (0,3 µl) / Einzelmessungen [mm]</td><td colspan="3">Tropfendurchmesser Ø [mm]</td><td rowspan="2">Exemplarische Tropfenabbildung</td><td rowspan="2">Anmerkungen</td></tr>
<tr><td>horizontal</td><td>vertikal</td><td>horizontal</td><td>vertikal</td><td>gemittelt</td></tr>
<tr><td>Störleim 40%</td><td colspan="5">(nicht pipettierbar)</td><td>Da 0,3 µl-Tropfen nicht pipettierbar, wurde sich an der Tropfengröße von Lineco orientiert (ähnlichste Viskosität)</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
Abb. 19</td><td colspan="4"> 

Abb. 20
Die linke Abb. 19 zeigt den Vorgang des Aufpipettierens der Klebstofftropfen auf die Glasplatte zur anschließenden Betrachtung und fotografischen Dokumentation mittels Mikroskop, angeschlossener Kamera sowie Software mit Messfunktion.</td><td>Abb. 20 verdeutlicht die Tropfengrößen von mittels Pipette dosierten 0,3 und 0,6 µl Lineco neben mittels Insektennadelkopf applizierten Tropfen von weitaus inhomogenerer Größe und daher Klebstoffmenge. Versuche ergaben, dass mittels Insektennadel-kopf in der Regel ca. 0,8 µl des Klebstoffs appliziert werden. U.a. REUBER 2010 und VOGEL 2011 nutzten die Insektennadel als Applikationsmedium.</td></tr>
</table>

A.7.1 / Tabelle II: Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
1. Grundlagen	Erläuterungen
Zum Dosiergerät	Verwendet wurde ein Dosiergerät der Fa. Belo, das mittels Druckluft-anschluss die Abgabe fein zu regulierender Tropfengrößen erlaubt. Hierzu wurde der jeweilige Klebstoff in die Kartusche mit Dosiernadel-spitze eingefüllt, anschließend Druck sowie ggf. Impulsdauer und Vakuum eingestellt und anschließend mittels Fußpedal die Tropfenabgabe ausgelöst. Das genutzte Dosiergerät erlaubte eine Druckregulierung von 0-8 bar; in der Regel wurde mit einem Druck von ca. 1-3 bar gearbeitet (siehe auch unter nachfolgender Tabelle III). Mittels festlegbarer Impulsdauer konnte unabhängig von der Betätigungsdauer des Fußpedals ein gleichbleibender Impuls zwecks Mengenregulierung festgelegt werden. Sofern die maximale Impulsdauer des Dosiergeräts (Stufe 10) keine ausreichend großen Tropfen ermöglichte, wurde ohne Impulsfestlegung mit zeitlich bemessener Betätigung des Fußpedals gearbeitet (vgl. auch Tabelle III). Über die Vakuum-Regulierung ließ sich teils ein Tropfen der Klebstoffe vermeiden; das Tropfen der Dosiernadeln trotz eingestellten Vakuums am Gerät erschwerte jedoch die gleichmäßige Applikation vor allem niedrigviskoser und inhomogenerer Klebstoffmischungen, wie bspw. Störleim-Weizenstärke. Die Knöpfe des Dosiergeräts wurden ggf. mittels Hereindrücken festgestellt; die Klebstoffkartusche wurde zudem möglichst mit der Öffnung nach unten in einer Halterung abgelegt, damit der Klebstoff ggf. in ein daruntergestelltes Wasserglas abtropfen konnte und so die Kanüle nicht verstopfte. Für jeden Kartuschen-, d.h. Klebstoffwechsel wurde das Dosiergerät aus- und neu eingeschaltet, da so erfahrungsgemäß eine bessere Inbetriebnahme mit gleichmäßigeren Tropfengrößen gewährleistet werden konnte.

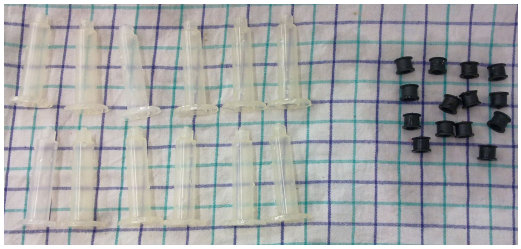


Abb. 01

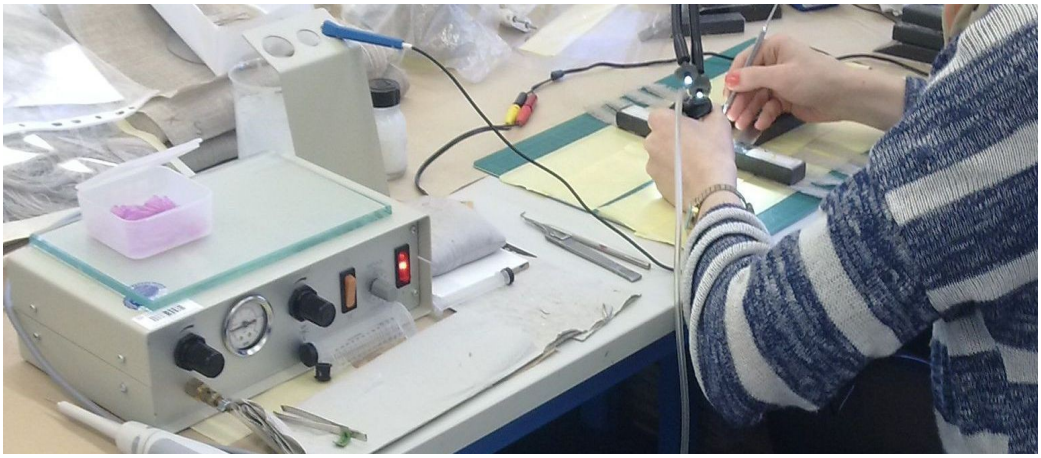
Abb. 01 zeigt einige frisch gesäuberte Kartuschen mit zugehörigen Klebstoffstopfen.



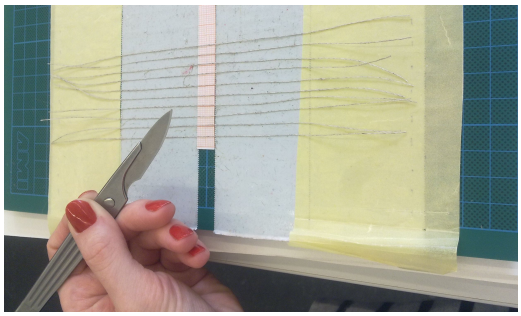
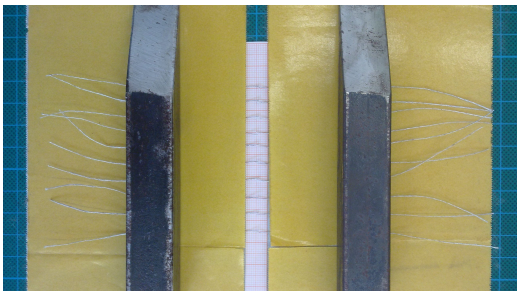
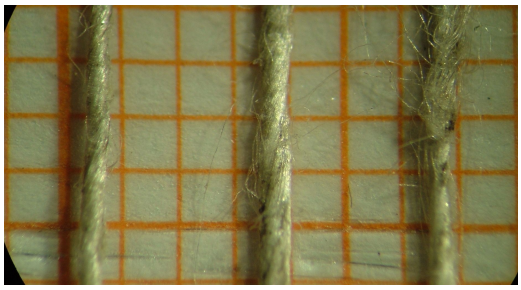
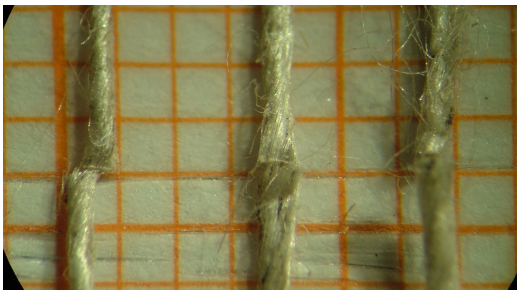
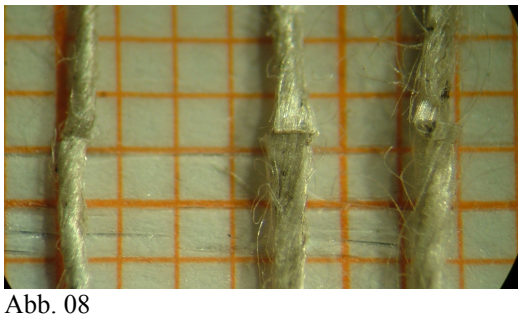
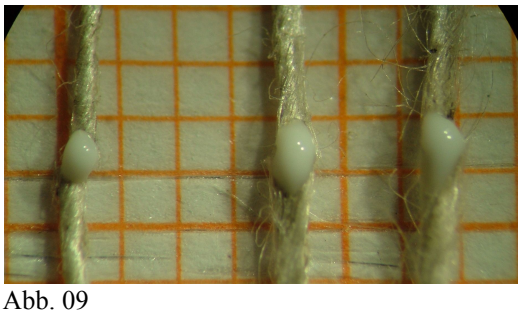
Abb. 02

Abb. 02 zeigt die verwendeten Dosiernadeln

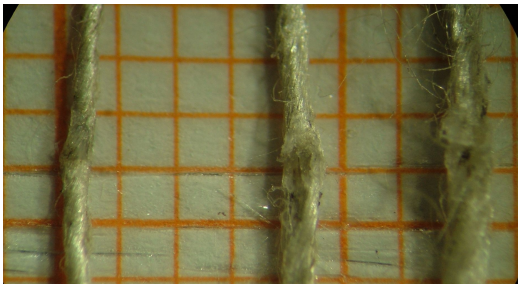
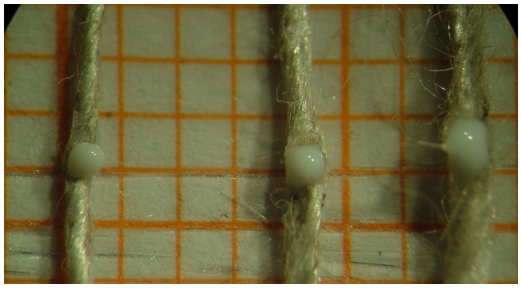
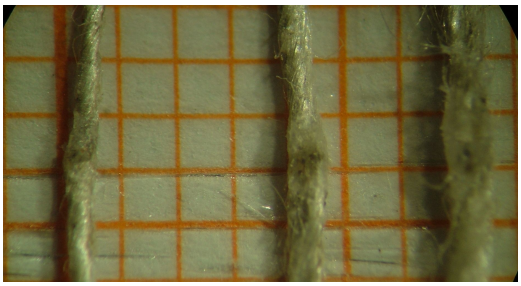
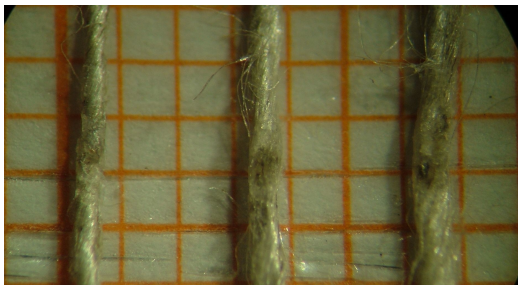
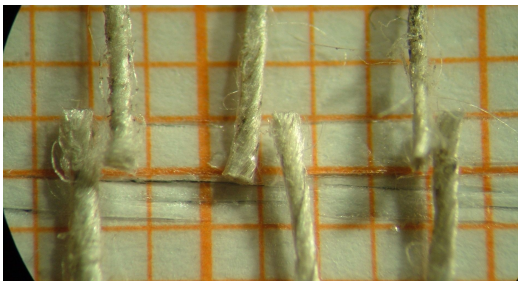
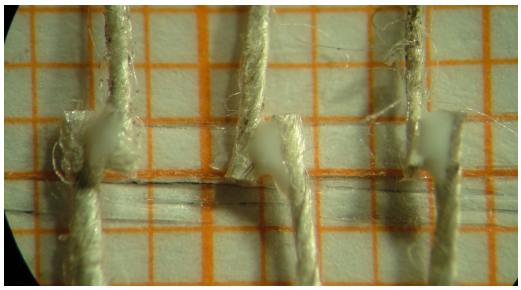
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
 Abb. 03	
Die obige Abb. 03 zeigt das Dosiergerät bei der Nutzung zur Rissverklebung.	
1. Grundlagen	Erläuterungen
Zur Klebstoff-applikation	Es wurden jeweils 2 x 0,3 µl, insgesamt also 0,6 µl Klebstoffmenge appliziert. Ein aufgesetzter Insektennadelkopf (wie u.a. bei REUBER 2010 und VOGEL 2010) gibt hingegen eine deutlich inhomogenere Klebstoff-menge von ca. 0,8 µl ab (vgl. auch A.7.1 / Tabelle I, Abb. 19). Die Definition der Klebstoffmenge erfolgte mittels Abgleich der zuvor aufpipettierten Tropfengrößen von je 0,3 µl Klebstoff (Tabelle I); die Tropfengröße des Dosiergeräts wurde während der Verklebungs-vorgänge regelmäßig neu mit frisch aufpipettierten definierten Klebstoff-mengen von 0,3 µl abgeglichen und kontrolliert.
Zur mechanischen Nachbearbeitung	BALTSCHEIT verzichtete auf eine mechanische Manipulation und setzte stattdessen eine selbstständige Klebstoffpenetration in den Faden voraus; daher wandte sie alle Klebstoffe ungeachtet eines Klebkraftverlusts in 75%iger Verdünnung an (BALTSCHEIT 2011, S. 42). Da diese Vorgehensweise jedoch weniger praxisnah und hinsichtlich der sehr verschiedenen Klebstoffviskositäten, Feststoffanteile und Klebstoff-modifikationen u.a. nicht sinnvoll ist, wurde sich stattdessen für eine zwar weniger normierte, aber letztlich näher an der Anwendung befindliche Nachbearbeitung der Klebestellen mittels Sonden entschieden. Bei der Verklebung erfolgte somit ca. 30 (min. 10 / max. 60) Sekunden lang nach Klebstoffapplikation die mechanische Nachbearbeitung mittels Sonden je Einzelfaden bis zur vergleichbaren Einarbeitung, zusätzlich wurde ggf. ca. 30 Sekunden lang mit der Heiznadel (ca. 70-80 °C) nachbearbeitet. Der Heiznadeleinsatz erfolgte je nach Erfordernis, bei den meisten Verklebungen lediglich kurz, bei manchen überhaupt nicht (vgl. Tabelle III); dies verringert zwar die Vergleichbarkeit des Verklebungsvorgangs, es ist letztlich jedoch praxisnäher, die Klebstoffe auch beim Vergleich entsprechend ihrer jeweiligen unterschiedlichen Erfordernisse zu verarbeiten und gewährleistet so letztlich sogar präzisere Ergebnisse.

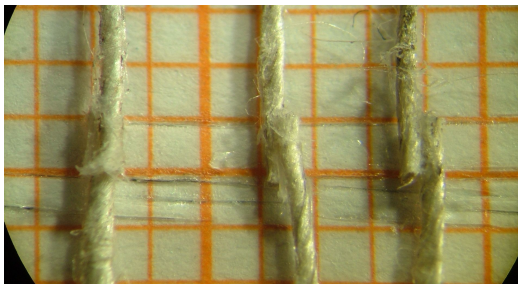
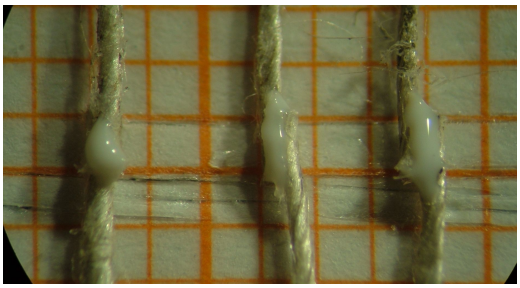
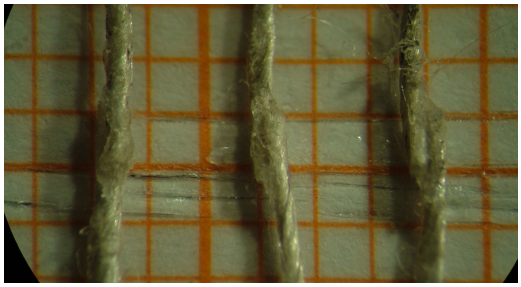
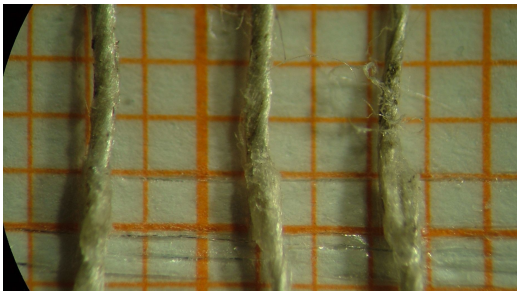
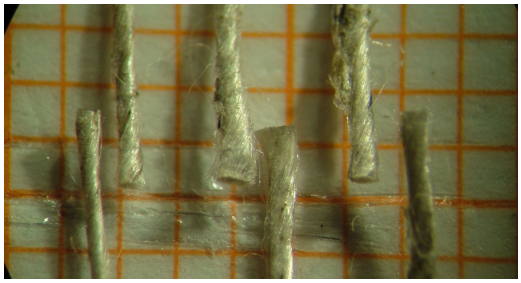
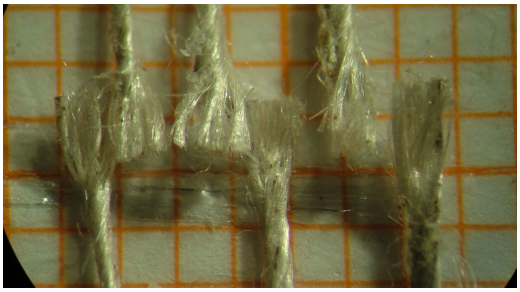
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
2. Zu den Einzelfäden	
 Abb. 04	 Abb. 05
In den Abb. 04 und 05 wird die vorbereitende Positionierung der Fäden auf der Schneidematte gezeigt (siehe auch unter A.6.2). Das Zertrennen erfolgte mittels Skalpell (Abb.04); nach dem Zertrennen und der Re- bzw. Neupositionierung der Fadenenden je nach Verklebungstechnik (SAS / Ü / Ü+V) wurden die Fäden zur Verklebung leicht mit Gewichten fixiert (Abb.05).	
2.1 Einzelfadenverklebung / Stoß-auf-Stoß (SAS)	
 Abb. 06	 Abb. 07
1. Positionierung der Einzelfäden auf der Schneidenmatte (Abb. 06).	**2.** Mittiges Zertrennen mittels Skalpellklinge (Abb. 07, vgl. auch Abb. 04).
 Abb. 08	 Abb. 09
3. Repositionierung der sich auf Grund der Rotationsbewegung des Garns leicht auseinander bewegten Fadenenden (Abb. 08, vgl. Abb. 05).	**4.** Zugabe der ersten 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät und feiner Dosiernadel (Abb. 09).

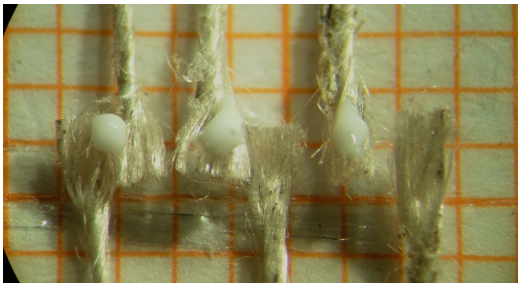
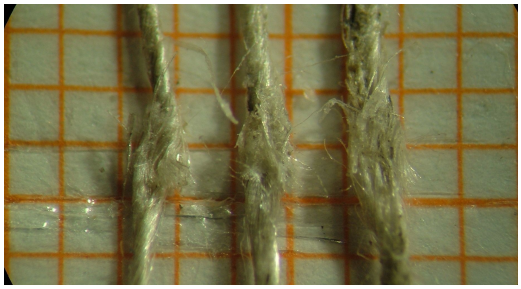
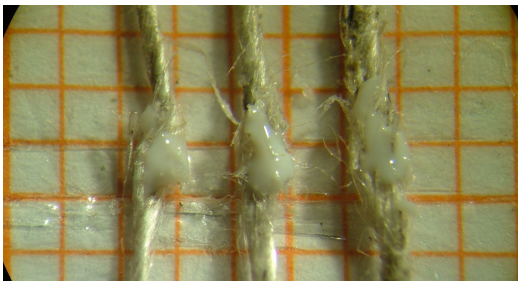
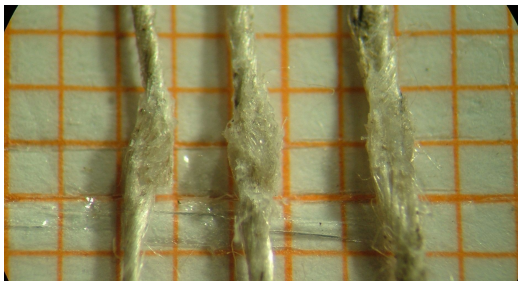
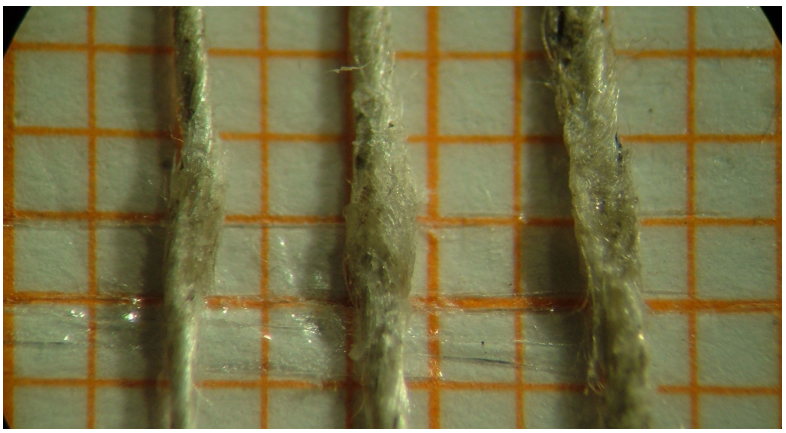
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
Fortsetzung: 2.1 Einzelfadenverklebung / Stoß-auf-Stoß (SAS)	
 Abb. 10	 Abb. 11
5. Kurzes Einarbeiten der ersten 0,3 µl Klebstoff mittels Sonden (Abb. 10).	**6.** Sofortige Zugabe der weiteren 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät für Gesamtmenge von 0,6 µl Klebstoff (Abb. 11).
 Abb. 12	 Abb. 13
7. Vollständiges Einarbeiten des Klebstoffs und Modellierung der Fäden mittels Sonden (Abb. 12).	**8.** Abschlussmodellierung, ggf. unter Zuhilfenahme der Heiznadel (Abb. 13).
2.2 Einzelfadenverklebung / überlappend (Ü)	
 Abb. 14	 Abb. 15
1. Nach Positionierung der Fäden (vgl. Abb. 06) und Zerschneiden dieser (Abb. 07) Neupositionierung der Fadenenden mit 1 mm Überlappung (Abb. 14).	**2.** Zugabe der ersten 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät und feiner Dosiernadel (Abb. 15).

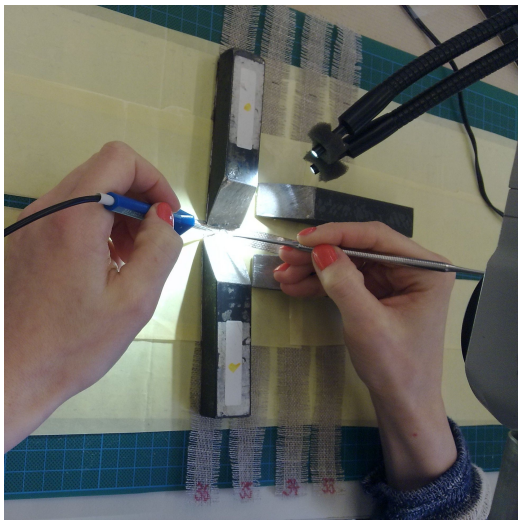
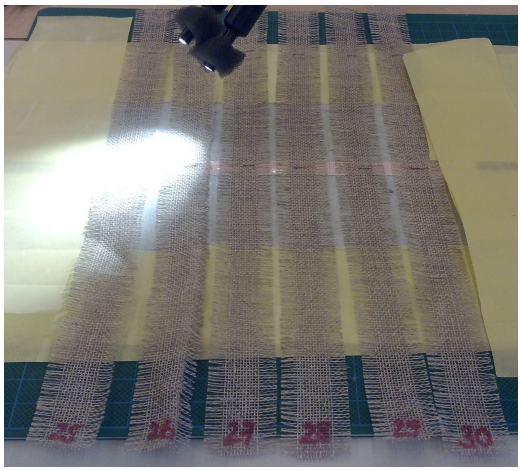
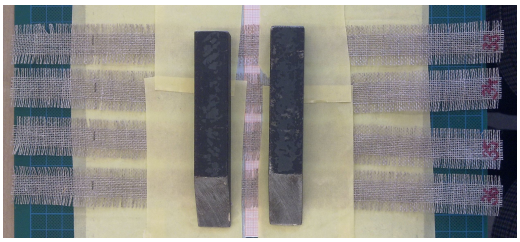
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
Fortsetzung: 2.2 Einzelfadenverklebung / überlappend (Ü)	
 Abb. 16	 Abb. 17
3. Kurzes Einarbeiten der ersten 0,3 µl Klebstoff mittels Sonden (Abb. 16).	**4.** Sofortige Zugabe der weiteren 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät für Gesamtmenge von 0,6 µl Klebstoff (Abb. 17).
 Abb. 18	 Abb. 19
5. Vollständiges Einarbeiten des Klebstoffs und Modellierung der Fäden mittels Sonden (Abb. 18).	**6.** Abschlussmodellierung, ggf. unter Zuhilfenahme der Heiznadel (Abb. 19).
2.3 Einzelfadenverklebung / überlappend-vermengt (Ü+V)	
 Abb. 20	 Abb. 21
1. Nach Positionierung der Fäden (vgl. Abb. 06) und Zerschneiden dieser (Abb. 07) Neupositionierung der Fadenenden mit 1 mm Überlappung (Abb. 20).	**2.** Jeweils 1 mm Auffasern der Fadenenden zur angestrebten Vermengung dieser (Abb. 21).

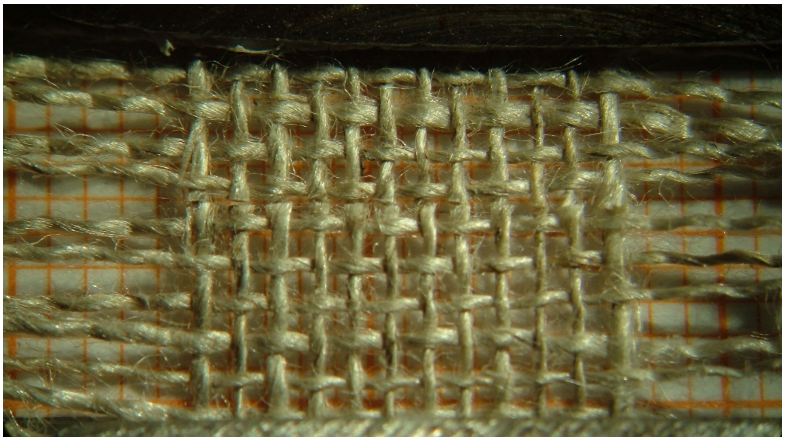
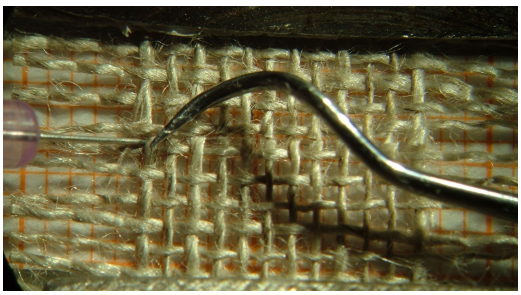
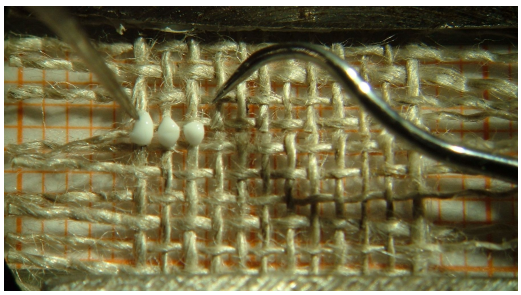
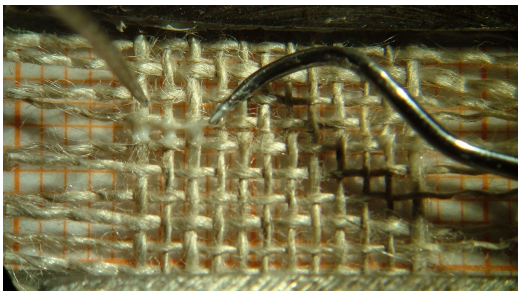
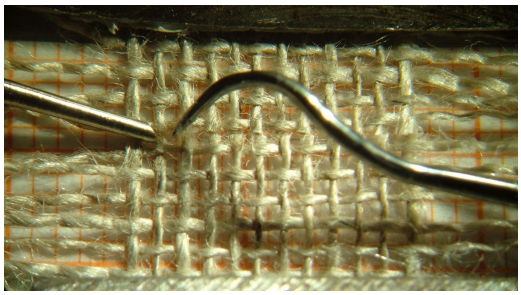
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
Fortsetzung: 2.3 Einzelfadenverklebung / überlappend-vermengt (Ü+V)	
 Abb. 22	 Abb. 23
3. Zugabe der ersten 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät und feiner Dosiernadel (Abb. 22).	**4.** Kurzes Einarbeiten der ersten 0,3 µl Klebstoff mittels Sonden unter Vermengung der Faserenden (Abb. 23).
 Abb. 24	 Abb. 25
5. Sofortige Zugabe der weiteren 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät für Gesamtmenge von 0,6 µl Klebstoff (Abb. 24).	**6.** Vollständiges Einarbeiten des Klebstoffs unter Vermengung der Fäden und Modellierung der Fäden mittels Sonden (Abb. 25).
 Abb. 26	**7.** Abschluss-modellierung, ggf. unter Zuhilfenahme der Heiznadel (Abb. 26).
Im Schnitt konnten exklusive Vor- und Nachbereitung 10 Einzelfäden in ca. 10 Minuten Stoß-auf-Stoß verklebt werden; entsprechend erforderten überlappende sowie überlappend-vermengte Verklebungen etwas mehr Zeit.	

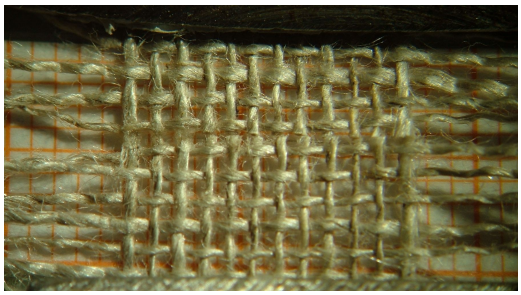
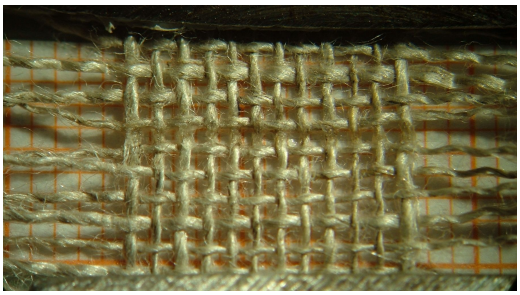
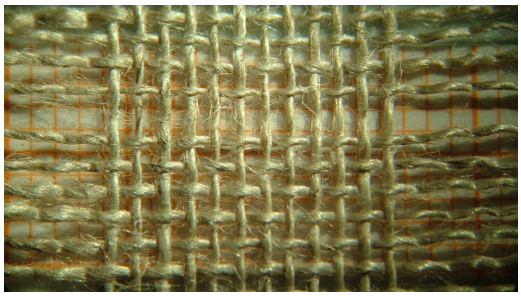
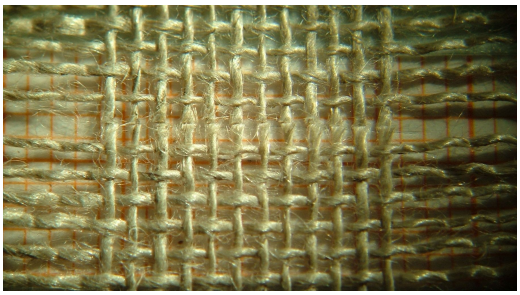
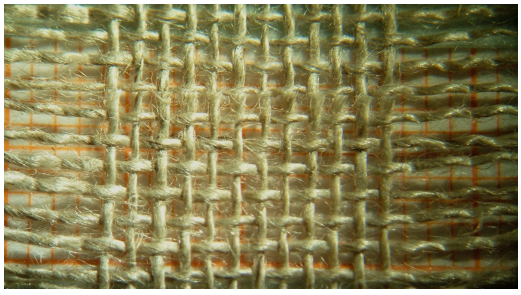
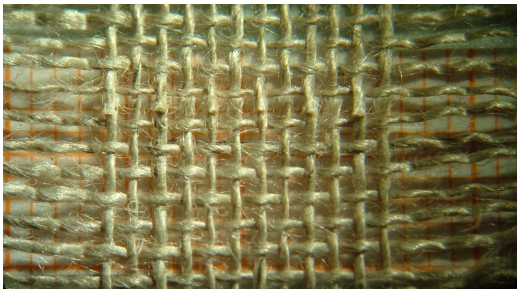
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
3. Zu den Verklebungen im Gewebeverbund	
 Abb. 27	Die Verklebungen im Gewebeverbund werden nachfolgend exemplarisch an verklebten Gewebestreifen dargestellt (vgl. Abb. 27). Im Falle der Übertragung sollte jedoch beachtet werden, dass an den Gewebestreifen für die überlappende (Ü) sowie überlappend-vermengte (Ü+V) Verklebung einzelne Fäden entfernt wurden. Das bedeutet letztlich für die Stoß-auf-Stoß-Verklebungen (SAS / SAS+B) der Streifen einen abweichenden Umschlingungswinkel der Fäden, da hier kein Faden gezogen wurde. Theoretisch könnte sich der steilere Biegungswinkel der SAS-Verklebung daher zusätzlich nachteilig im Vergleich zu Ü und Ü+V ausgewirkt haben. Es sollte jedoch im SAS-Aufbau kein Faden entfernt werden, um die Vergleichbarkeit mit den Kreuz- und Berstdruckproben zu gewährleisten.
3.1 Zu den Gewebestreifen	
 Abb. 28	 Abb. 29
	In Abb. 28 wird die vorbereitende Positionierung der Fäden auf der Schneidematte gezeigt (siehe auch unter A.6.2 / Tabelle I). Nach dem Zertrennen und der Re- bzw. Neupositionierung der Fadenenden je nach Verklebungstechnik (SAS / Ü / Ü+V) unmittelbar vor der Verklebung wurden die Streifen bis zur Verklebung (vgl. Abb. 27) mit Gewichten provisorisch fixiert (Abb. 29).

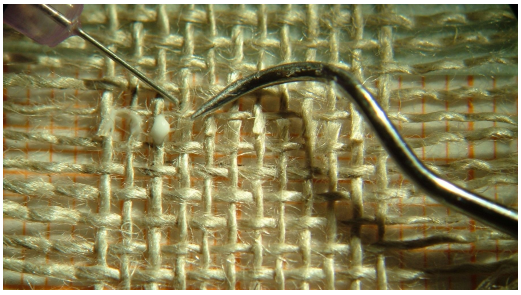
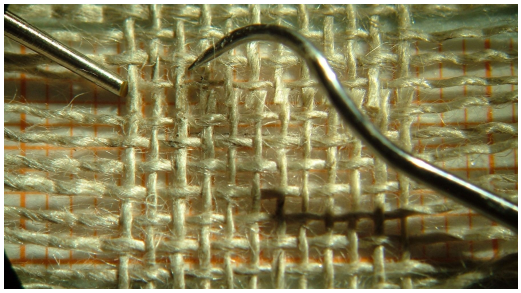
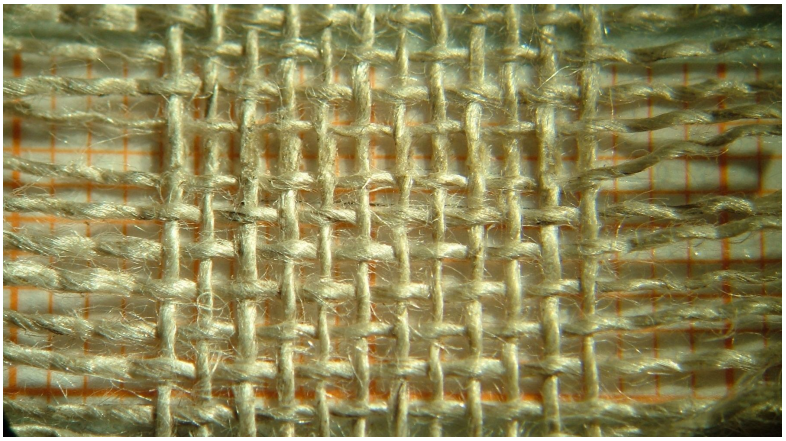
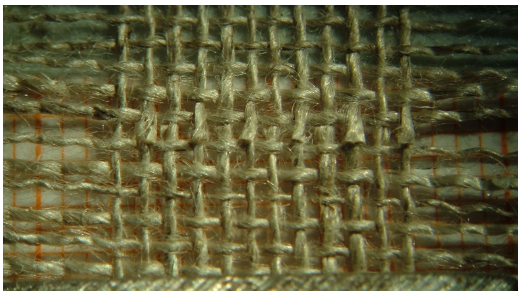
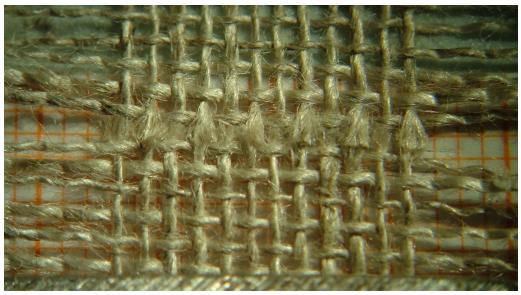
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
3.1.1 Einzelfadenverklebung / Stoß-auf-Stoß (SAS)	
 Abb. 30	**1.** Nach der Positionierung auf der Schneidematte (vgl. Abb. 28) erfolgte das mittige Zertrennen der Schussfäden mittels Skalpellklinge (Abb. 30, vgl. auch Abb. 29).
 Abb. 31	 Abb. 32
2. Zugabe von 2 x 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät und feiner Dosiernadel (Abb. 31 und 32); ggf. wurde bereits im Zwischenschritt mit der Sonde eine kurze erste Einarbeitung vorgenommen (vgl. Abb. 10 und nachfolgende Abb. 33). Es konnten ca. 3 Fäden parallel bearbeitet werden.	
 Abb. 33	 Abb. 34
3. Vollständiges Einarbeiten des Klebstoffs und Modellierung der Fäden mittels Sonden (Abb. 33).	**4.** Mögliche Abschlussmodellierung unter Zuhilfenahme der Heiznadel (Abb. 26).

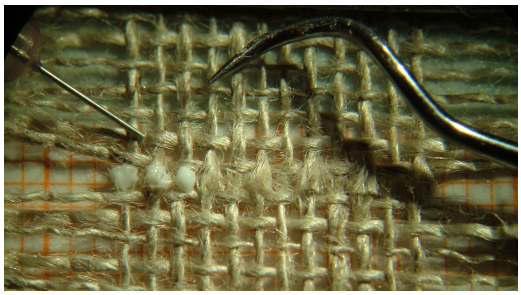
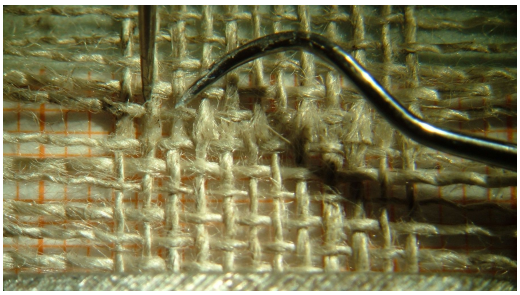
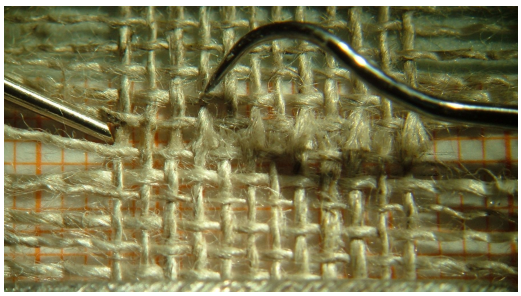
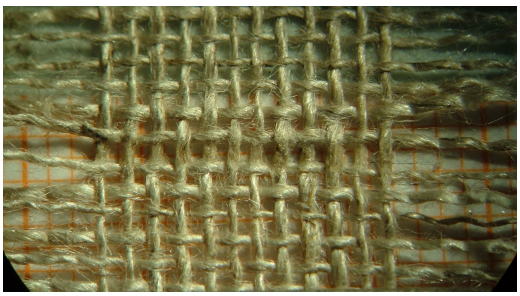
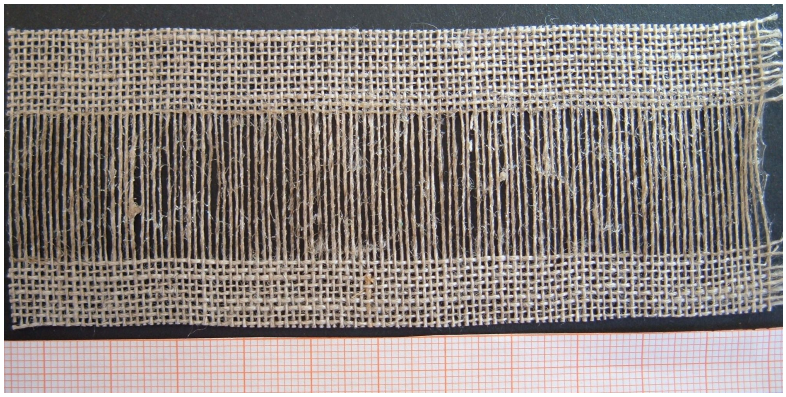
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
Fortsetzung: 3.1.1 Einzelfadenverklebung / Stoß-auf-Stoß (SAS)	
 Abb. 35	 Abb. 36
5. Abschluss der parallel bearbeiteten Fäden (Abb. 35) bis hin zur vollständigen Schließung (Abb. 36).	
3.1.2 Einzelfadenverklebung / überlappend (Ü)	
 Abb. 37	 Abb. 38
1. Ziehen eines Kettfadens* aus der exakten Mitte der positionierten Streifenprobe (Abb. 37) und mittiges Zertrennen der Schussfäden im freien Bereich (Abb. 38).	
 Abb. 39	 Abb. 40
2. Repositionierung der einen Streifenhälfte zur Erzielung einer Fadenüberlappung von 1 mm (Abb. 39).	**3.** Alternierende Sortierung der sich überlappenden Fadenenden mittels Sonden (Abb. 40).
* = Das Ziehen von Fäden zur Erzielung einer Überlappung wäre ggf. nochmals kritisch zu überdenken: Es ist denkbar, dass sich durch die abweichenden Umschlingungswinkel an der Klebestelle so beim Vergleich der Techniken zum Stoß-auf-Stoß-Aufbau Nachteile ergeben.	

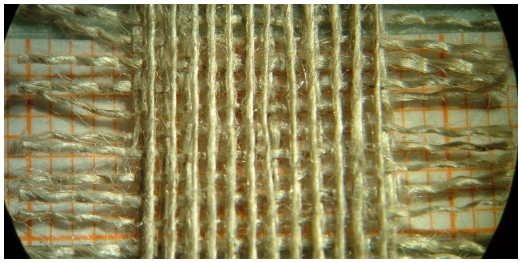
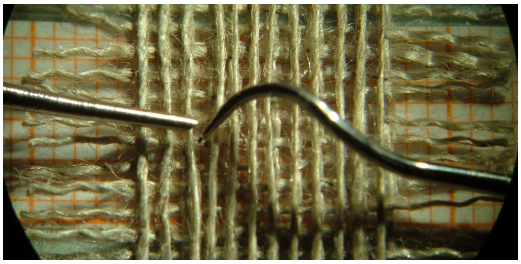
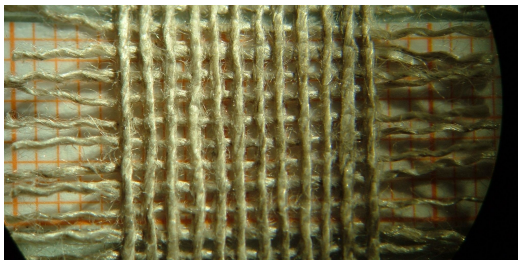
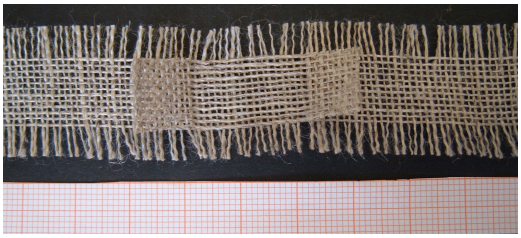
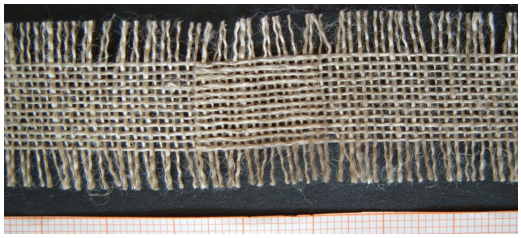
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
Fortsetzung: 3.1.2 Einzelfadenverklebung / überlappend (Ü)	
 Abb. 41	 Abb. 42
4. Zugabe von 2 x 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät und feiner Dosiernadel sowie **5.** Einarbeitung des Klebstoffs und Modellierung der Fäden mittels Sonden (Abb. 41)	**6.** Mögliche Abschlussmodellierung unter Zuhilfenahme der Heiznadel (Abb. 42).
 Abb. 43	**7.** Abschluss der parallel bearbeiteten Fäden bis hin zur vollständigen Schließung (Abb. 43).
3.1.3 Einzelfadenverklebung / überlappend-vermengt (Ü+V)	
 Abb. 44	 Abb. 45
1. Nach dem Positionieren des Streifens auf der Schneidematte, dem Ziehen eines Kettfadens, dort mittigen Zertrennens der Schussfäden und Neupositionierung zur Überlappung: Alternierende Sortierung der Fadenenden (Abb. 44).	**2.** Jeweils 1 mm Auffasern der Schussfadenenden zur angestrebten Vermengung dieser (Abb. 45).

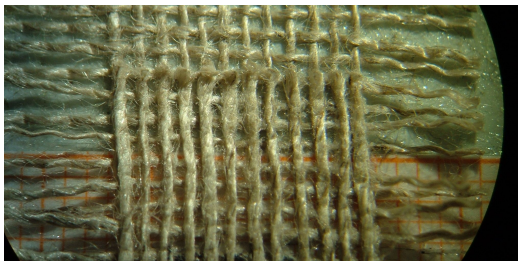
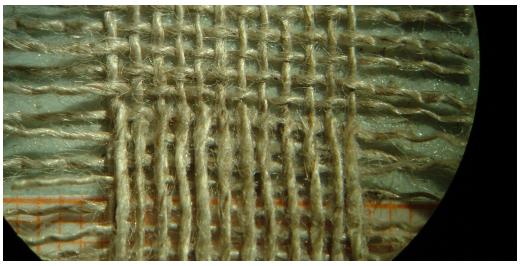
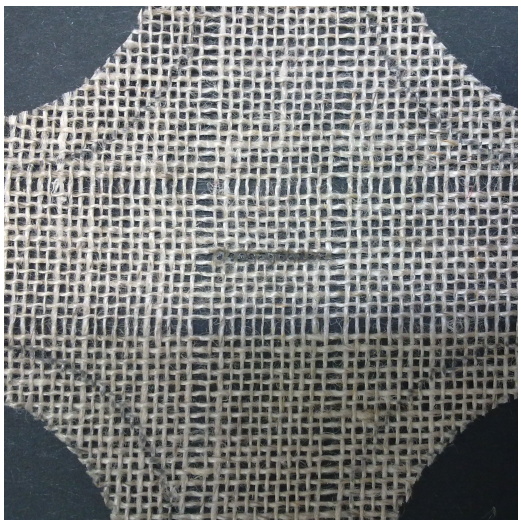
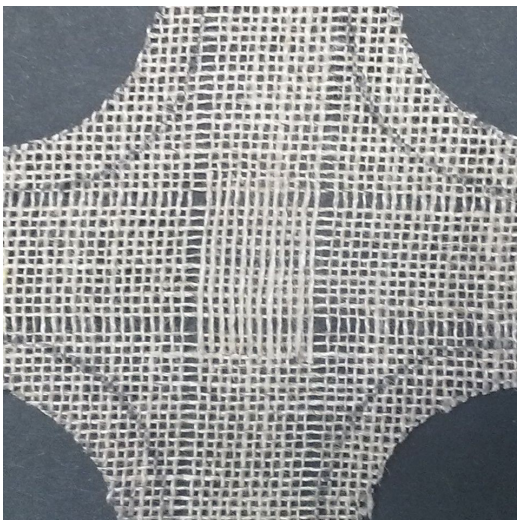
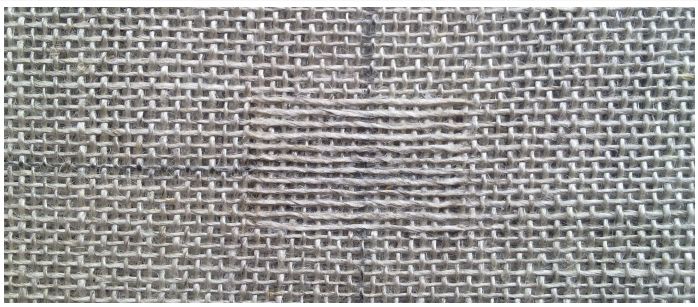
Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
Fortsetzung: 3.1.3 Einzelfadenverklebung / überlappend-vermengt (Ü+V)	
 Abb. 46	 Abb. 47
3. Zugabe von 2 x 0,3 µl Klebstoff mittels Dosiergerät und feiner Dosiernadel (Abb. 46); ggf. wurde bereits im Zwischenschritt mit der Sonde eine kurze erste Einarbeitung vorgenommen (vgl. Abb. 47).	**4.** Vollständiges Einarbeiten des Klebstoffs und Modellierung der Fäden mittels Sonden (Abb. 47).
 Abb. 48	 Abb. 49
5. Mögliche Abschlussmodellierung unter Zuhilfenahme der Heiznadel (Abb. 48).	**6.** Abschließen der parallel bearbeiteten Fäden bis hin zur vollständigen Schließung (Abb. 49).
3.1.4 Einzelfadenverklebung / Stoß-auf-Stoß mit Fadenbrücken (SAS+B)	
 Abb. 50	Die linke Abb. 50 zeigt einen vorbereiteten Fadenbrückenstreifen (vgl. auch A.5.2). Zur Applikation auf die Klebestellen von immer 12 (bzw. 24) Schussfäden Breite wurden diese jeweils in 12 (bzw. 24) Fäden breite Einzelstücke zerschnitten.

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
Fortsetzung: 3.1.4 Einzelfadenverklebung / Stoß-auf-Stoß mit Fadenbrücken (SAS+B)	
 Abb. 51	 Abb. 52
1. Auflegen des vorbereiteten Fadenbrückenabschnitts auf die geschlossene Klebestelle (Abb. 51 und 52); das Aufsiegeln der Fadenbrücken erfolgte hierbei frühestens 24 Std. nach der Verklebung der Schnittstellen. Es wurde sich für ein einfaches, gerades Aufsiegeln der Fadenbrücken je 10 mm rechts und links der Klebestelle entschieden (ggf. wären auch ein alternierender Wechsel des seitlichen Abstands zur Klebestelle, eine reduzierte Anzahl an Fadenbrücken, ausgefranste Enden der Brücken o.ä. möglich gewesen).	
 Abb. 53	 Abb. 54
2. Schrittweises Aufsiegeln der Fadenbrücken (Abb. 53) bei ca. 70-73 °C (min. 68 / max. 75 °C) bis hin zur vollständigen Applikation (Abb. 54).	
 Abb. 55	 Abb. 56
3. Abschneiden der nun unnötigen ehemaligen Stabilisierungsbereiche der Fadenbrücken mittels Feinschere (Abb. 55 und 56).	
Das Aufbringen der Fadenbrücken gestaltete sich als besonders zeitaufwändig; im Schnitt wurden für 12 Fadenbrücken min. 15 bis max. 25 Minuten benötigt.	

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen	
Fortsetzung: 3.1.4 Einzelfadenverklebung / Stoß-auf-Stoß mit Fadenbrücken (SAS+B)	
 Abb. 57	 Abb. 58
4. Falls erforderlich oder erwünscht, nachträgliches Ansiegeln der durch das Wegschneiden der Stabilisierungsbereiche leicht aufstehenden Enden der Fadenbrücken (Abb. 57 und 58).	
3.2 Zu den Kreuzproben	
 Abb. 59	 Abb. 60
Die obere Abb. 59 zeigt exemplarisch eine Stoß-auf-Stoß-Verklebung (SAS) mittels Störleim-Weizenstärke in den Schussfäden an einer Kreuzprobe.	Die obere Abb. 60 zeigt exemplarisch eine Stoß-auf-Stoß-Verklebung mittels Störleim-Weizenstärke mit Fadenbrücken (SAS+B) in den Schussfäden an einer Kreuzprobe.
3.3 Zu den Berstdruckproben	
 Abb. 61	Die vorbereiteten SAS- und SAS+B-Verklebungen an den Berstdruckprobekörpern unterscheiden sich in ihrer Form nur unwesentlich von den Kreuzproben (vgl. Abb. 59 und 60). Exemplarisch links eine Berstdruckprobe mit Stoß-auf-Stoß-Verklebung und Fadenbrücken (SAS+B) in Schussrichtung.

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle II:** Durchführung der Einzelfadenverklebungen

Durchführung der Einzelfadenverklebungen

4. Zum Arbeitsplatz

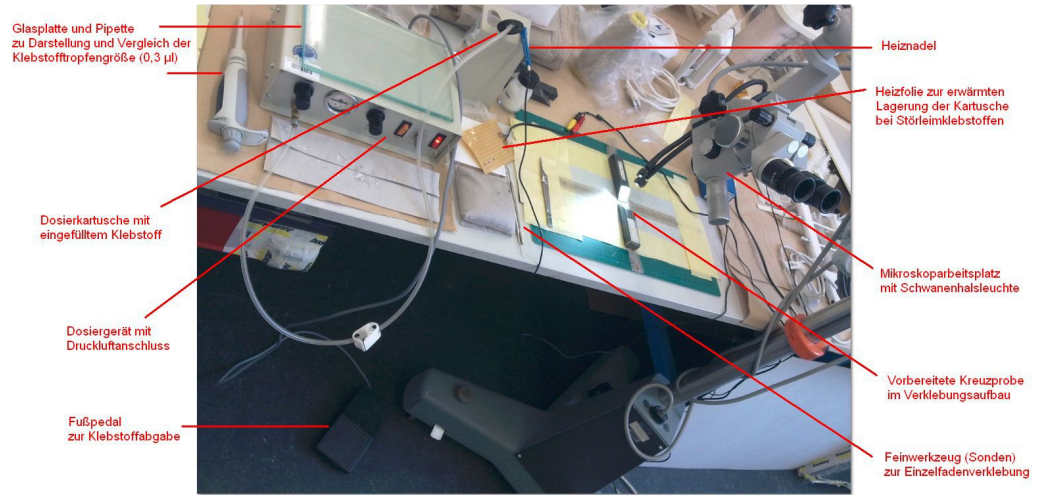


Abb. 62



Abb. 63

Die obere Abb. 62 erläutert den Arbeitsplatzaufbau bei der Rissverklebung:
Sämtliche Verklebungen erfolgten nach folgendem Schema mit auf Schneidematten über Doppelklebeband fixierten Probekörpern mittels Dosiergerät am Mikroskop.

Die linke Abb. 63 illustriert nochmals die Lagerung der Dosierkartusche zwischen einer auf einer Fliese gelagerten Heizfolie und Sandsäckchen zur Erwärmung der störleimhaltigen Klebstoffe.
Die Temperatur zwischen Fliese, Heizmatte und Sandsäckchen zur Erwärmung der störleimbasierten Klebstoffe betrug ca. 40 °C.

Die rechts nebenstehende Abb. 64 zeigt abschließend nochmals den Arbeitsvorgang am unter Abb. 62 vorgestellten Arbeitsplatz.
Zu sehen ist die Einzelfadenverklebung an Streifenproben beim Schritt der Klebstoffapplikation mittels Dosierkartusche und -nadel.



Abb. 64

A.7.1 / Tabelle III: Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Verklebungshinweise zu den einzelnen Klebstoffen							
* = Sofern nicht abweichend gekennzeichnet, beziehen sich sämtliche Angaben auf je 12 verklebte Schussfäden.							
Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
1	Mowilith D 50	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- recht flüssig (vgl. Evacon-R), aber dringt nicht so gut ein (Hinweis: überlagerte Dispersion, ursprünglich vermutlich weniger flüssig) - mit Heiznadel gut modellierbar trotz niedriger Viskosität; längeres Modellieren ohne Heiznadel führt zu „Krümeln“ des Klebstoffs und Haftungsverlust - kaum Farbtonvertiefung der Klebestelle
2 A	Mowilith DHS S1	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1 (-2)	ohne Impuls / 4 sec.	- da 0,3 µl-Tropfen nicht pipettierbar, wurde sich an der Tropfengröße von Lineco orientiert (ähnlichste Viskosität) - Gerät ohne Vakuum genutzt, um Klebstoff dosieren zu können (kein Zischen hörbar) - zieht vergleichsweise schnell an, zügiges Arbeiten erforderlich; sehr hochviskos, dadurch aber gute Anfangshaftung und sehr gut modellierbar - bei längerer Bearbeitung wird Film jedoch krümelig, was sich durch Nutzung der Heiznadel vermeiden lässt - Heiznadel jedoch nicht zwingend notwendig für gelungene Verklebung - Klebstoffmenge von 2 x 0,3 µl gut gewählt (0,3 µl je Faden wären bei diesem hochviskosen Klebstoff viel zu wenig) - kaum Farbtonvertiefung o.ä. optische Veränderungen
			Ü	10 Fäden / ca. 10-15			
			Ü+V	10 Fäden / ca. 15			
		Streifen	SAS	ca. 15			
			+ B	+ 15-25			
			Ü	ca. 15-20			
			Ü+V	ca. 20			

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle III:** Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
2 B	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- in Verarbeitung ähnlich Mowilith DHS S1 (rein, siehe 2A) - Viskosität durch Verdünnung ähnlich Lineco, dringt mit mechanischer Nachbearbeitung recht gut ein - Heiznadel nicht zwingend erforderlich - allg. sehr gut zu verarbeiten bei Rissverklebung (ggf. weniger für Stoß-auf-Stoß geeignet) - kaum Farbtonvertiefung o.ä. optische Veränderungen
2 C	Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- angenehme Verarbeitung, da nicht so hochviskos, dringt besser ein als rein (vgl. Mowilith DHS S1 + Methocel) - gut mit Heiznadel modellierbar, wenn Anfangshaftung nicht genügt - kaum Farbtonvertiefung o.ä. optische Veränderungen
3	Mowilith LD 167	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1 (-2)	ohne Impuls / 2-3 sec.	- sehr hochviskos, dringt relativ schlecht ein - wird beim Nachmodellieren schnell krümelig; hierbei Heiznadel gutes Hilfsmittel (ggf. wäre auch Verdünnung mit Wasser sinnvoll, siehe auch Tabelle I) - geringe Farbtonvertiefung

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle III:** Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
4 A	Lineco	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- sehr gut zu verarbeiten, dringt gut ein, benetzt gut, baut sofort Anfangshaftung auf, zieht relativ schnell an, aber bleibt modellierbar - hat nichts „Krümeliges“, füllt Zwischenräume gut auf, je nach Gewohnheit recht hochviskos - 2 x 0,3 µl, d.h. 6 µl, Klebstoffmenge erscheint zu viel an Einzelfäden (SAS + Ü), hier würden 0,3 µl theoretisch wohl genügen; bei Ü+V allerdings größere Menge von Vorteil und erforderlich, da Klebstoff viel stärker eindringt und sich so mehr verteilt - kaum Farbtonvertiefung o.ä. optische Veränderungen
			Ü				
			Ü+V				
		Streifen (12 Fäden)	SAS	ca. 10-15			
			+ B	+ 15-25			
			Ü	ca. 15-20			
			Ü+V	ca. 20			
		Kreuzproben	SAS	ca. 15			
			SAS + B	+ 15-25			
		Berstdruckpr.	SAS	ca. 15			
			SAS + B	+ 15-25			
4 B	Lineco + Wasser (9:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- sehr flüssig, Modellieren kaum möglich, da wenig Faserhaftung durch niedrigviskose Verdünnung; Heiznadel hierbei gute Hilfe - zieht stark in Fasern bzw. Zwischenräume ein, aber nur leichte Farbtonvertiefung der Klebestelle

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle III:** Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
4 C	Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 15	6	ohne Impuls / 2-3 sec.	- verschiedene vorhandene Dosiergerät-Spitzen verstopfen auf Grund der Arbocelfasern, daher alternativ eine abgebrochene Spritzen-Kanüle aufgesetzt (Braun Sterican, Gr. 17, 0,55x25mm, BL/LB 24Gx1) - Lineco+Arbocel zusammen nicht besonders hochviskos, sondern sehr angenehm zu verarbeiten, da gut modellierbar, insbesondere in Verwendung mit Heiznadel (Gemisch sonst recht klebrig und leichtes Aufreißen der Klebung beim Modellieren mittels Sonden) - kaum Farbtonvertiefung
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- Verarbeitung ähnlich Lineco (rein, s.o.), etwas flüssiger und längere Offenzeit - dringt gut ein, haftet gut, zieht gut an, Viskosität und Anfangshaftung gut; minimale Farbtonvertiefung - weniger nass und besser zu modellieren als ebenfalls in Vortests betrachteter 3%iger Zusatz - kaum Farbtonvertiefung o.ä. optische Veränderungen
			Ü				
			Ü+V				
		Streifen	SAS	ca. 10-15			
5 A	Evacon-R	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- in Verarbeitung ähnlich Evacon+Methocel (s.u.), aber recht flüssig, daher anfangs schlecht zu modellieren; hierbei ist Heiznadel gute Hilfe - kaum Farbtonvertiefung o.ä. optische Veränderungen

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle III:** Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
5 B	Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- angenehm zu verarbeiten, etwas flüssiger (im Vergleich zu bspw. Lineco) - dringt gut ein, aber kaum Farbtonvertiefung - allg. sehr gut zu verarbeiten, nicht nass, haftet gut, kein „Krümeln“ - Fäden anfangs etwas schwieriger, wenn der Klebstoff langsam „anzieht“ aber sehr gut modellierbar (zieht schneller an als mit Arbocel-Zusatz, mglw. da die Arbocelfasern das Wasser länger halten) - Heiznadel nicht unbedingt nötig, aber gut einsetzbar
5 C	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	6	ohne Impuls / 2-3 sec.	- übliche vorhandene Dosiergerät-Spitzen verstopfen auf Grund der Arbocelfasern, daher alternativ eine abgebrochene Spritzen-Kanüle aufgesetzt (Braun Sterican, Gr. 17, 0,55x25mm, BL/LB 24Gx1) - deutlich hochviskoser als Evacon-R (rein, s. 5A), sehr viel angenehmer aufzutragen und zu modellieren, dringt zudem gut ein - Arbocelfasern bleiben jedoch leicht an Sonden hängen, da Gemisch allg. recht klebrig; hierbei Heiznadel gute Hilfe - ähnlich Lineco+Arbocel zu verarbeiten, etwas flüssiger (Lineco zieht etwas schneller an, haftet dadurch auch etwas zügiger; Evacon bleibt länger weich und „nasser“) - kaum Farbtonvertiefung

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle III:** Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
6	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	6	ohne Impuls / 2-3 sec.	- übliche vorhandene Dosiergerät-Spitzen verstopfen auf Grund der Arbocelfasern, daher alternativ eine abgebrochene Spritzen-Kanüle aufgesetzt (Braun Sterican, Gr. 17, 0,55x25mm, BL/LB 24Gx1) - Viskosität angenehm zu verarbeiten, relativ lange weich und formbar, aber gute Anfangshaftung - Arbocelfasern wirken sich etwas klebrig aus, bei andauernder Bearbeitung etwas hinderlich, aber gut über Heiznadel regulierbar - kaum Farbtonvertiefung - besser zu verarbeiten als ebenfalls in Vortests betrachtete 20:1-Mischung (vgl. andere Arbocel-Modifikationen), da besser eindringend und längere Offenzeit
7	Vinnapas DP 600	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	3	ohne Impuls / 3 sec.	- sehr hochviskos, benötigt mechanische Manipulation mittels Sonden, um einigermaßen in den Faden einzudringen; wird dabei jedoch leicht krümelig, was zu Haftungsverlusten führt, mittels Heiznadel aber regulierbar ist (dann gut modellierbar) - zieht sehr schnell an (mit und ohne Heiznadel) - kaum Farbtonvertiefung o.ä. optische Veränderungen
8	Vinamul 8481	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- recht niedrigviskos, dringt gut ein u. gute Anfangshaftung - zunächst gut modellierbar, dann schnell krümelig; Phänomen aber durch Heiznadel regulierbar - kaum Farbtonvertiefung o.ä. optische Veränderungen

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle III:** Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
10	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	1	ohne Impuls / 2 sec.	- angenehm zu verarbeiten, etwas flüssiger als bspw. Lineco, aber gewisser „Stand“ - gut modellierbar, wird aber nach gewisser Zeit krümelig (häufiges Phänomen bei Acrylharzdispersionen, siehe auch unter A.3.3) - dringt gut ein und nässt dabei nicht zu sehr, nur leichte bis keine Farbtonvertiefung - Heiznadel nicht unbedingt notwendig
11 A	Störleim 20% + Weizenstärke (warm) 13% (1:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 15	1	ohne Impuls / 1-2 sec.	- deutlich niedrigviskoser als bspw. Lineco - 0,6 µl hier auch bei Gewebeverklebungen etwas zu viel; da recht starke „Tränkung“ wurde zwischen den zwei Applikationen von 0,3 µl kurz gewartet, damit das umliegende Gewebe nicht zu stark saugt - 0,3 µl: kaum Farbtonvertiefung, aber mglw. schon komplett durchdrungener Faden / 0,6 µl: deutlich stärkere Farbtonvertiefung als bspw. sämtliche Kunstharzdispersionen, Stelle gleichmäßig durchdrungen - Nachbearbeitung mittels Heiznadel erst nach wenigen Minuten Wartezeit nach Applikation, da sonst Gemisch noch zu flüssig und klebrig an der Nadel (dadurch wird Klebung leicht wieder aufgerissen); zur Heiznadelanwendung siehe auch unter 11 B / SL+WS (kalt)
			Ü				
			Ü+V				
		Streifen (12 Fäden)	SAS	ca. 15-20			
			+ B	+ 15-25			
			Ü	ca. 15-20			
			Ü+V	ca. 20-25			
		Kreuzproben	SAS	ca. 15-20			
			SAS+B	+ 15-25			
		Berstdruckpr.	SAS	ca. 15-20			
			SAS+B	+ 15-25			

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle III:** Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
11 B	Störleim 20% + Weizenstärke (kalt) 13% (1:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 15	1	ohne Impuls / 1-2 sec.	- Verarbeitung vergleichbar mit SL+WS (warm); ggf. etwas flüssiger und homogener? - auch hier relativ starke Tränkung und Farbtonvertiefung sowie deutlich zeitversetzte Anwendung der Heiznadel - bei störleimhaltigen Klebstoffen sollte zudem allgemein die vollständige Durchtrocknung mittels Heiznadel vermieden werden, da bereits oberhalb von 25 °C der Störleim nicht mehr in der Gelphase trocknet und es so keine Ausbildung eines geordneten Netzwerks erlaubt; dies kann zu brüchigeren, spröderen und spannungsreicheren Klebestellen führen (vgl. freundliche schriftliche Mitteilung von DEMUTH 2012)
			Ü				
			Ü+V				
		Streifen	SAS	ca. 15-20			
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 15	6	ohne Impuls / 2 sec.	- übliche vorhandene Dosiergerät-Spitzen verstopfen, daher alternativ eine abgebrochene Spritzen-Kanüle aufgesetzt - da höherviskoser als andere Störleim-Modifikationen, sehr angenehm und zügiger zu verarbeiten - auch Farbtonvertiefung deutlich geringer - flüssiger als mit in Vortests ebenfalls betrachtetem „Testsieger“ mit 30%igem Störleim-Zusatz (geringstmöglicher Feststoffanteil funktioniert aber auch gut, obwohl mit 25% weniger „homogenes Gel“, d.h. weniger gut in kleinen Mengen dosierbar) - könnte mglw. auch deutlich verdünnter für Fadenbrücken als Beva-Ersatz geeignet sein; ggf. auch Mischung verschieden langer Arbocelfasertypen denkbar
			Ü				
			Ü+V				
		Streifen	SAS	ca. 20			

Fortsetzung **A.7.1 / Tabelle III:** Verklebungshinweise zu den Klebstoffen

Nr.	**Klebstoff**	**Probekörper**	**Technik**	**Zeit für Verklebung** [min]*	**Dosiergerät**		**Anmerkungen**
					Druck [bar]	**Impuls / Dosierdauer** für 0,3 µl	
13	Störleim 40%	Einzelfäden	SAS	10 Fäden / ca. 10-15	2	ohne Impuls / 2 sec.	- Herstellung des Klebstoffs bereits recht schwierig, da sehr hochviskos und erschwertes gleichmäßiges Lösen - beim Auftragen sehr schnell erstarrend, ist dann zähziehend, was sich durch Heiznadelnutzung etwas verzögern lässt (wird dann aber schnell spröde) - scheint trotz dessen recht gut einzudringen und zu benetzen - deutlich stärkere Farbtonvertiefung als bei Kunstharzdispersionen, aber ebenfalls deutlich geringer als bei SL/WS-Gemischen - 40%ig konnte im Gegensatz zu dem Feststoffgehalt der Dispersionen noch näherem 50%igem Störleim erfolgreich hergestellt werden (jedoch zu hochviskos für Arbocel-Zusatz)

A.7.2 Übersicht zu den angefertigten Textilprobekörpern

A.7.2 / Tabelle I: Angefertigte Nullproben

<table>
<tr><td>Probekörpertyp</td><td colspan="2">Einzelfäden</td><td colspan="3">Gewebestreifen</td><td colspan="3">Kreuzproben</td><td>Berstdruck-proben</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Probekörper-details</td><td colspan="2" rowspan="2">200 mm Gesamtlänge,
100 mm Einspannlänge</td><td colspan="2">300 mm Gesamtlänge,
100 mm Einspannlänge;
je 5 Fäden links und rechts
für Fransen gezogen</td><td>Vgl. links,
200 mm
Einspann-länge</td><td colspan="3">Schenkelbreite und Rissbereich
12 Fäden / 12,5 mm</td><td rowspan="2">Prüffläche
50 cm²,
Risslänge
12 Fäden /
12,5 mm</td></tr>
<tr><td>Breite
12 Fäden /
12,5 mm</td><td colspan="2">Breite 24 Fäden / 25 mm</td><td>Schenkel
200 mm,
Einspannlänge
100 mm</td><td colspan="2">Schenkel
200 mm
Einspannlänge
200 mm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nullproben</td><td>Garn /
TextilTrade:</td><td>Schussgarn /
Sironi:</td><td rowspan="2">Nr. 1-10</td><td rowspan="2">Nr. 1-10</td><td rowspan="2">Nr. 1-2</td><td>biaxial</td><td>uniaxial +
orthog. fixiert</td><td>biaxial</td><td rowspan="2">Nr. 1-40 A*</td></tr>
<tr><td>Nr. 1-15</td><td>Nr. 1-15</td><td>Nr. 1-6</td><td>A-E</td><td>Nr. 1-6</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Probekörper-anzahl</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">10</td><td rowspan="2">10</td><td rowspan="2">2</td><td>6</td><td>5</td><td rowspan="2">6</td><td rowspan="2">40</td></tr>
<tr><td colspan="2">11</td></tr>
<tr><td colspan="2">30</td><td colspan="3">22</td><td colspan="3">17</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="9">109</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="9">* = Ausnahmeanzahl, da ursprünglich je eine Nullprobe zu jeder Verklebung geplant, siehe auch unter A.6.5.</td></tr>
</table>

A.7.2 / Tabelle II: Angefertigte Klebungen

Probekörpertyp	**Einzelfäden**				**Gewebestreifen**					**Kreuzproben**			**Berstdruckproben**	
Probekörper-details	200 mm Gesamtlänge, 100 mm Einspannlänge				300 mm Gesamtlänge, 100 mm Einspannlänge; je 5 Fäden links und rechts für Fransen gezogen					Schenkelbreite und Rissbereich 12 Fäden / 12,5 mm			Prüffläche 50 cm², Risslänge 12 Fäden / 12,5 mm	
					Breite 12 Fäden / 12,5 mm				Breite 24 Fäden / 25 mm	Schenkel 200 mm, Einspannlänge 100 mm		Vgl. li, Einspann-länge 200 mm		
Verklebungs-Technik	SAS	SAS +B	Ü	Ü+V	SAS	SAS +B	Ü	Ü+V	SAS	SAS	SAS +B	SAS	SAS	SAS +B
Klebstoff	Probekörperanzahl (und ggf. Bezeichnung)													
Evacon	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Evacon + Methocel	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Evacon + Arbocel	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jade + Arbocel	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lineco	15	-	10	10	10 (Nr. 11-20)	10 (Nr. 21-30)	10 (Nr. 31-40)	10 (Nr. 41-50)	10 (Nr. 11-20)	6 (Nr. 7-12)	6 (Nr. 13-18)	6 (Nr. 7-12)	10 (Nr. 1-10 B)	19 (Nr. 11-20 B)
Lineco + H2O	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lineco + Methocel	15	-	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lineco + Arbocel	10	-	-	-	5 (Nr. 91-95)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fortsetzung **A.7.2 / Tabelle II:** Angefertigte Klebungen

Probekörpertyp	**Einzelfäden**				**Gewebestreifen**					**Kreuzproben**			**Berstdruckproben**	
Probekörper-details	200 mm Gesamtlänge, 100 mm Einspannlänge				300 mm Gesamtlänge, 100 mm Einspannlänge; je 5 Fäden links und rechts für Fransen gezogen					Schenkelbreite und Rissbereich 12 Fäden / 12,5 mm			Prüffläche 50 cm², Risslänge 12 Fäden / 12,5 mm	
					Breite 12 Fäden / 12,5 mm				Breite 24 Fäden / 25 mm	Schenkel 200 mm, Einspannlänge 100 mm		Vgl. li, Einspann-länge 200 mm		
Verklebungs-Technik	SAS	SAS +B	Ü	Ü+V	SAS	SAS +B	Ü	Ü+V	SAS	SAS	SAS +B	SAS	SAS	SAS +B
Klebstoff	Probekörperanzahl (und ggf. Bezeichnung)													
Mowilith D 50	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mowilith DHS S1	15	-	10	10	5 (Nr. 96-100)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mowilith DHS S1 + H2O	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mowilith DHS S1 + Methocel	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mowilith DM 771 + Methocel	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mowilith LD 167	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SL + WS kaltlöslich	15	-	10	10	5 (Nr. 106-110)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fortsetzung **A.7.2 / Tabelle II:** Angefertigte Klebungen

Probekörpertyp	**Einzelfäden**				**Gewebestreifen**					**Kreuzproben**			**Berstdruckproben**	
Probekörper-details	200 mm Gesamtlänge, 100 mm Einspannlänge				300 mm Gesamtlänge, 100 mm Einspannlänge; je 5 Fäden links und rechts für Fransen gezogen					Schenkelbreite und Rissbereich 12 Fäden / 12,5 mm			Prüffläche 50 cm², Risslänge 12 Fäden / 12,5 mm	
					Breite 12 Fäden / 12,5 mm				Breite 24 Fäden / 25 mm	Schenkel 200 mm, Einspannlänge 100 mm		Vgl. li, Einspann-länge 200 mm		
Verklebungs-Technik	SAS	SAS +B	Ü	Ü+V	SAS	SAS +B	Ü	Ü+V	SAS	SAS	SAS +B	SAS	SAS	SAS +B
Klebstoff	Probekörperanzahl (und ggf. Bezeichnung)													
SL + WS warmlöslich	15	-	10	10	10 (Nr. 51-60)	10 (Nr. 61-70)	10 (Nr. 71-80)	10 (Nr. 81-90)	10 (Nr. 21-30)	6 (Nr. 19-24)	6 (Nr. 25-30)	-	10 (Nr. 21-30 B)	10 (Nr. 31-40 B)
Störleim 40%	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SL 25% + Arbocel	15	-	10	10	5 (Nr. 101-105)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vinamul	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vinnapas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Probekörper-anzahl	230	-	60	60	40	20	20	20	20	12	12	6	10	10

A.7.2 / Tabelle III: Gesamtanzahl angefertigter Textilprobekörper

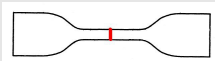
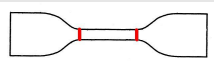
Probekörpertyp	**Einzelfäden**				**Gewebestreifen**					**Kreuzproben**			**Berstdruckproben**	
Probekörper-details	200 mm Gesamtlänge, 100 mm Einspannlänge				300 mm Gesamtlänge, 100 mm Einspannlänge; je 5 Fäden links und rechts für Fransen gezogen					Schenkelbreite und Rissbereich 12 Fäden / 12,5 mm			Prüffläche 50 cm², Risslänge 12 Fäden / 12,5 mm	
					Breite 12 Fäden / 12,5 mm				Breite 24 Fäden / 25 mm	Schenkel 200 mm, Einspannlänge 100 mm		Vgl. li, Einspann-länge 200 mm		
Verklebungs-Technik	SAS	SAS +B	Ü	Ü+V	SAS	SAS +B	Ü	Ü+V	SAS	SAS	SAS +B	SAS	SAS	SAS +B
Anzahl verklebter Probekörper	230	-	60	60	40	20	20	20	20	12	12	6	10	10
	350				100					24			20	
					120					30				
	520													
Anzahl der Einzelfaden-verklebungen insgesamt	350 x 1				100 x 12				20 x 24	30 x 12			20 x 12	
	350				1680					360			240	
	2630													
Anzahl aller Probekörper	520 verklebte Probekörper + 109 Nullproben													
	629													

A.8 Zur Klebstofffilmprüfung

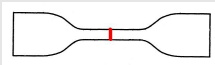
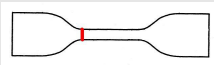
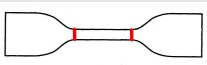
Nachfolgend werden Informationen und Daten zur Klebstofffilmprüfung zusammengetragen; die Sortierung erfolgt hierbei nach Wertetabellen sowie Grafiken und Diagrammen:

A.8.1 Wertetabellen

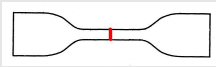
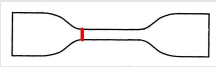
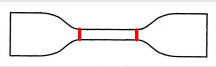
A.8.1 / Tabelle I: Probenprotokoll

Nr.	**Klebstoff**	**Gesamt-anzahl / Proben**				**(kein Bruch)**	**Notizen / Anmerkungen**
1	Mowilith D 50	11	2	1	8	-	Stegbereich wird ggf. minimal weißlicher; abruptes Reißen ohne auffälligeren Kurvenverlauf
2 A	Mowilith DHS S1	13	1	-	12	-	
2 B	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	13	1	-	12	-	
2 C	Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	11	2	-	9	-	
3	Mowilith LD 167	13	5	3	5	-	

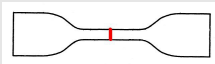
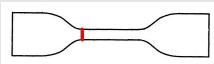
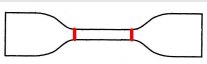
Fortsetzung **A.8.1 / Tabelle I:** Risstypen der Klebstofffilmprobekörper

Nr.	**Klebstoff**	**Gesamt-anzahl / Proben**				**(kein Bruch)**	**Notizen / Anmerkungen**
4 A	Lineco	17	6	11	-	-	Film wird mittig weiß, Kurve fällt nach Fmax ab, hält aber noch länger als bei Lineco + H_2O / Methocel, steigt danach teilw. wieder vglw. stark an (dehnt sich viel stärker auf?)
4 B	Lineco +Wasser (9:1)	13	10	3	-	-	Film wird mittig milchig, Kurvenverlauf fällt ab, teils mehrere kleinere Löcher sichtbar, schwächste Öffnung reißt auf
4 C	Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	11	8	3	-	-	Wird langsam streifig-weißlich im Stegbereich, aber reißt dann recht schnell ab durch vglw. dünne Schichtdicke
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	13	10	3	-	-	Vgl. Lineco + H_2O (versagen sehr untersch. schnell / untersch. starke Dehnung?); hier auch: Einreißen ohne komplettes Zerreißen

Fortsetzung **A.8.1 / Tabelle I:** Risstypen der Klebstofffilmprobekörper

Nr.	Klebstoff	Gesamt-anzahl / Proben				(kein Bruch)	Notizen / Anmerkungen
5 A	Evacon-R	13	6	1	-	6	Starkes Aufdehnen; Film reißt und rollt sich auf
5 B	Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	13	7	6	-	-	Vgl. reiner Film, aber schwächer, da dünner
5 C	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	10	8	2	-	-	Die Bereiche zwischen den Fasern dehnen sich auf, es entstehen kleine Löcher, die schwächste Stelle reißt als erstes ein
6	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	14	8	6	-	-	Ähnlich Lineco, aber dehnbarer und ohne weißliche Färbung
7	Vinnapas DP 600	13	4	2	7	-	Stegbereich wird ggf. min. weißlicher; abruptes Reißen
8	Vinamul 8481	14	4	9	1	-	Splitteriges Brechen
9	Beva 371	11	-	-	-	11	Dehnt sich sehr stark, dabei Kräfte sehr konstant um max. 1 N, Mittelsteg wird ganz leicht weißlich; wenn Traverse zurückfährt bereits elastische Rückformung beobachtbar

Fortsetzung **A.8.1 / Tabelle I:** Risstypen der Klebstofffilmprobekörper

Nr.	**Klebstoff**	**Gesamt-anzahl / Proben**				**(kein Bruch)**	**Notizen / Anmerkungen**
9	Beva 371 (abweichende Versuchsdauer)	1	1	-	-	-	Versuchsdauer unbegrenzt: Film dehnt sich extrem, mit steigender Dehnung erhöhte Verfestigung und Kraftansteig, Bruch erst nach ca. 6-7 Min.
10	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	15	6	9	-	-	Erreichen der Vorkraft dauerte sehr lange, teils Wiederholung erforderlich. → d.h. größere Dehnung?
11 A	Störleim 20% + Weizenstärke 13% (warm) 1:1	9	4	3	2	-	Filme von sehr ungleichmäßiger Dicke; scheinbar bilden die „getrennten“ Bereiche mit reinem Störleim die Schwachstellen neben den Stärke-Agglomerationen
11 B	Störleim 20% + Weizenstärke 13% (kalt) 1:1	10	5	4	1	-	
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	14	4	10	-	-	Reißt recht abrupt durch vglw. dünne Schichtdicke
13	Störleim 40%	14	3	4	8	-	Abruptes Reißen ohne auffälligeren Kurvenverlauf

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung

Nachfolgend werden je Klebstoff die Ergebnisse der Zugversuche aus den einzelnen Versuchsprotokollen (siehe auch unter A.20) tabellarisch gelistet; nachfolgend unter A.8.2 sind zugehörige Grafiken und Diagramme aufgeführt.

Legende zu den nachfolgenden Tabellen			
Prüfergebnisse	EMod	E-Modul	Siehe auch Begriffserläuterungen im Glossar unter A.15.
	Steig.	Steigung	
	Rm	Zugfestigkeit	
	F_{max}	Höchstzugkraft	
	ε - F_{max}	Höchstzugkraftdehnung	
	F_{Bruch}	Bruchkraft	
	ε - F_{Bruch}	Bruchkraftdehnung	
	$F_{2\% Dehnung}$	Kraft bei 2 % Dehnung	
Für die nachfolgenden Prüfungsergebnisse gilt Folgendes, sofern nicht anders oder speziell zur Unterscheidung gekennzeichnet:			
Prüfergebnisse	Einstellungen / E-Modul-Ermittlung	Sekante, 0,1 / 0,2 N bis Minimalwert F_{max}	Siehe auch unter A.14.

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith D 50

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
1	Mowilith D 50	1	65,4	3267,06	16,00	34,24	13,43	1,01	13,43	1,01	-
		2	64,4	3289,38	15,87	45,92	17,74	1,31	17,74	1,31	-
		3	63,4	3552,50	16,87	29,32	11,15	0,81	11,15	0,81	-
		4	72	3005,82	16,21	25,31	10,93	0,83	10,93	0,83	-
		5	61,8	3546,93	16,41	50,22	18,62	1,33	18,34	1,35	-
		6	62,2	3336,41	15,54	36,38	13,58	1,05	13,43	1,07	-
		7	57,2	3493,60	14,96	47,35	16,25	1,29	16,25	1,29	-
		8	69,8	3205,62	16,75	28,86	12,09	0,87	11,66	0,89	-
		9	63,8	3537,91	16,90	51,30	19,64	1,37	19,64	1,37	-
		10	69,8	3292,91	17,20	38,47	16,11	1,09	15,98	1,11	-
		11	64	3323,13	15,92	36,45	14,00	1,05	14,00	1,05	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith D 50

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
1	Mowilith D 50	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06489	3350,12	16,24	38,53	14,87	1,09	14,78	1,10	-	x
	Minimalwert	0,0572	3005,82	14,96	25,31	10,93	0,81	10,93	0,81	-	min
	Maximalwert	0,072	3552,50	17,20	51,30	19,64	1,37	19,64	1,37	-	max
	Median	0,064	3323,13	16,21	36,45	14,00	1,05	14,00	1,07	-	med
	Varianz	0,00001794	28974,61	0,45	81,28	9,01	0,04	9,06	0,04	-	s^2
	Standardabweichung	0,004235	170,22	0,67	9,02	3,00	0,21	3,01	0,21	-	s
	Variationskoeffizient	6,53	5,08	4,12	23,40	20,19	18,92	20,37	18,79	-	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,06774	3464,57	16,69	44,59	16,89	1,23	16,80	1,24	-	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,06204	3235,67	15,79	32,47	12,85	0,95	12,75	0,96	-	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith DHS S1

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
2 A	Mowilith DHS S1	1	64,6	3882,01	18,60	57,48	22,07	1,48	22,07	1,48	-
		2	66	3881,08	19,18	57,07	22,60	1,49	22,60	1,49	-
		3	64,4	3687,00	17,77	54,00	20,87	1,50	20,46	1,56	-
		4	63,4	3776,71	17,93	56,97	21,67	1,52	21,53	1,54	-
		5	62	3825,93	17,76	54,84	20,40	1,44	20,40	1,44	-
		6	63,6	3797,13	18,08	53,44	20,39	1,40	20,39	1,40	-
		7	65,8	3664,18	18,06	50,64	19,99	1,37	19,46	1,39	-
		8	66,8	3827,18	19,14	56,86	22,79	1,48	22,79	1,48	-
		9	65,8	3817,28	18,81	55,65	21,97	1,47	21,97	1,47	-
		10	63,2	-	-	48,89	18,54	1,27	18,54	1,27	-
		11	69,2	3739,28	19,37	54,00	22,42	1,43	22,42	1,43	-
		12	65,8	3845,09	18,94	58,04	22,92	1,51	22,92	1,51	-
		13	64,8	3759,07	18,24	58,24	22,64	1,59	22,64	1,59	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith DHS S1

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
2 A	Mowilith DHS S1	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06498	3791,83	18,49	55,09	21,48	1,46	21,40	1,47	-	x
	Minimalwert	0,062	3664,18	17,76	48,89	18,54	1,27	18,54	1,27	-	min
	Maximalwert	0,0692	3882,01	19,37	58,24	22,92	1,59	22,92	1,59	-	max
	Median	0,0648	3807,21	18,42	55,65	21,97	1,48	21,97	1,48	-	med
	Varianz	0,000003496	4851,91	0,34	8,22	1,79	0,01	1,99	0,01	-	s^2
	Standardabweichung	0,00187	69,66	0,59	2,87	1,34	0,08	1,41	0,08	-	s
	Variationskoeffizient	2,88	1,84	3,17	5,21	6,23	5,40	6,59	5,68	-	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,06612	3836,17	18,86	56,82	22,29	1,51	22,25	1,52	-	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,06385	3747,49	18,12	53,35	20,67	1,41	20,55	1,42	-	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith DHS S1 + Methocel A4C

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
2 B	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	1	54,6	3772,50	15,41	45,48	14,90	1,18	14,90	1,18	-
		2	52	3747,44	14,58	51,17	15,96	1,35	15,43	1,37	-
		3	54,2	3763,21	15,25	41,21	13,40	1,08	13,02	1,10	-
		4	53,2	3737,92	14,88	46,24	14,76	1,22	14,76	1,22	-
		5	55,4	3793,56	15,73	47,93	15,93	1,24	15,93	1,24	-
		6	53,2	3868,20	15,40	48,26	15,41	1,23	15,41	1,23	-
		7	51	3916,63	14,95	49,60	15,18	1,25	15,18	1,25	-
		8	54	3798,49	15,24	52,95	17,15	1,35	17,15	1,37	-
		9	51	3828,25	14,61	49,69	15,20	1,28	15,20	1,28	-
		10	52,2	3826,76	14,95	52,12	16,32	1,34	16,32	1,34	-
		11	51,2	3920,93	15,02	48,72	14,97	1,23	14,97	1,23	-
		12	51,4	3830,66	14,73	52,45	16,18	1,35	16,18	1,35	-
		13	51,4	3813,37	14,67	53,64	16,54	1,39	16,54	1,39	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith DHS S1 + Methocel A4C

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
2 B	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,05268	3816,76	15,03	49,19	15,53	1,27	15,46	1,27	-	x
	Minimalwert	0,051	3737,92	14,58	41,21	13,40	1,08	13,02	1,10	-	min
	Maximalwert	0,0554	3920,93	15,73	53,64	17,15	1,39	17,15	1,39	-	max
	Median	0,0522	3813,37	14,95	49,60	15,41	1,25	15,41	1,25	-	med
	Varianz	0,00000229	3385,47	0,13	12,19	0,93	0,01	1,06	0,01	-	s^2
	Standardabweichung	0,001513	58,18	0,35	3,49	0,96	0,09	1,03	0,09	-	s
	Variationskoeffizient	2,87	1,52	2,35	7,10	6,21	6,89	6,65	6,87	-	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,05359	3851,94	15,25	51,30	16,11	1,32	16,08	1,32	-	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05176	3781,58	14,82	47,08	14,95	1,21	14,84	1,22	-	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith DHS S1 + H_2O

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
2 C	Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	1	56,6	3873,35	16,40	57,10	19,39	1,51	19,39	1,51	-
		2	53,4	3839,65	15,33	52,22	16,73	1,35	16,10	1,37	-
		3	53,4	3885,46	15,52	51,10	16,37	1,30	16,25	1,32	-
		4	54	3825,79	15,46	55,00	17,82	1,47	17,82	1,47	-
		5	56	3866,82	16,20	52,27	17,56	1,34	17,56	1,34	-
		6	55,6	3656,85	15,21	48,12	16,05	1,30	15,33	1,32	-
		7	54,4	3806,86	15,49	53,88	17,59	1,43	17,59	1,43	-
		8	55,8	-	-	47,72	15,98	1,25	15,98	1,25	-
		9	53,6	3902,44	15,65	55,48	17,84	1,43	17,45	1,45	-
		10	54,8	3727,14	15,29	48,94	16,09	1,30	16,09	1,30	-
		11	53,4	3855,41	15,41	55,02	17,63	1,43	17,63	1,43	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith DHS S1 + H_2O

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
2 C	Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,05464	3823,98	15,60	52,44	17,19	1,37	17,02	1,38	-	x
	Minimalwert	0,0534	3656,85	15,21	47,72	15,98	1,25	15,33	1,25	-	min
	Maximalwert	0,0566	3902,44	16,40	57,10	19,39	1,51	19,39	1,51	-	max
	Median	0,0544	3847,53	15,48	52,27	17,56	1,35	17,45	1,37	-	med
	Varianz	0,000001415	5894,45	0,16	10,12	1,10	0,01	1,37	0,01	-	s^2
	Standardabweichung	0,001189	76,78	0,39	3,18	1,05	0,08	1,17	0,08	-	s
	Variationskoeffizient	2,18	2,01	2,53	6,07	6,10	6,00	6,87	5,81	-	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,05544	3878,85	15,88	54,58	17,89	1,43	17,80	1,43	-	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05384	3769,11	15,31	50,30	16,48	1,32	16,23	1,33	-	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith LD 167

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
3	Mowilith LD 167	1	72	4092,84	22,06	31,11	13,44	0,91	13,44	0,91	-
		2	66,6	4075,02	20,33	31,65	12,65	0,96	12,65	0,96	-
		3	58,2	4214,63	18,37	29,63	10,35	0,89	10,35	0,89	-
		4	67,6	4121,69	20,86	29,42	11,93	0,90	11,93	0,90	-
		5	57,8	4235,59	18,33	30,88	10,71	0,89	10,71	0,89	-
		6	61,8	4187,37	19,38	21,61	8,01	0,51	8,01	0,51	-
		7	55,4	4393,22	18,22	19,02	6,32	0,42	6,16	0,44	-
		8	69,2	4208,63	21,81	24,95	10,36	0,76	10,36	0,76	-
		9	60,8	4103,66	18,68	27,74	10,12	0,88	10,12	0,88	-
		10	64,2	4252,78	20,44	29,26	11,27	0,86	11,27	0,86	-
		11	67,6	4135,76	20,93	30,05	12,19	0,89	12,19	0,89	-
		12	70,4	4226,26	22,28	25,44	10,75	0,76	10,75	0,76	-
		13	60,4	4316,71	19,53	31,85	11,54	0,91	11,54	0,91	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith LD 167

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
3	Mowilith LD 167	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,064	4197,24	20,09	27,89	10,74	0,81	10,73	0,81	-	x
	Minimalwert	0,0554	4075,02	18,22	19,02	6,32	0,42	6,16	0,44	-	min
	Maximalwert	0,072	4393,22	22,28	31,85	13,44	0,96	13,44	0,96	-	max
	Median	0,0642	4208,63	20,33	29,42	10,75	0,89	10,75	0,89	-	med
	Varianz	0,00002823	8557,48	2,12	16,15	3,58	0,03	3,70	0,03	-	s^2
	Standardabweichung	0,005314	92,51	1,46	4,02	1,89	0,16	1,92	0,16	-	s
	Variationskoeffizient	8,30	2,20	7,24	14,41	17,63	20,12	17,94	19,59	-	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,06721	4253,18	20,97	30,32	11,89	0,91	11,89	0,91	-	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,06079	4141,31	19,21	25,46	9,60	0,71	9,57	0,72	-	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Lineco

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
4 A	Lineco	1	65	831,25	4,03	14,14	5,52	2,62	4,36	93,60	5,35
		2	60,8	711,42	3,23	13,95	5,09	2,66	3,78	65,60	4,93
		3	59,2	707,81	3,13	14,01	4,98	2,49	2,48	37,13	4,87
		4	62,4	767,06	3,57	14,11	5,28	2,60	4,10	76,48	5,12
		5	61	788,21	3,59	14,25	5,21	2,52	2,60	39,31	5,09
		6	60,8	775,77	3,53	14,25	5,20	2,61	3,87	69,28	5,06
		7	58,8	647,51	2,84	13,93	4,91	2,63	2,86	66,51	4,77
		8	61,2	797,80	3,64	14,37	5,28	2,59	3,25	32,30	5,13
		9	59,2	530,41	2,35	13,55	4,81	2,69	3,56	67,59	4,65
		10	58	540,14	2,34	13,80	4,80	2,54	3,91	80,07	4,67
		11	62,2	770,66	3,58	14,01	5,23	2,64	2,63	56,60	5,08
		12	60	744,82	3,34	14,21	5,12	2,61	3,92	64,55	4,97
		13	59,6	735,96	3,27	14,12	5,05	2,61	3,57	37,16	4,93
		14	58,4	683,95	2,97	14,15	4,96	2,60	3,91	65,46	4,82
		15	58,2	655,35	2,85	14,09	4,92	2,70	2,57	54,69	4,77
		16	60,4	656,29	2,96	13,67	4,95	2,68	3,33	62,06	4,81
		17	60	575,27	2,58	13,45	4,84	2,60	3,90	69,69	4,70
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Lineco

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
4 A	Lineco	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06031	701,16	3,16	14,00	5,07	2,61	3,45	61,06	4,93	x
	Minimalwert	0,058	530,41	2,34	13,45	4,80	2,49	2,48	32,30	4,65	min
	Maximalwert	0,065	831,25	4,03	14,37	5,52	2,70	4,36	93,60	5,35	max
	Median	0,06	711,42	3,23	14,09	5,05	2,61	3,57	65,46	4,93	med
	Varianz	0,000003161	8128,90	0,23	0,07	0,04	0,00	0,37	276,91	0,04	s^2
	Standardabweichung	0,001778	90,16	0,48	0,26	0,20	0,06	0,61	16,64	0,19	s
	Variationskoeffizient	2,95	12,86	15,11	1,83	3,89	2,13	17,64	27,25	3,91	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,06122	747,52	3,41	14,14	5,17	2,64	3,76	69,62	5,02	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05939	654,80	2,92	13,87	4,97	2,58	3,14	52,51	4,83	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Lineco + H_2O

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
4 B	Lineco + Wasser (9:1)	1	57,2	1078,80	4,61	16,33	5,61	2,39	3,45	39,78	5,53
		2	52,8	1099,67	4,34	17,33	5,49	2,41	2,81	53,09	5,40
		3	52,8	1020,03	4,03	16,80	5,32	2,39	3,62	31,16	5,24
		4	51,2	873,09	3,34	16,25	4,99	2,42	2,48	34,89	4,91
		5	55,4	1038,64	4,30	16,67	5,54	2,49	2,75	23,33	5,43
		6	51	905,72	3,45	16,66	5,10	2,45	2,54	33,22	4,99
		7	56,6	1011,71	4,28	16,45	5,59	2,53	2,79	26,79	5,44
		8	51,8	889,28	3,45	16,68	5,18	2,59	2,58	50,81	5,02
		9	57,6	1081,39	4,66	17,05	5,89	2,63	2,93	33,11	5,71
		10	59,2	1064,86	4,71	16,23	5,76	2,41	3,89	43,38	5,66
		11	51,6	-	-	15,40	4,77	2,30	3,49	34,14	4,71
		12	51	839,41	3,20	16,03	4,91	2,35	2,79	36,58	4,85
		13	52,4	1038,63	4,07	16,94	5,33	2,41	3,58	35,05	5,25
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Lineco + H_2O

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**⌀ Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
4 B	Lineco + Wasser (9:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,05389	995,10	4,04	16,52	5,34	2,44	3,05	36,56	5,24	x
	Minimalwert	0,051	839,41	3,20	15,40	4,77	2,30	2,48	23,33	4,71	min
	Maximalwert	0,0592	1099,67	4,71	17,33	5,89	2,63	3,89	53,09	5,71	max
	Median	0,0528	1029,33	4,18	16,66	5,33	2,41	2,81	34,89	5,25	med
	Varianz	0,000008391	8477,55	0,30	0,25	0,12	0,01	0,23	72,24	0,10	s^2
	Standardabweichung	0,002897	92,07	0,54	0,50	0,34	0,09	0,48	8,50	0,32	s
	Variationskoeffizient	5,37	9,25	13,50	3,00	6,39	3,84	15,74	23,25	6,12	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,05564	1053,71	4,38	16,82	5,55	2,50	3,35	41,70	5,44	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05214	936,50	3,69	16,22	5,14	2,39	2,76	31,43	5,05	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Lineco + Arbocel BWW 40

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
4 C	Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	1	76,2	655,30	3,73	6,48	2,96	1,42	2,54	4,10	2,84
		2	78,8	685,43	4,04	6,73	3,18	1,49	2,78	3,30	3,08
		3	73	530,86	2,89	5,94	2,60	1,37	2,14	3,63	2,49
		4	76,2	580,91	3,31	6,05	2,77	1,42	2,46	3,33	2,67
		5	70,6	437,72	2,31	6,30	2,67	1,79	2,43	3,22	2,65
		6	72,8	-	-	5,55	2,43	1,38	2,03	3,20	2,31
		7	78,2	672,63	3,94	6,57	3,08	1,45	2,64	4,63	2,98
		8	70,4	588,98	3,10	6,47	2,73	1,48	2,14	4,18	2,65
		9	76,8	718,24	4,13	7,24	3,34	1,62	2,76	6,29	3,27
		10	68,8	675,93	3,48	7,05	2,91	1,50	2,44	4,68	2,83
		11	71,4	593,23	3,17	6,57	2,82	1,57	2,40	3,48	2,75
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Lineco + Arbocel BWW 40

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**⌀ Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
4 C	Lineco +Arbocel BWW 40 (20:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,07393	613,92	3,41	6,45	2,86	1,50	2,43	4,00	2,77	x
	Minimalwert	0,0688	437,72	2,31	5,55	2,43	1,37	2,03	3,20	2,31	min
	Maximalwert	0,0788	718,24	4,13	7,24	3,34	1,79	2,78	6,29	3,27	max
	Median	0,073	624,26	3,39	6,48	2,82	1,48	2,44	3,63	2,75	med
	Varianz	0,00001189	7231,68	0,33	0,24	0,07	0,01	0,06	0,87	0,07	s^2
	Standardabweichung	0,003448	85,04	0,57	0,48	0,27	0,12	0,25	0,93	0,27	s
	Variationskoeffizient	4,66	13,85	16,75	7,51	9,33	8,10	10,26	23,34	9,70	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,07625	674,70	3,82	6,78	3,04	1,58	2,60	4,63	2,95	$P(\mu) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,07161	553,15	3,00	6,13	2,68	1,42	2,26	3,38	2,59	$P(\mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Lineco + Methocel A4C

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1	53,4	968,05	3,86	17,40	5,58	2,14	2,74	24,62	5,56
		2	56	1085,76	4,55	17,87	6,00	2,35	3,52	30,65	5,93
		3	57,6	1107,68	4,77	17,53	6,06	2,26	2,95	35,78	6,01
		4	55,6	969,90	4,03	17,02	5,68	2,19	3,69	20,74	5,64
		5	53	773,04	3,06	17,08	5,43	2,27	2,79	13,46	5,40
		6	54,4	859,85	3,50	16,87	5,51	2,24	2,74	27,09	5,47
		7	56,8	1046,43	4,44	17,52	5,97	2,34	3,68	41,04	5,89
		8	53,2	820,59	3,26	17,19	5,49	2,34	3,66	35,96	5,42
		9	55,2	893,07	3,69	16,93	5,61	2,36	2,80	14,10	5,54
		10	53,8	-	-	16,40	5,29	2,42	3,01	31,09	5,23
		11	57,2	998,06	4,27	17,11	5,87	2,37	2,92	31,86	5,80
		12	54,4	1033,64	4,20	17,75	5,79	2,27	3,94	34,70	5,74
		13	56	988,65	4,14	17,29	5,81	2,35	2,85	37,10	5,74
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Lineco + Methocel A4C

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,05512	962,06	3,98	17,23	5,70	2,30	3,18	29,09	5,64	x
	Minimalwert	0,053	773,04	3,06	16,40	5,29	2,14	2,74	13,46	5,23	min
	Maximalwert	0,0576	1107,68	4,77	17,87	6,06	2,42	3,94	41,04	6,01	max
	Median	0,0552	979,27	4,08	17,19	5,68	2,34	2,95	31,09	5,64	med
	Varianz	0,000002417	11072,71	0,27	0,16	0,06	0,01	0,20	75,61	0,05	s^2
	Standardabweichung	0,001555	105,23	0,52	0,40	0,24	0,08	0,45	8,70	0,23	s
	Variationskoeffizient	2,82	10,94	13,12	2,29	4,21	3,56	14,04	29,89	4,14	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,05606	1029,04	4,31	17,47	5,84	2,35	3,45	34,35	5,78	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05418	895,08	3,65	16,99	5,55	2,25	2,91	23,83	5,50	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Evacon-R

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
5 A	Evacon-R	1	58,6	6,08	0,03	7,08	2,49	178,38	2,10	181,46	0,85
		2	61	6,69	0,03	6,98	2,56	174,25	2,39	175,33	0,90
		3	58,4	6,56	0,03	6,92	2,43	165,46	2,03	167,72	0,88
		4	56	5,15	0,02	7,07	2,38	185,58	-	-	0,79
		5	58	7,21	0,03	7,83	2,72	185,52	-	-	0,88
		6	55,8	5,86	0,02	7,23	2,42	185,65	-	-	0,81
		7	55,2	4,61	0,02	6,84	2,27	185,44	-	-	0,71
		8	56,4	5,95	0,02	7,33	2,48	185,48	-	-	0,79
		9	56,4	4,94	0,02	7,10	2,40	185,46	-	-	0,70
		10	57,6	5,02	0,02	6,72	2,32	175,66	2,06	177,77	0,70
		11	56,6	5,01	0,02	4,68	1,59	87,87	1,08	94,17	0,72
		12	56	4,49	0,02	5,16	1,73	121,23	1,15	126,81	0,68
		13	58	5,24	0,02	5,14	1,79	110,12	1,32	114,07	0,74
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Evacon-R

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
5 A	Evacon-R	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,05723	5,60	0,02	6,62	2,27	163,55	1,73	148,19	0,78	x
	Minimalwert	0,0552	4,49	0,02	4,68	1,59	87,87	1,08	94,17	0,68	min
	Maximalwert	0,061	7,21	0,03	7,83	2,72	185,65	2,39	181,46	0,90	max
	Median	0,0566	5,24	0,02	6,98	2,40	178,38	2,03	167,72	0,79	med
	Varianz	0,000002479	0,73	0,00	0,94	0,12	1146,26	0,28	1273,23	0,01	s^2
	Standardabweichung	0,001574	0,86	0,00	0,97	0,35	33,86	0,53	35,68	0,08	s
	Variationskoeffizient	2,75	15,29	17,37	14,67	15,21	20,70	30,77	24,08	10,13	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,05818	6,12	0,03	7,21	2,48	184,02	2,23	181,23	0,83	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05628	5,08	0,02	6,03	2,07	143,08	1,24	115,15	0,73	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Evacon-R + Methocel A4C

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
5 B	Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1	49	6,21	0,02	6,02	1,77	112,18	1,19	116,77	0,68
		2	49,2	5,43	0,02	6,62	1,95	144,02	1,48	146,20	0,60
		3	48,8	5,56	0,02	6,62	1,94	136,92	1,38	141,66	0,60
		4	51,4	5,83	0,02	6,11	1,88	124,59	1,37	128,33	0,64
		5	49,6	5,18	0,02	6,33	1,88	144,60	1,26	148,38	0,63
		6	49,6	4,88	0,02	5,74	1,71	121,49	1,43	125,96	0,58
		7	48,2	5,13	0,02	5,48	1,58	104,60	1,01	109,87	0,57
		8	49	5,16	0,02	6,16	1,81	132,23	1,31	136,70	0,56
		9	50,8	6,00	0,02	6,03	1,84	113,24	1,26	117,40	0,61
		10	50	5,31	0,02	5,91	1,77	120,41	1,36	124,90	0,60
		11	49,6	4,52	0,02	5,42	1,61	120,35	1,10	125,43	0,59
		12	50,6	5,03	0,02	5,45	1,66	109,72	1,09	115,46	0,59
		13	50,6	4,41	0,02	5,14	1,56	109,96	1,02	115,35	0,53
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Evacon-R + Methocel A4C

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
5 B	Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,04972	5,28	0,02	5,93	1,77	122,64	1,25	127,11	0,60	x
	Minimalwert	0,0482	4,41	0,02	5,14	1,56	104,60	1,01	109,87	0,53	min
	Maximalwert	0,0514	6,21	0,02	6,62	1,95	144,60	1,48	148,38	0,68	max
	Median	0,0496	5,18	0,02	6,02	1,77	120,41	1,26	125,43	0,60	med
	Varianz	0,0000008436	0,28	0,00	0,21	0,02	175,09	0,02	158,62	0,00	s^2
	Standardabweichung	0,0009185	0,53	0,00	0,46	0,13	13,23	0,16	12,59	0,04	s
	Variationskoeffizient	1,85	10,09	10,43	7,79	7,55	10,79	12,40	9,91	6,29	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,05028	5,60	0,02	6,21	1,85	130,64	1,35	134,72	0,62	$P(\mu\ ) = 0{,}95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,04917	4,96	0,02	5,65	1,69	114,64	1,16	119,49	0,58	$P(\ \mu) = 0{,}95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Evacon-R + Arbocel BWW 40

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
5 C	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	1	68	10,17	0,05	3,56	1,45	45,94	1,06	49,24	0,68
		2	68,8	8,83	0,05	3,35	1,38	47,47	1,31	48,72	0,67
		3	60,6	9,11	0,04	3,66	1,33	45,95	1,14	47,65	0,68
		4	61,4	9,24	0,04	3,88	1,43	56,43	0,95	60,58	0,68
		5	71,2	11,97	0,06	3,52	1,50	42,62	1,16	46,73	0,74
		6	69,6	13,20	0,07	3,81	1,59	45,94	1,45	47,29	0,77
		7	70,4	16,89	0,09	4,00	1,69	46,27	1,26	48,86	0,84
		8	73,4	12,79	0,07	3,36	1,48	38,29	1,23	40,59	0,78
		9	61,8	11,75	0,05	4,03	1,49	50,39	1,03	52,76	0,73
		10	62	-	-	3,27	1,22	45,71	0,90	47,92	0,61
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Evacon-R + Arbocel BWW 40

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	$\mathbf{F_{max}}$ [N]	**ε - F_{max}** [%]	$\mathbf{F_{Bruch}}$ [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
5 C	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06672	11,55	0,06	3,64	1,46	46,50	1,15	49,03	0,72	x
	Minimalwert	0,0606	8,83	0,04	3,27	1,22	38,29	0,90	40,59	0,61	min
	Maximalwert	0,0734	16,89	0,09	4,03	1,69	56,43	1,45	60,58	0,84	max
	Median	0,0684	11,75	0,05	3,61	1,47	45,95	1,15	48,32	0,71	med
	Varianz	0,00002275	6,69	0,00	0,08	0,02	22,08	0,03	25,56	0,00	s^2
	Standardabweichung	0,00477	2,59	0,02	0,28	0,13	4,70	0,17	5,06	0,07	s
	Variationskoeffizient	7,15	22,39	26,90	7,57	9,05	10,11	14,65	10,31	9,24	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,07013	13,54	0,07	3,84	1,55	49,86	1,27	52,65	0,77	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,06331	9,56	0,05	3,45	1,36	43,15	1,03	45,42	0,67	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Jade 403 N + Arbocel BWW 40

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
6	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	1	69,8	4,93	0,03	3,51	1,47	69,55	1,15	74,55	0,51
		2	75,8	7,46	0,04	4,09	1,86	76,07	1,60	80,13	0,62
		3	75,8	8,61	0,05	4,35	1,98	73,33	1,17	78,36	0,64
		4	63,6	5,78	0,03	3,94	1,50	70,13	1,35	72,12	0,52
		5	68,8	8,47	0,04	3,89	1,60	50,70	0,97	54,36	0,61
		6	64,4	6,55	0,03	3,84	1,48	60,14	1,25	62,70	0,56
		7	61,4	7,07	0,03	4,49	1,65	77,43	1,26	81,98	0,57
		8	67,6	8,83	0,04	4,46	1,81	69,73	1,19	73,02	0,64
		9	64	-	-	3,77	1,45	50,27	0,71	55,61	0,58
		10	66,4	8,42	0,04	4,40	1,75	66,18	1,17	69,54	0,61
		11	65,8	6,82	0,03	4,12	1,63	68,87	1,15	74,12	0,56
		12	77,2	6,15	0,04	3,52	1,63	64,07	1,17	72,09	0,59
		13	74,4	5,46	0,03	3,35	1,50	62,09	0,93	66,10	0,54
		14	76	6,21	0,04	3,57	1,63	66,32	1,23	70,00	0,57
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Jade 403 N + Arbocel BWW 40

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**⌀ Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
6	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06936	6,98	0,04	3,95	1,64	66,06	1,16	70,33	0,58	x
	Minimalwert	0,0614	4,93	0,03	3,35	1,45	50,27	0,71	54,36	0,51	min
	Maximalwert	0,0772	8,83	0,05	4,49	1,98	77,43	1,60	81,98	0,64	max
	Median	0,0682	6,82	0,04	3,91	1,63	67,60	1,17	72,10	0,58	med
	Varianz	0,00002991	1,67	0,00	0,15	0,03	67,11	0,04	68,48	0,00	s^2
	Standardabweichung	0,005469	1,29	0,01	0,38	0,16	8,19	0,20	8,28	0,04	s
	Variationskoeffizient	7,89	18,52	19,77	9,65	9,81	12,40	17,60	11,77	7,02	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,07251	7,76	0,04	4,17	1,73	70,79	1,28	75,11	0,60	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,0662	6,20	0,03	3,73	1,55	61,33	1,05	65,56	0,56	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Vinnapas DP 600

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
7	Vinnapas DP 600	1	57,6	4156,02	17,93	38,16	13,19	0,99	13,19	0,99	-
		2	72,4	4174,88	22,62	36,67	15,93	0,97	15,18	0,99	-
		3	61,4	4105,10	18,86	39,44	14,53	1,01	14,53	1,01	-
		4	65	4079,60	19,84	36,51	14,24	0,96	14,10	0,98	-
		5	62,4	4112,99	19,19	32,35	12,11	0,85	12,11	0,85	-
		6	60,2	4109,85	18,51	29,71	10,73	0,79	10,44	0,81	-
		7	60,4	4032,07	18,22	31,09	11,27	0,85	11,27	0,85	-
		8	70,2	4152,73	21,80	30,33	12,77	0,81	12,19	0,83	-
		9	56,8	4337,30	18,43	38,00	12,95	0,95	12,95	0,95	-
		10	59,4	3367,12	14,93	23,93	8,53	0,75	8,53	0,75	-
		11	57,4	4380,74	18,82	35,29	12,15	0,95	12,15	0,95	-
		12	56,4	3725,21	15,73	24,45	8,27	0,64	8,27	0,64	-
		13	65	3752,89	18,27	38,24	14,91	1,07	14,77	1,09	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Vinnapas DP 600

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
7	Vinnapas DP 600	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06189	4037,42	18,70	33,40	12,43	0,89	12,28	0,90	-	x
	Minimalwert	0,0564	3367,12	14,93	23,93	8,27	0,64	8,27	0,64	-	min
	Maximalwert	0,0724	4380,74	22,62	39,44	15,93	1,07	15,18	1,09	-	max
	Median	0,0604	4109,85	18,51	35,29	12,77	0,95	12,19	0,95	-	med
	Varianz	0,00002544	74927,75	4,22	27,25	5,33	0,01	4,91	0,02	-	s^2
	Standardabweichung	0,005044	273,73	2,06	5,22	2,31	0,12	2,21	0,12	-	s
	Variationskoeffizient	8,15	6,78	10,99	15,63	18,58	13,57	18,03	13,72	-	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,06494	4202,93	19,95	36,55	13,83	0,96	13,62	0,97	-	$P(\mu) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05884	3871,92	17,46	30,24	11,03	0,82	10,94	0,82	-	$P(\mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Vinamul 8481

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
8	Vinamul 8481	1	71,2	4245,94	22,63	22,40	9,57	0,67	9,10	0,69	-
		2	64,4	4646,30	22,41	31,79	12,28	0,85	11,98	0,87	-
		3	68,4	3928,20	20,12	20,00	8,21	0,56	8,21	0,56	-
		4	71,2	4142,47	22,08	16,20	6,92	0,38	6,92	0,38	-
		5	71,4	4159,91	22,23	14,63	6,27	0,34	6,14	0,36	-
		6	77,8	4367,80	25,44	31,95	14,92	0,89	14,67	0,91	-
		7	66,6	4039,58	20,14	15,93	6,37	0,38	6,15	0,40	-
		8	68,2	4076,54	20,82	20,61	8,43	0,52	8,43	0,52	-
		9	72,2	4494,91	24,30	19,43	8,42	0,53	8,42	0,53	-
		10	63,6	4289,98	20,43	26,32	10,04	0,76	10,04	0,76	-
		11	71	4525,83	24,06	13,48	5,74	0,29	5,68	0,31	-
		12	68,4	4348,05	22,27	25,12	10,31	0,72	10,31	0,72	-
		13	65	4411,95	21,47	18,27	7,12	0,41	7,12	0,41	-
		14	76,2	3951,25	22,54	16,73	7,65	0,42	7,65	0,42	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Vinamul 8481

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**⌀ Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
8	Vinamul 8481	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06969	4259,19	22,21	20,92	8,73	0,55	8,63	0,56	-	x
	Minimalwert	0,0636	3928,20	20,12	13,48	5,74	0,29	5,68	0,31	-	min
	Maximalwert	0,0778	4646,30	25,44	31,95	14,92	0,89	14,67	0,91	-	max
	Median	0,0697	4267,96	22,25	19,71	8,31	0,52	8,31	0,52	-	med
	Varianz	0,00001737	48470,58	2,53	35,28	6,45	0,04	6,17	0,04	-	s^2
	Standardabweichung	0,004168	220,16	1,59	5,94	2,54	0,20	2,48	0,20	-	s
	Variationskoeffizient	5,98	5,17	7,17	28,40	29,09	35,55	28,78	35,21	-	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,07209	4386,29	23,13	24,35	10,20	0,66	10,07	0,67	-	P(μ) = 0,95
	95%-Vertrauensbereich unten	0,06728	4132,10	21,29	17,49	7,27	0,44	7,20	0,45	-	P(μ) = 0,95
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Beva 371

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
9	Beva 371 (b)	1	54,6	1,67	0,01	3,27	1,07	181,44	-	-	0,35
		2	54,6	-	-	3,23	1,06	182,80	-	-	0,35
		3	54,6	1,81	0,01	3,32	1,09	183,63	-	-	0,35
		4	55	1,62	0,01	3,24	1,07	183,53	-	-	0,35
		5	58	2,23	0,01	3,24	1,13	184,41	-	-	0,36
		6	55,2	1,86	0,01	3,32	1,10	184,42	-	-	0,35
		7	55	1,68	0,01	3,25	1,07	183,65	-	-	0,34
		8	56,4	2,35	0,01	3,35	1,13	184,17	-	-	0,36
		9	58,4	2,32	0,01	3,21	1,13	183,00	-	-	0,36
		10	61,2	1,99	0,01	3,06	1,12	182,50	-	-	0,35
		11	60,4	4,59	0,02	3,29	1,19	184,76	-	-	0,28
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}									
	Beva 371 (b) längere Versuchsdauer	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]**	**Steigung** [N/mm]**	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
		1	60,2	-	-	5,81	2,10	419,86	1,94	424,74	0,38
		** = folgende E-Moduleinstellungen ermöglichten keine Ermittlung: Sekante von 0 N bis Minimalwert F_{max}									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Beva 371

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
9	Beva 371 (b)	*Statistik***									
	Arithmetisches Mittel	0,05667	2,21	0,01	3,25	1,11	183,48	-	-	0,34	x
	Minimalwert	0,0546	1,62	0,01	3,06	1,06	181,44	-	-	0,28	min
	Maximalwert	0,0612	4,59	0,02	3,35	1,19	184,76	-	-	0,36	max
	Median	0,0552	1,93	0,01	3,25	1,10	183,63	-	-	0,35	med
	Varianz	0,000005986	0,77	0,00	0,01	0,00	0,97	-	-	0,00	s^2
	Standardabweichung	0,002447	0,88	0,00	0,08	0,04	0,99	-	-	0,02	s
	Variationskoeffizient	4,32	39,67	44,00	2,39	3,59	0,54	-	-	6,08	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,05832	2,84	0,01	3,31	1,13	184,15	-	-	0,36	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05503	1,59	0,01	3,20	1,08	182,82	-	-	0,33	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max} / ** = Probe mit längerer Versuchsdauer nicht eingeschlossen										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith DM 771 + Methocel A4C

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
10	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	1	60,8	-	-	7,04	2,57	96,85	2,18	100,31	1,14
		2	61,4	7,14	0,03	8,42	3,10	129,26	3,06	130,48	1,21
		3	61	7,56	0,03	8,60	3,15	127,73	2,98	130,12	1,23
		4	62,2	7,64	0,04	9,07	3,38	138,81	3,35	138,88	1,27
		5	57	6,92	0,03	7,76	2,65	109,78	2,51	112,28	1,11
		6	57,6	6,71	0,03	9,39	3,24	146,29	3,19	148,92	1,11
		7	58,8	6,48	0,03	7,61	2,68	116,65	2,57	118,38	1,11
		8	60,2	6,81	0,03	8,83	3,19	141,47	2,85	143,82	1,12
		9	59	6,78	0,03	9,15	3,24	145,62	3,17	147,12	1,11
		10	60	6,78	0,03	7,88	2,84	120,68	2,71	123,07	1,14
		11	59,8	6,77	0,03	8,31	2,98	129,45	2,91	130,28	1,14
		12	62,2	6,98	0,03	9,36	3,49	151,56	3,46	152,25	1,20
		13	61	6,33	0,03	7,85	2,87	123,10	2,80	124,16	1,08
		14	62,2	6,73	0,03	7,37	2,75	116,54	2,27	121,92	1,14
		15	57,2	6,68	0,03	8,71	2,99	136,78	2,79	138,24	1,08
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / Mowilith DM 771 + Methocel A4C

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
10	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06003	6,88	0,03	8,36	3,01	128,70	2,85	130,68	1,15	x
	Minimalwert	0,057	6,33	0,03	7,04	2,57	96,85	2,18	100,31	1,08	min
	Maximalwert	0,0622	7,64	0,04	9,39	3,49	151,56	3,46	152,25	1,27	max
	Median	0,0602	6,78	0,03	8,42	2,99	129,26	2,85	130,28	1,14	med
	Varianz	0,000003159	0,13	0,00	0,55	0,08	229,42	0,14	211,09	0,00	s^2
	Standardabweichung	0,001777	0,36	0,00	0,74	0,28	15,15	0,37	14,53	0,06	s
	Variationskoeffizient	2,96	5,29	7,52	8,88	9,24	11,77	13,00	11,12	4,82	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,06101	7,09	0,03	8,77	3,16	137,07	3,06	138,71	1,18	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05904	6,67	0,03	7,95	2,86	120,34	2,65	122,65	1,11	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,1 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / SL + WS (warm)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
11 A	Störleim 20% + Weizenstärke (warm) 13% (1:1)	1	62,8	4522,82	21,26	87,57	33,00	2,07	33,00	2,07	32,50
		2	77,6	4374,09	25,39	95,14	44,30	2,83	43,15	3,74	39,05
		3	73,8	4495,54	24,82	88,01	38,97	2,19	38,97	2,19	37,29
		4	66,8	4655,63	23,28	94,41	37,84	2,53	37,84	2,53	35,01
		5	56,2	4528,02	19,04	87,37	29,46	1,92	27,92	2,38	29,40
		6	68,4	4447,60	22,75	95,41	39,16	2,66	38,92	2,97	35,15
		7	70,8	4379,49	23,20	88,83	37,74	2,53	37,74	2,53	34,97
		8	58,8	4876,63	21,46	90,50	31,93	1,92	31,93	1,92	-
		9	74,8	4279,96	23,98	82,41	36,99	2,01	36,99	2,01	36,90
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / SL + WS (warm)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
11 A	Störleim 20% + Weizenstärke (warm) 13% (1:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,06778	4506,64	22,80	89,96	36,60	2,29	36,27	2,48	35,03	x
	Minimalwert	0,0562	4279,96	19,04	82,41	29,46	1,92	27,92	1,92	29,40	min
	Maximalwert	0,0776	4876,63	25,39	95,41	44,30	2,83	43,15	3,74	39,05	max
	Median	0,0684	4495,54	23,20	88,83	37,74	2,19	37,74	2,38	35,08	med
	Varianz	0,00005399	31066,86	3,86	18,88	20,02	0,12	20,76	0,33	8,98	s^2
	Standardabweichung	0,007348	176,26	1,96	4,35	4,47	0,34	4,56	0,57	3,00	s
	Variationskoeffizient	10,84	3,91	8,62	4,83	12,23	14,99	12,56	23,10	8,55	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,07344	4642,36	24,31	93,31	40,04	2,56	39,78	2,92	37,53	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,06212	4370,93	21,28	86,62	33,15	2,03	32,76	2,04	32,53	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / SL + WS (kalt)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
11 B	Störleim 20% + Weizenstärke (kalt) 13% (1:1)	1	74,2	4309,51	23,91	87,38	38,90	2,25	38,90	2,25	37,53
		2	74	3881,24	21,44	85,22	37,84	2,37	37,57	2,60	36,20
		3	77,2	4007,94	23,15	83,40	38,63	2,46	38,16	2,90	36,85
		4	78,2	4025,59	23,55	76,98	36,12	2,12	34,65	2,14	35,72
		5	58,2	4099,16	17,87	76,80	26,82	2,13	26,81	2,15	26,71
		6	70,4	4230,82	22,29	85,87	36,27	2,37	35,58	2,82	34,84
		7	62,4	3560,17	16,62	41,75	15,63	1,16	15,63	1,16	-
		8	73,2	4521,89	24,76	89,68	39,39	2,30	38,67	2,64	38,21
		9	73,8	4636,40	25,60	92,44	40,93	2,17	40,06	2,42	40,36
		10	75	3948,65	22,14	90,89	40,90	2,29	40,90	2,29	38,43
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / SL + WS (kalt)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
11 B	Störleim 20% + Weizenstärke (kalt) 13% (1:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,07166	4122,14	22,13	81,04	35,14	2,16	34,69	2,34	36,10	x
	Minimalwert	0,0582	3560,17	16,62	41,75	15,63	1,16	15,63	1,16	26,71	min
	Maximalwert	0,0782	4636,40	25,60	92,44	40,93	2,46	40,90	2,90	40,36	max
	Median	0,0739	4062,37	22,72	85,54	38,23	2,27	37,87	2,35	36,85	med
	Varianz	0,00004133	99780,06	8,25	218,44	63,38	0,14	60,81	0,24	15,06	s^2
	Standardabweichung	0,006429	315,88	2,87	14,78	7,96	0,37	7,80	0,49	3,88	s
	Variationskoeffizient	8,97	7,66	12,98	18,24	22,65	17,06	22,48	21,08	10,75	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,07625	4347,89	24,19	91,60	40,83	2,43	40,27	2,69	39,08	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,06707	3896,39	20,08	70,48	29,45	1,90	29,12	1,98	33,11	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / SL + Arbocel BWW 40

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	1	60,4	2012,35	9,09	22,61	8,19	1,21	8,19	1,21	-
		2	61,8	1989,44	9,19	19,09	7,08	0,97	6,78	0,99	-
		3	60,2	2174,92	9,79	14,70	5,31	0,66	5,16	0,68	-
		4	55,6	-	-	15,88	5,30	0,68	5,30	0,68	-
		5	58	2085,31	9,04	22,70	7,90	1,16	7,90	1,16	-
		6	61	2251,03	10,28	23,78	8,70	1,12	8,61	1,14	-
		7	57,4	1971,71	8,47	18,87	6,50	0,96	6,50	0,96	-
		8	61,2	2562,25	11,73	28,70	10,54	1,40	10,54	1,40	-
		9	69,6	2613,29	13,59	25,42	10,61	1,10	10,61	1,10	-
		10	55	3099,22	12,76	24,91	8,22	0,90	8,22	0,90	-
		11	63,4	3200,18	15,19	38,53	14,66	1,50	14,66	1,50	-
		12	65	3318,32	16,14	39,73	15,50	1,52	15,50	1,52	-
		13	60,2	1819,48	8,19	18,93	6,84	1,06	6,84	1,06	-
		14	70,8	1812,09	9,60	19,29	8,20	1,14	8,20	1,14	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / SL + Arbocel BWW 40

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**⌀ Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,0614	2377,66	11,00	23,80	8,82	1,10	8,79	1,10	-	x
	Minimalwert	0,055	1812,09	8,19	14,70	5,30	0,66	5,16	0,68	-	min
	Maximalwert	0,0708	3318,32	16,14	39,73	15,50	1,52	15,50	1,52	-	max
	Median	0,0607	2174,92	9,79	22,65	8,19	1,11	8,19	1,12	-	med
	Varianz	0,00002146	282884,47	6,94	56,74	9,53	0,07	9,70	0,07	-	s^2
	Standardabweichung	0,004632	531,87	2,63	7,53	3,09	0,26	3,11	0,26	-	s
	Variationskoeffizient	7,54	22,37	23,94	31,65	34,99	23,85	35,45	23,46	-	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,06407	2699,24	12,60	28,14	10,61	1,25	10,58	1,25	-	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05873	2056,08	9,41	19,45	7,04	0,95	6,99	0,95	-	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.1 / Tabellen II: Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / SL 40 %

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Probe**	**⌀ Filmdicke** [µm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
13	Störleim 40%	1	51,8	5359,47	20,77	97,09	30,18	1,81	28,81	1,83	-
		2	63,4	5132,05	24,36	106,57	40,54	2,18	40,54	2,18	38,27
		3	56,4	5644,92	23,82	113,86	38,53	2,16	38,53	2,16	36,93
		4	52,2	5721,08	22,34	104,15	32,62	1,85	32,62	1,85	-
		5	54,8	5799,34	23,78	112,30	36,92	2,07	36,92	2,07	36,39
		6	54,6	5532,63	22,61	94,64	31,01	1,72	29,68	1,74	-
		7	54,8	5479,74	22,48	92,88	30,54	1,70	30,54	1,70	-
		8	55,8	5365,87	22,39	99,02	33,15	1,89	33,15	1,89	-
		9	55,8	5352,90	22,36	95,63	32,02	1,80	32,02	1,80	-
		10	57	5480,22	23,38	100,09	34,23	1,88	34,23	1,88	-
		11	54,8	5447,58	22,34	104,65	34,41	1,99	34,41	1,99	-
		12	53,6	-	-	90,55	29,12	1,64	29,12	1,64	-
		13	52,4	5577,17	21,86	101,97	32,06	1,85	31,61	1,87	-
		14	53,6	5587,92	22,42	108,27	34,82	1,99	34,82	1,99	-
		* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert Fmax									

Fortsetzung **A.8.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Klebstofffilmprüfung / SL 40 %

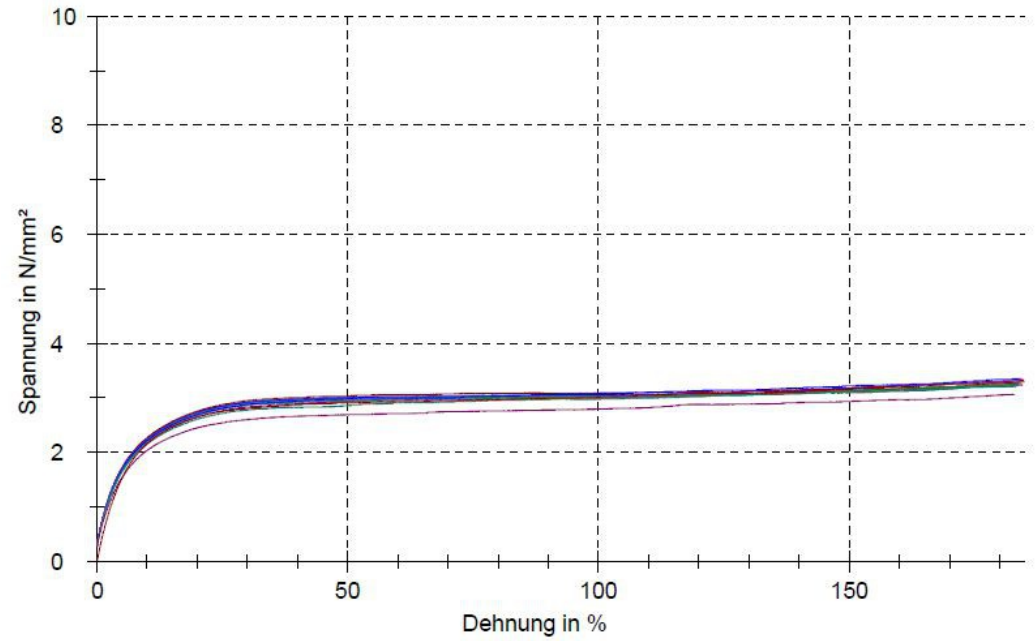
Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	⌀ **Filmdicke** [mm]	**Emod** [MPa]*	**Steigung** [N/mm]*	**Rm** [MPa]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]	**Kürzel /** Protokoll Zwick
13	Störleim 40%	*Statistik*									
	Arithmetisches Mittel	0,05507	5498,53	22,68	101,55	33,58	1,90	33,36	1,90	37,20	x
	Minimalwert	0,0518	5132,05	20,77	90,55	29,12	1,64	28,81	1,64	36,39	min
	Maximalwert	0,0634	5799,34	24,36	113,86	40,54	2,18	40,54	2,18	38,27	max
	Median	0,0548	5480,22	22,42	101,03	32,89	1,86	32,89	1,88	36,93	med
	Varianz	0,000008213	31042,99	0,89	50,87	10,77	0,03	12,35	0,03	0,94	s^2
	Standardabweichung	0,002866	176,19	0,94	7,13	3,28	0,16	3,51	0,16	0,97	s
	Variationskoeffizient	5,20	3,20	4,15	7,02	9,77	8,69	10,54	8,52	2,61	v
	95%-Vertrauensbereich oben	0,05673	5605,06	23,25	105,66	35,48	1,99	35,39	1,99	39,61	$P(\mu\ ) = 0,95$
	95%-Vertrauensbereich unten	0,05342	5392,00	22,12	97,43	31,69	1,80	31,33	1,81	34,79	$P(\ \mu) = 0,95$
	* = Abweichende E-Moduleinstellungen für Werte notwendig: Sekante von 0,2 N bis Minimalwert F_{max}										

A.8.2 Grafiken und Diagramme

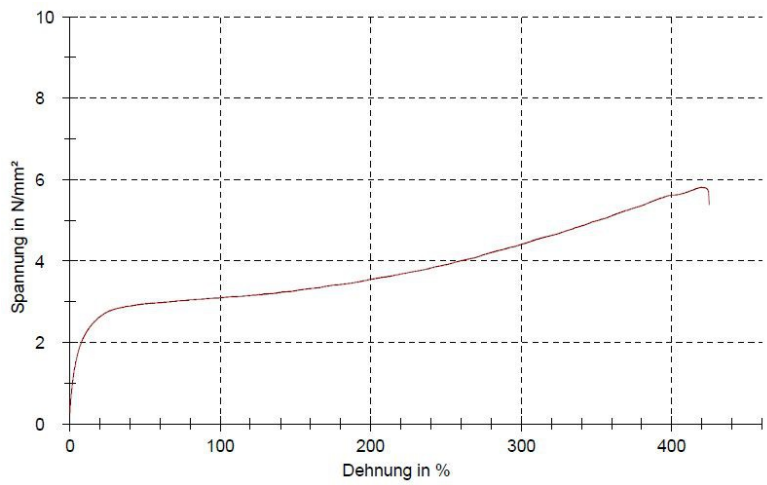
A.8.2 / Diagramme I: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Nachfolgend werden die Spannungs-Dehnungs-Diagramme der Zugprüfungen aufgeführt; weitere Kraft-Dehnungs-Diagramme finden sich unter A.20.

Beva 371



Diagr. 01



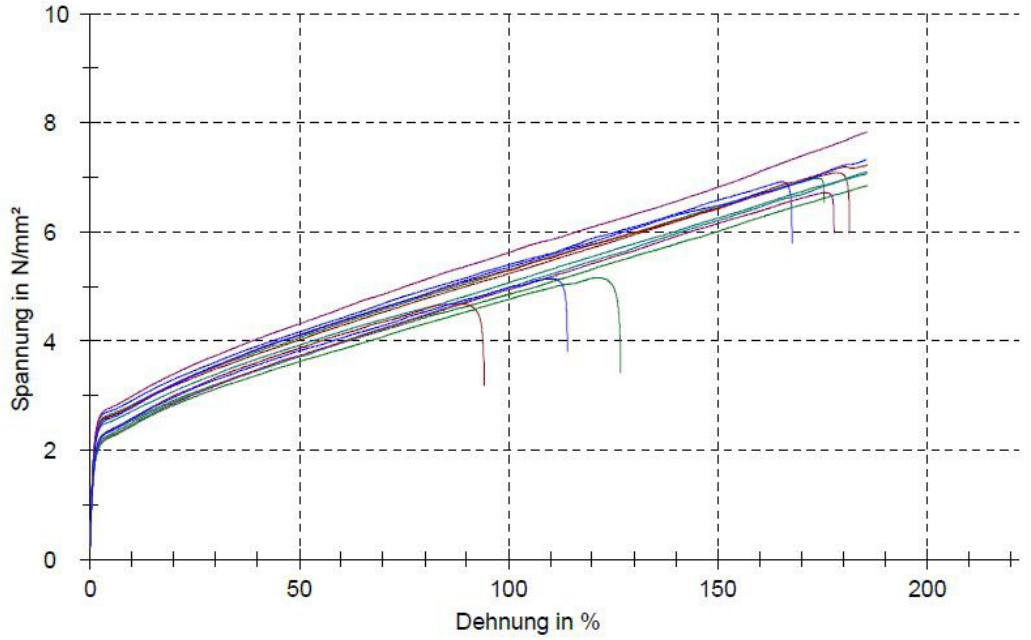
Diagr. 02

Die obere Grafik zeigt den Spannungs-Dehnungs-Kurven-verlauf bei üblicher Prüfungsführung mit festgelegtem Prüfende nach 3 Min.:
Es kommt zu keinem Bruch der Probe.

Die linke Grafik zeigt eine entsprechende Kurve bei verlängerter Prüfung bis zum Probenbruch (ca. 6-7 Min.).

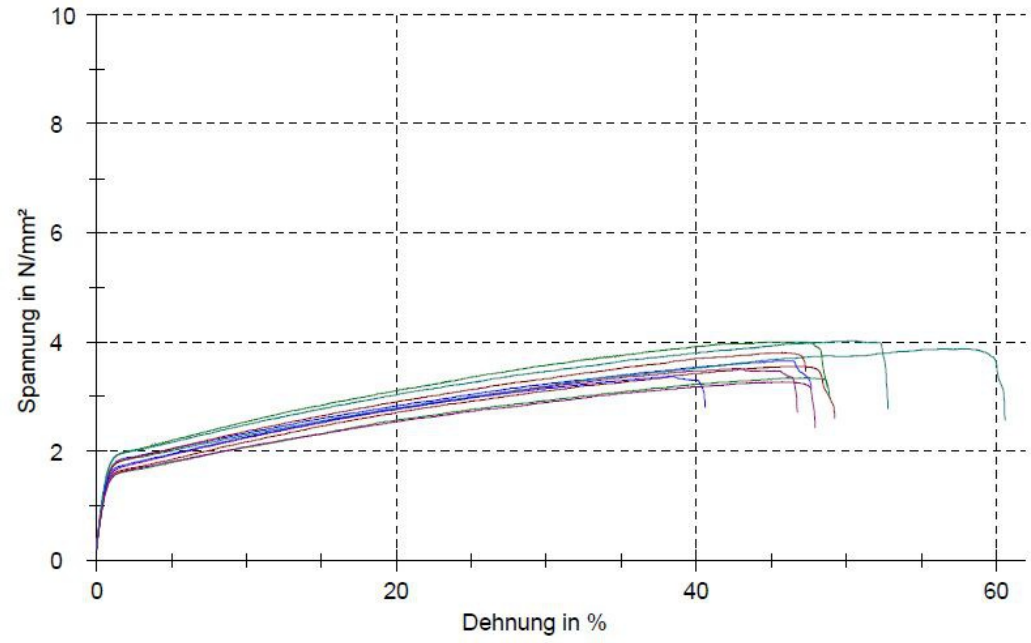
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Evacon-R



Diagr. 03

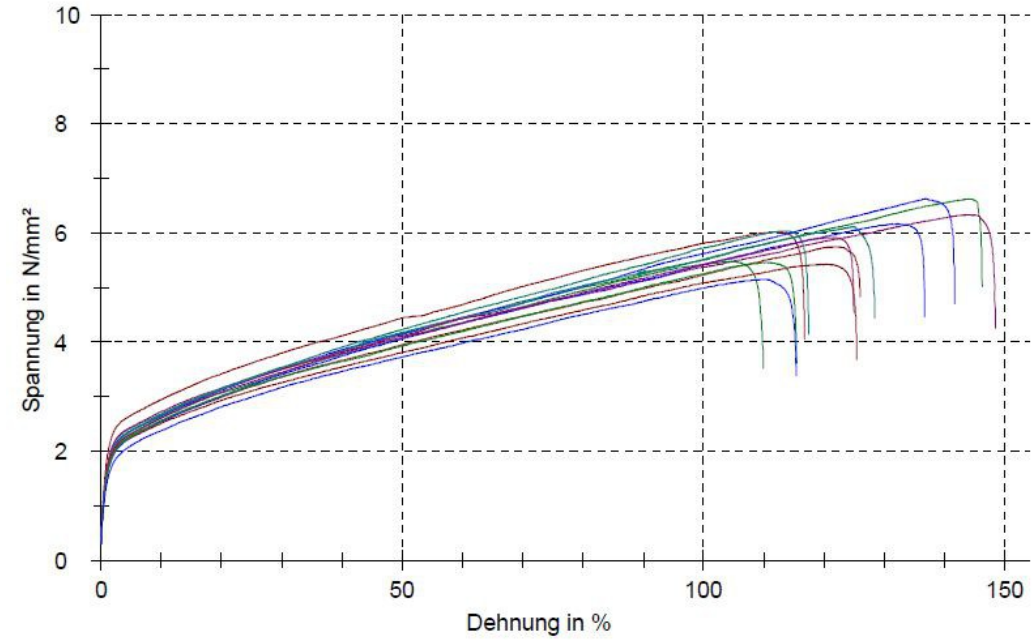
Evacon-R + Arbocel BWW 40



Diagr. 04

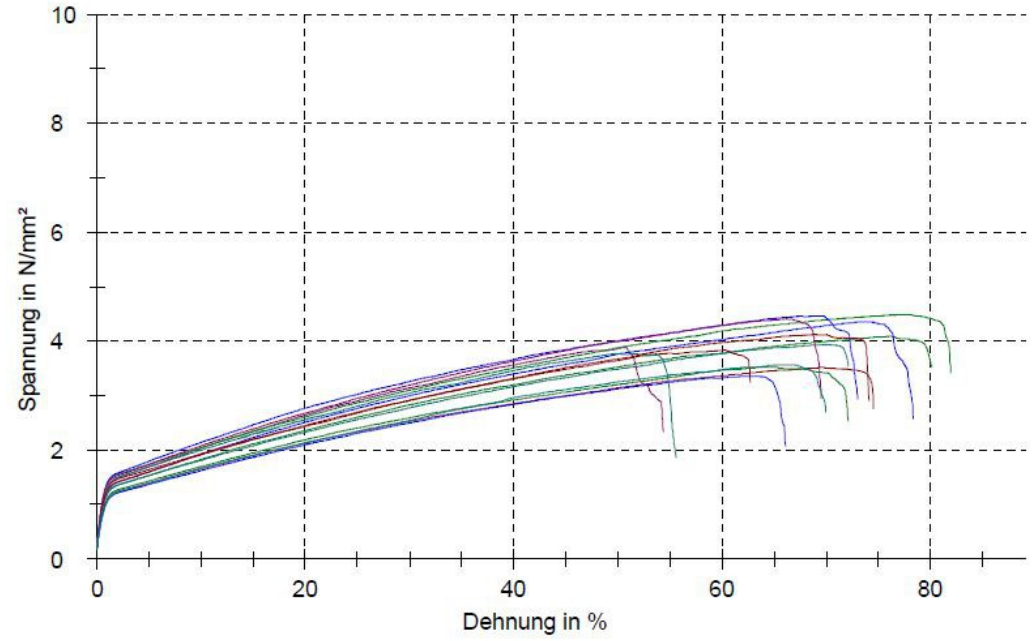
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Evacon-R + Methocel A4C



Diagr. 05

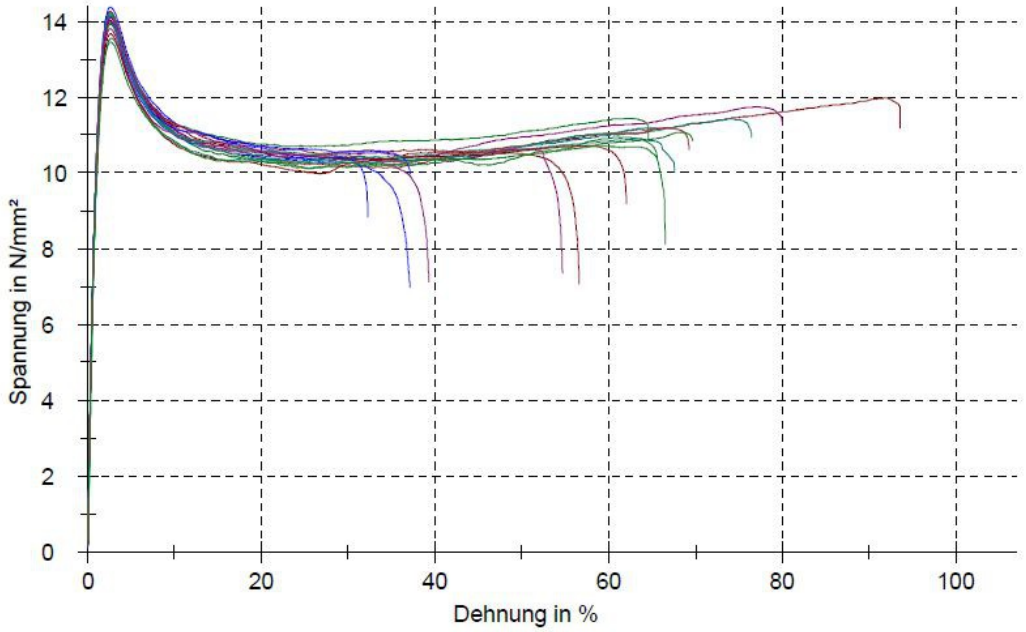
Jade 403 N + Arbocel BWW 40



Diagr. 06

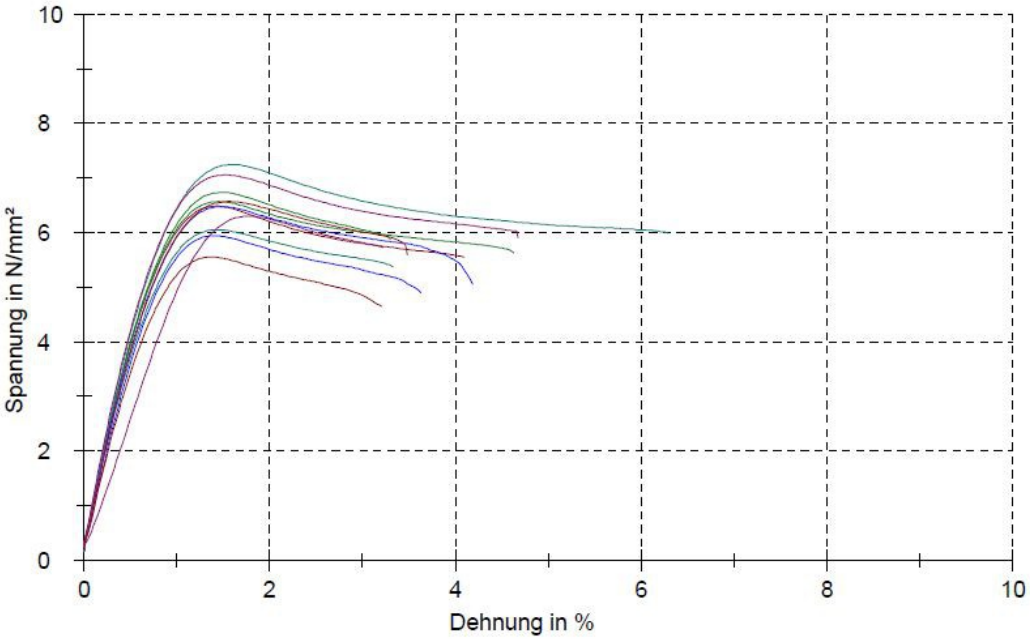
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco



Diagr. 07

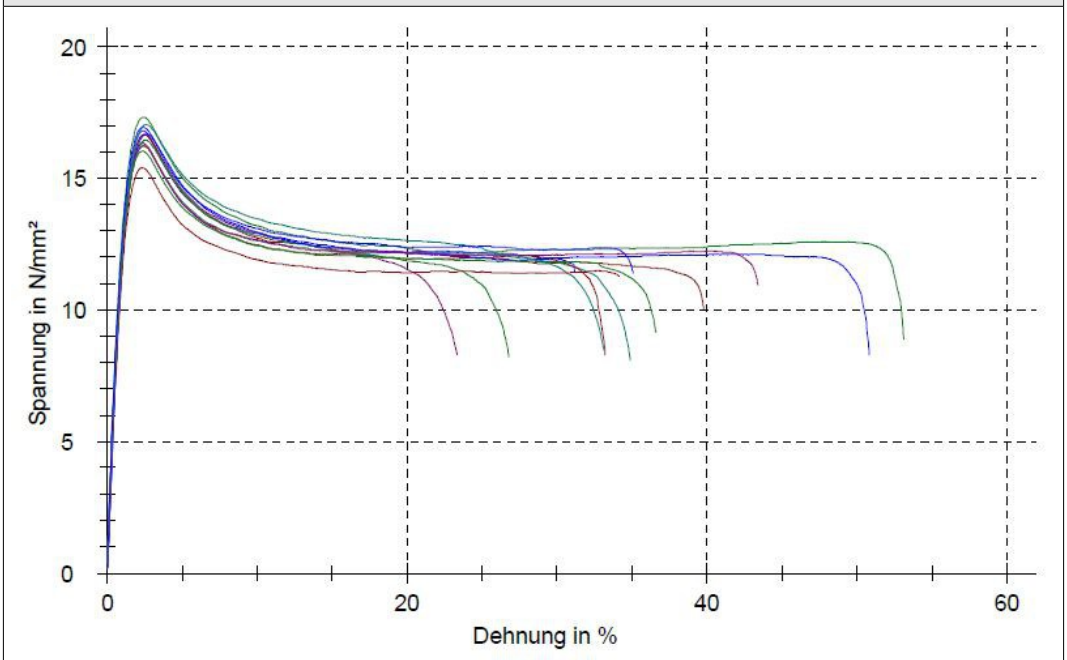
Lineco + Arbocel BWW 40



Diagr. 08

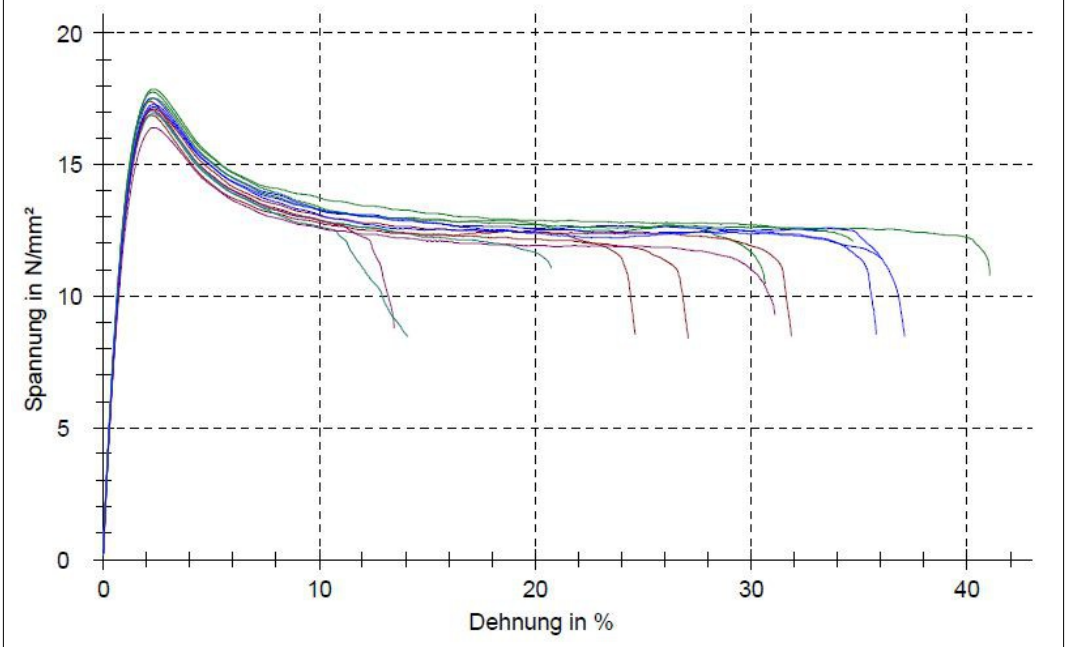
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco + H_2O



Diagr. 09

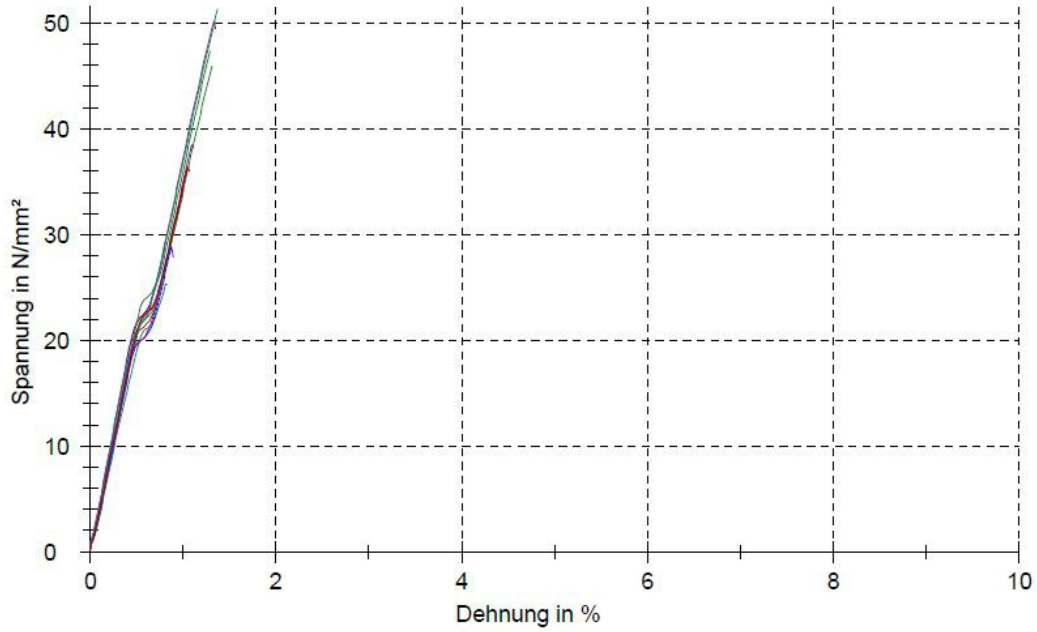
Lineco + Methocel A4C



Diagr. 10

Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

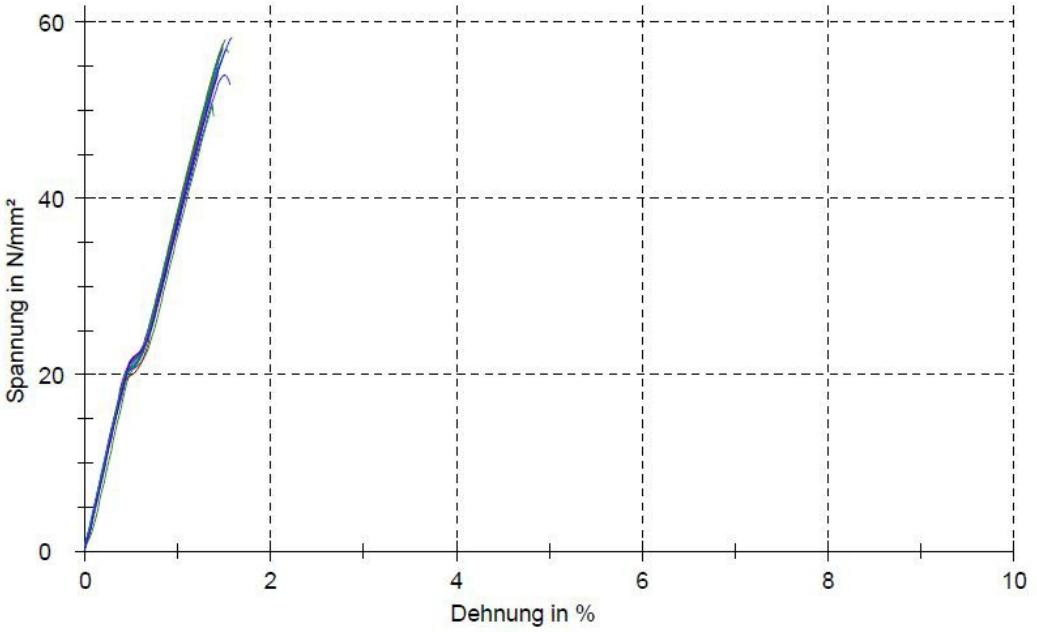
Mowilith D 50



Diagr. 11

Bei allen steileren Spannungs-Dehnungs-Kurven zeigt sich bei ca. 20-30 N/mm² ein maschinenbedingter Knick im Verlauf. Diese Messungenauigkeit der Maschine zeigte sich bereits im Rahmen anderer Arbeiten und soll daher keine nähere Beachtung finden (vgl. REUBER 2010, S. 52).

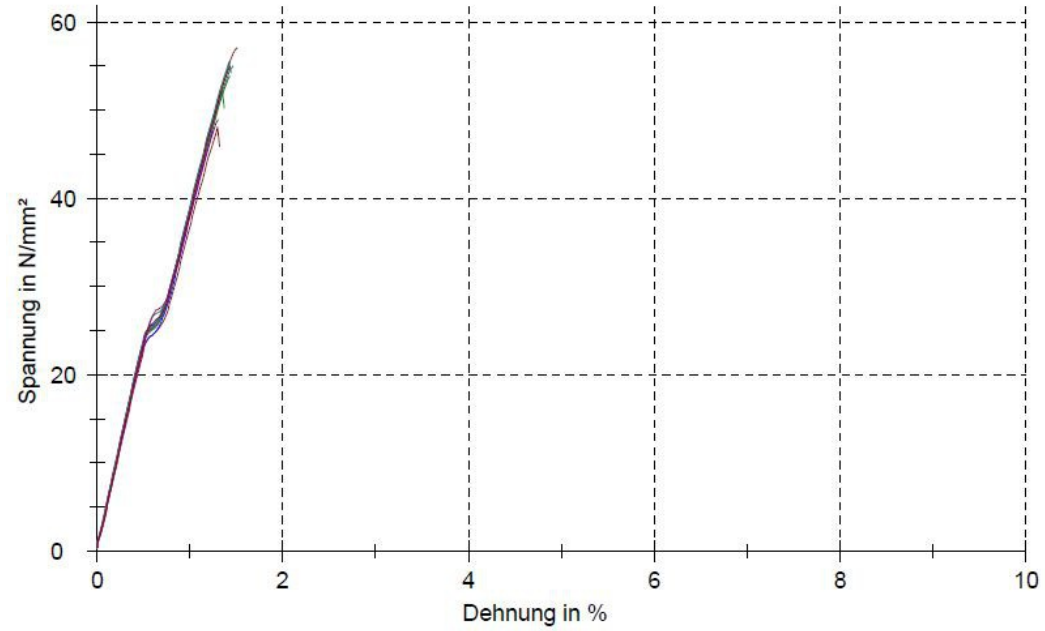
Mowilith DHS S1



Diagr. 12

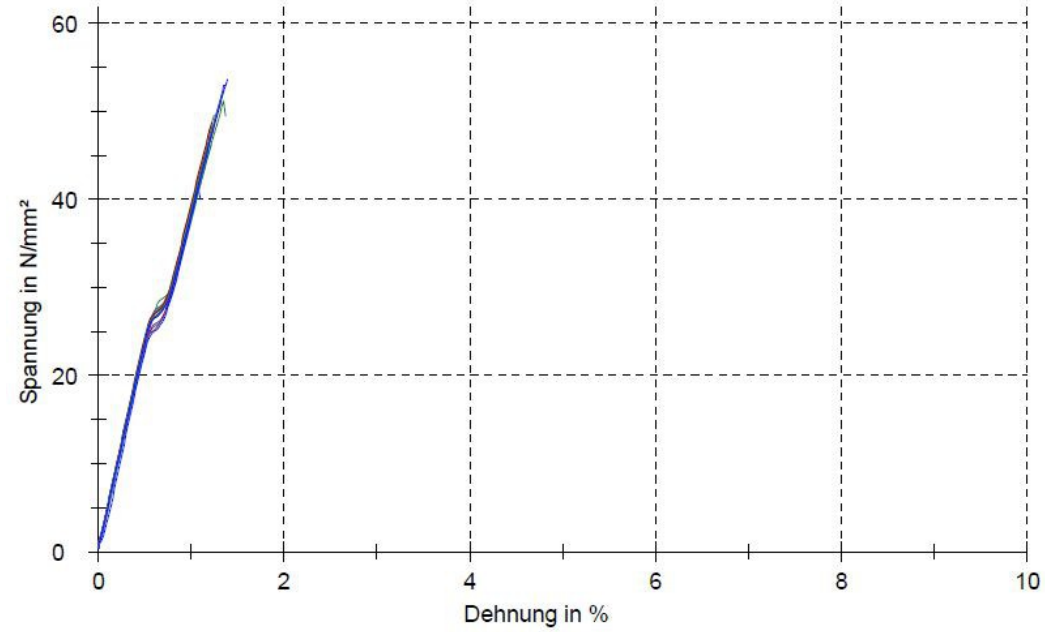
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Mowilith DHS S1 + H_2O



Diagr. 13

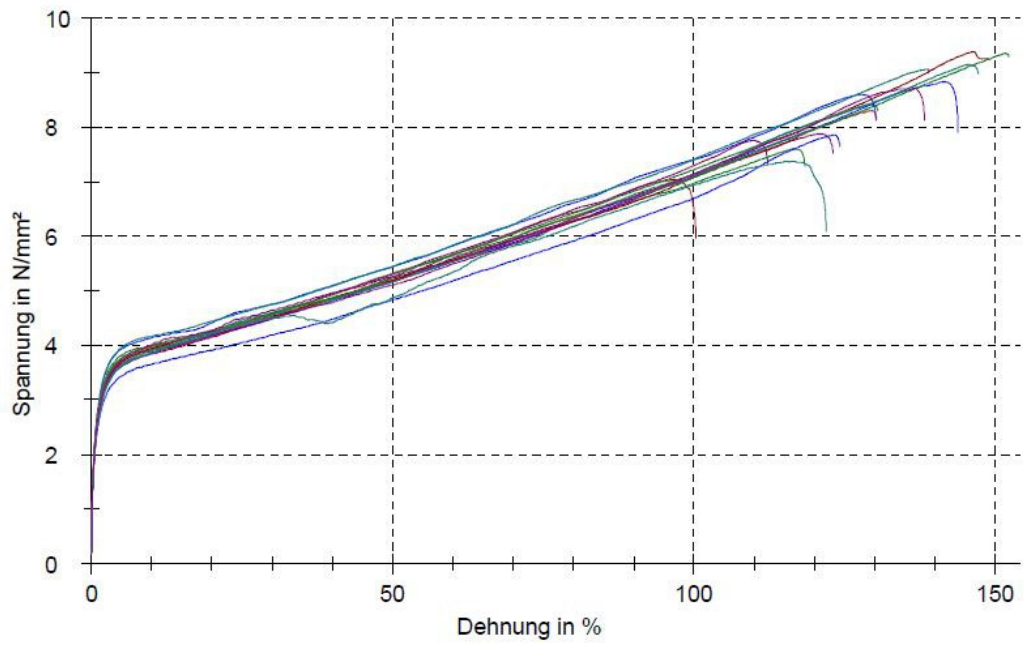
Mowilith DHS S1 + Methocel A4C



Diagr. 14

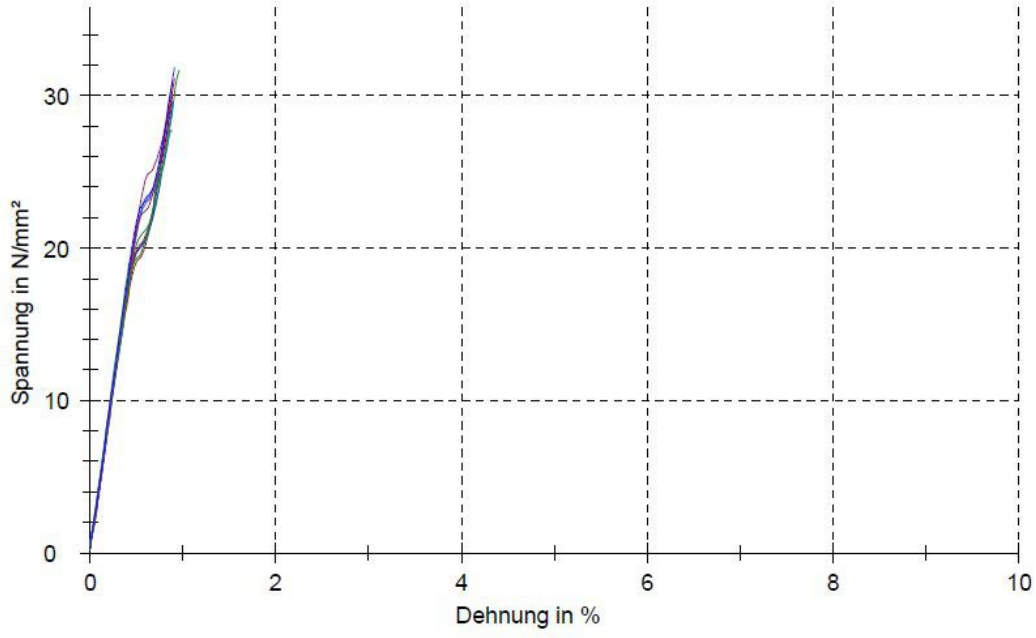
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Mowilith DM 771 + Methocel A4C



Diagr. 15

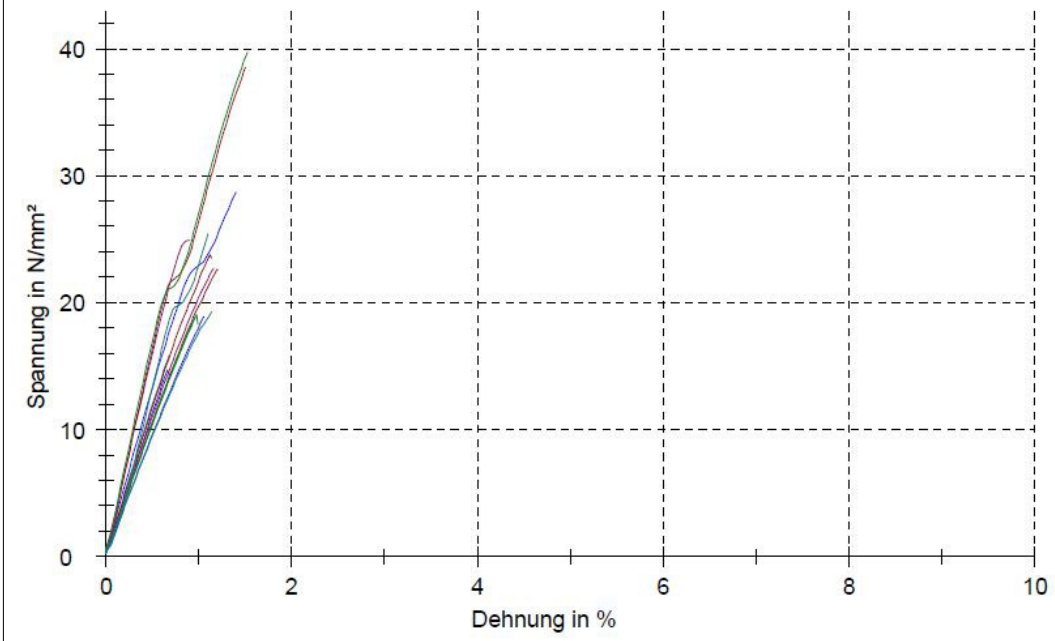
Mowilith LD 167



Diagr. 16

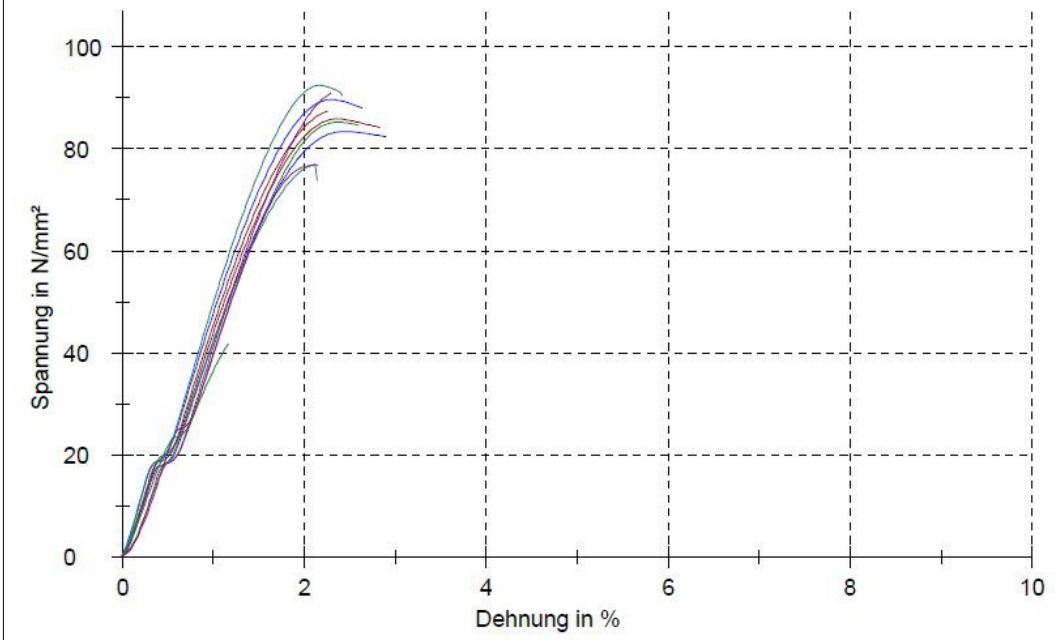
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + Arbocel BWW 40



Diagr. 17

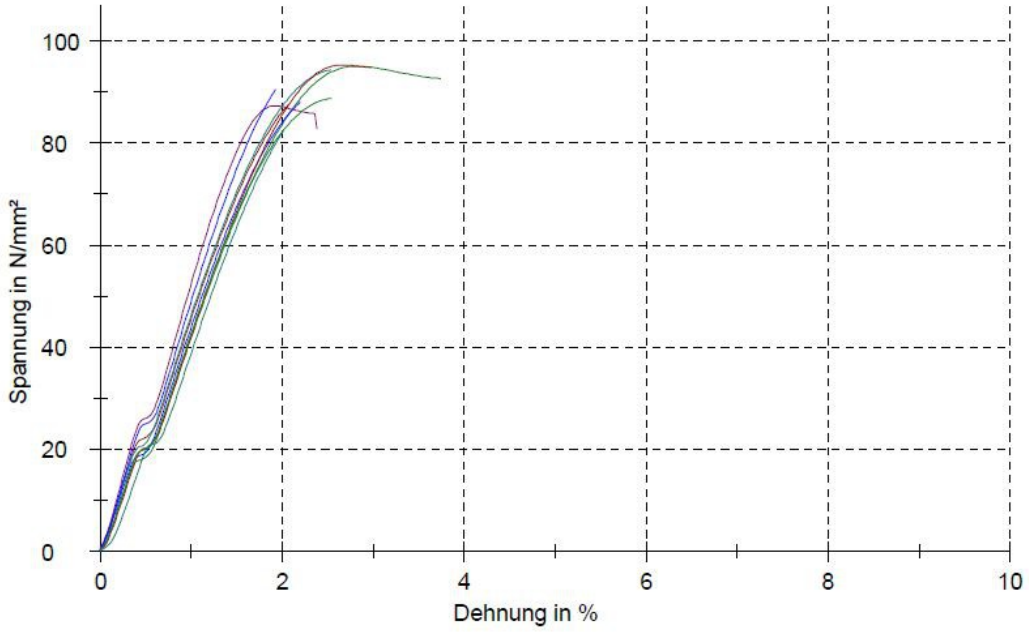
SL + WS (kalt)



Diagr. 18

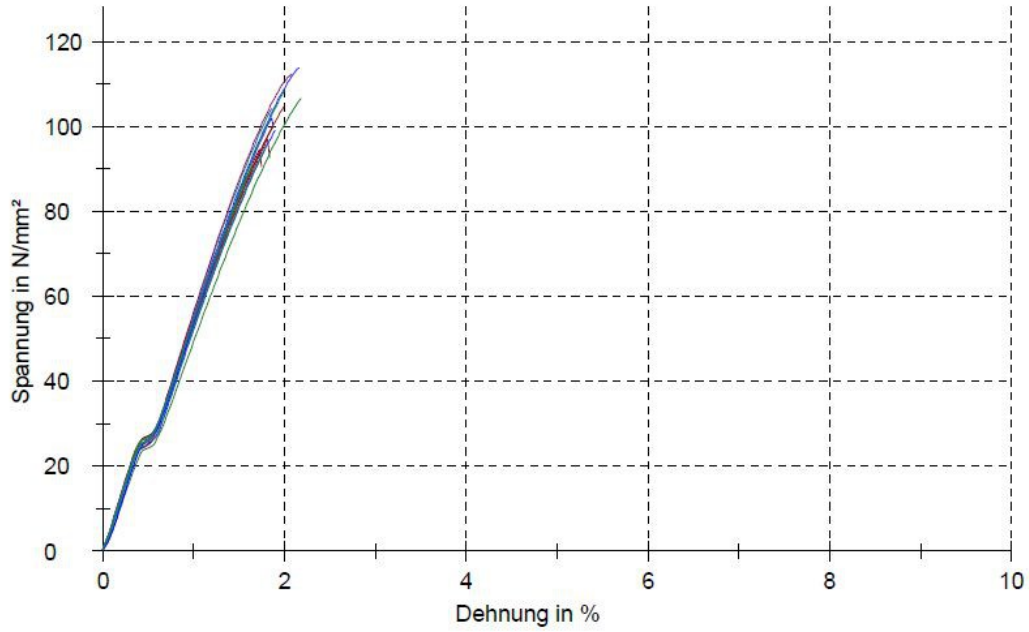
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + WS (warm)



Diagr. 19

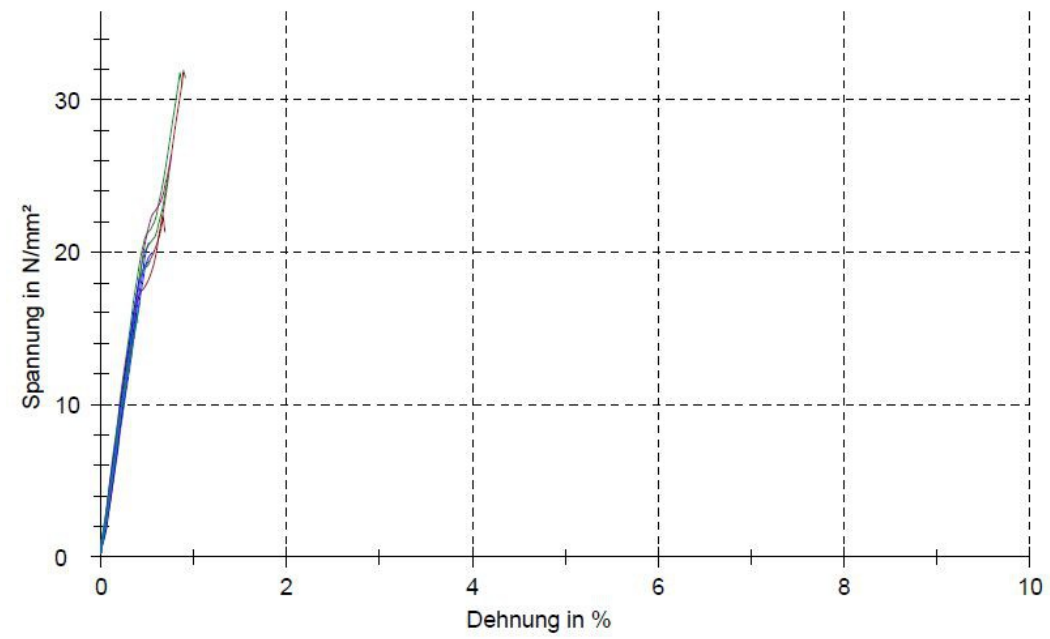
SL 40 %



Diagr. 20

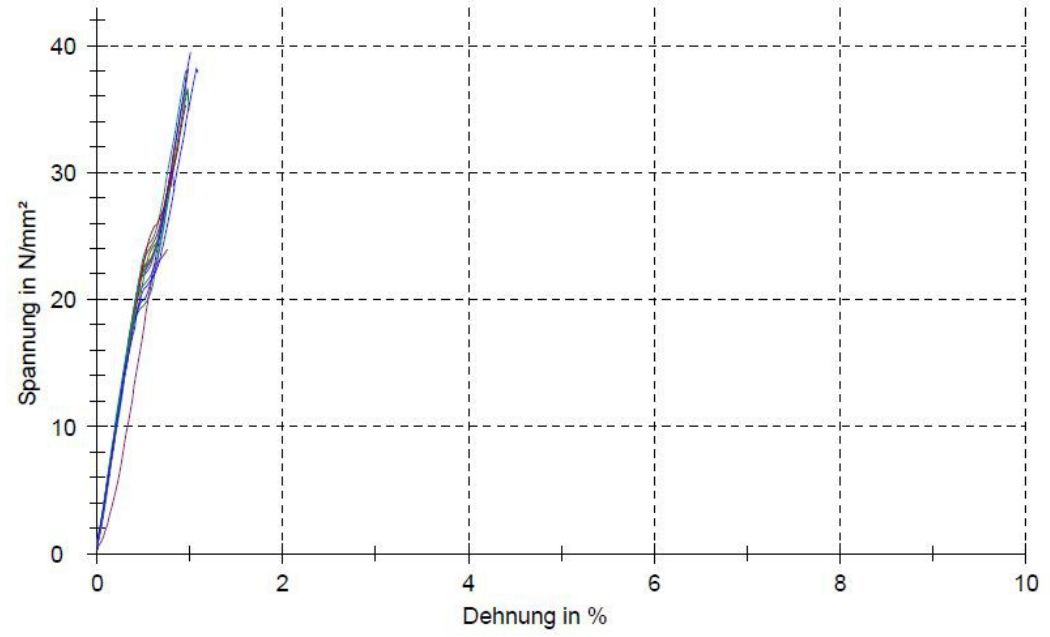
Fortsetzung **A.8.2 / Tabellen I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Vinamul 8481



Diagr. 21

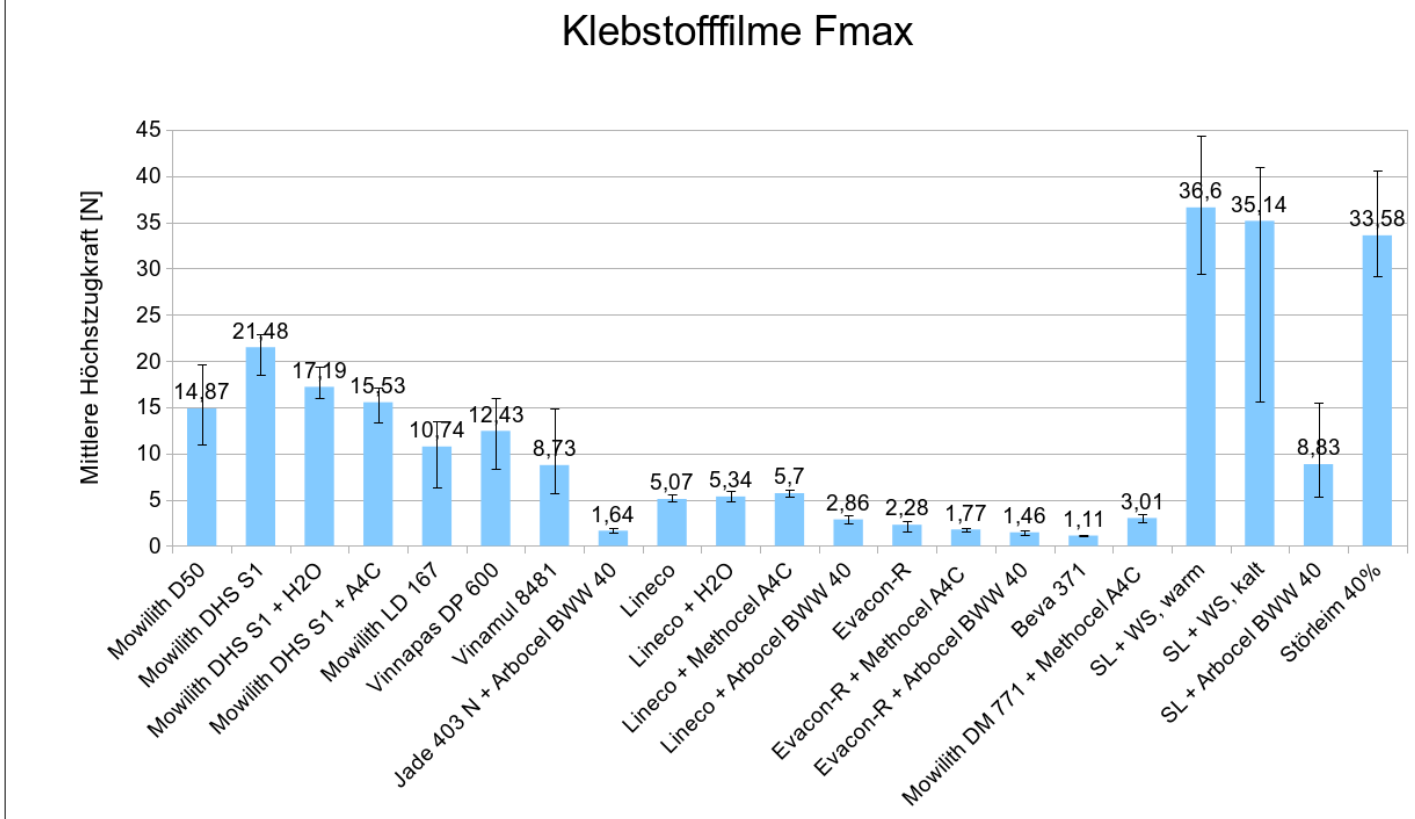
Vinnapas DP 600



Diagr. 22

A.8.2 / Diagramme II: Klebstofffilmprüfung im Überblick

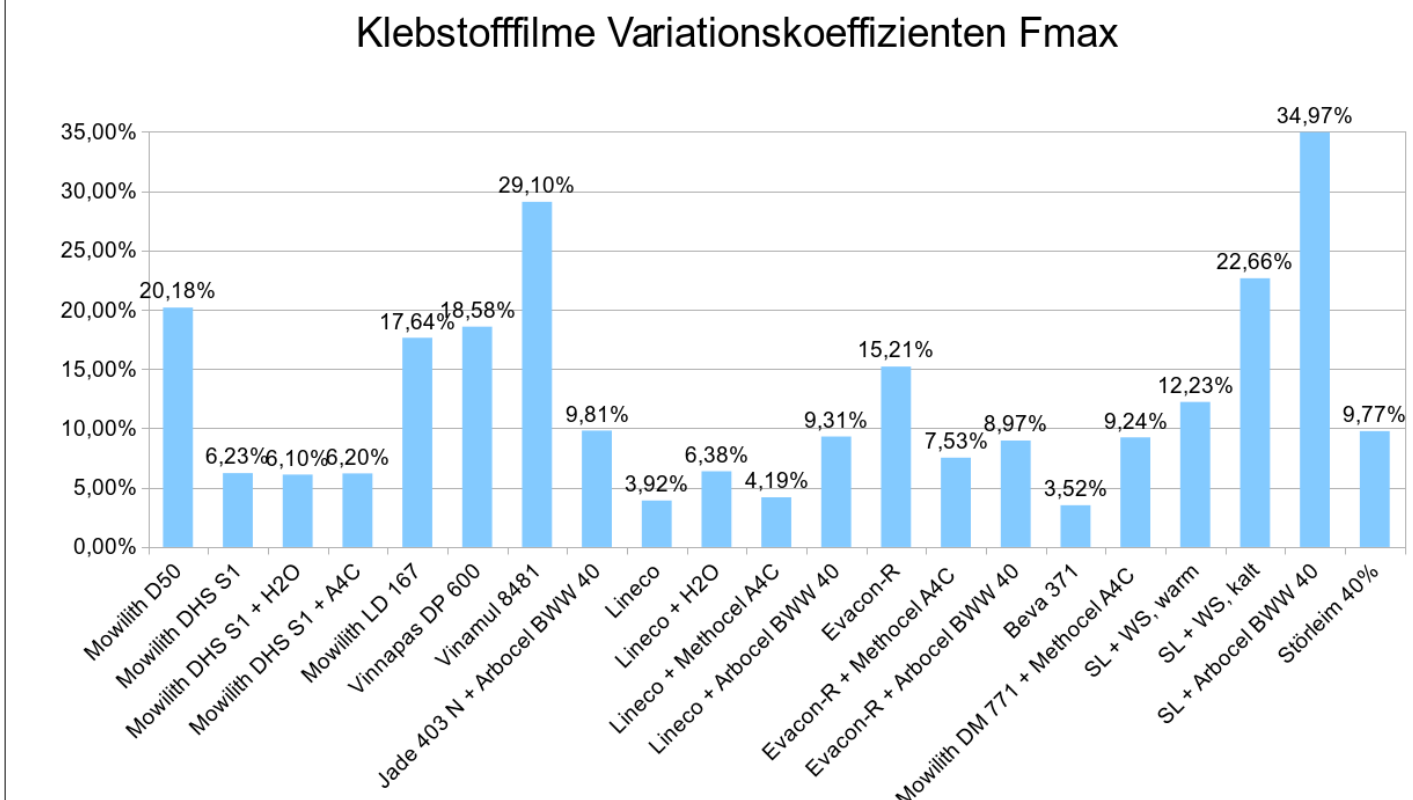
Durchschnittliche Höchstzugkräfte (F_{max}) der Klebstofffilme



Diagr. 01

Fortsetzung **A.8.2 / Diagramme II:** Klebstofffilmprüfung im Überblick

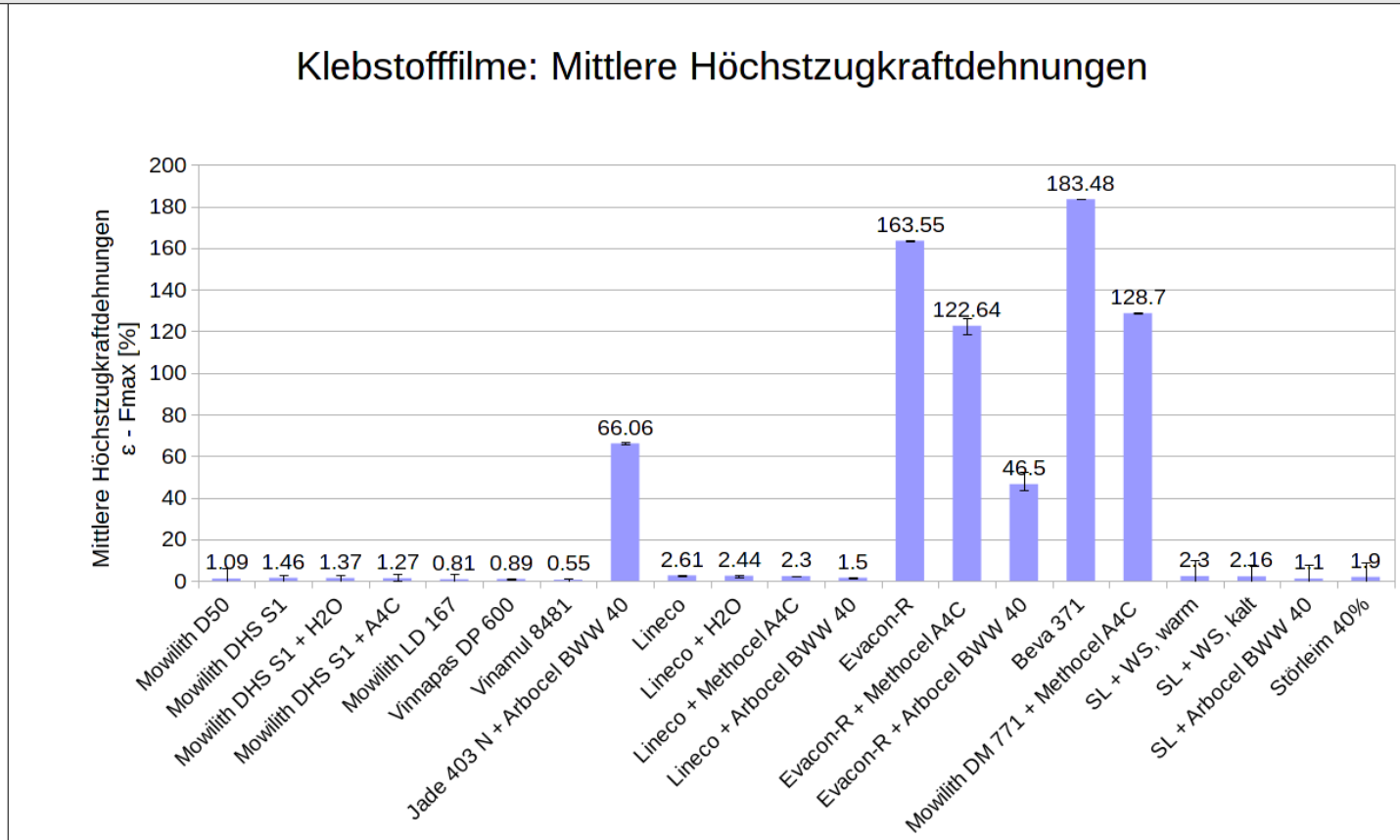
Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (F_{max}) der Klebstofffilme



Diagr. 02

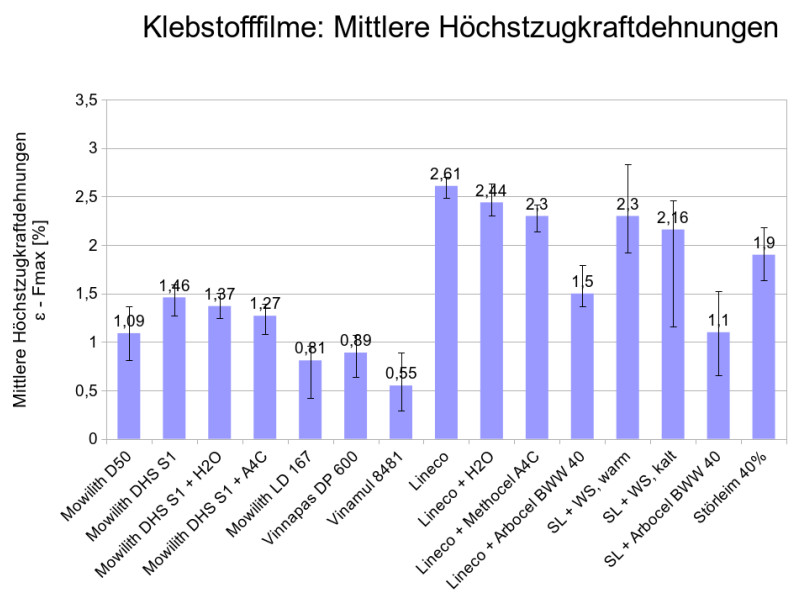
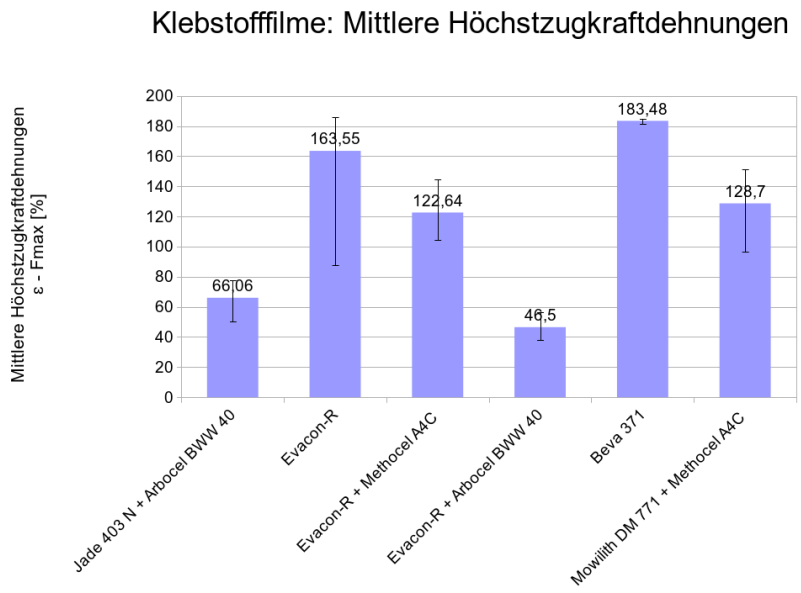
Fortsetzung **A.8.2 / Diagramme II:** Klebstofffilmprüfung im Überblick

Durchschnittliche Höchstzugkraftdehnungen (**ε** - F_{max}) der Klebstofffilme



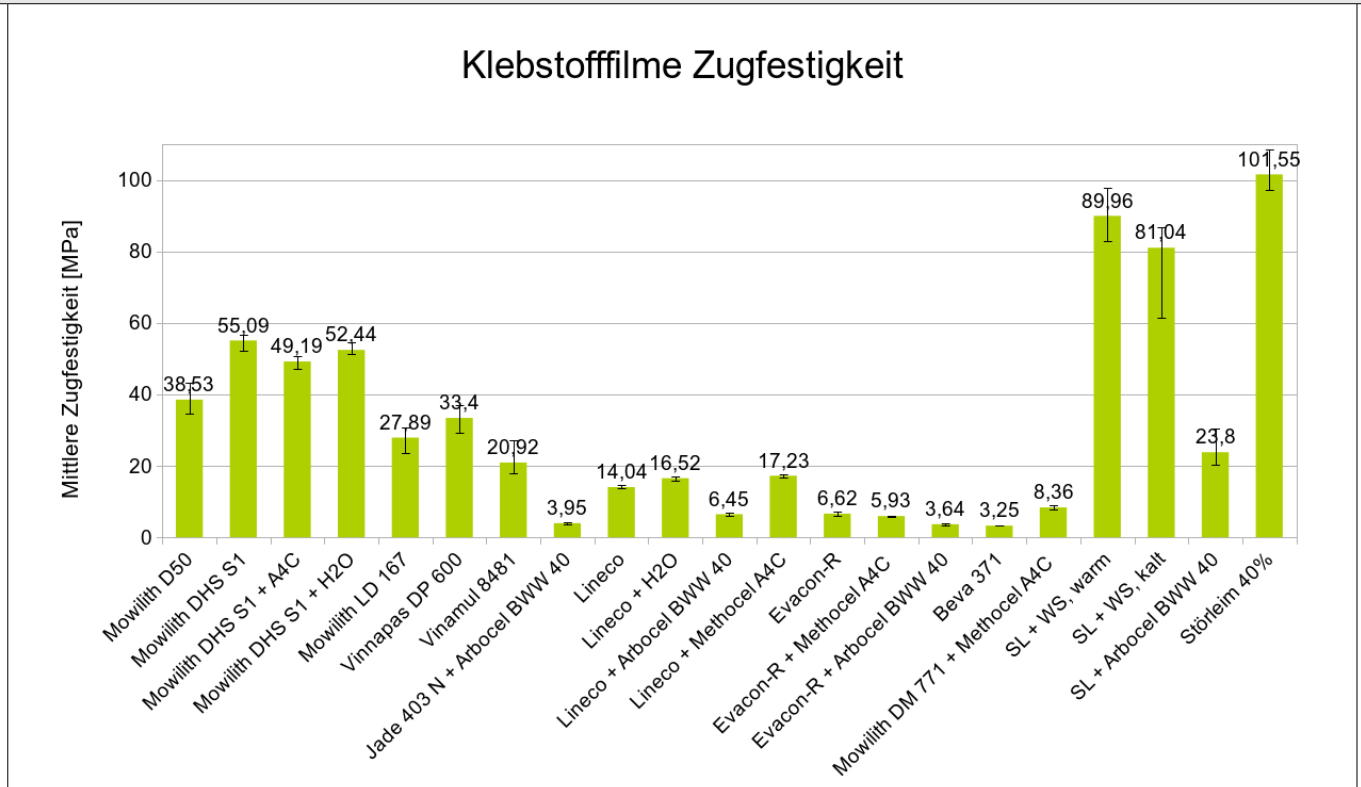
Diagr. 03

Fortsetzung **A.8.2 / Diagramme II:** Klebstofffilmprüfung im Überblick

Durchschnittliche Höchstzugkraftdehnungen (**ε** - F_{max}) der Klebstofffilme	
	
Diagr. 04	Diagr. 05

Fortsetzung **A.8.2 / Diagramme II:** Klebstofffilmprüfung im Überblick

Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Klebstofffilme



Diagr. 06

Die jeweils mittels Balken illustrierten Werte sind nochmals an den Balken vermerkt; des weiteren sind die Bereiche zwischen Minimal- und Maximalmesswerten angetragen. Durch minimal abweichende Rundungen in Excel ergeben sich zu den Daten aus TextXpert teils leicht veränderte Werte.

A.9 Zur Einzelfadenprüfung

Nachfolgend werden Informationen und Daten zur Einzelfadenprüfung zusammengetragen; die Sortierung erfolgt hierbei nach Wertetabellen sowie Grafiken und Diagrammen:

A.9.1 Wertetabellen

A.9.1 / Tabelle I: Probenprotokoll

Probenprotokoll					
Nullprobe	**Gesamtanzahl / Proben**	**Rissstelle**			**Notizen / Anmerkungen**
		oberes Fadendrittel	**mittig im Faden**	**unteres Fadendrittel**	
Garn / TextilTrade	15	4	10	1	Nr. 1: Knacken, kein sichtbarer Riss bis zum Ausspannen (mittig gerissen) / Nr. 13: vermutlich leicht gerutscht / Nr. 15: Ausreißer → gelöscht
Schuss / Gewebe Sironi	15	2	7	6	Nr. 10: Kein sichtbarer Riss bis zum Ausspannen (mittig gerissen) / Nr. 5 / 7 / 9: vermutlich leicht gerutscht

Fortsetzung **A.9.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Gesamtanzahl / Proben**	**Schnittöffnung**		**Fadenriss**	**Notizen / Anmerkungen**
			sichtbar	**zunächst unsichtbar**		
Mowilith D 50	SAS	10	15	-	-	-
Mowilith DHS S1	SAS	15	15	-	-	-
	Ü	10	5	5	-	Nr. 1 / 2 / 6 / 8 / 9: Knacken, kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen) / Nr. 3 / 4 /10: Öffnen mit Ruck → höhere Kräfte messbar
	Ü+V	10	7	1	2	Alle Klebungsöffnungen ruckartig / Nr. 5: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen) / Nr. 4 / 9: Faden im unteren Drittel gerissen
Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	SAS	10	10	-	-	-
Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	SAS	10	10	-	-	-
Mowilith LD 167	SAS	10	10	-	-	-
Lineco	SAS	15	13	2	-	Nr. 8 / 10: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen) → Nr. 8 besonders hohe Zugkraft (Ausreißer)

Fortsetzung **A.9.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Gesamtanzahl / Proben**	**Schnittöffnung**		**Fadenriss**	**Notizen / Anmerkungen**
			sichtbar	**zunächst unsichtbar**		
Lineco	Ü	10	5	5	-	Nr. 1 / 3 / 5 / 7 / 10: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen) / Nr. 1: „Zacken“ in unterem Kurvenbereich → Messungenauigkeiten (Erschütterung o.ä.)
	Ü+V	10	9	1	-	Nr. 3: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)
Lineco +Wasser (9:1)	SAS	10	10	-	-	-
Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	SAS	10	9	1	-	Nr. 2: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)
Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	SAS	15	13	2	-	Nr. 4 / 14: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)
	Ü	10	5	5	-	Nr. 1 / 3 / 7 / 8 / 9: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)
	Ü+V	10	10	-	-	Nr. 7: vermutlich leicht gerutscht?
Evacon-R	SAS	10	5	5	-	Nr. 1 / 4 / 5 / 6 / 8: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)
Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	SAS	10	6	4	-	Nr. 3 / 7 / 8 / 10: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)

Fortsetzung **A.9.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Gesamtanzahl / Proben**	**Schnittöffnung**		**Fadenriss**	**Notizen / Anmerkungen**
			sichtbar	**zunächst unsichtbar**		
Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	SAS	10	8	2	-	Nr. 1 / 3: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)
Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	SAS	10	7	3	-	Nr. 2 / 5 / 9: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)
Vinnapas DP 600	SAS	10	10	-	-	-
Vinamul 8481	SAS	10	10	-	-	Nr. 3 / 4: vermutlich leicht gerutscht?
Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	SAS	10	10	-	-	-
Störleim 20% + Weizenstärke 13% (warm) 1:1	SAS	15	15	-	-	Nr. 9 (/ 12 / 14): Ausreißer nach unten (Fmax) / Nr. 11: Ausreißer nach oben (Fmax)
	Ü	10	-	10	-	Nr. 1-10: Kein sichtbares Öffnen (bis zum Ausspannen)
	Ü+V	10	7	-	2	Nr. 1: vermutlich leicht gerutscht? / Nr. 7: Klemmbruch und gerutscht → ungültig / Nr. 8: Faden im oberen Drittel bzw. Nr. 9: Faden im unteren Drittel gerissen

Fortsetzung **A.9.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Gesamtanzahl / Proben**	**Schnittöffnung**		**Fadenriss**	**Notizen / Anmerkungen**
			sichtbar	**zunächst unsichtbar**		
Störleim 20% + Weizenstärke 13% (kalt) 1:1	SAS	15	15	-	-	-
	Ü	10	10	-	-	-
	Ü+V	10	8	-	2	Nr. 3 / 9: vermutlich leicht gerutscht / Nr. 1: Faden im oberen Drittel bzw. Nr. 6: Faden im unteren Drittel gerissen → nachträglich aus Statistik
Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	SAS	10	10	-	-	- auffallend starke Überlagerung der Einzelkurven - vielversprechender Kraftbereich, öffnet sich bei Bruch jedoch sehr abrupt → ggf. je nach Fragilität des Objekts ein langsameres Öffnen zu bevorzugen
	Ü	10	8	-	2	- deutlicher Kraftanstieg erkennbar - Nr. 9: Fadenbruch an der Klemmbacke / Nr. 10: Fadenbruch im unteren Drittel → ungültig markiert und aus Statistik

Fortsetzung **A.9.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Gesamtanzahl / Proben**	**Schnittöffnung**		**Fadenriss**	**Notizen / Anmerkungen**
Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	Ü+V	10	2	-	8	- Nr. 1 / 2: Faden unmittelbar über Klebung gerissen; Nr. 3 / 10: Faden unmittelbar unter Klebung gerissen; Nr. 4 / 5 / 7: Faden im oberen Drittel gerissen; Nr. 6: Faden im unteren Drittel gerissen → Statistik mit / ohne Proben - Klebstoffmenge für Technik (+Klebstoff) doch zu hoch ?! - bei SAS+Ü jedoch teils auch höhere Kräfte ohne Bruch → zu viele Schwachstellen im Garn?!
Störleim 40%	SAS	10	10	-	-	-

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung

Nachfolgend werden je Klebstoff die Ergebnisse der Zugversuche aus den einzelnen Versuchsprotokollen (siehe auch unter A.20) tabellarisch gelistet; nachfolgend unter A.9.2 sind zugehörige Grafiken und Diagramme aufgeführt.

Legende zu den nachfolgenden Tabellen			
Prüfergebnisse	EMod	E-Modul	Siehe auch Begriffserläuterungen im Glossar unter A.15.
	Steig.	Steigung	
	Rm	Zugfestigkeit	
	F_{max}	Höchstzugkraft	
	ε - F_{max}	Höchstzugkraftdehnung	
	F_{Bruch}	Bruchkraft	
	ε - F_{Bruch}	Bruchkraftdehnung	
	$F_{X\ \%\ Dehnung}$	Kraft bei X % Dehnung	
Probenspezifikation / Technik	SAS	Stoß-auf-Stoß-Verbindung	Siehe auch unter A.7.1.
	Ü	überlappende Fadenenden	
	Ü +V	überlappend-vermengte Fadenenden	
Für die nachfolgenden Prüfungsergebnisse gilt Folgendes, sofern nicht anders oder speziell zur Unterscheidung gekennzeichnet:			
Prüfergebnisse	Einstellungen / E-Modul-Ermittlung	Sekante, 0 N bis Minimalwert F_{max}	Siehe auch unter A.14.

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Nullproben: Garn TextilTrade

Nullprobe	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\% Dehng.}$** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
Garn / TextilTrade	1	4684,46	6,05	150,08	25,01	1951,07	19,51	3,21	1951,07	19,51	3,21	1045,12	10,45	124,98	1,25	373,62	3,74
	2	4810,01	6,22	175,93	29,32	2287,14	22,87	3,57	2274,21	22,74	3,59	1061,38	10,61	117,31	1,17	354,16	3,54
	3	4635,43	5,97	177,66	29,61	2309,64	23,10	3,74	2306,33	23,06	3,76	1030,64	10,31	128,39	1,28	371,14	3,71
	4	3559,97	4,60	216,95	36,16	2820,33	28,20	5,69	2805,04	28,05	5,71	545,52	5,46	54,21	0,54	149,86	1,50
	5	5006,32	6,49	165,20	27,53	2147,57	21,48	3,25	2147,57	21,48	3,25	1115,73	11,16	119,07	1,19	376,21	3,76
	6	4123,29	5,34	200,58	33,43	2607,60	26,08	4,60	2602,43	26,02	4,61	782,27	7,82	86,20	0,86	245,34	2,45
	7	4792,22	6,18	169,90	28,32	2208,64	22,09	3,47	2201,84	22,02	3,48	1032,93	10,33	114,71	1,15	344,76	3,45
	8	4863,72	6,26	181,97	30,33	2365,66	23,66	4,62	2356,26	23,56	4,68	1105,55	11,06	123,27	1,23	385,39	3,85
	9	4732,11	6,13	175,59	29,26	2282,62	22,83	3,67	2247,32	22,47	3,68	1064,03	10,64	121,97	1,22	366,36	3,66
	10	4243,56	5,48	181,81	30,30	2363,53	23,64	4,17	2363,53	23,64	4,17	895,85	8,96	131,94	1,32	336,71	3,37
	11	4624,70	5,99	192,21	32,03	2498,71	24,99	4,61	2497,81	24,98	4,63	1021,55	10,22	122,29	1,22	349,65	3,50
	12	4708,71	6,07	231,09	38,52	3004,21	30,04	4,50	2857,64	28,58	4,51	974,93	9,75	97,09	0,97	301,00	3,01
	13*	4341,89	5,60	182,90	30,48	2377,75	23,78	8,67	2368,57	23,69	9,11	936,29	9,36	108,14	1,08	318,32	3,18
	14	4263,66	5,50	173,84	28,97	2259,88	22,60	3,98	2259,88	22,60	3,98	875,34	8,75	96,98	0,97	288,07	2,88
	15	4427,01	5,72	158,65	26,44	2062,42	20,62	3,56	2033,02	20,33	3,63	966,95	9,67	118,77	1,19	347,49	3,47
	* = Rutschen des Fadens / jedoch mit in Statistik																

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Nullproben: Garn TextilTrade

Nullprobe	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [N]
Garn / TextilTrade	*Statistik*															
Arithmetisches Mittel	4521,14	5,84	182,29	30,38	2369,78	23,70	4,36	2351,50	23,52	4,40	963,61	9,64	111,02	1,11	327,21	3,27
Minimalwert	3559,97	4,60	150,08	25,01	1951,07	19,51	3,21	1951,07	19,51	3,21	545,52	5,46	54,21	0,54	149,86	1,50
Maximalwert	5006,32	6,49	231,09	38,52	3004,21	30,04	8,67	2857,64	28,58	9,11	1115,73	11,16	131,94	1,32	385,39	3,85
Median	4635,43	5,99	177,66	29,61	2309,64	23,10	3,98	2306,33	23,06	3,98	1021,55	10,22	118,77	1,19	347,49	3,47
Varianz	136165,89	0,23	445,50	12,37	75289,34	7,53	1,87	64266,57	6,43	2,15	21655,74	2,17	410,91	0,04	3849,61	0,38
Standardabweichung	369,01	0,48	21,11	3,52	274,39	2,74	1,37	253,51	2,54	1,47	147,16	1,47	20,27	0,20	62,05	0,62
Variationskoeffizient	8,16	8,16	11,58	11,58	11,58	11,58	31,40	10,78	10,78	33,33	15,27	15,27	18,26	18,26	18,96	18,96
95%-Vertrauensb. oben	4725,03	6,10	193,95	32,33	2521,40	25,21	5,11	2491,58	24,92	5,21	1044,92	10,45	122,22	1,22	361,49	3,61
95%-Vertrauensb. unten	4317,24	5,58	170,63	28,44	2218,17	22,18	3,60	2211,43	22,11	3,59	882,29	8,82	99,82	1,00	292,92	2,93

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Nullproben: Schuss Sironi

Nullprobe	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
Schuss / Sironi	1	4258,96	6,51	173,96	28,99	2667,32	26,67	3,97	2667,32	26,67	3,97	1096,44	10,96	85,39	0,85	325,80	3,26
	2	4141,28	6,29	172,55	28,76	2645,70	26,46	4,11	2645,70	26,46	4,11	1011,90	10,12	65,41	0,65	250,43	2,50
	3	3984,52	6,06	143,51	23,92	2200,50	22,01	3,56	2102,80	21,03	3,57	1025,63	10,26	72,46	0,72	292,62	2,93
	4	3832,70	5,84	167,53	27,92	2568,74	25,69	5,82	2525,40	25,25	5,82	901,50	9,02	58,90	0,59	216,42	2,16
	5*	-	-	218,59	36,43	3351,75	33,52	11,00	3329,73	33,30	11,14	1050,14	10,50	55,64	0,56	221,86	2,22
	6	4609,71	6,85	177,07	29,51	2715,11	27,15	3,73	2715,11	27,15	3,73	1244,44	12,44	99,34	0,99	403,52	4,04
	7*	1351,03	2,05	129,22	21,54	1981,38	19,81	9,57	1974,65	19,75	13,33	1087,49	10,87	90,67	0,91	344,46	3,44
	8	4353,21	6,63	156,40	26,07	2398,13	23,98	3,43	2398,13	23,98	3,43	1107,64	11,08	76,18	0,76	298,64	2,99
	9*	1513,63	2,29	138,19	23,03	2118,84	21,19	9,00	2097,35	20,97	10,69	980,25	9,80	76,14	0,76	278,52	2,79
	10	4544,40	6,96	196,77	32,80	3017,19	30,17	3,96	2861,06	28,61	3,99	1155,29	11,55	112,06	1,12	344,88	3,45
	11	3234,77	4,95	178,13	29,69	2731,30	27,31	5,37	2724,62	27,25	5,41	905,21	9,05	101,45	1,01	329,93	3,30
	12	4057,80	6,21	155,90	25,98	2390,51	23,91	5,32	2390,51	23,91	5,32	1091,07	10,91	66,57	0,67	281,86	2,82
	13	3050,78	4,66	197,99	33,00	3035,79	30,36	7,26	2938,65	29,39	7,26	567,92	5,68	52,72	0,53	144,35	1,44
	14	3981,52	6,08	177,04	29,51	2714,57	27,15	4,80	2714,57	27,15	4,80	1065,92	10,66	73,84	0,74	287,22	2,87
	15	4563,99	6,98	146,71	24,45	2249,48	22,49	4,38	2249,48	22,49	4,38	1237,95	12,38	106,45	1,06	380,77	3,81
	* = Rutschen des Fadens / jedoch mit in Statistik																

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Nullproben: Schuss Sironi

Nullprobe	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [N]
Schuss / Sironi	*Statistik*															
Arithmetisches Mittel	3677,02	5,60	168,64	28,11	2585,75	25,86	5,69	2555,67	25,56	6,06	1035,25	10,35	79,55	0,80	293,42	2,93
Minimalwert	1351,03	2,05	129,22	21,54	1981,38	19,81	3,43	1974,65	19,75	3,43	567,92	5,68	52,72	0,53	144,35	1,44
Maximalwert	4609,71	6,98	218,59	36,43	3351,75	33,52	11,00	3329,73	33,30	13,33	1244,44	12,44	112,06	1,12	403,52	4,04
Median	4021,16	6,15	172,55	28,76	2645,70	26,46	4,80	2645,70	26,46	4,80	1065,92	10,66	76,14	0,76	292,62	2,93
Varianz	1111935,07	2,57	595,03	16,53	139897,97	13,99	5,81	131314,23	13,13	9,85	26578,86	2,66	357,25	0,04	4494,99	0,45
Standardabweichung	1054,48	1,60	24,39	4,07	374,03	3,74	2,41	362,37	3,62	3,14	163,03	1,63	18,90	0,19	67,04	0,67
Variationskoeffizient	28,68	28,64	14,47	14,47	14,47	14,47	42,38	14,18	14,18	51,76	15,75	15,75	23,76	23,76	22,85	22,85
95%-Vertrauensb. oben	4285,76	6,52	182,11	30,35	2792,42	27,92	7,02	2755,90	27,56	7,80	1125,33	11,25	89,99	0,90	330,46	3,30
95%-Vertrauensb. unten	3068,28	4,67	155,16	25,86	2379,09	23,79	4,35	2355,44	23,55	4,33	945,17	9,45	69,10	0,69	256,37	2,56

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith D 50 (SAS)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [N]
1	Mowilith D 50	SAS	1	1671,86	2,15	17,23	2,87	223,95	2,24	0,94	221,30	2,21	0,95	-	-	73,63	0,74	-	-
			2	1634,13	2,11	13,49	2,25	175,39	1,75	0,83	168,66	1,69	0,84	-	-	82,86	0,83	-	-
			3	2138,76	2,76	22,42	3,74	291,42	2,91	0,90	281,03	2,81	0,92	-	-	120,69	1,21	-	-
			4	2218,67	2,87	21,67	3,61	281,72	2,82	0,86	281,49	2,81	0,87	-	-	130,67	1,31	-	-
			5	2035,98	2,64	22,03	3,67	286,36	2,86	0,98	265,11	2,65	1,01	-	-	111,98	1,12	280,94	2,81
			6	1802,81	2,33	24,76	4,13	321,89	3,22	1,15	286,43	2,86	1,22	-	-	90,62	0,91	279,95	2,80
			7	2273,80	2,95	35,55	5,93	462,20	4,62	1,18	453,84	4,54	1,19	-	-	135,51	1,36	381,96	3,82
			8	2335,58	3,02	26,60	4,43	345,74	3,46	1,00	343,91	3,44	1,01	-	-	142,91	1,43	345,38	3,45
			9	1758,06	2,25	33,63	5,60	437,17	4,37	1,36	421,66	4,22	1,38	-	-	82,89	0,83	280,89	2,81
			10	2140,60	2,77	14,67	2,45	190,73	1,91	0,68	190,73	1,91	0,68	-	-	123,62	1,24	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			2001,03	2,58	23,20	3,87	301,66	3,02	0,99	291,42	2,91	1,01	-	-	109,54	1,10	313,82	3,14
	Minimalwert			1634,13	2,11	13,49	2,25	175,39	1,75	0,68	168,66	1,69	0,68	-	-	73,63	0,74	279,95	2,80
	Maximalwert			2335,58	3,02	35,55	5,93	462,20	4,62	1,36	453,84	4,54	1,38	-	-	142,91	1,43	381,96	3,82
	Median			2087,37	2,70	22,22	3,70	288,89	2,89	0,96	281,26	2,81	0,98	-	-	116,33	1,16	280,94	2,81
	Varianz			68295,08	0,12	53,59	1,49	9057,03	0,91	0,04	8572,15	0,86	0,04	-	-	625,87	0,06	2238,08	0,22
	Standardabweichung			261,33	0,34	7,32	1,22	95,17	0,95	0,20	92,59	0,93	0,21	-	-	25,02	0,25	47,31	0,47
	Variationskoeffizient			13,06	13,29	31,55	31,55	31,55	31,55	19,84	31,77	31,77	20,49	-	-	22,84	22,84	15,07	15,07
	95%-Vertrauensbereich oben			2187,79	2,83	28,44	4,74	369,67	3,70	1,13	357,59	3,58	1,15	-	-	127,42	1,27	372,64	3,73
	95%-Vertrauensbereich unten			1814,26	2,34	17,97	3,00	233,64	2,34	0,85	225,25	2,25	0,86	-	-	91,66	0,92	255,01	2,55

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith DHS S1 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/ mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/ tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
2 A	Mowilith DHS S1	SAS	1	1940,68	2,52	25,76	4,29	334,93	3,35	1,03	332,20	3,32	1,04	-	-	122,82	1,23	331,99	3,32
			2	1765,52	2,29	23,20	3,87	301,66	3,02	1,01	297,08	2,97	1,03	-	-	105,18	1,05	300,49	3,00
			3	1483,92	1,92	10,24	1,71	133,14	1,33	0,69	133,14	1,33	0,69	-	-	96,96	0,97	-	-
			4	1705,63	2,18	21,95	3,66	285,29	2,85	1,03	274,84	2,75	1,05	-	-	100,94	1,01	281,70	2,82
			5	1810,67	2,35	29,53	4,92	383,84	3,84	1,12	341,93	3,42	1,16	-	-	107,55	1,08	342,98	3,43
			6	1820,25	2,33	22,07	3,68	286,95	2,87	0,97	283,26	2,83	0,98	-	-	111,68	1,12	-	-
			7	1364,80	1,77	13,79	2,30	179,27	1,79	0,99	155,08	1,55	1,05	-	-	76,91	0,77	179,07	1,79
			8	1701,12	2,20	19,03	3,17	247,35	2,47	1,08	213,16	2,13	1,15	-	-	102,62	1,03	239,53	2,40
			9	1890,06	2,44	21,15	3,53	275,01	2,75	0,99	227,27	2,27	1,06	-	-	117,79	1,18	273,86	2,74
			10	1816,79	2,35	14,71	2,45	191,26	1,91	0,82	120,67	1,21	0,99	-	-	111,41	1,11	-	-
			11	1862,27	2,41	24,03	4,01	312,45	3,12	1,00	303,91	3,04	1,02	-	-	114,05	1,14	312,42	3,12
			12	1486,11	1,92	21,35	3,56	277,60	2,78	1,30	269,65	2,70	1,35	-	-	79,85	0,80	220,07	2,20
			13	2157,90	2,80	27,80	4,63	361,39	3,61	0,99	357,29	3,57	1,01	-	-	144,16	1,44	360,13	3,60
			14	1899,18	2,43	28,88	4,81	375,40	3,75	1,11	330,21	3,30	1,22	-	-	118,73	1,19	334,41	3,34
			15	2100,51	2,72	22,85	3,81	297,04	2,97	0,95	267,31	2,67	1,00	-	-	138,55	1,39	267,62	2,68

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith DHS S1 (SAS)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [N]
2 A	Mowilith DHS S1	SAS	*Statistik*															
	Arithmetisches Mittel		1787,03	2,31	21,76	3,63	282,84	2,83	1,01	260,47	2,60	1,05	-	-	109,95	1,10	287,02	2,87
	Minimalwert		1364,80	1,77	10,24	1,71	133,14	1,33	0,69	120,67	1,21	0,69	-	-	76,91	0,77	179,07	1,79
	Maximalwert		2157,90	2,80	29,53	4,92	383,84	3,84	1,30	357,29	3,57	1,35	-	-	144,16	1,44	360,13	3,60
	Median		1816,79	2,35	22,07	3,68	286,95	2,87	1,00	274,84	2,75	1,04	-	-	111,41	1,11	291,09	2,91
	Varianz		47572,15	0,08	30,42	0,85	5141,38	0,51	0,02	5736,28	0,57	0,02	-	-	331,76	0,03	2958,11	0,30
	Standardabweichung		218,11	0,28	5,52	0,92	71,70	0,72	0,14	75,74	0,76	0,14	-	-	18,21	0,18	54,39	0,54
	Variationskoeffizient		12,21	12,27	25,35	25,35	25,35	25,35	13,48	29,08	29,08	13,50	-	-	16,57	16,57	18,95	18,95
	95%-Vertrauensb. oben		1907,54	2,47	24,80	4,13	322,46	3,22	1,08	302,32	3,02	1,13	-	-	120,01	1,20	321,64	3,22
	95%-Vertrauensb. unten		1666,51	2,15	18,71	3,12	243,22	2,43	0,93	218,62	2,19	0,97	-	-	99,88	1,00	252,40	2,52

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith DHS S1 (Ü)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\% Dehng.}$** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
2 A	Mowilith DHS S1	Ü	1	2512,58	3,24	39,17	6,53	509,19	5,09	1,43	509,19	5,09	1,43	-	-	107,56	1,08	318,51	3,19
			2	2129,75	2,76	38,28	6,38	497,65	4,98	1,60	495,98	4,96	1,61	-	-	78,58	0,79	243,09	2,43
			3	2435,89	3,16	96,28	16,05	1251,65	12,52	2,47	1251,16	12,51	2,47	948,24	9,48	88,68	0,89	298,53	2,99
			4	2782,33	3,61	79,08	13,18	1028,06	10,28	2,24	1017,87	10,18	2,26	927,15	9,27	126,62	1,27	372,83	3,73
			5	2524,15	3,26	48,70	8,12	633,10	6,33	1,65	633,10	6,33	1,65	-	-	99,49	0,99	319,18	3,19
			6	1666,19	2,16	49,55	8,26	644,18	6,44	2,28	642,89	6,43	2,29	535,94	5,36	51,74	0,52	147,93	1,48
			7	1589,68	2,06	47,48	7,91	617,28	6,17	2,86	555,81	5,56	2,97	427,10	4,27	68,69	0,69	172,01	1,72
			8	1887,01	2,44	26,29	4,38	341,74	3,42	1,40	336,75	3,37	1,41	-	-	70,39	0,70	231,43	2,31
			9	2004,09	2,60	64,46	10,74	838,04	8,38	2,34	785,39	7,85	2,35	672,53	6,73	77,65	0,78	217,05	2,17
			10	2121,16	2,75	74,40	12,40	967,16	9,67	2,56	947,35	9,47	2,60	718,56	7,19	83,00	0,83	240,29	2,40
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			2165,28	2,80	56,37	9,39	732,80	7,33	2,08	717,55	7,18	2,11	704,92	7,05	85,24	0,85	256,09	2,56
	Minimalwert			1589,68	2,06	26,29	4,38	341,74	3,42	1,40	336,75	3,37	1,41	427,10	4,27	51,74	0,52	147,93	1,48
	Maximalwert			2782,33	3,61	96,28	16,05	1251,65	12,52	2,86	1251,16	12,51	2,97	948,24	9,48	126,62	1,27	372,83	3,73
	Median			2125,45	2,75	49,13	8,19	638,64	6,39	2,26	638,00	6,38	2,27	695,55	6,96	80,79	0,81	241,69	2,42
	Varianz			154490,64	0,26	467,94	13,00	79081,96	7,91	0,27	78747,54	7,87	0,29	43112,95	4,31	460,96	0,05	4958,31	0,50
	Standardabweichung			393,05	0,51	21,63	3,61	281,22	2,81	0,52	280,62	2,81	0,54	207,64	2,08	21,47	0,21	70,42	0,70
	Variationskoeffizient			18,15	18,16	38,38	38,38	38,38	38,38	24,90	39,11	39,11	25,72	29,46	29,46	25,19	25,19	27,50	27,50
	95%-Vertrauensbereich oben			2446,19	3,17	71,83	11,97	933,78	9,34	2,45	918,10	9,18	2,49	922,77	9,23	100,58	1,01	306,41	3,06
	95%-Vertrauensbereich unten			1884,38	2,44	40,91	6,82	531,83	5,32	1,71	517,00	5,17	1,72	487,07	4,87	69,90	0,70	205,76	2,06

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith DHS S1 (Ü+V)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [N]
2 A	Mowilith DHS S1	Ü+V	1	1764,26	2,27	129,89	21,65	1688,51	16,89	6,71	1635,05	16,35	6,72	236,34	2,36	37,75	0,38	90,10	0,90
			2	3316,78	4,28	106,48	17,75	1384,20	13,84	3,23	1384,20	13,84	3,23	748,77	7,49	80,11	0,80	247,66	2,48
			3	3479,55	4,50	126,27	21,05	1641,54	16,42	3,51	1641,54	16,42	3,51	789,17	7,89	77,98	0,78	259,87	2,60
			4*	3498,07	4,52	172,64	28,77	2244,29	22,44	4,57	2244,29	22,44	4,57	762,08	7,62	84,13	0,84	250,32	2,50
			5	4406,40	5,72	101,74	16,96	1322,67	13,23	2,31	1322,67	13,23	2,31	1123,09	11,23	158,84	1,59	437,85	4,38
			6	4386,75	5,68	128,05	21,34	1664,69	16,65	2,99	1664,00	16,64	3,00	1107,55	11,08	154,64	1,55	438,64	4,39
			7	4537,58	5,88	169,24	28,21	2200,06	22,00	3,72	2184,39	21,84	3,75	1140,43	11,40	130,97	1,31	402,05	4,02
			8	2265,49	2,92	171,13	28,52	2224,64	22,25	7,21	2204,47	22,04	7,23	347,69	3,48	39,72	0,40	105,49	1,05
			9*	3977,52	5,16	139,03	23,17	1807,34	18,07	3,35	1663,92	16,64	3,37	947,01	9,47	107,42	1,07	326,21	3,26
			10	4284,61	5,53	107,69	17,95	1400,00	14,00	2,51	1400,00	14,00	2,51	1057,86	10,58	107,02	1,07	358,33	3,58
	Statistik			* = Fadenriss / nur in entsprechend markierter Statistik nicht berücksichtigt															
	Arithmetisches Mittel			3591,70	4,65	130,06*	22,54	1757,79	16.91*	4,01	1734,45	17,34	4,02	826,00	8,26	97,86	0,98	291,65	2,92
	Minimalwert			1764,26	2,27	101,74*	16,96	1322,67	13,23*	2,31	1322,67	13,23	2,31	236,34	2,36	37,75	0,38	90,10	0,90
	Maximalwert			4537,58	5,88	171,13*	28,77	2244,29	22,25*	7,21	2244,29	22,44	7,23	1140,43	11,40	158,84	1,59	438,64	4,39
	Median			3737,79	4,84	127,16*	21,49	1676,60	16,54*	3,43	1652,73	16,53	3,44	868,09	8,68	95,57	0,96	293,04	2,93
	Varianz			890532,49	1,50	728,39*	20,76	126287,45	12,31*	2,82	123982,36	12,40	2,83	102522,16	10,25	1789,48	0,18	15637,76	1,56
	Standardabweichung			943,68	1,23	26,99*	4,56	355,37	3,51*	1,68	352,11	3,52	1,68	320,19	3,20	42,30	0,42	125,05	1,25
	Variationskoeffizient			26,27	26,40	20,75*	20,22	20,22	20,75*	41,84	20,30	20,30	41,87	38,76	38,76	43,23	43,23	42,88	42,88
	95%-Vertrauensbereich oben			4266,12	5,52	151,45*	25,79	2011,77	18,34*	5,21	1986,10	19,86	5,22	1054,83	10,55	128,09	1,28	381,02	3,81
	95%-Vertrauensbereich unten			2917,28	3,77	108,67*	19,28	1503,82	15,48*	2,81	1482,81	14,83	2,82	597,17	5,97	67,62	0,68	202,28	2,02

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith DHS S1 + Methocel A4C (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
2 B	Mowilith DHS S1 + Methocel A4C 3%ig (10:2)	SAS	1	2296,57	2,97	31,83	5,30	413,76	4,14	1,12	401,78	4,02	1,15	-	-	128,76	1,29	362,47	3,62
			2	1323,47	1,70	21,60	3,60	280,75	2,81	1,53	233,87	2,34	1,64	-	-	59,18	0,59	164,58	1,65
			3	1756,36	2,27	18,22	3,04	236,84	2,37	1,02	233,89	2,34	1,06	-	-	77,27	0,77	235,05	2,35
			4	1999,45	2,58	17,92	2,99	233,00	2,33	0,91	190,20	1,90	1,02	-	-	105,88	1,06	205,97	2,06
			5	1793,47	2,31	18,78	3,13	244,16	2,44	1,06	233,57	2,34	1,10	-	-	90,59	0,91	238,15	2,38
			6	2168,25	2,80	44,84	7,47	582,96	5,83	1,39	580,15	5,80	1,41	-	-	108,87	1,09	361,80	3,62
			7	2071,14	2,68	20,76	3,46	269,89	2,70	0,94	253,43	2,53	0,98	-	-	109,69	1,10	-	-
			8	1936,78	2,50	15,53	2,59	201,91	2,02	0,82	135,07	1,35	0,93	-	-	106,70	1,07	-	-
			9	1811,42	2,34	19,09	3,18	248,12	2,48	1,00	248,12	2,48	1,00	-	-	85,09	0,85	247,77	2,48
			10	2336,60	3,02	33,65	5,61	437,40	4,37	1,09	405,79	4,06	1,14	-	-	125,37	1,25	402,20	4,02
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1949,35	2,52	24,22	4,04	314,88	3,15	1,09	291,59	2,92	1,14	-	-	99,74	1,00	277,25	2,77
	Minimalwert			1323,47	1,70	15,53	2,59	201,91	2,02	0,82	135,07	1,35	0,93	-	-	59,18	0,59	164,58	1,65
	Maximalwert			2336,60	3,02	44,84	7,47	582,96	5,83	1,53	580,15	5,80	1,64	-	-	128,76	1,29	402,20	4,02
	Median			1968,11	2,54	19,92	3,32	259,01	2,59	1,04	241,01	2,41	1,08	-	-	106,29	1,06	242,96	2,43
	Varianz			89803,32	0,15	88,67	2,46	14984,46	1,50	0,05	17399,73	1,74	0,05	-	-	468,40	0,05	7425,43	0,74
	Standardabweichung			299,67	0,39	9,42	1,57	122,41	1,22	0,22	131,91	1,32	0,22	-	-	21,64	0,22	86,17	0,86
	Variationskoeffizient			15,37	15,42	38,88	38,88	38,88	38,88	20,12	45,24	45,24	19,13	-	-	21,70	21,70	31,08	31,08
	95%-Vertrauensbereich oben			2163,52	2,79	30,95	5,16	402,36	4,02	1,25	385,86	3,86	1,30	-	-	115,21	1,15	349,15	3,49
	95%-Vertrauensbereich unten			1735,18	2,24	17,49	2,92	227,39	2,27	0,93	197,32	1,97	0,99	-	-	84,27	0,84	205,35	2,05

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith DHS S1 + H_2O (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
2 C	Mowilith DHS S1 + Wasser (10:1,5)	SAS	1	2734,58	3,53	26,77	4,46	348,03	3,48	0,89	346,74	3,47	0,90	-	-	153,14	1,53	-	-
			2	1733,80	2,24	24,95	4,16	324,36	3,24	1,29	324,18	3,24	1,30	-	-	67,23	0,67	214,41	2,14
			3	1892,30	2,44	36,11	6,02	469,47	4,69	1,55	468,45	4,68	1,56	-	-	87,39	0,87	249,24	2,49
			4	2046,84	2,63	18,53	3,09	240,92	2,41	0,91	240,49	2,40	0,92	-	-	97,56	0,98	-	-
			5	1783,53	2,30	19,54	3,26	254,08	2,54	1,09	254,08	2,54	1,09	-	-	69,14	0,69	227,09	2,27
			6	1870,33	2,39	25,39	4,23	330,09	3,30	1,26	330,09	3,30	1,26	-	-	84,38	0,84	244,87	2,45
			7	2240,98	2,88	32,56	5,43	423,28	4,23	1,20	416,10	4,16	1,23	-	-	104,26	1,04	333,15	3,33
			8	1886,60	2,41	40,37	6,73	524,83	5,25	1,56	524,83	5,25	1,56	-	-	76,12	0,76	249,27	2,49
			9	2338,81	3,03	34,26	5,71	445,32	4,45	1,18	432,88	4,33	1,18	-	-	112,82	1,13	353,73	3,54
			10	1860,75	2,41	22,39	3,73	291,02	2,91	1,15	291,02	2,91	1,15	-	-	78,46	0,78	242,74	2,43
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			2038,85	2,63	28,09	4,68	365,14	3,65	1,21	362,89	3,63	1,22	-	-	93,05	0,93	264,31	2,64
	Minimalwert			1733,80	2,24	18,53	3,09	240,92	2,41	0,89	240,49	2,40	0,90	-	-	67,23	0,67	214,41	2,14
	Maximalwert			2734,58	3,53	40,37	6,73	524,83	5,25	1,56	524,83	5,25	1,56	-	-	153,14	1,53	353,73	3,54
	Median			1889,45	2,43	26,08	4,35	339,06	3,39	1,19	338,41	3,38	1,21	-	-	85,89	0,86	247,06	2,47
	Varianz			97549,59	0,17	54,33	1,51	9181,63	0,92	0,05	8879,64	0,89	0,05	-	-	665,82	0,07	2558,05	0,26
	Standardabweichung			312,33	0,41	7,37	1,23	95,82	0,96	0,23	94,23	0,94	0,23	-	-	25,80	0,26	50,58	0,51
	Variationskoeffizient			15,32	15,48	26,24	26,24	26,24	26,24	18,69	25,97	25,97	18,53	-	-	27,73	27,73	19,14	19,14
	95%-Vertrauensbereich oben			2262,07	2,92	33,36	5,56	433,62	4,34	1,37	430,23	4,30	1,38	-	-	111,49	1,11	306,51	3,07
	95%-Vertrauensbereich unten			1815,64	2,34	22,82	3,80	296,66	2,97	1,05	295,54	2,96	1,05	-	-	74,61	0,75	222,11	2,22

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith LD 167 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
3	Mowilith LD 167	SAS	1	1055,25	1,36	27,35	4,56	355,60	3,56	1,40	355,60	3,56	1,40	-	-	69,92	0,70	206,16	2,06
			2	1116,39	1,44	10,17	1,70	132,27	1,32	0,81	132,27	1,32	0,81	-	-	75,80	0,76	-	-
			3	1432,18	1,85	14,02	2,34	182,25	1,82	0,68	182,25	1,82	0,68	-	-	112,18	1,12	-	-
			4	1612,89	2,09	13,79	2,30	179,22	1,79	0,65	179,22	1,79	0,65	-	-	123,24	1,23	-	-
			5	1449,42	1,88	12,46	2,08	161,96	1,62	0,70	161,96	1,62	0,70	-	-	107,44	1,07	-	-
			6	1089,90	1,41	8,77	1,46	113,98	1,14	0,67	113,98	1,14	0,67	-	-	73,12	0,73	-	-
			7	1036,84	1,34	7,74	1,29	100,65	1,01	0,66	95,35	0,95	0,68	-	-	68,07	0,68	-	-
			8	1381,85	1,78	13,08	2,18	170,10	1,70	0,66	170,10	1,70	0,66	-	-	107,14	1,07	-	-
			9	1225,48	1,59	27,06	4,51	351,76	3,52	1,18	351,76	3,52	1,18	-	-	87,60	0,88	271,62	2,72
			10	991,30	1,28	5,15	0,86	66,90	0,67	0,52	66,90	0,67	0,52	-	-	63,76	0,64	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1239,15	1,60	13,96	2,33	181,47	1,81	0,79	180,94	1,81	0,80	-	-	88,83	0,89	238,89	2,39
	Minimalwert			991,30	1,28	5,15	0,86	66,90	0,67	0,52	66,90	0,67	0,52	-	-	63,76	0,64	206,16	2,06
	Maximalwert			1612,89	2,09	27,35	4,56	355,60	3,56	1,40	355,60	3,56	1,40	-	-	123,24	1,23	271,62	2,72
	Median			1170,93	1,52	12,77	2,13	166,03	1,66	0,67	166,03	1,66	0,68	-	-	81,70	0,82	238,89	2,39
	Varianz			46137,14	0,08	56,85	1,58	9607,77	0,96	0,08	9705,92	0,97	0,08	-	-	471,79	0,05	2142,98	0,21
	Standardabweichung			214,80	0,28	7,54	1,26	98,02	0,98	0,28	98,52	0,99	0,27	-	-	21,72	0,22	46,29	0,46
	Variationskoeffizient			17,33	17,36	54,01	54,01	54,01	54,01	34,77	54,45	54,45	34,56	-	-	24,45	24,45	19,38	19,38
	95%-Vertrauensbereich oben			1392,66	1,80	19,35	3,22	251,52	2,52	0,99	251,35	2,51	0,99	-	-	104,35	1,04	-	-
	95%-Vertrauensbereich unten			1085,64	1,40	8,57	1,43	111,42	1,11	0,60	110,53	1,11	0,60	-	-	73,30	0,73	-	-

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [N]
4 A	Lineco	SAS	1	1504,95	1,94	9,86	1,64	128,21	1,28	0,68	115,90	1,16	0,72	-	-	97,62	0,98	-	-
			2	1307,77	1,69	8,47	1,41	110,07	1,10	0,66	97,14	0,97	0,71	-	-	80,81	0,81	-	-
			3	1362,90	1,76	9,50	1,58	123,47	1,23	0,69	90,11	0,90	0,81	-	-	84,66	0,85	-	-
			4	1607,57	2,08	16,79	2,80	218,28	2,18	0,83	216,69	2,17	0,85	-	-	107,78	1,08	-	-
			5	1246,46	1,61	10,47	1,74	136,08	1,36	0,88	126,53	1,27	0,91	-	-	77,12	0,77	-	-
			6	1513,90	1,96	8,25	1,38	107,29	1,07	0,61	63,37	0,63	0,87	-	-	98,22	0,98	-	-
			7	1198,42	1,54	10,77	1,79	139,98	1,40	0,95	72,33	0,72	1,19	-	-	73,74	0,74	137,59	1,38
			8	1686,77	2,18	32,82	5,47	426,65	4,27	1,17	390,83	3,91	1,21	-	-	118,79	1,19	355,79	3,56
			9	1136,29	1,46	12,97	2,16	168,58	1,69	1,01	152,12	1,52	1,05	-	-	65,44	0,65	168,44	1,68
			10	1288,72	1,65	7,57	1,26	98,43	0,98	0,60	54,14	0,54	0,75	-	-	87,14	0,87	-	-
			11	1284,51	1,66	21,93	3,65	285,05	2,85	1,12	271,01	2,71	1,15	-	-	75,20	0,75	249,70	2,50
			12	1280,76	1,65	11,12	1,85	144,53	1,45	0,77	144,53	1,45	0,77	-	-	75,73	0,76	-	-
			13	1252,81	1,62	15,14	2,52	196,78	1,97	0,99	170,64	1,71	1,04	-	-	73,57	0,74	195,85	1,96
			14	1081,48	1,39	13,94	2,32	181,21	1,81	1,12	153,83	1,54	1,19	-	-	62,28	0,62	164,33	1,64
			15	1578,97	2,05	9,19	1,53	119,53	1,20	0,60	107,09	1,07	0,65	-	-	103,37	1,03	-	-

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
4 A	Lineco	SAS	*Statistik*															
	Arithmetisches Mittel		1355,49	1,75	13,25	2,21	172,28	1,72	0,85	148,42	1,48	0,92	-	-	85,43	0,85	211,95	2,12
	Minimalwert		1081,48	1,39	7,57	1,26	98,43	0,98	0,60	54,14	0,54	0,65	-	-	62,28	0,62	137,59	1,38
	Maximalwert		1686,77	2,18	32,82	5,47	426,65	4,27	1,17	390,83	3,91	1,21	-	-	118,79	1,19	355,79	3,56
	Median		1288,72	1,66	10,77	1,79	139,98	1,40	0,83	126,53	1,27	0,87	-	-	80,81	0,81	182,14	1,82
	Varianz		32736,25	0,06	43,96	1,22	7429,23	0,74	0,04	7870,92	0,79	0,04	-	-	267,98	0,03	6412,89	0,64
	Standardabweichung		180,93	0,24	6,63	1,11	86,19	0,86	0,20	88,72	0,89	0,20	-	-	16,37	0,16	80,08	0,80
	Variationskoeffizient		13,35	13,47	50,03	50,03	50,03	50,03	24,19	59,78	59,78	21,14	-	-	19,16	19,16	37,78	37,78
	95%-Vertrauensb. oben		1455,46	1,88	16,92	2,82	219,90	2,20	0,96	197,44	1,97	1,03	-	-	94,48	0,94	295,97	2,96
	95%-Vertrauensb. unten		1255,51	1,62	9,59	1,60	124,65	1,25	0,73	99,40	0,99	0,82	-	-	76,39	0,76	127,93	1,28

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco (Ü)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
4 A	Lineco	Ü	1	2188,90	2,82	45,34	7,56	589,47	5,89	1,83	554,11	5,54	1,87	-	-	77,28	0,77	243,76	2,44
			2	1612,27	2,09	28,63	4,77	372,19	3,72	1,80	338,94	3,39	1,87	-	-	97,99	0,98	188,97	1,89
			3	2770,34	3,59	42,62	7,10	554,09	5,54	1,35	484,58	4,85	1,43	-	-	108,94	1,09	361,51	3,62
			4	1251,73	1,61	27,60	4,60	358,76	3,59	2,21	335,04	3,35	2,25	317,54	3,18	35,58	0,36	105,49	1,05
			5	2484,33	3,21	28,17	4,70	366,27	3,66	1,14	338,12	3,38	1,18	-	-	105,96	1,06	313,09	3,13
			6	2750,73	3,56	36,26	6,04	471,35	4,71	1,23	464,56	4,65	1,24	-	-	115,00	1,15	357,30	3,57
			7	1790,34	2,31	30,85	5,14	401,08	4,01	1,72	347,90	3,48	1,79	-	-	65,35	0,65	181,78	1,82
			8	2636,42	3,41	41,26	6,88	536,32	5,36	1,43	527,53	5,28	1,46	-	-	113,46	1,13	334,60	3,35
			9	2323,11	3,01	40,81	6,80	530,54	5,31	1,60	525,30	5,25	1,61	-	-	95,79	0,96	277,04	2,77
			10	2045,72	2,65	41,38	6,90	538,00	5,38	1,80	536,56	5,37	1,81	-	-	66,51	0,67	222,03	2,22
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			2185,39	2,83	36,29	6,05	471,81	4,72	1,61	445,26	4,45	1,65	317,54	3,18	88,19	0,88	258,56	2,59
	Minimalwert			1251,73	1,61	27,60	4,60	358,76	3,59	1,14	335,04	3,35	1,18	317,54	3,18	35,58	0,36	105,49	1,05
	Maximalwert			2770,34	3,59	45,34	7,56	589,47	5,89	2,21	554,11	5,54	2,25	317,54	3,18	115,00	1,15	361,51	3,62
	Median			2256,00	2,92	38,53	6,42	500,95	5,01	1,66	474,57	4,75	1,70	317,54	3,18	96,89	0,97	260,40	2,60
	Varianz			261034,82	0,44	46,98	1,30	7938,99	0,79	0,11	8854,34	0,89	0,11	-	-	681,78	0,07	7240,89	0,72
	Standardabweichung			510,92	0,66	6,85	1,14	89,10	0,89	0,33	94,10	0,94	0,33	-	-	26,11	0,26	85,09	0,85
	Variationskoeffizient			23,38	23,54	18,89	18,89	18,89	18,89	20,22	21,13	21,13	20,01	-	-	29,61	29,61	32,91	32,91
	95%-Vertrauensbereich oben			2550,53	3,30	41,19	6,87	535,49	5,35	1,84	512,51	5,13	1,89	-	-	106,85	1,07	319,37	3,19
	95%-Vertrauensbereich unten			1820,25	2,35	31,39	5,23	408,13	4,08	1,38	378,01	3,78	1,42	-	-	69,52	0,70	197,74	1,98

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco (Ü+V)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
4 A	Lineco	Ü+V	1	2025,82	2,61	73,88	12,31	960,50	9,60	2,88	960,50	9,60	2,88	561,44	5,61	53,10	0,53	166,37	1,66
			2	2134,50	2,76	36,97	6,16	480,59	4,81	1,73	439,81	4,40	1,77	-	-	82,24	0,82	224,04	2,24
			3	2492,56	3,23	59,55	9,92	774,11	7,74	2,01	737,84	7,38	2,05	772,54	7,73	72,85	0,73	235,05	2,35
			4	2319,64	3,00	111,51	18,58	1449,59	14,50	3,98	1445,91	14,46	4,00	642,49	6,42	79,08	0,79	239,74	2,40
			5	2025,14	2,61	69,58	11,60	904,48	9,04	2,74	880,94	8,81	2,76	561,16	5,61	67,98	0,68	176,84	1,77
			6	2441,26	3,15	66,63	11,11	866,22	8,66	2,26	854,43	8,54	2,27	739,51	7,40	77,18	0,77	239,70	2,40
			7	1860,84	2,40	102,29	17,05	1329,74	13,30	4,29	1325,04	13,25	4,31	486,32	4,86	54,43	0,54	151,29	1,51
			8	2957,20	3,82	125,68	20,95	1633,83	16,34	2,95	1628,10	16,28	2,98	1013,92	10,14	99,79	1,00	326,46	3,26
			9	2102,71	2,72	90,97	15,16	1182,65	11,83	2,99	1182,09	11,82	3,00	608,35	6,08	55,96	0,56	174,76	1,75
			10	1371,14	1,74	83,38	13,90	1083,96	10,84	4,11	1069,81	10,70	4,14	265,90	2,66	27,84	0,28	76,75	0,77
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			2173,08	2,80	82,04	13,67	1066,57	10,67	3,00	1052,45	10,52	3,02	627,96	6,28	67,04	0,67	201,10	2,01
	Minimalwert			1371,14	1,74	36,97	6,16	480,59	4,81	1,73	439,81	4,40	1,77	265,90	2,66	27,84	0,28	76,75	0,77
	Maximalwert			2957,20	3,82	125,68	20,95	1633,83	16,34	4,29	1628,10	16,28	4,31	1013,92	10,14	99,79	1,00	326,46	3,26
	Median			2118,60	2,74	78,63	13,11	1022,23	10,22	2,92	1015,15	10,15	2,93	608,35	6,08	70,41	0,70	200,44	2,00
	Varianz			177879,85	0,31	695,66	19,32	117566,44	11,76	0,79	125443,06	12,54	0,78	42867,70	4,29	399,88	0,04	4534,45	0,45
	Standardabweichung			421,76	0,55	26,38	4,40	342,88	3,43	0,89	354,18	3,54	0,89	207,05	2,07	20,00	0,20	67,34	0,67
	Variationskoeffizient			19,41	19,71	32,15	32,15	32,15	32,15	29,59	33,65	33,65	29,34	32,97	32,97	29,83	29,83	33,49	33,49
	95%-Vertrauensbereich oben			2474,50	3,20	100,89	16,82	1311,61	13,12	3,63	1305,57	13,06	3,65	787,38	7,87	81,34	0,81	249,22	2,49
	95%-Vertrauensbereich unten			1871,66	2,41	63,19	10,53	821,52	8,22	2,36	799,32	7,99	2,38	468,53	4,69	52,75	0,53	152,97	1,53

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco + H_2O (SAS)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
4 B	Lineco + Wasser (9:1)	SAS	1	1453,09	1,88	8,48	1,41	110,29	1,10	0,59	74,37	0,74	0,75	-	-	95,58	0,96	-	-
			2	1183,20	1,53	14,89	2,48	193,62	1,94	0,94	189,45	1,89	0,96	-	-	70,92	0,71	-	-
			3	1176,11	1,52	8,67	1,44	112,67	1,13	0,82	81,00	0,81	1,00	-	-	72,56	0,73	-	-
			4	1617,00	2,09	13,92	2,32	180,97	1,81	0,72	173,25	1,73	0,73	-	-	113,71	1,14	-	-
			5	1561,91	2,02	15,27	2,55	198,56	1,99	0,82	97,49	0,97	0,99	-	-	109,21	1,09	-	-
			6	1253,53	1,62	8,01	1,33	104,08	1,04	0,64	86,19	0,86	0,74	-	-	79,57	0,80	-	-
			7	1594,21	2,06	10,69	1,78	138,97	1,39	0,93	97,78	0,98	1,12	-	-	104,26	1,04	134,17	1,34
			8	1657,81	2,14	9,13	1,52	118,75	1,19	0,56	59,05	0,59	0,80	-	-	110,73	1,11	-	-
			9	1363,00	1,76	6,74	1,12	87,68	0,88	0,50	84,78	0,85	0,60	-	-	87,51	0,88	-	-
			10	1864,07	2,41	11,11	1,85	144,45	1,44	0,59	136,58	1,37	0,63	-	-	125,72	1,26	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1472,39	1,90	10,69	1,78	139,00	1,39	0,71	107,99	1,08	0,83	-	-	96,98	0,97	134,17	1,34
	Minimalwert			1176,11	1,52	6,74	1,12	87,68	0,88	0,50	59,05	0,59	0,60	-	-	70,92	0,71	134,17	1,34
	Maximalwert			1864,07	2,41	15,27	2,55	198,56	1,99	0,94	189,45	1,89	1,12	-	-	125,72	1,26	134,17	1,34
	Median			1507,50	1,95	9,91	1,65	128,86	1,29	0,68	91,84	0,92	0,78	-	-	99,92	1,00	134,17	1,34
	Varianz			51468,19	0,09	9,27	0,26	1566,96	0,16	0,02	1910,48	0,19	0,03	-	-	351,97	0,04	-	-
	Standardabweichung			226,87	0,29	3,04	0,51	39,58	0,40	0,16	43,71	0,44	0,17	-	-	18,76	0,19	-	-
	Variationskoeffizient			15,41	15,46	28,48	28,48	28,48	28,48	22,08	40,47	40,47	20,78	-	-	19,35	19,35	-	-
	95%-Vertrauensbereich oben			1634,53	2,12	12,87	2,14	167,29	1,67	0,83	139,23	1,39	0,96	-	-	110,39	1,10	-	-
	95%-Vertrauensbereich unten			1310,26	1,69	8,52	1,42	110,71	1,11	0,60	76,76	0,77	0,71	-	-	83,57	0,84	-	-

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco + Arbocel BWW 40 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
4 C	Lineco + Arbocel BWW 40 (20:1)	SAS	1	982,21	1,27	6,70	1,12	87,13	0,87	0,75	60,70	0,61	1,08	-	-	64,83	0,65	73,45	0,73
			2	1577,53	2,04	13,82	2,30	179,67	1,80	1,34	148,79	1,49	1,44	-	-	103,77	1,04	143,57	1,44
			3	-	-	10,25	1,71	133,31	1,33	0,94	94,80	0,95	1,12	-	-	75,06	0,75	130,74	1,31
			4	1082,11	1,40	6,30	1,05	81,85	0,82	0,61	40,27	0,40	0,98	-	-	74,76	0,75	-	-
			5	1457,03	1,89	13,61	2,27	176,95	1,77	0,91	89,41	0,89	1,13	-	-	98,54	0,99	155,01	1,55
			6	973,40	1,26	15,16	2,53	197,08	1,97	1,21	185,86	1,86	1,25	-	-	58,11	0,58	157,05	1,57
			7	1265,67	1,64	8,16	1,36	106,07	1,06	0,70	79,96	0,80	0,80	-	-	82,40	0,82	-	-
			8	1116,91	1,45	8,01	1,34	104,19	1,04	0,71	58,23	0,58	0,89	-	-	69,13	0,69	-	-
			9	1980,35	2,56	16,48	2,75	214,18	2,14	0,66	189,01	1,89	0,70	-	-	156,22	1,56	-	-
			10	1967,05	2,55	12,97	2,16	168,55	1,69	0,57	82,86	0,83	0,97	-	-	151,02	1,51	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1378,03	1,78	11,15	1,86	144,90	1,45	0,84	102,99	1,03	1,04	-	-	93,39	0,93	131,96	1,32
	Minimalwert			973,40	1,26	6,30	1,05	81,85	0,82	0,57	40,27	0,40	0,70	-	-	58,11	0,58	73,45	0,73
	Maximalwert			1980,35	2,56	16,48	2,75	214,18	2,14	1,34	189,01	1,89	1,44	-	-	156,22	1,56	157,05	1,57
	Median			1265,67	1,64	11,61	1,94	150,93	1,51	0,73	86,13	0,86	1,03	-	-	78,73	0,79	143,57	1,44
	Varianz			155568,51	0,26	13,76	0,38	2325,53	0,23	0,07	2808,62	0,28	0,05	-	-	1206,30	0,12	1180,00	0,12
	Standardabweichung			394,42	0,51	3,71	0,62	48,22	0,48	0,26	53,00	0,53	0,22	-	-	34,73	0,35	34,35	0,34
	Variationskoeffizient			28,62	28,61	33,28	33,28	33,28	33,28	30,69	51,46	51,46	20,91	-	-	37,19	37,19	26,03	26,03
	95%-Vertrauensbereich oben			1681,73	2,18	13,80	2,30	179,36	1,79	1,02	140,86	1,41	1,19	-	-	118,21	1,18	174,67	1,75
	95%-Vertrauensbereich unten			1074,32	1,39	8,50	1,42	110,44	1,10	0,66	65,11	0,65	0,88	-	-	68,56	0,69	89,25	0,89

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco + Methocel A4C (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [N]
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	SAS	1	1072,57	1,38	10,74	1,79	139,64	1,40	0,92	122,98	1,23	0,97	-	-	67,06	0,67	-	-
			2	1354,08	1,75	9,29	1,55	120,80	1,21	0,79	109,58	1,10	0,86	-	-	89,60	0,90	-	-
			3	907,29	1,17	6,02	1,00	78,20	0,78	0,67	37,88	0,38	0,94	-	-	62,07	0,62	-	-
			4	1413,06	1,83	14,04	2,34	182,54	1,83	0,91	91,11	0,91	1,10	-	-	98,10	0,98	134,52	1,35
			5	1247,95	1,60	15,49	2,58	201,37	2,01	1,09	188,35	1,88	1,16	-	-	82,55	0,83	194,96	1,95
			6	1372,04	1,77	23,09	3,85	300,13	3,00	1,15	273,99	2,74	1,18	-	-	95,52	0,96	254,95	2,55
			7	1499,19	1,94	17,89	2,98	232,60	2,33	1,05	194,32	1,94	1,13	-	-	103,33	1,03	225,92	2,26
			8	1233,48	1,60	16,56	2,76	215,23	2,15	1,12	206,49	2,06	1,16	-	-	81,04	0,81	201,54	2,02
			9	1613,30	2,09	12,10	2,02	157,36	1,57	0,71	109,70	1,10	0,83	-	-	116,99	1,17	-	-
			10	1482,22	1,92	11,77	1,96	152,99	1,53	0,94	86,39	0,86	1,08	-	-	98,97	0,99	133,79	1,34
			11	1494,32	1,93	18,50	3,08	240,48	2,40	1,08	214,59	2,15	1,14	-	-	105,64	1,06	233,42	2,33
			12	1896,03	2,45	10,91	1,82	141,80	1,42	0,63	130,55	1,31	0,70	-	-	127,87	1,28	-	-
			13	1280,22	1,66	13,47	2,25	175,16	1,75	1,02	140,38	1,40	1,19	-	-	85,52	0,86	175,08	1,75
			14	1458,43	1,89	12,14	2,02	157,86	1,58	0,78	136,93	1,37	0,85	-	-	104,30	1,04	-	-
			15	1424,07	1,84	16,11	2,68	209,39	2,09	0,92	201,68	2,02	0,95	-	-	101,51	1,02	-	-

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco + Methocel A4C (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	SAS	*Statistik*															
	Arithmetisches Mittel		1383,22	1,79	13,87	2,31	180,37	1,80	0,92	149,66	1,50	1,02	-	-	94,67	0,95	194,27	1,94
	Minimalwert		907,29	1,17	6,02	1,00	78,20	0,78	0,63	37,88	0,38	0,70	-	-	62,07	0,62	133,79	1,34
	Maximalwert		1896,03	2,45	23,09	3,85	300,13	3,00	1,15	273,99	2,74	1,19	-	-	127,87	1,28	254,95	2,55
	Median		1413,06	1,83	13,47	2,25	175,16	1,75	0,92	136,93	1,37	1,08	-	-	98,10	0,98	198,25	1,98
	Varianz		52502,28	0,09	17,81	0,49	3009,47	0,30	0,03	3825,44	0,38	0,02	-	-	302,39	0,03	1981,03	0,20
	Standardabweichung		229,13	0,30	4,22	0,70	54,86	0,55	0,17	61,85	0,62	0,16	-	-	17,39	0,17	44,51	0,45
	Variationskoeffizient		16,57	16,69	30,41	30,41	30,41	30,41	18,51	41,33	41,33	15,31	-	-	18,37	18,37	22,91	22,91
	95%-Vertrauensb. oben		1509,82	1,95	16,21	2,70	210,68	2,11	1,01	183,84	1,84	1,10	-	-	104,28	1,04	231,41	2,31
	95%-Vertrauensb. unten		1256,61	1,62	11,54	1,92	150,06	1,50	0,82	115,49	1,15	0,93	-	-	85,06	0,85	157,14	1,57

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco + Methocel A4C (Ü)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	Ü	1	2668,99	3,43	39,34	6,56	511,43	5,11	1,32	494,11	4,94	1,36	-	-	118,89	1,19	367,64	3,68
			2	2672,20	3,47	34,92	5,82	453,91	4,54	1,22	267,08	2,67	1,46	-	-	132,02	1,32	362,47	3,62
			3	1693,71	2,18	24,30	4,05	315,94	3,16	1,45	286,80	2,87	1,48	-	-	57,77	0,58	186,00	1,86
			4	1481,57	1,88	32,13	5,35	417,69	4,18	1,97	386,82	3,87	2,01	405,06	4,05	44,44	0,44	123,24	1,23
			5	1398,63	1,81	38,21	6,37	496,77	4,97	2,49	444,90	4,45	2,54	383,35	3,83	58,62	0,59	145,98	1,46
			6	1703,23	2,18	36,79	6,13	478,22	4,78	1,91	425,57	4,26	1,97	-	-	57,30	0,57	174,62	1,75
			7	2410,33	3,10	34,44	5,74	447,66	4,48	1,38	319,02	3,19	1,50	-	-	112,27	1,12	312,53	3,13
			8	2103,04	2,72	25,44	4,24	330,78	3,31	1,22	301,66	3,02	1,27	-	-	86,67	0,87	258,10	2,58
			9	2268,16	2,92	29,75	4,96	386,77	3,87	1,27	381,26	3,81	1,29	-	-	96,81	0,97	285,87	2,86
			10	2207,40	2,86	43,51	7,25	565,60	5,66	1,69	548,52	5,49	1,71	-	-	100,07	1,00	273,01	2,73
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			2060,73	2,66	33,88	5,65	440,48	4,40	1,59	385,57	3,86	1,66	394,21	3,94	86,49	0,86	248,95	2,49
	Minimalwert			1398,63	1,81	24,30	4,05	315,94	3,16	1,22	267,08	2,67	1,27	383,35	3,83	44,44	0,44	123,24	1,23
	Maximalwert			2672,20	3,47	43,51	7,25	565,60	5,66	2,49	548,52	5,49	2,54	405,06	4,05	132,02	1,32	367,64	3,68
	Median			2155,22	2,79	34,68	5,78	450,78	4,51	1,42	384,04	3,84	1,49	394,21	3,94	91,74	0,92	265,55	2,66
	Varianz			218748,58	0,37	37,12	1,03	6273,68	0,63	0,17	8748,93	0,87	0,16	235,66	0,02	922,36	0,09	7659,55	0,77
	Standardabweichung			467,71	0,61	6,09	1,02	79,21	0,79	0,42	93,54	0,94	0,40	15,35	0,15	30,37	0,30	87,52	0,88
	Variationskoeffizient			22,70	22,94	17,98	17,98	17,98	17,98	26,21	24,26	24,26	24,37	3,89	3,89	35,12	35,12	35,16	35,16
	95%-Vertrauensbereich oben			2394,98	3,09	38,24	6,37	497,08	4,97	1,89	452,42	4,52	1,95	-	-	108,19	1,08	311,49	3,11
	95%-Vertrauensbereich unten			1726,47	2,22	29,53	4,92	383,87	3,84	1,29	318,73	3,19	1,37	-	-	64,78	0,65	186,40	1,86

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Lineco + Methocel A4C (Ü+V)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	Ü+V	1	3238,11	4,19	85,61	14,27	1112,95	11,13	2,66	1103,91	11,04	2,68	805,73	8,06	105,60	1,06	312,14	3,12
			2	3956,14	5,11	112,28	18,71	1459,67	14,60	2,82	1428,07	14,28	2,86	1009,05	10,09	131,83	1,32	377,08	3,77
			3	3597,32	4,65	117,68	19,61	1529,85	15,30	3,28	1468,06	14,68	3,45	883,50	8,83	104,68	1,05	307,47	3,07
			4	3649,70	4,73	126,96	21,16	1650,48	16,50	3,75	1597,20	15,97	3,80	922,79	9,23	108,07	1,08	330,12	3,30
			5	4970,50	6,44	141,70	23,62	1842,11	18,42	2,64	1828,51	18,29	2,66	1358,69	13,59	164,93	1,65	498,44	4,98
			6	3695,55	4,80	85,35	14,23	1109,55	11,10	2,31	1093,93	10,94	2,34	941,16	9,41	120,36	1,20	329,15	3,29
			7	2262,84	2,93	89,55	14,92	1164,12	11,64	4,00	1160,49	11,60	4,03	518,48	5,18	66,26	0,66	184,77	1,85
			8	4102,82	5,31	116,23	19,37	1510,99	15,11	2,71	1509,92	15,10	2,72	1053,94	10,54	125,43	1,25	375,12	3,75
			9	3060,13	3,96	111,17	18,53	1445,15	14,45	3,49	1439,31	14,39	3,51	697,92	6,98	90,33	0,90	241,25	2,41
			10	2730,57	3,48	102,46	17,08	1332,00	13,32	3,61	1153,39	11,53	3,72	541,99	5,42	53,51	0,54	159,84	1,60
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			3526,37	4,56	108,90	18,15	1415,69	14,16	3,13	1378,28	13,78	3,18	873,32	8,73	107,10	1,07	311,54	3,12
	Minimalwert			2262,84	2,93	85,35	14,23	1109,55	11,10	2,31	1093,93	10,94	2,34	518,48	5,18	53,51	0,54	159,84	1,60
	Maximalwert			4970,50	6,44	141,70	23,62	1842,11	18,42	4,00	1828,51	18,29	4,03	1358,69	13,59	164,93	1,65	498,44	4,98
	Median			3623,51	4,69	111,72	18,62	1452,41	14,52	3,05	1433,69	14,34	3,16	903,15	9,03	106,84	1,07	320,64	3,21
	Varianz			575738,30	0,98	340,26	9,45	57504,31	5,75	0,33	59596,60	5,96	0,35	62756,88	6,28	1033,05	0,10	9773,98	0,98
	Standardabweichung			758,77	0,99	18,45	3,07	239,80	2,40	0,57	244,12	2,44	0,59	250,51	2,51	32,14	0,32	98,86	0,99
	Variationskoeffizient			21,52	21,70	16,94	16,94	16,94	16,94	18,25	17,71	17,71	18,54	28,69	28,69	30,01	30,01	31,73	31,73
	95%-Vertrauensbereich oben			4068,65	5,27	122,08	20,35	1587,07	15,87	3,53	1552,75	15,53	3,60	1052,36	10,52	130,07	1,30	382,19	3,82
	95%-Vertrauensbereich unten			2984,09	3,85	95,72	15,95	1244,31	12,44	2,72	1203,81	12,04	2,76	694,29	6,94	84,13	0,84	240,88	2,41

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Evacon-R (SAS)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
5 A	Evacon-R	SAS	1	898,44	1,15	5,81	0,97	75,59	0,76	0,60	42,77	0,43	0,95	-	-	65,75	0,66	-	-
			2	883,87	1,14	5,24	0,87	68,14	0,68	0,70	53,45	0,53	0,89	-	-	55,08	0,55	-	-
			3	877,71	1,14	5,50	0,92	71,47	0,71	1,18	54,91	0,55	1,39	-	-	49,93	0,50	68,54	0,69
			4	600,97	0,77	2,29	0,38	29,74	0,30	0,41	24,15	0,24	0,49	-	-	-	-	-	-
			5	1077,69	1,39	5,54	0,92	71,97	0,72	0,55	35,17	0,35	1,11	-	-	69,40	0,69	46,64	0,47
			6	1364,65	1,76	9,22	1,54	119,83	1,20	0,62	76,90	0,77	0,76	-	-	109,76	1,10	-	-
			7	999,55	1,29	4,15	0,69	53,89	0,54	0,79	29,37	0,29	1,10	-	-	41,96	0,42	40,02	0,40
			8	1099,18	1,41	7,56	1,26	98,26	0,98	0,81	47,67	0,48	1,12	-	-	74,84	0,75	71,89	0,72
			9	1363,62	1,76	5,98	1,00	77,78	0,78	0,44	52,75	0,53	0,58	-	-	70,65	0,71	-	-
			10	1158,41	1,50	5,39	0,90	70,10	0,70	0,57	42,40	0,42	0,75	-	-	68,50	0,68	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1032,41	1,33	5,67	0,94	73,68	0,74	0,67	45,95	0,46	0,91	-	-	67,32	0,67	56,77	0,57
	Minimalwert			600,97	0,77	2,29	0,38	29,74	0,30	0,41	24,15	0,24	0,49	-	-	41,96	0,42	40,02	0,40
	Maximalwert			1364,65	1,76	9,22	1,54	119,83	1,20	1,18	76,90	0,77	1,39	-	-	109,76	1,10	71,89	0,72
	Median			1038,62	1,34	5,52	0,92	71,72	0,72	0,61	45,22	0,45	0,92	-	-	68,50	0,68	57,59	0,58
	Varianz			54847,83	0,09	3,37	0,09	569,83	0,06	0,05	225,84	0,02	0,08	-	-	371,54	0,04	250,05	0,03
	Standardabweichung			234,20	0,30	1,84	0,31	23,87	0,24	0,22	15,03	0,15	0,28	-	-	19,28	0,19	15,81	0,16
	Variationskoeffizient			22,68	22,80	32,40	32,40	32,40	32,40	33,42	32,70	32,70	30,15	-	-	28,63	28,63	27,85	27,85
	95%-Vertrauensbereich oben			1199,78	1,55	6,98	1,16	90,74	0,91	0,83	56,69	0,57	1,11	-	-	82,16	0,82	81,92	0,82
	95%-Vertrauensbereich unten			865,04	1,11	4,36	0,73	56,62	0,57	0,51	35,21	0,35	0,72	-	-	52,48	0,52	31,63	0,32

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Evacon-R + Methocel A4C (SAS)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
5 B	Evacon-R + Methocel A4C 5%ig (9:1)	SAS	1	842,00	1,09	4,15	0,69	53,94	0,54	0,51	26,61	0,27	1,25	-	-	53,70	0,54	33,94	0,34
			2	1427,18	1,85	8,65	1,44	112,51	1,13	0,58	54,66	0,55	1,07	-	-	102,07	1,02	61,08	0,61
			3	1351,43	1,75	8,64	1,44	112,35	1,12	0,66	60,25	0,60	1,32	-	-	97,77	0,98	86,99	0,87
			4	960,41	1,24	7,54	1,26	98,03	0,98	0,80	65,89	0,66	0,98	-	-	65,90	0,66	-	-
			5	1001,19	1,28	9,99	1,66	129,86	1,30	0,93	64,30	0,64	1,23	-	-	71,08	0,71	114,98	1,15
			6	1288,50	1,66	9,28	1,55	120,69	1,21	0,63	90,16	0,90	0,74	-	-	99,48	0,99	-	-
			7	1467,45	1,90	6,40	1,07	83,23	0,83	0,54	40,31	0,40	1,11	-	-	82,91	0,83	68,01	0,68
			8	1043,65	1,35	14,57	2,43	189,46	1,89	1,14	113,25	1,13	1,29	-	-	75,83	0,76	185,76	1,86
			9	1415,57	1,83	9,48	1,58	123,23	1,23	0,56	102,78	1,03	0,61	-	-	113,19	1,13	-	-
			10	1182,79	1,53	11,17	1,86	145,27	1,45	0,86	104,66	1,05	0,99	-	-	91,59	0,92	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1198,02	1,55	8,99	1,50	116,86	1,17	0,72	72,29	0,72	1,06	-	-	85,35	0,85	91,79	0,92
	Minimalwert			842,00	1,09	4,15	0,69	53,94	0,54	0,51	26,61	0,27	0,61	-	-	53,70	0,54	33,94	0,34
	Maximalwert			1467,45	1,90	14,57	2,43	189,46	1,89	1,14	113,25	1,13	1,32	-	-	113,19	1,13	185,76	1,86
	Median			1235,64	1,60	8,97	1,49	116,60	1,17	0,64	65,10	0,65	1,09	-	-	87,25	0,87	77,50	0,77
	Varianz			50018,20	0,08	7,75	0,22	1309,60	0,13	0,04	849,45	0,08	0,06	-	-	347,59	0,03	2849,39	0,28
	Standardabweichung			223,65	0,29	2,78	0,46	36,19	0,36	0,20	29,15	0,29	0,24	-	-	18,64	0,19	53,38	0,53
	Variationskoeffizient			18,67	18,76	30,97	30,97	30,97	30,97	28,34	40,32	40,32	22,35	-	-	21,84	21,84	58,15	58,15
	95%-Vertrauensbereich oben			1357,85	1,75	10,98	1,83	142,72	1,43	0,87	93,12	0,93	1,23	-	-	98,68	0,99	147,80	1,48
	95%-Vertrauensbereich unten			1038,18	1,34	7,00	1,17	90,99	0,91	0,57	51,46	0,51	0,89	-	-	72,03	0,72	35,79	0,36

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Evacon-R + Arbocel BWW 40 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
5 C	Evacon-R + Arbocel BWW 40 (20:1)	SAS	1	1185,57	1,53	7,22	1,20	93,83	0,94	0,66	46,65	0,47	1,19	-	-	80,82	0,81	65,67	0,66
			2	1240,08	1,60	10,96	1,83	142,47	1,42	1,08	70,35	0,70	1,47	-	-	78,88	0,79	137,34	1,37
			3	1848,14	2,39	15,86	2,64	206,19	2,06	0,95	102,57	1,03	1,85	-	-	126,02	1,26	203,58	2,04
			4	1104,56	1,43	8,24	1,37	107,11	1,07	0,75	52,26	0,52	0,96	-	-	68,23	0,68	-	-
			5	929,30	1,20	8,64	1,44	112,33	1,12	1,04	89,92	0,90	1,20	-	-	57,92	0,58	111,42	1,11
			6	1520,60	1,96	9,98	1,66	129,68	1,30	0,68	95,95	0,96	0,89	-	-	99,01	0,99	-	-
			7	1499,09	1,94	9,25	1,54	120,23	1,20	0,73	58,54	0,59	1,05	-	-	97,37	0,97	68,19	0,68
			8	1622,79	2,10	8,74	1,46	113,59	1,14	0,61	56,77	0,57	1,03	-	-	103,93	1,04	63,63	0,64
			9	1374,05	1,77	11,92	1,99	154,90	1,55	0,87	105,38	1,05	1,11	-	-	88,05	0,88	147,46	1,47
			10	1758,16	2,27	11,45	1,91	148,87	1,49	0,71	72,36	0,72	0,99	-	-	115,19	1,15	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1408,23	1,82	10,22	1,70	132,92	1,33	0,81	75,08	0,75	1,17	-	-	91,54	0,92	113,90	1,14
	Minimalwert			929,30	1,20	7,22	1,20	93,83	0,94	0,61	46,65	0,47	0,89	-	-	57,92	0,58	63,63	0,64
	Maximalwert			1848,14	2,39	15,86	2,64	206,19	2,06	1,08	105,38	1,05	1,85	-	-	126,02	1,26	203,58	2,04
	Median			1436,57	1,86	9,61	1,60	124,96	1,25	0,74	71,35	0,71	1,08	-	-	92,71	0,93	111,42	1,11
	Varianz			87055,99	0,15	6,15	0,17	1040,12	0,10	0,03	477,44	0,05	0,08	-	-	439,16	0,04	2777,87	0,28
	Standardabweichung			295,05	0,38	2,48	0,41	32,25	0,32	0,17	21,85	0,22	0,29	-	-	20,96	0,21	52,71	0,53
	Variationskoeffizient			20,95	21,01	24,26	24,26	24,26	24,26	20,78	29,10	29,10	24,53	-	-	22,89	22,89	46,27	46,27
	95%-Vertrauensbereich oben			1619,10	2,09	12,00	2,00	155,97	1,56	0,93	90,69	0,91	1,38	-	-	106,52	1,07	162,71	1,63
	95%-Vertrauensbereich unten			1197,37	1,55	8,45	1,41	109,87	1,10	0,69	59,46	0,59	0,97	-	-	76,57	0,77	65,09	0,65

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
6	Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (30:1)	SAS	1	726,56	0,93	5,43	0,90	70,55	0,71	0,83	35,18	0,35	1,23	-	-	47,34	0,47	58,13	0,58
			2	725,50	0,94	3,88	0,65	50,49	0,50	0,54	24,67	0,25	0,73	-	-	48,42	0,48	-	-
			3	1129,15	1,46	9,42	1,57	122,48	1,22	1,04	78,70	0,79	1,22	-	-	71,50	0,71	122,18	1,22
			4	1126,21	1,46	6,31	1,05	82,02	0,82	0,65	40,93	0,41	1,10	-	-	73,04	0,73	45,92	0,46
			5	1499,30	1,94	8,36	1,39	108,64	1,09	0,57	54,00	0,54	1,01	-	-	99,87	1,00	54,62	0,55
			6	1055,52	1,36	6,13	1,02	79,69	0,80	0,66	39,18	0,39	0,82	-	-	67,81	0,68	-	-
			7	1065,80	1,38	7,87	1,31	102,31	1,02	0,85	57,05	0,57	1,29	-	-	70,55	0,71	95,48	0,95
			8	1034,99	1,34	6,62	1,10	86,04	0,86	0,74	42,58	0,43	1,60	-	-	66,38	0,66	45,95	0,46
			9	1377,97	1,78	7,11	1,19	92,43	0,92	0,58	44,91	0,45	1,15	-	-	86,22	0,86	58,14	0,58
			10	1454,27	1,89	9,76	1,63	126,86	1,27	0,82	61,15	0,61	1,33	-	-	93,78	0,94	111,72	1,12
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1119,53	1,45	7,09	1,18	92,15	0,92	0,73	47,84	0,48	1,15	-	-	72,49	0,72	74,02	0,74
	Minimalwert			725,50	0,93	3,88	0,65	50,49	0,50	0,54	24,67	0,25	0,73	-	-	47,34	0,47	45,92	0,46
	Maximalwert			1499,30	1,94	9,76	1,63	126,86	1,27	1,04	78,70	0,79	1,60	-	-	99,87	1,00	122,18	1,22
	Median			1096,00	1,42	6,86	1,14	89,24	0,89	0,70	43,75	0,44	1,19	-	-	71,02	0,71	58,14	0,58
	Varianz			71892,02	0,12	3,29	0,09	555,30	0,06	0,03	234,31	0,02	0,06	-	-	296,35	0,03	951,43	0,10
	Standardabweichung			268,13	0,35	1,81	0,30	23,56	0,24	0,16	15,31	0,15	0,25	-	-	17,21	0,17	30,85	0,31
	Variationskoeffizient			23,95	24,10	25,57	25,57	25,57	25,57	21,79	32,00	32,00	22,01	-	-	23,75	23,75	41,67	41,67
	95%-Vertrauensbereich oben			1311,15	1,70	8,38	1,40	108,99	1,09	0,84	58,78	0,59	1,33	-	-	84,79	0,85	99,76	1,00
	95%-Vertrauensbereich unten			927,90	1,20	5,79	0,97	75,31	0,75	0,61	36,90	0,37	0,97	-	-	60,19	0,60	48,28	0,48

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Vinnapas DP 600 (SAS)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
7	Vinnapas DP 600	SAS	1	1614,38	2,09	16,65	2,77	216,41	2,16	0,78	216,09	2,16	0,78	-	-	113,32	1,13	-	-
			2	1409,58	1,83	12,35	2,06	160,53	1,61	0,70	160,53	1,61	0,70	-	-	93,57	0,94	-	-
			3	-	-	18,62	3,10	242,10	2,42	0,72	242,10	2,42	0,72	-	-	135,45	1,35	-	-
			4	1855,28	2,41	7,35	1,23	95,60	0,96	0,39	95,60	0,96	0,39	-	-	-	-	-	-
			5	1478,37	1,91	6,91	1,15	89,85	0,90	0,47	89,85	0,90	0,47	-	-	-	-	-	-
			6	1750,58	2,26	21,49	3,58	279,39	2,79	0,81	279,39	2,79	0,81	-	-	129,25	1,29	-	-
			7	1864,33	2,41	13,15	2,19	170,95	1,71	0,57	170,95	1,71	0,57	-	-	140,87	1,41	-	-
			8	1209,55	1,56	12,25	2,04	159,31	1,59	0,80	159,31	1,59	0,80	-	-	73,44	0,73	-	-
			9	1270,25	1,64	21,94	3,66	285,20	2,85	1,03	285,20	2,85	1,03	-	-	78,25	0,78	269,54	2,70
			10	1690,68	2,19	15,75	2,63	204,77	2,05	0,68	204,77	2,05	0,68	-	-	123,72	1,24	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1571,44	2,03	14,65	2,44	190,41	1,90	0,69	190,38	1,90	0,70	-	-	110,98	1,11	269,54	2,70
	Minimalwert			1209,55	1,56	6,91	1,15	89,85	0,90	0,39	89,85	0,90	0,39	-	-	73,44	0,73	269,54	2,70
	Maximalwert			1864,33	2,41	21,94	3,66	285,20	2,85	1,03	285,20	2,85	1,03	-	-	140,87	1,41	269,54	2,70
	Median			1614,38	2,09	14,45	2,41	187,86	1,88	0,71	187,86	1,88	0,71	-	-	118,52	1,19	269,54	2,70
	Varianz			58881,44	0,10	27,48	0,76	4644,03	0,46	0,03	4642,21	0,46	0,03	-	-	682,46	0,07	-	-
	Standardabweichung			242,65	0,32	5,24	0,87	68,15	0,68	0,18	68,13	0,68	0,18	-	-	26,12	0,26	-	-
	Variationskoeffizient			15,44	15,55	35,79	35,79	35,79	35,79	26,59	35,79	35,79	26,61	-	-	23,54	23,54	-	-
	95%-Vertrauensbereich oben			1758,29	2,28	18,39	3,07	239,12	2,39	0,83	239,07	2,39	0,83	-	-	132,78	1,33	-	-
	95%-Vertrauensbereich unten			1384,60	1,79	10,90	1,82	141,71	1,42	0,56	141,69	1,42	0,56	-	-	89,19	0,89	-	-

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Vinamul 8481 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
8	Vinamul 8481	SAS	1	1499,77	1,92	25,42	4,24	330,41	3,30	1,08	330,41	3,30	1,08	-	-	88,84	0,89	290,51	2,91
			2	1709,09	2,21	28,29	4,72	367,82	3,68	0,98	367,82	3,68	0,98	-	-	111,07	1,11	-	-
			3	886,66	1,15	12,93	2,15	168,04	1,68	1,30	168,04	1,68	1,30	-	-	48,17	0,48	116,77	1,17
			4	1263,81	1,64	8,57	1,43	111,37	1,11	0,68	111,37	1,11	0,68	-	-	67,07	0,67	-	-
			5	1338,96	1,74	27,50	4,58	357,44	3,57	1,35	357,44	3,57	1,35	-	-	78,40	0,78	220,43	2,20
			6	1151,53	1,49	27,28	4,55	354,58	3,55	1,39	354,58	3,55	1,39	-	-	58,05	0,58	190,57	1,91
			7	1293,60	1,68	13,17	2,19	171,18	1,71	0,89	171,18	1,71	0,89	-	-	74,99	0,75	-	-
			8	1322,01	1,71	19,01	3,17	247,11	2,47	1,01	247,11	2,47	1,01	-	-	72,29	0,72	244,49	2,44
			9	1094,59	1,41	33,17	5,53	431,15	4,31	1,65	431,15	4,31	1,65	-	-	55,54	0,56	172,08	1,72
			10	876,73	1,13	15,61	2,60	202,97	2,03	1,33	202,97	2,03	1,33	-	-	38,88	0,39	116,25	1,16
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1243,67	1,61	21,09	3,52	274,21	2,74	1,16	274,21	2,74	1,16	-	-	69,33	0,69	193,02	1,93
	Minimalwert			876,73	1,13	8,57	1,43	111,37	1,11	0,68	111,37	1,11	0,68	-	-	38,88	0,39	116,25	1,16
	Maximalwert			1709,09	2,21	33,17	5,53	431,15	4,31	1,65	431,15	4,31	1,65	-	-	111,07	1,11	290,51	2,91
	Median			1278,70	1,66	22,21	3,70	288,76	2,89	1,19	288,76	2,89	1,19	-	-	69,68	0,70	190,57	1,91
	Varianz			65903,44	0,11	68,48	1,90	11572,43	1,16	0,08	11572,43	1,16	0,08	-	-	438,12	0,04	4176,27	0,42
	Standardabweichung			256,72	0,33	8,28	1,38	107,58	1,08	0,29	107,58	1,08	0,29	-	-	20,93	0,21	64,62	0,65
	Variationskoeffizient			20,64	20,53	39,23	39,23	39,23	39,23	24,74	39,23	39,23	24,74	-	-	30,19	30,19	33,48	33,48
	95%-Vertrauensbereich oben			1427,14	1,84	27,01	4,50	351,09	3,51	1,37	351,09	3,51	1,37	-	-	84,29	0,84	252,86	2,53
	95%-Vertrauensbereich unten			1060,21	1,37	15,18	2,53	197,33	1,97	0,96	197,33	1,97	0,96	-	-	54,37	0,54	133,17	1,33

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Mowilith DM 771 + Methocel A4C (SAS)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
10	Mowilith DM 771 + Methocel A4C 5%ig (9:1)	SAS	1	1179,09	1,52	7,69	1,28	99,99	1,00	0,61	89,49	0,89	0,65	-	-	83,19	0,83	-	-
			2	1055,89	1,37	7,02	1,17	91,31	0,91	0,65	58,34	0,58	0,94	-	-	70,79	0,71	-	-
			3	1734,49	2,24	10,39	1,73	135,02	1,35	0,61	67,37	0,67	0,88	-	-	121,96	1,22	-	-
			4	1011,87	1,30	9,07	1,51	117,90	1,18	0,86	117,37	1,17	0,87	-	-	67,69	0,68	-	-
			5	1091,59	1,41	10,52	1,75	136,79	1,37	1,05	102,65	1,03	1,47	-	-	73,45	0,73	135,16	1,35
			6	1348,83	1,74	9,84	1,64	127,95	1,28	0,71	63,90	0,64	1,00	-	-	99,51	1,00	63,94	0,64
			7	990,93	1,28	6,57	1,10	85,42	0,85	0,67	54,84	0,55	0,79	-	-	66,52	0,67	-	-
			8	1038,37	1,34	4,41	0,73	57,30	0,57	0,44	43,04	0,43	0,51	-	-	46,43	0,46	-	-
			9	1068,97	1,38	8,47	1,41	110,15	1,10	0,77	69,24	0,69	0,99	-	-	73,97	0,74	-	-
			10	1415,18	1,82	6,67	1,11	86,74	0,87	0,52	75,72	0,76	0,58	-	-	86,32	0,86	-	-
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1193,52	1,54	8,07	1,34	104,86	1,05	0,69	74,20	0,74	0,87	-	-	78,98	0,79	99,55	1,00
	Minimalwert			990,93	1,28	4,41	0,73	57,30	0,57	0,44	43,04	0,43	0,51	-	-	46,43	0,46	63,94	0,64
	Maximalwert			1734,49	2,24	10,52	1,75	136,79	1,37	1,05	117,37	1,17	1,47	-	-	121,96	1,22	135,16	1,35
	Median			1080,28	1,39	8,08	1,35	105,07	1,05	0,66	68,30	0,68	0,88	-	-	73,71	0,74	99,55	1,00
	Varianz			56563,08	0,10	3,84	0,11	648,43	0,06	0,03	520,41	0,05	0,07	-	-	422,81	0,04	2535,85	0,25
	Standardabweichung			237,83	0,31	1,96	0,33	25,46	0,25	0,17	22,81	0,23	0,27	-	-	20,56	0,21	50,36	0,50
	Variationskoeffizient			19,93	20,04	24,28	24,28	24,28	24,28	25,24	30,75	30,75	31,23	-	-	26,03	26,03	50,59	50,59
	95%-Vertrauensbereich oben			1363,49	1,76	9,47	1,58	123,06	1,23	0,81	90,50	0,90	1,06	-	-	93,68	0,94	-	-
	95%-Vertrauensbereich unten			1023,55	1,32	6,67	1,11	86,66	0,87	0,57	57,89	0,58	0,68	-	-	64,29	0,64	-	-

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + WS (warm), (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig**. [N/ mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/ tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
11 A	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1)	SAS	1	1109,00	1,42	13,95	2,32	181,32	1,81	0,77	181,32	1,81	0,77	-	-	84,23	0,84	-	-
			2	1289,30	1,67	10,08	1,68	131,03	1,31	0,59	131,03	1,31	0,59	-	-	103,93	1,04	-	-
			3	1303,96	1,69	17,07	2,84	221,86	2,22	1,01	221,86	2,22	1,01	-	-	92,93	0,93	218,66	2,19
			4	1033,19	1,33	22,81	3,80	296,47	2,96	1,13	296,47	2,96	1,13	-	-	73,98	0,74	239,76	2,40
			5	1418,89	1,84	24,92	4,15	323,90	3,24	0,91	308,36	3,08	0,92	-	-	118,33	1,18	-	-
			6	1213,45	1,57	30,32	5,05	394,19	3,94	1,17	394,19	3,94	1,17	-	-	96,12	0,96	305,44	3,05
			7	1129,07	1,46	15,70	2,62	204,06	2,04	0,90	204,06	2,04	0,90	-	-	83,00	0,83	-	-
			8	1473,87	1,91	12,60	2,10	163,84	1,64	0,67	163,84	1,64	0,67	-	-	112,22	1,12	-	-
			9	1289,27	1,67	4,32	0,72	56,22	0,56	0,34	55,68	0,56	0,34	-	-	-	-	-	-
			10	1296,29	1,67	19,61	3,27	254,90	2,55	0,89	252,76	2,53	0,90	-	-	100,95	1,01	-	-
			11	1064,60	1,37	49,30	8,22	640,89	6,41	2,40	640,89	6,41	2,40	527,08	5,27	76,79	0,77	217,01	2,17
			12	1304,51	1,69	10,37	1,73	134,79	1,35	0,64	134,79	1,35	0,64	-	-	99,25	0,99	-	-
			13	1038,82	1,34	15,26	2,54	198,42	1,98	0,99	198,42	1,98	0,99	-	-	71,72	0,72	-	-
			14	2199,71	2,86	7,86	1,31	102,22	1,02	0,36	102,22	1,02	0,36	-	-	-	-	-	-
			15	1148,52	1,49	20,66	3,44	268,60	2,69	1,04	268,60	2,69	1,04	-	-	85,01	0,85	255,13	2,55

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + WS (warm), (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	**ε - F_{max}** [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [N]
11 A	Störleim 20% + Weizenstärke (warm) 13% (1:1)	SAS	*Statistik*															
	Arithmetisches Mittel		1287,50	1,66	18,32	3,05	238,18	2,38	0,92	236,97	2,37	0,92	527,08	5,27	92,19	0,92	247,20	2,47
	Minimalwert		1033,19	1,33	4,32	0,72	56,22	0,56	0,34	55,68	0,56	0,34	527,08	5,27	71,72	0,72	217,01	2,17
	Maximalwert		2199,71	2,86	49,30	8,22	640,89	6,41	2,40	640,89	6,41	2,40	527,08	5,27	118,33	1,18	305,44	3,05
	Median		1289,27	1,67	15,70	2,62	204,06	2,04	0,90	204,06	2,04	0,90	527,08	5,27	92,93	0,93	239,76	2,40
	Varianz		81623,97	0,14	120,04	3,33	20285,99	2,03	0,23	20120,53	2,01	0,23	-	-	212,68	0,02	1308,79	0,13
	Standardabweichung		285,70	0,37	10,96	1,83	142,43	1,42	0,48	141,85	1,42	0,48	-	-	14,58	0,15	36,18	0,36
	Variationskoeffizient		22,19	22,50	59,80	59,80	59,80	59,80	52,32	59,86	59,86	52,17	-	-	15,82	15,82	14,63	14,63
	95%-Vertrauensb. oben		1445,36	1,87	24,38	4,06	316,88	3,17	1,19	315,34	3,15	1,19	-	-	101,01	1,01	292,18	2,92
	95%-Vertrauensb. unten		1129,64	1,46	12,27	2,04	159,48	1,59	0,65	158,59	1,59	0,66	-	-	83,37	0,83	202,22	2,02

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + WS (warm), (Ü)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [N]
11 A	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1)	Ü	1	2504,77	3,24	88,78	14,80	1154,18	11,54	3,34	1154,18	11,54	3,34	622,64	6,23	62,98	0,63	194,79	1,95
			2	3599,77	4,66	118,96	19,83	1546,53	15,47	2,54	1499,26	14,99	2,55	1099,50	10,99	97,14	0,97	335,50	3,35
			3	2311,90	2,97	55,40	9,23	720,25	7,20	2,40	720,25	7,20	2,40	539,76	5,40	54,51	0,55	159,16	1,59
			4	2325,36	2,97	61,77	10,30	803,02	8,03	2,58	803,02	8,03	2,58	551,31	5,51	53,96	0,54	169,90	1,70
			5	2785,22	3,60	77,15	12,86	1002,98	10,03	2,49	998,96	9,99	2,49	726,79	7,27	68,63	0,69	218,49	2,18
			6	2823,49	3,64	65,39	10,90	850,06	8,50	2,18	850,06	8,50	2,18	743,41	7,43	65,62	0,66	211,91	2,12
			7	3090,57	3,99	100,37	16,73	1304,82	13,05	2,70	1304,82	13,05	2,70	854,42	8,54	81,76	0,82	264,45	2,64
			8	2799,56	3,62	82,45	13,74	1071,91	10,72	2,68	1071,91	10,72	2,68	730,78	7,31	89,38	0,89	249,34	2,49
			9	2840,66	3,65	67,47	11,24	877,10	8,77	2,23	877,10	8,77	2,23	749,48	7,49	83,37	0,83	240,87	2,41
			10	3927,15	5,09	105,91	17,65	1376,77	13,77	2,28	1376,77	13,77	2,28	1174,41	11,74	131,43	1,31	419,25	4,19
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			2900,84	3,74	82,37	13,73	1070,76	10,71	2,54	1065,63	10,66	2,54	779,25	7,79	78,88	0,79	246,37	2,46
	Minimalwert			2311,90	2,97	55,40	9,23	720,25	7,20	2,18	720,25	7,20	2,18	539,76	5,40	53,96	0,54	159,16	1,59
	Maximalwert			3927,15	5,09	118,96	19,83	1546,53	15,47	3,34	1499,26	14,99	3,34	1174,41	11,74	131,43	1,31	419,25	4,19
	Median			2811,53	3,63	79,80	13,30	1037,44	10,37	2,51	1035,43	10,35	2,52	737,09	7,37	75,20	0,75	229,68	2,30
	Varianz			271772,47	0,47	438,59	12,18	74120,94	7,41	0,11	69404,36	6,94	0,11	45052,50	4,51	553,59	0,06	6253,07	0,63
	Standardabweichung			521,32	0,68	20,94	3,49	272,25	2,72	0,33	263,45	2,63	0,33	212,26	2,12	23,53	0,24	79,08	0,79
	Variationskoeffizient			17,97	18,26	25,43	25,43	25,43	25,43	13,15	24,72	24,72	13,14	27,24	27,24	29,83	29,83	32,10	32,10
	95%-Vertrauensbereich oben			3273,42	4,23	97,33	16,22	1265,33	12,65	2,78	1253,91	12,54	2,78	930,94	9,31	95,69	0,96	302,88	3,03
	95%-Vertrauensbereich unten			2528,27	3,25	67,40	11,23	876,19	8,76	2,30	877,35	8,77	2,30	627,56	6,28	62,06	0,62	189,85	1,90

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + WS (warm), (Ü+V)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehng.}$ [cN]	$F_{2\% Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\% Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\% Dehng.}$ [N]	$F_{1\% Dehng.}$ [cN]	$F_{1\% Dehng.}$ [N]
11 A	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1)	Ü+V	1	3554,21	4,59	132,84	22,14	1726,91	17,27	4,99	1710,46	17,10	6,05	941,86	9,42	120,15	1,20	350,31	3,50
			2	4181,76	5,41	101,50	16,92	1319,48	13,19	2,28	1319,48	13,19	2,28	1140,50	11,41	151,42	1,51	446,16	4,46
			3	3357,34	4,34	124,75	20,79	1621,71	16,22	3,24	1621,71	16,22	3,24	874,90	8,75	101,43	1,01	305,33	3,05
			4	3538,34	4,58	101,23	16,87	1316,05	13,16	2,71	1316,05	13,16	2,71	936,71	9,37	113,62	1,14	340,20	3,40
			5	3522,11	4,56	134,34	22,39	1746,37	17,46	3,48	1731,78	17,32	3,49	928,02	9,28	128,19	1,28	362,74	3,63
			6	3167,78	4,08	66,79	11,13	868,27	8,68	2,11	868,27	8,68	2,11	808,99	8,09	82,83	0,83	264,07	2,64
			7**	4109,78	5,31	137,55	22,93	1788,18	17,88	8,91	1784,73	17,85	9,29	1095,86	10,96	162,06	1,62	458,88	4,59
			8*	4191,47	5,39	120,40	20,07	1565,18	15,65	2,67	1184,68	11,85	2,79	1157,80	11,58	153,47	1,53	452,76	4,53
			9*	3267,74	4,22	120,58	20,10	1567,54	15,68	3,50	1542,27	15,42	3,86	844,87	8,45	118,28	1,18	336,35	3,36
			10	3439,57	4,46	143,03	23,84	1859,43	18,59	3,79	1859,43	18,59	3,79	901,89	9,02	106,56	1,07	323,51	3,24
	Statistik			* = Fadenriss / nur in entsprechend markierter Statistik nicht berücksichtigt // ** = Rutschen + Klemmbruch / nicht mit in Gesamtstatistik															
	Arithmetisches Mittel			3580,03	4,63	114,93*	19,36	1510,10	14,94*	3,20	1461,57	14,62	3,37	948,39	9,48	119,55	1,20	353,49	3,53
	Minimalwert			3167,78	4,08	66,79*	11,13	868,27	8,68*	2,11	868,27	8,68	2,11	808,99	8,09	82,83	0,83	264,07	2,64
	Maximalwert			4191,47	5,41	143,03*	23,84	1859,43	18,59*	4,99	1859,43	18,59	6,05	1157,80	11,58	153,47	1,53	452,76	4,53
	Median			3522,11	4,56	124,75*	20,10	1567,54	16,22*	3,24	1542,27	15,42	3,24	928,02	9,28	118,28	1,18	340,20	3,40
	Varianz			134810,79	0,22	711,51*	14,99	91198,65	12,03*	0,78	99431,84	9,94	1,40	14883,65	1,49	515,50	0,05	3778,04	0,38
	Standardabweichung			367,17	0,47	26,67*	3,87	301,99	3,47'*	0,89	315,33	3,15	1,18	122,00	1,22	22,70	0,23	61,47	0,61
	Variationskoeffizient			10,26	10,21	23,21*	20,00	20,00	23,21*	27,71	21,57	21,57	35,11	12,86	12,86	18,99	18,99	17,39	17,39
	95%-Vertrauensbereich oben			3862,75	4,99	137,53*	22,34	1742,64	16,45*	3,88	1704,37	17,04	4,28	1042,33	10,42	137,03	1,37	400,82	4,01
	95%-Vertrauensbereich unten			3297,32	4,26	92,33*	16,38	1277,57	13,43*	2,51	1218,77	12,19	2,46	854,46	8,54	102,07	1,02	306,16	3,06

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + WS (kalt), (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig**. [N/ mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/ tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
11 B	Störleim 20% + Weizen-stärke (kalt) 13% (1:1)	SAS	1	1606,81	2,07	17,35	2,89	225,56	2,26	0,87	225,56	2,26	0,87	-	-	99,89	1,00	-	-
			2	1532,75	1,97	17,51	2,92	227,64	2,28	0,87	225,49	2,25	0,88	-	-	89,49	0,89	-	-
			3	1679,10	2,17	27,56	4,59	358,22	3,58	1,10	356,07	3,56	1,11	-	-	106,58	1,07	310,38	3,10
			4	1787,37	2,32	11,45	1,91	148,83	1,49	0,58	148,83	1,49	0,58	-	-	116,86	1,17	-	-
			5	2206,76	2,86	42,26	7,04	549,33	5,49	1,09	549,33	5,49	1,09	-	-	165,96	1,66	492,67	4,93
			6	1458,46	1,89	27,77	4,63	360,96	3,61	1,27	360,96	3,61	1,27	-	-	87,82	0,88	247,94	2,48
			7	1878,13	2,43	18,46	3,08	239,93	2,40	0,76	232,79	2,33	0,76	-	-	126,52	1,27	-	-
			8	2104,22	2,72	28,35	4,73	368,57	3,69	0,93	368,57	3,69	0,93	-	-	151,23	1,51	-	-
			9	2413,46	3,12	29,94	4,99	389,25	3,89	0,84	389,25	3,89	0,84	-	-	182,55	1,83	-	-
			10	1177,78	1,52	8,89	1,48	115,56	1,16	0,75	115,56	1,16	0,75	-	-	57,30	0,57	-	-
			11	1812,45	2,34	15,28	2,55	198,63	1,99	0,72	198,63	1,99	0,72	-	-	119,24	1,19	-	-
			12	1510,05	1,95	21,48	3,58	279,25	2,79	1,00	279,25	2,79	1,00	-	-	88,15	0,88	277,69	2,78
			13	2026,30	2,61	39,09	6,51	508,14	5,08	1,06	508,14	5,08	1,06	-	-	143,87	1,44	466,88	4,67
			14	1802,38	2,33	33,93	5,65	441,09	4,41	1,17	424,04	4,24	1,18	-	-	118,14	1,18	348,08	3,48
			15	1834,79	2,37	23,28	3,88	302,69	3,03	0,90	302,69	3,03	0,90	-	-	121,51	1,22	-	-

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + WS (kalt), (SAS)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
11 B	Störleim 20% + Weizenstärke (kalt) 13% (1:1)	SAS	*Statistik*															
	Arithmetisches Mittel		1788,72	2,31	24,17	4,03	314,24	3,14	0,93	312,34	3,12	0,93	-	-	118,34	1,18	357,27	3,57
	Minimalwert		1177,78	1,52	8,89	1,48	115,56	1,16	0,58	115,56	1,16	0,58	-	-	57,30	0,57	247,94	2,48
	Maximalwert		2413,46	3,12	42,26	7,04	549,33	5,49	1,27	549,33	5,49	1,27	-	-	182,55	1,83	492,67	4,93
	Median		1802,38	2,33	23,28	3,88	302,69	3,03	0,90	302,69	3,03	0,90	-	-	118,14	1,18	329,23	3,29
	Varianz		100179,92	0,17	94,71	2,63	16006,60	1,60	0,04	15807,67	1,58	0,04	-	-	1077,45	0,11	10183,09	1,02
	Standardabweichung		316,51	0,41	9,73	1,62	126,52	1,27	0,19	125,73	1,26	0,19	-	-	32,82	0,33	100,91	1,01
	Variationskoeffizient		17,69	17,76	40,26	40,26	40,26	40,26	20,26	40,25	40,25	20,27	-	-	27,74	27,74	28,24	28,24
	95%-Vertrauensb. oben		1963,61	2,54	29,55	4,92	384,15	3,84	1,03	381,82	3,82	1,03	-	-	136,48	1,36	463,15	4,63
	95%-Vertrauensb. unten		1613,83	2,08	18,80	3,13	244,34	2,44	0,82	242,87	2,43	0,83	-	-	100,20	1,00	251,40	2,51

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + WS (kalt), (Ü)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
11 B	Störleim 20% + Weizen-stärke (kalt) 13% (1:1)	Ü	1	2290,79	2,97	100,41	16,74	1305,36	13,05	3,52	1305,24	13,05	3,52	470,95	4,71	42,95	0,43	124,09	1,24
			2	2942,73	3,80	117,21	19,53	1523,72	15,24	3,37	1523,72	15,24	3,37	768,41	7,68	69,83	0,70	236,86	2,37
			3	3224,22	4,16	95,91	15,98	1246,78	12,47	2,48	1246,78	12,47	2,48	898,90	8,99	66,50	0,66	250,57	2,51
			4	3240,88	4,19	85,16	14,19	1107,13	11,07	2,33	1107,13	11,07	2,33	891,15	8,91	84,11	0,84	275,02	2,75
			5	3380,47	4,38	79,64	13,27	1035,34	10,35	2,12	1035,34	10,35	2,12	956,45	9,56	80,06	0,80	285,37	2,85
			6	2588,94	3,34	88,50	14,75	1150,56	11,51	3,13	1137,99	11,38	3,14	635,67	6,36	57,69	0,58	189,08	1,89
			7	2964,78	3,83	73,27	12,21	952,55	9,53	2,42	952,55	9,53	2,42	772,76	7,73	112,04	1,12	315,35	3,15
			8	2682,27	3,44	85,81	14,30	1115,55	11,16	2,88	1115,55	11,16	2,88	671,19	6,71	62,76	0,63	210,45	2,10
			9	-	-	58,31	9,72	758,00	7,58	1,63	758,00	7,58	1,63	-	-	95,67	0,96	335,56	3,36
			10	3086,85	3,94	64,75	10,79	841,78	8,42	2,03	841,78	8,42	2,03	827,88	8,28	69,70	0,70	245,04	2,45
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			2933,55	3,78	84,90	14,15	1103,68	11,04	2,59	1102,41	11,02	2,59	765,93	7,66	74,13	0,74	246,74	2,47
	Minimalwert			2290,79	2,97	58,31	9,72	758,00	7,58	1,63	758,00	7,58	1,63	470,95	4,71	42,95	0,43	124,09	1,24
	Maximalwert			3380,47	4,38	117,21	19,53	1523,72	15,24	3,52	1523,72	15,24	3,52	956,45	9,56	112,04	1,12	335,56	3,36
	Median			2964,78	3,83	85,49	14,25	1111,34	11,11	2,45	1111,34	11,11	2,45	772,76	7,73	69,77	0,70	247,80	2,48
	Varianz			124784,48	0,21	299,50	8,32	50615,04	5,06	0,38	50494,54	5,05	0,38	23313,18	2,33	389,32	0,04	3854,08	0,39
	Standardabweichung			353,25	0,46	17,31	2,88	224,98	2,25	0,62	224,71	2,25	0,62	152,69	1,53	19,73	0,20	62,08	0,62
	Variationskoeffizient			12,04	12,07	20,38	20,38	20,38	20,38	23,75	20,38	20,38	23,80	19,93	19,93	26,62	26,62	25,16	25,16
	95%-Vertrauensbereich oben			3205,55	4,14	97,27	16,21	1264,46	12,64	3,03	1263,00	12,63	3,03	883,50	8,83	88,23	0,88	291,11	2,91
	95%-Vertrauensbereich unten			2661,55	3,43	72,53	12,09	942,89	9,43	2,15	941,81	9,42	2,15	648,36	6,48	60,03	0,60	202,37	2,02

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + WS (kalt), (Ü+V)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%}$ Dehng. [cN]	$F_{2\%}$ Dehng. [N]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [cN]	$F_{0,5\%}$ Dehng. [N]	$F_{1\%}$ Dehng. [cN]	$F_{1\%}$ Dehng. [N]
11 B	Störleim 20% + Weizen-stärke (kalt) 13% (1:1)	Ü+V	1*	3737,82	4,83	115,54	19,26	1501,97	15,02	2,91	1322,66	13,23	3,14	969,14	9,69	110,85	1,11	346,69	3,47
			2	3315,21	4,28	115,13	19,19	1496,68	14,97	3,11	1496,68	14,97	3,11	804,30	8,04	73,07	0,73	241,61	2,42
			3**	2569,07	3,32	148,43	24,74	1929,65	19,30	7,81	1929,65	19,30	7,81	719,00	7,19	93,87	0,94	295,86	2,96
			4	3602,53	4,66	192,61	32,10	2503,88	25,04	4,37	2495,78	24,96	4,57	912,28	9,12	85,11	0,85	272,60	2,73
			5	4250,69	5,51	138,71	23,12	1803,20	18,03	2,88	1792,99	17,93	2,89	1153,01	11,53	137,38	1,37	411,20	4,11
			6*	3389,98	4,40	148,73	24,79	1933,53	19,34	3,84	1933,53	19,34	3,84	823,25	8,23	70,17	0,70	231,92	2,32
			7	3467,49	4,49	75,43	12,57	980,63	9,81	2,18	979,16	9,79	2,18	867,00	8,67	76,45	0,76	252,52	2,53
			8	4063,07	5,25	100,58	16,76	1307,49	13,07	2,34	1307,49	13,07	2,34	1084,03	10,84	126,68	1,27	387,30	3,87
			9**	2753,76	3,56	143,99	24,00	1871,83	18,72	10,24	1860,93	18,61	10,33	572,66	5,73	56,67	0,57	163,03	1,63
			10	3828,19	4,97	113,38	18,90	1473,99	14,74	2,70	1473,13	14,73	2,71	1002,00	10,02	122,73	1,23	348,66	3,49
	Statistik			* = Fadenriss / nur in entsprechend markierter Statistik nicht berücksichtigt // ** = Rutschen des Fadens / jedoch mit in Statistik															
	Arithmetisches Mittel			3497,78	4,53	128,53*	21,54	1680,28	16,71*	4,24	1659,20	16,59	4,29	890,67	8,91	95,30	0,95	295,14	2,95
	Minimalwert			2569,07	3,32	75,43*	12,57	980,63	9,81*	2,18	979,16	9,79	2,18	572,66	5,73	56,67	0,57	163,03	1,63
	Maximalwert			4250,69	5,51	192,61*	32,10	2503,88	25,04*	10,24	2495,78	24,96	10,33	1153,01	11,53	137,38	1,37	411,20	4,11
	Median			3535,01	4,57	126,92*	21,19	1652,59	16,5*	3,01	1644,83	16,45	3,12	889,64	8,90	89,49	0,89	284,23	2,84
	Varianz			280681,67	0,47	1264,97*	29,09	176998,87	21,38*	7,12	185256,97	18,53	7,18	29821,88	2,98	758,84	0,08	6013,84	0,60
	Standardabweichung			529,79	0,69	35,57*	5,39	420,71	4,62*	2,67	430,41	4,30	2,68	172,69	1,73	27,55	0,28	77,55	0,78
	Variationskoeffizient			15,15	15,20	27,67*	25,04	25,04	27,67*	62,95	25,94	25,94	62,45	19,39	19,39	28,91	28,91	26,28	26,28
	95%-Vertrauensbereich oben			3876,41	5,02	156,72*	25,40	1980,96	18,59*	6,14	1966,81	19,67	6,21	1014,08	10,14	114,99	1,15	350,56	3,51
	95%-Vertrauensbereich unten			3119,15	4,03	100,35*	17,69	1379,61	14,83*	2,33	1351,59	13,52	2,38	767,25	7,67	75,61	0,76	239,72	2,40

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + Arbocel BWW 40 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig**. [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	SAS	1	1759,79	2,27	18,09	3,02	235,20	2,35	1,03	234,78	2,35	1,03	-	-	83,84	0,84	226,72	2,27
			2	2109,20	2,73	49,54	8,26	644,04	6,44	1,48	644,04	6,44	1,48	-	-	90,03	0,90	313,99	3,14
			3	1769,66	2,29	40,08	6,68	521,04	5,21	1,70	521,04	5,21	1,70	-	-	83,03	0,83	227,68	2,28
			4	2555,92	3,31	25,32	4,22	329,14	3,29	0,87	314,29	3,14	0,87	-	-	129,91	1,30	-	-
			5	1963,38	2,54	44,89	7,48	583,58	5,84	1,60	583,58	5,84	1,60	-	-	81,49	0,81	271,69	2,72
			6	2761,14	3,57	42,61	7,10	553,91	5,54	1,16	553,91	5,54	1,16	-	-	150,63	1,51	456,87	4,57
			7	2195,37	2,84	52,76	8,79	685,87	6,86	1,59	685,87	6,86	1,59	-	-	98,47	0,98	329,71	3,30
			8	2547,32	3,30	39,61	6,60	514,94	5,15	1,15	514,94	5,15	1,15	-	-	130,57	1,31	416,85	4,17
			9	2497,61	3,23	41,92	6,99	544,97	5,45	1,23	529,19	5,29	1,24	-	-	123,56	1,24	396,78	3,97
			10	2954,91	3,83	55,64	9,27	723,30	7,23	1,27	713,68	7,14	1,28	-	-	168,78	1,69	515,21	5,15
			11	2084,34	2,68	40,88	6,81	531,42	5,31	1,38	531,42	5,31	1,38	-	-	86,85	0,87	305,53	3,06
			12	2243,46	2,90	41,93	6,99	545,10	5,45	1,35	545,10	5,45	1,35	-	-	110,14	1,10	338,05	3,38
			13	2445,96	3,15	69,69	11,61	905,91	9,06	1,76	905,91	9,06	1,76	-	-	120,59	1,21	391,17	3,91
			14	2477,58	3,18	38,28	6,38	497,69	4,98	1,15	497,69	4,98	1,15	-	-	121,77	1,22	403,17	4,03
			15	3036,72	3,92	37,88	6,31	492,45	4,92	0,94	492,45	4,92	0,94	-	-	176,20	1,76	-	-

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + Arbocel BWW 40 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{2\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{0,5\%}$ Dehng.** [N]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [cN]	**$F_{1\%}$ Dehng.** [N]
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	SAS	*Statistik*															
	Arithmetisches Mittel		2360,16	3,05	42,61	7,10	553,90	5,54	1,31	551,19	5,51	1,31	-	-	117,06	1,17	353,34	3,53
	Minimalwert		1759,79	2,27	18,09	3,02	235,20	2,35	0,87	234,78	2,35	0,87	-	-	81,49	0,81	226,72	2,27
	Maximalwert		3036,72	3,92	69,69	11,61	905,91	9,06	1,76	905,91	9,06	1,76	-	-	176,20	1,76	515,21	5,15
	Median		2445,96	3,15	41,92	6,99	544,97	5,45	1,27	531,42	5,31	1,28	-	-	120,59	1,21	338,05	3,38
	Varianz		152287,95	0,26	144,26	4,01	24379,24	2,44	0,07	24695,04	2,47	0,07	-	-	949,14	0,09	7489,18	0,75
	Standardabweichung		390,24	0,51	12,01	2,00	156,14	1,56	0,27	157,15	1,57	0,27	-	-	30,81	0,31	86,54	0,87
	Variationskoeffizient		16,53	16,58	28,19	28,19	28,19	28,19	20,88	28,51	28,51	20,75	-	-	26,32	26,32	24,49	24,49
	95%-Vertrauensb. oben		2575,78	3,33	49,24	8,21	640,18	6,40	1,46	638,02	6,38	1,46	-	-	134,08	1,34	405,66	4,06
	95%-Vertrauensb. unten		2144,53	2,77	35,97	6,00	467,63	4,68	1,16	464,36	4,64	1,16	-	-	100,04	1,00	301,02	3,01

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + Arbocel BWW 40 (Ü)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [N]
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	Ü	1	3241,15	4,20	103,64	17,27	1347,36	13,47	2,84	1347,36	13,47	2,84	770,98	7,71	58,21	0,58	201,06	2,01
			2	2777,49	3,60	97,55	16,26	1268,14	12,68	3,30	1268,14	12,68	3,30	627,23	6,27	77,98	0,78	208,98	2,09
			3	3085,82	3,97	126,07	21,01	1638,88	16,39	3,53	1589,56	15,90	3,65	721,82	7,22	82,90	0,83	235,58	2,36
			4	3590,51	4,62	123,05	20,51	1599,61	16,00	3,12	1541,57	15,42	3,13	923,57	9,24	101,53	1,02	312,74	3,13
			5	3674,11	4,75	130,75	21,79	1699,75	17,00	3,44	1690,59	16,91	3,45	954,90	9,55	104,37	1,04	342,29	3,42
			6	3966,77	5,13	173,39	28,90	2254,08	22,54	3,38	2254,08	22,54	3,38	1078,70	10,79	88,49	0,88	319,00	3,19
			7	2875,53	3,72	90,07	15,01	1170,86	11,71	2,94	1118,39	11,18	2,95	625,13	6,25	47,61	0,48	162,84	1,63
			8	3167,39	4,10	73,63	12,27	957,24	9,57	2,33	957,24	9,57	2,33	782,41	7,82	71,51	0,72	240,16	2,40
			9*	3960,23	5,12	120,78	20,13	1570,09	15,70	2,79	1570,09	15,70	2,79	1058,38	10,58	101,34	1,01	348,98	3,49
			10*	3582,58	4,63	130,28	21,71	1693,62	16,94	3,30	1672,09	16,72	3,36	922,14	9,22	98,89	0,99	316,99	3,17
	Statistik			* = Fadenriss / nicht mit in Gesamtstatistik															
	Arithmetisches Mittel			3297,35	4,26	114,77	19,13	1491,99	14,92	3,11	1470,87	14,71	3,13	810,59	8,11	79,07	0,79	252,83	2,53
	Minimalwert			2777,49	3,60	73,63	12,27	957,24	9,57	2,33	957,24	9,57	2,33	625,13	6,25	47,61	0,48	162,84	1,63
	Maximalwert			3966,77	5,13	173,39	28,90	2254,08	22,54	3,53	2254,08	22,54	3,65	1078,70	10,79	104,37	1,04	342,29	3,42
	Median			3204,27	4,15	113,35	18,89	1473,49	14,73	3,21	1444,47	14,44	3,22	776,70	7,77	80,44	0,80	237,87	2,38
	Varianz			169857,29	0,28	944,39	26,23	159602,43	15,96	0,16	160742,07	16,07	0,18	26247,90	2,62	390,19	0,04	4161,68	0,42
	Standardabweichung			412,14	0,53	30,73	5,12	399,50	4,00	0,40	400,93	4,01	0,42	162,01	1,62	19,75	0,20	64,51	0,65
	Variationskoeffizient			12,50	12,43	26,78	26,78	26,78	26,78	12,84	27,26	27,26	13,42	19,99	19,99	24,98	24,98	25,52	25,52
	95%-Vertrauensbereich oben			3641,23	4,70	140,41	23,40	1825,33	18,25	3,44	1805,40	18,05	3,48	945,77	9,46	95,56	0,96	306,66	3,07
	95%-Vertrauensbereich unten			2953,46	3,82	89,13	14,85	1158,65	11,59	2,78	1136,34	11,36	2,78	675,41	6,75	62,59	0,63	199,00	1,99

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + Arbocel BWW 40 (Ü+V)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Tech-nik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{2\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{0,5\%\ Dehng.}$** [N]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [cN]	**$F_{1\%\ Dehng.}$** [N]
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	Ü+V	1*	3167,40	4,10	126,32	21,05	1642,13	16,42	4,00	1642,13	16,42	4,00	684,30	6,84	77,38	0,77	227,31	2,27
			2*	1404,66	1,78	130,93	21,82	1702,03	17,02	9,25	1702,03	17,02	9,25	157,09	1,57	22,38	0,22	58,49	0,58
			3*	3132,00	4,01	163,11	27,18	2120,42	21,20	4,84	2107,09	21,07	4,84	503,10	5,03	42,43	0,42	123,97	1,24
			4*	4113,83	5,33	134,40	22,40	1747,20	17,47	3,26	1747,20	17,47	3,26	949,25	9,49	92,93	0,93	305,76	3,06
			5*	2304,00	2,98	117,69	19,62	1530,02	15,30	5,11	1514,29	15,14	5,31	726,77	7,27	96,63	0,97	291,85	2,92
			6*	3917,44	5,05	146,03	24,34	1898,38	18,98	3,95	1898,38	18,98	3,95	960,47	9,60	148,32	1,48	402,77	4,03
			7*	3477,66	4,51	121,08	20,18	1573,99	15,74	3,50	1573,99	15,74	3,50	765,05	7,65	83,96	0,84	247,52	2,48
			8	4124,74	5,34	190,65	31,77	2478,39	24,78	5,52	2477,30	24,77	5,55	932,75	9,33	103,45	1,03	314,13	3,14
			9	4159,18	5,39	159,97	26,66	2079,66	20,80	3,68	2078,62	20,79	3,69	919,31	9,19	86,28	0,86	281,75	2,82
			10*	3975,57	5,15	141,05	23,51	1833,69	18,34	3,75	1833,69	18,34	3,75	917,76	9,18	102,39	1,02	312,57	3,13
			* = Fadenriss / nur in entsprechend markierter Statistik nicht berücksichtigt																

Fortsetzung **A.9.1 / Tabellen II:** Messwerte zur Einzelfadenprüfung / SL + Arbocel BWW 40 (Ü+V)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Emod** [MPa]	**Steig.** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	**ε - F_{max}** [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [N]
12	SL + Arbocel	Ü+V	*Statistik*															
	Arithmetisches Mittel		3377,65	4,36	143,12	23,85	1860,59	18,61	4,69	1857,47	18,57	4,71	751,59	7,52	85,61	0,86	256,61	2,57
	Minimalwert		1404,66	1,78	117,69	19,62	1530,02	15,30	3,26	1514,29	15,14	3,26	157,09	1,57	22,38	0,22	58,49	0,58
	Maximalwert		4159,18	5,39	190,65	31,77	2478,39	24,78	9,25	2477,30	24,77	9,25	960,47	9,60	148,32	1,48	402,77	4,03
	Median		3697,55	4,78	137,73	22,95	1790,44	17,90	3,98	1790,44	17,90	3,98	841,41	8,41	89,60	0,90	286,80	2,87
	Varianz		835526,27	1,42	510,50	14,18	86274,07	8,63	3,12	86496,24	8,65	3,15	65751,76	6,58	1182,40	0,12	9986,43	1,00
	Standardabweichung		914,07	1,19	22,59	3,77	293,72	2,94	1,77	294,10	2,94	1,77	256,42	2,56	34,39	0,34	99,93	1,00
	Variationskoeffizient		27,06	27,35	15,79	15,79	15,79	15,79	37,68	15,83	15,83	37,65	34,12	34,12	40,16	40,16	38,94	38,94
	95%-Vertrauensb. oben		4030,91	5,22	159,27	26,54	2070,51	20,71	5,95	2067,66	20,68	5,98	934,84	9,35	110,19	1,10	328,03	3,28
	95%-Vertrauensb. unten		2724,38	3,51	126,97	21,16	1650,67	16,51	3,42	1647,28	16,47	3,44	568,33	5,68	61,04	0,61	185,19	1,85
	* = Fadenriss / nur in entsprechend markierter Statistik nicht berücksichtigt:																	
	Arithmetisches Mittel				175,31*			22,79*										
	Minimalwert				159,97*			20,80*										
	Maximalwert				190,65*			24,78*										
	Median				175,31*			22,79*										
	Varianz				470,63*			7,92*										
	Standardabweichung				21,69*			2,81*										
	Variationskoeffizient				12,37*			12,35*										
	95%-Vertrauensb. oben				209,69*			25,08*										
	95%-Vertrauensb. unten				140,93*			20,50*										

A.9.1 / Tabellen II: Messwerte zur Einzelfadenprüfung / Störleim 40 %

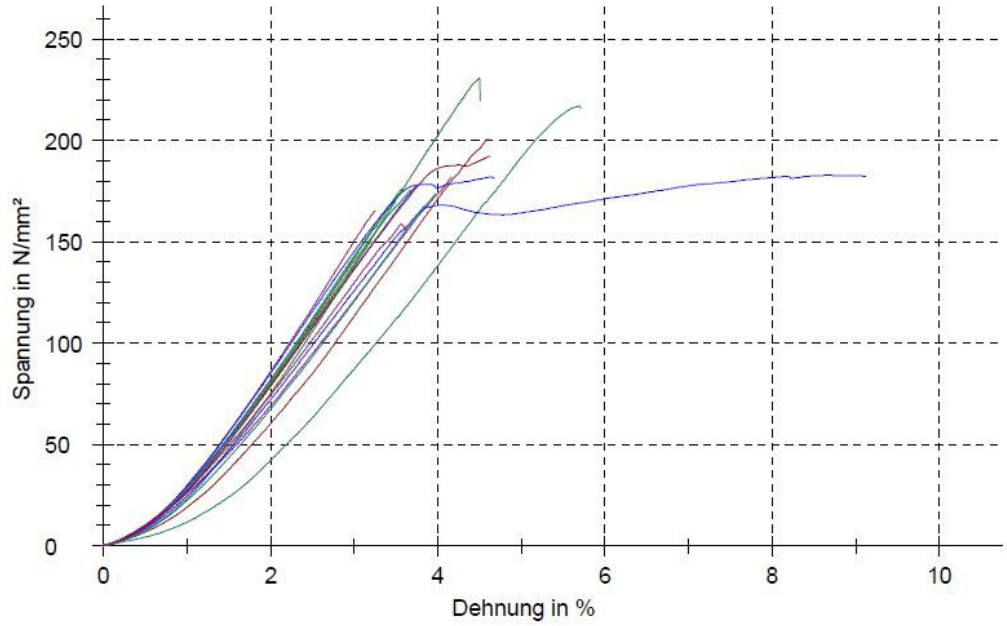
Nr.	Klebstoff / Modifikation	Tech-nik	Probe	Emod [MPa]	Steig. [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{0,5\%\ Dehng.}$ [N]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [cN]	$F_{1\%\ Dehng.}$ [N]
13	Störleim 40%	SAS	1	1381,35	1,78	31,47	5,25	409,13	4,09	1,74	408,11	4,08	1,76	-	-	60,68	0,61	170,09	1,70
			2	2234,29	2,89	23,06	3,84	299,79	3,00	1,09	278,15	2,78	1,11	-	-	120,73	1,21	281,65	2,82
			3	2113,79	2,74	24,13	4,02	313,63	3,14	0,98	313,63	3,14	0,98	-	-	116,37	1,16	-	-
			4	2099,97	2,72	37,06	6,18	481,81	4,82	1,30	481,81	4,82	1,30	-	-	115,04	1,15	325,70	3,26
			5	1139,34	1,47	18,00	3,00	234,03	2,34	1,48	209,61	2,10	1,54	-	-	51,00	0,51	127,67	1,28
			6	1787,79	2,29	15,14	2,52	196,80	1,97	0,85	135,55	1,36	0,96	-	-	85,38	0,85	-	-
			7	1138,53	1,47	38,15	6,36	496,01	4,96	2,49	494,08	4,94	2,49	360,89	3,61	49,84	0,50	131,08	1,31
			8	2014,82	2,60	47,77	7,96	621,06	6,21	1,49	597,09	5,97	1,49	-	-	99,45	0,99	324,72	3,25
			9	1791,05	2,31	23,96	3,99	311,44	3,11	1,44	311,44	3,11	1,44	-	-	84,69	0,85	170,58	1,71
			10	937,95	1,21	20,98	3,50	272,71	2,73	2,15	272,71	2,73	2,15	240,54	2,41	62,05	0,62	124,39	1,24
	Statistik																		
	Arithmetisches Mittel			1663,89	2,15	27,97	4,66	363,64	3,64	1,50	350,22	3,50	1,52	300,72	3,01	84,52	0,85	206,98	2,07
	Minimalwert			937,95	1,21	15,14	2,52	196,80	1,97	0,85	135,55	1,36	0,96	240,54	2,41	49,84	0,50	124,39	1,24
	Maximalwert			2234,29	2,89	47,77	7,96	621,06	6,21	2,49	597,09	5,97	2,49	360,89	3,61	120,73	1,21	325,70	3,26
	Median			1789,42	2,30	24,04	4,01	312,54	3,13	1,46	312,54	3,13	1,46	300,72	3,01	85,04	0,85	170,33	1,70
	Varianz			225620,72	0,38	106,52	2,96	18002,28	1,80	0,26	20245,02	2,02	0,25	7242,33	0,72	764,48	0,08	7870,15	0,79
	Standardabweichung			475,00	0,62	10,32	1,72	134,17	1,34	0,51	142,28	1,42	0,50	85,10	0,85	27,65	0,28	88,71	0,89
	Variationskoeffizient			28,55	28,68	36,90	36,90	36,90	36,90	34,21	40,63	40,63	32,74	28,30	28,30	32,71	32,71	42,86	42,86
	95%-Vertrauensbereich oben			2003,35	2,59	35,35	5,89	459,53	4,60	1,87	451,91	4,52	1,88	-	-	104,28	1,04	281,01	2,81
	95%-Vertrauensbereich unten			1324,42	1,71	20,60	3,43	267,75	2,68	1,13	248,53	2,49	1,17	-	-	64,76	0,65	132,96	1,33

A.9.2 Grafiken und Diagramme

A.9.2 / Diagramme I: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Nachfolgend werden die Spannungs-Dehnungs-Diagramme der Zugprüfungen aufgeführt; weitere Kraft-Dehnungs-Diagramme finden sich unter A.20.

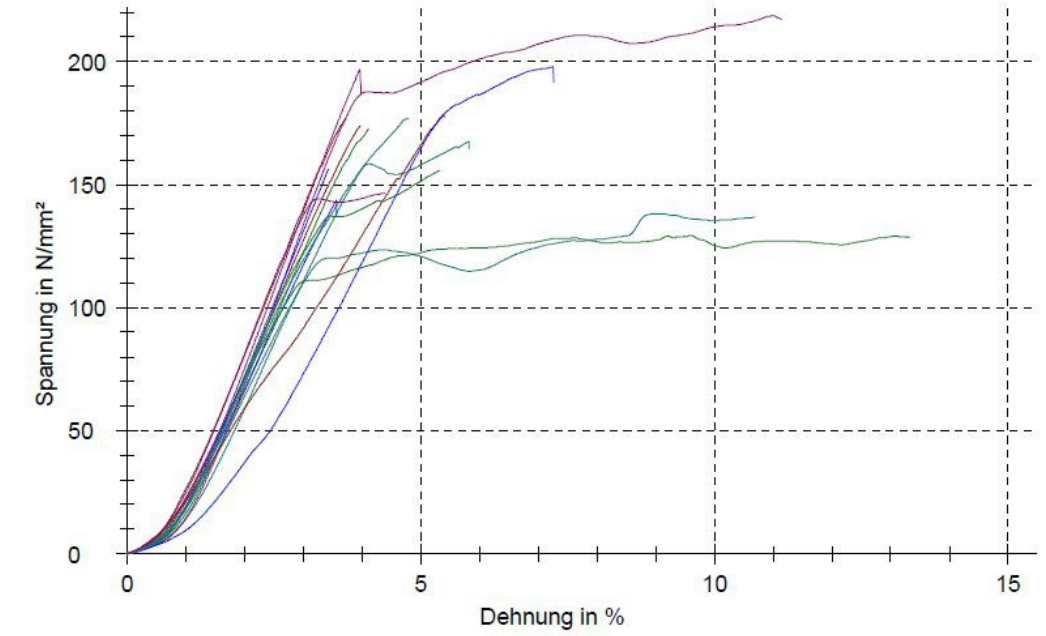
Nullproben: Garn / TextilTrade



Diagr. 01

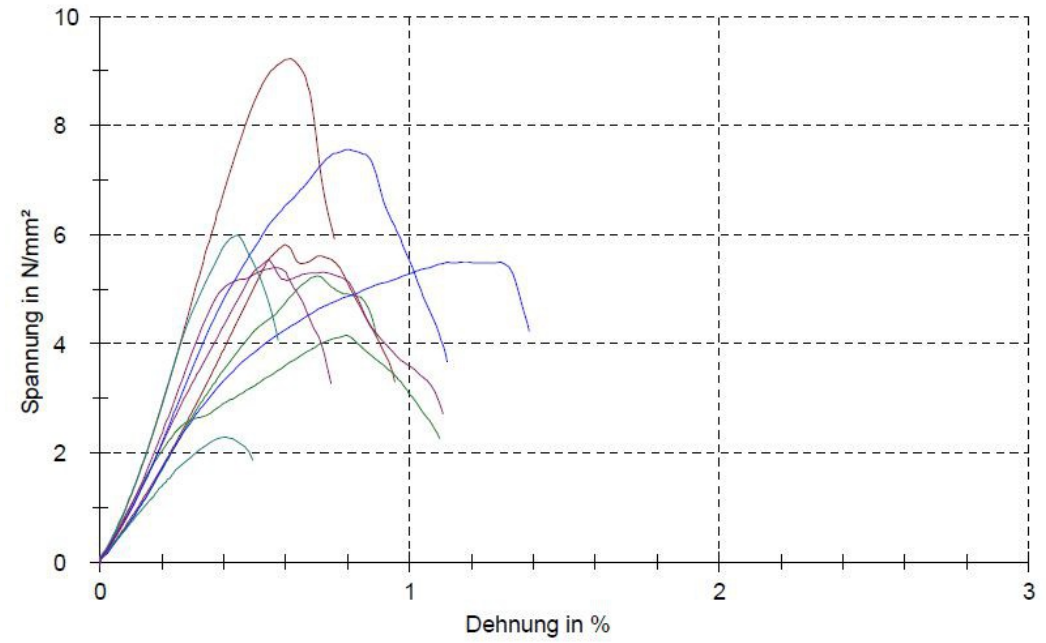
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Nullproben: Schuss / Sironi



Diagr. 02

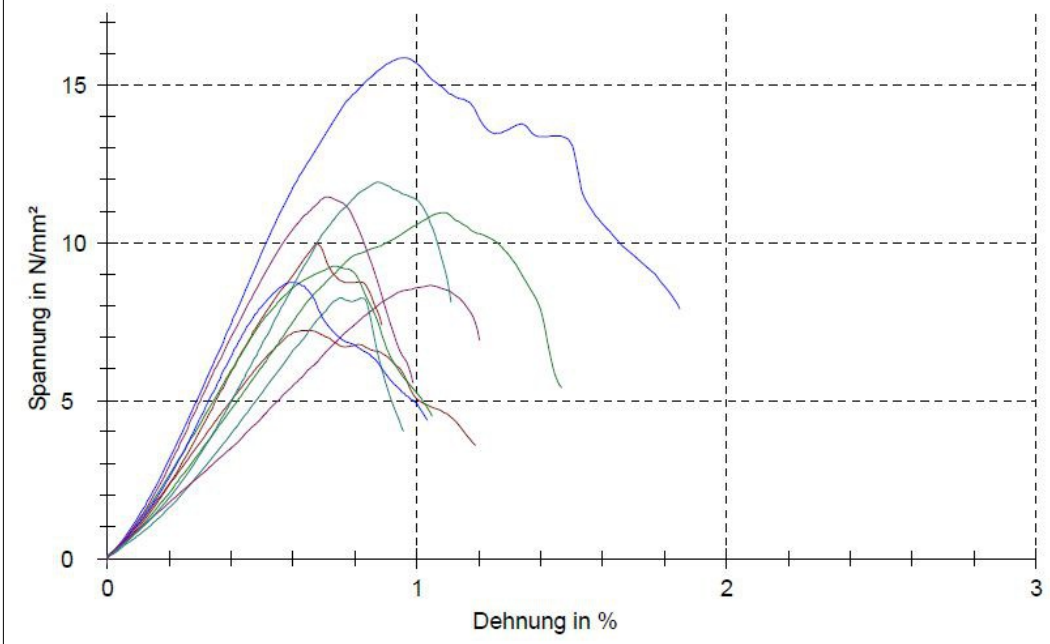
Evacon-R (SAS)



Diagr. 03

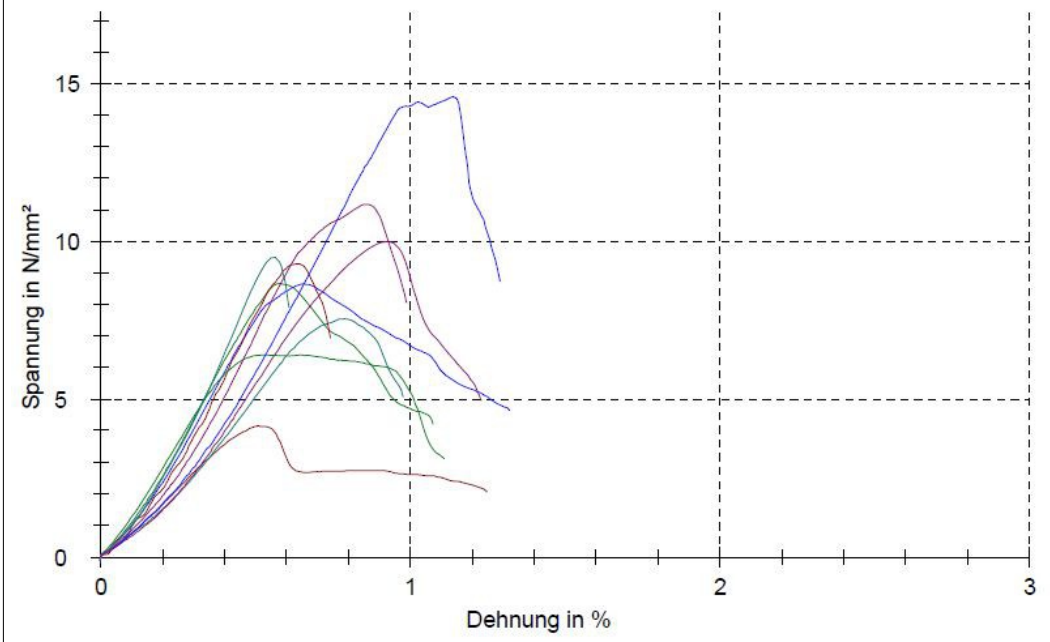
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Evacon-R + Arbocel BWW 40 (SAS)



Diagr. 04

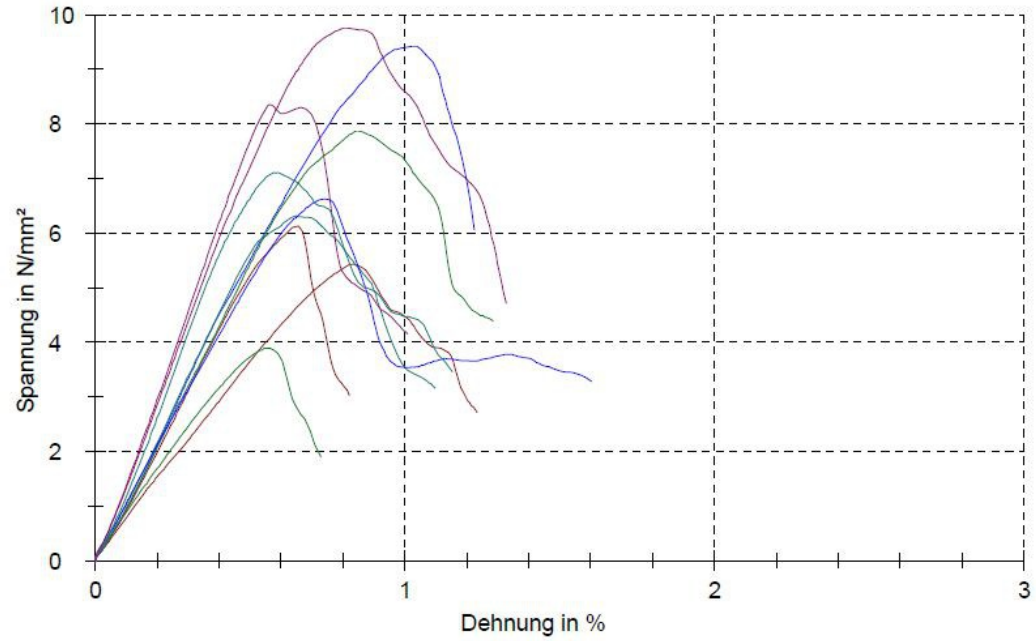
Evacon-R + Methocel A4C (SAS)



Diagr. 05

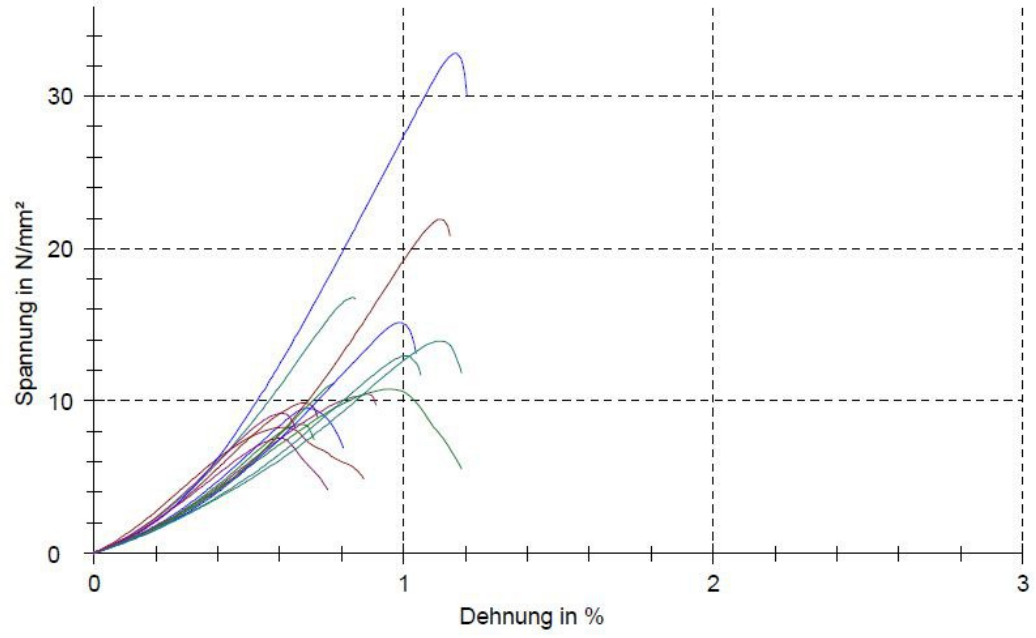
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Jade 403 N + Arbocel BWW 40 (SAS)



Diagr. 06

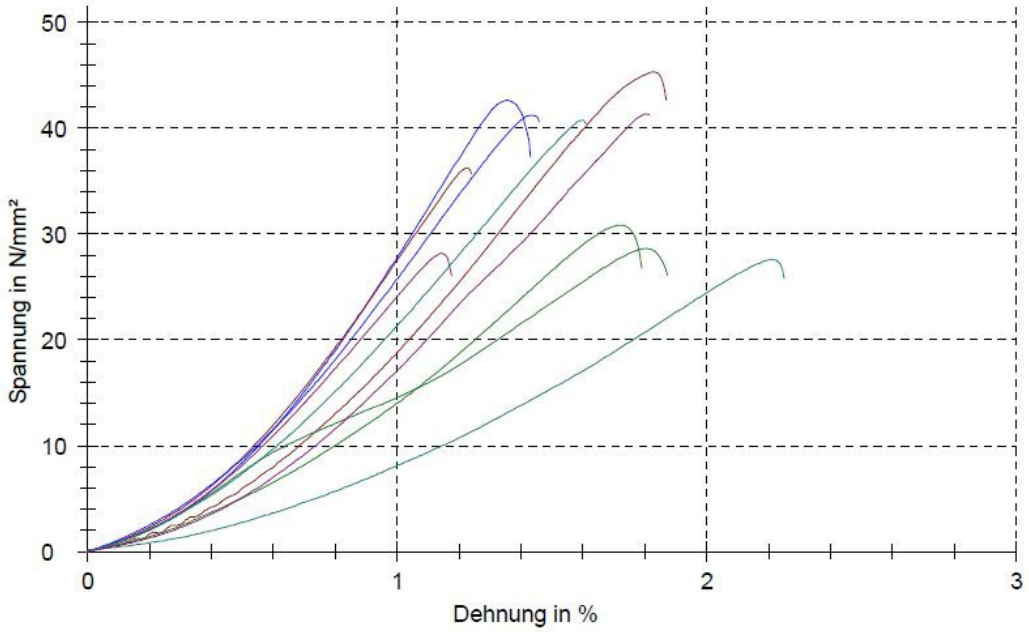
Lineco (SAS)



Diagr. 07

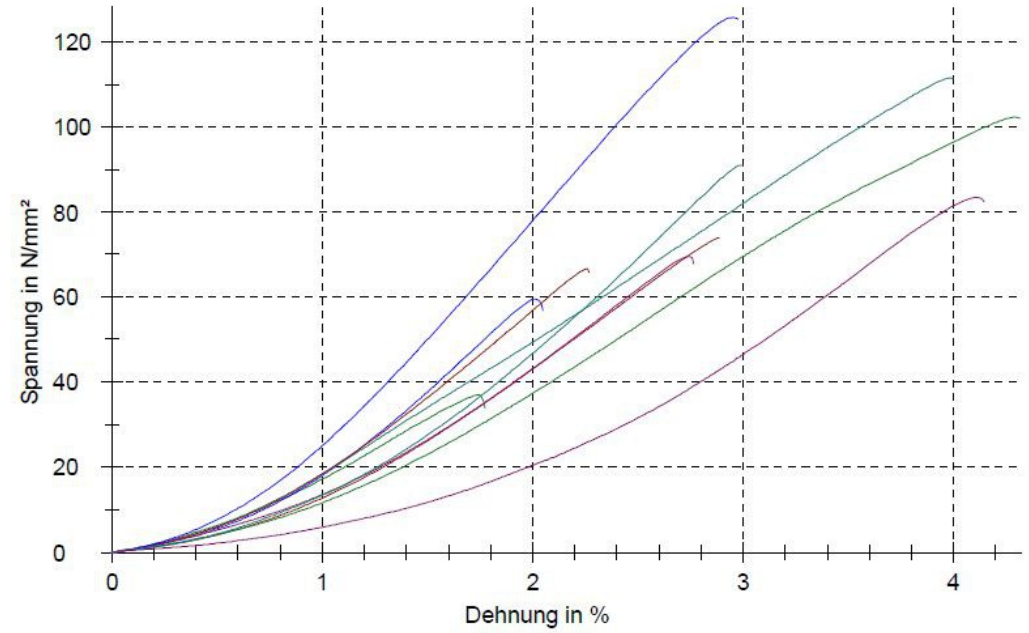
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco (Ü)



Diagr. 08

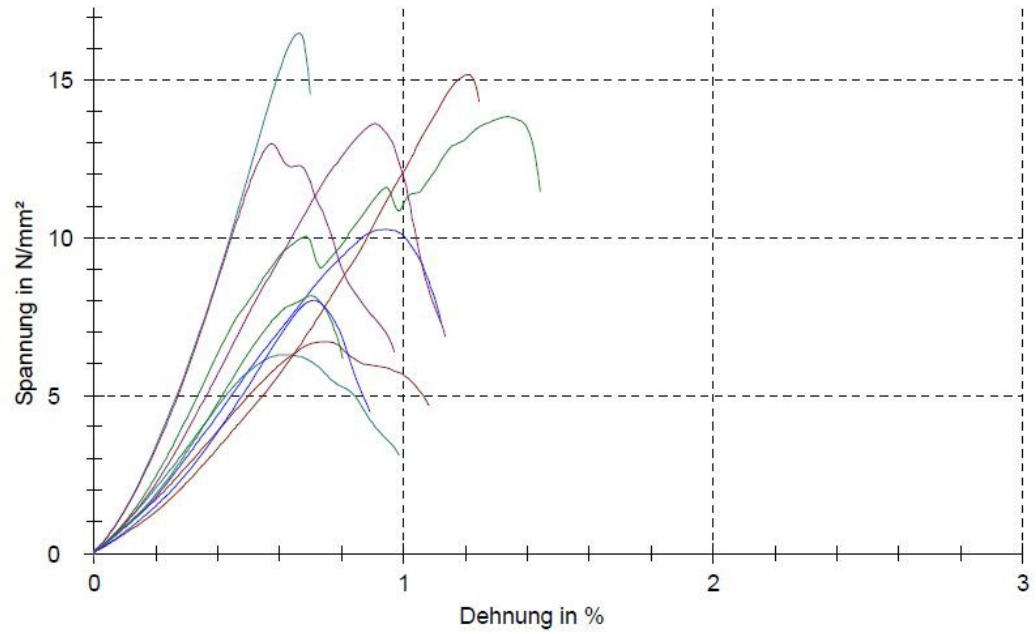
Lineco (Ü+V)



Diagr. 09

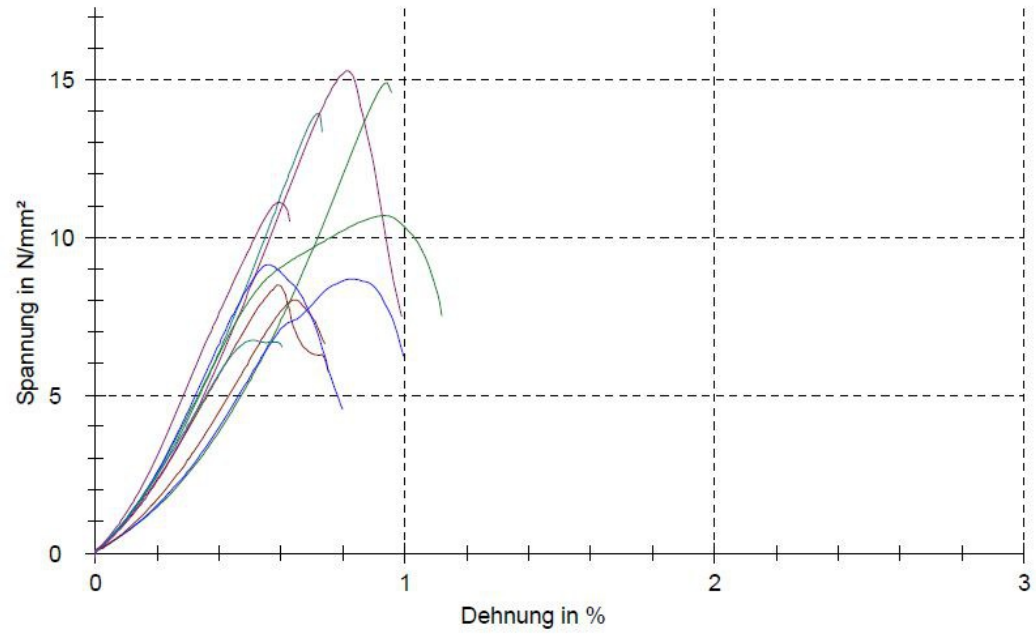
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco + Arbocel BWW 40 (SAS)



Diagr. 10

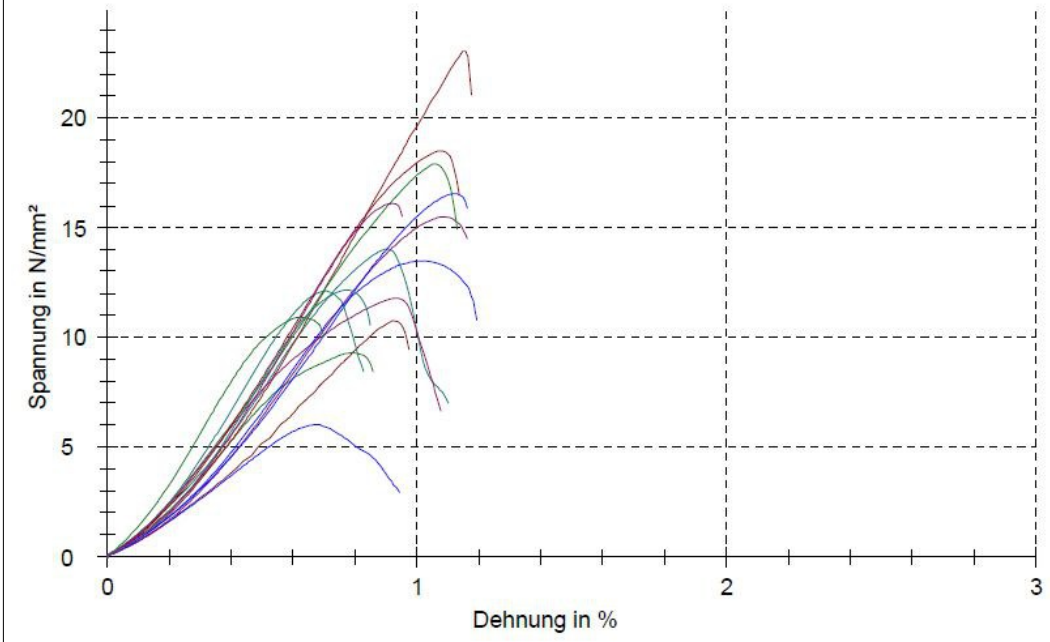
Lineco + H_2O (SAS)



Diagr. 11

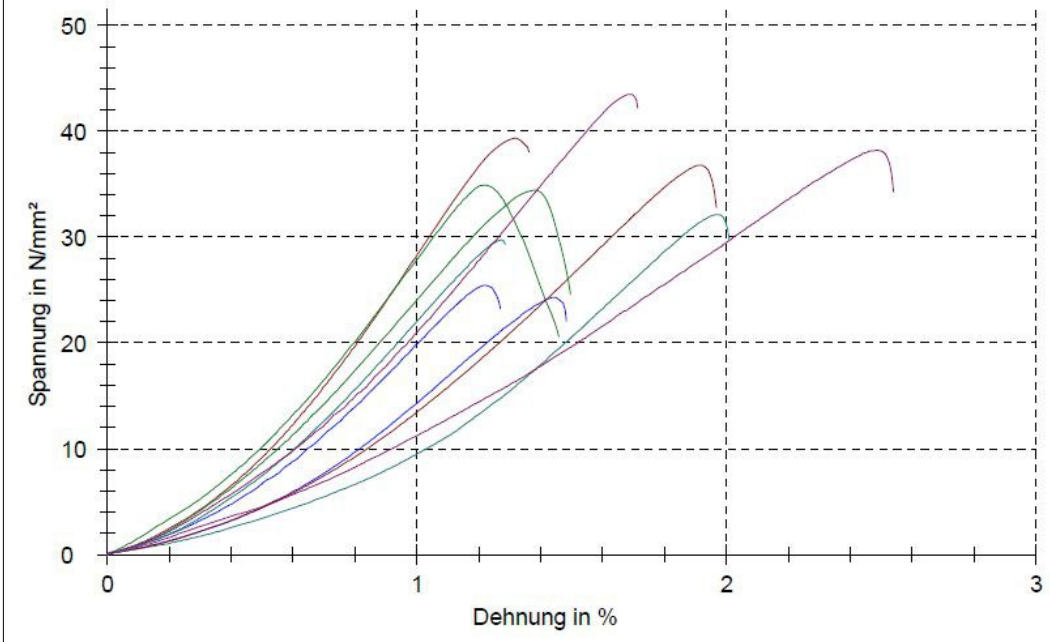
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco + Methocel A4C (SAS)



Diagr. 12

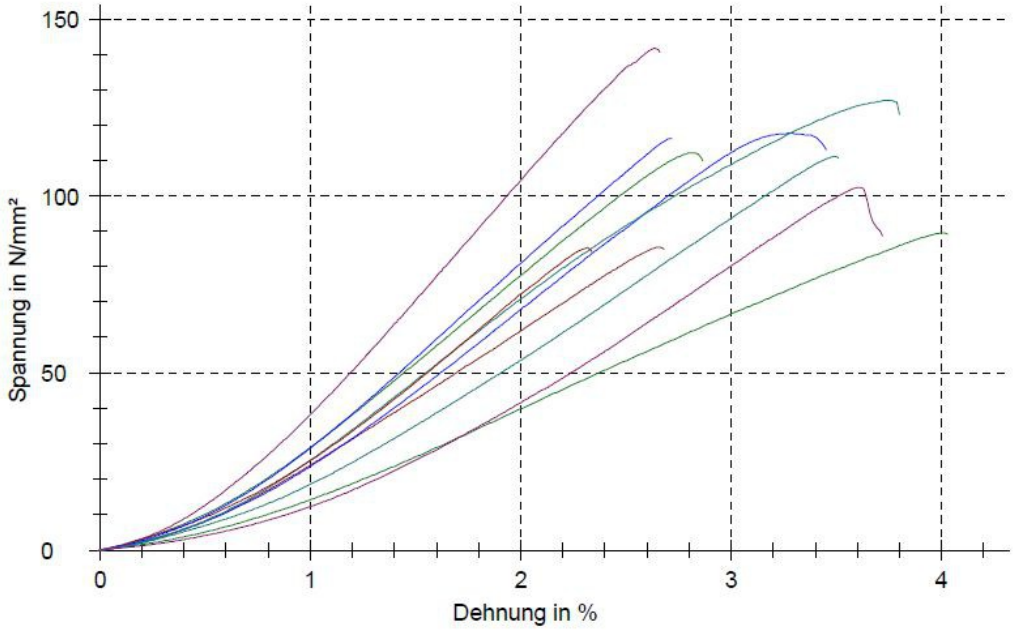
Lineco + Methocel A4C (Ü)



Diagr. 13

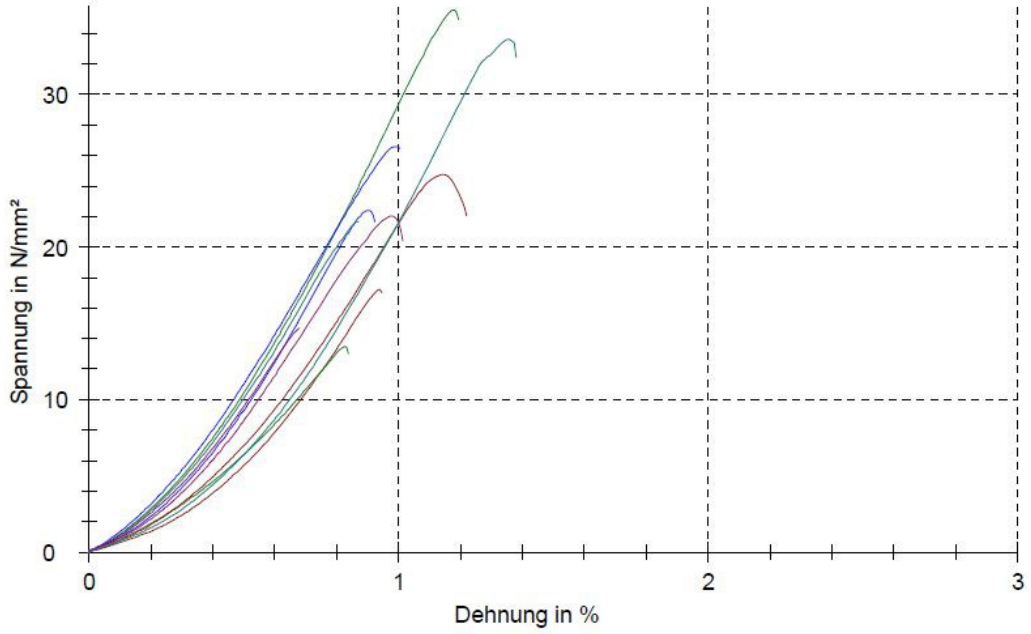
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco + Methocel A4C (Ü+V)



Diagr. 14

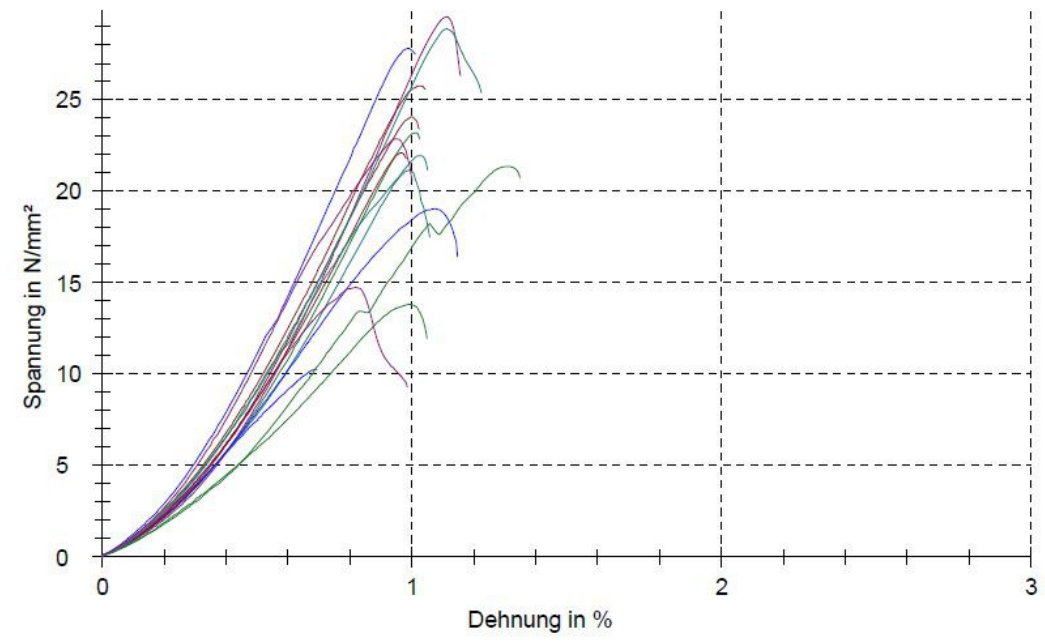
Mowilith D 50 (SAS)



Diagr. 15

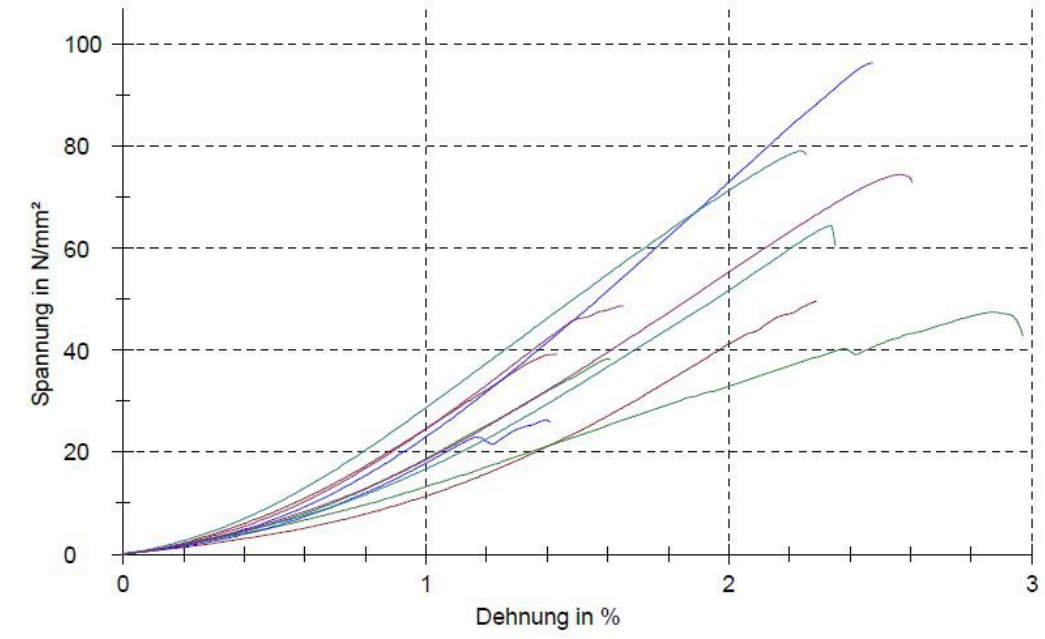
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Mowilith DHS S1 (SAS)



Diagr. 16

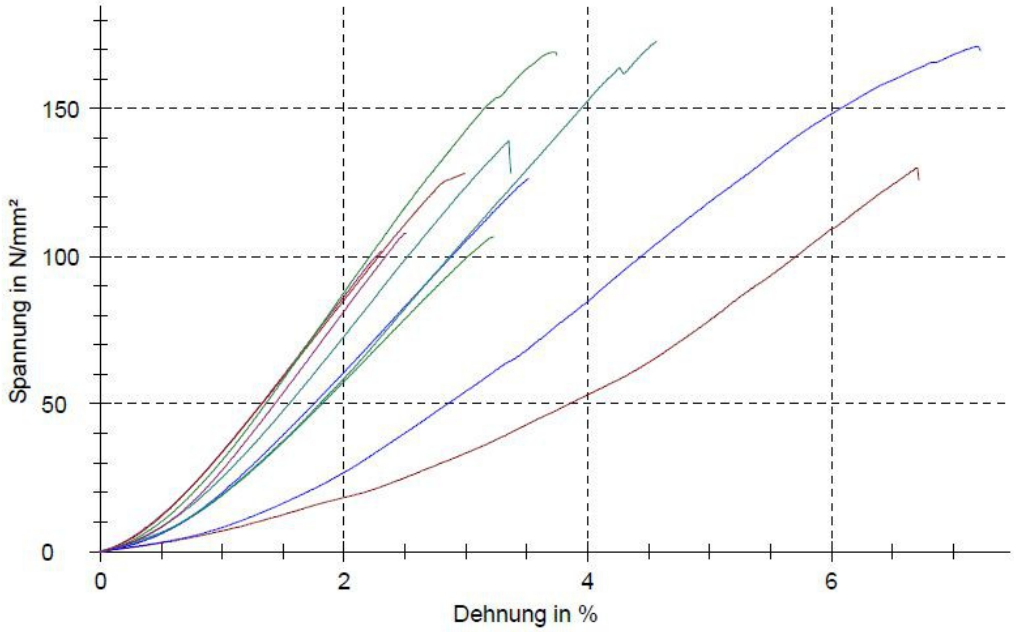
Mowilith DHS S1 (Ü)



Diagr. 17

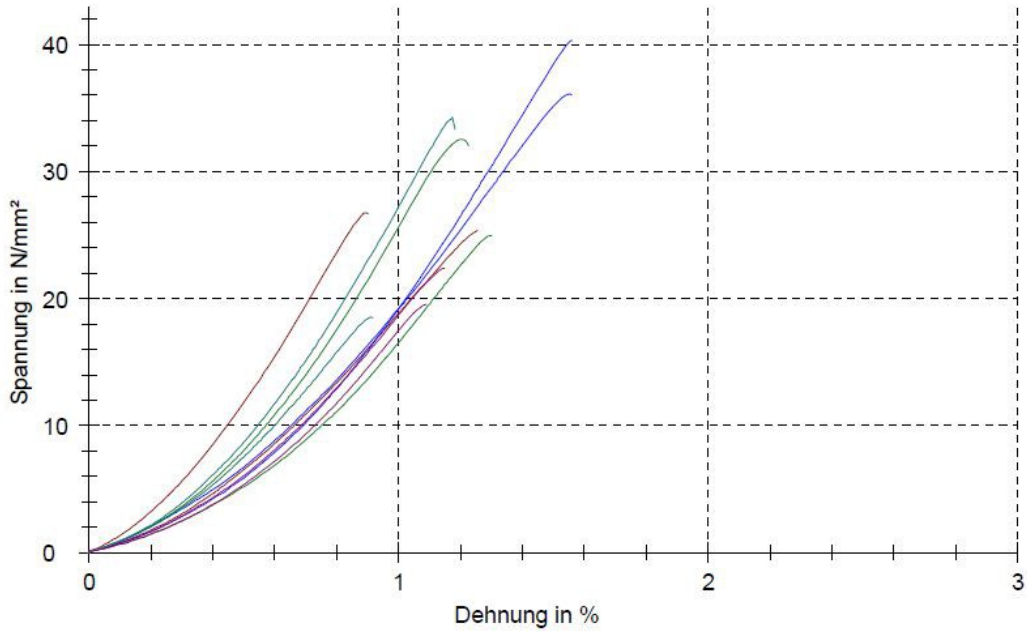
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Mowilith DHS S1 (Ü+V)



Diagr. 18

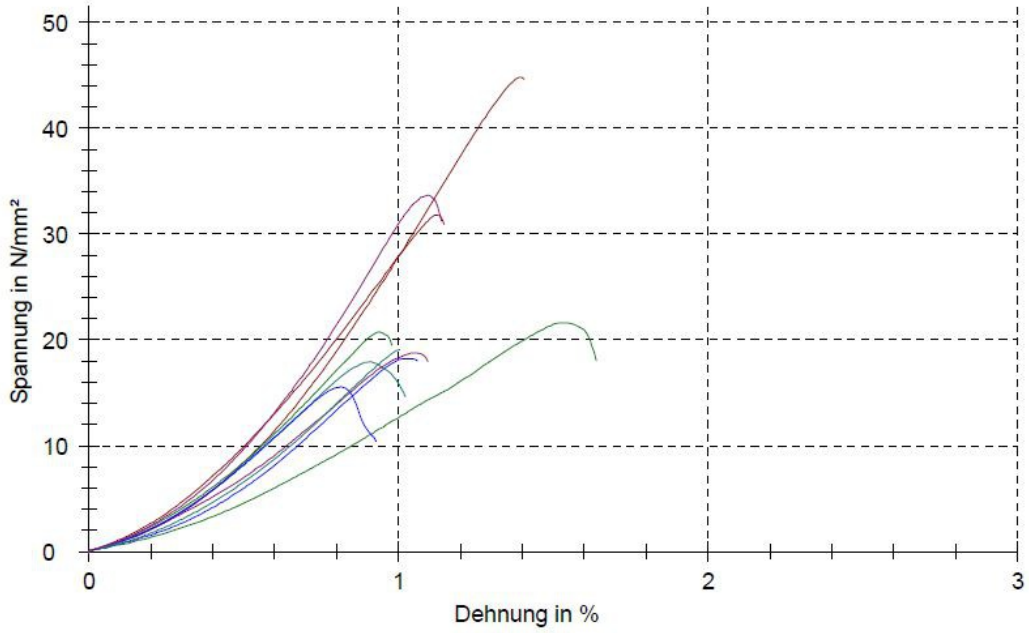
Mowilith DHS S1 + H_2O (SAS)



Diagr. 19

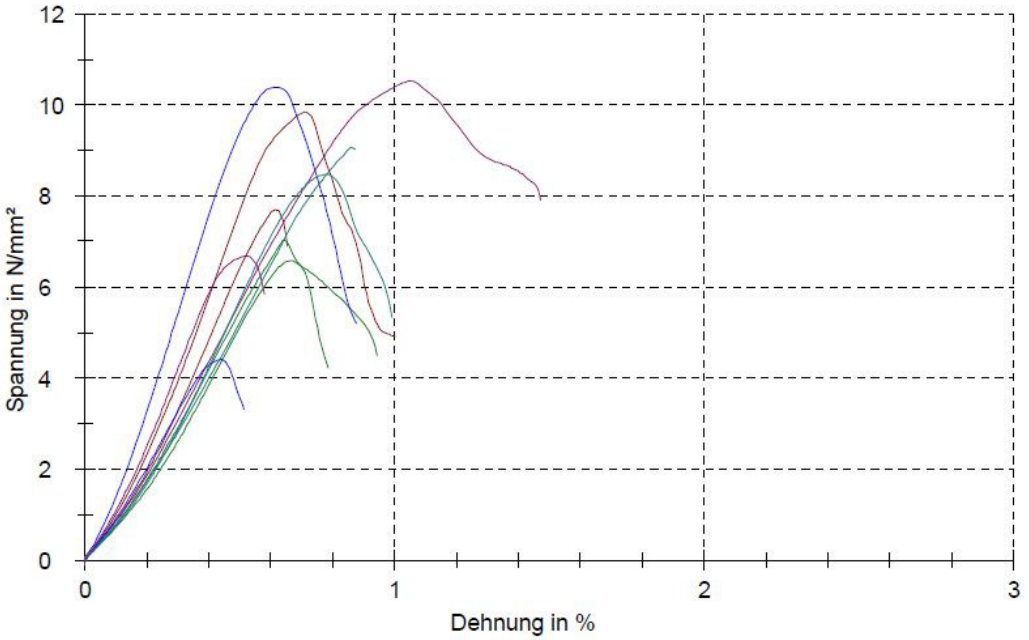
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Mowilith DHS S1 + Methocel A4C (SAS)



Diagr. 20

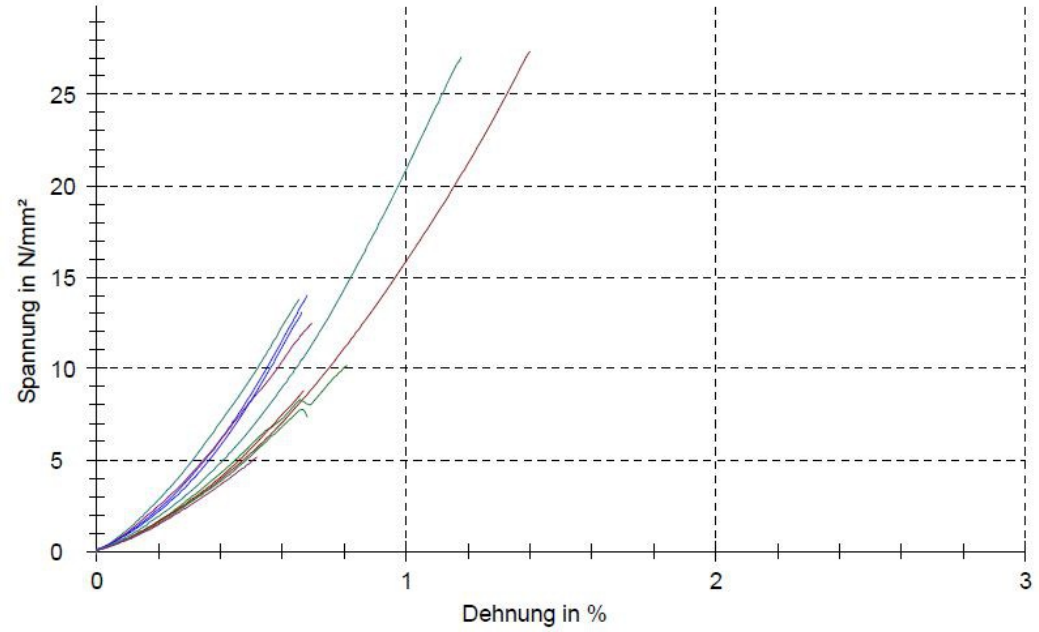
Mowilith DM 771 + Methocel A4C (SAS)



Diagr. 21

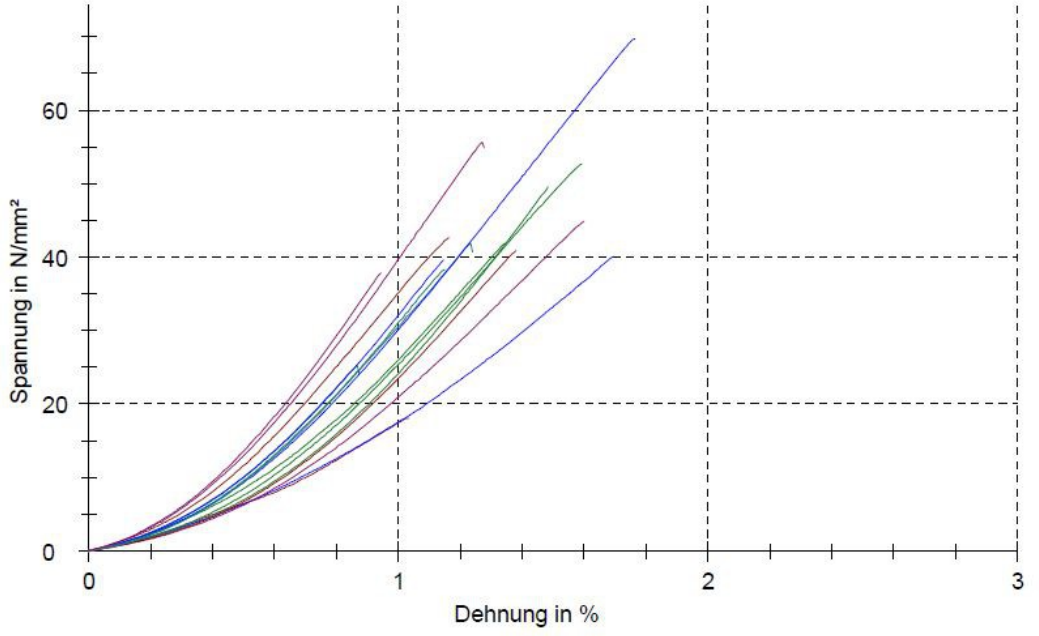
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Mowilith LD 167 (SAS)



Diagr. 22

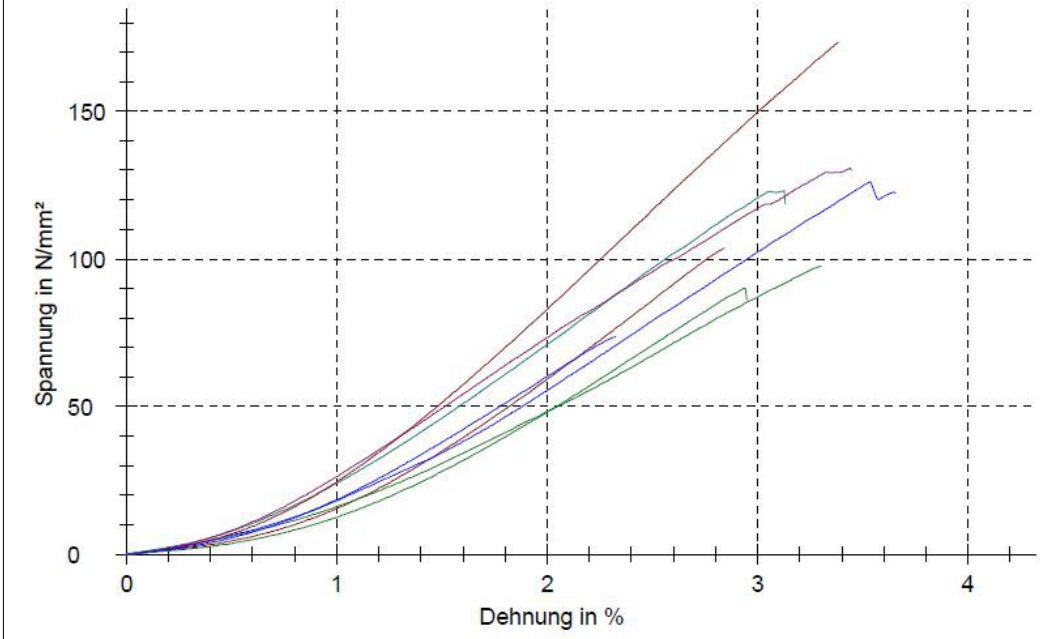
SL + Arbocel BWW 40 (SAS)



Diagr. 23

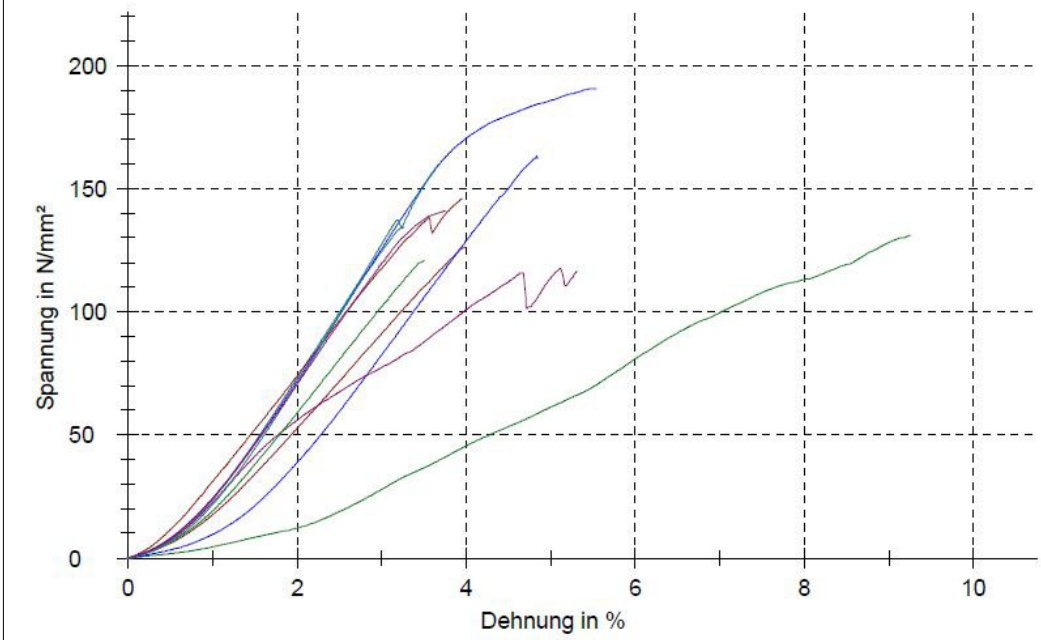
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + Arbocel BWW 40 (Ü)



Diagr. 24

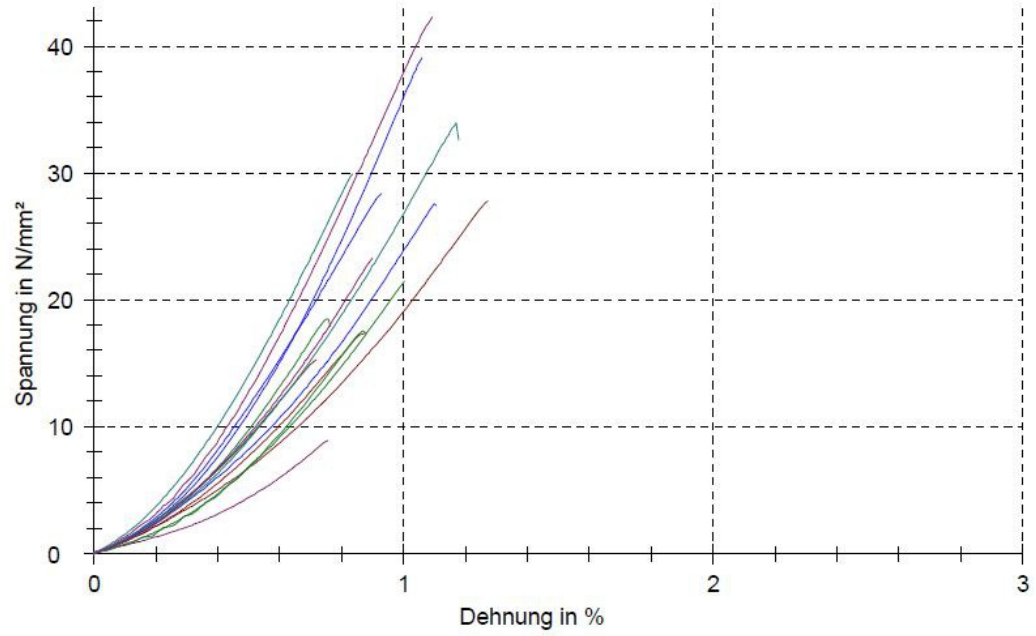
SL + Arbocel BWW 40 (Ü+V)



Diagr. 25

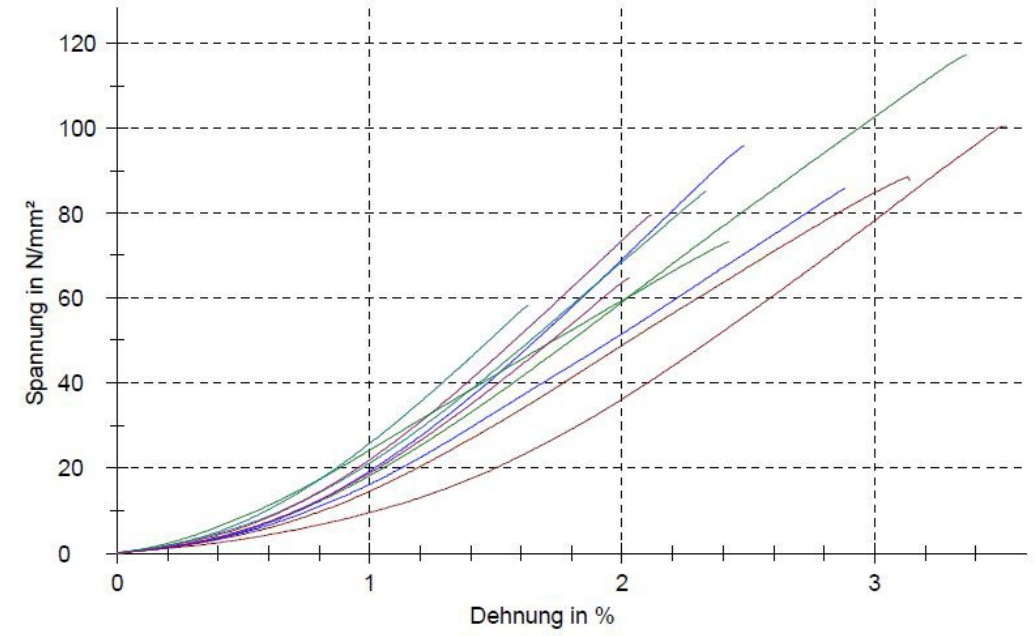
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + WS (kalt), (SAS)



Diagr. 26

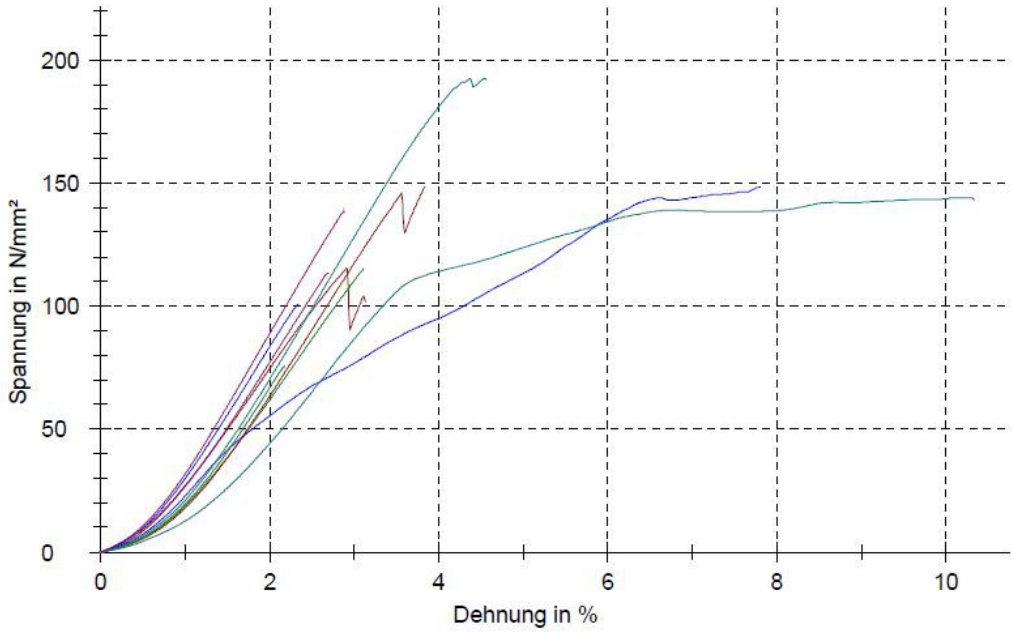
SL + WS (kalt), (Ü)



Diagr. 27

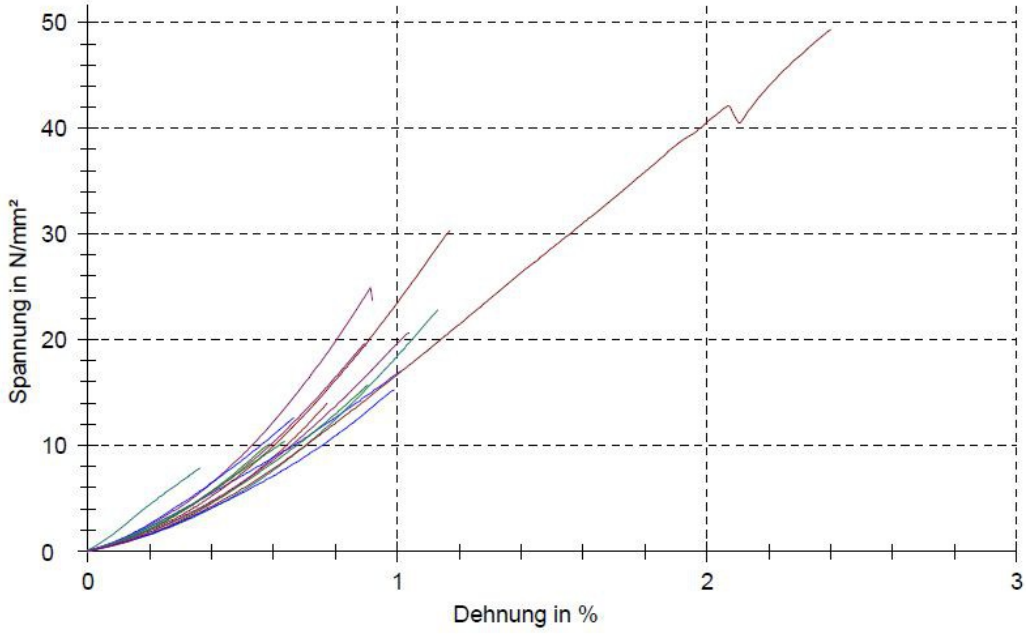
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + WS (kalt), (Ü+V)



Diagr. 28

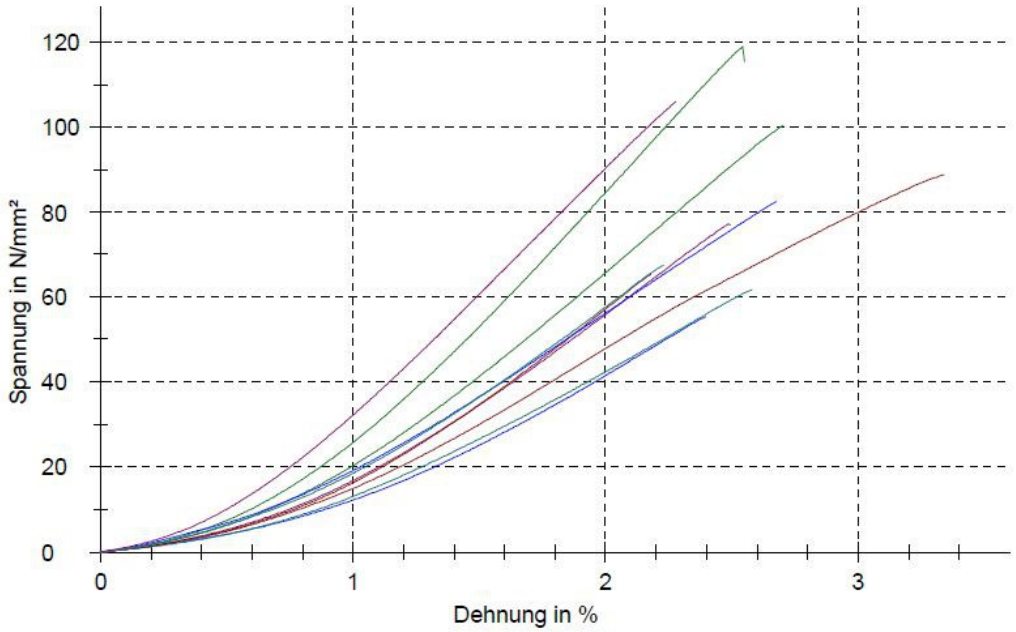
SL + WS (warm), (SAS)



Diagr. 29

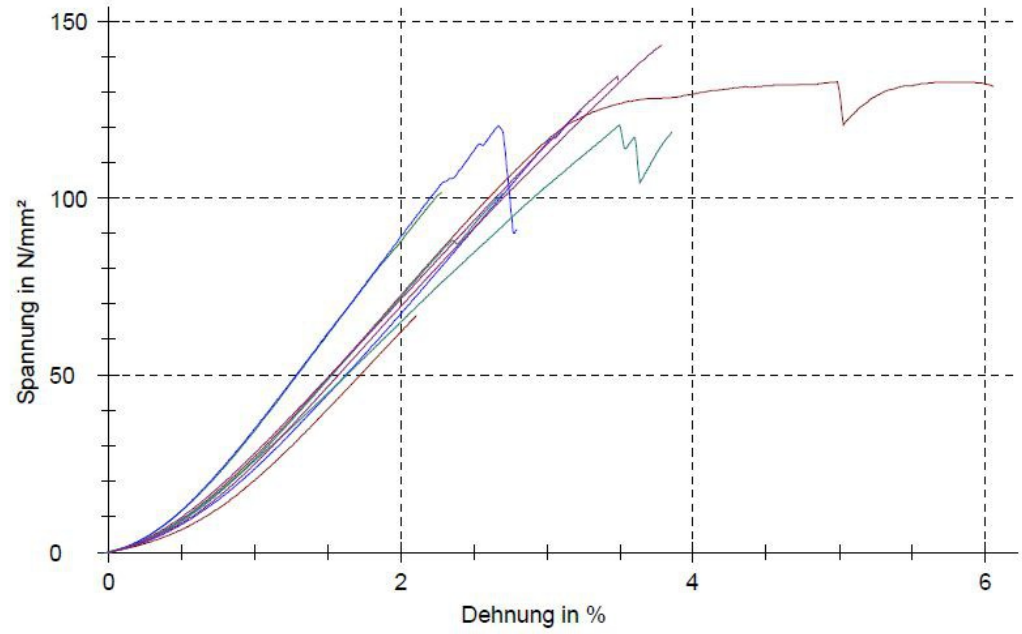
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + WS (warm), (Ü)



Diagr. 30

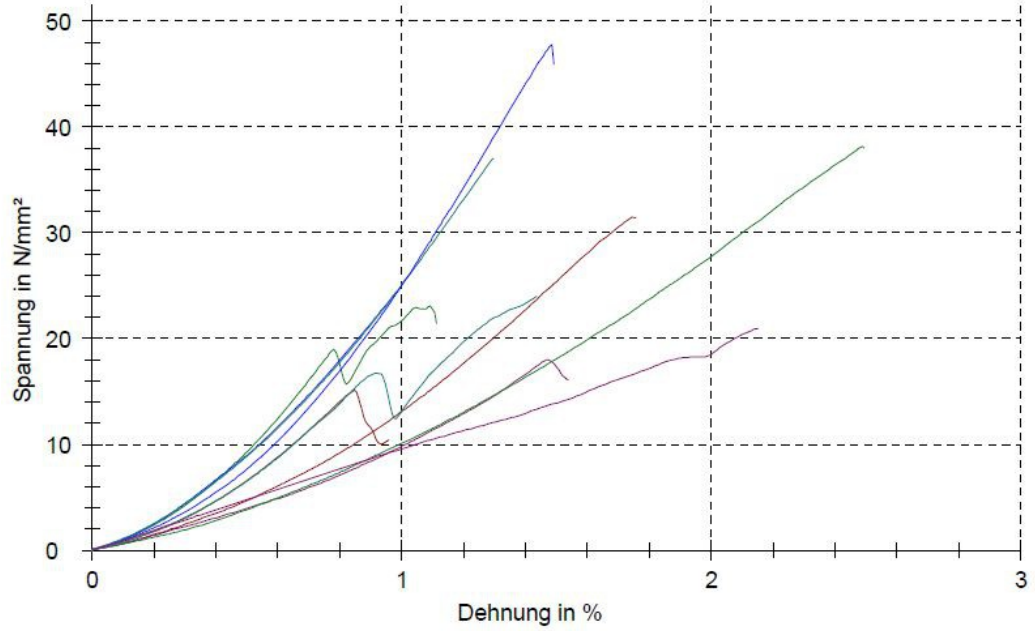
SL + WS (warm), (Ü+V)



Diagr. 31

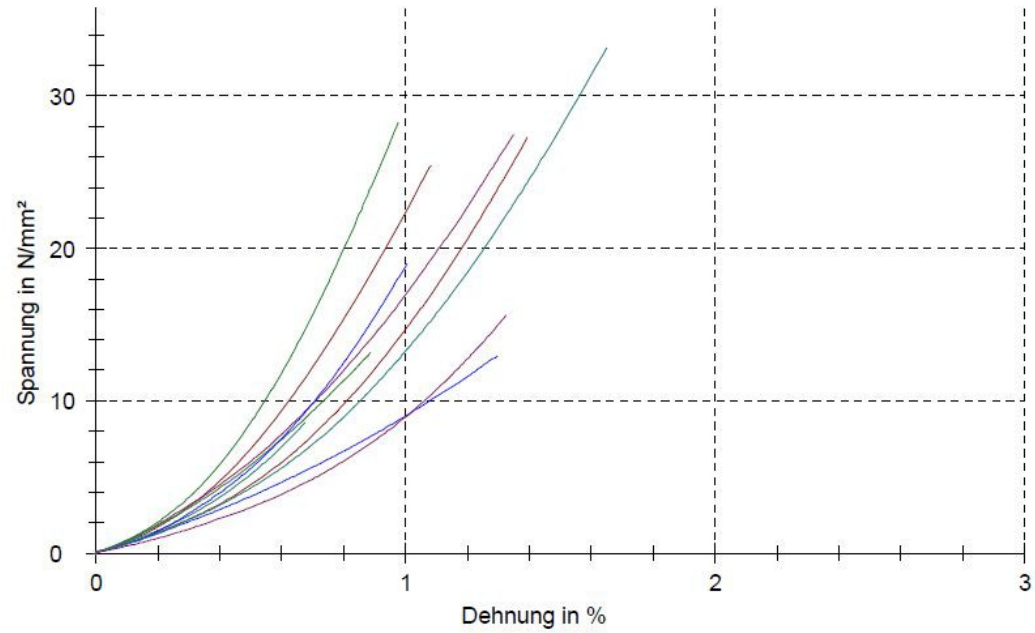
Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL 40 % (SAS)



Diagr. 32

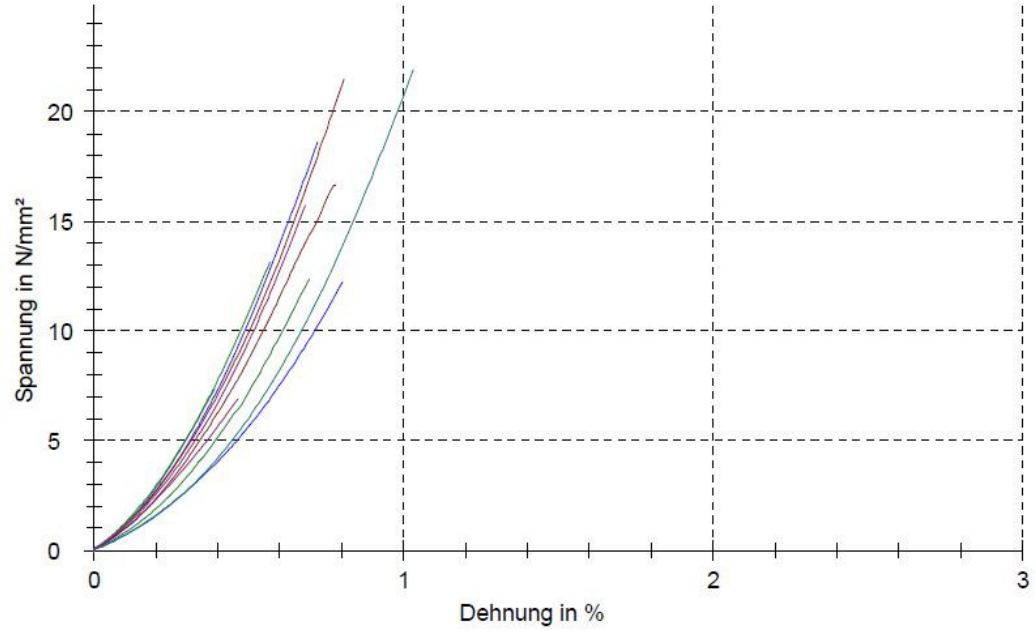
Vinamul 8481 (SAS)



Diagr. 33

Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

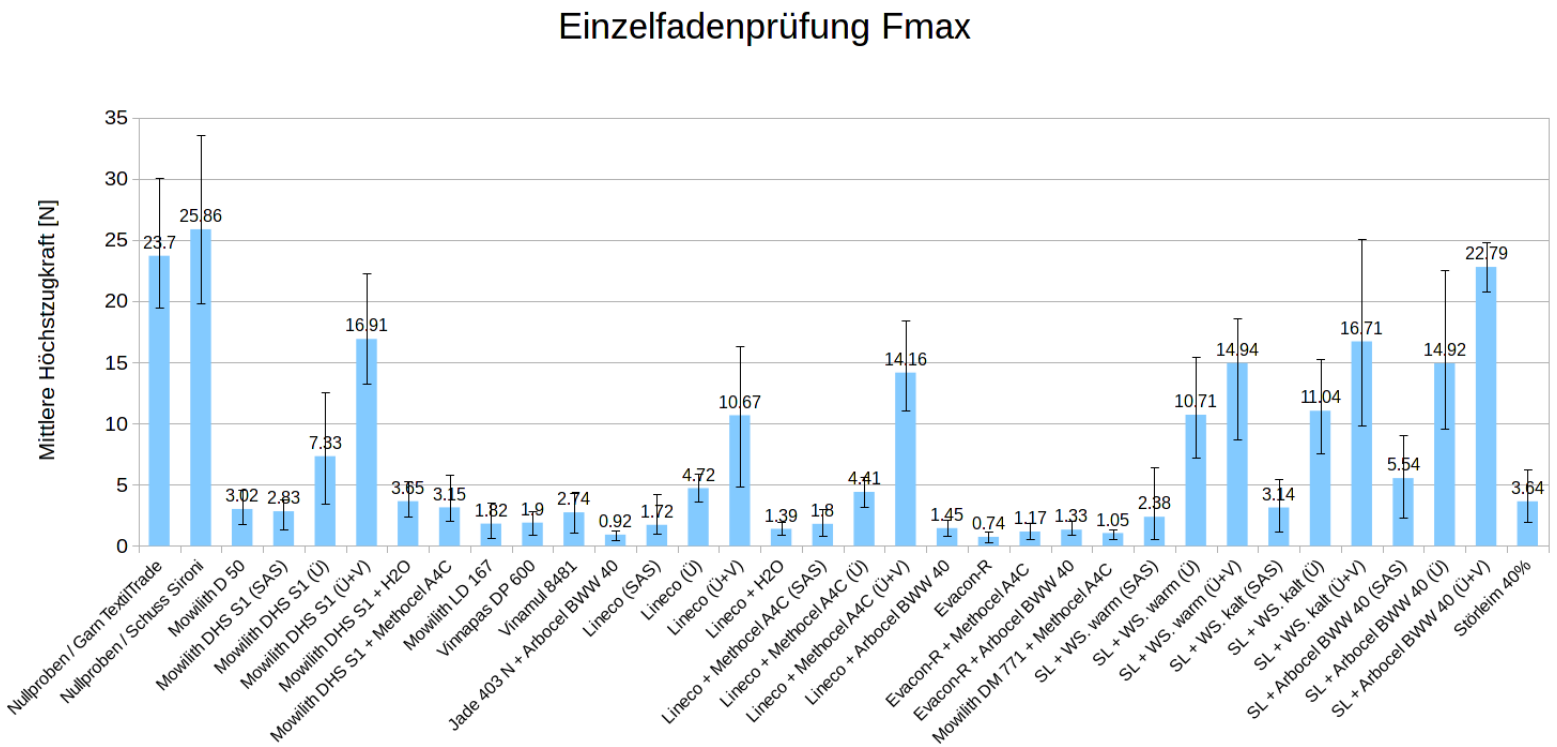
Vinnapas DP 600 (SAS)



Diagr. 34

A.9.2 / **Diagramme II:** Einzelfadenprüfung im Überblick

Durchschnittliche Höchstzugkräfte (F_{max}) der Einzelfäden

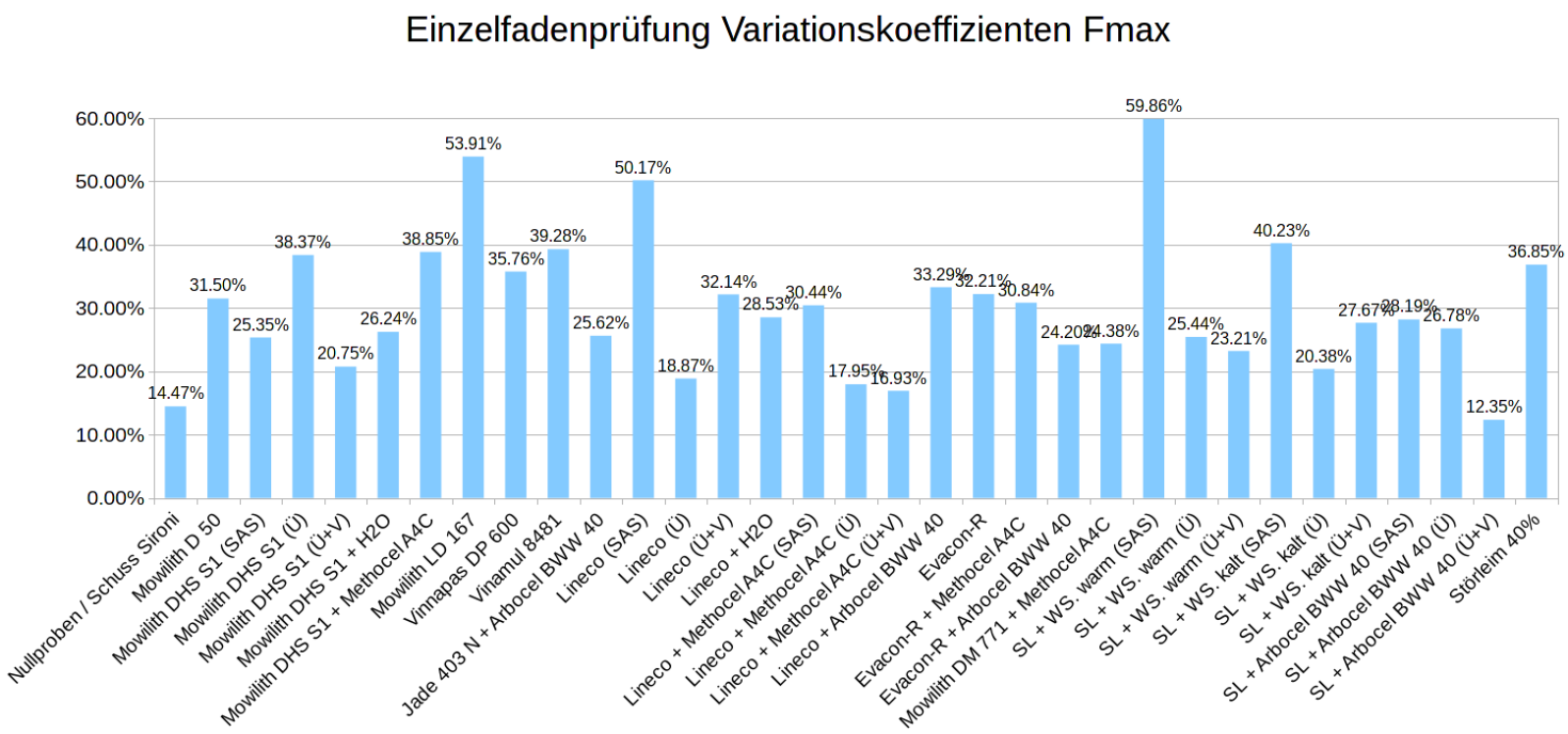


Diagr. 01

Durch minimal abweichende Rundungen in Excel ergeben sich zu den Daten aus TextXpert teils leicht veränderte Werte.

Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme II:** Einzelfadenprüfung im Überblick

Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (F_{max}) der Einzelfäden

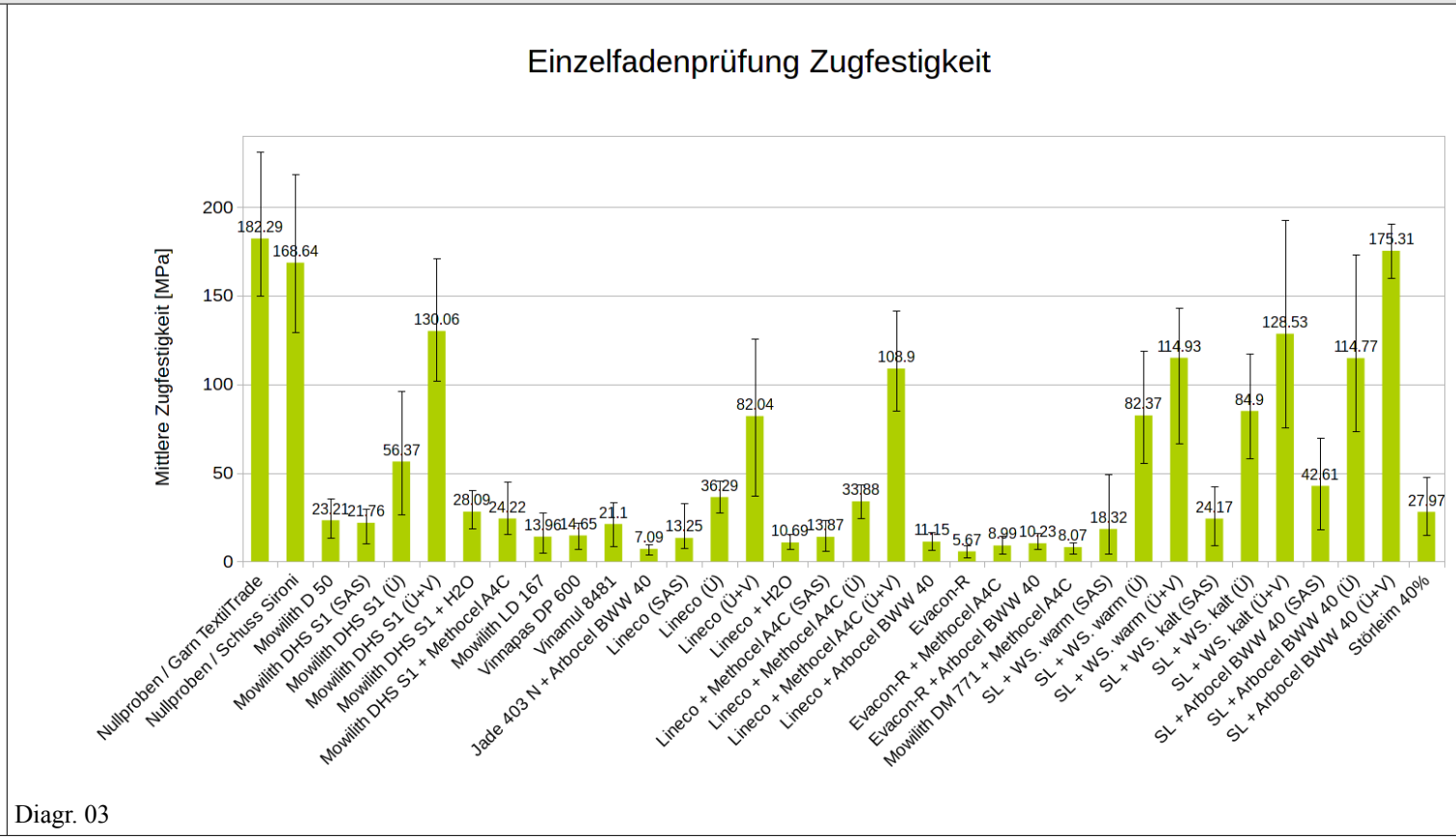


Diagr. 02

Durch minimal abweichende Rundungen in Excel ergeben sich zu den Daten aus TextXpert teils leicht veränderte Werte.

Fortsetzung **A.9.2 / Diagramme II:** Einzelfadenprüfung im Überblick

Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Einzelfäden



Diagr. 03

Die jeweils mittels Balken illustrierten Werte sind nochmals an den Balken vermerkt; des weiteren sind die Bereiche zwischen Minimal- und Maximalmesswerten angetragen.

A.10 Zu den Streifenzugversuchen

Nachfolgend werden Informationen und Daten zur Gewebestreifenprüfung zusammengetragen; die Sortierung erfolgt hierbei nach Wertetabellen sowie Grafiken und Diagrammen:

A.10.1 Wertetabellen

A.10.1 / Tabelle I: Probenprotokoll

Nullprobe	**Maße L x B** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben** (Probe / Nr.)	**Notizen / Anmerkungen**	
Gewebe Sironi	12,5 x 100	10 (1-10)	Nr. 1-10	Hörbares Knacken, äußere Fäden reißen zuerst (erscheinen besonders überdehnt / als einzige deutlich gerissen), kein sichtbarer Poisson-Effekt; kein deutlicher Rissverlauf erzeugt oder komplett durchgehend getrennt, lediglich partiell überdehnter (Wölbung) Streifen mit feinsten Faserrissen
	25 x 100	10 (1-10)	Nr. 1-10	Hörbares Knacken, äußere Fäden reißen zuerst (erscheinen besonders überdehnt / als einzige deutlich gerissen, kein sichtbarer Poisson-Effekt; kein deutlicher Rissverlauf erzeugt oder komplett durchgehend getrennt, lediglich deutlicher (vgl. B: 12,5 mm) partiell überdehnter Streifen (Wölbung) mit auch in Fläche sichtbaren Fadenrissen (mitten drin / über komplette Prüflänge verteilt, je nach Schwachstellen)
	25 x 200	2	Nr. I-II	Lediglich Tendenz anhand zweier Proben → Kraftbereiche scheinen mit 100 mm-Streifen vergleichbar

Fortsetzung **A.10.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Maße L x B** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Notizen / Anmerkungen**	
				Betrachtung der in Maschine eingespannten Probe (Bearbeitungsseite): Aufsicht von linker Seite der Maschine (d.h. linke Kante des Streifens zeigt zur Zwicki / Traverse und rechte Kante in den Raum / zur Einspannseite)	
Mowilith DHS S1	SAS	12,5 x 100	5 (96-100)	Nr. 1	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 2	Öffnung linker Seite zur Mitte, nahezu komplett durchgehend getrennt
				Nr. 3-4	Öffnung linker Seite zur Mitte, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 5	Gleichzeitige Streckung und Öffnung (keine Richtung / Verlauf ablesbar), nahezu komplett durchgehend getrennt
Lineco	SAS	12,5 x 100	10 (11-20)	Nr. 1, 3, 5-6, 8-9	Öffnung linker Seite zur Mitte, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 2	Öffnung von Mitte nach außen, komplett getrennt
				Nr. 4	Öffnung von den Seiten zur Mitte, komplett getrennt
				Nr. 7	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, komplett getrennt
				Nr. 10	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt
		25 x 100	10 (11-20)	Nr. 1, 3-4, 9	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 2, 6	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt (rechts außen noch fixiert)
				Nr. 5	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt (beide äußeren Enden noch fixiert)
				Nr. 7	Öffnung mittig links und rechts, nicht komplett durchgehend getrennt (rechtes äußeres Ende und Mitte links noch fixiert)
				Nr. 8	Öffnung von Mitte nach außen, komplett getrennt

Fortsetzung **A.10.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Maße L x B** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Notizen / Anmerkungen**	
Fortsetzung Lineco	SAS	25 x 100	10 (11-20)	Nr. 10	Öffnung von rechts zur Mitte, dann links, nicht komplett durchgehend getrennt (linkes äußeres Ende und Mitte noch fixiert)
	SAS+B	12,5 x 100	10 (21-30)	Nr. 1-3, 9-10	Gleichzeitige Streckung und Öffnung (keine Richtung / Verlauf ablesbar), komplett getrennt → fast gleichzeitiges Öffnen aller Klebungen, dann weiteres Aufrutschen des Risses; kaum Ablösen der Brücken → halten auch an Kette (Kräfte scheinen sich über Brücken gleichmäßiger zu verteilen, allg. etwas höhere Fmax)
				Nr. 4, 7-8	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, nicht komplett durchgehend getrennt → im Vgl. zu SAS verlangsamtes Öffnen; kaum Ablösen der Brücken
				Nr. 5-6	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, komplett getrennt
	Ü*	12,5 x 100	10 (31-40)	Nr. 1-2, 4, 6	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 3, 9-10	Öffnung linker Seite zur Mitte, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 5	Gleichzeitige Streckung und Öffnung (keine Richtung / Verlauf ablesbar), nahezu komplett durchgehend getrennt
				Nr. 7-8	Öffnung an mehreren Stellen mittig links und rechts, aber in Mitte sowie ganz außen links und rechts nicht durchgehend getrennt
	* = Zwick-Protokoll (pdf) beginnt bei Probe Nr. 11, da versehentlich in vorheriger Serie geprüft und erst nachträglich wieder getrennt				
	Ü+V	12,5 x 100	10 (41-50)	Nr. 1-3, 5, 8, 9	Öffnung von mittig links nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 4, 10	Öffnung von mittig rechts nach außen, nicht durchgehend getrennt (beide äußeren Enden noch fixiert)

Fortsetzung **A.10.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Maße L x B** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Notizen / Anmerkungen**	
Fortsetzung Lineco	Ü+V	12,5 x 100	10 (41-50)	Nr. 6	Gleichzeitige Streckung und Öffnung (keine Richtung / Verlauf ablesbar), komplett getrennt → höchster Fmax
				Nr. 7	Öffnung von Mitte nach außen, nicht durchgehend getrennt (beide äußeren Enden noch fixiert)
Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1)	SAS	12,5 x 100	5 (91-95)	Nr. 1-3, 5	Öffnung linker Seite zur Mitte, nicht komplett durchgehend getrennt → man sieht, wie sich die Klebung streckt und „aufdehnt“, dann reißt
				Nr. 4	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt
Störleim 20% + Weizenstärke 13% (warm) 1:1	SAS	12,5 x 100	10 (51-60)	Nr. 1-2, 5	Öffnung linker Seite zur Mitte, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 3-4, 7-9	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 6, 10	Öffnung von Mitte nach außen, komplett getrennt
		25 x 100	10 (21-30)	Nr. 1, 7-6, 9	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 2-3, 8	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt (rechtes äußeres Ende noch fixiert)
				Nr. 4	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt (linkes äußeres Ende noch fixiert)
				Nr. 5	Öffnung rechter Seite über Mitte nach links, komplett getrennt
				Nr. 10	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, komplett getrennt
	SAS+B	12,5 x 100	10 (61-70)	Nr. 1, 3-4	Gleichzeitige Streckung und Öffnung (keine Richtung / Verlauf ablesbar), komplett getrennt; kaum Ablösen der Brücken

Fortsetzung **A.10.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Maße L x B** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Notizen / Anmerkungen**	
Fortsetzung Störleim 20% + Weizenstärke 13% (warm) 1:1	SAS+B	12,5 x 100	10 (61-70)	Nr. 2	Gleichzeitige Streckung und Öffnung (keine Richtung / Verlauf ablesbar), komplett getrennt; partiell etwas deutlicher gelöste Brücken
				Nr. 5-8	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts (recht gleichmäßig), komplett getrennt; partiell etwas deutlicher gelöste Brücken
				Nr. 9	Öffnung von Mitte nach außen (recht gleichmäßig), komplett getrennt → deutlich abweichender Fmax (am höchsten) → Rissöffnungsverlauf mglw. ausschlaggebend für gemessene Kräfte → d.h. auch schiefes Einspannen etc. ?!
				Nr. 7	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts (recht gleichmäßig), nicht komplett durchgehend getrennt
	Ü	12,5 x 100	10 (71-80)	Nr. 1, 6, 8-9	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 2	Öffnung linker Seite zur Mitte und etwas rechts, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 3	Öffnung von Mitte nach außen, nicht komplett durchgehend getrennt (rechts außen noch fixiert)
				Nr. 4	Öffnung rechter Seite über Mitte nach links, komplett getrennt
				Nr. 5, 10	Öffnung rechter Seite über Mitte nach links, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 7	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, komplett getrennt

Fortsetzung **A.10.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Maße L x B** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Notizen / Anmerkungen**	
Fortsetzung Störleim 20% + Weizenstärke 13% (warm) 1:1	Ü+V	12,5 x 100	10 81-90)	Nr. 1, 3	Öffnung von den Seiten zur Mitte, komplett getrennt
				Nr. 2, 7	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 4, 6	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, komplett getrennt
				Nr. 5	Öffnung von Mitte nach außen (links, dann rechts), nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 8-9	Öffnung von Mitte nach außen (links, dann rechts), komplett getrennt
				Nr. 10	Öffnung rechter, dann linker Seite zur Mitte, komplett getrennt
Störleim 20% + Weizenstärke 13% (kalt) 1:1	SAS	12,5 + 100	5 (106-110)	Nr. 1	Öffnung von Mitte nach außen, komplett getrennt
				Nr. 2, 5	Öffnung linker Seite zur Mitte, komplett getrennt
				Nr. 3	Öffnung linker Seite über Mitte nach rechts, nahezu komplett durchgehend getrennt
				Nr. 4	Öffnung rechter Seite zur Mitte, komplett getrennt
Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1)	SAS	12,5 x 100	5 (101-105)	Nr. 1, 3-4	Öffnung linker Seite zur Mitte, nicht komplett durchgehend getrennt
				Nr. 5	Öffnung linker Seite zur Mitte, komplett getrennt
				Nr. 2	Öffnung von Mitte nach außen, komplett getrennt

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung

Es folgen die Ergebnisse der Zugversuche aus den einzelnen Versuchsprotokollen (siehe auch unter A.20); nachfolgend unter A.10.2 sind zugehörige Grafiken und Diagramme aufgeführt.

Legende zu den nachfolgenden Tabellen			
Prüfergebnisse	EMod	E-Modul	Siehe auch Begriffserläuterungen im Glossar unter A.15.
	Rm	Zugfestigkeit	
	F_{max}	Höchstzugkraft	
	ε - F_{max}	Höchstzugkraftdehnung	
	F_{Bruch}	Bruchkraft	
	ε - F_{Bruch}	Bruchkraftdehnung	
	$F_{2\ \%\ Dehnung}$	Kraft bei 2 % Dehnung	
Probenspezifikation / Technik	SAS	Stoß-auf-Stoß-Verbindung	Siehe auch unter A.7.1.
	SAS + B	s.o. + Fadenbrücken	
	Ü	überlappende Fadenenden	
	Ü +V	überlappend-vermengte Fadenenden	
Für die nachfolgenden Prüfungsergebnisse gilt Folgendes, sofern nicht anders oder speziell zur Unterscheidung gekennzeichnet:			
Probekörperform	Einspannlänge + Streifenbreite	LE: 100 mm / B: 12,5 mm / 12 Fäden	Siehe auch unter A.6.3 und A.14.
Prüfergebnisse	Einstellungen / E-Modul-Ermittlung	Sekante, 0 N bis Minimalwert F_{max}	Siehe auch unter A.14.

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Nullproben Sironi (B: 12,5 mm)

Nullprobe	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steigung** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]
Gewebe / Sironi (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	1	1050,41	62,85	43,38	26026,56	26026,56	260,27	4,05	22884,74	228,85	4,90	5416,761	54,17
	2	1049,45	62,67	47,91	28747,84	28747,84	287,48	4,29	26098,61	260,99	4,78	4850,905	48,51
	3	1009,37	60,25	50,64	30383,42	30383,42	303,83	4,61	19321,38	193,21	4,93	3894,630	38,95
	4	-	-	45,41	27248,64	27248,64	272,49	4,47	23869,91	238,70	4,73	5113,533	51,14
	5	-	-	47,26	28356,79	28356,79	283,57	4,64	18019,21	180,19	4,96	4285,647	42,86
	6	1069,42	63,94	49,92	29951,15	29951,15	299,51	4,55	27349,50	273,50	4,57	5938,991	59,39
	7	1012,17	60,46	49,79	29872,74	29872,74	298,73	4,72	14844,56	148,45	4,98	4247,437	42,47
	8	1010,52	60,54	44,51	26707,80	26707,80	267,08	4,58	25689,12	256,89	4,60	6316,388	63,16
	9	996,19	59,56	47,96	28773,97	28773,97	287,74	4,52	19086,14	190,86	4,88	3893,885	38,94
	10	1008,98	60,34	41,48	24889,26	24889,26	248,89	4,11	16287,12	162,87	4,70	6316,798	63,17
Statistik													
Arithmetisches Mittel		1025,81	61,33	46,83	28095,82	28095,82	280,96	4,45	21345,03	213,45	4,80	5027,497	50,27
Minimalwert		996,19	59,56	41,48	24889,26	24889,26	248,89	4,05	14844,56	148,45	4,57	3893,885	38,94
Maximalwert		1069,42	63,94	50,64	30383,42	30383,42	303,83	4,72	27349,50	273,50	4,98	6316,798	63,17
Median		1011,35	60,50	47,59	28552,31	28552,31	285,52	4,53	21103,06	211,03	4,83	4982,219	49,82
Varianz		702,32	2,51	9,26	3332681,99	3332681,99	333,27	0,05	19373825,11	1937,38	0,02	896863,483	89,69
Standardabweichung		26,50	1,58	3,04	1825,56	1825,56	18,26	0,23	4401,57	44,02	0,15	947,029	9,47
Variationskoeffizient		2,58	2,58	6,50	6,50	6,50	6,50	5,08	20,62	20,62	3,08	18,84	18,84
95%-Vertrauensbereich unten		1003,70	60,00	44,65	26791,13	26791,13	267,91	4,29	18199,34	181,99	4,70	4350,680	43,51
95%-Vertrauensbereich oben		1047,93	62,65	49,00	29400,50	29400,50	294,01	4,62	24490,72	244,91	4,91	5704,315	57,04

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Nullproben Sironi (B: 25 mm / LE: 100 mm)

Nullprobe	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steigung** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\% Dehnung}$** [cN]	**$F_{2\% Dehnung}$** [N]
Gewebe / Sironi (B: 25 mm, LE: 100 mm)	1	1019,80	121,77	49,13	58951,07	58951,07	589,51	4,70	30224,65	302,25	5,11	8778,128	87,78
	2	1141,63	136,65	49,27	59129,00	59129,00	591,29	4,27	49888,30	498,88	4,44	15309,411	153,09
	3	987,46	118,15	44,39	53266,44	53266,44	532,66	4,98	51137,21	511,37	4,99	8413,812	84,14
	4	-	-	46,90	56277,64	56277,64	562,78	4,77	34648,64	346,49	5,26	8198,544	81,99
	5	1056,39	126,42	47,89	57473,61	57473,61	574,74	4,38	28602,43	286,02	4,89	10479,380	104,79
	6	-	-	49,30	59157,49	59157,49	591,57	4,40	28530,72	285,31	4,80	13251,619	132,52
	7	1081,29	129,49	44,33	53194,73	53194,73	531,95	4,08	25565,42	255,65	4,85	11603,901	116,04
	8	1014,38	121,48	45,18	54221,81	54221,81	542,22	4,63	48986,54	489,87	4,71	11171,479	111,71
	9	1072,68	128,35	51,38	61658,67	61658,67	616,59	4,51	43703,36	437,03	4,78	11127,979	111,28
	10	1129,78	135,33	43,76	52508,78	52508,78	525,09	3,87	32720,81	327,21	4,47	14789,368	147,89
Statistik													
Arithmetisches Mittel		1062,93	127,21	47,15	56583,92	56583,92	565,84	4,46	37400,81	374,01	4,83	11312,362	113,12
Minimalwert		987,46	118,15	43,76	52508,78	52508,78	525,09	3,87	25565,42	255,65	4,44	8198,544	81,99
Maximalwert		1141,63	136,65	51,38	61658,67	61658,67	616,59	4,98	51137,21	511,37	5,26	15309,411	153,09
Median		1064,54	127,39	47,40	56875,63	56875,63	568,76	4,46	33684,72	336,85	4,83	11149,729	111,50
Varianz		3007,05	43,83	6,95	10002363,70	10002363,70	1000,24	0,11	99524219,62	9952,42	0,07	6353243,112	635,32
Standardabweichung		54,84	6,62	2,64	3162,65	3162,65	31,63	0,33	9976,18	99,76	0,26	2520,564	25,21
Variationskoeffizient		5,16	5,20	5,59	5,59	5,59	5,59	7,41	26,67	26,67	5,31	22,28	22,28
95%-Vertrauensbereich unten		1017,17	121,68	45,27	54323,66	54323,66	543,24	4,22	30271,08	302,71	4,65	9510,979	95,11
95%-Vertrauensbereich oben		1108,68	132,73	49,04	58844,19	58844,19	588,44	4,69	44530,53	445,31	5,01	13113,746	131,14

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Nullproben Sironi (B: 25 mm / LE: 200 mm)

Nullprobe	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steigung** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [cN]	**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]
Gewebe / Sironi (B: 25 mm, LE: 200 mm)	1	1222,25	72,99	46,86	56237,77	56237,77	562,38	3,83	30589,94	305,90	4,14	11777,508	117,78
	2	1186,40	71,05	48,46	58154,22	58154,22	581,54	4,02	38708,50	387,08	4,13	11308,859	113,09
*Statistik**													
Arithmetisches Mittel		1204,32	72,02	47,66	57196,00	57196,00	571,96	3,93	34649,22	346,49	4,14	11543,183	115,43
Minimalwert		1186,40	71,05	46,86	56237,77	56237,77	562,38	3,83	30589,94	305,90	4,13	11308,859	113,09
Maximalwert		1222,25	72,99	48,46	58154,22	58154,22	581,54	4,02	38708,50	387,08	4,14	11777,508	117,78
Median		1204,32	72,02	47,66	57196,00	57196,00	571,96	3,93	34649,22	346,49	4,14	11543,183	115,43
Varianz		642,72	1,88	1,28	1836400,03	1836400,03	183,64	0,02	32955489,88	3295,55	0,00	109815,907	10,98
Standardabweichung		25,35	1,37	1,13	1355,14	1355,14	13,55	0,13	5740,69	57,41	0,00	331,385	3,31
Variationskoeffizient		2,11	1,91	2,37	2,37	2,37	2,37	3,42	16,57	16,57	0,09	2,87	2,87
95%-Vertrauensbereich unten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95%-Vertrauensbereich oben		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* = aus Vollständigkeitsgründen aufgeführt, bei zwei Messwerten jedoch wenig aussagekräftig													

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Mowilith DHS S1 (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steigung** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\% Dehnung}$** [cN]	**$F_{2\% Dehnung}$** [N]
2 A	Mowilith DHS S1 (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	SAS	1	135,19	8,10	2,68	1608,14	1608,14	16,08	1,98	1160,10	11,60	2,43	1510,583	15,11
			2	183,27	10,97	3,88	2328,65	2328,65	23,29	1,81	1827,56	18,28	2,00	1850,122	18,50
			3	144,83	8,67	5,25	3150,71	3150,71	31,51	2,39	2833,22	28,33	2,47	2020,809	20,21
			4	167,63	10,02	5,52	3311,12	3311,12	33,11	2,25	3137,77	31,38	2,28	2649,835	26,50
			5	158,71	9,49	4,83	2900,05	2900,05	29,00	2,23	2657,65	26,58	2,28	2573,350	25,73
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			157,93	9,45	4,43	2659,73	2659,73	26,60	2,13	2323,26	23,23	2,29	2120,940	21,21
	Minimalwert			135,19	8,10	2,68	1608,14	1608,14	16,08	1,81	1160,10	11,60	2,00	1510,583	15,11
	Maximalwert			183,27	10,97	5,52	3311,12	3311,12	33,11	2,39	3137,77	31,38	2,47	2649,835	26,50
	Median			158,71	9,49	4,83	2900,05	2900,05	29,00	2,23	2657,65	26,58	2,28	2020,809	20,21
	Varianz			356,33	1,27	1,35	484643,11	484643,11	48,46	0,05	658487,20	65,85	0,03	235077,266	23,51
	Standardabweichung			18,88	1,13	1,16	696,16	696,16	6,96	0,23	811,47	8,11	0,18	484,848	4,85
	Variationskoeffizient			11,95	11,92	26,17	26,17	26,17	26,17	10,96	34,93	34,93	8,05	22,86	22,86
	95%-Vertrauensbereich unten			134,46	8,05	2,99	1794,23	1794,23	17,94	1,84	1314,39	13,14	2,06	1518,151	15,18
	95%-Vertrauensbereich oben			181,40	10,85	5,88	3525,24	3525,24	35,25	2,42	3332,13	33,32	2,52	2723,728	27,24

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Lineco (SAS / B: 12,5 mm)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [cN]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]
4 A	Lineco (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	SAS	1	106,96	6,41	1,34	803,30	803,30	8,03	1,25	552,52	5,53	2,07	606,905	6,07
			2	147,66	8,84	2,77	1663,61	1663,61	16,64	1,41	913,15	9,13	1,56	-	-
			3	118,31	7,09	2,26	1358,47	1358,47	13,58	1,60	771,70	7,72	1,83	-	-
			4	126,62	7,58	2,25	1347,35	1347,35	13,47	1,55	875,85	8,76	1,73	-	-
			5	102,16	6,12	1,70	1017,73	1017,73	10,18	1,57	638,90	6,39	2,37	721,389	7,21
			6	101,28	6,07	2,07	1244,40	1244,40	12,44	1,69	621,03	6,21	2,26	762,608	7,63
			7	115,69	6,92	2,87	1724,92	1724,92	17,25	1,74	1162,50	11,62	1,98	-	-
			8	102,69	6,15	1,67	1000,27	1000,27	10,00	1,58	496,37	4,96	2,20	659,672	6,60
			9	110,44	6,62	2,01	1207,26	1207,26	12,07	1,58	602,64	6,03	2,37	789,247	7,89
			10	121,07	7,26	2,21	1325,95	1325,95	13,26	1,59	670,90	6,71	1,92	-	-
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			115,29	6,91	2,12	1269,33	1269,33	12,69	1,56	730,56	7,31	2,03	707,964	7,08
	Minimalwert			101,28	6,07	1,34	803,30	803,30	8,03	1,25	496,37	4,96	1,56	606,905	6,07
	Maximalwert			147,66	8,84	2,87	1724,92	1724,92	17,25	1,74	1162,50	11,62	2,37	789,247	7,89
	Median			113,07	6,77	2,14	1285,18	1285,18	12,85	1,58	654,90	6,55	2,02	721,389	7,21
	Varianz			204,35	0,73	0,23	81956,25	81956,25	8,20	0,02	41063,92	4,11	0,07	5579,572	0,56
	Standardabweichung			14,30	0,85	0,48	286,28	286,28	2,86	0,14	202,64	2,03	0,27	74,697	0,75
	Variationskoeffizient			12,40	12,37	22,55	22,55	22,55	22,55	8,84	27,74	27,74	13,44	10,55	10,55
	95%-Vertrauensbereich unten			105,07	6,30	1,77	1064,73	1064,73	10,65	1,46	585,73	5,86	1,83	615,097	6,15
	95%-Vertrauensbereich oben			125,51	7,52	2,46	1473,92	1473,92	14,74	1,66	875,38	8,75	2,22	800,831	8,01

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Lineco (SAS / B: 25 mm)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steigung** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\% Dehnung}$** [cN]	**$F_{2\% Dehnung}$** [N]
4 A	Lineco (B: 25 mm, LE: 100 mm)	SAS	1	145,04	17,39	2,18	2618,12	2618,12	26,18	1,50	2140,67	21,41	1,57	-	-
			2	138,65	16,62	2,23	2681,19	2681,19	26,81	1,65	2351,67	23,52	1,71	-	-
			3	140,49	16,85	2,28	2738,89	2738,89	27,39	1,64	1368,42	13,68	2,36	1875,076	18,75
			4	175,48	21,04	2,62	3140,32	3140,32	31,40	1,49	2172,34	21,72	1,73	-	-
			5	156,02	18,69	2,59	3110,38	3110,38	31,10	1,57	1899,05	18,99	1,84	-	-
			6	137,76	16,51	2,30	2765,23	2765,23	27,65	1,70	1568,26	15,68	2,01	1726,507	17,27
			7	158,88	19,04	2,23	2671,53	2671,53	26,72	1,43	2113,13	21,13	1,76	-	-
			8	188,95	22,62	2,71	3252,78	3252,78	32,53	1,41	2235,86	22,36	1,56	-	-
			9	152,15	18,23	2,20	2642,87	2642,87	26,43	1,46	1757,84	17,58	1,69	-	-
			10	146,59	17,56	3,17	3799,85	3799,85	38,00	1,89	3200,60	32,01	1,98	-	-
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			154,00	18,46	2,45	2942,12	2942,12	29,42	1,57	2080,78	20,81	1,82	1800,792	18,01
	Minimalwert			137,76	16,51	2,18	2618,12	2618,12	26,18	1,41	1368,42	13,68	1,56	1726,507	17,27
	Maximalwert			188,95	22,62	3,17	3799,85	3799,85	38,00	1,89	3200,60	32,01	2,36	1875,076	18,75
	Median			149,37	17,90	2,29	2752,06	2752,06	27,52	1,54	2126,90	21,27	1,74	1800,792	18,01
	Varianz			281,21	4,02	0,10	145357,10	145357,10	14,54	0,02	252434,13	25,24	0,06	11036,376	1,10
	Standardabweichung			16,77	2,00	0,32	381,26	381,26	3,81	0,15	502,43	5,02	0,24	105,054	1,05
	Variationskoeffizient			10,89	10,86	12,96	12,96	12,96	12,96	9,43	24,15	24,15	13,32	5,83	5,83
	95%-Vertrauensbereich unten			142,02	17,02	2,22	2669,64	2669,64	26,70	1,47	1721,71	17,22	1,65	-	-
	95%-Vertrauensbereich oben			165,99	19,89	2,68	3214,59	3214,59	32,15	1,68	2439,86	24,40	1,99	-	-

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Lineco (SAS+B)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [cN]	$F_{2\%\ Dehnung}$ [N]
4 A	Lineco (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	SAS+B	1	176,90	10,60	5,48	3286,59	3286,59	32,87	2,40	1595,08	15,95	2,97	2386,301	23,86
			2	216,17	12,94	7,25	4347,15	4347,15	43,47	2,35	2168,20	21,68	2,66	3544,622	35,45
			3	188,29	11,27	6,54	3924,30	3924,30	39,24	2,39	1932,89	19,33	2,76	2815,558	28,16
			4	180,08	10,79	5,29	3171,65	3171,65	31,72	2,74	1583,91	15,84	3,20	2366,572	23,67
			5	182,73	10,95	3,88	2328,94	2328,94	23,29	2,06	1155,18	11,55	2,64	2274,672	22,75
			6	173,66	10,41	3,95	2372,51	2372,51	23,73	2,13	1183,77	11,84	3,65	2233,477	22,33
			7	167,50	10,04	4,90	2941,68	2941,68	29,42	2,94	1463,22	14,63	3,66	2057,129	20,57
			8	128,03	7,67	3,25	1952,80	1952,80	19,53	2,54	971,67	9,72	3,61	1823,329	18,23
			9	194,53	11,63	6,90	4141,59	4141,59	41,42	2,42	2062,67	20,63	2,67	3011,578	30,12
			10	214,35	12,83	5,57	3343,71	3343,71	33,44	2,04	1646,62	16,47	2,38	3332,084	33,32
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			182,22	10,91	5,30	3181,09	3181,09	31,81	2,40	1576,32	15,76	3,02	2584,532	25,85
	Minimalwert			128,03	7,67	3,25	1952,80	1952,80	19,53	2,04	971,67	9,72	2,38	1823,329	18,23
	Maximalwert			216,17	12,94	7,25	4347,15	4347,15	43,47	2,94	2168,20	21,68	3,66	3544,622	35,45
	Median			181,41	10,87	5,38	3229,12	3229,12	32,29	2,40	1589,49	15,89	2,86	2376,436	23,76
	Varianz			625,89	2,23	1,80	646473,15	646473,15	64,65	0,08	158798,93	15,88	0,23	319998,611	32,00
	Standardabweichung			25,02	1,49	1,34	804,04	804,04	8,04	0,29	398,50	3,98	0,48	565,684	5,66
	Variationskoeffizient			13,73	13,69	25,28	25,28	25,28	25,28	12,06	25,28	25,28	15,85	21,89	21,89
	95%-Vertrauensbereich unten			164,34	9,85	4,34	2606,47	2606,47	26,06	2,20	1291,53	12,92	2,68	2180,252	21,80
	95%-Vertrauensbereich oben			200,10	11,98	6,26	3755,72	3755,72	37,56	2,61	1861,11	18,61	3,36	2988,812	29,89

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Lineco (Ü)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [cN]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]
4 A	Lineco (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	Ü	1	203,76	12,21	4,23	2536,92	2536,92	25,37	2,07	1261,35	12,61	2,87	2438,948	24,39
			2	207,43	12,43	4,09	2452,34	2452,34	24,52	1,97	1219,29	12,19	2,54	2442,649	24,43
			3	212,22	12,72	4,42	2650,54	2650,54	26,51	2,02	1307,03	13,07	2,81	2632,275	26,32
			4	222,60	13,33	4,89	2933,76	2933,76	29,34	2,04	2525,67	25,26	2,15	2901,586	29,02
			5	203,07	12,17	5,81	3485,46	3485,46	34,85	2,43	2682,93	26,83	2,60	2407,883	24,08
			6	226,61	13,57	5,20	3117,06	3117,06	31,17	2,03	1762,35	17,62	2,50	3069,274	30,69
			7	219,84	13,18	6,02	3614,76	3614,76	36,15	2,24	1793,01	17,93	2,41	2964,583	29,65
			8	239,60	14,35	5,86	3513,23	3513,23	35,13	2,18	1755,70	17,56	2,51	3362,444	33,62
			9	190,84	11,44	4,45	2670,22	2670,22	26,70	2,32	1308,22	13,08	2,60	2353,422	23,53
			10	241,33	14,45	5,98	3586,37	3586,37	35,86	2,05	1937,73	19,38	2,29	3535,064	35,35
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			216,73	12,99	5,09	3056,07	3056,07	30,56	2,13	1755,33	17,55	2,53	2810,813	28,11
	Minimalwert			190,84	11,44	4,09	2452,34	2452,34	24,52	1,97	1219,29	12,19	2,15	2353,422	23,53
	Maximalwert			241,33	14,45	6,02	3614,76	3614,76	36,15	2,43	2682,93	26,83	2,87	3535,064	35,35
	Median			216,03	12,95	5,04	3025,41	3025,41	30,25	2,06	1759,03	17,59	2,52	2766,931	27,67
	Varianz			266,89	0,95	0,60	216972,04	216972,04	21,70	0,02	268980,49	26,90	0,05	178309,695	17,83
	Standardabweichung			16,34	0,98	0,78	465,80	465,80	4,66	0,15	518,63	5,19	0,22	422,267	4,22
	Variationskoeffizient			7,54	7,51	15,24	15,24	15,24	15,24	7,07	29,55	29,55	8,54	15,02	15,02
	95%-Vertrauensbereich unten			205,06	12,29	4,54	2723,17	2723,17	27,23	2,03	1384,67	13,85	2,37	2509,029	25,09
	95%-Vertrauensbereich oben			228,41	13,68	5,65	3388,96	3388,96	33,89	2,24	2125,98	21,26	2,68	3112,597	31,13

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Lineco (Ü+V)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [cN]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]
4 A	Lineco (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	Ü+V	1	635,19	38,05	8,92	5353,55	5353,55	53,54	2,43	4345,83	43,46	2,51	3404,320	34,04
			2	574,83	34,43	6,90	4138,33	4138,33	41,38	2,23	3671,91	36,72	2,27	3230,739	32,31
			3	840,69	50,35	10,02	6010,62	6010,62	60,11	2,67	5492,71	54,93	2,71	2857,785	28,58
			4	639,61	38,31	7,36	4417,42	4417,42	44,17	2,22	3800,27	38,00	2,29	3791,251	37,91
			5	821,95	49,21	9,85	5911,79	5911,79	59,12	2,53	5549,09	55,49	2,64	3365,154	33,65
			6	920,33	55,15	11,42	6851,82	6851,82	68,52	2,57	5313,06	53,13	2,78	3786,704	37,87
			7	840,58	50,38	10,55	6332,81	6332,81	63,33	2,85	5859,91	58,60	2,87	2547,344	25,47
			8	829,53	49,67	10,95	6568,35	6568,35	65,68	2,70	4616,39	46,16	2,83	3349,444	33,49
			9	325,40	19,50	6,41	3844,71	3844,71	38,45	2,73	1920,85	19,21	3,63	1957,520	19,58
			10	241,58	14,48	5,01	3008,21	3008,21	30,08	2,08	1890,17	18,90	2,27	2804,312	28,04
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			666,97	39,95	8,74	5243,76	5243,76	52,44	2,50	4246,02	42,46	2,68	3109,457	31,09
	Minimalwert			241,58	14,48	5,01	3008,21	3008,21	30,08	2,08	1890,17	18,90	2,27	1957,520	19,58
	Maximalwert			920,33	55,15	11,42	6851,82	6851,82	68,52	2,85	5859,91	58,60	3,63	3791,251	37,91
	Median			730,78	43,76	9,39	5632,67	5632,67	56,33	2,55	4481,11	44,81	2,67	3290,092	32,90
	Varianz			53647,95	192,43	4,76	1714735,71	1714735,71	171,47	0,07	2069699,48	206,97	0,16	327501,869	32,75
	Standardabweichung			231,62	13,87	2,18	1309,48	1309,48	13,09	0,26	1438,65	14,39	0,41	572,278	5,72
	Variationskoeffizient			34,73	34,72	24,97	24,97	24,97	24,97	10,21	33,88	33,88	15,16	18,40	18,40
	95%-Vertrauensbereich unten			501,44	30,04	7,18	4307,91	4307,91	43,08	2,32	3217,86	32,18	2,39	2700,465	27,00
	95%-Vertrauensbereich oben			832,50	49,87	10,30	6179,61	6179,61	61,80	2,68	5274,18	52,74	2,97	3518,450	35,18

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / Lineco + Methocel A4C (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steigung** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\% Dehnung}$** [cN]	**$F_{2\% Dehnung}$** [N]
4 D	Lineco + Methocel A4C 5%ig (9:1) (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	SAS	1	141,73	8,48	2,62	1569,59	1569,59	15,70	1,86	932,80	9,33	2,15	1214,357	12,14
			2	152,12	9,11	3,35	2008,79	2008,79	20,09	1,85	1219,15	12,19	2,11	1583,303	15,83
			3	135,53	8,12	2,40	1439,92	1439,92	14,40	1,78	717,33	7,17	3,15	1299,195	12,99
			4	115,33	6,91	2,31	1384,02	1384,02	13,84	2,00	1107,20	11,07	2,28	1383,998	13,84
			5	137,55	8,21	2,65	1592,31	1592,31	15,92	1,91	795,08	7,95	2,38	1565,074	15,65
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			136,45	8,17	2,66	1598,93	1598,93	15,99	1,88	954,31	9,54	2,42	1409,185	14,09
	Minimalwert			115,33	6,91	2,31	1384,02	1384,02	13,84	1,78	717,33	7,17	2,11	1214,357	12,14
	Maximalwert			152,12	9,11	3,35	2008,79	2008,79	20,09	2,00	1219,15	12,19	3,15	1583,303	15,83
	Median			137,55	8,21	2,62	1569,59	1569,59	15,70	1,86	932,80	9,33	2,28	1383,998	13,84
	Varianz			180,38	0,64	0,17	60089,55	60089,55	6,01	0,01	43873,79	4,39	0,18	26327,138	2,63
	Standardabweichung			13,43	0,80	0,41	245,13	245,13	2,45	0,08	209,46	2,09	0,42	162,256	1,62
	Variationskoeffizient			9,84	9,82	15,33	15,33	15,33	15,33	4,28	21,95	21,95	17,54	11,51	11,51
	95%-Vertrauensbereich unten			119,75	7,17	2,16	1294,17	1294,17	12,94	1,78	693,90	6,94	1,89	1207,459	12,07
	95%-Vertrauensbereich oben			153,15	9,16	3,17	1903,69	1903,69	19,04	1,98	1214,72	12,15	2,94	1610,911	16,11

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / SL + WS, warm (SAS / B: 12,5 mm)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [cN]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]
11 A	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1) (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	SAS	1	145,41	8,72	2,51	1504,00	1504,00	15,04	1,39	1436,35	14,36	1,40	-	-
			2	123,02	7,36	2,77	1660,57	1660,57	16,61	1,60	1660,57	16,61	1,60	-	-
			3	145,34	8,71	2,80	1678,72	1678,72	16,79	1,51	1663,96	16,64	1,52	-	-
			4	138,80	8,32	1,59	956,23	956,23	9,56	1,15	836,38	8,36	1,24	-	-
			5	141,36	8,47	3,76	2257,96	2257,96	22,58	1,63	2028,09	20,28	1,70	-	-
			6	142,19	8,51	2,44	1466,29	1466,29	14,66	1,39	1226,79	12,27	1,49	-	-
			7	143,97	8,63	2,54	1524,20	1524,20	15,24	1,41	1277,01	12,77	1,45	-	-
			8	131,74	7,89	2,53	1516,48	1516,48	15,16	1,66	1516,48	15,16	1,66	-	-
			9	128,55	7,70	1,89	1136,70	1136,70	11,37	1,36	1080,95	10,81	1,37	-	-
			10	130,33	7,81	2,56	1536,17	1536,17	15,36	1,53	1335,12	13,35	1,71	-	-
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			137,07	8,21	2,54	1523,73	1523,73	15,24	1,46	1406,17	14,06	1,51	-	-
	Minimalwert			123,02	7,36	1,59	956,23	956,23	9,56	1,15	836,38	8,36	1,24	-	-
	Maximalwert			145,41	8,72	3,76	2257,96	2257,96	22,58	1,66	2028,09	20,28	1,71	-	-
	Median			140,08	8,39	2,53	1520,34	1520,34	15,20	1,46	1385,73	13,86	1,50	-	-
	Varianz			64,12	0,23	0,33	117509,58	117509,58	11,75	0,02	112818,75	11,28	0,02	-	-
	Standardabweichung			8,01	0,48	0,57	342,80	342,80	3,43	0,15	335,89	3,36	0,16	-	-
	Variationskoeffizient			5,84	5,86	22,50	22,50	22,50	22,50	10,60	23,89	23,89	10,32	-	-
	95%-Vertrauensbereich unten			131,35	7,87	2,13	1278,74	1278,74	12,79	1,35	1166,12	11,66	1,40	-	-
	95%-Vertrauensbereich oben			142,79	8,56	2,95	1768,72	1768,72	17,69	1,57	1646,22	16,46	1,63	-	-

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / SL + WS, warm (SAS / B: 25 mm)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [cN]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]
11 A	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1) (B: 25 mm, LE: 100 mm)	SAS	1	165,20	19,79	2,31	2775,05	2775,05	27,75	1,27	1345,09	13,45	1,59	-	-
			2	175,91	21,09	2,25	2694,29	2694,29	26,94	1,16	2190,51	21,91	1,29	-	-
			3	161,17	19,32	2,34	2804,04	2804,04	28,04	1,29	2402,33	24,02	1,44	-	-
			4	133,69	16,02	2,09	2504,19	2504,19	25,04	1,46	1935,24	19,35	1,56	-	-
			5	128,31	15,35	2,02	2429,72	2429,72	24,30	1,77	1637,07	16,37	1,96	-	-
			6	165,87	19,89	1,97	2369,07	2369,07	23,69	1,17	1802,36	18,02	1,31	-	-
			7	110,45	13,20	1,80	2157,57	2157,57	21,58	1,63	1959,82	19,60	1,89	-	-
			8	144,24	17,29	2,65	3180,13	3180,13	31,80	1,61	2576,10	25,76	1,86	-	-
			9	133,66	16,03	1,80	2158,58	2158,58	21,59	1,35	1795,13	17,95	1,62	-	-
			10	160,88	19,28	2,29	2742,80	2742,80	27,43	1,50	1354,84	13,55	1,80	-	-
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			147,94	17,73	2,15	2581,54	2581,54	25,82	1,42	1899,85	19,00	1,63	-	-
	Minimalwert			110,45	13,20	1,80	2157,57	2157,57	21,58	1,16	1345,09	13,45	1,29	-	-
	Maximalwert			175,91	21,09	2,65	3180,13	3180,13	31,80	1,77	2576,10	25,76	1,96	-	-
	Median			152,56	18,29	2,17	2599,24	2599,24	25,99	1,40	1868,80	18,69	1,61	-	-
	Varianz			439,52	6,37	0,07	101866,15	101866,15	10,19	0,04	165938,20	16,59	0,06	-	-
	Standardabweichung			20,96	2,52	0,27	319,16	319,16	3,19	0,21	407,36	4,07	0,24	-	-
	Variationskoeffizient			14,17	14,24	12,36	12,36	12,36	12,36	14,63	21,44	21,44	14,62	-	-
	95%-Vertrauensbereich unten			132,96	15,92	1,96	2353,44	2353,44	23,53	1,27	1608,72	16,09	1,46	-	-
	95%-Vertrauensbereich oben			162,92	19,53	2,34	2809,64	2809,64	28,10	1,57	2190,98	21,91	1,80	-	-

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / SL + WS, warm (SAS+B)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [cN]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]
11 A	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1) (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	SAS+B	1	235,10	14,09	6,14	3684,01	3684,01	36,84	2,22	1964,67	19,65	2,51	3151,604	31,52
			2	216,90	12,99	4,20	2519,39	2519,39	25,19	2,06	1245,76	12,46	3,31	2491,029	24,91
			3	225,94	13,53	4,57	2741,00	2741,00	27,41	1,89	1717,92	17,18	2,61	2654,101	26,54
			4	218,47	13,10	4,57	2739,14	2739,14	27,39	2,05	1368,96	13,69	2,41	2638,941	26,39
			5	176,68	10,58	4,05	2432,96	2432,96	24,33	2,30	1405,82	14,06	3,31	2247,975	22,48
			6	207,14	12,38	4,90	2940,76	2940,76	29,41	2,40	1468,38	14,68	3,26	2554,999	25,55
			7	232,68	13,95	5,77	3462,67	3462,67	34,63	2,01	1730,40	17,30	2,65	3420,437	34,20
			8	213,90	12,82	4,60	2759,85	2759,85	27,60	2,84	1976,07	19,76	2,98	2551,451	25,51
			9	213,83	12,80	7,55	4532,05	4532,05	45,32	2,77	3282,44	32,82	3,31	2800,846	28,01
			10	197,58	11,84	4,35	2608,07	2608,07	26,08	2,11	1301,78	13,02	2,97	2252,370	22,52
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			213,82	12,81	5,07	3041,99	3041,99	30,42	2,26	1746,22	17,46	2,93	2676,375	26,76
	Minimalwert			176,68	10,58	4,05	2432,96	2432,96	24,33	1,89	1245,76	12,46	2,41	2247,975	22,48
	Maximalwert			235,10	14,09	7,55	4532,05	4532,05	45,32	2,84	3282,44	32,82	3,31	3420,437	34,20
	Median			215,40	12,90	4,58	2750,43	2750,43	27,50	2,17	1593,15	15,93	2,98	2596,970	25,97
	Varianz			297,13	1,07	1,21	434880,07	434880,07	43,49	0,10	360550,36	36,06	0,13	136095,563	13,61
	Standardabweichung			17,24	1,04	1,10	659,45	659,45	6,59	0,32	600,46	6,00	0,36	368,911	3,69
	Variationskoeffizient			8,06	8,09	21,68	21,68	21,68	21,68	14,14	34,39	34,39	12,39	13,78	13,78
	95%-Vertrauensbereich unten			201,50	12,07	4,28	2570,70	2570,70	25,71	2,04	1317,09	13,17	2,67	2412,724	24,13
	95%-Vertrauensbereich oben			226,14	13,55	5,86	3513,29	3513,29	35,13	2,49	2175,35	21,75	3,19	2940,027	29,40

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / SL + WS, warm (Ü)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [cN]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]
11 A	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1) (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	Ü	1	196,55	11,78	5,27	3163,56	3163,56	31,64	2,68	3034,33	30,34	2,74	2304,827	23,05
			2	281,22	16,85	8,07	4841,15	4841,15	48,41	2,18	4384,10	43,84	2,23	3801,118	38,01
			3	271,20	16,25	8,04	4825,41	4825,41	48,25	2,34	4755,67	47,56	2,34	3374,805	33,75
			4	273,01	16,34	5,55	3330,31	3330,31	33,30	1,97	3155,65	31,56	3,00	2954,401	29,54
			5	277,71	16,64	6,54	3923,93	3923,93	39,24	2,20	3424,34	34,24	2,24	3344,994	33,45
			6	275,25	16,50	7,27	4362,18	4362,18	43,62	2,38	3623,06	36,23	2,42	3588,110	35,88
			7	274,72	16,45	6,07	3639,17	3639,17	36,39	2,10	2949,26	29,49	2,18	3548,778	35,49
			8	287,10	17,21	7,05	4229,20	4229,20	42,29	2,28	2416,52	24,17	2,48	3751,827	37,52
			9	238,76	14,31	5,87	3524,51	3524,51	35,25	2,35	3382,91	33,83	2,36	2659,326	26,59
			10	247,54	14,82	9,51	5708,58	5708,58	57,09	2,69	4993,40	49,93	2,71	2582,218	25,82
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			262,31	15,72	6,92	4154,80	4154,80	41,55	2,32	3611,92	36,12	2,47	3191,040	31,91
	Minimalwert			196,55	11,78	5,27	3163,56	3163,56	31,64	1,97	2416,52	24,17	2,18	2304,827	23,05
	Maximalwert			287,10	17,21	9,51	5708,58	5708,58	57,09	2,69	4993,40	49,93	3,00	3801,118	38,01
	Median			273,87	16,40	6,79	4076,56	4076,56	40,77	2,31	3403,62	34,04	2,39	3359,899	33,60
	Varianz			757,92	2,72	1,78	640262,66	640262,66	64,03	0,05	701174,31	70,12	0,07	280504,977	28,05
	Standardabweichung			27,53	1,65	1,33	800,16	800,16	8,00	0,23	837,36	8,37	0,27	529,627	5,30
	Variationskoeffizient			10,50	10,49	19,26	19,26	19,26	19,26	9,91	23,18	23,18	10,75	16,60	16,60
	95%-Vertrauensbereich unten			242,63	14,54	5,97	3582,94	3582,94	35,83	2,15	3013,48	30,13	2,28	2812,529	28,13
	95%-Vertrauensbereich oben			281,98	16,89	7,88	4726,66	4726,66	47,27	2,48	4210,36	42,10	2,66	3569,552	35,70

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / SL + WS, warm (Ü+V)

Nr.	Klebstoff / Modifikation	Technik	Probe	Emod [MPa]	Steigung [N/mm]	Rm [MPa]	Rm [cN/tex]	F_{max} [cN]	F_{max} [N]	ε - F_{max} [%]	F_{Bruch} [cN]	F_{Bruch} [N]	ε - F_{Bruch} [%]	$F_{2\% Dehnung}$ [cN]	$F_{2\% Dehnung}$ [N]
11 A	Störleim 20% + Weizen-stärke (warm) 13% (1:1) (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	Ü+V	1	295,97	17,72	9,91	5948,30	5948,30	59,48	2,63	4329,17	43,29	2,74	3408,351	34,08
			2	265,04	15,89	7,25	4349,40	4349,40	43,49	2,65	4016,40	40,16	2,66	2405,430	24,05
			3	298,20	17,87	11,12	6672,62	6672,62	66,73	2,65	6386,15	63,86	2,66	3436,742	34,37
			4	291,67	17,46	8,18	4908,87	4908,87	49,09	2,61	4353,92	43,54	2,64	3277,521	32,78
			5	281,75	16,86	9,31	5583,37	5583,37	55,83	2,76	4657,70	46,58	2,92	2889,426	28,89
			6	295,60	17,72	6,10	3658,79	3658,79	36,59	2,06	2667,84	26,68	2,30	3546,670	35,47
			7	241,36	14,46	6,40	3839,60	3839,60	38,40	2,58	3655,04	36,55	2,60	3066,347	30,66
			8	302,29	18,13	8,80	5278,08	5278,08	52,78	2,31	2841,11	28,41	2,56	3572,833	35,73
			9	295,54	17,70	10,05	6030,61	6030,61	60,31	2,56	5322,18	53,22	2,66	3326,698	33,27
			10	311,25	18,64	9,22	5533,13	5533,13	55,33	2,39	3474,58	34,75	2,92	3885,435	38,85
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			287,87	17,24	8,63	5180,28	5180,28	51,80	2,52	4170,41	41,70	2,67	3281,545	32,82
	Minimalwert			241,36	14,46	6,10	3658,79	3658,79	36,59	2,06	2667,84	26,68	2,30	2405,430	24,05
	Maximalwert			311,25	18,64	11,12	6672,62	6672,62	66,73	2,76	6386,15	63,86	2,92	3885,435	38,85
	Median			295,57	17,71	9,01	5405,60	5405,60	54,06	2,60	4172,78	41,73	2,66	3367,525	33,68
	Varianz			420,16	1,51	2,69	968099,94	968099,94	96,81	0,04	1258965,03	125,90	0,03	169965,348	17,00
	Standardabweichung			20,50	1,23	1,64	983,92	983,92	9,84	0,21	1122,04	11,22	0,18	412,269	4,12
	Variationskoeffizient			7,12	7,12	18,99	18,99	18,99	18,99	8,21	26,90	26,90	6,60	12,56	12,56
	95%-Vertrauensbereich unten			273,22	16,37	7,46	4477,09	4477,09	44,77	2,37	3368,52	33,69	2,54	2986,907	29,87
	95%-Vertrauensbereich oben			302,51	18,12	9,81	5883,46	5883,46	58,83	2,67	4972,30	49,72	2,79	3576,183	35,76

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / SL + WS, kalt (SAS)

Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steigung** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\% Dehnung}$** [cN]	**$F_{2\% Dehnung}$** [N]
11 B	Störleim 20% + Weizen-stärke (kalt) 13% (1:1) (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	SAS	1	103,25	6,17	2,25	1351,47	1351,47	13,51	1,45	1351,47	13,51	1,45	-	-
			2	115,92	6,95	2,98	1785,20	1785,20	17,85	1,39	1785,20	17,85	1,39	-	-
			3	110,26	6,60	2,26	1354,87	1354,87	13,55	1,34	1226,51	12,27	1,39	-	-
			4	103,68	6,21	1,21	728,33	728,33	7,28	1,02	705,98	7,06	1,05	-	-
			5	-	-	0,79	477,00	477,00	4,77	0,81	477,00	4,77	0,81	-	-
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			108,28	6,48	1,90	1139,37	1139,37	11,39	1,20	1109,23	11,09	1,22	-	-
	Minimalwert			103,25	6,17	0,79	477,00	477,00	4,77	0,81	477,00	4,77	0,81	-	-
	Maximalwert			115,92	6,95	2,98	1785,20	1785,20	17,85	1,45	1785,20	17,85	1,45	-	-
	Median			106,97	6,40	2,25	1351,47	1351,47	13,51	1,34	1226,51	12,27	1,39	-	-
	Varianz			36,27	0,13	0,78	279051,16	279051,16	27,91	0,08	272923,69	27,29	0,08	-	-
	Standardabweichung			6,02	0,37	0,88	528,25	528,25	5,28	0,27	522,42	5,22	0,28	-	-
	Variationskoeffizient			5,56	5,64	46,36	46,36	46,36	46,36	22,84	47,10	47,10	22,75	-	-
	95%-Vertrauensbereich unten			98,70	5,90	0,80	482,62	482,62	4,83	0,86	459,73	4,60	0,87	-	-
	95%-Vertrauensbereich oben			117,85	7,06	2,99	1796,12	1796,12	17,96	1,54	1758,73	17,59	1,56	-	-

A.10.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebestreifenprüfung / SL + Arbocel BWW 40 (SAS)

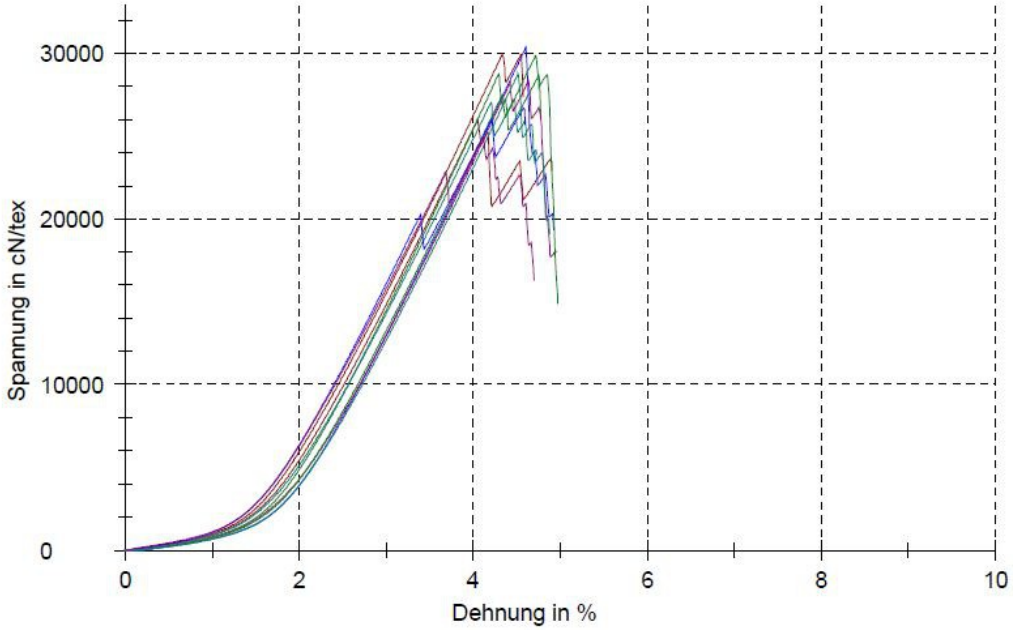
Nr.	**Klebstoff / Modifikation**	**Technik**	**Probe**	**Emod** [MPa]	**Steigung** [N/mm]	**Rm** [MPa]	**Rm** [cN/tex]	**F_{max}** [cN]	**F_{max}** [N]	**ε - F_{max}** [%]	**F_{Bruch}** [cN]	**F_{Bruch}** [N]	**ε - F_{Bruch}** [%]	**$F_{2\% Dehnung}$** [cN]	**$F_{2\% Dehnung}$** [N]
12	Störleim 25% + Arbocel BWW 40 (20:1) (B: 12,5 mm, LE: 100 mm)	SAS	1	215,88	12,93	3,84	2305,65	2305,65	23,06	1,78	1430,22	14,30	2,17	1689,005	16,89
			2	212,55	12,73	7,34	4404,42	4404,42	44,04	2,21	4404,42	44,04	2,21	3184,755	31,85
			3	193,24	11,58	4,83	2899,16	2899,16	28,99	2,15	2899,16	28,99	2,15	2346,987	23,47
			4	198,11	11,88	5,69	3412,86	3412,86	34,13	2,25	3412,86	34,13	2,25	2505,233	25,05
			5	244,64	14,66	7,55	4531,82	4531,82	45,32	2,04	4531,82	45,32	2,04	4428,707	44,29
	Statistik														
	Arithmetisches Mittel			212,88	12,76	5,85	3510,78	3510,78	35,11	2,09	3335,70	33,36	2,16	2830,937	28,31
	Minimalwert			193,24	11,58	3,84	2305,65	2305,65	23,06	1,78	1430,22	14,30	2,04	1689,005	16,89
	Maximalwert			244,64	14,66	7,55	4531,82	4531,82	45,32	2,25	4531,82	45,32	2,25	4428,707	44,29
	Median			212,55	12,73	5,69	3412,86	3412,86	34,13	2,15	3412,86	34,13	2,17	2505,233	25,05
	Varianz			405,40	1,45	2,55	919282,52	919282,52	91,93	0,04	1600056,12	160,01	0,01	1080588,714	108,06
	Standardabweichung			20,13	1,21	1,60	958,79	958,79	9,59	0,19	1264,93	12,65	0,08	1039,514	10,40
	Variationskoeffizient			9,46	9,45	27,31	27,31	27,31	27,31	9,08	37,92	37,92	3,70	36,72	36,72
	95%-Vertrauensbereich unten			187,85	11,26	3,86	2318,76	2318,76	23,19	1,85	1763,06	17,63	2,06	1538,558	15,39
	95%-Vertrauensbereich oben			237,92	14,26	7,84	4702,80	4702,80	47,03	2,32	4908,33	49,08	2,26	4123,317	41,23

A.10.2 Grafiken und Diagramme

A.10.2 / Diagramme I: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Nachfolgend werden die Spannungs-Dehnungs-Diagramme der Zugprüfungen aufgeführt; weitere Kraft-Dehnungs-Diagramme finden sich unter A.20.

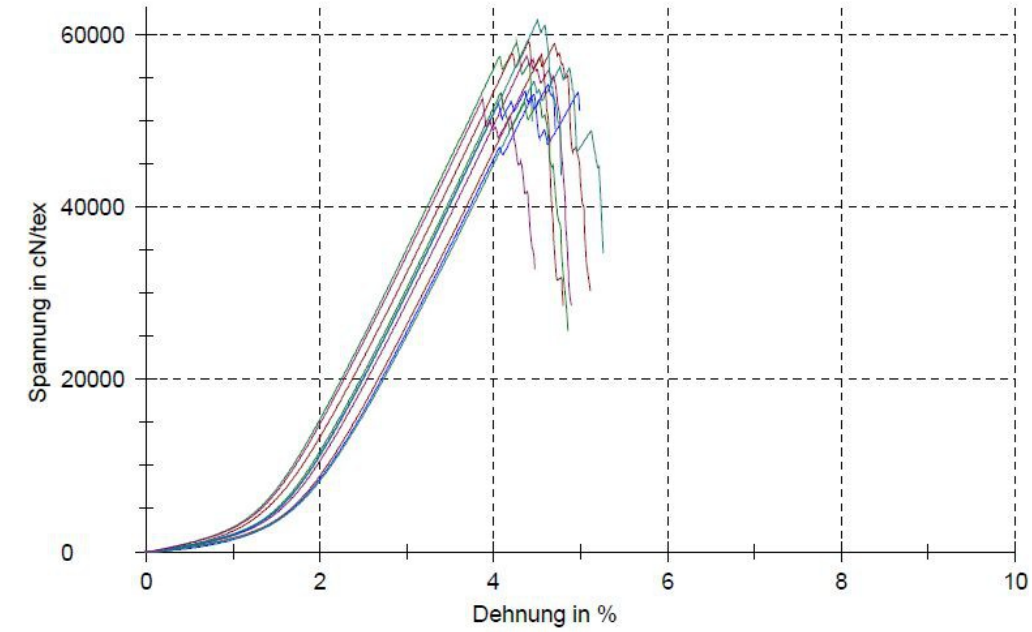
Nullproben Sironi (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 01

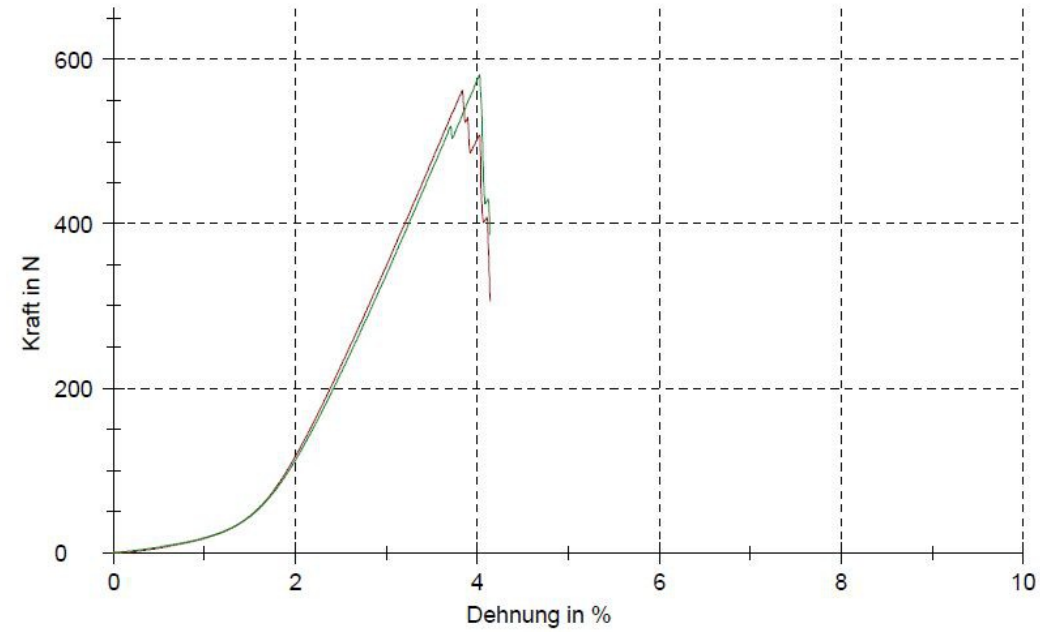
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Nullproben Sironi (B: 25 mm / LE: 100mm)



Diagr. 02

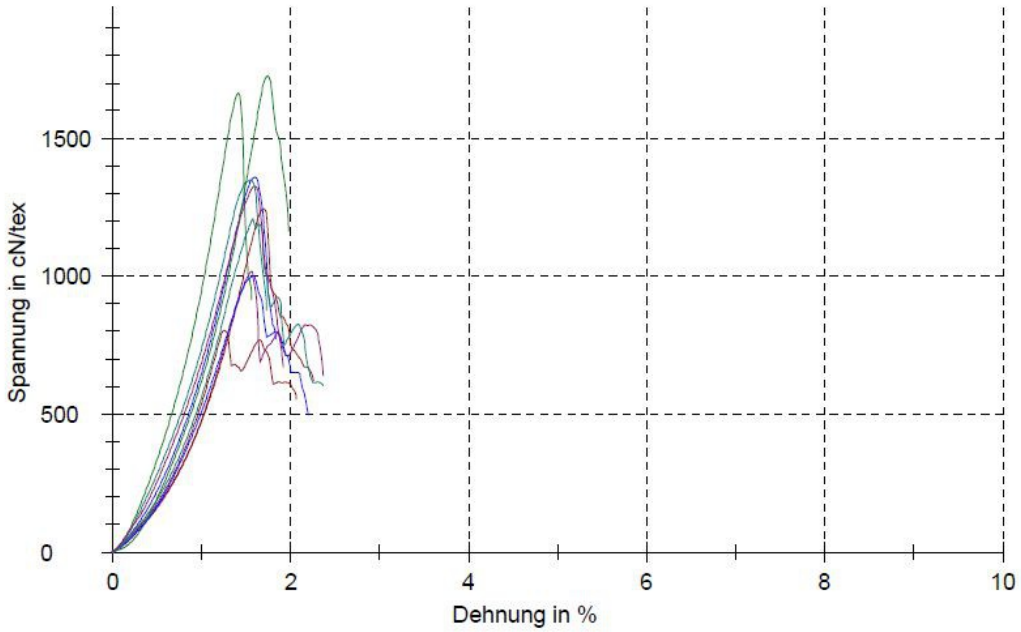
Nullproben Sironi (B: 25 mm / LE: 200mm)



Diagr. 03: abweichend exemplarisch ein Kraft-Dehnungs-Diagramm

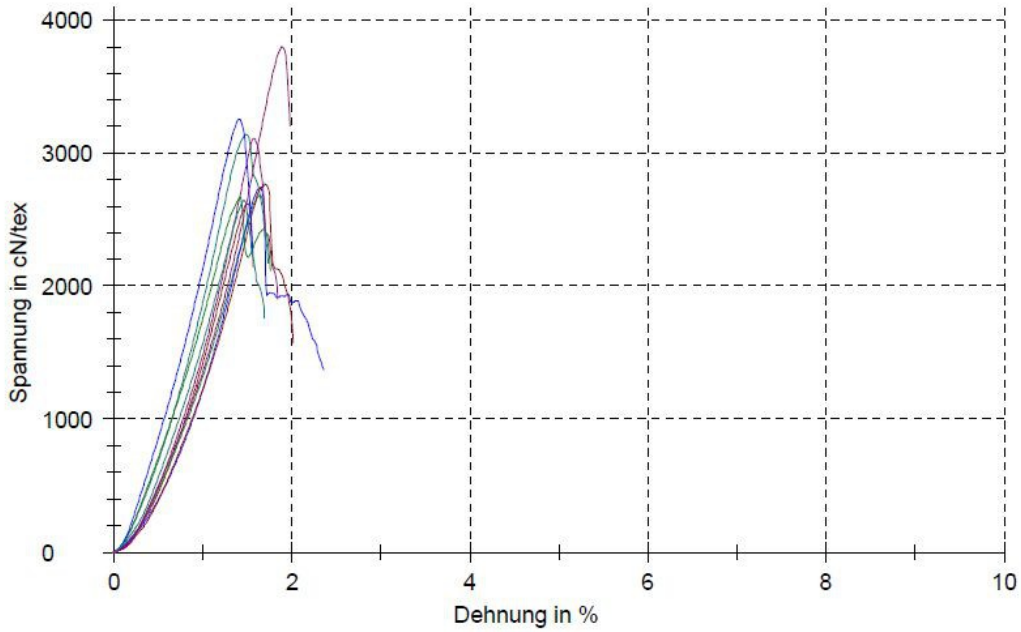
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco (SAS) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 04

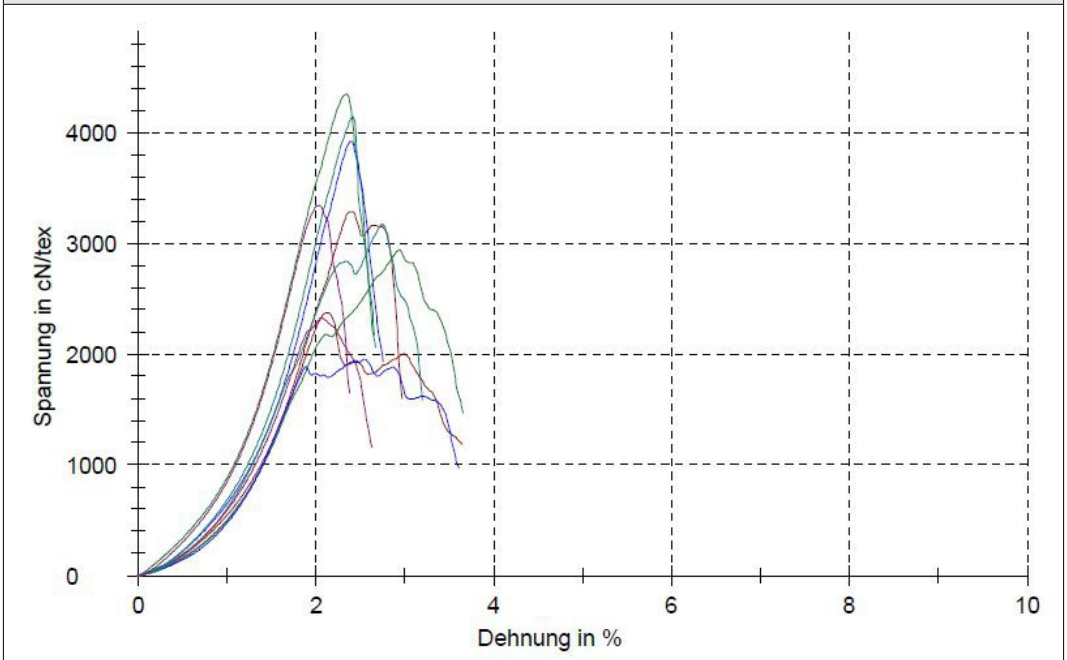
Lineco (SAS) (B: 25 mm / LE: 100mm)



Diagr. 05

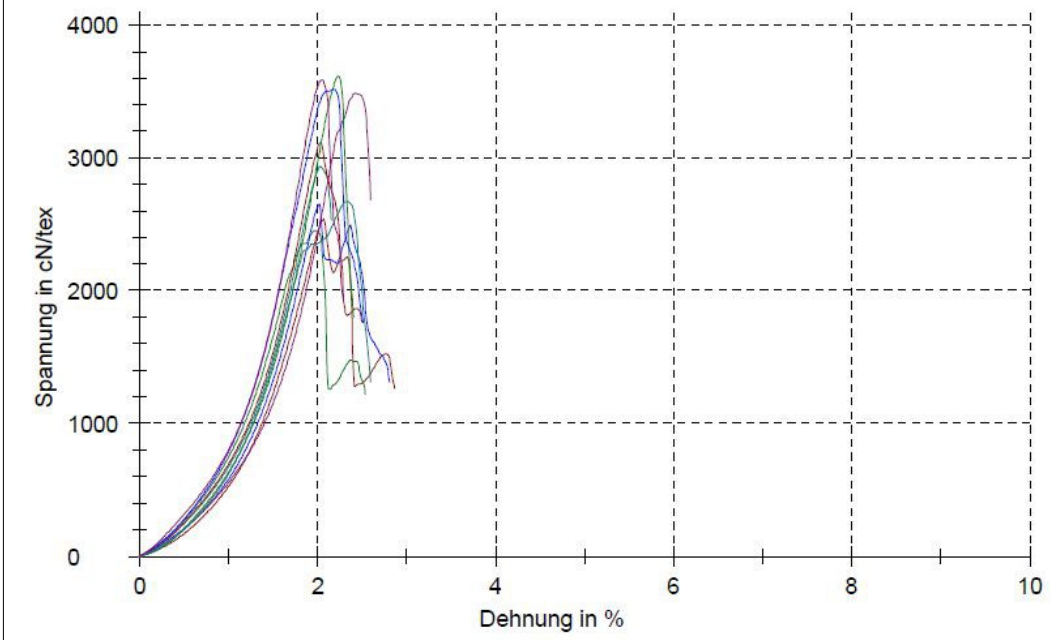
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco (SAS+B) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 06

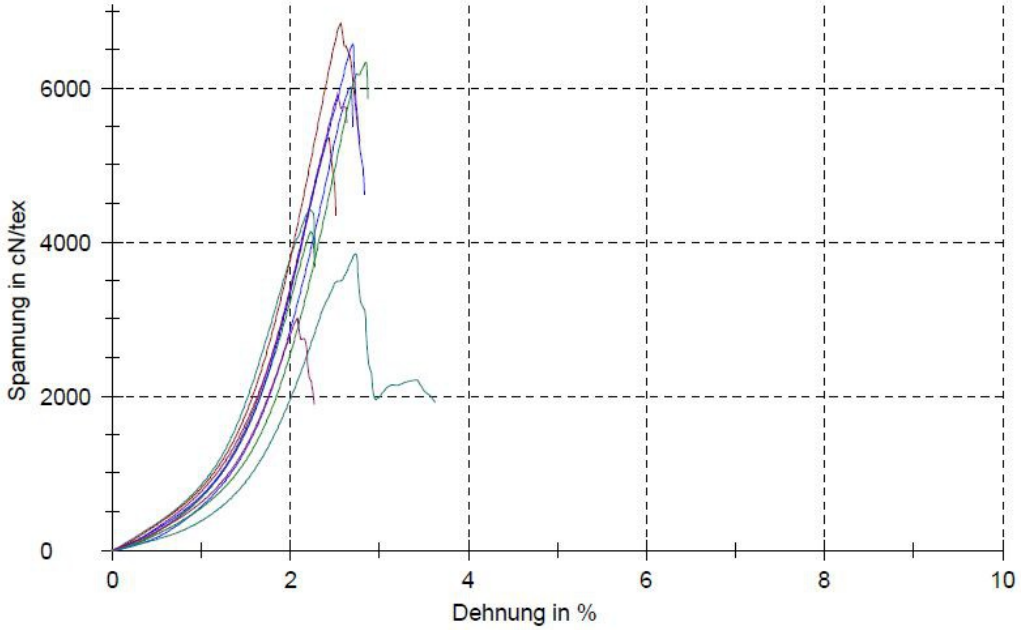
Lineco (Ü) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 07

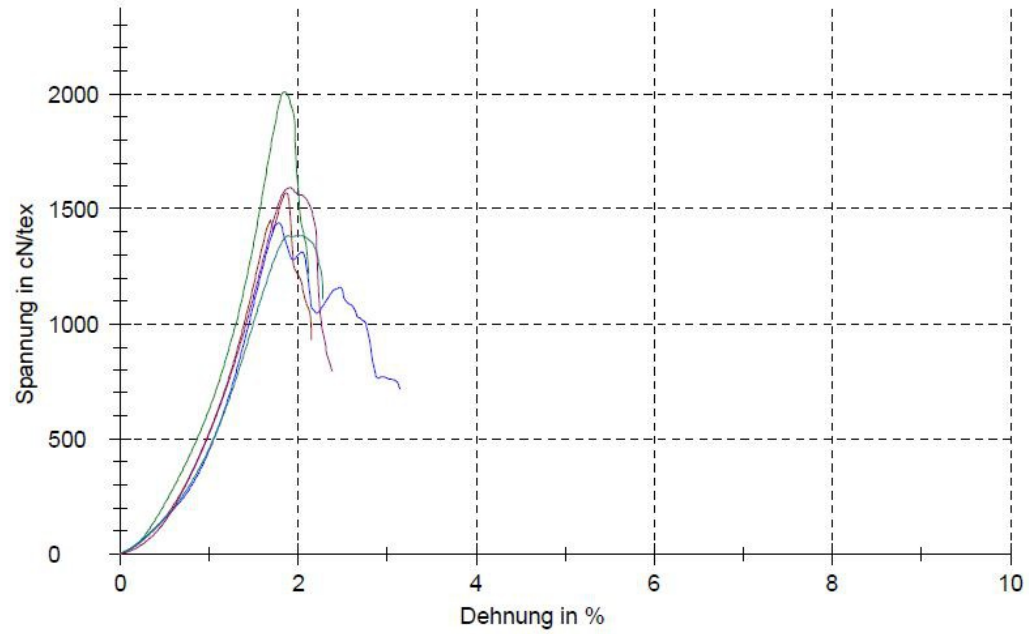
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Lineco (Ü+V) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 08

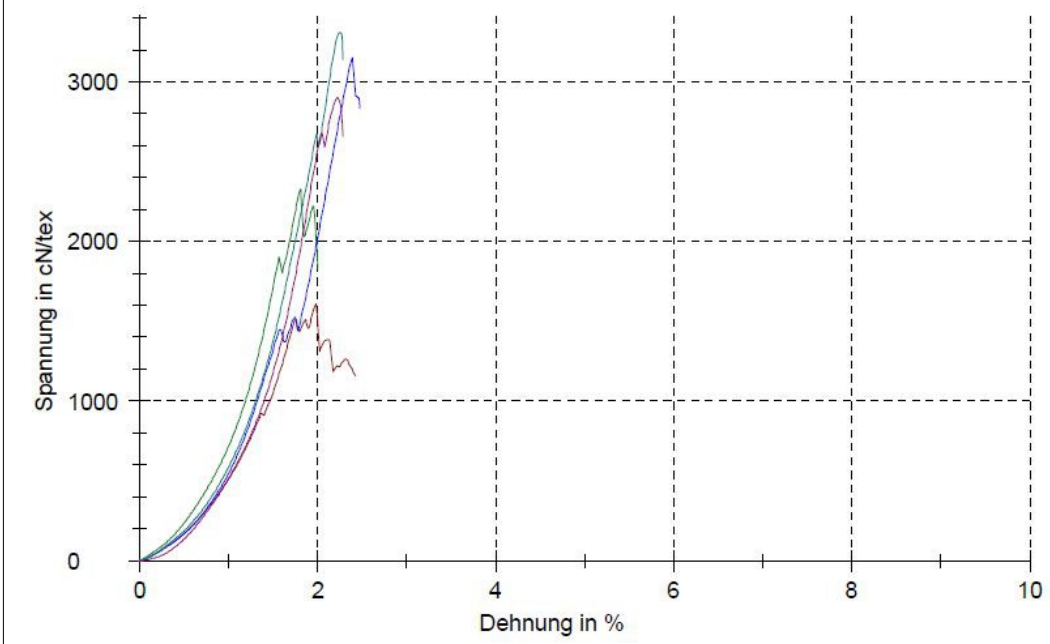
Lineco + Methocel (SAS) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 09

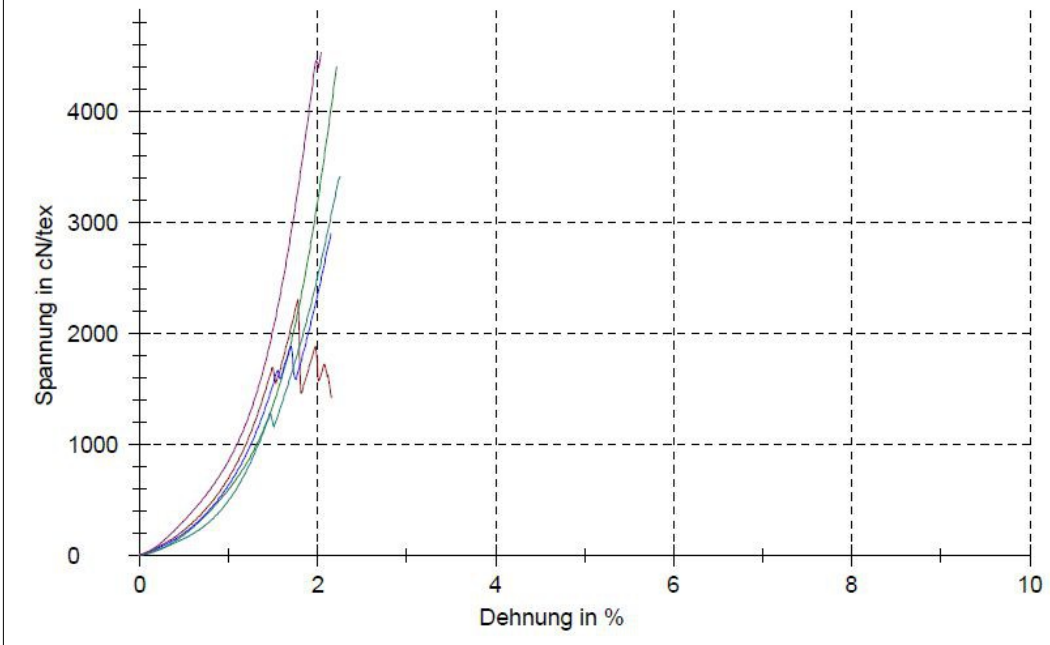
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Mowilith DHS S1 (SAS) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 10

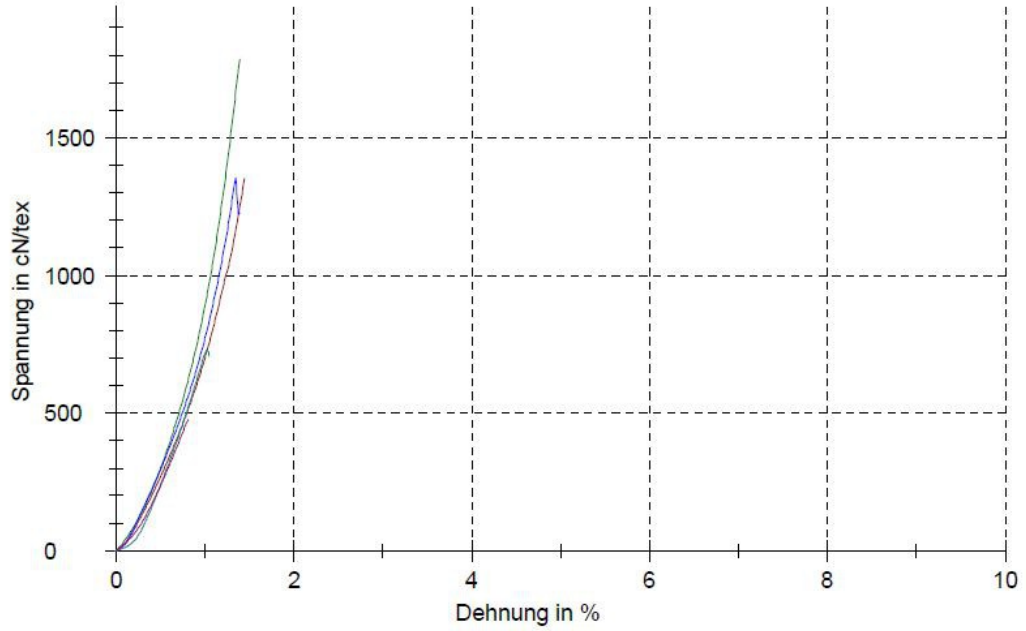
SL + Arbocel (SAS) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 11

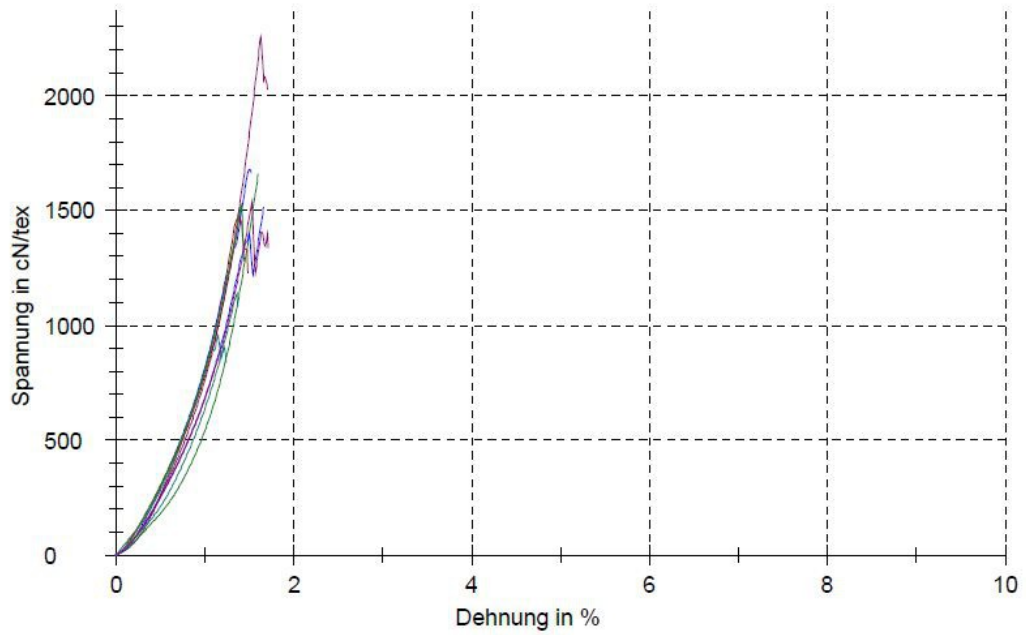
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + WS (kalt), (SAS) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 12

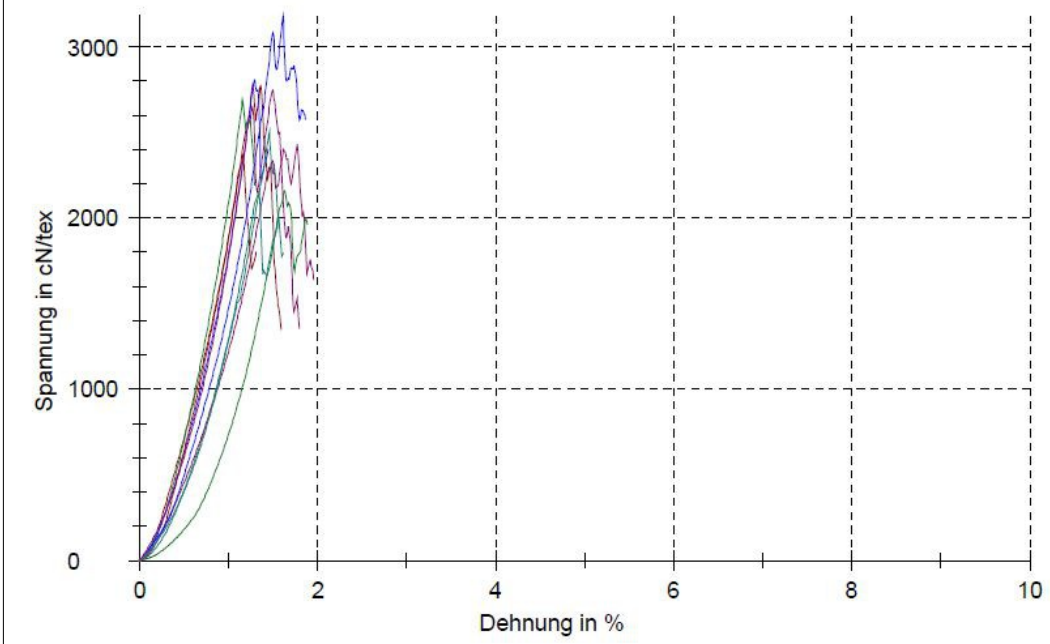
SL + WS (warm), (SAS) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 13

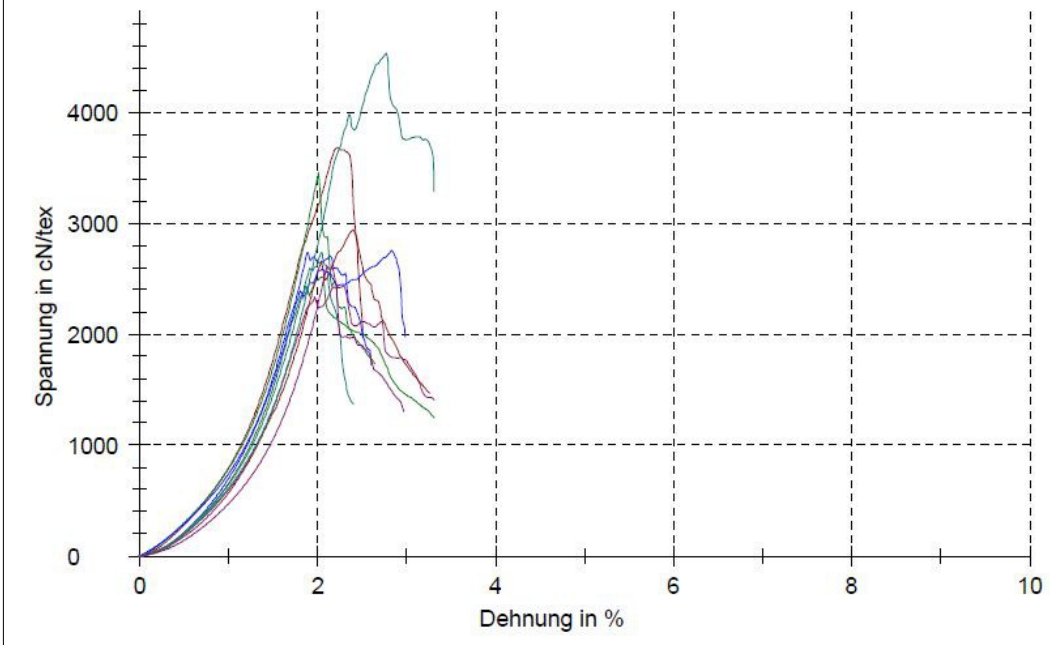
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + WS (warm), (SAS) (B: 25 mm / LE: 100mm)



Diagr. 14

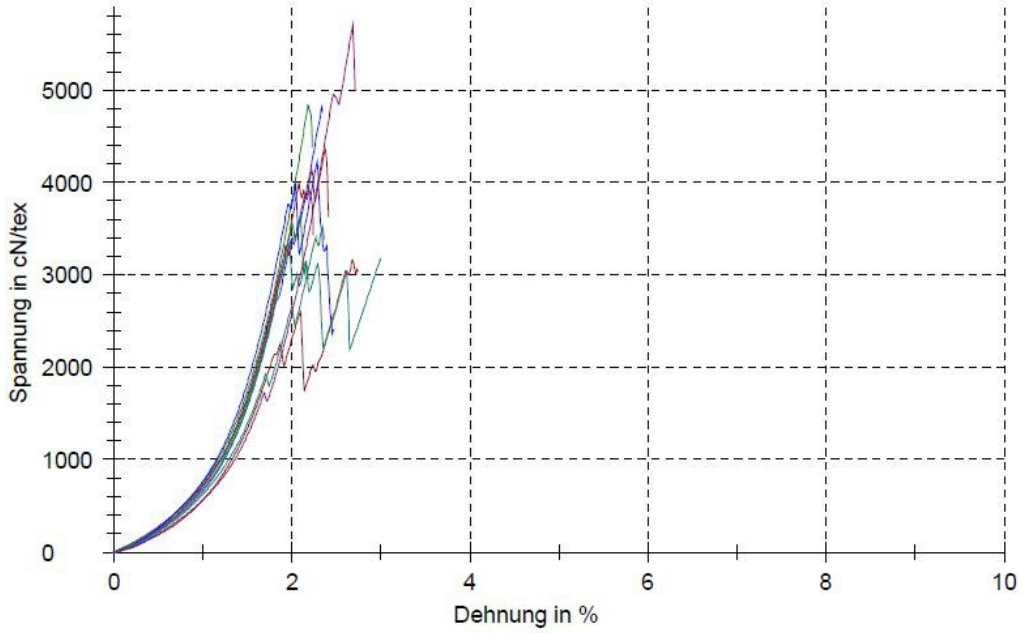
SL + WS (warm), (SAS+B) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 15

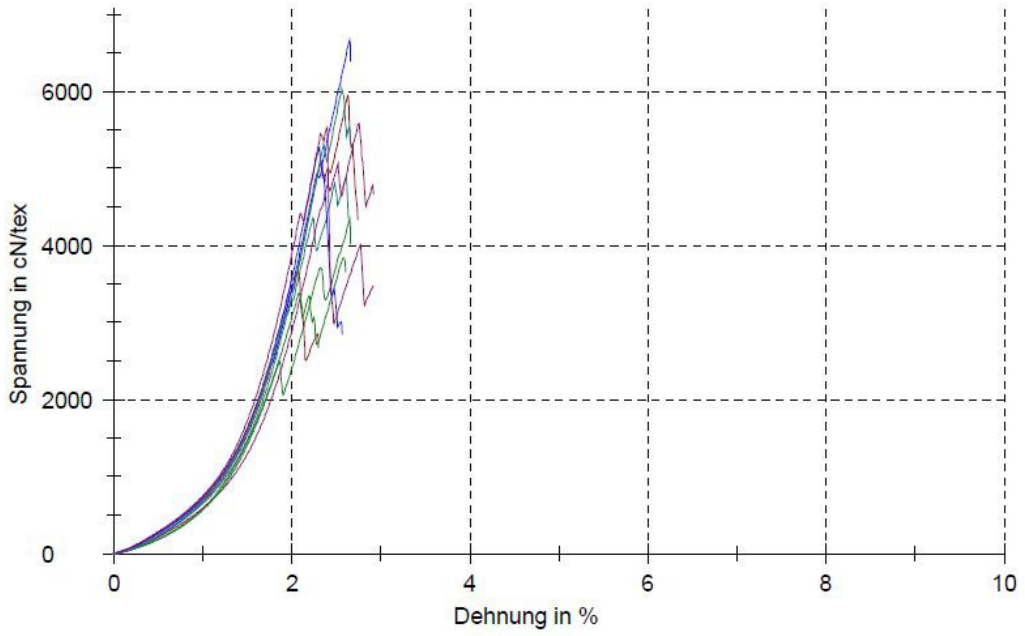
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme I:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

SL + WS (warm), (Ü) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)



Diagr. 16

SL + WS (warm), (Ü+V) (B: 12,5 mm / LE: 100mm)

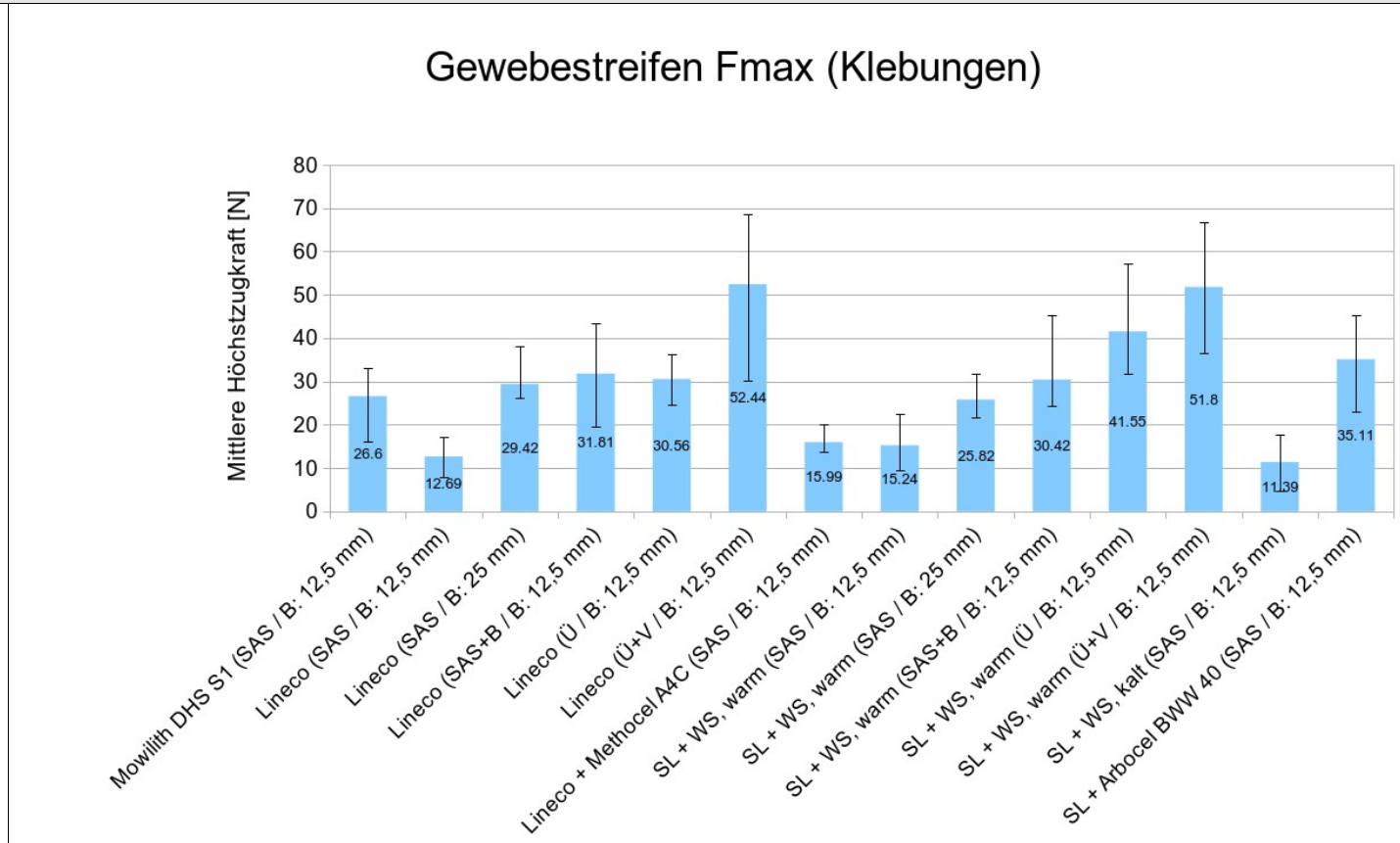


Diagr. 17

Es wurde die Spannungseinheit in cN/tex gewählt, um wie bereits zuvor eine den Kraft-Dehnungs-Kurven vergleichbare Verlaufsansicht gewährleisten zu können (vgl. Diagr. 03).

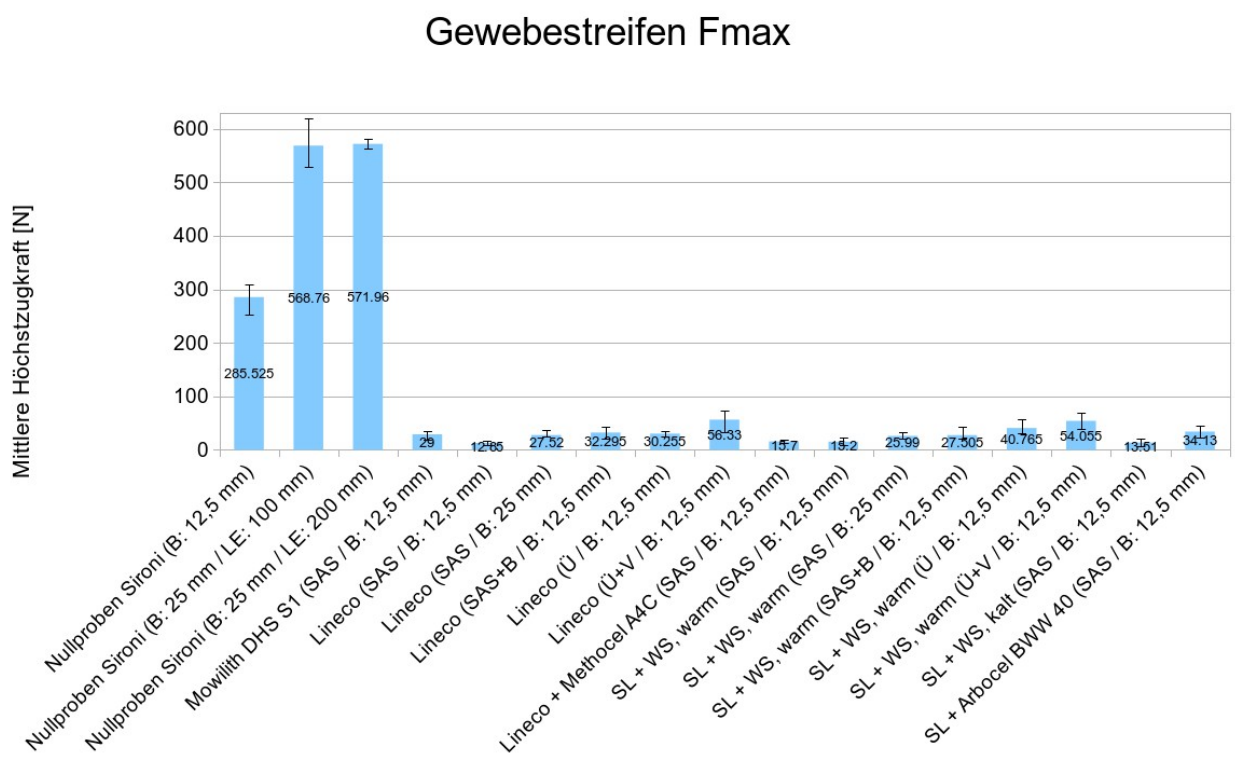
A.10.2 / **Diagramme II:** Gewebestreifenprüfung im Überblick

Durchschnittliche Höchstzugkräfte (F_{max}) der Gewebestreifen / Klebungen



Diagr. 01

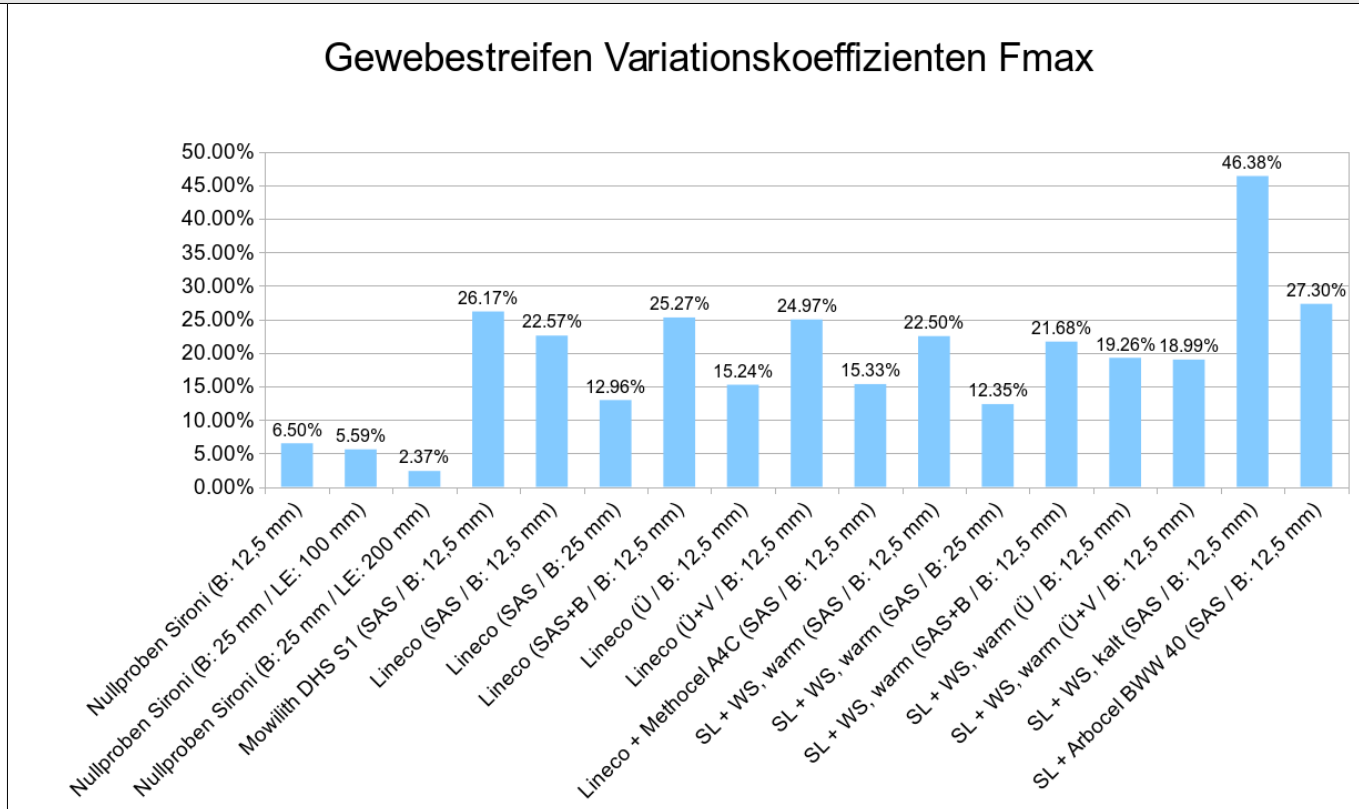
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme II:** Gewebestreifenprüfung im Überblick

Durchschnittliche Höchstzugkräfte (F_{max}) der Gewebestreifen / Nullprobenvergleich


Diagr. 02

Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme II:** Gewebestreifenprüfung im Überblick

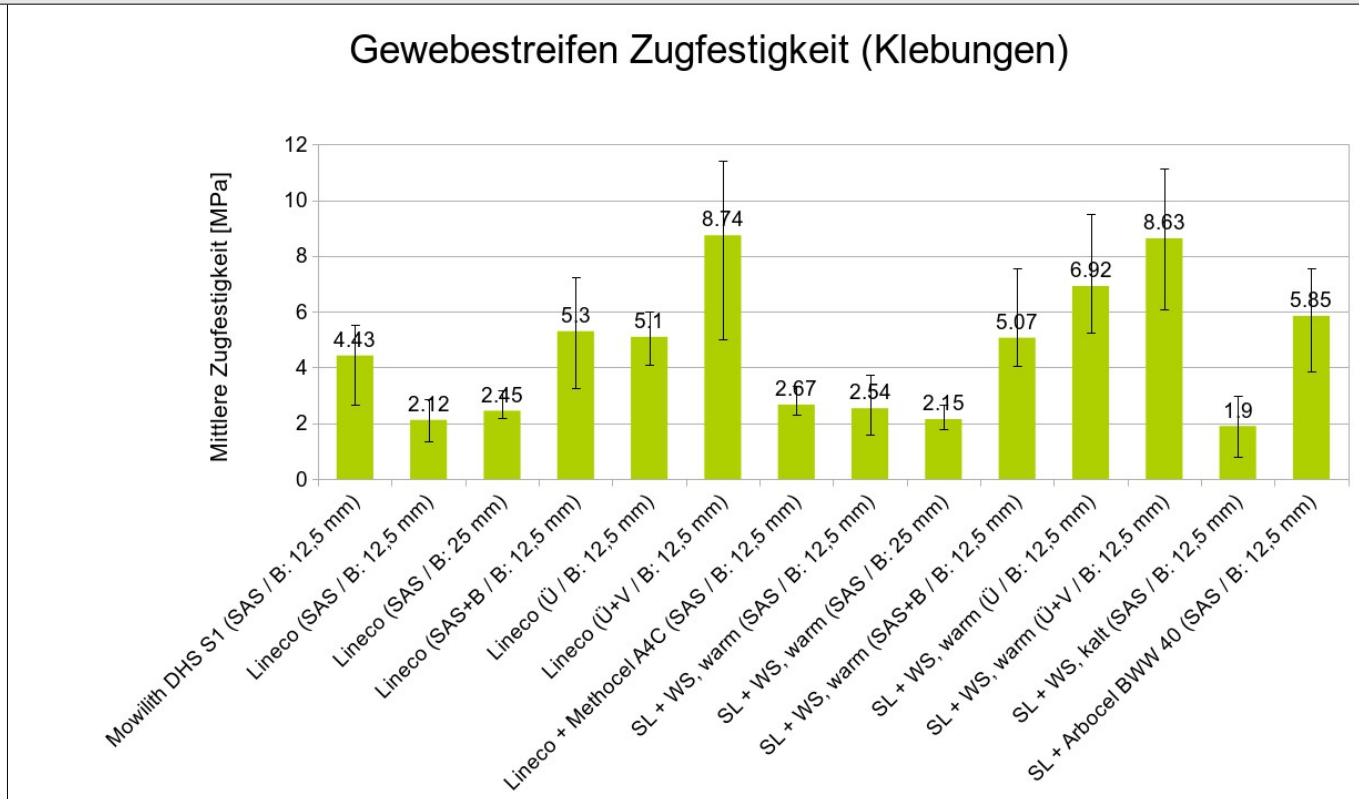
Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (F_{max}) der Gewebestreifen



Diagr. 03

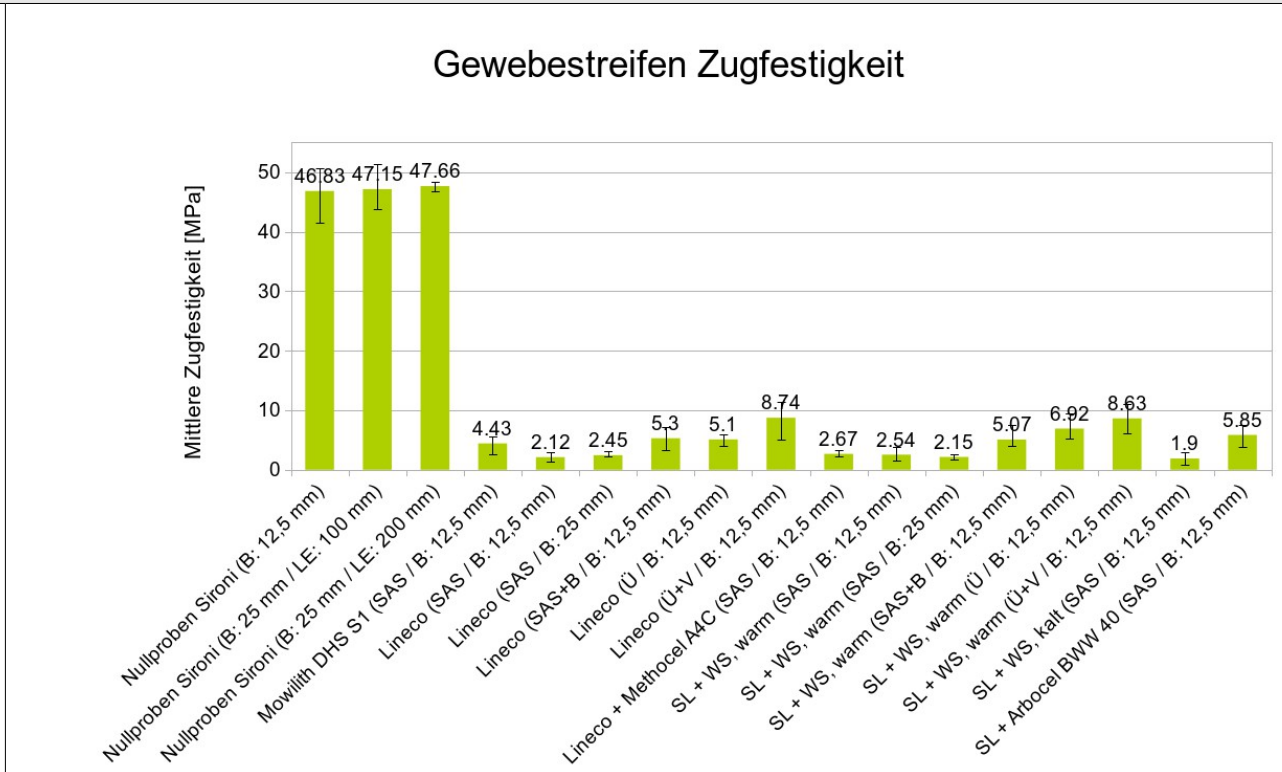
Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme II:** Gewebestreifenprüfung im Überblick

Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Gewebestreifen / Klebungen



Diagr. 04

Fortsetzung **A.10.2 / Diagramme II:** Gewebestreifenprüfung im Überblick

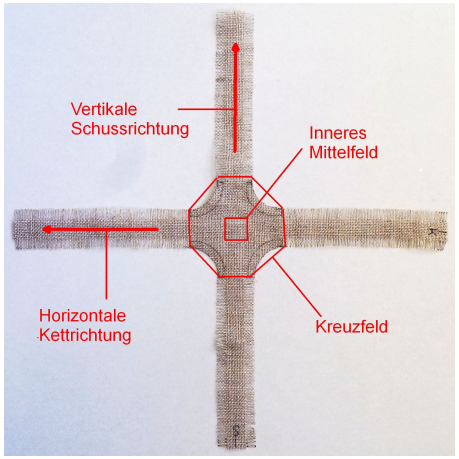
Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Gewebestreifen / Nullprobenvergleich

Diagr. 05
Die jeweils mittels Balken illustrierten Werte sind nochmals an den Balken vermerkt; des weiteren sind die Bereiche zwischen Minimal- und Maximalmesswerten angetragen. Durch minimal abweichende Rundungen in Excel ergeben sich zu den Daten aus TextXpert teils leicht veränderte Werte.

A.11 Zu den Biaxversuchen

Nachfolgend werden Informationen und Daten zur biaxialen Gewebekreuzprobenprüfung zusammengetragen; die Sortierung erfolgt hierbei nach Wertetabellen sowie Grafiken und Diagrammen:

A.11.1 Wertetabellen

A.11.1 / Tabelle I: Probenprotokoll

Probenprotokoll		
 Abb. 01	Das Probenprotokoll wurde nachträglich zur Prüfung angefertigt: Hierzu wurden sämtliche Gewebekreuzproben nochmals separat betrachtet und die größten Auffälligkeiten festgehalten. Dabei ist die über Fmax hinaus verlängerte Prüfungsführung, unabhängig vom Probenbruch, zu bedenken. Sämtliche Angaben beziehen sich, sofern nicht anders gekennzeichnet, auf die Probenvorderseite (Bearbeitungsseite der Verklebung); hierbei entsprechen alle Richtungsangaben auch der ehemaligen Einspannungsrichtung in der Biaxmaschine (ebenfalls vorderseitige Aufsichtbetrachtung). Mit dem „inneren Mittelfeld“ wird der Überlappungsbereich der in der Prüfung belasteten Kett- und Schussfäden umschrieben, das „Kreuzfeld“ meint hingegen den gesamten Mittelbereich ohne Kreuzprobenschnenkel bzw. Probenarme. Zur Begriffsklärung siehe auch die nebenstehende Abb. 01.	

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Nullprobe	**Prüfung bzw. Proben-art**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben** (Probe / Nr.)	**Proben / Anmerkungen**	
Gewebe Sironi	uniaxial + orthog. fixiert	200	5 (A-E)	A	Schuss deutlich stärker gedehnt und nur Schuss gerissen (wie bei Fixierung der Kette nicht anders zu erwarten); Fadenrisse v.a. im Mittel- / Kreuzfeld sowie am unteren Arm (dieser wäre als Erstes herausgerutscht); insbesondere im inneren Mittelfeld und allg. Kreuzfeld starke Überdehnung und Umstrukturierung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt; Kette ebenfalls stark beeinträchtigt
				B	Schuss deutlich stärker gedehnt und nur Schuss gerissen (wie bei Fixierung der Kette nicht anders zu erwarten); Fadenrisse v.a. im Mittel- / Kreuzfeld, oberer Arm wäre als Erstes abgerissen und zieht sich bereits heraus; insbesondere im inneren Mittelfeld und allg. Kreuzfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt; Kette erscheint nahezu unbeeinträchtigt
				C, D	Schuss deutlich stärker gedehnt und nur Schuss gerissen (wie bei Fixierung der Kette nicht anders zu erwarten); Fadenrisse weniger deutlich im inneren Mittelfeld, hingegen v.a. im unteren Arm (dieser wäre als Erstes abgerissen); insbesondere im inneren Mittelfeld und allg. Kreuzfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt; Kette erscheint nahezu unbeeinträchtigt
				E	Schuss deutlich stärker gedehnt und nur Schuss gerissen (wie bei Fixierung der Kette nicht anders zu erwarten); Fadenrisse im inneren Mittelfeld sowie im oberen Arm (dieser wäre als Erstes herausgerutscht); insbesondere im inneren Mittelfeld und allg. Kreuzfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt; Kette erscheint nahezu unbeeinträchtigt

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Nullprobe	**Prüfung bzw. Proben-art**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben** (Probe / Nr.)	**Proben / Anmerkungen**	
Fortsetzung Gewebe Sironi	äqui-biaxal	200	6 bzw. 5 (1-6)	1	Insbesondere im inneren Mittelfeld starke Überdehnung; am unteren Arm bis nahe inneres Mittelfeld viele Risse, unterer Arm so abgerissen und herausgerutscht, dadurch am oberen Arm kaum erkennbare Schäden; in Kette vor allem seitlich-äußere Fäden gerissen
				2	Insbesondere im inneren Mittelfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt, hier erkennbare Risse in Kette und Schuss; oberer und linker Arm besonders stark gezogen, oberer Arm bereits fast herausgerutscht; in Kette vor allem seitlich-äußere Fäden gerissen
				3	(Fehlversuch → nicht geprüft)
				4	Insbesondere im inneren Mittelfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt; hier erkennbare Risse in Kette und Schuss, im Schuss leicht oberhalb des inneren Mittelfelds im allg. Kreuzfeld; oberer und rechter Arm mit vielen Rissen und am Herausrutschen, rechter Arm wäre als Erstes herausgerutscht
				5	Insbesondere im inneren Mittelfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt, hier erkennbare Risse in Kette und Schuss; oberer und linker Arm besonders stark gedehnt, oben kurz vorm Abreißen an Kante zum Kreuzfeld
				6	Insbesondere im inneren Mittelfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt, hier relativ mittige Risse in Kette und Schuss; oberer und rechter Arm besonders stark gezogen, oben wäre als Erstes gerissen und herausgerutscht

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Nullprobe	**Prüfung bzw. Proben-art**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben** (Probe / Nr.)	**Proben / Anmerkungen**	
Fortsetzung Gewebe Sironi	äqui-biaxal	300	6 (1-6)	1	Inneres Mittelfeld erscheint weniger stark deformiert und recht flach, zeigt aber erkennbare Risse im Schuss; oberer Arm kurz vorm Abreißen und Herausrutschen, rechter Arm mittig gerissen und bereits fast herausgerutscht
				2	Insbesondere im inneren Mittelfeld starke Überdehnung und Umstrukturierung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt, hier erkennbare Risse in Kette und Schuss; insbesondere in Schuss Überdehnung und unstrukturierte Sortierung; linker und unterer Arm kurz vorm Abreißen und Herausrutschen
				3	Inneres Mittelfeld leicht umstrukturiert, Kette und Schuss zeigen überdehnte Fäden; linker und unterer Arm kurz vorm Abreißen und Herausrutschen
				4	Inneres Mittelfeld weniger stark erkennbar deformiert und geschädigt, einzelne (äußere) Fäden der Arme in Kette und Schuss überdehnt und gerissen; unterer Arm am Herausrutschen, rechter Arm am Übergang zum Kreuzfeld stark angegriffen
				5	Insbesondere im inneren Mittelfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt, hier erkennbare Risse in Kette und Schuss; rechter und oberer Arm besonders stark gezogen, rechts im Übergangsbereich zum Kreuzfeld angegriffen und oben bereits am Herausrutschen
				6	Insbesondere im inneren Mittelfeld starke Überdehnung, sodass verwölbt und plastisch stark verformt, hier erkennbare Risse in Kette und Schuss; beide Arme der Kette (li + re) besonders stark gezogen und im Übergangsbereich zum Kreuzfeld angegriffen; oberer Arm bereits am Abreißen und Herausrutschen

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Proben / Anmerkungen**	
Lineco	SAS	300	6 (7-12)	7	Linker Arm stark gedehnt und mittig gerissen, unterer Arm bereits recht stark herausgezogen; Schussfäden haften bei Klebung oben noch an Kette
				8	Rechter Arm stark gezogen, oberer Arm wäre jedoch als Erstes herausgerutscht; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				9	Rechter Arm fast herausgezogen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				10	Unterer Arm besonders stark gezogen, ist kurz vorm Herausrutschen; Schussfäden haften bei Klebung oben noch an Kette
				11	Rechter und linker Arm besonders stark gezogen und überdehnt, rechter Arm tendiert zum Abreißen; Schussfäden haften bei Klebung oben noch teilweise an Kette
				12	Rechter und linker Arm besonders stark gezogen und überdehnt, rechter Arm tendiert zum Abreißen; Schussfäden haften bei Klebung oben noch an Kette

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Proben / Anmerkungen**	
Fortsetzung Lineco	SAS	200	6 (7-12)	7	Kette insbesondere im inneren Mittelfeld überdehnt und gerissen (mglw. da hier die angeklebten Schussfäden saßen?); Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst (unten erkennbar zuerst gelöst, da Schuss weiter herausgezogen und deutlicherer Poisson-Effekt in Form von Einschnürungen am Kreuzfeld erkennbar)
				8	Erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette zeigt wenig Risse und insgesamt Probe wenig erkennbar geschädigt oder deformiert; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				9	Schussfäden haften bei Klebung oben noch an Kette, dadurch auch nur unten in Schussrichtung Poisson-Effekt in Form von Einschnürungen an Enden des Kreuzfelds; Kette stark gedehnt und insbesondere die äußeren Fäden der Arme sowie unten im Kreuzfeld (~von Schuss losgelöste Kettfäden) gerissen
				10	Erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; rechter Arm kurz vorm Abreißen, sonst kaum Risse in anderen Kettbereichen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				11	Erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette stark gedehnt und speziell äußere Fäden sowie mittlere Fäden insbesondere im inneren Mittelfeld gerissen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				12	Erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette stark gedehnt und speziell äußere Fäden sowie mittlere Fäden an unterschiedlichen Stellen gerissen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Proben / Anmerkungen**	
Fortsetzung Lineco	SAS+B	200	6 (13-18)	13	Alternierendes Loslösen der Brückenenden auf beiden Schnittseiten; leichte Einschnürungen (Poisson-Effekt) am Kreuzfeld in Schussrichtung; Kette insbesondere links im Kreuzfeld gerissen, linker Arm am Abreißen und Herausrutschen; Schussfäden haften bei Klebung oben und unten noch teilweise an Kette
				14, 15	Loslösen der Brückenenden weniger alternierend auf beiden Schnittseiten; Kettfäden im inneren Mittelfeld stark überdehnt mit Rissen insbesondere rechts, rechter Arm kurz vorm Abreißen und Herausrutschen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				16	Loslösen der Brückenenden weniger alternierend auf beiden Schnittseiten; Schussfäden haften bei Klebung oben noch teilweise an Kette und haben diese dort stark mit in Richtung der vertikalen Achse gezogen und verformt; auf losgelöster Seite hingegen starke Überdehnung und Risse in Kette im inneren Mittelfeld; rechter Arm fast abgerissen
				17	Alternierendes Loslösen der Brückenenden auf beiden Schnittseiten; deutliche Einschnürungen (Poisson-Effekt) an allen vier Enden des Kreuzfelds; beide Arme in Kettrichtung am Übergang zum Kreuzfeld angegriffen (v.a. li); Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				18	Loslösen der Brückenenden weniger gleichmäßig alternierend auf beiden Schnittseiten; Kette im inneren Mittelfeld fast vollständig gerissen; oben, unten und links starke Einschnürungen (Poisson-Effekt) an Kreuzfeld-Enden, rechter Arm kurz vorm Abreißen und Herausrutschen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Proben / Anmerkungen**	
Störleim 20% + Weizenstärke 13% (warm) 1:1	SAS	200	6 (19-24)	19	Erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette im inneren Mittelfeld überdehnt und gerissen, v.a. aber links am Armansatz; linker Arm am Abreißen und Herausrutschen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				20	Erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette v.a. rechts im Kreuzfeld gerissen, rechter Arm am Abreißen und Herausrutschen; Schussfäden haften bei Klebung oben noch teilweise an Kette
				21	Erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette v.a. im inneren Mittelfeld und rechts im Kreuzfeld gerissen, rechter Arm am Abreißen und Herausrutschen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst (scheinbar recht früh, da Kette im inneren Feld scheinbar sehr gering durch anhaftenden Zug überdehnt)
				22	Erkennbarer Poisson-Effekt an starken Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette im inneren Mittelfeld und links im Kreuzfeld gerissen, linker Arm am Abreißen und Herausrutschen; Schussfäden haften bei Klebung unten noch teilweise an Kette
				23	Erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung sowie links in Kettrichtung; Kette v.a. rechts im Kreuzfeld gerissen, rechter Arm kurz vorm Abreißen und Herausrutschen; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst
				24	Erkennbarer Poisson-Effekt an starken Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; rechter Arm fast abgerissen und herausgerutscht; Schussfäden haften bei Klebung unten noch teilweise an Kette

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Proben / Anmerkungen**	
Fortsetzung Störleim 20% + Weizenstärke 13% (warm) 1:1	SAS+B	200	6 (25-30)	25	Loslösen der Brückenenden einigermaßen alternierend auf beiden Schnittseiten; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst; erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette im inneren Mittelfeld und links im Kreuzbereich gerissen, linker Arm am Abreißen und Herausrutschen
				26	Loslösen der Brückenenden einigermaßen alternierend auf beiden Schnittseiten; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst; erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette im inneren Mittelfeld und links im Kreuzbereich gerissen, aber Arme noch nicht am Abreißen oder Herausrutschen
				27	Loslösen der Brückenenden nur an unterer Schnittseite; da Schussfäden oben länger an Kette anhaftend, stärkeres Herausrutschen der Schussfäden unten; erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette im inneren Mittelfeld und links im Kreuzbereich gerissen, aber Arme noch nicht am Abreißen oder Herausrutschen
				28	Loslösen der Brückenenden fast nur an unterer Schnittseite; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst; erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette im inneren Mittelfeld stark überdehnt und teils gerissen, weitere Risse v.a. rechts am Übergang zum Kreuzfeld, rechter Arm am Abreißen und Herausrutschen
				29	Loslösen der Brückenenden fast nur an oberer Schnittseite; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst; erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette im inneren Mittelfeld stark überdehnt und teils gerissen, weitere Risse v.a. rechts am Übergang zum Kreuzfeld, rechter Arm am Abreißen und Herausrutschen

Fortsetzung **A.11.1 / Tabelle I:** Probenprotokoll

Klebstoff	**Technik**	**Länge** [mm]	**Gesamtanzahl / Proben**	**Proben / Anmerkungen**	
Fortsetzung Störleim 20% + Weizenstärke 13% (warm) 1:1	SAS+B	200	6 (25-30)	30	Loslösen der Brückenenden fast nur an oberer Schnittseite; Schussfäden an Klebung komplett oben und unten von Kettfäden gelöst; erkennbarer Poisson-Effekt an Einschnürungen der Enden des Kreuzfelds in Schussrichtung; Kette im inneren Mittelfeld besonders stark überdehnt und gerissen, linker Arm am Abreißen und Herausrutschen

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung

Es folgen die Ergebnisse der biaxialen Zugversuche; auf Grund abweichender Methoden zur Ergebnisermittlung werden nicht alle Werte des Zwick-Protokolls aufgegriffen (vgl. auch A.14.2). Durch den begrenzten Umfang der Arbeit erfolgt des weiteren zunächst lediglich eine Auswertung der (verklebten) **Schuss**richtung des Gewebes (**S**), das **Kett**system (**K**) wird zur Veranschaulichung jedoch parallel geführt. Mittels der unter A.20 dargestellten Daten lässt sich jederzeit nachträglich eine umfangreichere Auswertung beider Fadensysteme anfertigen. Unter A.11.2 sind nachfolgend zugehörige Grafiken und Diagramme aufgeführt.

Legende zu den nachfolgenden Tabellen			
Prüfergebnisse	EMod	E-Modul	* = Negative Dehnungswerte sind als Stauchungen an der biaxial geprüften Gewebeprobe zu interpretieren; Dehnungswerte zudem eigentlich nur für Mittelbereich und nicht in direktem Bezug zu F_{max} auf Grund nachträglicher Berechnung aus Bilddateien
	Rm	Zugfestigkeit	
	F_{max}	Höchstzugkraft	
	ε - F_{max}	Höchstzugkraftdehnung *	
	$F_{2\ \%\ Dehnung}$	Kraft bei 2 % Dehnung	
Probenspezifikation / Technik	SAS	Stoß-auf-Stoß-Verbindung	vgl. A.6.4
	SAS + B	s.o. + Fadenbrücken	
Für die nachfolgenden Prüfungsergebnisse gilt Folgendes, sofern nicht anders oder speziell zur Unterscheidung gekennzeichnet:			
Probekörperform	Einspannlänge	LE: 100 mm	vgl. A.6.4
	Schenkelbreite	B: 12,5 mm / 12 Fäden	
Prüfergebnisse	Einstellungen / E-Modul-Ermittlung	Sekante, 0 N bis Minimalwert F_{max}	vgl. 14.2

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung / Nullproben Sironi (äquibiaxial / LE: 100 mm)

Nullprobe	**Nr. / Probe**	**Emod** [MPa]*	**Rm** [MPa]		**F_{max}** [N]		**ε - F_{max}** [%]		**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	
		S	**S**	K	**S**	K	**S**	K	**S**	K
Gewebe / Sironi (äquibiaxial, LE: 100 mm)	1 / 1	1478	43,10956	8,46409	258,65734	50,78456	2,95083	0,00505	95,19554	12,05386
	2 / 2		49,18388	11,73678	295,1033	70,4207	3,007	0,02155	108,68974	13,83972
	3 / 3		47,3987	12,97088	284,39218	77,82525	3,22592	0,01447	93,91503	12,52635
	4 / 4		43,48769	10,28785	260,92616	61,72709	2,63233	0,0169	146,69207	18,90432
	5 / 5		48,7508	14,04708	292,50482	84,28247	2,72728	0,01099	132,85365	23,27575
Statistik										
Arithmetisches Mittel			46,39	11,5	278,32	69,01	2,91	0,01	115,47	16,12
Minimalwert			43,11	8,46	258,66	50,79	2,63	0,005	93,92	12,05
Maximalwert			49,18	14,05	295,10	84,28	3,23	0,02	146,69	23,28
Median			47,40	11,74	284,39	70,42	2,95	0,015	108,69	13,84
Varianz			8,3953	4,8483	302,2313	174,5386	0,0553	-	549,6628	23,4011
Standardabweichung			2,8974	2,2018	17,3848	13,2113	0,2352	0,0062	23,4448	4,8374
Variationskoeffizient			6,25	19,15	6,25	19,14	8,08	62,17	20,30	30,01
95%-Vertrauensbereich unten			43,49	9,29	260,89	55,77	2,67	0,004	91,97	11,27
95%-Vertrauensbereich oben			49,29	13,71	295,74	82,25	3,15	0,016	138,97	20,97

* = E-Modul-Bestimmung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt /
E-Modul bei Sekante von ca. 5 MPa bis Endpunkt hingegen: 2397 MPa

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung / Nullproben Sironi (uniaxial + orthogonal fixiert / LE: 100 mm)

Nullprobe	**Nr. / Probe**	**Emod** [MPa]*	**Rm** [MPa]		**F_{max}** [N]		**ε - F_{max}** [%]		**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	
		S	**S**	K	**S**	K	**S**	K	**S**	K
Gewebe / Sironi (uniaxial + orthogonal fixiert, LE: 100 mm)	1 / 1	1250	45,14127	0,47861	270,84762	2,87167	4,12366	-0,03344	37,3519	3,463
	2 / 2		47,66328	1,16953	285,97967	7,0172	3,10558	-0,03568	108,71878	5,92513
	3 / 3		45,14361	1,12603	270,86165	6,75618	3,28171	-0,03624	69,75454	5,48545
	4 / 4		42,83608	1,45925	257,01649	8,7555	3,36019	-0,03348	103,64354	6,31065
	5 / 5		42,88605	0,8968	257,31629	5,3808	3,88446	-0,03265	43,69866	4,55984
Statistik										
Arithmetisches Mittel			44,73	1,03	268,4	6,16	3,55	-0,03	72,63	5,15
Minimalwert			42,84	0,48	257,02	2,87	3,11	-0,036	37,35	3,46
Maximalwert			47,66	1,46	285,98	8,76	4,12	-0,032	108,72	6,31
Median			45,14	1,13	270,85	6,76	3,36	-0,033	69,75	5,49
Varianz			3,9828	0,1336	143,3820	4,8117	0,1866	-	1088,5186	1,3136
Standardabweichung			1,995	0,3655	11,9742	2,1935	0,4319	-	32,9927	1,1461
Variationskoeffizient			4,46	35,49	4,46	35,61	12,17	-	45,43	22,26
95%-Vertrauensbereich unten			42,73	0,67	256,40	3,96	3,12	-	39,56	4,00
95%-Vertrauensbereich oben			46,73	1,40	280,40	8,36	3,98	-	105,70	6,30

* = E-Modul-Bestimmung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt /
E-Modul bei Sekante von ca. 5 MPa bis Endpunkt hingegen: 1792 MPa

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung / Nullproben Sironi (äquibiaxial / LE: 200 mm)

Nullprobe	**Nr. / Probe**	**Emod** [MPa]*	**Rm** [MPa]		**F_{max}** [N]		**ε - F_{max}** [%]		**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	
		S	**S**	K	**S**	K	**S**	K	**S**	K
Gewebe / Sironi (äquibiaxial, LE: 200 mm)	1 / 1	1279	49,43218	4,22807	296,59306	25,36841	3,68957	-0,01213	41,45323	4,66048
	2 / 2		43,98696	5,25988	263,92177	31,55931	2,56106	-0,01017	149,1371	13,52683
	3 / 3		42,02902	3,2343	252,17411	19,40582	3,06813	-0,01022	76,09456	6,4549
	4 / 4		41,98371	3,76257	251,90228	22,57544	3,19291	-0,01109	64,4434	6,73632
	5 / 5		45,28777	5,76387	271,72664	34,58323	3,37199	-0,00389	68,42132	7,48805
	6 / 6		42,94919	5,05724	257,69514	30,34346	3,5468	-0,01314	40,81522	5,88892
Statistik										
Arithmetisches Mittel			44,28	4,55	265,67	27,31	3,24	-0,01	73,39	7,46
Minimalwert			41,98	3,23	251,90	19,41	2,56	-0,013	40,82	4,66
Maximalwert			49,42	5,76	296,59	34,58	3,69	-0,004	149,14	13,53
Median			43,47	4,64	260,81	27,86	3,28	-0,011	66,43	6,60
Varianz			7,9514	0,9378	286,2524	33,7640	0,1612	-	1586,1481	9,7293
Standardabweichung			2,8198	0,9684	16,9189	5,8106	0,4015	-	39,8264	3,1191
Variationskoeffizient			6,37	21,28	6,37	21,28	12,39	-	54,27	41,81
95%-Vertrauensbereich unten			41,45	3,58	248,71	21,49	2,84	-	33,47	4,33
95%-Vertrauensbereich oben			47,11	5,52	283,63	33,14	3,64	-	113,31	10,60

* = E-Modul-Bestimmung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt /
E-Modul bei Sekante von ca. 5 MPa bis Endpunkt hingegen: 2266 MPa

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung / Lineco (SAS / LE: 100 mm)

Nullprobe	**Nr. / Probe**	**Emod** [MPa]*	**Rm** [MPa]		**F_{max}** [N]		**ε - F_{max}** [%]		**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	
		S	**S**	K	**S**	K	**S**	K	**S**	K
Lineco / SAS (äquibiaxial, LE: 100 mm)	1 / 7	154	2,29187	0,65171	13,75121	3,91025	2,96359	-0,002	10,1702	3,05418
	2 / 8		2,19982	0,37127	13,19891	2,22762	0,91505	0,00351	-	-
	3 / 9		2,67508	0,57796	16,05046	3,46779	2,19773	-0,00332	(14,42346)**	(3,04205)**
	4 / 10		1,92104	0,5847	11,52623	3,50822	1,64119	-0,00181	-	-
	5 / 11		2,29252	0,66904	13,75512	4,01425	1,68625	-0,00113	-	-
	6 / 12		2,43859	0,71595	14,63152	4,29569	1,80345	-0,00326	-	-
Statistik										
Arithmetisches Mittel			2,3	0,6	13,82	3,57	1,87	-0,33	-	-
Minimalwert			1,92	0,37	11,53	2,23	0,92	-2	-	-
Maximalwert			2,68	0,72	16,05	4,30	2,96	0,004	-	-
Median			2,30	0,62	13,75	3,71	1,75	-0,003	-	-
Varianz			0,0783	0,0174	2,8210	0,6293	0,2162	-	-	-
Standardabweichung			0,2799	0,1322	1,6795	0,7933	0,4650	-	-	-
Variationskoeffizient			12,17	22,04	12,15	22,22	24,87	-	-	-
95%-Vertrauensbereich unten			2,02	0,47	12,14	2,78	1,40	-	-	-
95%-Vertrauensbereich oben			2,58	0,73	15,50	4,37	2,34	-	-	-

* = E-Modul-Bestimmung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt /
** = tatsächlicher Wert zwischen diesem und **ε - F_{max}**

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung / Lineco (SAS / LE: 200 mm)

Nullprobe	**Nr. / Probe**	**Emod** [MPa]*	**Rm** [MPa]		**F_{max}** [N]		**ε - F_{max}** [%]		**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	
		S	**S**	K	**S**	K	**S**	K	**S**	K
Lineco / SAS (äquibiaxial, LE: 200 mm)	1 / 12	100	3,04832	0,73499	18,28994	4,40992	2,34896	-0,00703	14,75294	3,78518
	2 / 11		2,43673	0,65555	14,6204	3,93327	1,76797	(0)	-	-
	3 / 10		2,68403	0,83722	16,10418	5,02332	3,6979	-0,00115	11,16584	3,93905
	4 / 9		3,04732	0,73074	18,28389	4,38441	3,74958	(0)	9,86639	3,1926
	5 / 8		2,43673	0,65555	14,6204	3,93327	1,76797	(0)	-	-
	6 / 7		3,21958	0,90674	19,31747	5,44045	2,64988	-	(16,03634)**	(4,84921)**
Statistik										
Arithmetisches Mittel			2,81	0,75	16,87	4,52	2,66	-0,001	11,93	3,64
Minimalwert			2,44	0,66	14,62	3,93	1,77	-0,007	9,87	3,19
Maximalwert			3,22	0,91	19,32	5,44	3,75	0	14,75	3,94
Median			2,87	0,73	17,20	4,40	2,50	0	11,17	3,79
Varianz			0,1150	0,0101	4,1426	0,3639	0,7905	-	6,4057	0,1553
Standardabweichung			0,3392	0,1005	2,0353	0,6032	0,8891	-	2,5309	0,3941
Variationskoeffizient			12,07	13,41	12,06	13,35	33,43	-	21,21	10,83
95%-Vertrauensbereich unten			2,50	0,66	15,01	3,97	1,85	-	8,66	3,13
95%-Vertrauensbereich oben			3,12	0,84	18,73	5,07	3,47	-	15,21	4,15

* = E-Modul-Bestimmung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt /
** = tatsächlicher Wert zwischen diesem und **ε - F_{max}**

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung / Lineco (SAS+B)

Nullprobe	**Nr. / Probe**	**Emod** [MPa]*	**Rm** [MPa]		**F_{max}** [N]		**ε - F_{max}** [%]		**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	
		S	**S**	K	**S**	K	**S**	K	**S**	K
Lineco / SAS+B (äquibiaxial, LE: 100 mm)	1 / 13***	347	8,84783	38,80623	53,08697	232,83737	2,80916	0,03192	47,57046	215,89091
	2 / 14		5,28899	0,94307	31,73394	5,65844	1,65469	(0)	-	-
	3 / 15		4,80604	0,85291	28,83622	5,11749	1,72707	-0,00702	-	-
	4 / 16		5,22261	0,85907	31,33569	5,1544	2,59254	-0,00176	(28,32801)**	(4,53898)**
	5 / 17		4,93938	1,0982	29,63626	6,58919	3,83911	0,00825	19,14593	4,52711
	6 / 18		5,8755	1,38216	35,25301	8,29296	2,79791	0,00222	(33,68349)**	(7,69185)**
Statistik										
Arithmetisches Mittel			5,23	1,03	31,36	6,16	2,52	0,0003	27,05	5,59
Minimalwert			4,81	0,85	28,84	5,12	1,66	-0,007	19,15	4,53
Maximalwert			5,88	1,38	35,25	8,29	3,84	0,008	33,68	7,69
Median			5,22	0,94	31,34	5,66	2,59	0	28,33	4,54
Varianz			0,1710	0,0491	6,1591	1,7708	0,8000	-	54,0554	3,3260
Standardabweichung			0,4136	0,2217	2,4817	1,3307	0,8944	-	7,3522	1,8237
Variationskoeffizient			7,91	21,53	7,91	21,60	35,49	-	27,18	32,63
95%-Vertrauensbereich unten			4,77	0,81	28,87	4,83	1,62	-	19,68	3,76
95%-Vertrauensbereich oben			5,69	1,25	33,85	7,49	3,42	-	34,42	7,42

* = E-Modul-Bestimmung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt /
** = tatsächlicher Wert zwischen diesem und ε – F_{max} /
*** = Außreißer mit nicht nachvollziehbar abweichenden Werten: geht nicht mit in die Statistik ein

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung / SL + WS (warm), (SAS)

Nullprobe	**Nr. / Probe**	**Emod** [MPa]*	**Rm** [MPa]		**F_{max}** [N]		**ε - F_{max}** [%]		**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	
		S	**S**	K	**S**	K	**S**	K	**S**	K
Störleim 20% + Weizenstärke (warm)13% (1:1) / SAS (äquibiaxial, LE: 100 mm)	1 / 19	259	2,74631	0,67801	16,47789	4,06804	0,66844	-0,00637	-	-
	2 / 20		1,38771	0,54758	8,32627	3,28551	0,47197	(0)	-	-
	3 / 21		0,96352	0,50948	5,78115	3,05686	1,31746	0,00263	-	-
	4 / 22		2,75311	0,88181	16,51865	5,29086	1,21245	0,00253	-	-
	5 / 23		2,77987	0,68128	16,67921	4,08771	0,61878	-0,00247	-	-
	6 / 24		4,13238	1,06658	24,79429	6,39949	1,26607	0,00422	-	-
Statistik										
Arithmetisches Mittel			2,46	0,73	14,76	4,36	0,93	0,00009	-	-
Minimalwert			0,96	0,51	5,78	3,06	0,47	-0,006	-	-
Maximalwert			4,13	1,07	24,79	6,40	1,32	0,004	-	-
Median			2,75	0,68	16,50	4,08	0,94	0,001	-	-
Varianz			1,2912	0,0446	46,4853	1,6075	0,1435	-	-	-
Standardabweichung			1,1363	0,2113	6,8180	1,2679	0,3788	-	-	-
Variationskoeffizient			46,19	28,95	46,19	29,08	40,74	-	-	-
95%-Vertrauensbereich unten			1,42	0,54	8,52	3,20	0,58	-	-	-
95%-Vertrauensbereich oben			3,50	0,92	21,0	5,52	1,28	-	-	-
* = E-Modul-Bestimmung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt										

A.11.1 / Tabellen II: Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung / SL + WS (warm), (SAS+B)

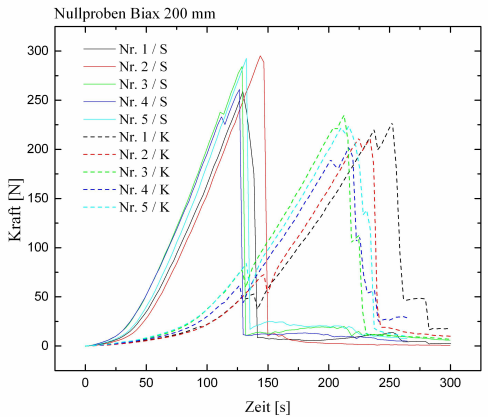
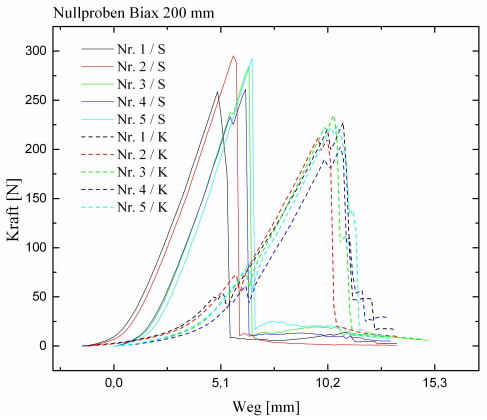
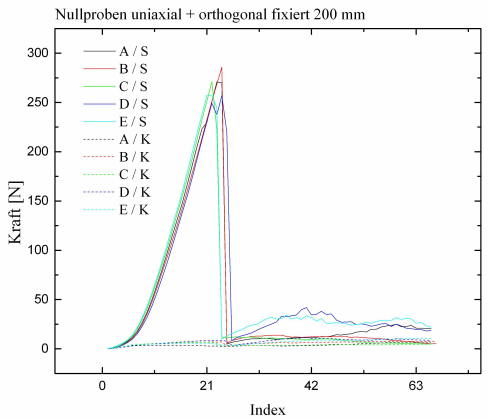
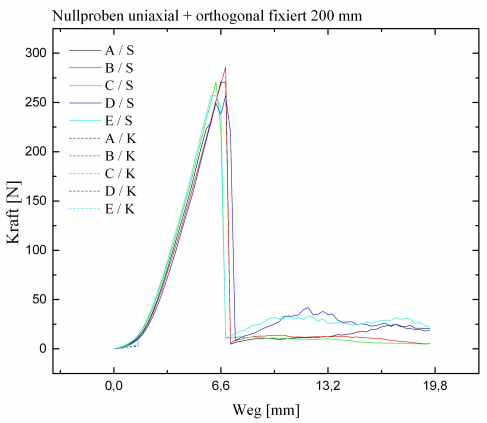
Nullprobe	**Nr. / Probe**	**Emod** [MPa]*	**Rm** [MPa]		**F_{max}** [N]		**ε - F_{max}** [%]		**$F_{2\%\ Dehnung}$** [N]	
		S	**S**	K	**S**	K	**S**	K	**S**	K
Störleim 20% + Weizenstärke (warm)13% (1:1) / SAS+B (äquibiaxial, LE: 100 mm)	1 / 25	329	4,23812	0,6738	25,42871	4,04283	1,58983	0,00388	-	-
	2 / 26		5,76685	0,73741	34,60113	4,42445	1,38973	-0,00521	-	-
	3 / 27		5,38252	0,78143	32,29512	4,68858	1,43484	-0,0015	-	-
	4 / 28		4,76941	0,63451	28,61643	3,80706	2,1592	0,00354	(26,93879)**	(3,45257)**
	5 / 29		2,957	0,70616	17,74201	4,23696	1,41627	0,00451	-	-
	6 / 30		3,99152	0,6359	23,94913	3,81538	1,52464	0,003	-	-
Statistik										
Arithmetisches Mittel			4,52	0,69	27,11	4,17	2,59	0,5	-	-
Minimalwert			2,96	0,64	17,74	3,81	1,39	-0,005	-	-
Maximalwert			5,77	0,78	34,60	4,69	2,16	0,004	-	-
Median			4,50	0,69	27,02	4,14	1,48	0,003	-	-
Varianz			1,0324	0,0033	37,1697	0,1223	0,0845	-	-	-
Standardabweichung			1,0161	0,0583	6,0967	0,3498	0,2906	-	-	-
Variationskoeffizient			22,48	8,45	22,49	8,39	18,28	-	-	-
95%-Vertrauensbereich unten			3,59	0,64	21,53	3,85	1,32	-	-	-
95%-Vertrauensbereich oben			5,45	0,74	32,69	4,49	1,86	-	-	-

* = E-Modul-Bestimmung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt /
** = tatsächlicher Wert zwischen diesem und ε – F_{max}

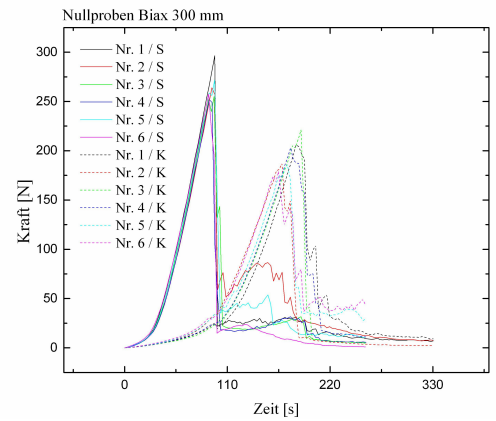
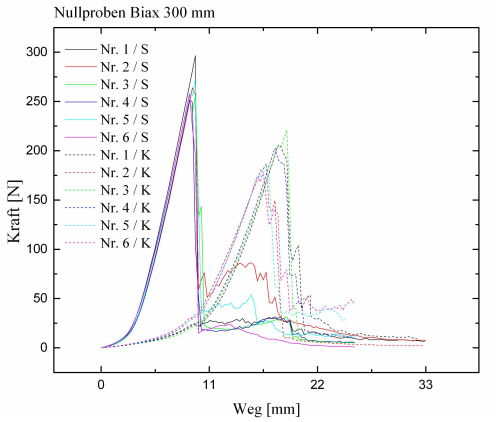
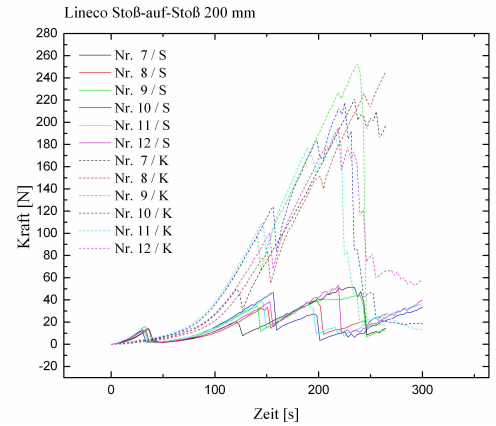
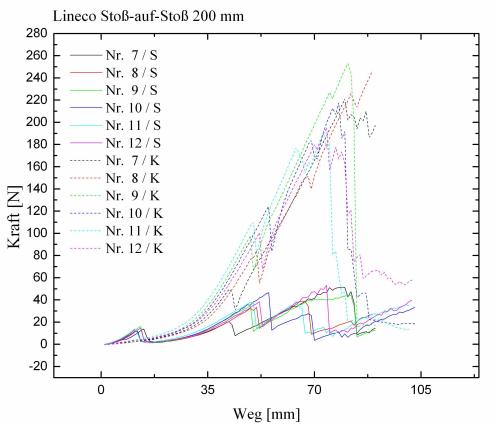
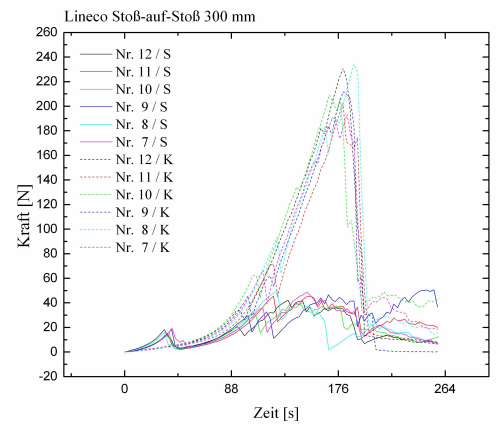
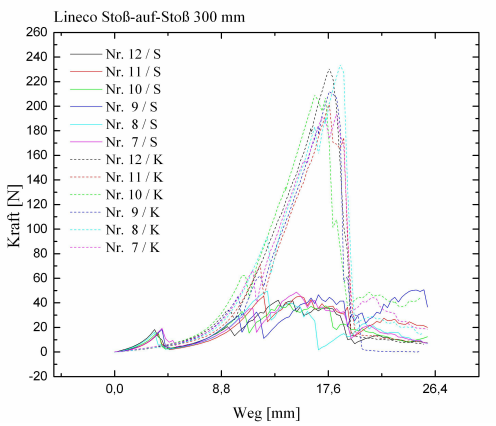
A.11.2 Grafiken und Diagramme

A.11.2 / Diagramme I: Kraft-Zeit- und Kraft-Weg-Diagramme

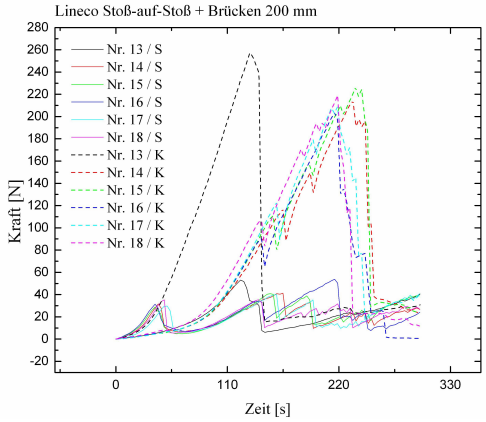
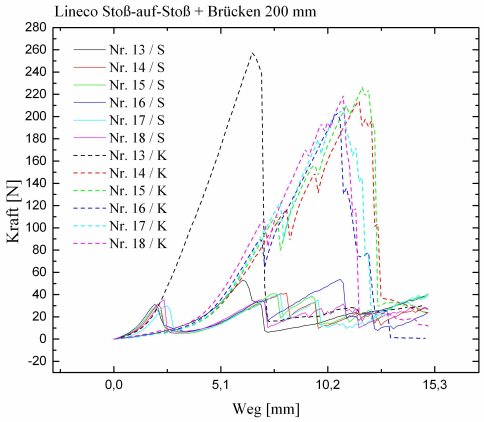
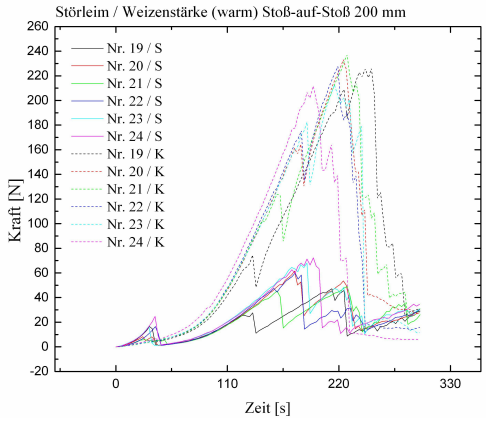
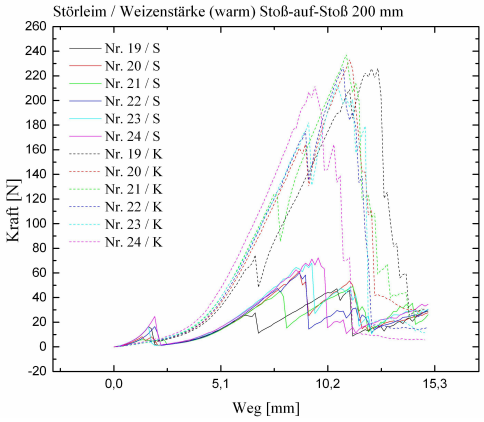
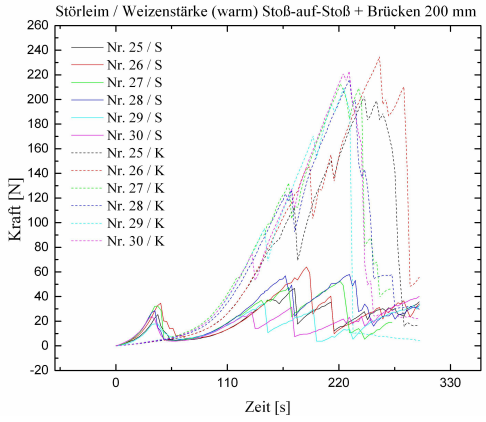
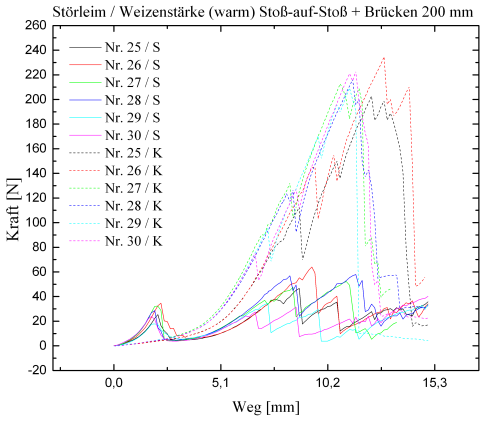
Zur Veranschaulichung der Prüfungsführung werden nachfolgend Kraft-Zeit- sowie Kraft-Weg-Diagramme zu den Gruppenversuchen dargestellt. Die Diagramme zeigen den Verlauf der kompletten Prüfungsdauer, ungeachtet eines Reißens erster Fäden bzw. dem Öffnen der Verklebungen. Es werden jeweils Kette und Schuss jeder Kreuzprobe dargestellt.

Nullproben Sironi (äquibiaxial / LE: 100 mm)	
	
Diagr. 01	Diagr. 02
Nullproben Sironi (uniaxial + orthogonal fixiert / LE: 100 mm)	
	
Diagr. 03 visualisiert abweichend die Prüfungsaufzeichnung über den Messindex.	Diagr. 04

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme I:** Kraft-Zeit- und Kraft-Weg-Diagramme

Nullproben Sironi	(äquibiaxial / LE: 200 mm)
	
Diagr. 05	Diagr. 06
Lineco	**(SAS / LE: 100 mm)**
	
Diagr. 07	Diagr. 08
Lineco	**(SAS / LE: 200 mm)**
	
Diagr. 09	Diagr. 10

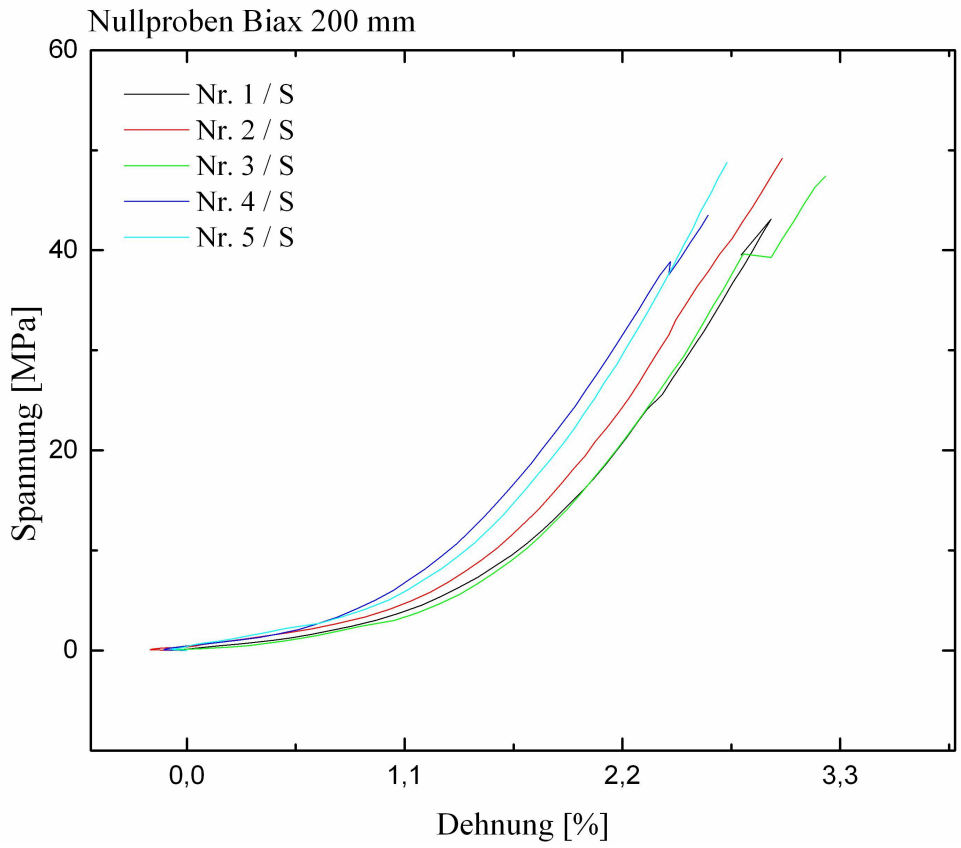
Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme I:** Kraft-Zeit- und Kraft-Weg-Diagramme

Lineco	(SAS+B / LE: 100 mm)
 Diagr. 11	 Diagr. 12
SL + WS (warm)	**(SAS / LE: 100 mm)**
 Diagr. 13	 Diagr. 14
SL + WS (warm)	**(SAS+B / LE: 100 mm)**
 Diagr. 15	 Diagr. 16

A.11.2 / Diagramme II: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Nachfolgend werden die Spannungs-Dehnungs-Diagramme der Zugprüfungen aufgeführt; die Darstellung beschränkt sich auf den Zeitraum bis zum ersten Reißen bzw. dem Öffnen der Verklebung.

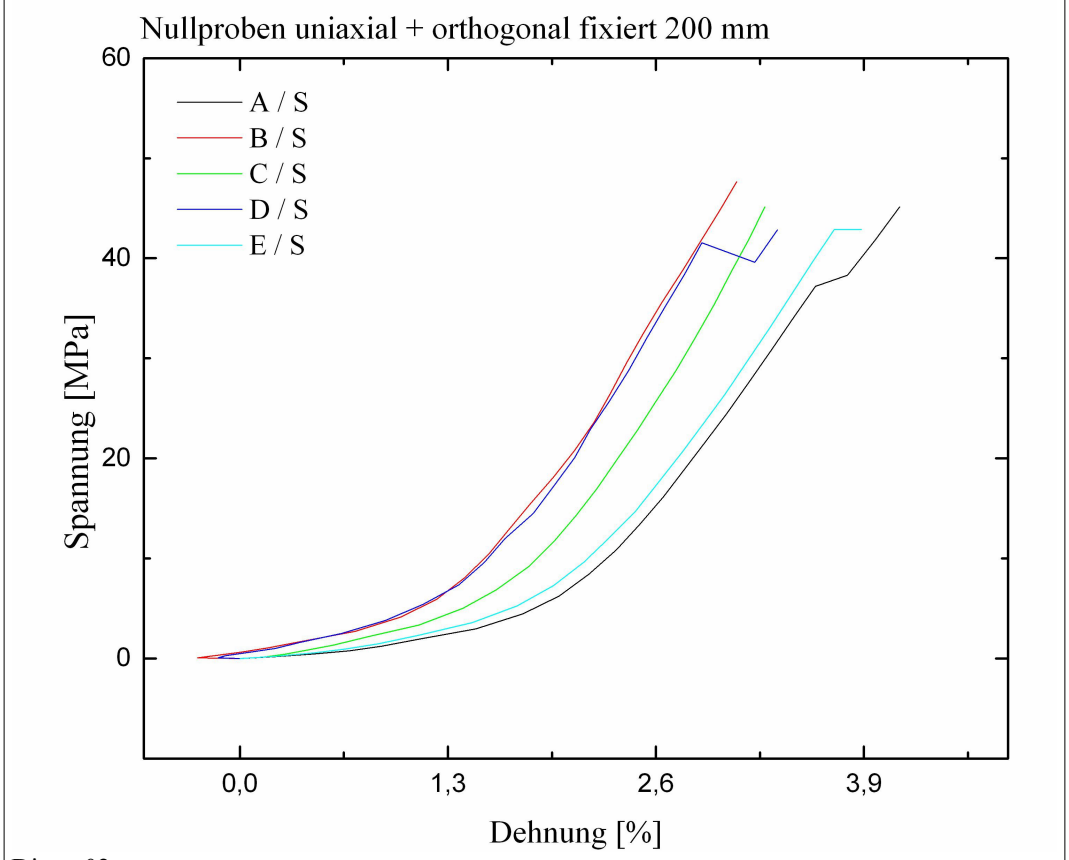
Nullproben Sironi (äquibiaxial / LE: 100 mm)



Diagr. 01

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme II:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

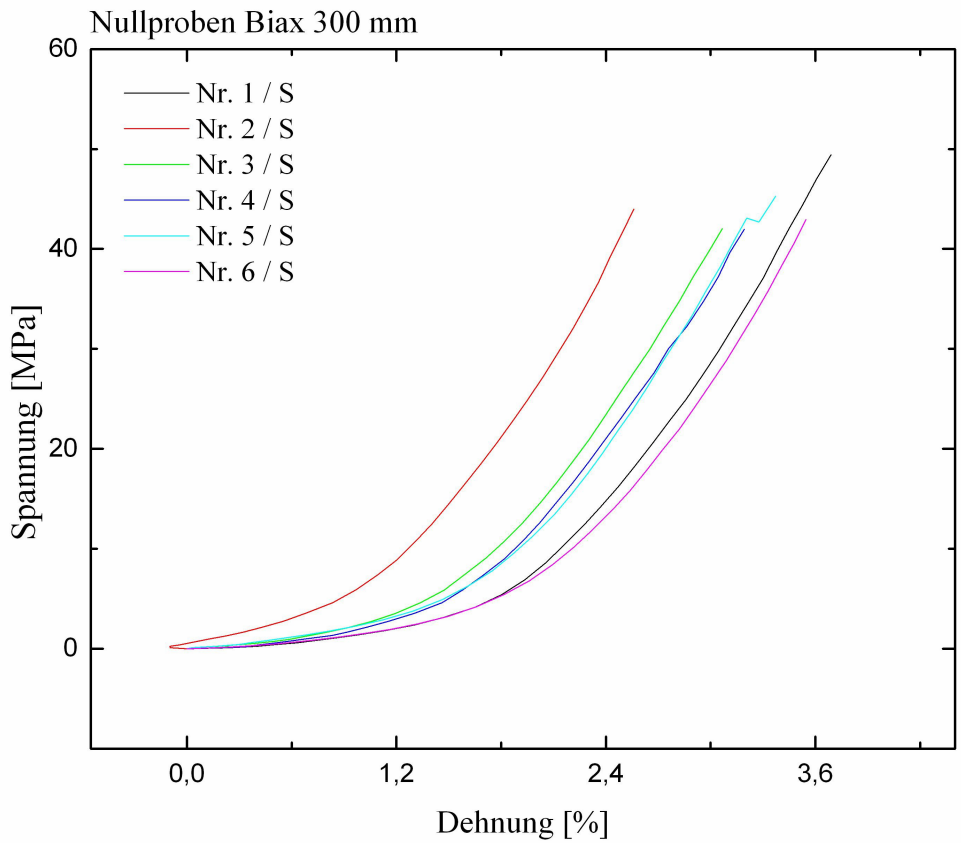
Nullproben Sironi	(uniaxial + orthogonal fixiert / LE: 100 mm)



Diagr. 02

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme II:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

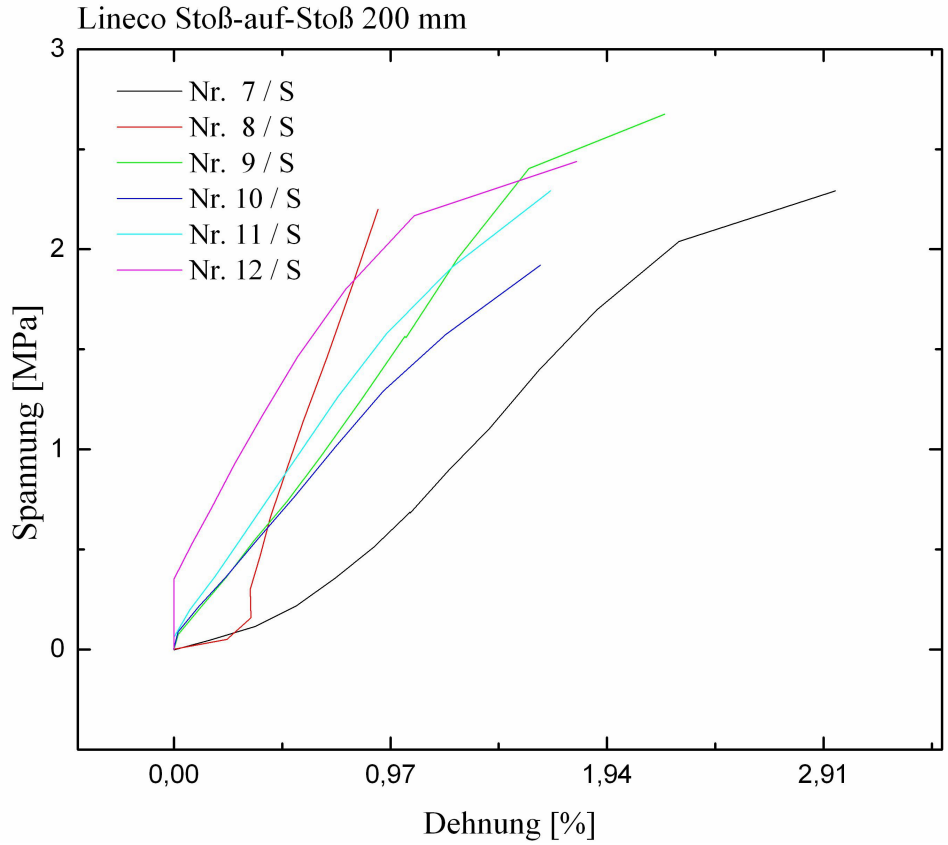
Nullproben Sironi (äquibiaxial / LE: 200 mm)



Diagr. 03

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme II:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

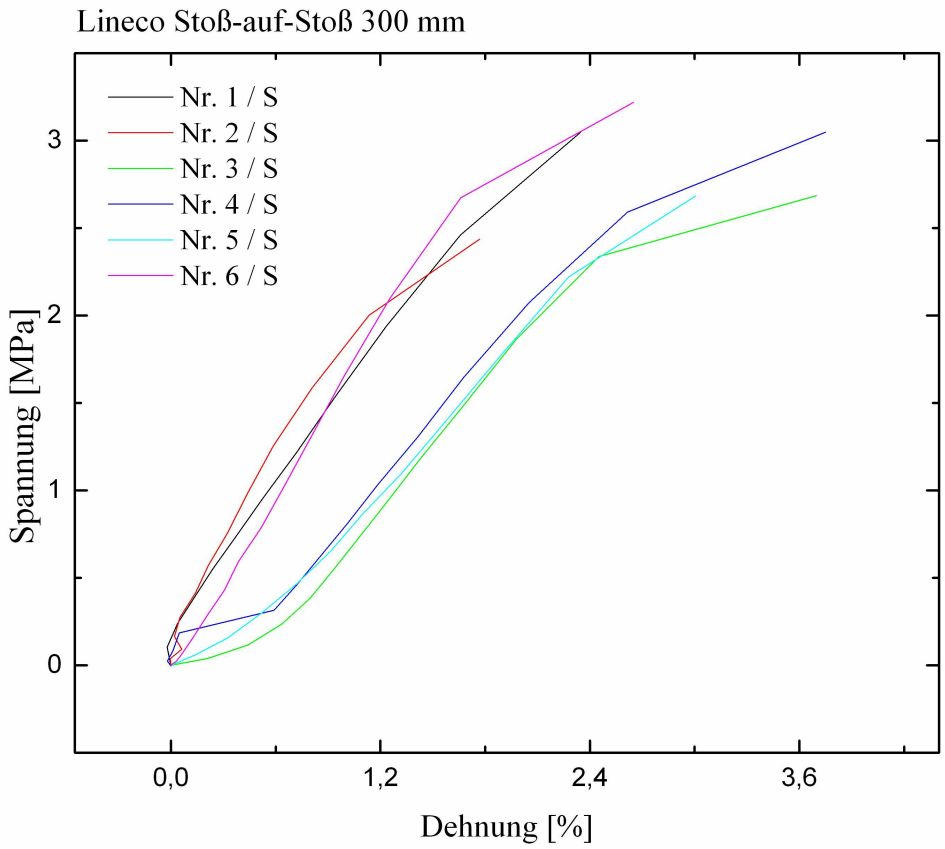
Lineco (SAS / LE: 100 mm)



Diagr. 04

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme II:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

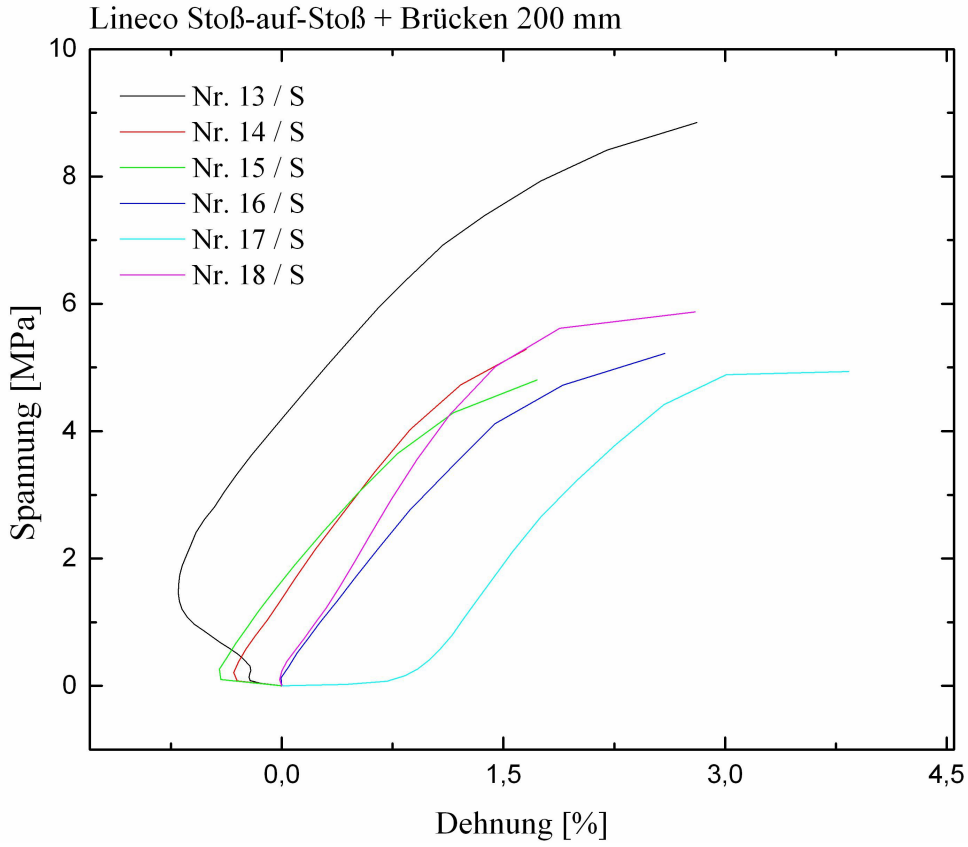
Lineco (SAS / LE: 200 mm)



Diagr. 05

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme II:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

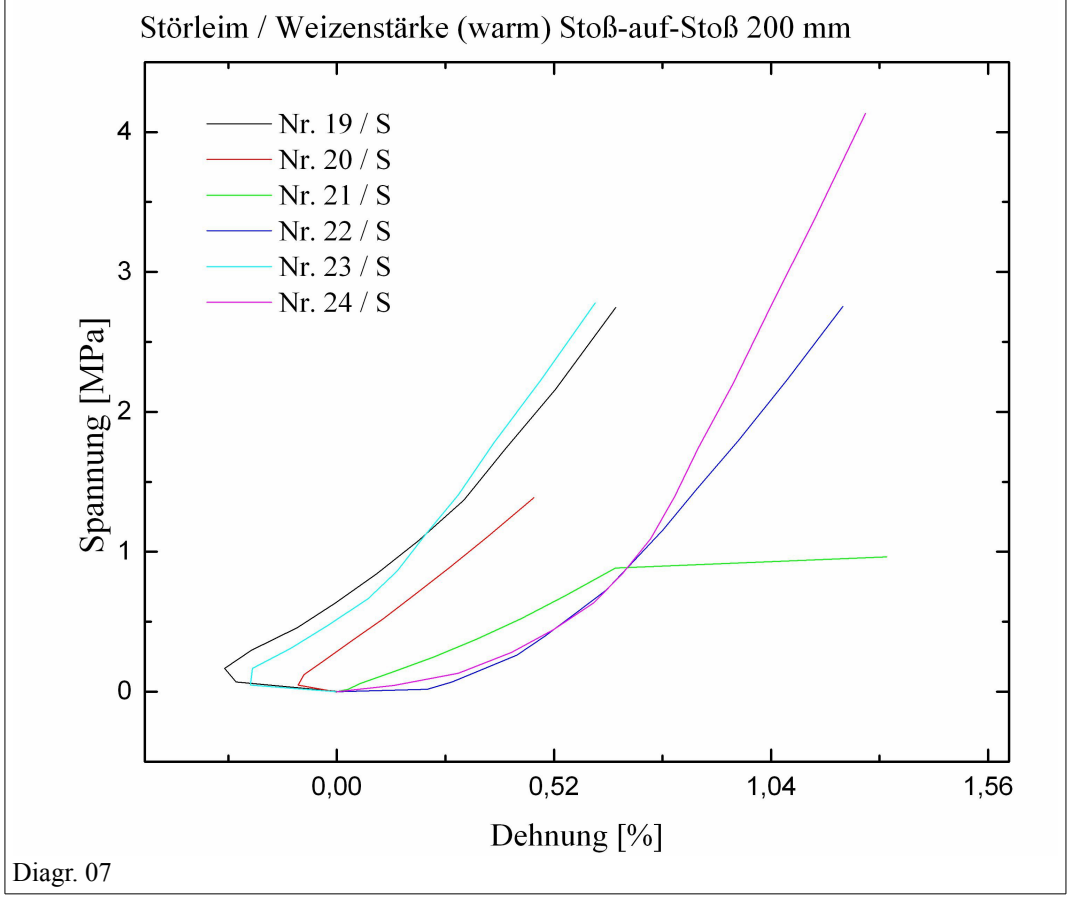
Lineco (SAS+B / LE: 100 mm)



Diagr. 06

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme II:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

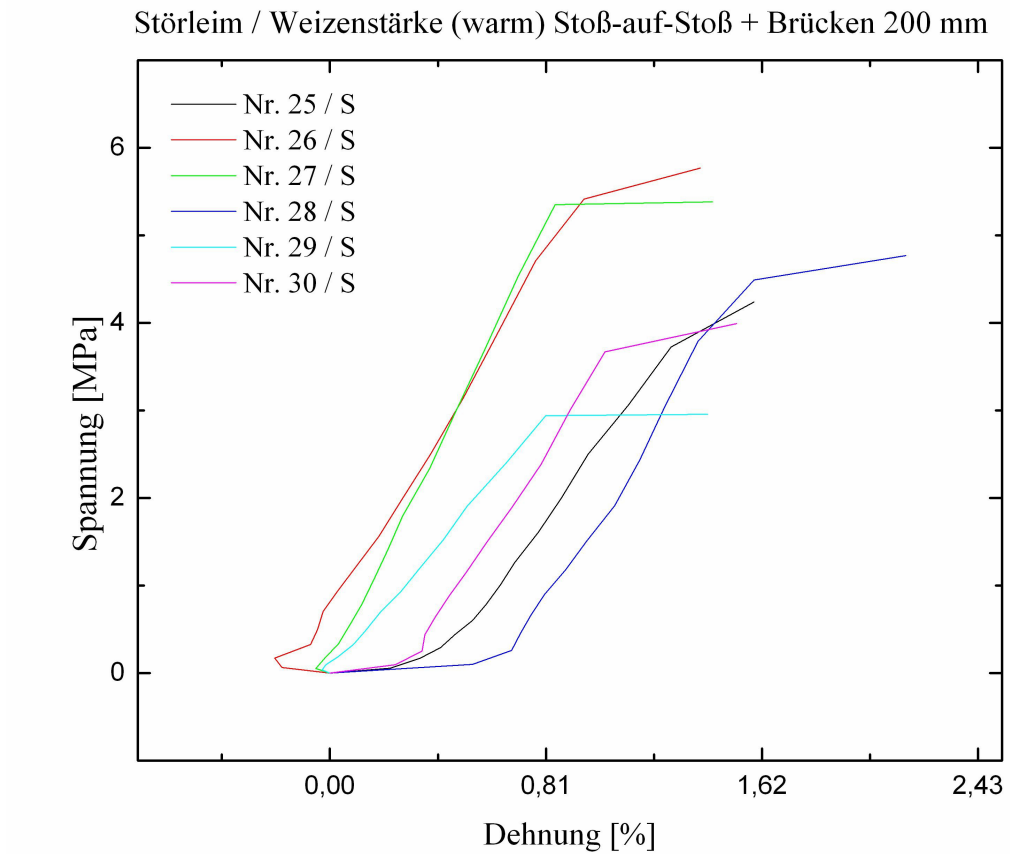
SL + WS (warm) (SAS / LE: 100 mm)



Diagr. 07

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme II:** Spannungs-Dehnungs-Diagramme

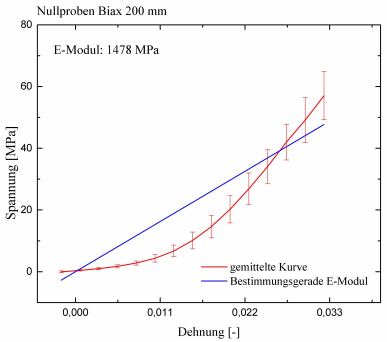
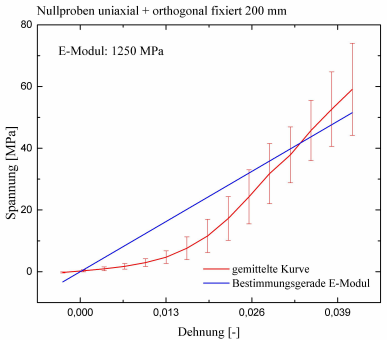
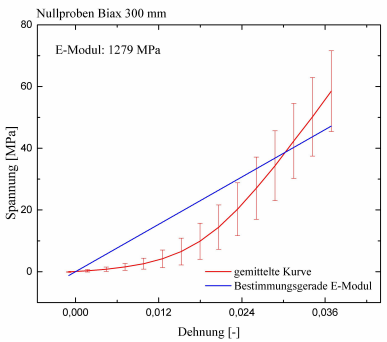
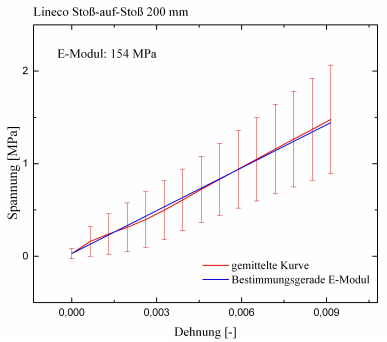
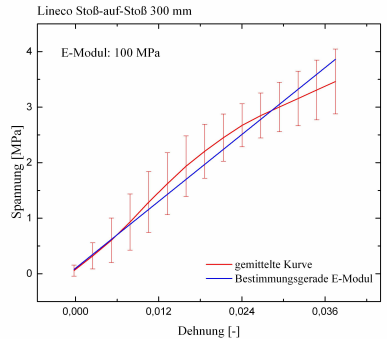
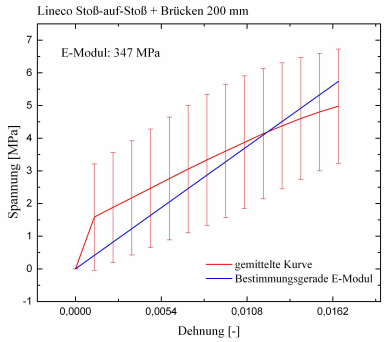
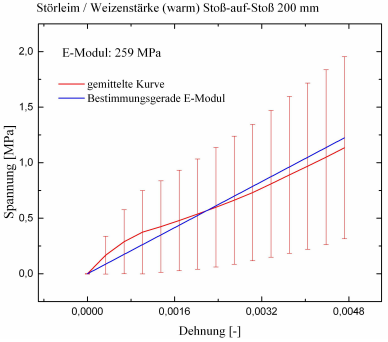
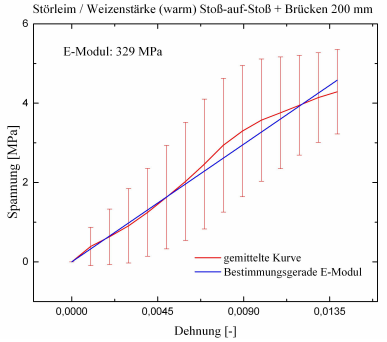
SL + WS (warm) (SAS+B / LE: 100 mm)



Diagr. 08

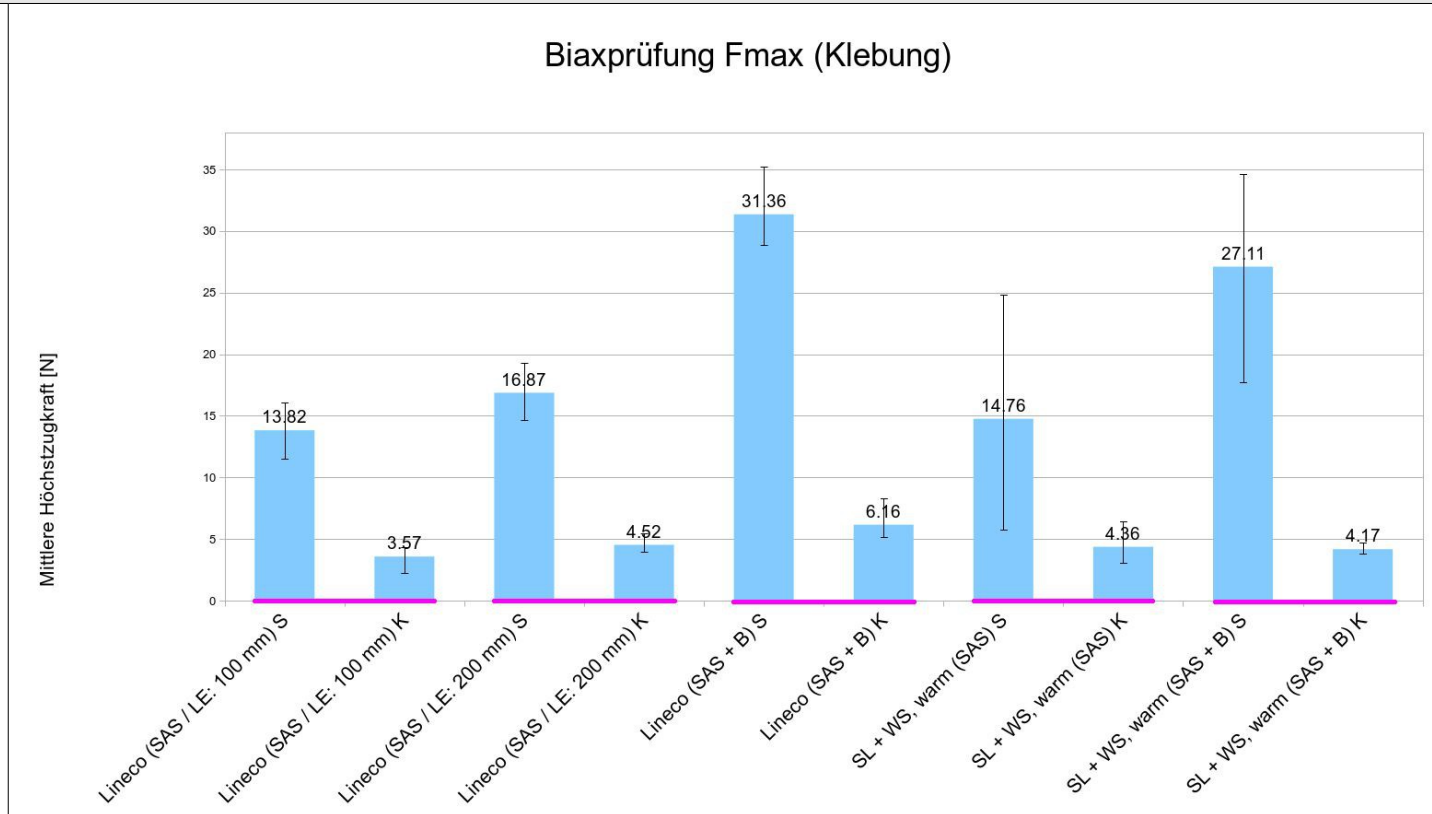
A.11.2 / Diagramme III: E-Modul-Ermittlungs-Diagramme

Die E-Modul-Ermittlung erfolgte über eine Sekante durch Null- und Endpunkt der im gemeinsamen Wertebereich gemittelten Kurven:

Nullproben (äquibiaxial / LE: 100 mm)	Nullproben (uniax. + fix. / LE: 100 mm)	Nullproben (äquibiaxial / LE: 200 mm)	Lineco (SAS / LE: 100 mm)
 Diagr. 01	 Diagr. 02	 Diagr. 03	 Diagr. 04
Lineco (SAS / LE: 200 mm)	**Lineco (SAS+B / LE: 100 mm)**	**SL + WS (warm), (SAS / LE: 100 mm)**	**SL + WS (warm), (SAS+B / LE: 100 mm)**
 Diagr. 05	 Diagr. 06	 Diagr. 07	 Diagr. 08

A.11.2 / Diagramme IV: Biaxprüfung im Überblick

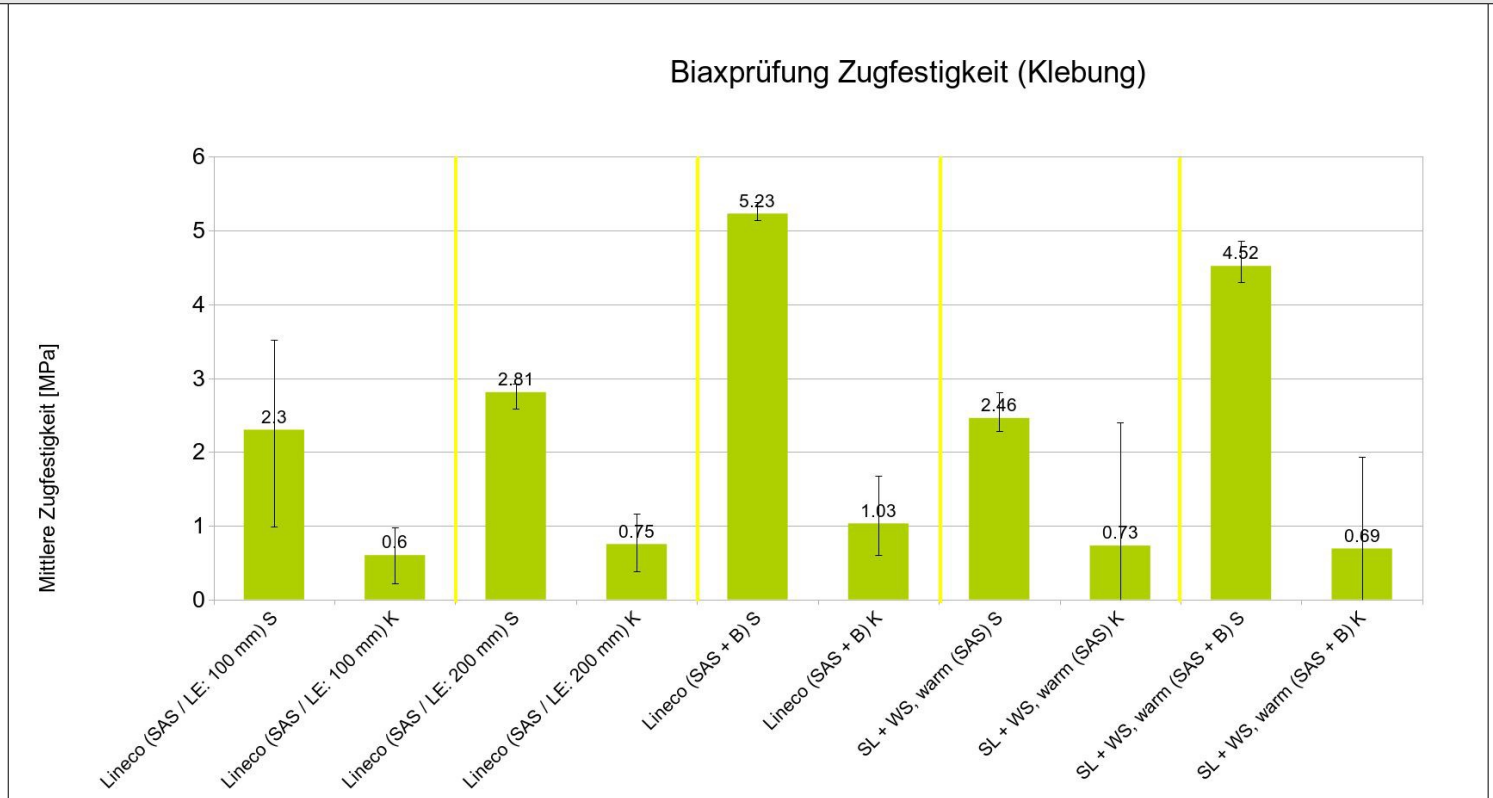
Durchschnittliche Höchstzugkräfte (F_{max}) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Klebungen



Diagr. 01

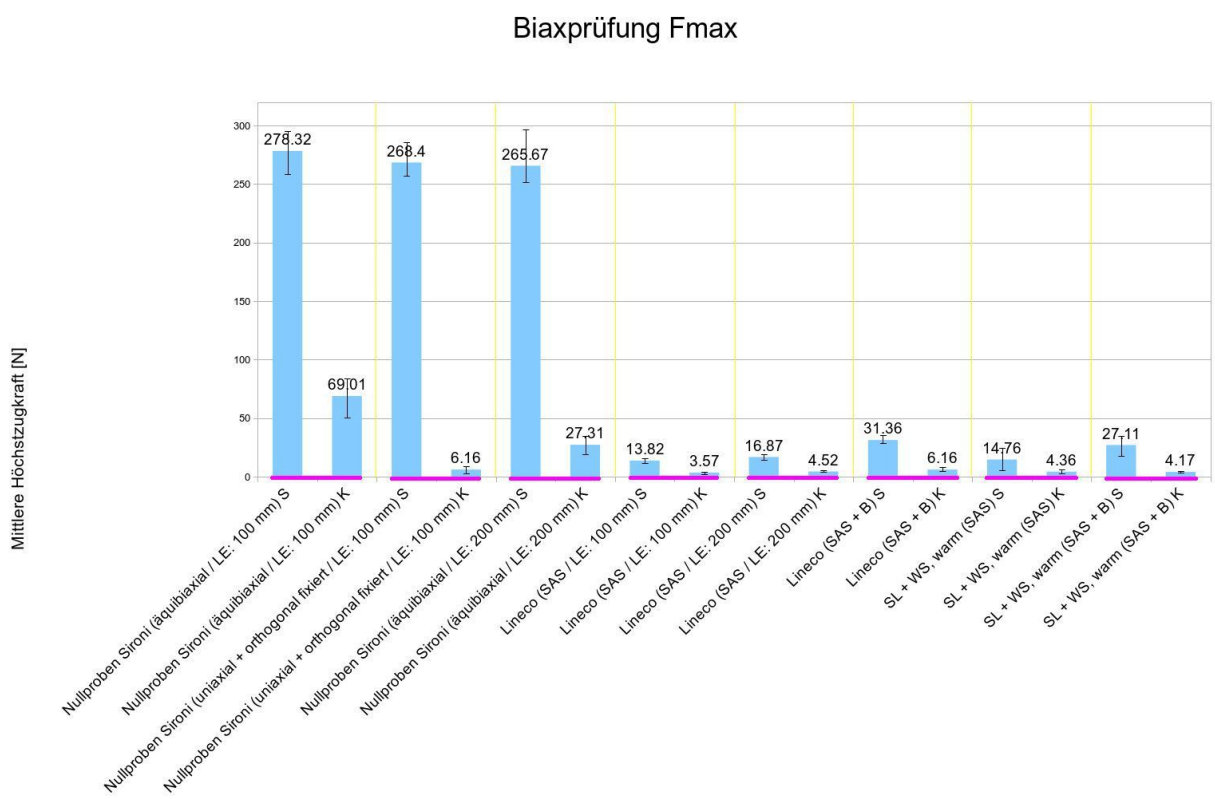
Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme IV:** Biaxprüfung im Überblick

Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Klebungen



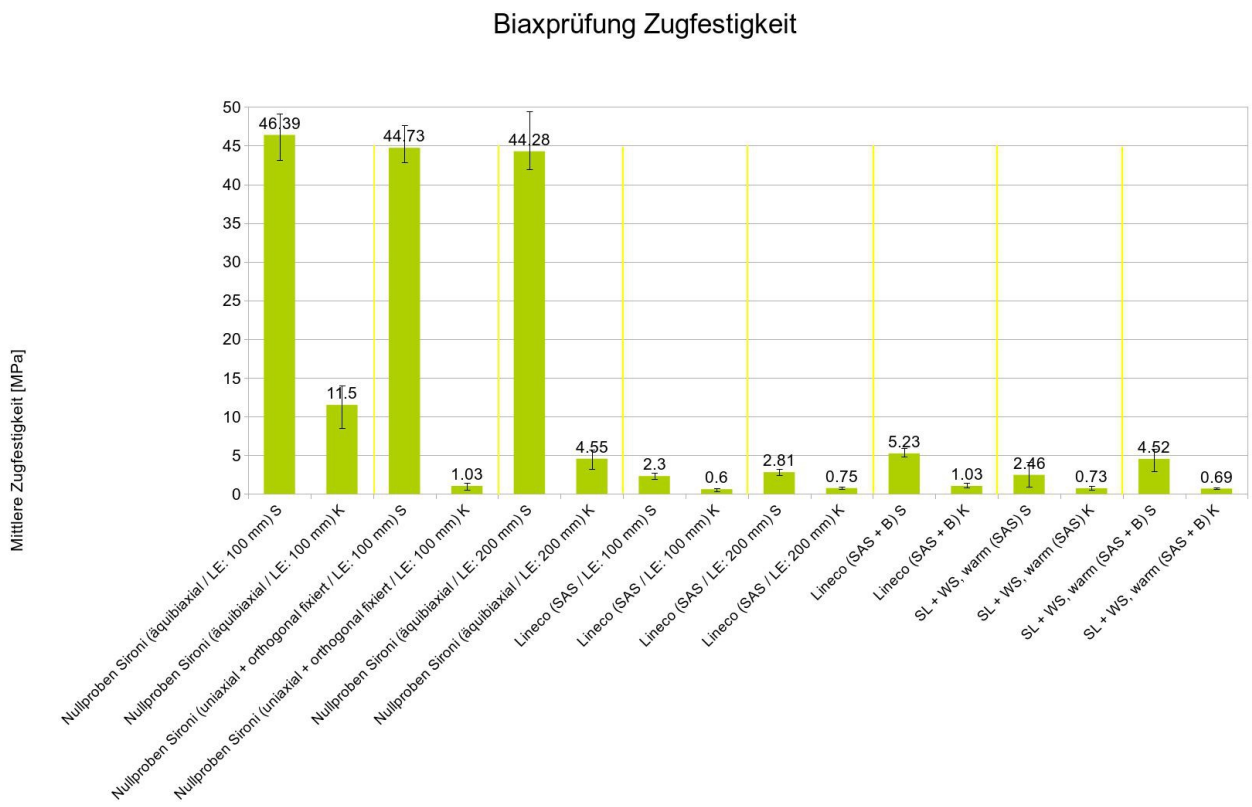
Diagr. 02

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme IV:** Biaxprüfung im Überblick

Durchschnittliche Höchstzugkräfte (F_{max}) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Nullprobenvergleich


Diagr. 03

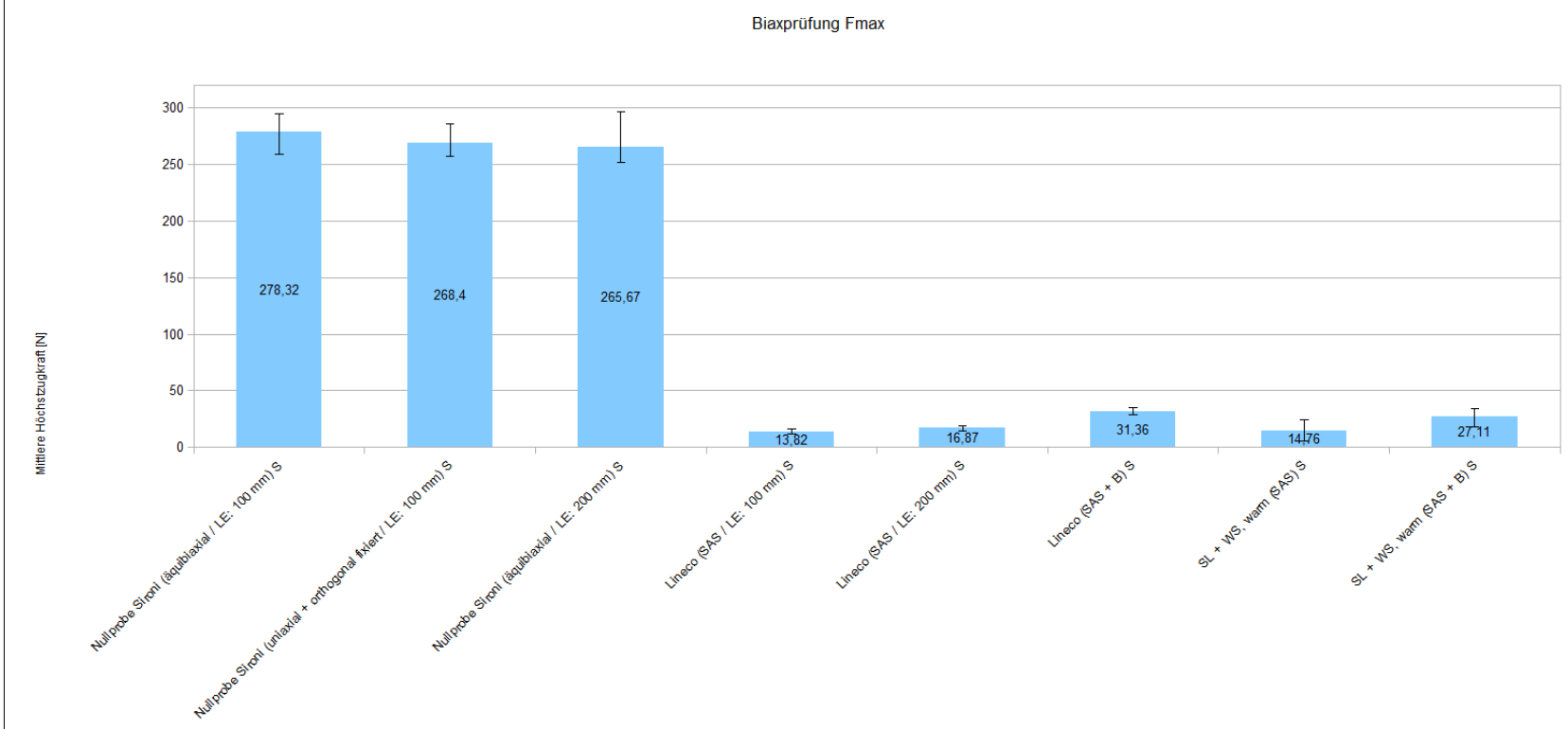
Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme IV:** Biaxprüfung im Überblick

Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Nullprobenvergleich


Diagr. 04

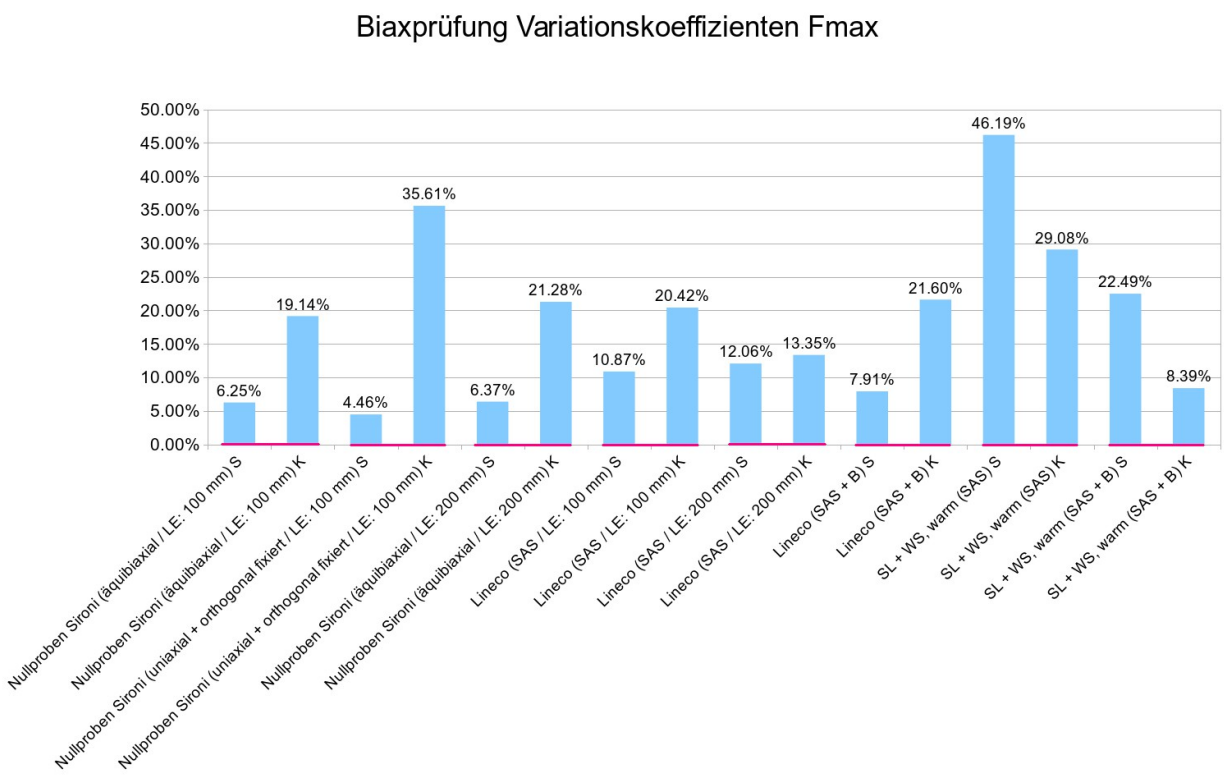
Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme IV:** Biaxprüfung im Überblick

Durchschnittliche Höchstzugkräfte (F_{max}) der Kreuzproben im Schuss / Nullprobenvergleich



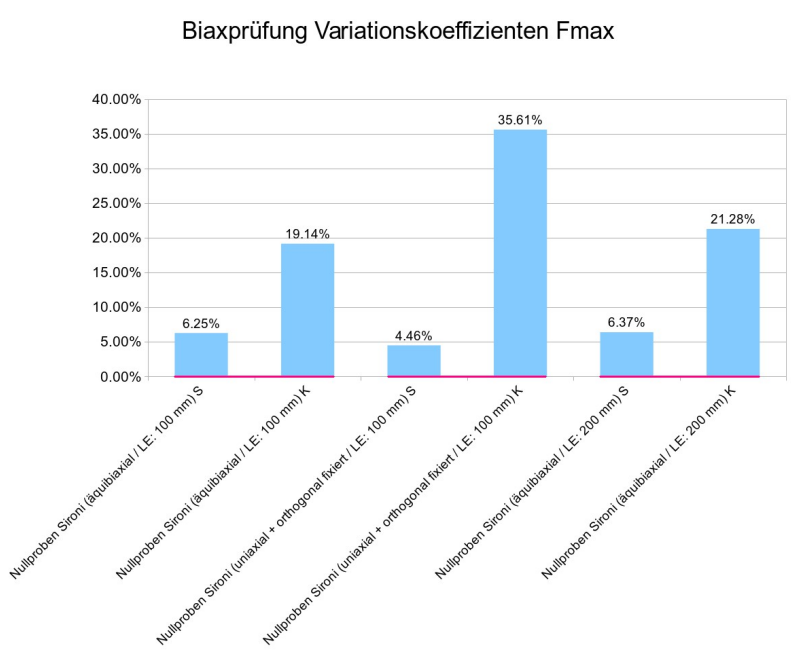
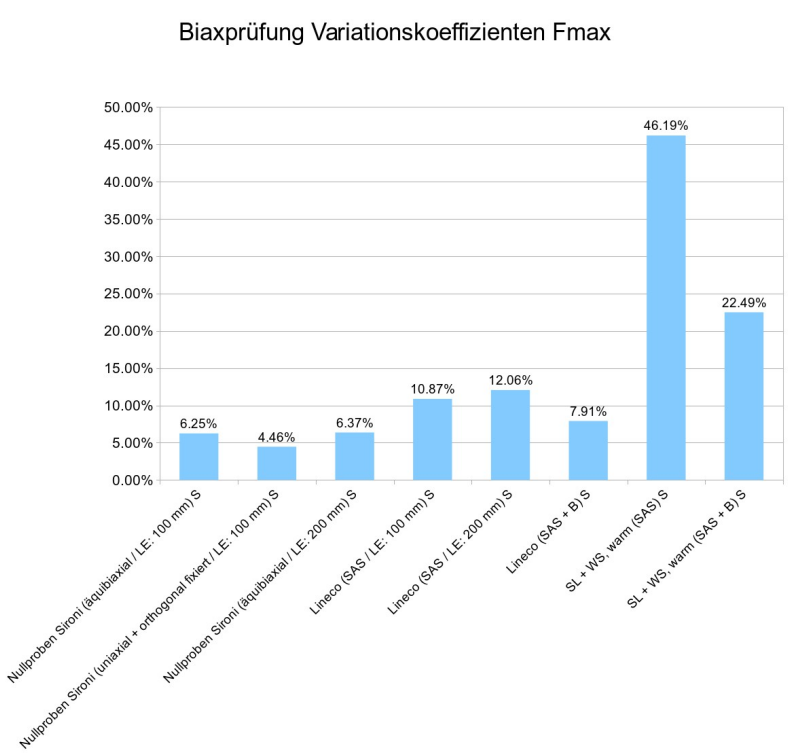
Diagr. 05

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme IV:** Biaxprüfung im Überblick

Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (F_{max}) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Nullprobenvergleich


Diagr. 06

Fortsetzung **A.11.2 / Diagramme IV:** Biaxprüfung im Überblick

Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (F_{max}) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Nullproben	Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (F_{max}) der Kreuzproben im Schuss / Klebungen
 Diagr. 07	 Diagr. 08
Die jeweils mittels Balken illustrierten Werte sind nochmals an den Balken vermerkt; des weiteren sind die Bereiche zwischen Minimal- und Maximalmesswerten angetragen.	

A.12 Zu den Berstdruckversuchen

A.12.1 Wertetabellen

Es folgen die Ergebnisse der Berstdruckversuche; auf Grund der stark abweichenden Prüfmethode sind die dargestellten andersartigen Messwerte leider nicht direkt mit den Ergebniswerten der zuvor erläuterten Prüfungen vergleichbar (vgl. auch 10.2).

Legende zu den nachfolgenden Tabellen				
Prüfergebnisse	Prüfdauer [sec]	Berstdruck [kPa] / [MPa]	Wölbhöhe [mm]	Siehe auch Begriffserläuterungen im Glossar unter A.15
	ACHTUNG: In den zugehörigen Maschinen-Protokollen (unter A.20) liegen die nachfolgend dargestellten Datensätze (Prüfungsarten) noch teils durchmischt vor; ohne die nachfolgenden Tabellen sind die Protokolle daher nicht auswertbar.			
Probenspezifikation / Technik	SAS	Stoß-auf-Stoß-Verbindung		Siehe auch unter A.7.1
	SAS + B	s.o. + Fadenbrücken		
Prüfung	Komplettes Zerbersten	Flächiges Durchbersten durch stark bis vollständig aufgewölbte Membran		Siehe auch unter 10.2
	Bis zum ersten Knacken	Anhand akustisch wahrnehmbarer erster feiner Faser- und Fadenbrüche Prüfungsabbruch vor dem vollständigen Aufwölben der Membran		
Anmerkungen	Da letztlich nicht alle Nullproben der „Partnerkästen“ geprüft wurden, wird auf die ursprünglich vorgesehene Gegenüberstellung von Nullproben und Klebungen der Prüflinge verzichtet.			Siehe auch unter A.6.5

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Nullproben (vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Nullproben	Komplettes Zerbersten	1 / 1A	20	399,6	383,6	379,6	0,4	7,3	- nachträgliche Betrachtung: komplett zerborsten (recht mittig)
		2 / 2A	24	485,7	469,7	465,7	0,49	12,3	- nachträgliche Betrachtung: komplett zerborsten (eher seitlich an Aufsatzflächenkante der Prüfglockenrundung)
		3 / 3A	23	462,1	446,1	442,1	0,46	9,2	- nachträgliche Betrachtung: komplett zerborsten; vgl. u.a. 1 A
		4 / 4A	22	458,2	442,2	438,2	0,46	12,0	- nachträgliche Betrachtung: komplett zerborsten (eher seitlich an Aufsatzflächenkante der Prüfglockenrundung); vgl. u.a. 2 A
		5 / 5A	20	396,2	380,2	376,2	0,4	7,6	- nachträgliche Betrachtung: komplett zerborsten; vgl. u.a. 1 A
		6 / 7A	17	351,6	335,6	331,6	0,35	7,5	- nachträgliche Betrachtung: komplett zerborsten; vgl. u.a. 1 A
		7 / 8A	20	413,9	397,9	393,9	0,41	8,7	- nachträgliche Betrachtung: komplett zerborsten (eher seitlich an Aufsatzflächenkante der Prüfglockenrundung); vgl. u.a. 2 A
		(9 A)	-	-	-	-	-	-	Fehlprüfung → bleibt unberücksichtigt
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert)							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Nullproben (vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Prüfdauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]
Nullproben	Komplettes Zerbersten	*Statistik*					
	Arithmetisches Mittel	20,86	423,9	407,9	403,9	0,42	9,23
	Minimalwert	17	351,6	335,6	331,6	0,35	7,3
	Maximalwert	24	485,7	469,7	465,7	0,49	12,3
	Median	20	413,9	397,9	393,9	0,41	8,7
	Varianz	5,4761	2190,0066			0,0022	2,4590
	Standardabweichung	2,3401	46,7975			0,0479	2,1116
	Variationskoeffizient	11,22	11,04	11,47	11,59	11,41	22,88
	95%-Vertrauensbereich oben	18,88	384,26	368,25	364,25	0,38	7,44
	95%-Vertrauensbereich unten	22,84	463,55	447,54	443,55	0,46	11,02
	* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert)						

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Nullproben (erstes Knacken)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Nullproben	Prüfung bis zum ersten Knacken	1 / 6A	18	357,4	341,4	337,4	0,36	7,5	- nachträgliche Betrachtung: Vgl. 10 A (s.u.), aber etwas überdehnter und einzelne gerissene Fäden sichtbar; unter dem Mikroskop zeigen sich erste Fäden partiell fein auseinandergezogen und Faserbrüche
		2 / 10A	17	339,4	323,4	319,4	0,34	7,5	- minimales Knacken bei Prüfung - nachträgliche Betrachtung: keine Beschädigung auf ersten Blick erkennbar, auch unter Mikroskop keine offensichtlich auseinander gezogenen Fasern / Fäden o.ä. sichtbar; aber Aufwölbung (irreversibel / plastisch) spricht deutlich für Überdehnung und zu vermutende (einzelne) Faserrisse (vgl. hörbares „Knacken“)
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert)							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Nullproben (erstes Knacken)

Probe	**Prüfung**	**Prüfdauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]
Nullproben	Prüfung bis zum ersten Knacken	*Statistik*					
	Arithmetisches Mittel	17,5	348,4	332,4	328,4	0,35	7,5
	Minimalwert	17	339,4	323,4	319,4	0,34	7,5
	Maximalwert	18	357,4	341,4	337,4	0,36	7,5
	Median	17,5	348,4	332,4	328,4	0,35	7,5
	Varianz	0,5	162			0,0002	-
	Standardabweichung	0,7071	12,7279			0,0141	-
	Variationskoeffizient	4,04	3,65	3,83	3,88	4,04	-
	95%-Vertrauensbereich oben	16,37	328,23	312,23	308,23	0,33	-
	95%-Vertrauensbereich unten	18,62	368,57	352,57	348,57	0,37	-
	* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert)						

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Vorversuche Nullproben (vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüfdauer** [sec]	**Berstdruck /** korrigiert [kPa]	**Berstdruck /** korrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Nullproben / Vorversuche 8.05.2013	Komplettes Zerbersten	1	24	488,7	~ 0,49	7,8	Korrektur-Rate: 2 kPa/s; Korrektur: -15,9 kPa bei mittlerer Wölbhöhe von 7,4 mm
		2	21	409,6	~ 0,41	8,4	
		3	18	353,5	~ 0,35	6,6	
		4	20	400,2	~ 0,40	7,0	
Statistik							
Arithmetisches Mittel			20,75	413	-	7,45	
Minimalwert			18	353,5	-	6,6	
Maximalwert			24	488,7	-	8,4	
Median			20,5	404,9	-	7,4	
Varianz			6,25	3148,7133	-	0,65	
Standardabweichung			2,5	56,1133	-	0,8062	
Variationskoeffizient			12,05	13,59	-	10,82	
95%-Vertrauensbereich oben			17,95	350,11	-	6,55	
95%-Vertrauensbereich unten			23,55	475,89	-	8,35	

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Lineco (SAS / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Lineco / SAS	Komplettes Zerbersten	1 / 1B	12	229,9	213,9	209,9	0,23	74,9**	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3); sichtbarer Berstverlauf: Öffnen der Klebestelle (Stufe 1), Fortsetzen der Risslinie (Stufe 2), Quereinreißen und Aufklappen (Stufe 3)
		2 / 2B	12	224,7	208,7	204,7	0,22	8,1	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3); vgl. u.a. 1 B
		3 / 3B	12	235,0	219	215	0,24	13,0	- nachträgliche Betrachtung: geöffnete Klebestelle, nebenliegende Fäden (seitlich je ca. 20-25 mm) überdehnt und gerissen (Stufe 2)
		4 / 4B	12	236,9	220,9	216,9	0,24	12,8	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3); vgl. u.a. 1 B
		5 / 5B	10	204,8	188,8	184,8	0,2	9,7	- nachträgliche Betrachtung: geöffnete Klebestelle, nebenliegende Fäden (seitlich je ca. 15-25 mm) überdehnt und gerissen (Stufe 2)
		6 / 6B	10	209,7	193,7	189,7	0,2	13,0	- nachträgliche Betrachtung: geöffnete Klebestelle und nebenliegende Fäden (seitlich je ca. 25 mm) überdehnt und gerissen (Stufe 2); vgl. u.a. 3 B

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Lineco (SAS / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Lineco / SAS	Komplettes Zerbersten	7 / 9B	10	187,1	171,1	167,1	0,19	8,4	- nachträgliche Betrachtung: geöffnete Klebstelle und nebenliegende Fäden (seitlich je ca. 5-10 mm) überdehnt und gerissen (Stufe 2); vgl. u.a. 3 B
		8 / 10B	11	215,5	199,5	195,5	0,22	11,7	- nachträgliche Betrachtung: Klebstelle geöffnet und nebenliegende Fäden (seitlich je ca. 15-20 mm) überdehnt und gerissen (Stufe 2); vgl. u.a. 3 B
Statistik									
Arithmetisches Mittel			11,13	217,95	201,95	197,95	0,22	10,96	
Minimalwert			10	187,1	171,1	167,1	0,19	8,1	
Maximalwert			12	236,9	220,9	216,9	0,24	13	
Median			11,5	220,1	204,1	200,1	0,22	11,7	
Varianz			0,9821	290,9828			0,0003	4,7628	
Standardabweichung			0,9910	17,0582			0,0190	2,1823	
Variationskoeffizient			8,90	7,83	8,45	8,62	8,68	19,91	
95%-Vertrauensbereich oben			10,35	204,43	188,43	184,43	0,21	9,11	
95%-Vertrauensbereich unten			11,92	231,47	215,47	211,47	0,24	12,81	

* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) /
** = Wölbhöhe von 75 mm stellt den Maximalwert dar (Prüfung nicht rechtzeitig beendet); Wert daher aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Lineco (SAS / erstes Knacken)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Lineco / SAS	Prüfung bis zum ersten Knacken	1 / 7B	9	165,1	149,1	145,1	0,17	7,4	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle recht exakt geöffnet (je zwei nebenliegende Fäden überdehnt und gerissen)
		2 / 8B	9	180,1	164,1	160,1	0,18	6,8	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle recht exakt geöffnet (ein neben-liegender Faden überdehnt / ein neben-liegender Faden gerissen); vgl. u.a. 7 B
Statistik									
Arithmetisches Mittel			9	172,6	156,6	152,6	0,18	7,1	
Minimalwert			9	165,1	149,1	145,1	0,17	6,8	
Maximalwert			9	180,1	164,1	160,1	0,18	7,4	
Median			9	172,6	156,6	152,6	0,175	7,1	
Varianz			-	112,5			0,00005	0,18	
Standardabweichung			-	10,6066			0,0070	0,4242	
Variationskoeffizient			-	6,15	6,77	6,95	3,93	5,98	
95%-Vertrauensbereich oben			-	155,79	139,79	135,79	0,17	6,43	
95%-Vertrauensbereich unten			-	189,41	173,41	169,41	0,19	7,77	
* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert)									

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Lineco (SAS+B / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Lineco / SAS+B	Komplettes Zerbersten	1 / 11B	10	204,2	188,2	184,2	0,2	7,5	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) sowie Fadenbrücken weniger abgesprengt, als vielmehr gleichmäßig verteilt noch an beiden Rissöffnungsseiten einseitig anhaftend; vgl. u.a. 38 B
		2 / 12B	12	247,9	213,9	227,9	0,25	53,2**	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) sowie Fadenbrücken weniger abgesprengt, als vielmehr gleichmäßig verteilt noch an beiden Rissöffnungsseiten einseitig anhaftend; vgl. u.a. 11 B / 38 B
		3 / 13B	11	216,1	200,1	196,1	0,22	8,7	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) sowie Fadenbrücken weniger abgesprengt, als vielmehr gleichmäßig verteilt noch an beiden Rissöffnungsseiten einseitig anhaftend; vgl. u.a. 11 B / 38 B
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Wert weicht stark von anderen ab (Prüfung nicht rechtzeitig beendet); daher aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Lineco (SAS+B / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Lineco / SAS+B	Komplettes Zerbersten	4 / 14B	12	227,1	211,1	207,1	0,23	12,9	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle an Unterseite geöffnet und seitlich (je ca. 20-25 mm) weiter fortgesetzt; Fadenbrücken an Oberseite haben sich zwar abgehoben, aber sind sonst an Enden noch fest
		5 / 15B	12	241,1	225,1	221,1	0,24	13,9	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle an Unterseite geöffnet und seitlich (je ca. 25 mm) weiter fortgesetzt; Fadenbrücken an Oberseite haben sich zwar abgehoben, aber sind sonst an Enden noch fest; vgl. 14B
		6 / 16B	12	236,9	220,9	216,9	0,24	13,9	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle an Unterseite geöffnet und seitlich (je ca. 25-30 mm) weiter fortgesetzt; Fadenbrücken an Oberseite haben sich zwar abgehoben, aber sind sonst an Enden noch fest; vgl. 14B
		7 / 17B	12	236,0	220	216	0,24	13,6	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle an Unterseite geöffnet und seitlich (je ca. 15-30 mm) weiter fortgesetzt, Fadenbrücken an Oberseite haben sich recht alternierend von den Seiten abgelöst; vgl. u.a. 14 B / 32 B

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Lineco (SAS+B / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Lineco / SAS+B	Komplettes Zerbersten	8 / 18B	12	236,9	220,9	216,9	0,24	13,5	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle an Unterseite geöffnet und seitlich (je ca. 15-25 mm) weiter fortgesetzt, Fadenbrücken an Oberseite haben sich recht alternierend von den Seiten abgelöst; vgl. u.a. 17 B / 32 B
		9 / 19B	12	219,5	203,5	199,5	0,22	8,9	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3, vgl. u.a. 22 B) und Fadenbrücken abgesprengt
		10 / 20B	12	236,9	220,9	216,9	0,24	14,9	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle an Unterseite geöffnet und seitlich (je ca. 20-25 mm) weiter fortgesetzt, Fadenbrücken an Oberseite haben sich recht alternierend von den Seiten abgelöst; vgl. u.a. 17 B / 32 B
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert)							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / Lineco (SAS+B / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Prüfdauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]**
Lineco / SAS+B	Komplettes Zerbersten	*Statistik*					
	Arithmetisches Mittel	11,7	230,26	214,26	210,26	0,23	11,98
	Minimalwert	10	204,2	188,2	184,2	0,2	7,5
	Maximalwert	12	236,9	220,9	216,9	0,24	14,9
	Median	12	236,45	220,45	216,45	0,24	13,5
	Varianz	0,4555	177,6982			0,0002	7,7494
	Standardabweichung	0,6749	13,3303			0,0147	2,7837
	Variationskoeffizient	5,77	5,79	6,22	6,34	6,42	23,24
	95%-Vertrauensbereich oben	11,22	220,81	204,81	200,81	0,22	9,90
	95%-Vertrauensbereich unten	12,18	239,71	223,71	219,71	0,24	14,06
	* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Probe Nr. 2 aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen						

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Störleim 20% + Weizen-stärke (warm)13% (1:1) / SAS	Komplettes Zerbersten	1 / 21B	11	217,9	201,9	197,9	0,22	11,8	- nachträgliche Betrachtung: Klebstelle geöffnet und nebenliegende Fäden (seitlich je ca. 20-25 mm) überdehnt und gerissen (Stufe 2); vgl. u.a. 3 B
		2 / 22B	12	235,3	219,3	215,3	0,24	7,8	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3); vgl. u.a. 1 B / 19 B
		3 / 23B	11	221,9	205,9	201,9	0,22	68,8**	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3); vgl. u.a. 1 B / 22 B
		4 / 25B	10	204,8	188,8	184,8	0,21	7,9	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3); vgl. u.a. 1 B / 22 B
		5 / 26B	11	212,1	196,1	192,1	0,21	9,5	- nachträgliche Betrachtung: Klebstelle geöffnet und nebenliegende Fäden (seitlich je ca. 20-25 mm) überdehnt und gerissen (Stufe 2); vgl. u.a. 3 B / 21 B
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Wölbhöhe von 75 mm stellt den Maximalwert dar (Prüfung nicht rechtzeitig beendet); Wert daher aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Störleim 20% + Weizen-stärke (warm)13% (1:1) / SAS	Komplettes Zerbersten	6 / 27B	12	232,9	216,9	212,9	0,23	13,0	- nachträgliche Betrachtung: Klebstelle geöffnet und nebenliegende Fäden (seitlich je ca. 20-25 mm) überdehnt und gerissen (Stufe 2); vgl. u.a. 3 B / 21 B
		7 / 28B	11	214,0	198	194	0,21	8,7	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3); vgl. u.a. 1 B / 22 B
		8 / 29B	11	208,8	192,8	188,8	0,21	49,5**	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3); vgl. u.a. 1 B / 22 B
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Wert weicht stark von anderen ab (Prüfung nicht rechtzeitig beendet); daher aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Prüfdauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]**
Störleim 20% + Weizenstärke (warm)13% (1:1) / SAS	Komplettes Zerbersten	*Statistik*					
	Arithmetisches Mittel	11,13	218,46	202,46	198,46	0,22	9,78
	Minimalwert	10	204,8	188,8	184,8	0,21	7,8
	Maximalwert	12	235,3	219,3	215,3	0,24	13
	Median	11	215,95	199,95	195,95	0,215	9,1
	Varianz	0,4107	120,6426			0,0001	4,6296
	Standardabweichung	0,6408	10,9837			0,0112	2,1516
	Variationskoeffizient	5,76	5,03	5,43	5,53	5,12	22,0
	95%-Vertrauensbereich oben	10,62	209,76	193,76	189,76	0,21	7,81
	95%-Vertrauensbereich unten	11,64	227,16	211,16	207,16	0,23	11,75
	* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Proben Nr. 3 und Nr. 8 aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen						

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS / erstes Knacken)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Störleim 20% + Weizen-stärke (warm)13% (1:1) / SAS	Prüfung bis zum ersten Knacken	1 / 24B	9	168,2	152,2	148,2	0,17	7,2	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle recht exakt geöffnet (je zwei und vier nebenliegende Fäden überdehnt und gerissen; vgl. u.a. 7 B)
		2 / 30B	7	123,3	107,3	103,3	0,12	6,3	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle sehr exakt geöffnet (nur ein nebenliegender Faden überdehnt und gerissen; vgl. u.a. 8 B / 37 B)
Statistik									
Arithmetisches Mittel			8	145,75	129,75	125,75	0,15	6,75	
Minimalwert			7	123,3	107,3	103,3	0,12	6,3	
Maximalwert			9	168,2	152,2	148,2	0,17	7,2	
Median			8	145,75	129,75	125,75	0,145	6,75	
Varianz			2	1008,005			0,00125	0,405	
Standardabweichung			1,4142	31,7490			0,0353	0,6363	
Variationskoeffizient			17,68	21,78	24,47	25,25	23,57	9,43	
95%-Vertrauensbereich oben			5,76	95,43	79,43	75,43	0,09	5,74	
95%-Vertrauensbereich unten			10,24	196,07	180,07	176,07	0,21	7,76	
* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert)									

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS+B / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Störleim 20% + Weizen-stärke (warm)13% (1:1) / SAS+B	Komplettes Zerbersten	1 / 31B	10	200,2	184,2	180,2	0,2	71,3**	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) und Fadenbrücken teils komplett abgesprengt, teils noch einseitig an Rissöffnung anhaftend
		2 / 32B	11	200,2	184,2	180,2	0,2	10,3	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle an Unterseite geöffnet und seitlich Riss weiter fortgesetzt, Fadenbrücken an Oberseite haben sich an der einen Seite abgelöst; vgl. u.a. 14 B
		3 / 33B	11	216,4	200,4	196,4	0,22	8,3	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) und Fadenbrücken teils komplett abgesprengt, teils noch einseitig an Rissöffnung anhaftend; vgl. u.a. 31 B
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Wölbhöhe von 75 mm stellt den Maximalwert dar (Prüfung nicht rechtzeitig beendet); Wert daher aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS+B / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Störleim 20% + Weizen-stärke (warm)13% (1:1) / SAS+B	Komplettes Zerbersten	4 / 34B	13	267,1	251,1	247,1	0,27	70,0**	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) und Fadenbrücken teils komplett abgesprengt, teils noch einseitig an Rissöffnung anhaftend; vgl. u.a. 31 B
		5 / 35B***	10	188,9	172,9	168,9	0,19	8,9	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle an Unterseite geöffnet und seitlich Riss etwas weiter fortgesetzt (weniger als bei 32 B), Fadenbrücken an Oberseite haben sich an der einen Seite abgelöst
		6 / 38B	13	242,4	226,4	22,4	0,24	7,8	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) und Fadenbrücken weniger abgesprengt, als vielmehr gleichmäßig verteilt noch an beiden Rissöffnungsseiten einseitig anhaftend; vgl. u.a. 11 B
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Wölbhöhe von 75 mm stellt den Maximalwert dar (Prüfung nicht rechtzeitig beendet); Wert daher aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen / *** = „Mittelstufe“, d.h. weder nur geknackt, noch komplett zerborsten; daher nicht mit in Statistik aufgenommen							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS+B / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Störleim 20% + Weizen-stärke (warm)13% (1:1) / SAS+B	Komplettes Zerbersten	7 / 39B	12	238,7	222,7	218,7	0,24	68,9**	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) und Fadenbrücken abgesprengt
		8 / 40B	11	223,4	207,4	203,4	0,22	7,4	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle geöffnet und Probekörper komplett durchborsten (Stufe 3; vgl. u.a. 1 B) und Fadenbrücken abgesprengt
		* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Wölbhöhe von 75 mm stellt den Maximalwert dar (Prüfung nicht rechtzeitig beendet); Wert daher aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen							

Fortsetzung **A.12.1 / Tabellen I:** Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS+B / vollständiges Bersten)

Probe	**Prüfung**	**Prüfdauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]*
Störleim 20% + Weizenstärke (warm)13% (1:1) / SAS+B	Komplettes Zerbersten	*Statistik****					
	Arithmetisches Mittel	11,57	226,91	210,91	206,91	0,23	8,45
	Minimalwert	10	200,2	184,2	180,2	0,2	7,4
	Maximalwert	13	267,1	251,1	247,1	0,27	10,3
	Median	11	223,4	207,4	203,4	0,22	8,05
	Varianz	1,2857	590,6347			0,0006	1,6566
	Standardabweichung	1,1338	24,3029			0,0249	1,2871
	Variationskoeffizient	9,80	10,71	11,52	11,57	10,86	15,23
	95%-Vertrauensbereich oben	10,67	207,65	191,65	187,65	0,2102	7,16
	95%-Vertrauensbereich unten	12,47	246,17	230,17	226,17	0,25	9,74
	* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert) / ** = Proben Nr. 3 und Nr. 8 aus Wölbhöhen-Statistik ausgeschlossen / *** = Probe Nr. 5 komplett aus Statistik ausgeschlossen („Mittelstufe“, d.h. weder nur geknackt, noch komplett zerborsten)						

A.12.1 / Tabellen I: Messwert- und Probenprotokoll zur Berstdruckprüfung / SL + WS, warm (SAS+B / erstes Knacken)

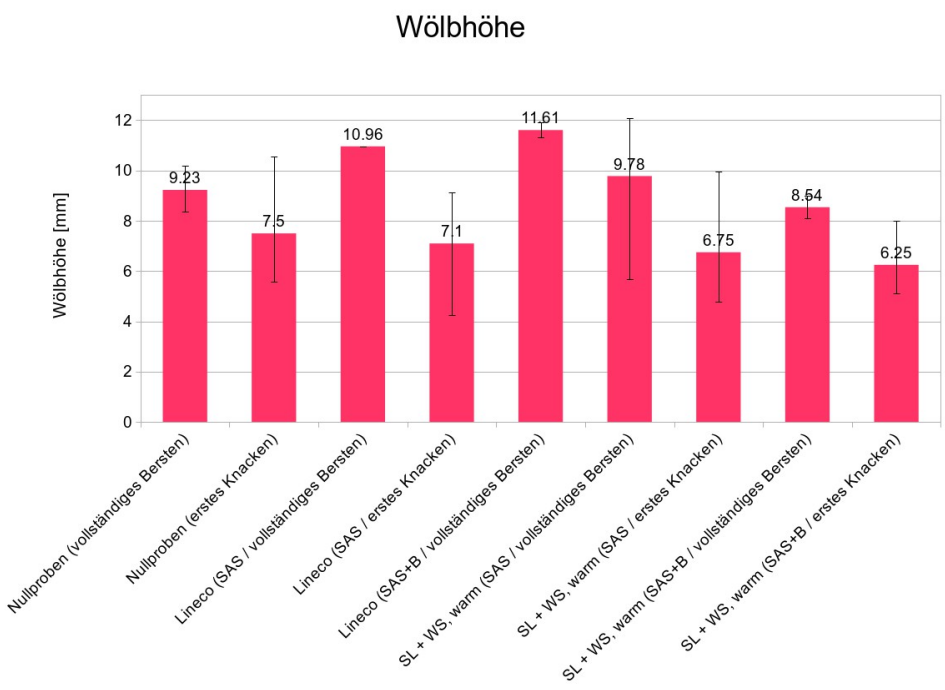
Probe	**Prüfung**	**Nr. / Probe**	**Prüf-dauer** [sec]	**Berstdruck /** unkorrigiert [kPa]	**Berstdruck /** Korrekturbereich [kPa]*		**Berstdruck /** unkorrigiert [MPa]	**Wölbhöhe** [mm]	**Anmerkungen**
Störleim 20% + Weizen-stärke (warm)13% (1:1) / SAS+B	Prüfung bis zum ersten Knacken	1 / 36B	7	121,5	105,5	101,5	0,12	6,1	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle sehr exakt geöffnet an Unterseite, Fadenbrücken an Oberseite haben sich an der einen Seite abgelöst
		2 / 37B	8	145,9	129,9	125,9	0,15	6,4	- nachträgliche Betrachtung: Klebestelle sehr exakt geöffnet an Unterseite (nur ein nebenliegender Faden überdehnt und gerissen), Fadenbrücken an Oberseite haben sich an der einen Seite abgelöst; vgl. 36 B
Statistik									
Arithmetisches Mittel			7,5	133,7	117,7	113,7	0,14	6,25	
Minimalwert			7	121,5	105,5	101,5	0,12	6,1	
Maximalwert			8	145,9	129,9	125,9	0,15	6,4	
Median			7,5	133,7	117,7	113,7	0,135	6,25	
Varianz			0,5	297,68			0,0004	0,045	
Standardabweichung			0,7071	17,2534			0,0212	0,2121	
Variationskoeffizient			9,43	12,90	14,66	15,17	15,15	3,39	
95%-Vertrauensbereich oben			6,38	106,36	90,36	86,36	0,11	5,91	
95%-Vertrauensbereich unten			8,62	161,05	145,05	141,05	0,17	6,59	
* = unkorrigierter Messwert abzüglich 16-20 kPa Korrekturfaktor (Membranwert)									

A.12.2 Grafiken und Diagramme

Das zur Berstdruckprüfung genutzte Gerät lieferte leider keine grafische Darstellung des Prüfungsverlaufs oder zur eigenen Erstellung nutzbare Werte (vgl. u.a. Spannungs-Dehnungs-Diagramme der anderen Prüfungen).

A.12.2 / **Diagramme I:** Berstdruckprüfungen im Überblick

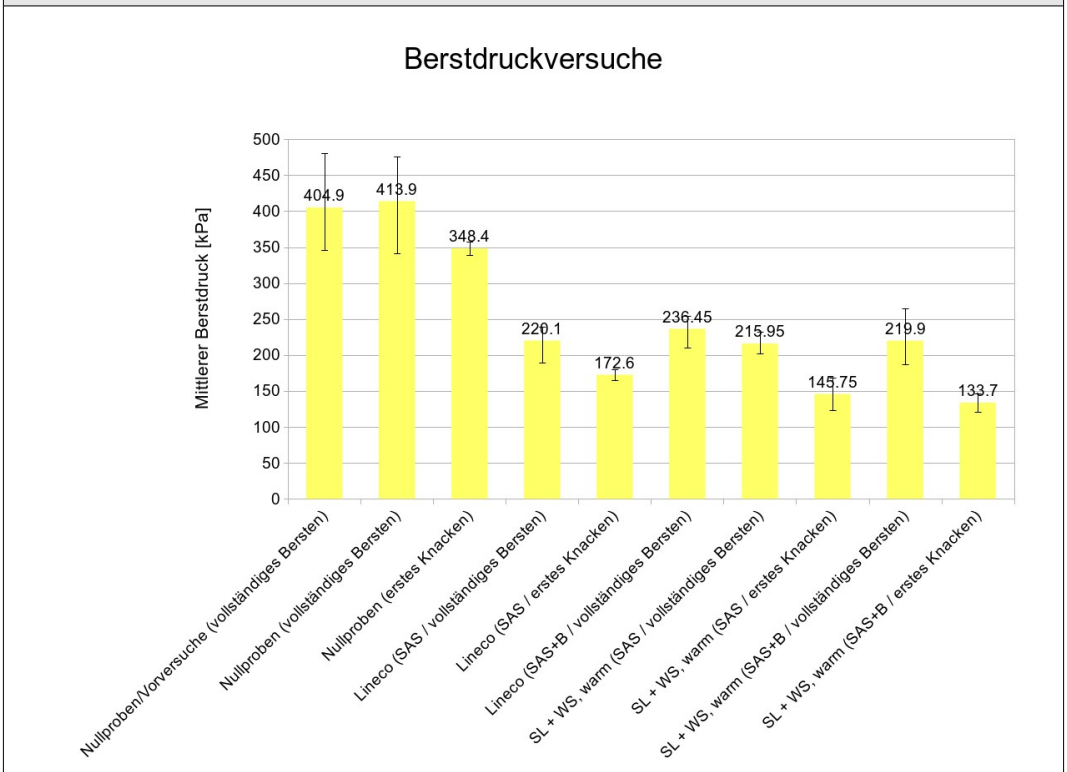
Durchschnittliche Wölbhöhen der Berstdruckprobekörper



Diagr. 01

Fortsetzung **A.12.2 / Diagramme I:** Berstdruckprüfungen im Überblick

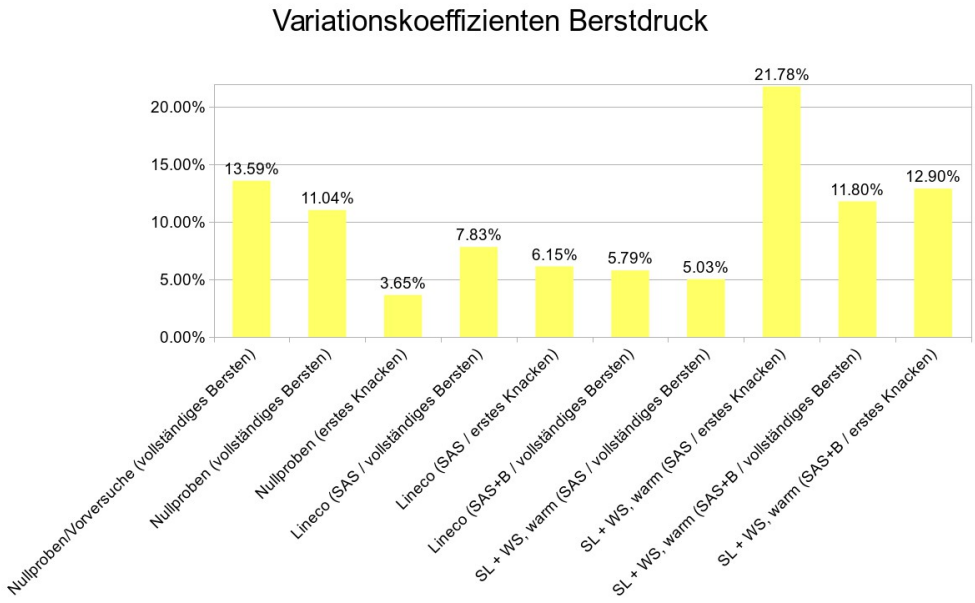
Durchschnittlicher Berstdruck der Berstdruckprobekörper



Diagr. 02

Fortsetzung **A.12.2 / Diagramme I:** Berstdruckprüfungen im Überblick

Variationskoeffizienten des Berstdrucks der Berstdruckprobekörper



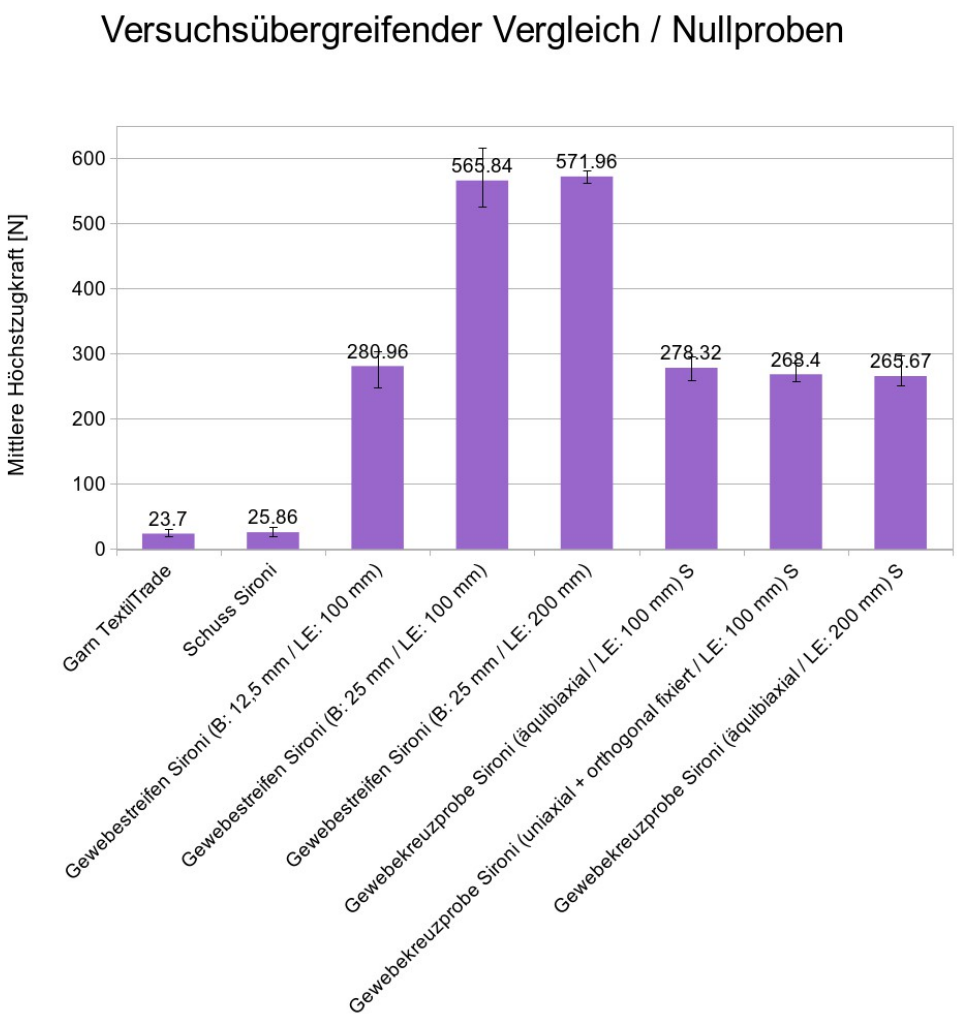
Diagr. 03

Die jeweils mittels Balken illustrierten Werte sind nochmals in den Balken vermerkt;
des weiteren sind die Bereiche zwischen Minimal- und Maximalmesswerten angetragen.

A.13 Auswertung im erweiterten Kontext

A.13 / **Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

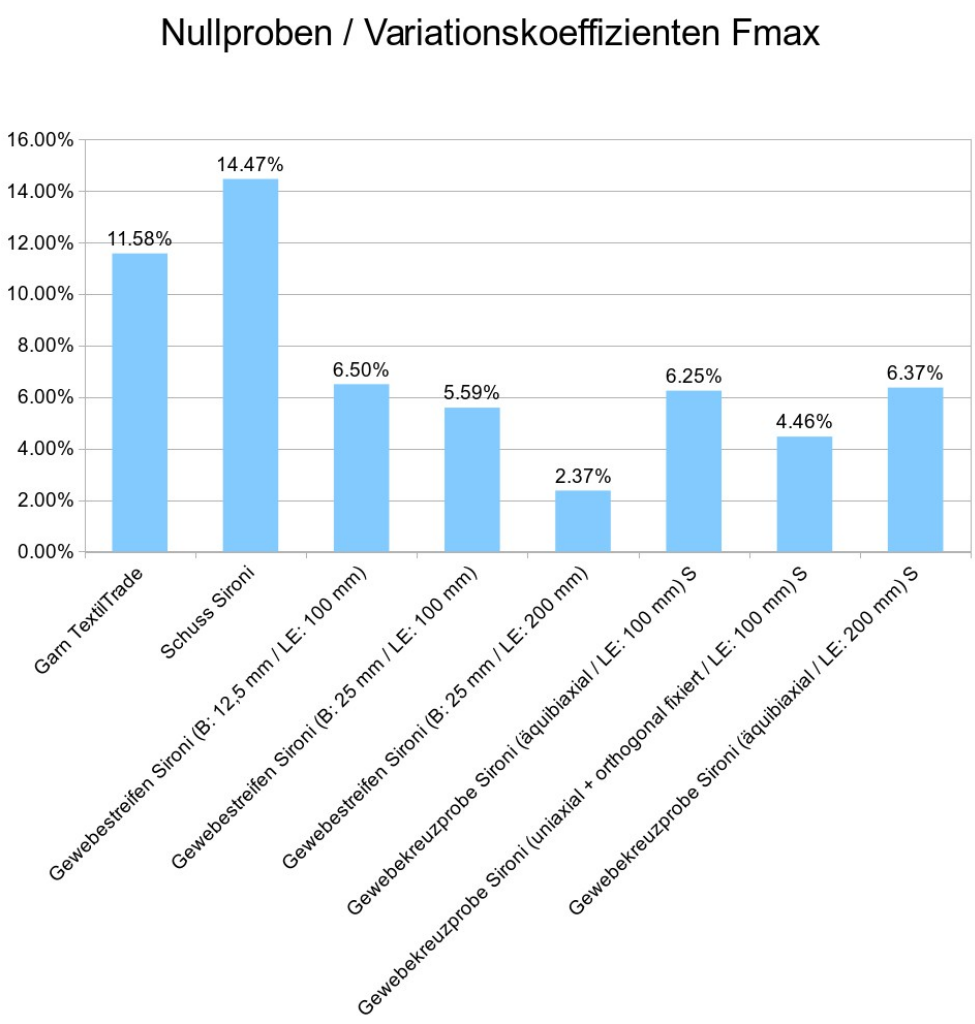
Mittlere Höchstzugkräfte (F_{max}) der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 01: Mittlere Höchstzugkräfte (F_{max}) der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

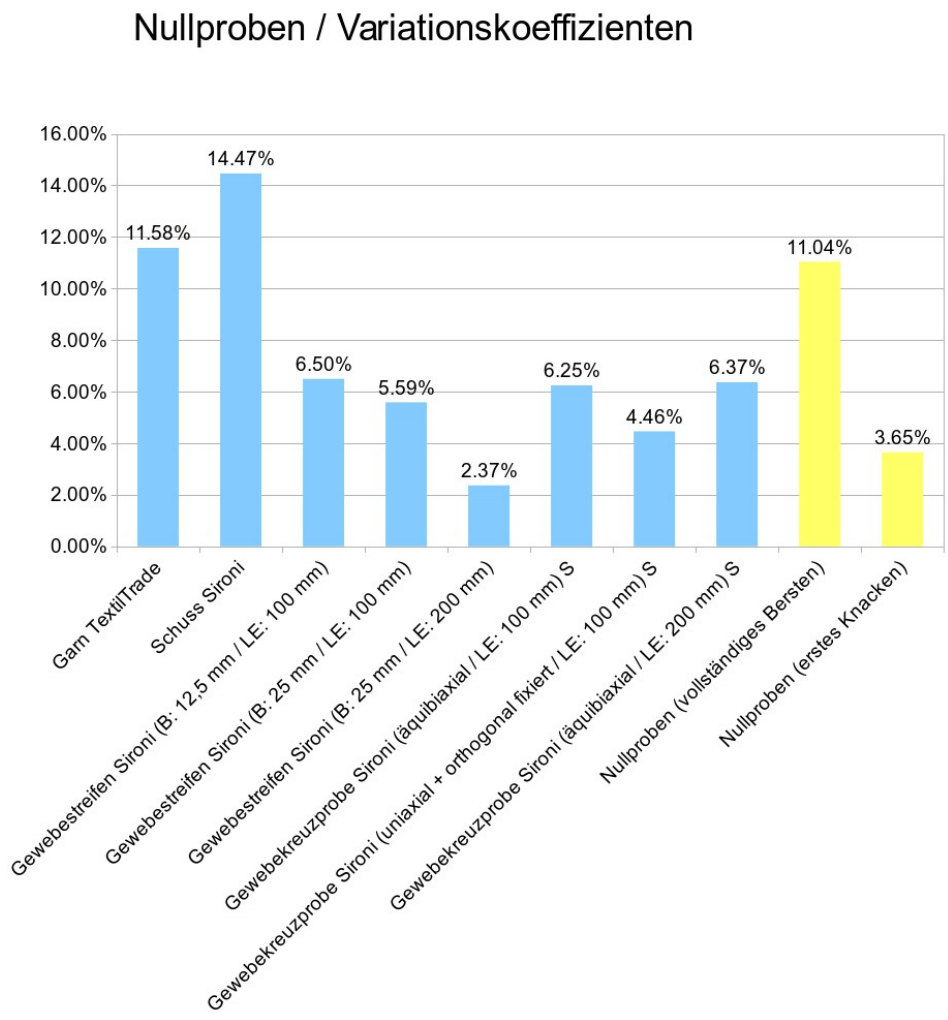
Variationskoeffizienten von F_{max} der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 02: Variationskoeffizienten von F_{max} der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

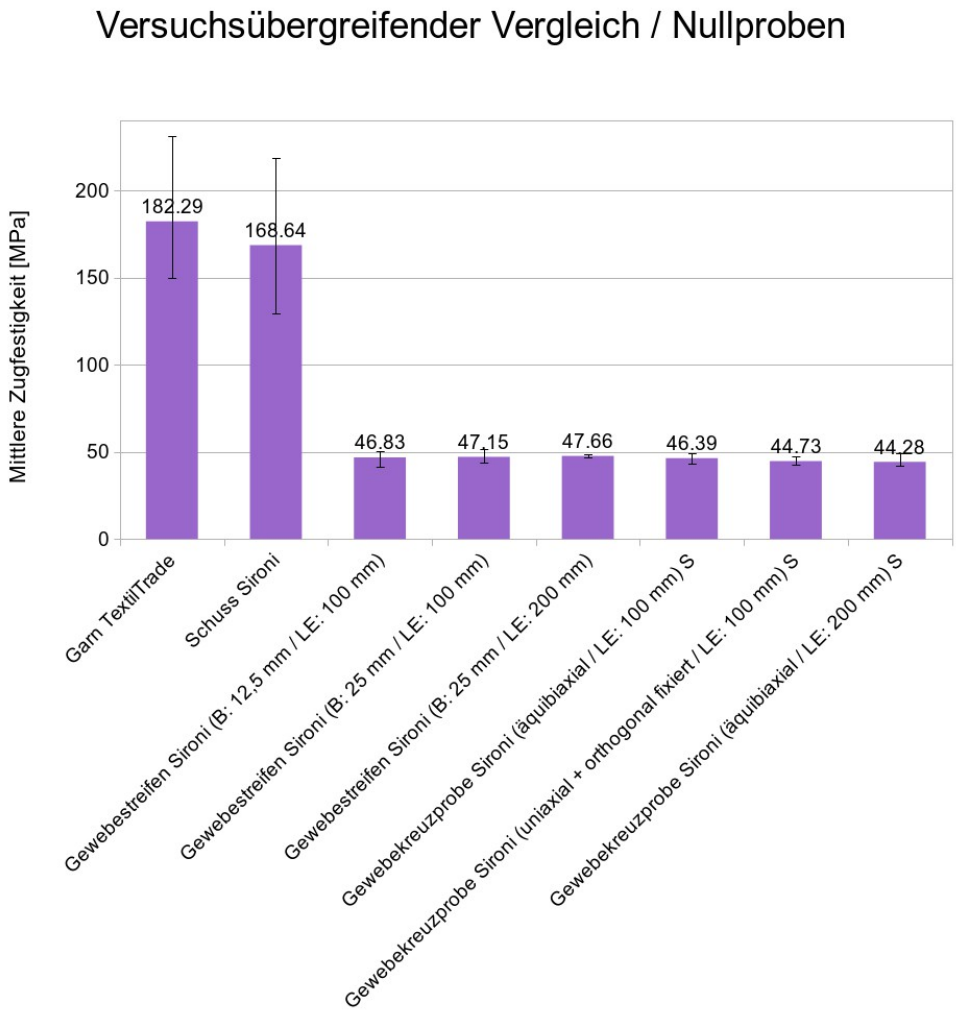
Variationskoeffizienten der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 03: Variationskoeffizienten der Höchstzugkraft der Nullproben (uni- / biaxiale Versuche) sowie des Berstdrucks der Nullproben (Berstdruckprüfung) im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

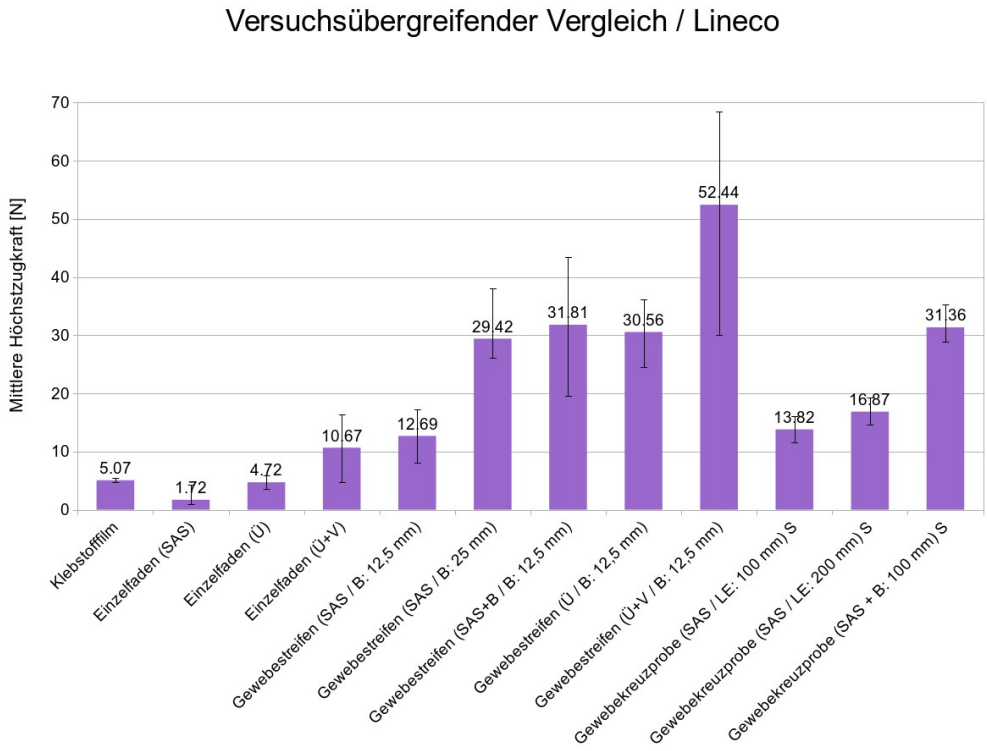
Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 04: Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

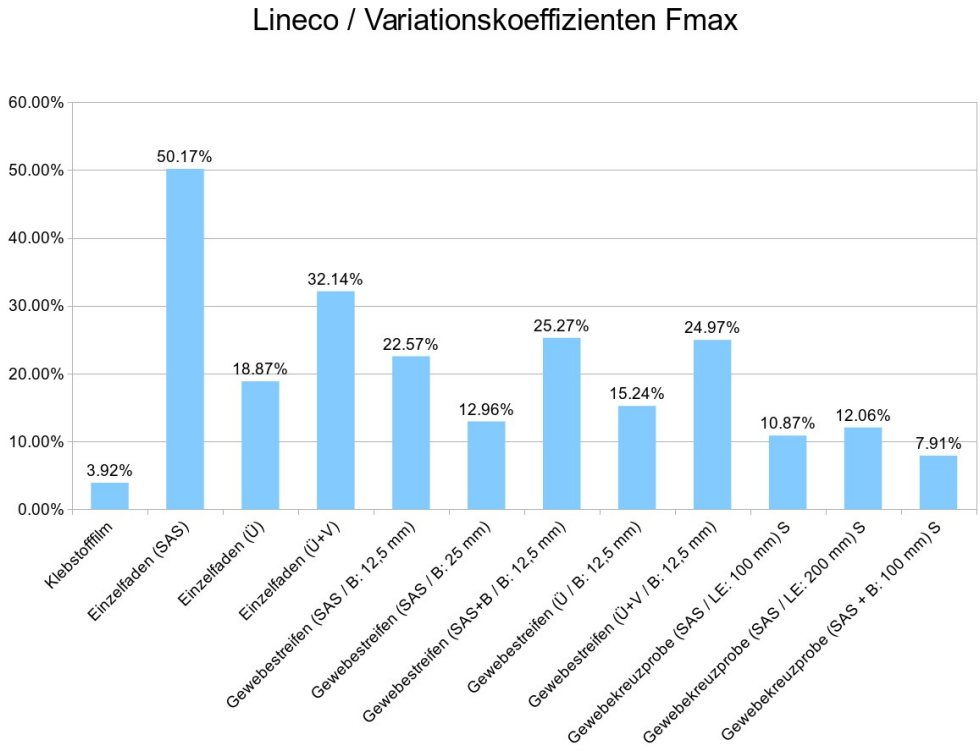
Mittlere Höchstzugkräfte (F_{max}) von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 05: Mittlere Höchstzugkräfte (F_{max}) von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

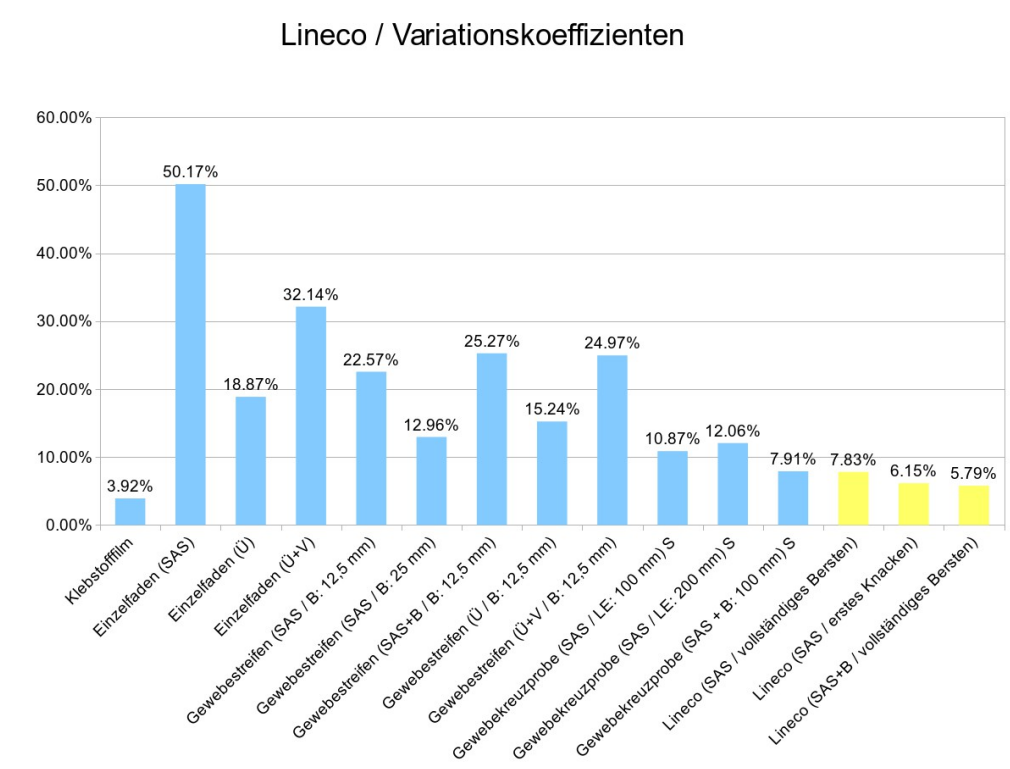
Variationskoeffizienten von F_{max} von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 06: Variationskoeffizienten von F_{max} von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

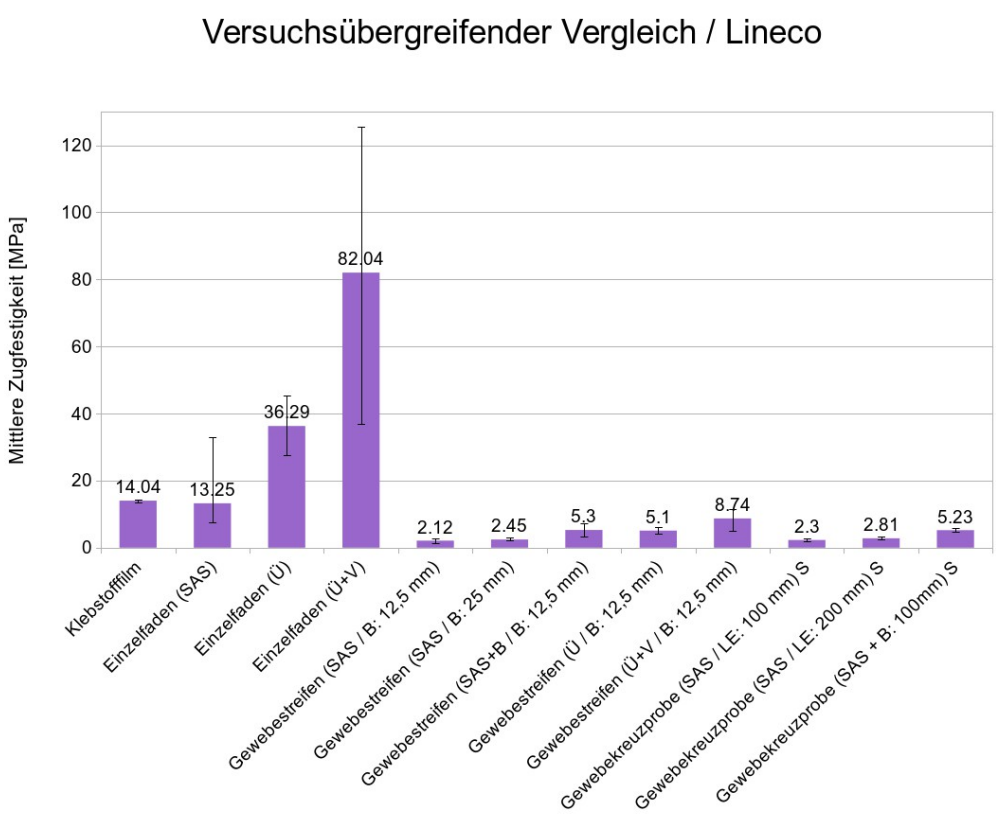
Variationskoeffizienten von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 07: Variationskoeffizienten der Höchstzugkraft (uni- / biaxiale Versuche) sowie des Berstdrucks (Berstdruckprüfung) von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

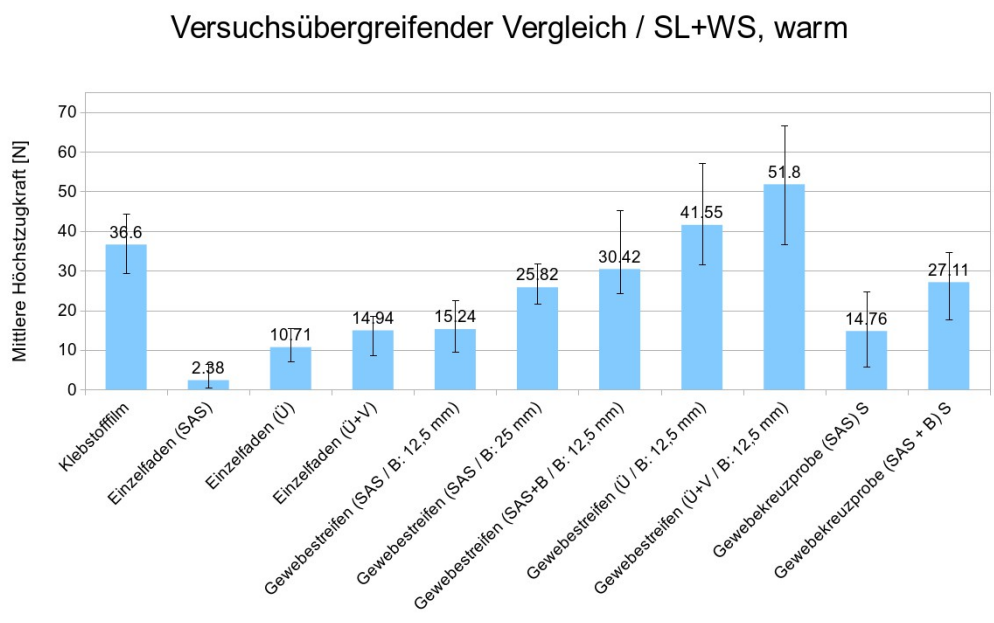
Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 08: Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

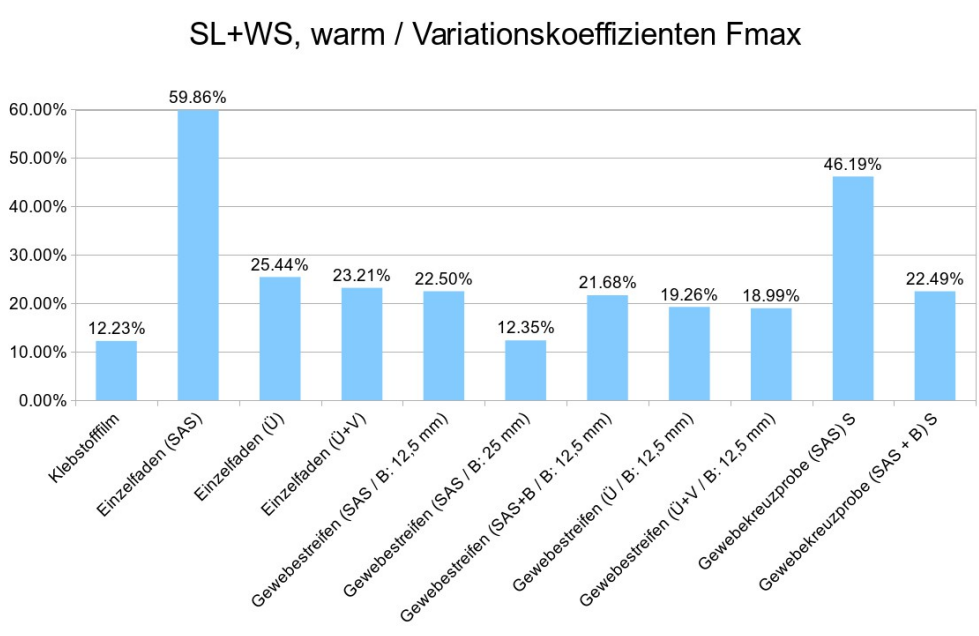
Mittlere Höchstzugkräfte (F_{max}) v. SL+WS (warm) im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 09: Mittlere Höchstzugkräfte (F_{max}) SL+WS (warm) im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

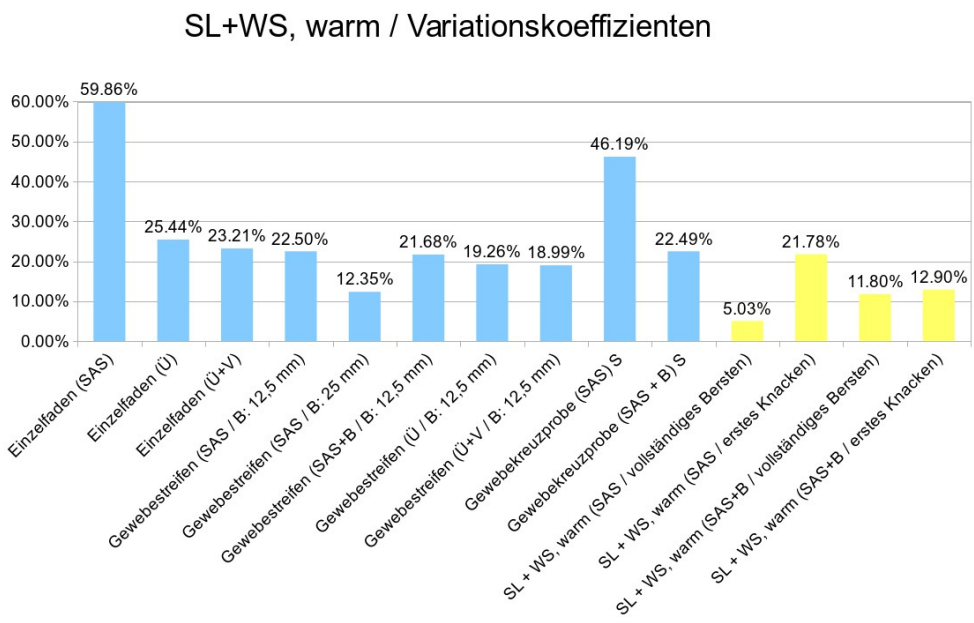
Variationskoeffizienten von F_{max} v. SL+WS (warm) im übergreifenden Vergleich



Diagr. 10: Variationskoeffizienten von F_{max} von SL+WS (warm) im übergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

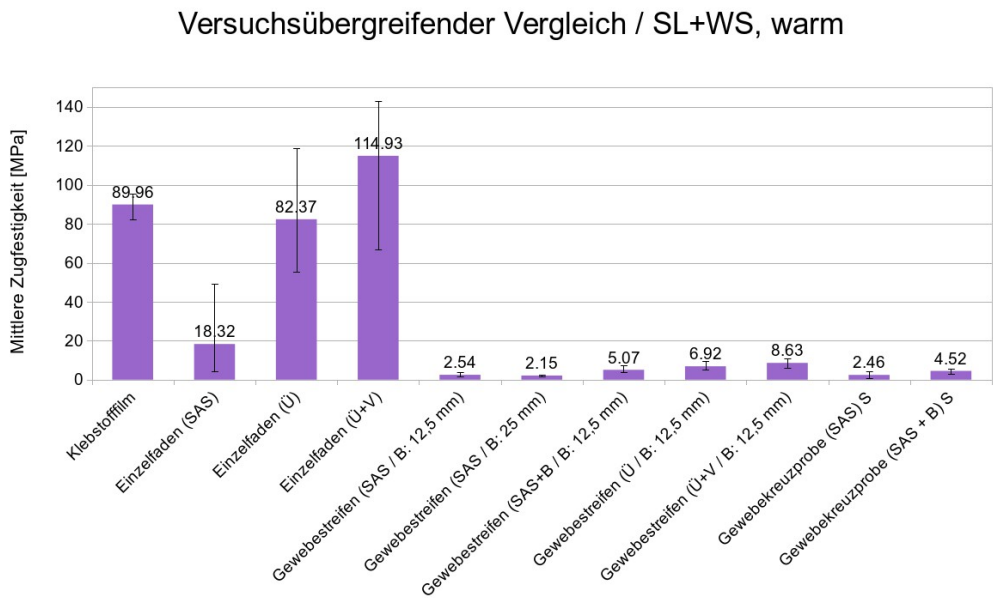
Variationskoeffizienten von SL+WS (warm) im versuchsübergreifenden Vergleich



Diagr. 11: Variationskoeffizienten der Höchstzugkraft (uni- / biaxiale Versuche) sowie des Berstdrucks (Berstdruckprüfung) von SL+WS (warm) im versuchsübergreifenden Vergleich

Fortsetzung **A.13 / Diagramme I:** Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche

Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) von SL+WS (warm) im übergreifenden Vergleich



Diagr. 12: Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) von SL+WS (warm) im übergreifenden Vergleich

A.14 Einstellungen der Prüfgeräte

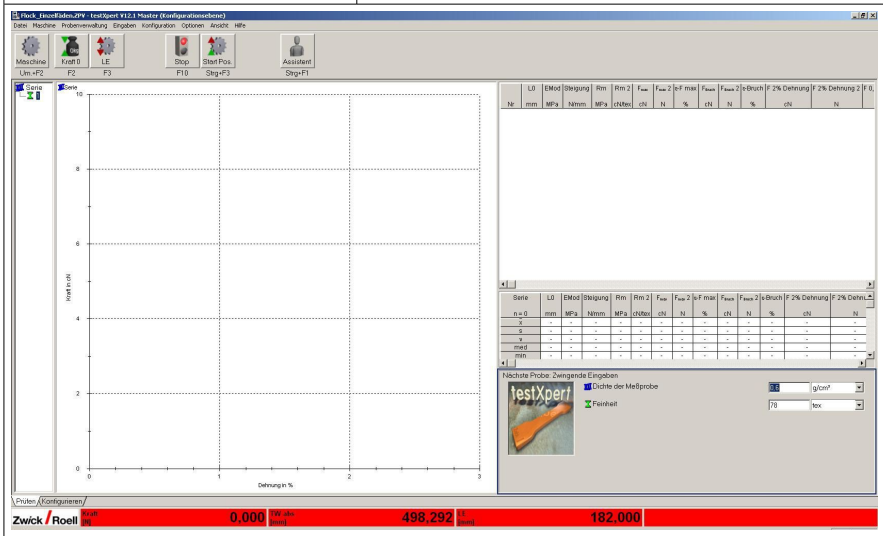
Nachfolgend werden die wichtigsten Grundeinstellungen der genutzten Prüfmaschinen aufgeführt; hierbei wird lediglich auf die sich am CICS befindliche uniaxiale Zwick-Zugprüfmaschine entgegen internen Informationsverlust umfangreicher eingegangen. Für eventuelle Nachfragen hinsichtlich Berstdruckgerät oder Biaxmaschine sind die entsprechenden Kooperationspartner zu kontaktieren (siehe auch A.18.1 / V).

A.14.1 Zwick

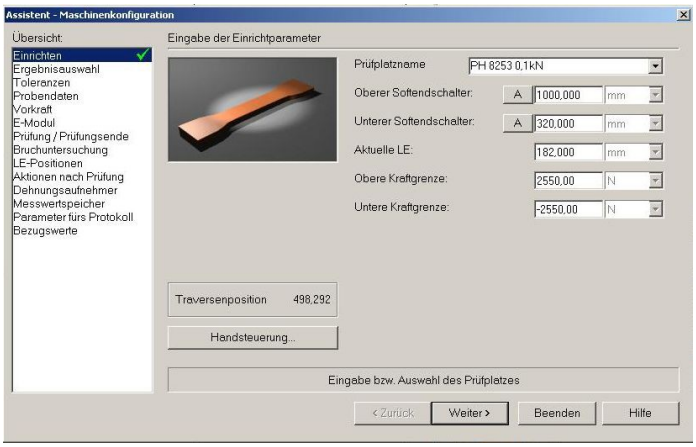
A.14.1 / Tabelle I: Allgemeine Einstellungen und Hinweise

<table>
<tr><th colspan="4">Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software</th></tr>
<tr><td colspan="4">I. Maschinendaten</td></tr>
<tr><td colspan="2">Maschinentyp</td><td>Zwick Universalprüfmaschine „Zwicki“ Typ Z2.5/TN1S</td><td>Maschinen-Nr. 424200 (für Nachfragen / Zwick)</td></tr>
<tr><td colspan="4">II. Einrichten der Maschine</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Kraftaufnehmer (Auswahl: 10 N / 100 N / 2,5 kN)</td><td>Klebstofffilme</td><td rowspan="2">100 N</td></tr>
<tr><td>Einzelfäden</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Gewebestreifen</td><td>100 N (Klebungen)</td></tr>
<tr><td>2,5 kN (Nullproben)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Probenhalter</td><td>Klebstofffilme</td><td rowspan="2">Typ TH240k-S30, Fa. Thümler</td></tr>
<tr><td>Einzelfäden</td></tr>
<tr><td>Gewebestreifen</td><td>Typ 8253, Fa. Zwick</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Klemmbacken</td><td>Klebstofffilme</td><td rowspan="2">Typ TH240k-B100, 30x100 in mm, Fa. Thümler</td></tr>
<tr><td>Einzelfäden</td></tr>
<tr><td>Gewebestreifen</td><td>Typ 8487, 50x60 in mm, Fa. Zwick</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Klemmbackenbeschichtung</td><td>Klebstofffilme</td><td rowspan="3">Mit PMMA-Kleber fixiertes Gummimaterial (vgl. Vulkollan: Polyester-Urethan-Kautschuk)</td></tr>
<tr><td>Einzelfäden</td></tr>
<tr><td>Gewebestreifen</td></tr>
<tr><td colspan="4">III. Kraftaufnehmer- und Probenhalterwechsel</td></tr>
<tr><td>Montage</td><td colspan="3">- Beim Wechsel der Kraftaufnehmer und Probenhalter kann die Maschine ggf. auch eingeschaltet sein.
- Die Drehräder der Probenhalter sind bestenfalls gegenläufig zu montieren, um Bewegungsfreiheit zu garantieren (freundliche mündliche Mitteilung von Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße / CICS, Gespräch am 5.02.2013)
- Beim Wechsel der Halterungen an den Kraftaufnehmern darf kein Drehmoment auf diese wirken (Beschädigungsgefahr)!</td></tr>
</table>

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software	
III. Kraftaufnehmer- und Probenhalterwechsel	
Inbetriebnahme nach Wechsel	- Zur Inbetriebnahme der Maschine nach Umstellung von Kraftaufnehmern / Probenhaltern mit für TestXpert neuen, noch unbekannten Abmessungen: - unter „Maschine“ → gelbes Fenster → Einrichtmenü (Tabelle mit schwarzen Strichen) → li, 2. Zeile „Traverse / Traversenwegaufnehmer“ doppelklicken → neues Fenster: Position / Traversenposition (Button re) → an Maschine abmessen und neuen Wert eingeben. - sowie ergänzend im „Assistent“: Oberer / unterer Softendschalter kontrollieren und „aktuelle LE“ abgleichen (muss dem Luftspalt zwischen den Backen entsprechen) → bestätigen. - auch die Digitalanzeige der Zwicki muss sich angleichen (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Michael Stetter / Fa. Zwick, Telefonat am 3.04.2013)
IV. Prüfungsvorbereitung und Prüfung	
1. Einschalten der Maschine	- Kontrolle der Bewegungsfreiheit der Kabel - Kippschalter an Rückseite der Gerätesäule einschalten → vorderseitiges Display zeigt kurz darauf „Zwicki PC-Control“ - ON-Taste vorderseitig drücken
2. Einschalten des Computers und Öffnen von TextXpert	- anschließend wird der PC gestartet: - Öffnen von „testXpert V12.1“ (unter Programme → Zwick Anwendungen) - Sicherheitshinweis „Einrichten der Maschine“ → bestätigen - unter „Datei → Öffnen“ kann ggf. Prüfvorschrift geladen (.zpv-Datei) oder alte Prüfserie geöffnet werden (.zse-Datei) - Pfad für alle Daten aus TestXpert / Rechner TAF (R.207): Arbeitsplatz → lokaler Datenträger (C:) → Zwick → Txpert → CL → data → [alle .zpv + .zse]
 Abb. 01	Abb. 01: Ansicht der Bedienoberfläche der zur Zwick-Zugprüfmaschine zugehörigen Software TestXpert (V 12.1).

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software
3. Einrichten und Modifikation der Prüfvorschrift im Assistenten
- Soll eine komplett neue Prüfvorschrift angelegt werden, finden sich die Grundeinstellungen für den einfachen Zugversuch zur Höchstzukraftbestimmung-Bestimmung in der Prüfvorschrift „fmaxzug.zpv“ von Zwick → diese Vorschrift dient ggf. als Vorlage zur Generierung eigener Prüfvorschriften mittels der Konfigurationseinstellungen (→ unter „Maschine“ - „Einrichtdialog“ Kraftaufnehmer auszuwählen usw.; freundliche mündliche Mitteilung von Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße / CICS, Gespräch am 5.02.2013) / - alternativ bietet sich die Modifikation eine der bereits am CICS für Zugversuche erfolgreich angewandten Prüfvorschriften an - sollen unterschiedliche Prüfungen später miteinander verglichen werden, sollten für diese zwecks späteren Vergleichs immer die gleichen Parameter in u.a. Vorkraft, Prüfgeschwindigkeit, Kraftabschaltschwelle etc. gewählt werden; bestenfalls werden bekannte Normen und Standards als Grundlagen genutzt (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Jethon / Fa. Zwick, Telefonat am 4.06.2013) - unter „**Assistent**“ lassen sich alle Einstellungen der Vorschrift nachvollziehen und ggf. ändern:
WICHTIG: Über Betreffendes Markieren + „F1“ → jederzeit umfangreiche Hilfe einsehbar!
3.1 Maschinenkonfiguration / Einrichten Öffnen unter „Assistent“ → Fenster öffnet sich über Hauptoberfläche (Abb. 02)      Abb. 02
- Das Programm sollte automatisch erkennen, welcher Kraftaufnehmer angeschlossen ist* - „aktuelle LE“: Gibt den Abstand der Klemmbacken an; hier muss beim späteren Versuch die Prüflänge eintragen sein - „oberer und unterer Softendschalter“: gewährleisten den mechanisch ausgelösten Maschinenstop im Falle keines rechtzeitigen Prüfungsabbruchs (wie voreingestellt zu belassen bzw. bei Umrüstung so zu wählen, dass keine Schäden entstehen können) - „obere und untere Kraftgrenze“: auf Wunsch lassen sich im Messbereich des Kraftaufnehmers untere und obere Kraftgrenzen festlegen (im Rahmen dieser Prüfungen nicht durchgeführt)
* = Hinweis: In den Arbeiten von REUBER und BALTSCHEIT wird fälschlicherweise der 10 N-Kraftaufnehmer zur Einzelfadenprüfung genannt; da die gemessenen Werte 10 N jedoch teils bei Weitem überschreiten, kann nur ebenfalls mit dem 100 N-Aufnehmer gearbeitet worden sein. Woher der Fehler resultiert, ist unklar. In jedem Fall sollte die automatische Kraftaufnehmer-Erkennung als sichtbare Umstellung in TestXpert kontrolliert werden.

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software

3.2 Ergebnisauswahl

In der Ergebnisauswahl werden die zu ermittelnden Werte eingestellt, welche auch automatisch von TestXpert in der Prüfserie sowie letztlich im erstellten Standardprotokoll aufgeführt werden (Abb. 03)

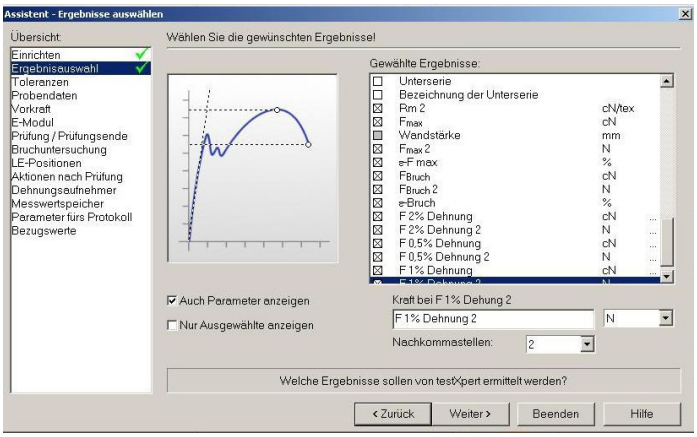


Abb. 03

- Hier lassen sich ggf. auch die angezeigten Einheiten der Parameter vorab variieren (bspw. N statt cN)
- je nach Probenart (vgl. eingegebene Daten / 3.4) ändern sich ggf. auch die freigeschalteten Ergebnisse der Auswahl; so werden bspw. beim angegebenen tex-Wert unter „Garn“ für die Einzelfadenprüfung andere Messergebnise optional möglich, als lediglich über die vereinfachende Auswahl „Rundprobe“ (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Jethon / Fa. Zwick, Telefonat am 4.06.2013)
- um auch eigene Ergebnisse neu anzulegen:
unter „Konfiguration“ → „erweiterte Ergebnisse anlegen“ → „Neu“ einstellbar (bspw. Anzeige bestimmter Kraft unter bestimmter Dehnung) /
- um Ergebnisse in unterschiedlichen Einheiten anzuzeigen, unter „Konfiguration“ → „Ergebnisse bearbeiten“ Ergebnis zum Duplizieren auswählen und bei Duplikat Einheit auswählen → Ergebnis jetzt im Assistenten mit auswählbar
(ACHTUNG: wird die Kraft dupliziert, erscheint „Rm“ statt „F“ in der Liste → der Wert ist aber nicht automatisch die Zugfestigkeit, sondern nur, wenn auch Einheit N/mm² ausgewählt wird)

Als Ergebnisse wurden jeweils ausgewählt:

(zur Auswahl, siehe auch unter 3.6)

Parameter		Klebstofffilme	Einzelfäden	Gewebestreifen
E-Modul	MPa	x	x	x
Steigung	N/mm	x	x	x
Zugfestigkeit	MPa	x	x	x
	cN/tex	-	x	x
Höchstzugkraft	N	x	x	x
	cN	-	x	x
Höchstzugkraftdehng.	%	x	x	x
Bruchkraft	N	x	x	x
	cN	-	x	x
Bruchkraftdehnung	%	x	x	x
Kraft bei X% Dehnung (0,5 / 1 / 2 %)	N	x = 2	x = 0,5 / 1 / 2	x = 2
	cN	-	x = 0,5 / 1 / 2	x

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software

3.3 Toleranzen

Es wurde ohne entsprechende Toleranzangaben gearbeitet, daher bleiben die Einstellungen unverändert (Abb. 04)

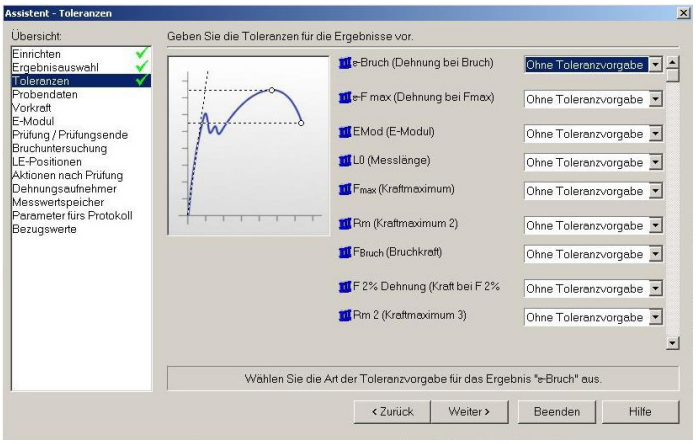


Abb. 04

Die Einstellungen unter „Toleranzen“ nehmen keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Messergebnisse o.ä., sondern modifizieren ggf. lediglich die grafische Darstellung (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Jethon / Fa. Zwick, Telefonat am 4.06.2013)

3.4 Probendaten

Es erfolgte die Eingabe folgender Probendaten (vgl. Abb. 05 exemplarisch für die Einzelfäden):

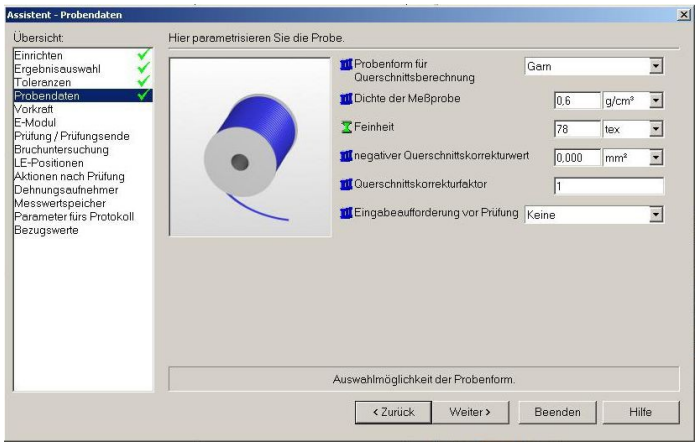


Abb. 05

Eingabe	Klebstofffilme	Einzelfäden		Gewebestreifen	
Probenform	Flachprobe	Garn		Textil, Pappe	
Spezifikation	Dicke: 0,065 mm*	0,6 g/cm³		Dicke: 0,48 mm	
	Breite: 6 mm	78 tex	92 tex	Breite: 12,5 mm	Breite: 25 mm
				156 g/m²	
Negativer Querschnittskorrekturwert	0 (mm²)	0 (mm²)		0 (mm²)	
Querschnittskorrekturfaktor	1	1		1	
Eingabeaufforderung	normal*	keine		keine	
	* = genaue Dickeneingabe erfolgt je Probe vor Prüfungsbeginn, d.h. Wert ggf. korrigierbar				

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software

3.4 Prodendaten / Fragestellung „Garn“ oder „Rundprobe“ für Einzelfadenprüfung:

Bisher war es bei der Durchführung von Zugversuchen an Einzelfäden am CICS (vgl. u.a. jüngste Arbeiten von REUBER 2010, VOGEL 2010 oder BALTSCHEIT 2011) üblich die Einstellung „Rundprobe“ statt „Garn“ in TestXpert auszuwählen.
Diese Auswahl erfordert keine Eingabe des tex-Werts, sondern lediglich des Fadenquerschnitts. Da das Leinengarn jedoch keinen exakt gleichmäßigen, vollständig runden Durchmesser (wie bspw. Metalldrähte o.ä.) besitzt, sind sämtliche in der Messung oder Ergebnisermittlung auf den Querschnitt bezogenen Werte verfälscht und starke Streuungen zu erwarten.
Beim tex-Wert hingegen ist ein dem Material näherer Durchschnittswert mit niedrigeren zu erwartenden Abweichungen zu erwarten, welche dann in jedem Fall mit den üblichen Schwankungen des Naturprodukts, der Produktionsweise o.ä. statt den Prüfeinstellungen zusammenhängen (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Matthias Jethon / Fa. Zwick, Telefonat vom 11.03.2013).

3.5 Vorkraft

Es erfolgte die Eingabe folgender Parameter (vgl. Abb. 06 exemplarisch für die Einzelfäden):

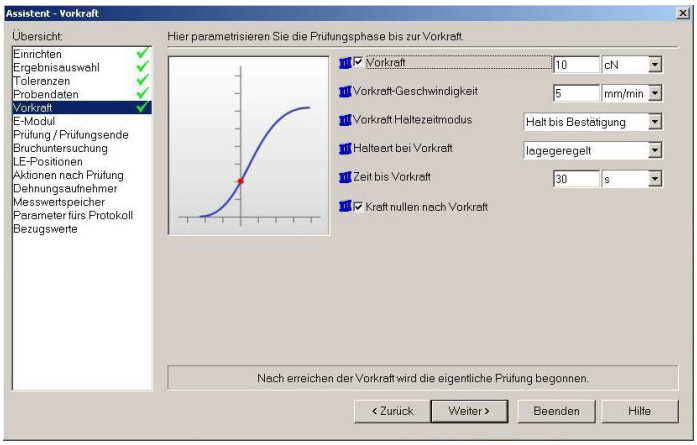


Abb. 06

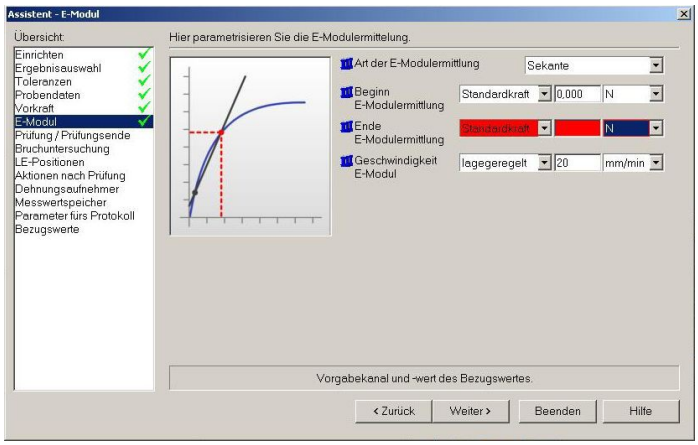
Eingabe	Klebstofffilme*	Einzelfäden	Gewebestreifen
Vorkraft	10 cN	10 cN**	10 cN***
Vorkraft-Geschwindigkeit	1 mm/min	5 mm/min	5 mm/min
Vorkraft Haltemodus	Halt bis Bestätigung	Halt bis Bestätigung	Halt bis Bestätigung
Halteart bei Vorkraft	lagegeregelt	lagegeregelt	lagegeregelt
Zeit bis Vorkraft	120 sec.	30 sec.	30 sec.
Kraft nullen nach Vorkraft	aktiviert	aktiviert	aktiviert

* = leicht abweichende Einstellungen in Geschwindigkeit und Dauer auf Grund unterschiedlicher Vorgaben in alter Prüfvorschrift zur Filmprüfung; sollte für weitere vergleichende Tests ggf. Einzelfäden / Gewebestreifen angeglichen werden

** = BALTSCHEIT arbeitete mit 30 cN und 1N; diese Werte sind jedoch zu hoch angesetzt und verfälschen die Messergebnisse unnötig

*** = eigentlich gemäß Norm 200 cN (DIN 13934-1 / 13935-1) und dieser höhere Wert für ausreichende Vorspannung der Gewebestreifen vorzuziehen; lediglich für vergleichende Tests so gering gewählt.
Da eine gleiche Vorkraft sich letztlich fast nur auf die Dehnung auswirkt und so Vorteile beim Vergleich der Spannungs-Dehnungs-Diagramme bietet, ließen sich ggf. auch unterschiedliche Vorkräfte vertreten (freundliche mündliche Mitteilung von Frau Hanak / Fa. Zwick, Telefonat am 19.06.2013).

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software				
3.5 Vorkraft				
- Die Vorkraft dient einer minimalen Vorspannung, um einem „Durchhängen“ des Kurvenverlaufs bei der Prüfung vorzubeugen sowie immer unter gleichen Einspann-voraussetzungen prüfen zu können (andernfalls immer unterschiedliche Vorkräfte bedingt durch variierende händische Einspannung bzw. alternativ über angehängtes Gewicht zu regulieren); sie sollte daher so hoch wie nötig und gering wie möglich gewählt werden - durch anschließendes „Nullen“ beginnt jede Prüfung unter den gleichen Voraussetzungen ungeachtet zuvor unterschiedlicher „Weg- und Dehn-Erfordernisse“ beim Erreichen der Vorkraft - als Anhaltspunkt kann man sich bei der Wahl der Vorkraft an etwa 0,1-1% der zu erwartenden Maximalkraft orientieren (der Wert muss dabei im Messbereich des ausgewählten Kraftaufnehmers sein → vgl. Problematik: 2,5 kN-Aufnehmer und 0,1 N Vorkraft bei Streifen) - generell gilt, dass die Vorkraftgeschwindigkeit < der letztlichen Prüfgeschwindigkeit sein muss - es ist ggf. ein Halt nach Vorkraft zu empfehlen (s.o.), um so die eingespannte Probe vor der letztlichen Prüfung kontrollieren zu können (war ggf. ein Rutschen zu beobachten o.ä.?) → spez. im Falle der Fäden und Gewebestreifen sollte dann recht unmittelbar nach Erreichen der Vorkraft das Fortsetzen der Prüfung bestätigt werden, da die Kräfte sonst sehr schnell wieder abfallen - erreicht das Gerät die eingestellte Vorkraft nicht in der hier angegebenen Zeit, meldet dies TestXpert mittels sich öffnendem Fenster und ermöglicht eine Wiederholung - allg. sollte zudem bei jeder Auswahloption immer „lagegeregelt“ gewählt werden, d.h. die Traverse fährt konstant mit Weg pro Zeit; es ist auch kraftgeregelt (Kraft pro Zeit) möglich, was sich für unsere Zwecke jedoch allgemein weniger anbietet (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Thomas Bertulis / Fa. Zwick; 23.10.2012).			
3.6 E-Modul Das rote Feld (Abb. 07) visualisiert die erst **nach** allen Prüfungen mögliche, nachträgliche Korrektur der E-Modulbestimmung gemäß der unten beschriebenen Einstellungen anhand Minimal-Fmax der Proben: Vorab wird sich mit der Einstellung „Regression, 0 N bis 95 %“ beholfen	 Abb. 07			

Eingabe		Klebstofffilme	Einzelfäden	Gewebestreifen
Art der E-Modul-Ermittlung		Sekante		
Beginn / Ende	angestrebt	Standardkraft / 0 N – Minimalwert aller gemessenen Fmax der Probenreihe		
	alternativ	ab 0,1 / 0,2 N*	-	-
Geschwindigkeit E-Modul		50 mm/min**	20 mm/min	20 mm/min

* = siehe hierzu auch Tabelle II

** = von Einzelfäden / Gewebestreifen abweichender Wert auf Grund ebenfalls erforderlicher abweichender Prüfgeschwindigkeit (vgl. 3.7)

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software
3.6 E-Modul / Einstellungen
- Der E-Modul ist ein Maß für die Steigung im geradlinigen (Anfangs-) Teil der Spannungs-Dehnungs-Kurve; er wird aus einer Spannungsdifferenz und der dazugehörigen Dehnungsdifferenz berechnet - prinzipiell sind drei verschiedene Ermittlungsalgorithmen in TestXpertmöglich: Sekante, Tangente und Regressionsgerade - die Einstellung „Regression“ soll die Berechnung des E-Moduls aus der idealsten Gerade und so genauere Werte als die Berechnung über Sekante oder Tangente ermöglichen (generell kann ggf. jedoch für z.B. Elastomere auch die Auswahl „Sekante“ sinnvoll sein; freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Thomas Bertulis / Fa. Zwick; 23.10.2012) - der E-Modul sollte im geradlinigen Anfangsteil der Kurve ermittelt werden; hierzu sind die Parameter Beginn und Ende E-Modulermittlung entsprechend in der gleichen Einheit, bestenfalls in cN / N zu wählen (→ in **alten** Prüfvorschriften findet sich ungünstiger Weise häufig der Wert 0,5 N/mm² [Einzelfäden] oder 5 N/mm² [Klebstofffilme/Gewebestreifen] zum E-Modul-Beginn) - die Geschwindigkeit zur E-Modul-Ermittlung sollte am besten möglichst langsam gewählt sein, muss jedoch gleichzeitig der allgemeinen Prüfgeschwindigkeit entsprechen - HINWEIS: Allgemein muss ohne Nutzung von Dehnungsaufnehmern der errechnete E-Modul-Wert angezweifelt werden; eigentlich wäre in diesem Fall nur eine „Steigung“ (N/mm) sinnvoll zu erheben (freundliche mündliche Mitteilungen von Herrn Jethon / Fa. Zwick, Telefonat vom 4.06.2013, sowie Frau Hanak / Fa. Zwick, Telefonat am 19.06.2013) - sämtliche von den E-modul-Einstellungen im Assistenten abhängige Ergebnisse lassen sich nachträglich noch ändern und so ggf. auch unterschiedlich ermittelte Werte gegenüberstellen → siehe hierzu auch die nachfolgende **Tabelle II**
3.6 E-Modul / Spezialfall Textilprüfung:
- In der Textilprüfung sollte besser N/mm als Steigung statt E-Modul in N/mm² angegeben werden → denn sobald [...]², werden die Werte mit dem (uneinheitlichen) Faden- bzw. Proben-Querschnitt verrechnet, was sich insbesondere bei der Prüfeinstellung „Rundprobe“ nachteilig auswirken kann bis tatsächlich falsche Ergebnisse verursacht - hinzu kommt, dass es in der Garn- sowie allgemein Textil-Prüfung eigentlich keinen E-Modul gibt → der „E-Modul“ ist dann zwar bei den Proben untereinander ein möglicher Vergleichswert, aber allg. nicht mit „echten“ E-Modulen, bspw. der Metallprüfung vergleichbar! - Im Falle der tex-Angabe wird der zur E-Modul-Berechnung notwendige Querschnitt folgendermaßen von TestXpert errechnet: Titer/Dichte = Querschnitt in mm² → daher besser den errechneten Querschnitt immer verzeichnen, damit Ergebnisse in MPa oder N/cm² nachvollziehbar sind - bei der Gewebeprüfung werden die Werte hingegen auf den einfachen Querschnitt bezogen (~ Ingenieursspannung, da kein Faktor o.ä. zur Darstellung des verringerten Probenquerschnitts während der Prüfung genutzt: Kraft/Probenquerschnitt (axb) für N/mm²) - weiterer Kontext: nach DIN 2062 sollte auch cN bzw. N/tex statt der Zugfestigkeit in N/mm² bei Garnen angegeben werden → da die Dichte des Garns quasi nicht ermittelbar bzw. der Querschnitt nicht ermittelbar (scheinbar existiert keine DIN o.ä. zur „Dichtebestimmung an Garnen“) → daher alle auf den Querschnitt bezogenen Werte bei Garnen unüblich (→ man würde ggf. alternativ mit N/mm + N/tex arbeiten: vgl. auch 3.2) - daher ist auch die eigene Dichteberechnung des Fadens anzuzweifeln; vgl. auch unter A.4.1 (freundliche mündliche Mitteilungen Frau Hanak und Herrn Günster / Fa. Zwick, Telefonat am 19.06.2013).

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software

3.7 Prüfung und Prüfungsende

Die nebenstehende Abb. 08 zeigt die übliche Auswahl der Einstellungen:

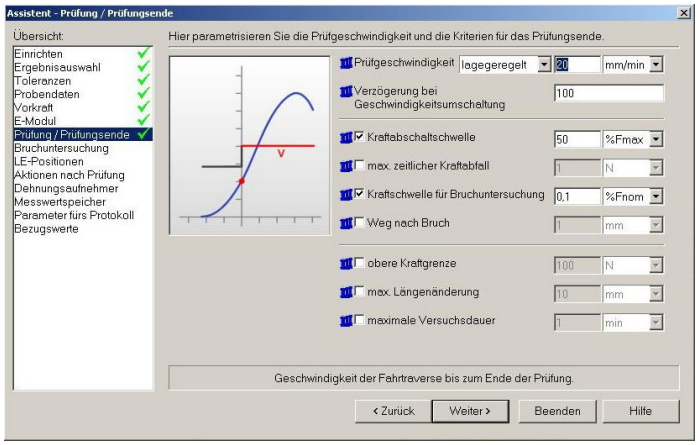


Abb. 08

Eingabe	Klebstofffilme	Einzelfäden	Gewebestreifen
Prüfgeschwindigkeit	lagegeregelt		
	50 mm/min*	20 mm/min**	20 mm/min
Verzögerung bei Geschwindigkeitsumschaltung	100		
Kraftabschaltschwelle	50% Fmax		
Kraftschwelle für Bruchuntersuchung	0,1% Fnom		
Maximale Versuchsdauer	3 Min.	-	-

* = abweichender Wert, da mit niedrigeren Zuggeschwindigkeiten oftmals kein Bruch in sinnvoller Versuchsdauer erzielbar (teils extrem dehnbare und weiche Filme)

** = BALTSCHEIT reduzierte auf Rat von Herrn Christian Ihns (Baustofflabor / FH Köln) die bei u.a. REUBER genannte Prüfgeschwindigkeit von 20 mm/min auf 5 mm/min, um die starken Streuungen zu verringern, da prinzipiell gilt: je langsamer, desto genauer. Dies führte jedoch nicht zur erwünschten Verbesserung (freundliche mündliche Mitteilung von Frau Dipl.-Rest. Petra Demuth / CICS, Gespräch vom 17.06.2013). Daher wurde der Wert der Prüfgeschwindigkeit von uniaxial geprüften Gewebestreifen und biaxial geprüften Kreuzproben wieder angeglichen.

- da die Kraftabschaltschwelle das Prüfungsende definiert, kann sie mitunter Grund für nicht erkannte Probenbrüche sein (→ im Falle von nicht erkannten Brüchen in Vortests an Klebststofffilmen lag es jedoch am für die messbaren Kräfte zu großen Kraftaufnehmerbereich von zunächst noch 2,5 kN; wurde dann auf 100 N geändert)
- bei federnden Materialien wird hier im Menüfenster zudem „Weg nach Bruch“ eingegeben
- bei ggf. Nutzung des 10N-Kraftaufnehmers muss hier zu dessen Schutz zudem unter „obere Kraftgrenze“ der Wert 9,9N eingegeben werden
- die Kraftabschaltschwelle definiert, dass nach Abfall der Maximalkraft nur noch bis X % von Fmax geprüft wird; die Bruchkraftschwelle ist hierbei zudem so einzustellen, dass auch nach ersten Unregelmäßigkeiten ggf. noch weitergemessen wird, statt bspw. bei minimalen Erschütterungen einen Bruch anzuzeigen (0,1% Fnom ist hierbei die Regel; freundliche mündliche Mitteilung von Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße / CICS, Gespräch am 5.02.2013)

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software

3.8 Bruchuntersuchung

Die nebenstehende Abb. 09 zeigt die allgemein üblichen Einstellungen:

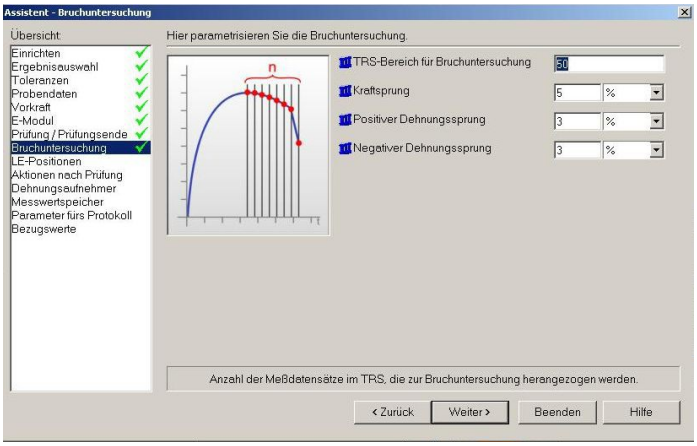


Abb. 09

Eingabe	Klebstofffilme	Einzelfäden	Gewebestreifen
TRS-Bereich für Bruchuntersuchung	50		
Kraftsprung	5 %		
Positiver Dehnungssprung	3 %		
Negativer Dehnungssprung	3 %		

- Unter „Systeminfo“ → „TRS“ lassen sich alle Werte und Zeilen der Versuche nachvollziehen; mehrere 100 bis 1000 Messzeilen sind in Ordnung, bei weniger / mehr sollte der TRS-Speicher ggf. anders eingestellt werden (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Jethon / Fa. Zwick, Telefonat am 4.06.2013)
- die Grenzen „positiver / negativer Dehnungssprung“ definieren ebenfalls eine mögliche Brucherkennung bei diesen Werten
- die Einstellungen unter „Bruchuntersuchung“ sind jedoch allgemein eher für das Arbeiten mit Dehnungsaufnehmern relevant (→ Möglichkeit besteht am CICS jedoch nicht; freundliche mündliche Mitteilung von Frau Hanak / Fa. Zwick, Telefonat am 19.06.2013)

3.9 LE-Position

Exemplarische Darstellung bei einer Einspannlänge von 100 mm (Abb. 10):

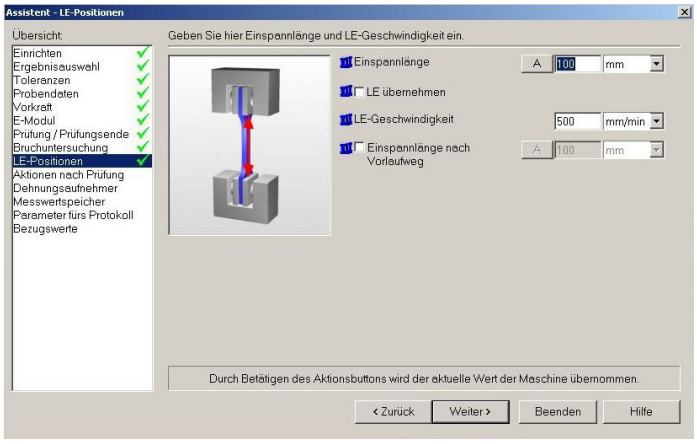
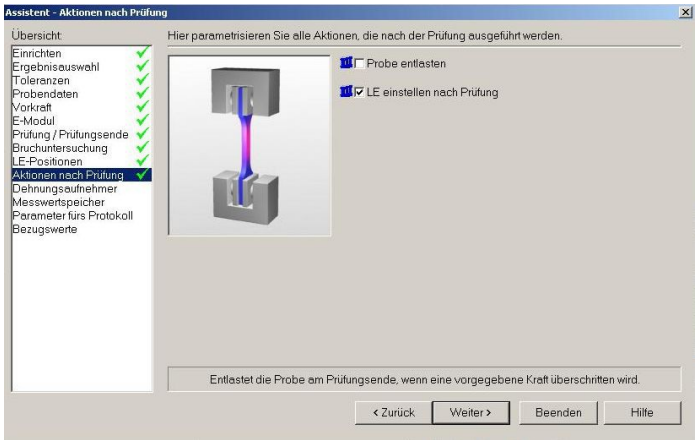
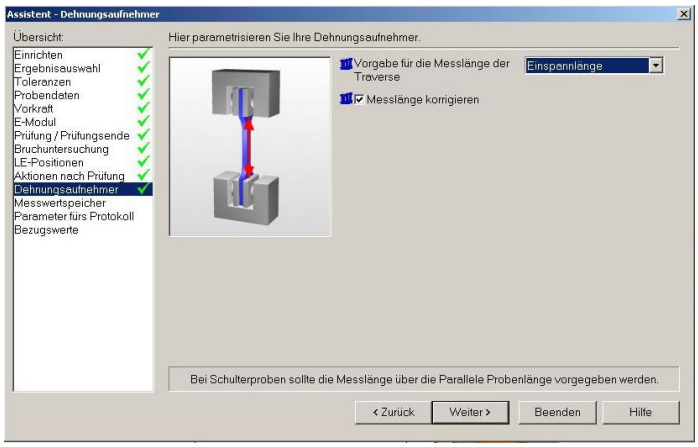


Abb. 10

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software			
3.9 LE-Position			
Eingabe	Klebstofffilme	Einzelfäden	Gewebestreifen
Einspannlänge	80 mm	100 mm*	100 mm**
LE-Geschwindigkeit	500 mm/min		
* = gemäß Norm wäre eine Einspannlänge von 500 mm vorzunehmen, stattdessen jedoch Orientierung an Vorgängerarbeiten von REUBER, VOGEL und BALTSCHEIT zwecks Vergleich			
** = entsprechend Norm wären 200 mm auszuwählen; diese Prüflänge wurde jedoch nur exemplarisch betrachtet und zu Gunsten des Vergleichs mit den Einzelfäden / Kreuzproben verworfen			
- Die Einspannlänge gibt an, auf welchen Abstand die Backen gefahren werden → sie muss im Falle der getesteten Proben immer mit der Messlänge übereinstimmen - Auswahl „LE übernehmen“ → gleicht Backen ggf. an, sofern diese nicht im richtigen Abstand sind - die LE-Geschwindigkeit gibt an, mit welcher Geschwindigkeit die Backen nach der Prüfung wieder in Ausgangsposition gefahren werden; es bietet sich eine zügige Geschwindigkeit an (- die Einstellung „Einspannlänge nach Vorlaufweg“ wird lediglich für Druckversuche benötigt)			
3.10 Aktionen nach Prüfung Immer Auswahl „LE einstellen nach Prüfung“ → Backen fahren automatisch in Position zurück (Abb. 11)	 Abb. 11		
3.11 Dehnungsaufnehmer Da keine Dehnungsaufnehmer vorhanden, ist hier immer „Einspannlänge“ zu wählen; zudem „Messlänge korrigieren“ aktivieren für Angleich nach Vorkräften, vgl. Abb. 12:	 Abb. 12		

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software

3.11 Dehnungsaufnehmer / Einstellungen

- Hier ist auch im Falle der Klebstofffilme „Einspannlänge“ zu wählen, obwohl bei Schulterproben generell „parallele Probenlänge“ ausgewählt werden sollte →
die Einstellung „parallele Probenlänge“ ist jedoch lediglich sinnvoll für die Messung unter Einsatz optischer Messmethoden oder von Dehnungsaufnehmern (Videoextensometer), wenn sich die Messung auf den schmalen Steg der Probe beschränken lässt
(freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Thomas Bertulis / Fa. Zwick; 23.10.2012)

3.12 Messwertspeicher

Bei den üblichen Zugversuchen haben sich folgende Messwertspeicher-Einstellungen bewährt (Abb. 13); vgl. auch 3.8:

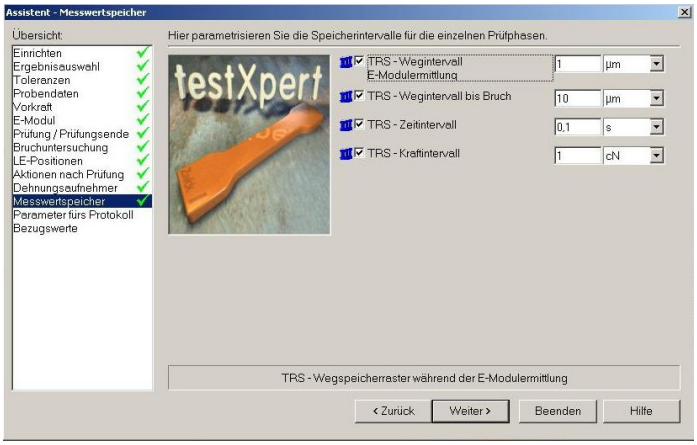


Abb. 13

Eingabe	Klebstofffilme	Einzelfäden	Gewebestreifen
TRS-Wegintervall E-modul-Ermittlung	1 µm		
TRS-Wegintervall bis Bruch	10 µm		
TRS-Zeitintervall	0,1 sec.		
TRS-Kraftintervall	1 cN		

3.13 Probenparameter

An dieser Stelle sollten individuell je Prüfserie immer die Daten angeglichen werden (im vorliegenden Fall v.a. Verzeichnen von Probekörpertyp, Klebstoff und Verklebungstechnik);
die hier vermerkten Werte (Abb. 14) fließen direkt ins automatisch erstellbare Standardprotokoll (pdf) ein, welches sonst keine nachträgliche Unterscheidung der Prüfungen als Ausdruck ohne Dateiname ermöglicht:

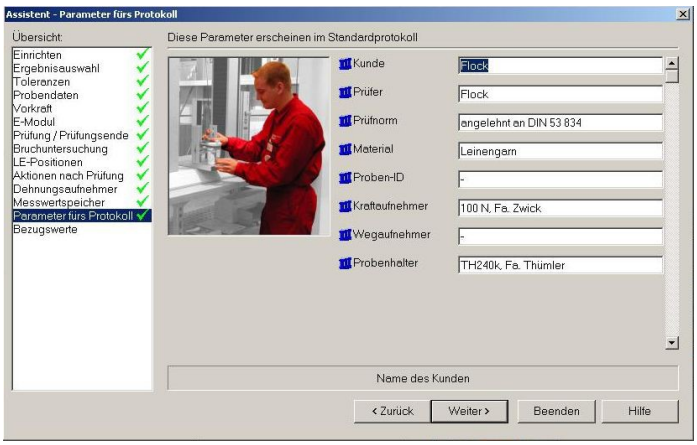
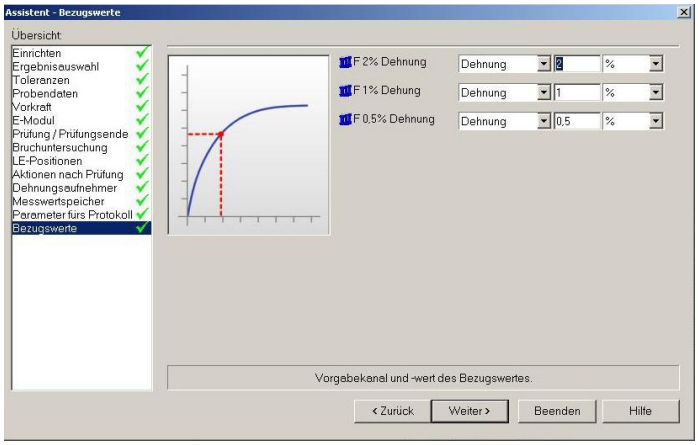
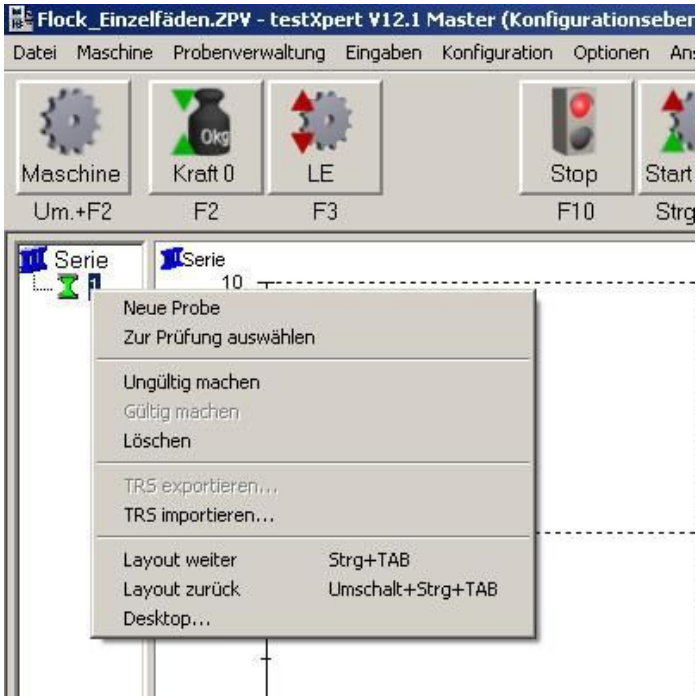


Abb. 14

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software	
3.14 Bezugswerte Hier werden zuvor unter 3.2 eingestellte und aufgeführte Bezugswerte nochmals dargestellt und ggf. kontrolliert (Abb. 15); die Eingaben im Assistenten sind hiermit abgeschlossen → Fenster schließt sich wieder	 Abb. 15
4. Prüfung Für Versuchsabbruch (unbemerkter Probenbruch o.ä.) ggf. → „Stop“ im Menü (nicht an Maschine!) → Probe im automatisch geführten Serienbaum ggf. als ungültig markieren / löschen: Serie links im Menü markieren (muss in Probenverwaltung auch angewählt sein) → löscht Wert aus Statistik / Tabelle rechts (Abb. 16)	- Drücken von „LE“ im Menü zur Einstellung der Klemmbacken (nach erster Prüfung fährt die Maschine automatisch in die Position zurück) - Einspannen der Probe (Backen leicht öffnen, Probe zwischenschieben, an Markierung sowie parallel ausrichten, zuerst oben schließen, glattstreichen, unten schließen, ggf. kräftig Nachdrehen gegen Herausrutschen) - Drücken von „Kraft 0“ im Menü (Nullen der Kraftwerte) - dann „Start“: - wenn Vorkraft erreicht (Fenster öffnet sich), Probe ggf. kontrollieren und zügig fortsetzen → Wiederholung je Probe!  Abb. 16

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

<table>
<tr><th colspan="4">Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software</th></tr>
<tr><td colspan="4">V. Auswertung und Nachbearbeitung</td></tr>
<tr><td rowspan="10">1. Statistik

Als Standard-Statistik für alle Versuche wurden folgende Werte eingestellt:

Weitere / andere Ergebnisse sind ggf. über „Konfiguration“ → „Ergebnisse bearbeiten“ einzustellen</td><td>Klebstofffilme</td><td>Einzelfäden</td><td>Gewebestreifen</td></tr>
<tr><td colspan="3">Arithmetisches Mittel</td></tr>
<tr><td colspan="3">Minimalwert</td></tr>
<tr><td colspan="3">Maximalwert</td></tr>
<tr><td colspan="3">Median</td></tr>
<tr><td colspan="3">Varianz</td></tr>
<tr><td colspan="3">Standardabweichung</td></tr>
<tr><td colspan="3">Variationskoeffizient</td></tr>
<tr><td colspan="3">95%-Vertrauensbereich (obere Grenze)</td></tr>
<tr><td colspan="3">95%-Vertrauensbereich (untere Grenze)</td></tr>
<tr><td>2. Seriengrafik*

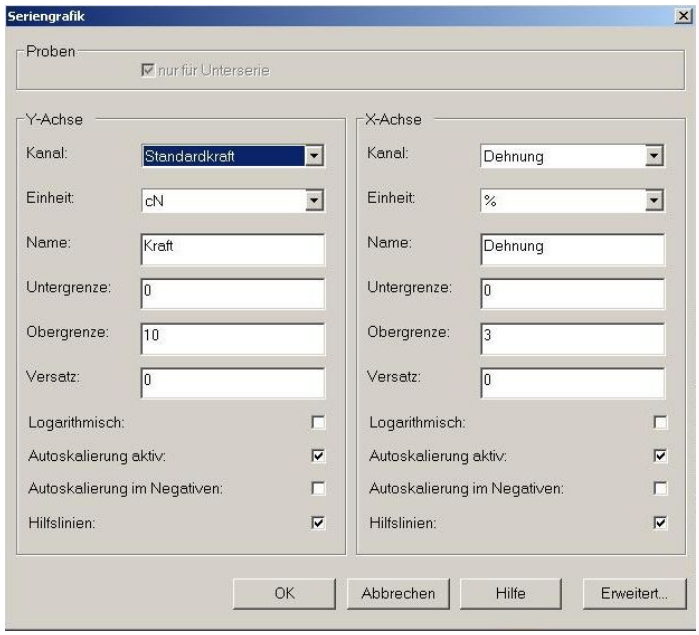
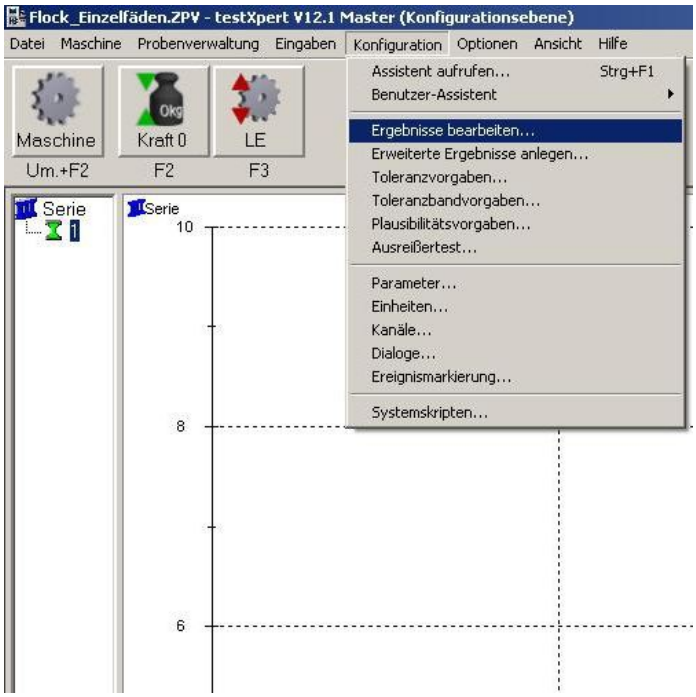
Unter Rechtsklick auf Seriengrafik → „Seriengrafik konfigurieren“ → Werte und Einheiten für x-/y-Achse wählbar (Abb. 17);
es wurden für alle Serien jeweils Spannungs-Dehnungs- (N/mm² + %) sowie Kraft-Dehnungs-Diagramme (N + %) Diagramme innerhalb der Standardprotokolle erstellt (→ prinzipiell gleicher Kurvenverlauf)</td><td colspan="3"> 

Abb. 17</td></tr>
<tr><td colspan="4">* = Bei den Spannungs-Dehnungs-Kurven zeigte sich bei ca. 20-30 N/mm² häufiger ein maschinenbedingter Knick im Verlauf (vgl. REUBER 2010, S. 52). Auf Nachfrage nannte Zwick Lockerungen im Gefüge der Maschinenteile als möglichen Grund; in diesem Fall Aufbau an Probenhaltern und Kraftaufnehmern prüfen!</td></tr>
<tr><td colspan="4">3. Speichern und Export</td></tr>
<tr><td colspan="4">- Nach Prüfungsende speichern unter „Datei“als Prüfserie (.zse)
bzw. ggf. zusätzlich veränderte Prüfvorschrift (.zpv)
- über „Export“-Funktionen unter „Datei“ (ggf. auch durch Rechtsklick in Ergebnistabellen → Tabellen mit Werten in Zwischenablage kopier- und wieder einfügbar)
→ mögliche Excel-Auswertung o.ä.
- für Standardprotokoll (pdf mit allen Messdaten sowie Statistik und Grafik) Umweg nötig über „Datei“ → „Protokoll drucken“ → als pdf speichern</td></tr>
</table>

Fortsetzung **A.14.1 / Tabelle I:** Allgemeine Einstellungen und Hinweise

Einstellungen der Zwick-Zugprüfmaschine und zugehöriger Software			
3. Speichern und Export	Klebstofffilme	Einzelfäden	Gewebestreifen
Erstellte Prüfvorschriften	Flock_Klebstofffilme_100N.zpv	Flock_Einzelfäden.zpv	Flock_Gewebestreifen_12,5mm_Klebungen.zpv (100 N)
			Flock_Gewebestreifen_25mm_Klebungen.zpv (100 N)
			Flock_Gewebestreifen_12,5mm_Nullproben.zpv (2,5 kN)
			Flock_Gewebestreifen_25mm_Nullproben.zpv (2,5 kN)
4. Korrekturen	 Abb. 18		

- Nachträgliche Änderungen / Korrekturen (nach bspw. falscher Eingabe einzelner Klebstofffilmdicken / nachträgliche E-Modul-Änderung insgesamt):
1. für einzelne Änderungen die betreffenden Probe/n links in Liste (Serienbaum) auswählen / markieren → dann rechts unten im Probenfenster **je Probe** änderbar → „Neu auswerten“ in Leiste oben (Taschenrechner-Symbol) **je Probe** /
2. bei auf alle Proben zutreffende Änderungen → **alle** im Serienbaum markieren (VORSICHT: sonst ist nur Nr. 1 angewählt!) → Änderungen im „Assistenten“ oder unter „Probenverwaltung“ / „Konfiguration“ ganz oben → „Neu berechnen“
- erst nach dem **Neu-Berechnen** für ggf. jede einzeln auszuwählende Probe + jeweils **Speichern** → Änderungen im neu zu erstellendem Protokoll in allen betreffenden Ergebnissen und Grafiken wirksam → so auch .zse-Prüfserien-Dateien nachträglich bearbeitbar
(freundliche schriftliche Mitteilung von Herrn Michael Stetter / Mail vom 8.04.2013)

A.14.1 / Tabellen II: Darstellung der Problematik bei der E-Modul-Bestimmung

Bei der jeweils vorbereiteten allgemeinen Prüfungsauswertung ergaben sich Probleme mit der E-Modul-Auswertung:
So wurde in bisherigen Versuchsreihen an der Zwick-Zugprüfmaschine meist über die Einstellung „Regressionsgerade“ im Bereich 0,5 N/mm² (Zugfestigkeit / Einzelfäden) bzw. 5 N/mm² (Zugfestigkeit / Gewebestreifen + Klebstofffilme) bis 95 % gearbeitet.
Im Rahmen der Prüfungsauswertung der Biaxialversuche konnte jedoch allgemein keine automatische E-Modul-Voreinstellung wie in TestXpert genutzt werden, sodass für eine sinnvolle Gesamtbetrachtung die Ermittlung über „Sekante“ im Bereich der gemittelten Kurven von 0 N bis Fmax gewählt wurde.
Wie sich auch im anschließenden Gespräch mit Zwick herausstellen sollte, war der bisherige Beginn der E-Modul-Ermittlungen ungünstig gewählt; des weiteren wurde jedoch auch darauf hingewiesen, dass die E-Modul-Ermittlung in der Textilprüfung allgemein weniger sinnstiftend und prinzipiell kritisch zu betrachten ist (vgl. auch A.14.1 / Tabelle I, Punkt 3.6).
Beim Versuch, die E-Modul-Ermittlung der Biaxversuche durch „Sekante“ im Bereich 0 N bis Minimalwert aller Fmax zu übertragen, ergaben sich teils keine Ergebnisse bei der Klebstofffilmauswertung, sodass hier die abweichende Ermittlung ab 0,1 bzw. 0,2 N gewählt werden musste.
Im Zuge dessen wurden in zwei Fällen (Einzelfadenverklebung mit Evacon-R / SAS und Klebstofffilme aus Beva 371) einmal verschiedene Methoden der E-Modul-Ermittlung gegenübergestellt (nachfolgende **Tabellen II**):
Es wird deutlich, dass es mitunter zu sehr starken Abweichungen der Ergebnisse kommt. Die in dieser und anderen Arbeiten aufgeführten E-Module sind daher nur bedingt vergleichbar. Obwohl die Interpretation u.a. der ermittelten E-Modul-Werte nicht Thema dieser Arbeit ist, sollte an dieser Stelle bereits für ggf. nachfolgende Betrachtungen auf das Problem verwiesen werden.
Des weiteren ist zu bedenken: Je nach Dehnung, Spannung und relativer Luftfeuchtigkeit ergeben sich unterschiedliche E-Module eines viskoelastischen Materials (LIPINSKI 2009, S. 38), unabhängig der Unterschiede je nach Ermittlungsmethode!

A.14.1 / Tabellen II: Darstellung der Problematik bei der E-Modul-Bestimmung

Klebstoff	**Probekörper**	**Einstellung / E-modul**	**E-Modul**									
Evacon-R	Einzelfaden / SAS	Regression, 0 N – 95 %	**Einzel-werte** [MPa]	544,30	917,94	879,31	590,78	1117,95	1781,48	969,58	1252,36	1556,69	1341,42
		Arithmetisches Mittel		1095,18									
		Regression, 0,1 N – 95 %	**Einzel-werte** [MPa]	1040,13	888,66	907,56	562,92	1156,04	1870,08	759,22	1268,95	1443,57	1256,66
		Arithmetisches Mittel		1115,38									
		Regression, 0 N – min Fmax	**Einzel-werte** [MPa]	890,75	884,76	884,73	616,51	1072,79	1350,10	1007,72	1069,27	1329,17	1130,57
		Arithmetisches Mittel		1023,64									
		Sekante, 0 N – min Fmax	**Einzel-werte** [MPa]	898,44	883,87	877,71	600,97	1077,69	1364,65	999,55	1099,18	1363,62	1158,41
		Arithmetisches Mittel		1032,41									
		Sekante, 0,1 N – min Fmax	**Einzel-werte** [MPa]	960,52	967,01	961,90	556,01	1173,45	1511,38	985,87	1197,21	1494,45	1272,61
		Arithmetisches Mittel		1108,04									

Fortsetzung **A.14.1 / Tabellen II:** Darstellung der Problematik bei der E-Modul-Bestimmung

Klebstoff	**Probekörper**	**Einstellung / E-modul**	**E-Modul**										
Beva	Klebstofffilm	Regression, 0,1 N – 95 %	**Einzel-werte** [MPa]	42,88	43,02	43,51	42,65	42,98	44,07	41,33	44,27	42,52	38,79	38,68
		Arithmetisches Mittel		42,24										
		Regression, 0,1 N – min Fmax	**Einzel-werte** [MPa]	0,49	-	0,56	0,49	0,81	0,58	0,51	0,90	0,89	0,74	2,63
		Arithmetisches Mittel		0,86										
		Sekante, 0,1 N – min Fmax	**Einzel-werte** [MPa]	1,67	-	1,81	1,62	2,23	1,86	1,68	2,35	2,32	1,99	4,59
		Arithmetisches Mittel		2,21										
		Regression, 0 N – 95 %		(keine E-Modul-Ermittlung durch TestXpert möglich)										
		Regression, 0 N – minFmax												
		Sekante, 0 N – min Fmax												

A.14.2 Biaxprüfung

Tabelle I: Biaxprüfung / LTM Uni des Saarlandes

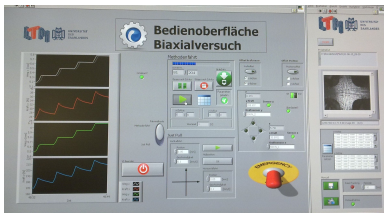
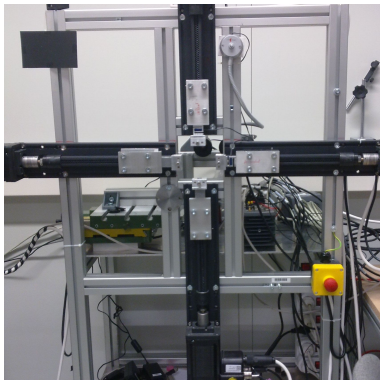
<table>
<tr><th colspan="4">Einstellungen zur Biax-Prüfung</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Kraftaufnehmer</td><td>Nullproben</td><td>Kette: 500 N
Schuss: 500 N</td><td rowspan="2">- 1 Kraftaufnehmer je Achse</td></tr>
<tr><td>Verklebungen</td><td>Kette: 500 N
Schuss: 100 N</td></tr>
<tr><td>Probenhalter</td><td colspan="2">25 mm x 50 mm</td><td>- Anfertigung ZWM / FH Köln</td></tr>
<tr><td>Klemmbacken-beschichtung</td><td colspan="2">Mit PMMA-Kleber fixiertes Gummi
(vgl. Vulkollan: P-U-Kautschuk)</td><td>(- vgl. Klemmbacken / Zwick)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Software /
Prüfung</td><td colspan="2">HOST / Bedienoberfläche</td><td> 

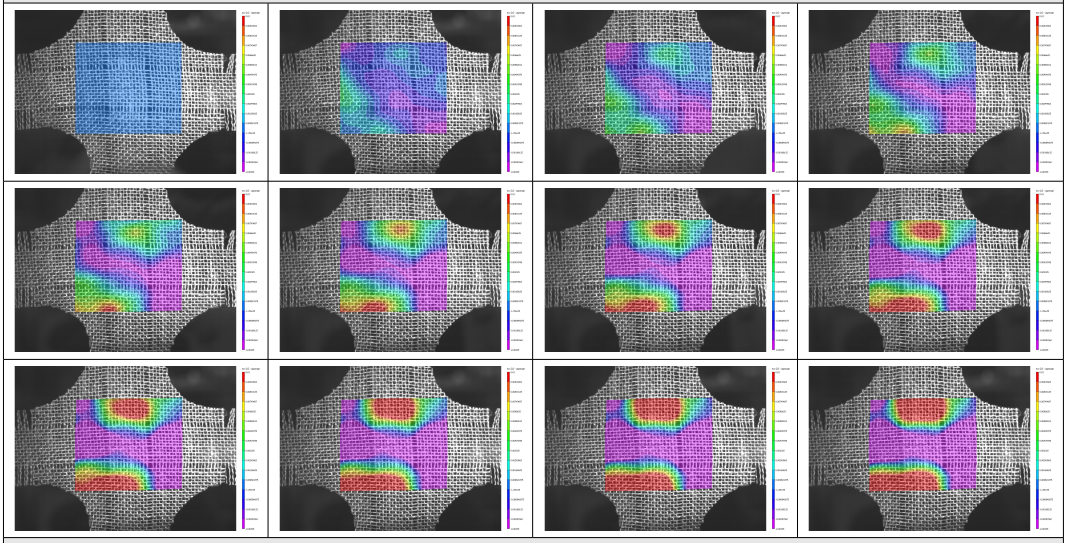
Abb. 01</td></tr>
<tr><td colspan="2">CRIO / Datenaufzeichnung</td><td>- jeder Versuch wird einzeln erfasst</td></tr>
<tr><td>Einspannlänge</td><td colspan="2">100 mm</td><td>(- vgl. uniaxiale Gewebestreifen)</td></tr>
<tr><td>Vorkraft</td><td colspan="2">0,1 N / Achse</td><td>- individuell über Jog-Funktion durch achsweises Ansteuern eingestellt und vor der Prüfung Weg auf Null im Programm gesetzt
- obwohl gleiche Vorkraft, wurde die Kette mehr gedehnt, somit sind Einschnürungen im Schuss und negative Dehnungen zu sehen</td></tr>
<tr><td>Prüfgeschwindigkeit</td><td>0,33 mm / sec
(ca. 20 mm/min)</td><td>je Achse</td><td>- 4 Motoren / 2 je Achse
- Maschine ist achsweise ansteuerbar (nicht motorweise)
- d.h. 2 x 10 mm/min</td></tr>
<tr><td>Wartezeit</td><td colspan="2">0,1 sec</td><td rowspan="4"> 
Abb. 02</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Stufenhöhe</td><td>Proben äquibiaxial</td><td>0,15 mm</td></tr>
<tr><td>Proben uniaxial + orthogonal fixiert</td><td>0,3 mm</td></tr>
<tr><td>Messdatenerfassung / Abtastrate</td><td>100 ms</td><td>~ Prüfdauer</td></tr>
<tr><td colspan="4">Auf eine genauere Darstellung wird verzichtet, da weder Maschine noch Programme am CICS nutzbar sind.</td></tr>
</table>

Fortsetzung **A.14.2** Biax

Tabelle I: Biaxprüfung / LTM Uni des Saarlandes

Einstellungen zur Biax-Prüfung		
Dehnungsmessung	Zur Dehnungsmessung wird das Verfahren der optischen Bildauswertung genutzt: Die Deformationszustände der Probe werden über zahlreiche, in der Prüfvorschrift synchron zur kontinuierlichen Messdatenaufzeichnung festgelegte Einzelbildaufnahmen des Probenmittelbereichs nachträglich über digitale Bildkorrelation ausgewertet.	
Software / Auswertung	VIC 2 D 2009	- Dehnungsauswertung mittels aufgezeichneter Bilddateien (vgl. Tabelle II) - Auswertung: 1-2 Bilder bis nach Probenbruch - d.h. nur bis zur Höchstzugkraft (Fmax)
	Origin Pro 8.1-9.0	- Zusammenführen der Dehnungsauswertung und kontinuierlichen Daten
		- Spannungs-Dehnungs-Diagramm: Spannung über Ingenieursdehnung errechnet (vgl. Zwick)
		- E-Modul-Ermittlung: Mitteln der Kurven im gemeinsamen Bereich, dann Steigung der Sekante von Null- bis Endpunkt
Auf eine genauere Darstellung wird verzichtet, da weder Maschine noch Programme am CICS nutzbar sind.		

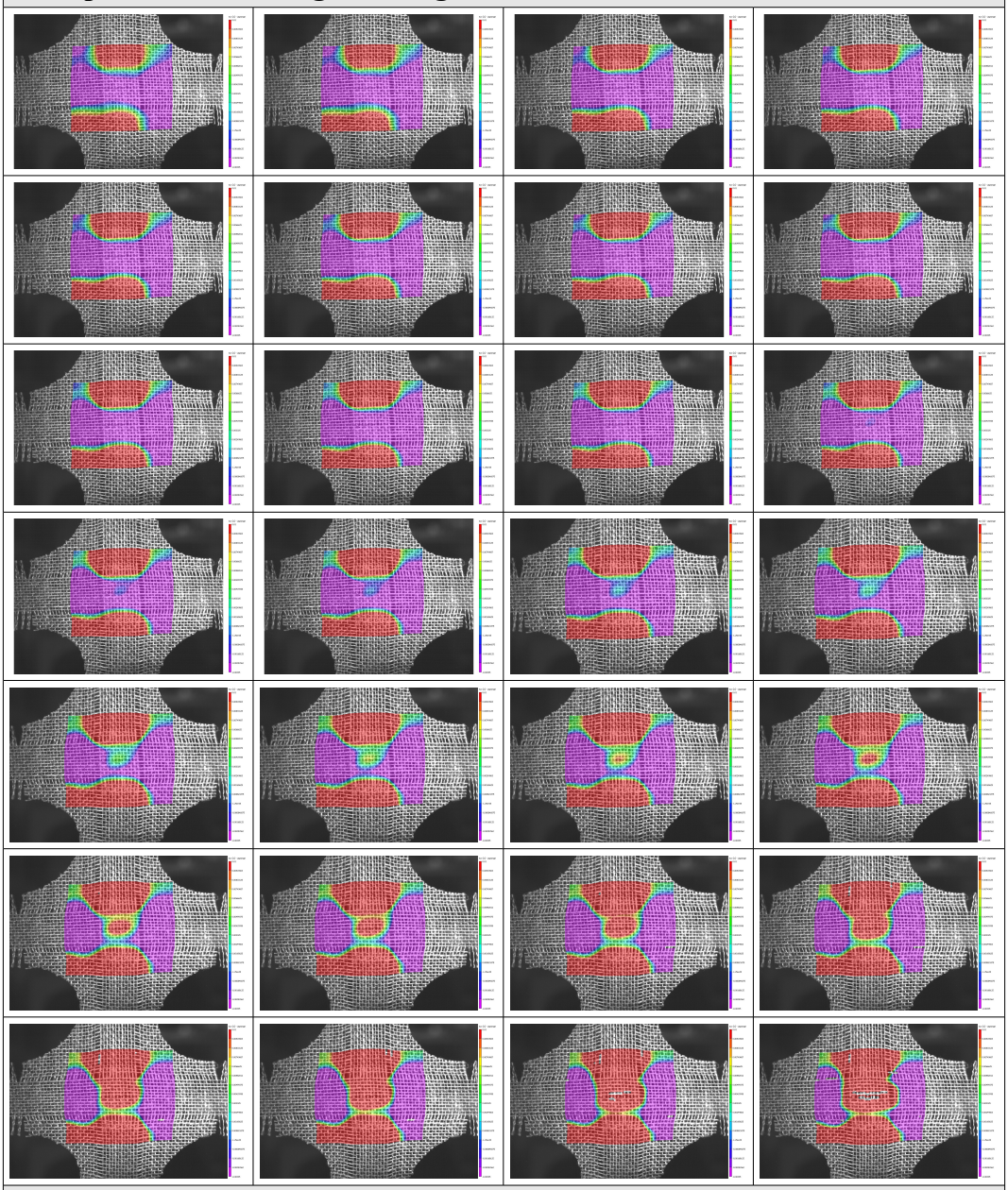
Tabelle II

Exemplarische Dehnungsmessung

Darstellung der Dehnungswerte: Blau: Dehnung 0 / Violett: negative Dehnung (Stauchung) / Rot: positive Dehnung

Fortsetzung **A.14.2** Biax

Tabelle II

Exemplarische Dehnungsmessung



Darstellung der Dehnungswerte:
Blau: Dehnung 0 / Violett: negative Dehnung (Stauchung) / Rot: positive Dehnung

A.14.3 Berstdruckgerät

Bei allen Berstdruckversuchen galten folgende Einstellungen:

Prüfvoraussetzungen		
Klima	20 °C und 65 % r.F.	nach DIN EN ISO 139
Norm / Standard	DIN EN ISO 13938-2	
Maschinenvoraussetzungen		
Maschine	TruBurst Model 610	
Seriennummer	610 / 01 / 1020	
Hersteller	James H Heal & Co. Ltd	
Software	V1.04a	
Prüfeinstellungen		
Druckrate	21 kPa/s	Die mittlere Berstzeit innerhalb von 20 ± 5 sec ist über die Einstellung des Regelventils festzulegen (DIN EN ISO 13938-2, S. 3).
Druckbereich	1250 kPa	
Druckabfallbeginn	12,5 kPa	
Prüfvorbereitungen		
Testbereich	Testfläche 50 cm² / Durchmesser 79,8 mm	Üblich ist eine Prüffläche von 50 cm²; abweichend können zudem 7,3 cm² sowie 10 cm² (hohe Dehnbarkeit) und 100 cm² (geringe Dehnbarkeit) geprüft werden, wenn die Dehnfähigkeit oder anderen Textileigenschaften dies erfordern (DIN EN ISO 13938-2, S. 3).
Klemmentyp	10,0 Bar	Die Einspannvorrichtung muss ein sicheres Einspannen ohne Verzerrungen, Beschädigungen oder Durchrutschen während der Prüfung ermöglichen; dabei muss der Einspannring zudem ein ungestörtes Aufwölben ebenfalls hochelastischer Textilien ermöglichen (DIN EN ISO 13938-2, S. 3).
Membran	1.0 mm Duraflex (JHH)	Korrekturwert: - 16 / 20 kPa.
		Prinzipiell muss die Membran mit der selben Prüffläche sowie Regelventileinstellung einmal ohne Prüfgut um die mittlere Bersthöhe der Messproben aufgewölbt werden, um den Membrandruck als Korrekturwert zu erhalten (DIN EN ISO 13938-2, S. 4).

A.15 Glossar zu den Prüfungen

Hier aufgeführte Erläuterungen sind sinngemäß den genutzten Normen, allgemeinen Lexika und Fachlexika entnommen, sodass auf genauere Quellen-hinweise verzichtet werden kann:

Begriff	**Klärung**
Anisotropie	Anisotropie bezeichnet die Richtungsabhängigkeit einer Eigenschaft oder eines Vorgangs; beschreibt die aus den verschiedenen Fadensystemen (Kette und Schuss) des Gewebes resultierenden richtungsabhängigen Eigenschaften.
äquibiaxial	Beschreibt hier die zweiachsige Zugprüfung in vertikaler und horizontaler Richtung gleichzeitig und gleichförmig, d.h. in gleicher Zuggeschwindigkeit in beiden Achsen.
Berstmessdruck	Maximaldruck, der auf eine über einer Membran eingespannte Messprobe bis zu deren Bersten ausgeübt wird.
Berstdruck	Differenz zwischen Berstmessdruck und Membrandruck. (Anmerkung: In der Auswertung hier wurde jedoch mit den unkorrigierten Messwerten, d.h. dem Berstmessdruck gearbeitet)
Bersthöhe	Abstand zwischen der oberen Fläche der Messprobe vor der Aufwölbung und dem Scheitelpunkt der Messprobe beim Berstmessdruck.
biaxial	Beschreibt hier allg. die zweiachsige Zugprüfung in vertikaler und horizontaler Richtung gleichzeitig.
Bruchkraftdehnung	Dehnung bei erkanntem Bruch der Probe, d.h. erst bei Prüfungsabbruch in der Zugprüfung durch die Maschine.
Bruchkraft	Letzter gemessener Kraftwert bei erkanntem Bruch der Probe, d.h. erst bei Prüfungsabbruch durch die Maschine.
Dehnung	Dehnung ist eine Angabe für die relative Längenänderung (Streckung / Stauchung) eines Körpers unter Belastung, wie hier bspw. durch die Zugkraft. Dehnungen sind einheitslos; in der Arbeit erfolgt die Angabe in % durch Multiplikation mit dem Faktor 100.
Einspannlänge	Einspannlänge, d.h. Anfangslänge des Probekörperabschnitts zwischen den Einspannklemmen vor der Prüfung.
Elastizität	Die Fähigkeit eines Materials, nach Aufheben der Kraft-einwirkung wieder ganz oder teilweise in seine ursprüngliche Form zurückzukehren bzw. sich auf ursprüngliche Länge zurückzuziehen. Gegenteil ist irreversible Plastizität.

Fortsetzung **A.15** Glossar zu den Prüfungen

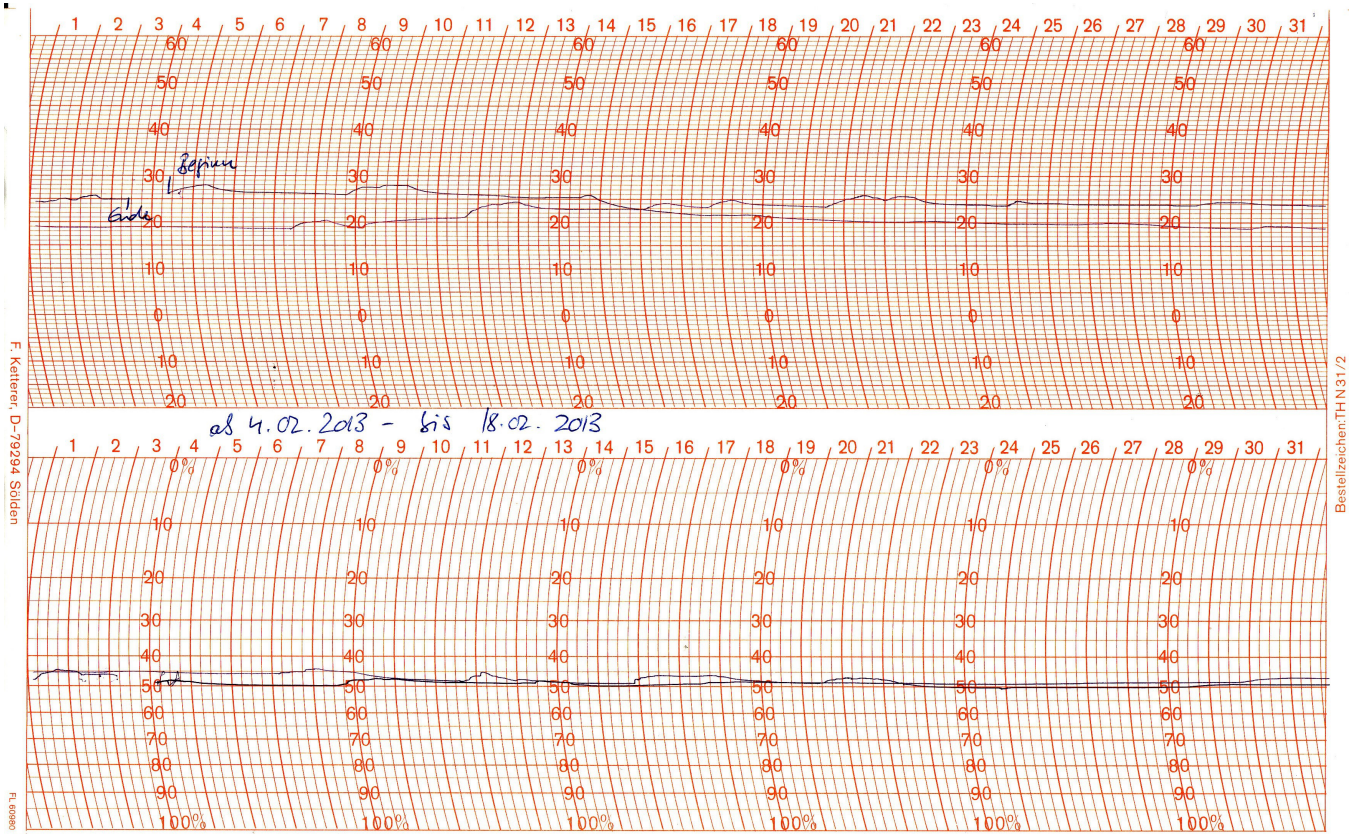
Begriff	**Klärung**
E-Modul	Der Elastizitätsmodul beschreibt den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers bei linear elastischem Verhalten; wird mitunter auch als Zugmodul, Elastizitätskoeffizient oder Youngscher Modul angegeben.
Höchstzugkraft (Fmax)	Die Höchstzugkraft stellt die maximal gemessene Zugkraft vor Probenbruch im Zugversuch dar.
Höchstzugkraftdehnung	Beschreibt die Längenänderung der Probe bei der Höchstzugkraft; entspricht somit jedoch nicht automatisch der höchsten gemessenen Dehnung.
Membrandruck	Druck, der die Membran ohne Messprobe bis zur mittleren Berstwölbung der Messprobe aufwölbt.
Poisson-Effekt	Der Poisson-Effekt führt zum mittigen Zusammenziehen von Gewebestreifen entgegengesetzt zur uniaxialen Belastung: Die Poissonszahl ist der negativer Quotient aus einem Dehnungszuwachs $\Delta\varepsilon_n$ in einer der beiden senkrecht zur Zugrichtung liegenden Achsen und dem entsprechenden Dehnungszuwachs $\Delta\varepsilon_l$ in Zugrichtung, gemessen innerhalb des linearen Anfangsteils der Querdehnungs-/ Längsdehnungskurve; auch Querkontraktionszahl, Querdehnungszahl oder Querdehnzahl genannt.
Plastizität	Vgl. Elastizität.
Prüfgeschwindigkeit	Geschwindigkeit, mit der sich die Einspannklemmen voneinander Entfernen.
Spannungs-Dehnungs-Diagramm	Grafische Darstellung des Zugversuchs anhand Spannung auf der y-Achse sowie Dehnung auf der x-Achse und daraus beschriebener Kurve.
Steigung	Alternative Abgabe zum E-Modul, da nicht auf Probenquerschnitt bezogen (N/mm).
uniaxial	Meint hier den einachsigen Zugversuch in vertikaler Richtung.
Vorspannung	Der Probekörper muss vorgespannt werden (jedoch nicht wesentlich vorbeansprucht), um gleiche Anfangs-voraussetzungen bei der Prüfung zu schaffen (und im Anfangsbereich der Spannungs-Dehnungs-Kurve ein Durchhängen zu vermeiden).
Zugfestigkeit	Der maximal für einen Werkstoff ertragbare Spannungswert, d.h. die Höchstspannung bei Höchstzugkraft, errechnet durch den Bezug auf die Probenquerschnittsfläche als Kraft pro Fläche (N/mm² bzw. MPa).
Zuggeschwindigkeit	Vgl. Prüfgeschwindigkeit.

A.16 Klimaaufzeichnungen

A.16.1 Überblick zu Probenherstellungs-, Lager und Prüfzeiträumen

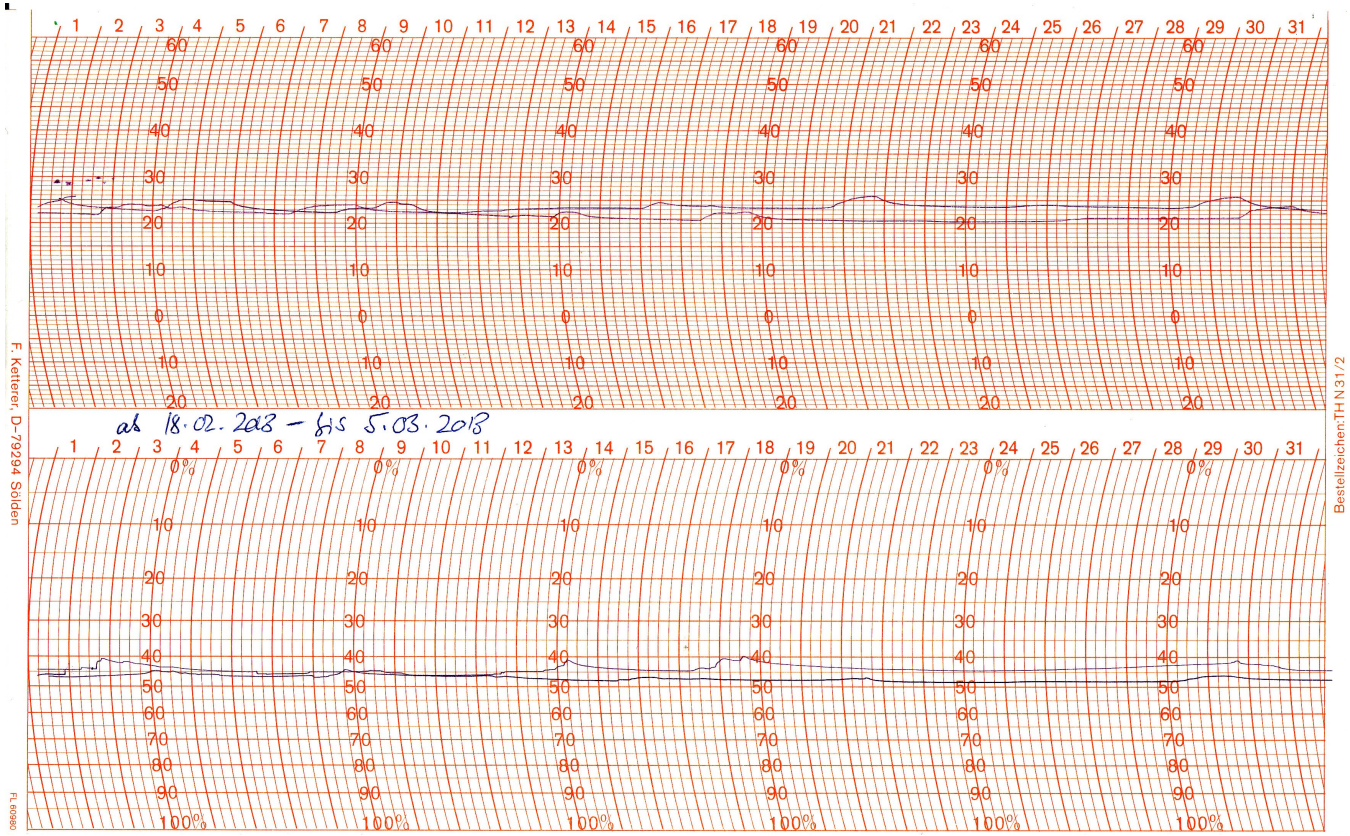
Prüfungstyp	**Ort der Prüfung**	**Probekörperanfertigung**		**Prüfungsdurchführung**	
		CICS / GSM (R. 138)	Klima: vgl. **A.16.2**		
		Zeitraum		Datum	Klima
Klebstofffilme	TAF / CICS (R. 207)	15.02.-05.03.2013		03.04.2013	18-21 °C / 50-55 % r.F.
				04.04.2013	
Einzelfäden		6.-24.05.2013		18.06.2013	25 °C / 60 % r.F.
				19.06.2013	29 °C / 60 % r.F.
Gewebestreifen				20.06.2013	29-30 °C / 59-60 % r.F.
				21.06.2013	ca. 30 °C / 54 % r.F.
Biax (Kreuzproben)	LTM / Uni Saarland	02.-11.05.2013		11.06.2013	23-24 °C /55-58 % r.F.
				12.06.2013	23-25 °C / 57-58 % r.F.
				13.06.2013	24 °C / 62 % r.F.
				14.06.2013	(Datenauswertung)
Berstdruck	STFI / Chemnitz	08.-20.04.2013		14.05.2013	20 ± 2 °C / 65 ± 4 % r.F. (DIN EN ISO 139)

A.16.2 Thermohygrographenblätter



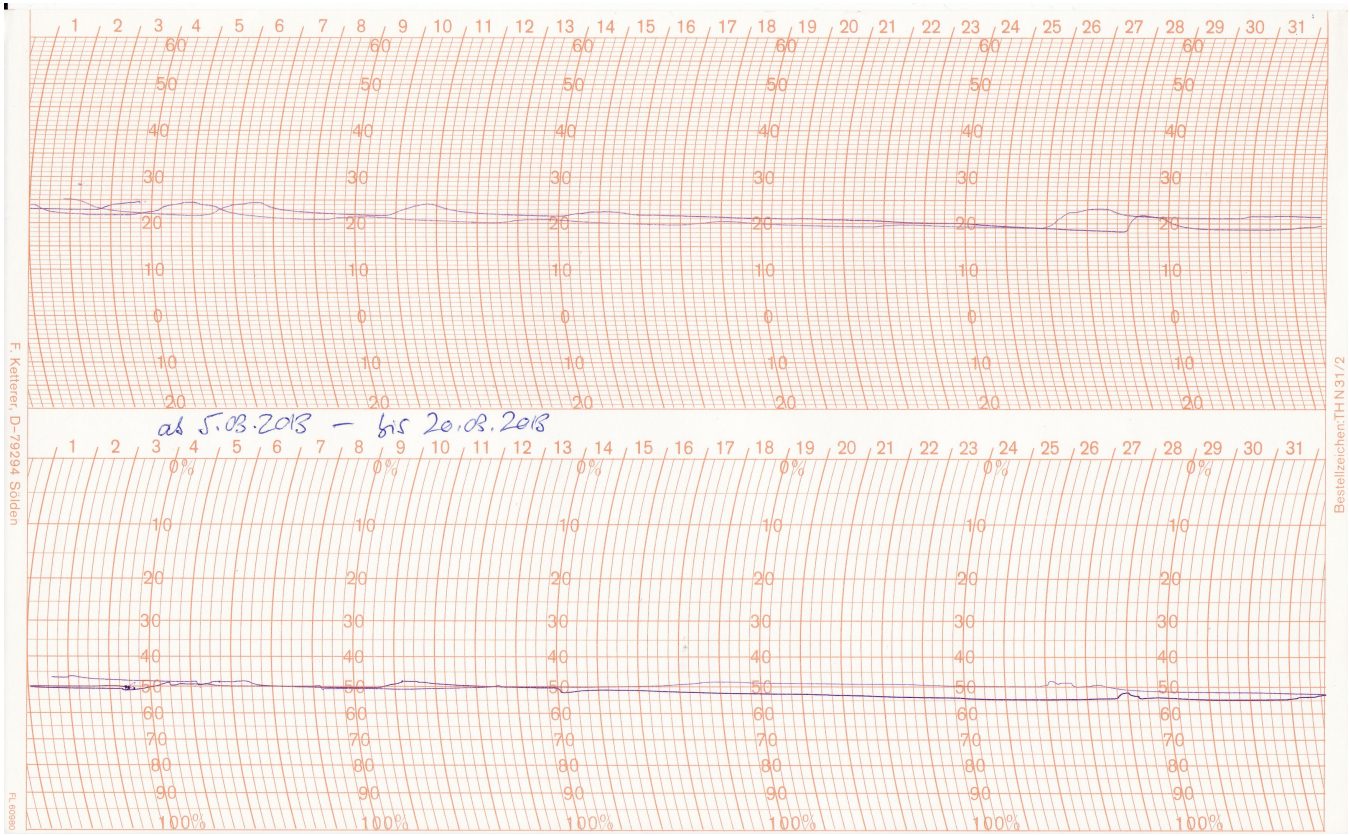
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 4.02.-18.02.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



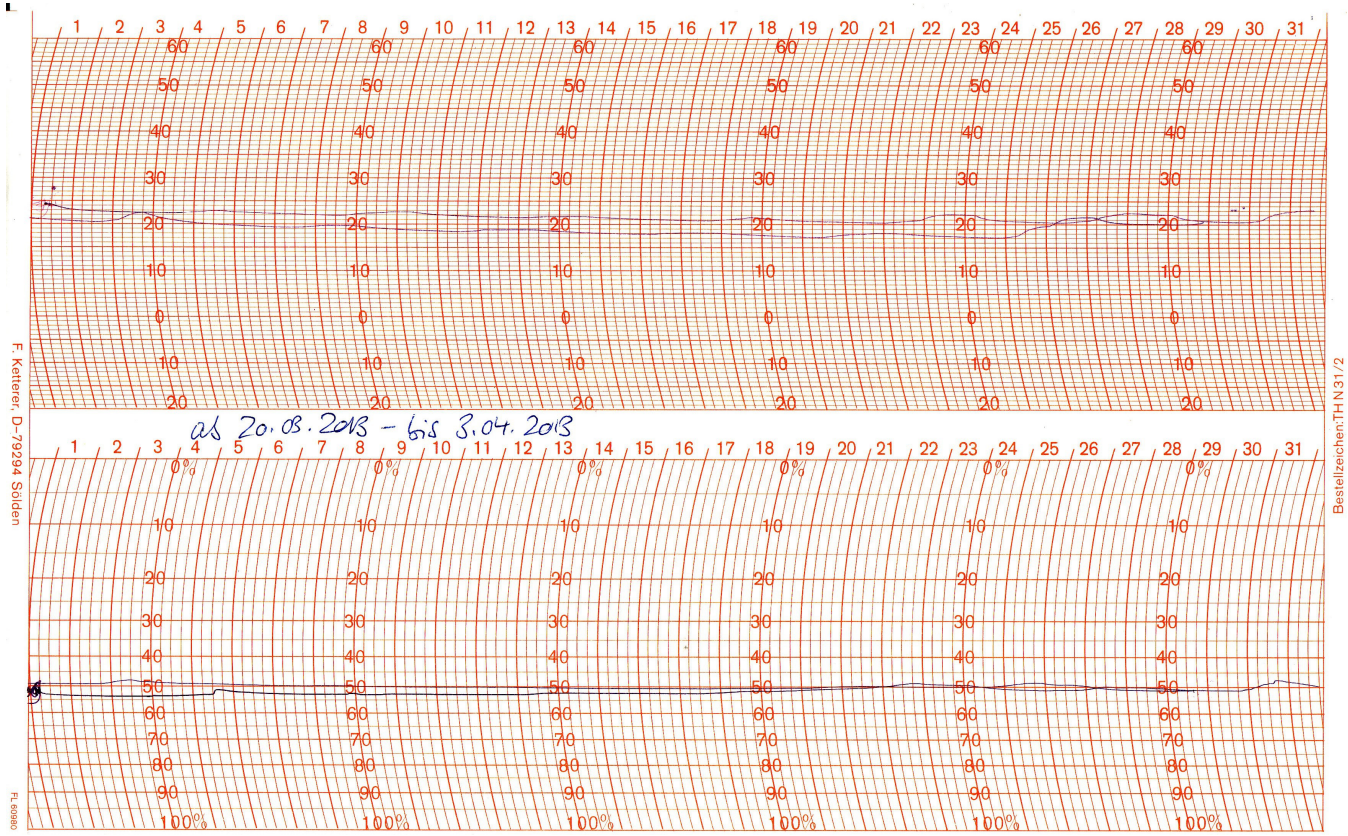
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 18.02.-5.03.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



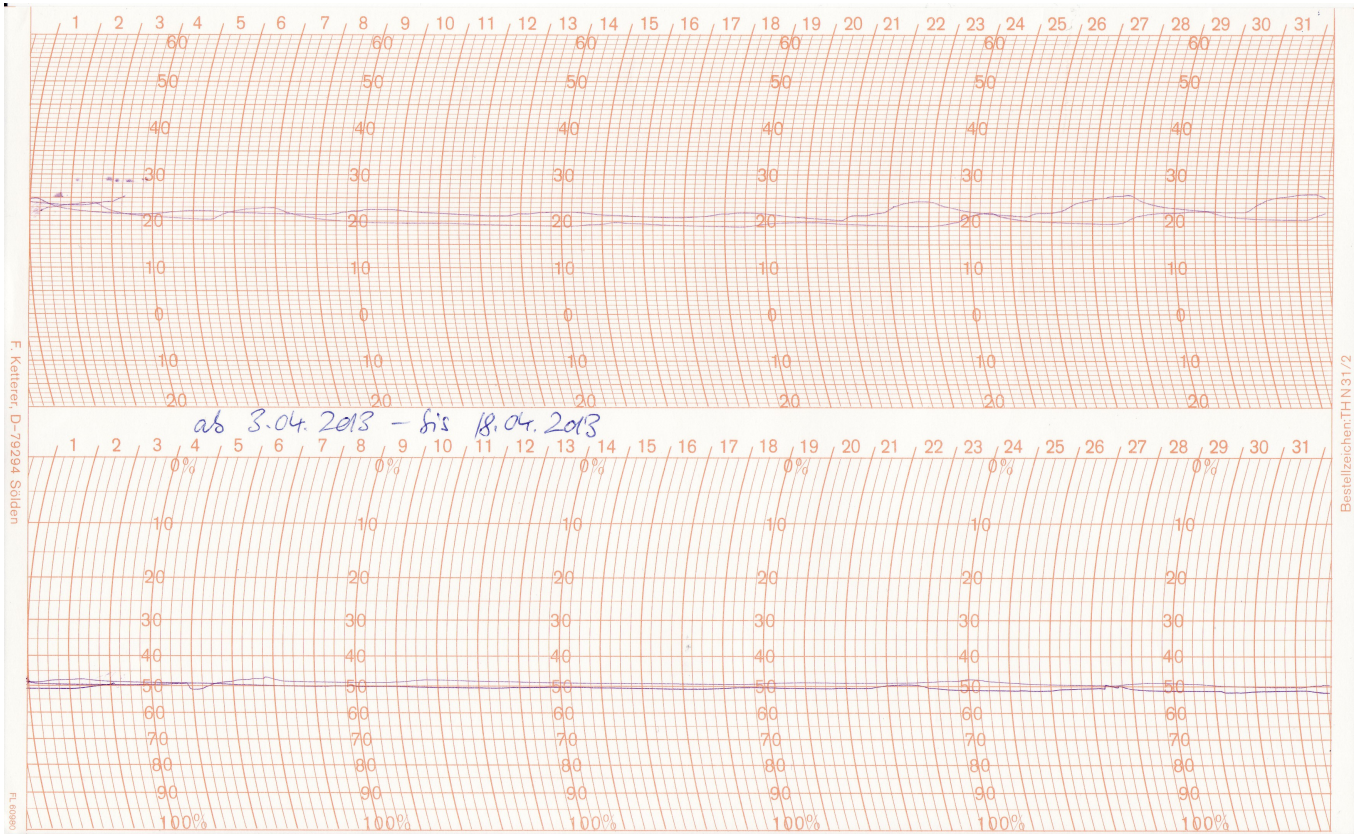
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 5.03.-20.03.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



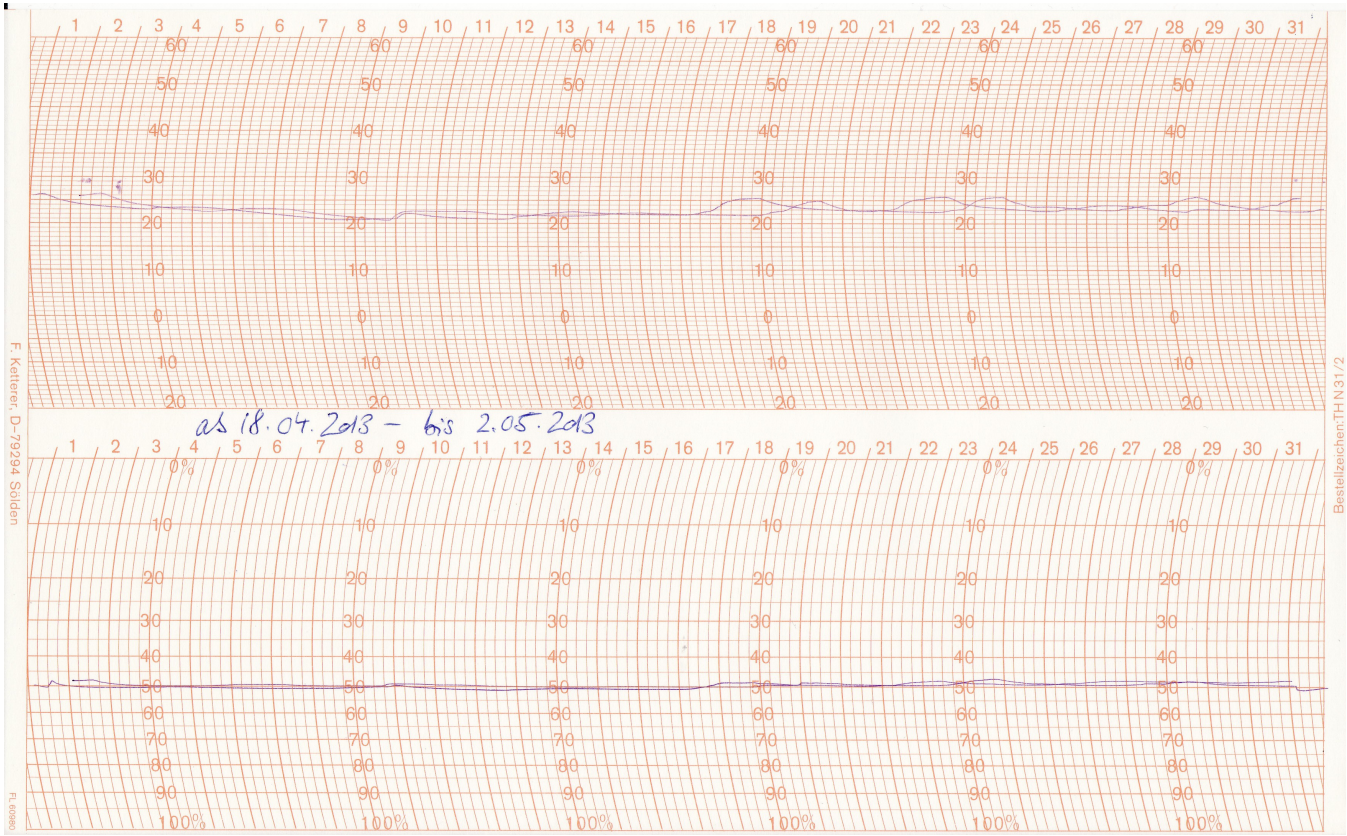
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 20.03.-3.04.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



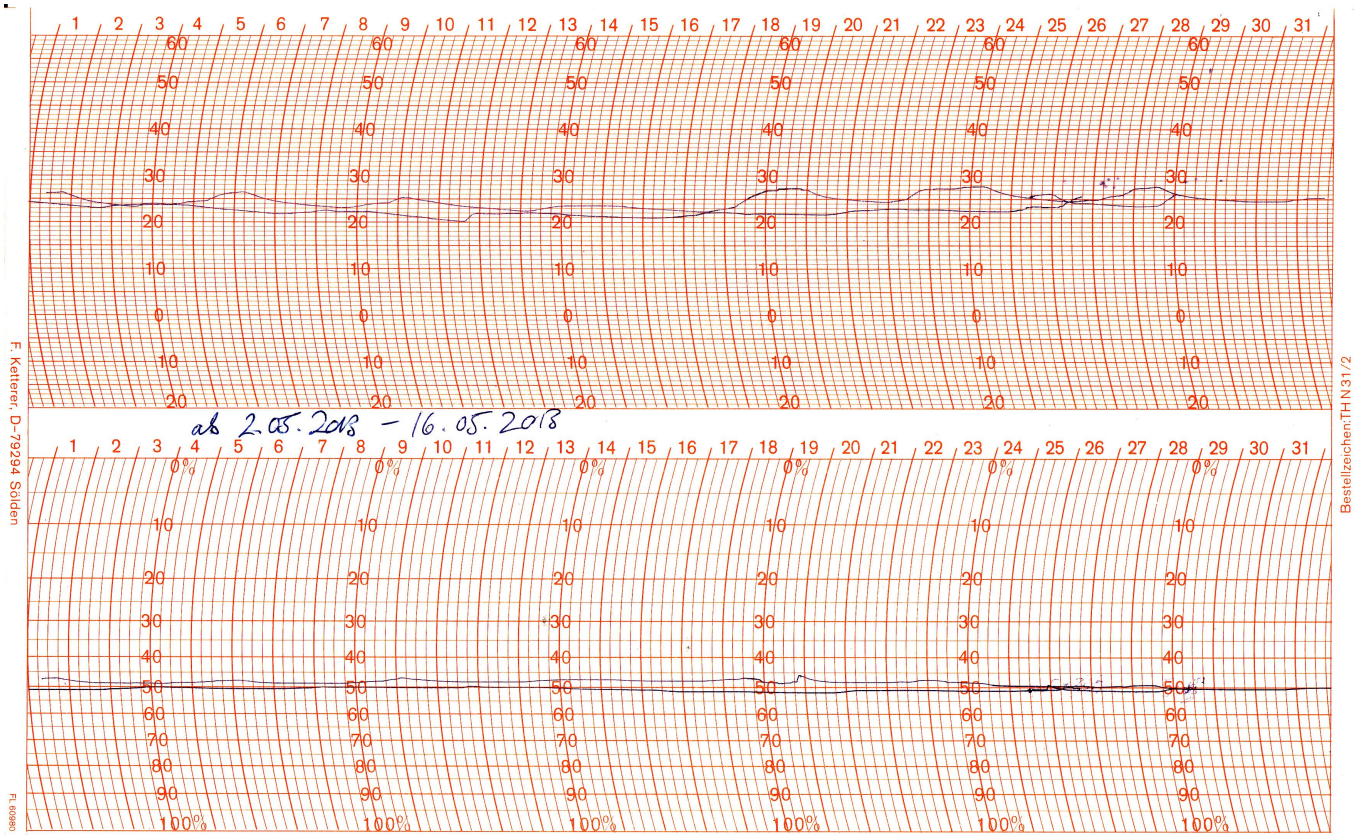
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 3.04.-18.04.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



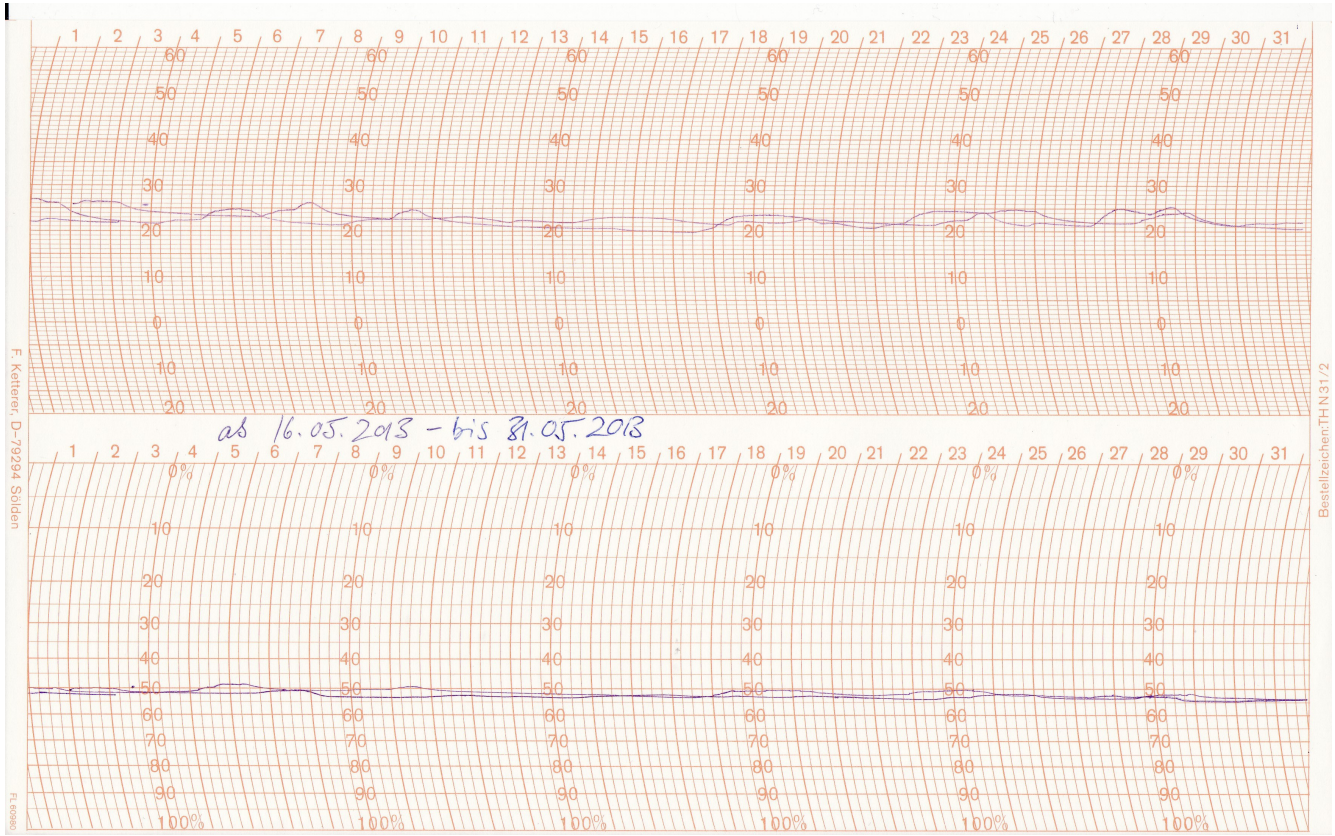
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 18.04.-2.05.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



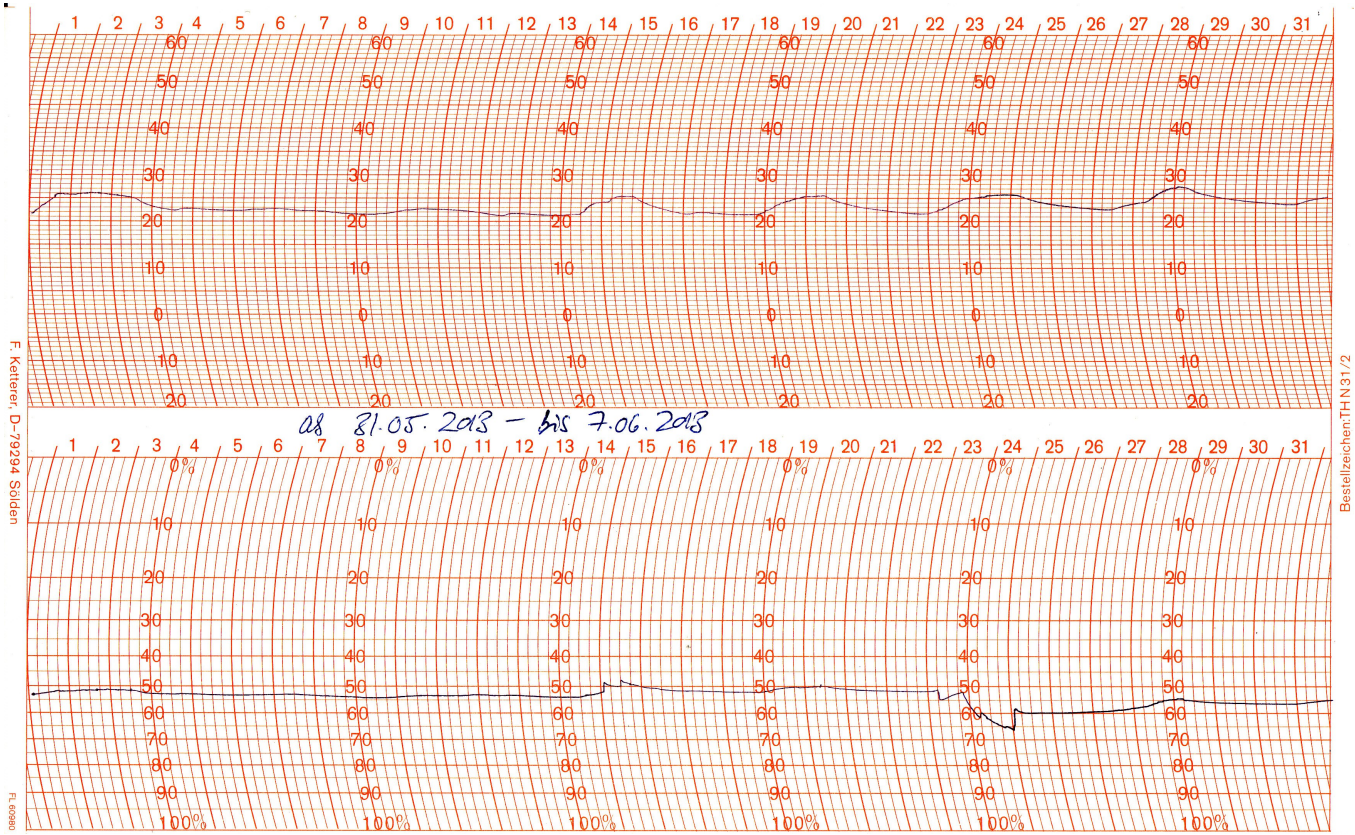
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 2.05.-16.05.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



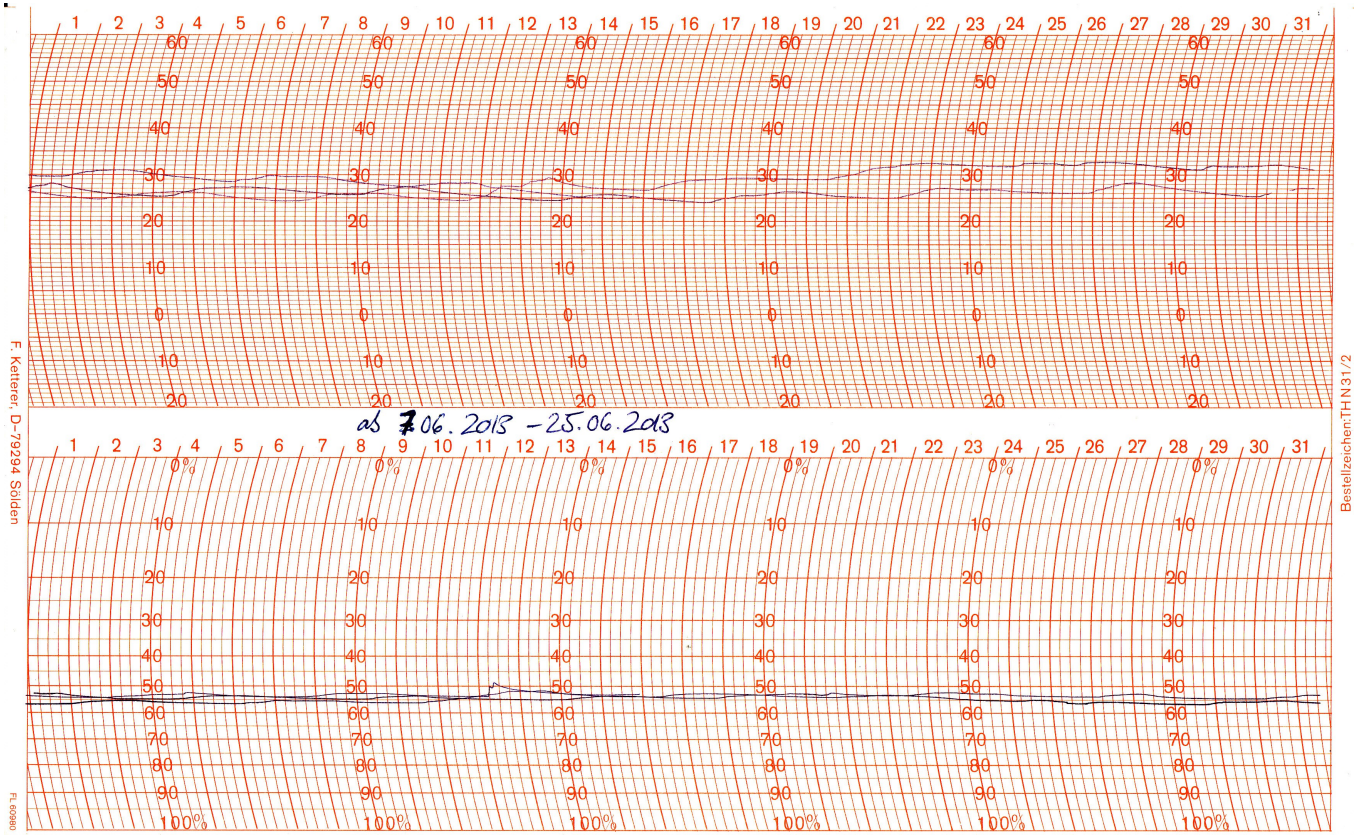
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 16.05.-31.05.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



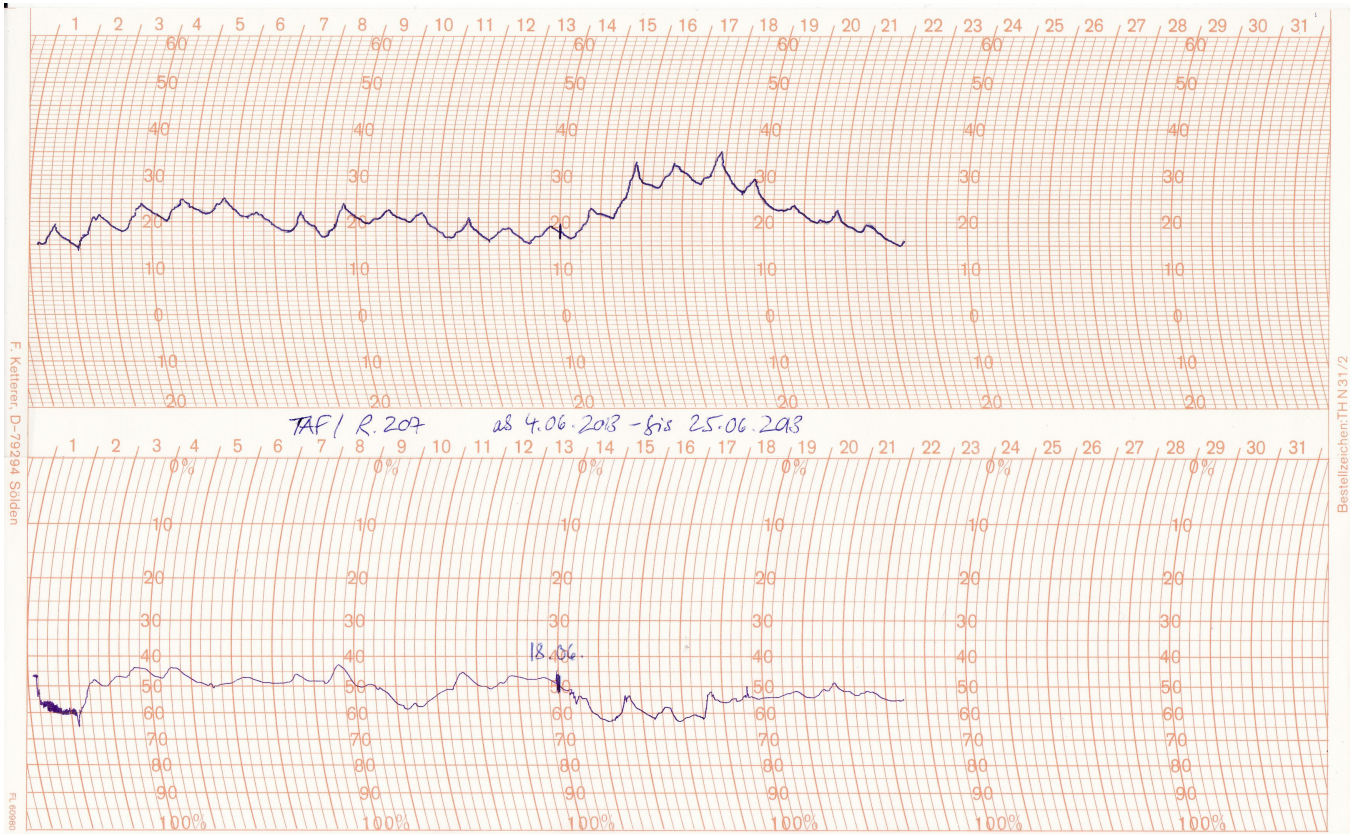
Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 31.05.-7.06.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung GSM, R. 138: 7.06.-25.06.2013

Fortsetzung **A.16.2** Thermohygrographenblätter



Klimaaufzeichnungen CICS / Studienrichtung TAF, R. 207: 4.06.-25.06.2013

A.17Abbildungsverzeichnis und Fotoprotokoll

Es folgt die Listung der Abbildungen, Diagramme und Tabellen mit anschließendem Quellenverzeichnis:

A.17 / Tabelle I: Verzeichnis der Darstellungen

Teil I: EINFÜHRUNG / GRUNDLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
5.6	Tabelle I	Übersicht zur Klebstoff-Gesamtauswahl
TEIL II : HAUPTTEIL / VERSUCHE		
Kapitel	**Darstellung**	
6.1	Abb. 01	Vorbereitete Klebstofffilmprobekörper
6.2	Abb. 02	Zwick Zugprüfmaschine
6.4.1	Abb. 03	S-D- Diagramm Klebstofffilm Mowilith D 50
	Abb. 04	S-D- Diagramm Klebstofffilm Jade 403 N + Arbocel BWW 40
6.4.2	Abb. 05	S-D- Diagramm Klebstofffilm Lineco
6.4.3	Abb. 06	S-D- Diagramm Klebstofffilm Mowilith DM 771 + Methocel A4C
6.4.4	Abb. 07	S-D- Diagramm Klebstofffilm SL + WS (warm)
	Abb. 08	S-D- Diagramm Klebstofffilm SL + Arbocel BWW 40
6.4.5	Abb. 09	S-D- Diagramm Klebstofffilm Beva 371
	Abb. 10	S-D- Diagramm Klebstofffilm Beva 371 II
6.5	Abb. 11	Diagramm der mittleren Höchstzugkräfte (Fmax) der Klebstofffilme
7.4.1	Abb. 12	S-D-Diagramm des Testgarns der Fa. TextilTrade
7.4.2	Abb. 13	S-D-Diagramm Mowilith DHS S1, Einzelfaden SAS
	Abb. 14	S-D-Diagramm Mowilith DHS S1, Einzelfaden Ü
	Abb. 15	S-D-Diagramm Mowilith DHS S1, Einzelfaden Ü+V
	Abb. 16	S-D-Diagramm Jade 403 N + Arbocel BWW 40, Einzelfaden SAS
7.4.3	Abb. 17	S-D-Diagramm Lineco, Einzelfaden SAS
	Abb. 18	S-D-Diagramm Lineco, Einzelfaden Ü
	Abb. 19	S-D-Diagramm Lineco, Einzelfaden Ü+V
7.4.4	Abb. 20	S-D-Diagramm Mowilith DM 771 + Methocel A4C, Einzelfaden SAS
7.4.5	Abb. 21	S-D-Diagramm SL + WS (warm), Einzelfaden SAS
	Abb. 22	S-D-Diagramm SL + WS (warm), Einzelfaden Ü
	Abb. 23	S-D-Diagramm SL + WS (warm), Einzelfaden Ü+V

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL II : HAUPTTEIL / VERSUCHE		
Kapitel	**Darstellung**	
7.4.5	Abb. 24	S-D-Diagramm SL + Arbocel BWW 40, Einzelfaden SAS
	Abb. 25	S-D-Diagramm SL + Arbocel BWW 40, Einzelfaden Ü
	Abb. 26	S-D-Diagramm SL + Arbocel BWW 40, Einzelfaden Ü+V
7.5	Abb. 27	Diagramm der mittleren Höchstzugkräfte (Fmax) der Einzelfäden
8.4.1	Abb. 28	S-D-Diagramm Schuss / Sironi-Testgewebes, Einzelfaden
8.4.2	Abb. 29	S-D-Diagramm Sironi-Testgewebe, Gewebestreifen
8.4.3	Abb. 30	S-D-Diagramm Mowilith DHS S1, Gewebestreifen SAS
8.4.4	Abb. 31	S-D-Diagramm Lineco, Gewebestreifen SAS
	Abb. 32	S-D-Diagramm Lineco, Gewebestreifen SAS+B
	Abb. 33	S-D-Diagramm Lineco, Gewebestreifen Ü
	Abb. 34	S-D-Diagramm Lineco, Gewebestreifen Ü+V
8.4.5	Abb. 35	S-D-Diagramm SL + WS (warm), Gewebestreifen SAS
	Abb. 36	S-D-Diagramm SL + WS (warm), Gewebestreifen SAS+B
	Abb. 37	S-D-Diagramm SL + WS (warm), Gewebestreifen Ü
	Abb. 38	S-D-Diagramm SL + WS (warm), Gewebestreifen Ü+V
8.5	Abb. 39	Diagramm der mittleren Höchstzugkräfte (Fmax) Gewebestreifenzugprüfung
9.1.2	Abb. 40	Vorbereitete Gewebekreuzproben
9.2	Abb. 41	Biaxmaschine während der Prüfung
9.3.1	Abb. 42	Kraft-Weg-Diagramm der uniaxial- / orthogonal-fixierten Kreuzprobenprüfung
	Abb. 43	Kraft-Weg-Diagramm der äquibiaxialen Kreuzprobenprüfung
9.4.1	Abb. 44	S-D-Diagramm der Schussrichtung bei der uniax/orthog. Kreuzprobenprüfung, Nullproben
	Abb. 45	S-D-Diagramm der Schussrichtung bei der äquibiaxialen Kreuzprobenprüfung, Nullproben
9.4.2	Abb. 46	S-D-Diagramm der Schussrichtung bei der äquibiaxialen Kreuzprobenprüfung, Lineco SAS
	Abb. 47	S-D-Diagramm der Schussrichtung bei der äquibiaxialen Kreuzprobenprüfung, Lineco SAS+B
	Abb. 48	S-D-Diagramm der Schussrichtung bei der äquibiaxialen Kreuzprobenprüfung, SL+ WS (warm) SAS
	Abb. 49	S-D-Diagramm der Schussrichtung bei der äquibiaxialen Kreuzprobenprüfung, SL + WS (warm) SAS+B
9.5	Abb. 50	Diagramm der mittleren Höchstzugkräfte (Fmax) der biaxial geprüften Kreuzproben
	Abb. 51	Diagramm der Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (Fmax) von Nullproben und Verklebungen an biaxial geprüften Gewebekreuzproben

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL II : HAUPTTEIL / VERSUCHE		
10	Abb. 52	Berstdruckgerät
10.5	Abb. 53	Diagramm der Variationskoeffizienten des mittleren Berstdrucks an intakten und verklebten Geweben
TEIL III: SCHLUSSTEIL / GESAMTAUSWERTUNG		
Kapitel	**Darstellung**	
12.1	Abb. 54	Diagramm der mittleren Höchstzugkraftdehnungen der Klebstofffilme
12.2	Abb. 55	Exemplarische Darstellung der mittleren Höchstzugkräfte an Einzelfäden
12.3	Abb. 56	Diagramm der Höchstzugkräfte (Fmax) aller betrachteten Proben von Lineco
TEIL IV : ANLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
A.1.1	Abb. 01-09	Klebstofffilmprüfung
A.1.2	Abb. 01-11	Einzelfadenprüfung
A.1.3	Abb. 01-12	Streifenzugversuche
A.1.4	Abb. 01-23	Biaxversuche
A.1.5	Abb. 01-04	Berstdruckversuche
A.2.1	Abb. 01-27	Probekörperdokumentation / Nullproben
A.2.2.	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Mowilith D 50
A.2.3	Abb. 01-11	Probekörperdokumentation / Mowilith DHS S1
A.2.4	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Mowilith DHS S1 + Methocel A4C
A.2.5	Abb. 01-04	Probekörperdokumentation / Mowilith DHS S1 + H2O
A.2.6	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Mowilith LD 167
A.2.7	Abb. 01-58	Probekörperdokumentation / Lineco
A.2.8	Abb. 01.03	Probekörperdokumentation / Lineco + H2O
A.2.9	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Lineco + Arbocel BWW 40
A.2.10	Abb. 01-11	Probekörperdokumentation / Lineco + Methocel A4C
A.2.11	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Evacon-R
A.2.12	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Evacon-R + Methocel A4C
A.2.13	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Evacon-R + Arbocel BWW 40
A.2.14	Abb. 01-04	Probekörperdokumentation / Jade 403 N + Arbocel BWW 40
A.2.15	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Vinnapas DP 600
A.2.16	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Vinamul 8481
A.2.17	Abb. 01	Probekörperdokumentation / Beva 371
A.2.18	Abb. 01-03	Probekörperdokumentation / Mowilith DM 771 + Methocel A4C
A.2.19	Abb. 01-50	Probekörperdokumentation / SL + WS (warm)

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL IV : ANLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
A.2.20	Abb. 01-11	Probekörperdokumentation / SL + WS (kalt)
A.2.21	Abb. 01-11	Probekörperdokumentation / SL + Arbocel BWW 40
A.2.22	Abb. 01.03	Probekörperdokumentation / SL 40 %
A.3.1	Tabelle I	Übersicht zu den Klebstoffeigenschaften
A.3.1	Tabelle II	Filmauffälligkeiten
	Abb. 01-09	
A.3.2	Tabelle I	Ergebnisse der Untersuchungen und Analysen
	Abb. 01-08	
A.3.3	Tabelle I	Verworfene Klebstoffe und Modifikationen
A.4.1	Tabelle I	Informationen zum Garn
	Abb. 01-03	
	Tabelle II	Tex-Mesung / Garn
	Abb. 04	
	Tabelle III	Zum Fadendurchmesser
	Abb. 05-06	
	Tabelle IV	Zur Fadendichte
A.4.2	Tabelle I	Informationen zum Gewebe
	Abb. 01-11	
	Tabelle II	Tex-Messung / Gewebe
	Tabelle III	Zum Fadendurchmesser
	Abb. 12-17	
	Tabelle IV	Zur Fadendrehung
	Tabelle V	Zur Gewebeschlichte
	Abb. 18-34	
A..5.1	Tabelle I	Hersteller- und Bezugsadressen
A.5.2	Tabelle I	Störleimfolienherstellung
	Tabelle II	Herstellung Störleim-Weizenstärkekleister
	Tabelle III	Klebstoffmodifikation mittels Celluloseetherzusatz
	Tabelle IV	Klebstoffmodifikation mittels Cellulosefaserzusatz
	Tabelle V	Herstellung Fadenbrücken
	Abb. 01-07	
A.6.1	Tabelle I	Allgemeines zur Herstellung der Klebstofffilmprobekörper
	Abb. 01-16	
	Tabelle II	Parameter zur Klebstofffilmherstellung

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL IV : ANLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
A.6.1	Tabelle III	Filmdickenmessung
	Tabelle IV	Anzahl hergestellter und geprüfter Filmprobekörper
A.6.2	Tabelle I	Vorbereitung der Einzelfadenprobekörper
	Abb. 01	
	Tabelle II	Überblick zu den Einzelfadenprobekörpern
A.6.3	Tabelle I	Vorbereitung der Gewebestreifenprobekörper
	Abb. 01	
	Tabelle II	Überblick zu den Gewebestreifenprobekörpern
A.6.4	Tabelle I	Vorbereitung der Gewebekreuzprobekörper
	Abb. 01-07	
	Tabelle II	Überblick zu den Gewebekreuzprobekörpern
A.6.5	Tabelle I	Vorbereitung der Berstdruckprobekörper
	Abb. 01-02	
	Tabelle II	Überblick zu den Berstdruckprobekörpern
A.7.1	Tabelle I	Ermittlung der Klebstofftropfengrößen
	Abb. 01-19	
	Tabelle II	Durchführung der Einzelfadenverklebungen
	Abb. 01-64	
	Tabelle III	Verklebungshinweise zu den Klebstoffen
A.7.2	Tabelle I	Angefertigte Nullproben
	Tabelle II	Angefertigte Klebungen
	Tabelle III	Gesamtanzahl angefertigter Textilprobekörper
A.8.1	Tabelle I	Risstypen der Klebstofffilmprobekörper
	Tabelle II	Messwerte zur Klebstofffilmprüfung
A.8.2	Diagramme I	Klebstofffilme / Spannungs-Dehnungs-Diagramme
	Diagr. 01	Beva 371
	Diagr. 02	Beva 371 II
	Diagr. 03	Evacon-R
	Diagr. 04	Evacon-R + Arbocel BWW 40
	Diagr. 05	Evacon-R + Methocel A4C
	Diagr. 06	Jade 403 N + Arbocel BWW 40
	Diagr. 07	Lineco
	Diagr. 08	Lineco + Arbocel BWW 40

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL IV : ANLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
A.8.2	Diagr. 09	Lineco + H2O
	Diagr. 10	Lineco + Methocel A4C
	Diagr. 11	Mowilith D 50
	Diagr. 12	Mowilith DHS S1
	Diagr. 13	Mowilith DHS S1 + H2O
	Diagr. 14	Mowilith + Methocel A4C
	Diagr. 15	Mowilith LD 167
	Diagr. 16	Mowilith DM 771 + Methocel A4C
	Diagr. 17	SL + Arbocel BWW 40
	Diagr. 18	SL + WS (kalt)
	Diagr. 19	SL + WS (warm)
	Diagr. 20	SL 40 %
	Diagr. 21	Vinamul 8481
	Diagr. 22	Vinnapas DP 600
A. 8.2	Diagramme II	Klebstofffilmprüfung im Überblick
	Diagr. 01	Durchschnittliche Höchstzugkräfte (Fmax) der Klebstofffilme
	Diagr. 02	Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (Fmax) der Klebstofffilme
	Diagr. 03	Durchschnittliche Höchstzugkraftdehnungen (ε - Fmax) der Klebstofffilme
	Diagr. 04	Durchschnittliche Höchstzugkraftdehnungen (ε - Fmax) der Klebstofffilme (klein)
	Diagr. 05	Durchschnittliche Höchstzugkraftdehnungen (ε - Fmax) der Klebstofffilme (groß)
	Diagr. 06	Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Klebstofffilme
A.9.1	Tabelle I	Einzelfadenprüfung / Probenprotokoll
	Tabellen II	Messwerte zur Einzelfadenprüfung
A.9.2	Diagramme I	Einzelfäden / Spannungs-Dehnungs-Diagramme
	Diagr. 01	Nullproben / Garn TextilTrade
	Diagr. 02	Nullproben / Schuss Sironi
	Diagr. 03	Evacon-R, SAS
	Diagr. 04	Evacon-R + Arbocel BWW 40, SAS
	Diagr. 05	Evacon-R + Methocel A4C, SAS
	Diagr. 06	Jade 403 N + Arbocel BWW 40, SAS
	Diagr. 07	Lineco, SAS
	Diagr. 08	Lineco, Ü

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL IV : ANLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
A.9.2	Diagr. 09	Lineco, Ü+V
	Diagr. 10	Lineco + Arbocel BWW 40, SAS
	Diagr. 11	Lineco + H2O, SAS
	Diagr. 12	Lineco + Methocel A4C, SAS
	Diagr. 13	Lineco + Methocel A4C, Ü
	Diagr. 14	Lineco + Methocel A4C, Ü+V
	Diagr. 15	Mowilith D 50, SAS
	Diagr. 16	Mowilith DHS S1, SAS
	Diagr. 17	Mowilith DHS S1, Ü
	Diagr. 18	Mowilith DHS S1, Ü+V
	Diagr. 19	Mowilith DHS S1 + H2O, SAS
	Diagr. 20	Mowilith + Methocel A4C, SAS
	Diagr. 21	Mowilith LD 167, SAS
	Diagr. 22	Mowilith DM 771 + Methocel A4C, SAS
	Diagr. 23	SL + Arbocel BWW 40, SAS
	Diagr. 24	SL + Arbocel BWW 40, Ü
	Diagr. 25	SL + Arbocel BWW 40, Ü+V
	Diagr. 26	SL + WS (kalt), SAS
	Diagr. 27	SL + WS (kalt), Ü
	Diagr. 28	SL + WS (kalt), Ü+V
	Diagr. 29	SL + WS (warm), SAS
	Diagr. 30	SL + WS (warm), Ü
	Diagr. 31	SL + WS (warm), Ü+V
	Diagr. 32	SL 40 %
	Diagr. 33	Vinamul 8481
	Diagr. 34	Vinnapas DP 600
A.9.2	Diagramme II	Einzelfadenprüfung im Überblick
	Diagr. 01	Durchschnittliche Höchstzugkräfte (Fmax) der Einzelfäden
	Diagr. 02	Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (Fmax) der Einzelfäden
	Diagr. 03	Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Einzelfäden
A.10.1	Tabelle I	Streifenzugversuche / Probenprotokoll
	Tabellen II	Messwerte zur Gewebestreifenprüfung
A.10.2	Diagramme I	Gewebestreifen / Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL IV : ANLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
A.10.2	Diagr. 01	Nullproben Sironi (B 12,5 mm / LE 100 mm)
	Diagr. 02	Nullproben Sironi (B 25 mm / LE 100 mm)
	Diagr. 03	Nullproben Sironi (B 25 mm / LE 200 mm)
	Diagr. 04	Lineco, SAS (12,5 mm / LE 100 mm)
	Diagr. 05	Lineco, SAS (25 mm / LE 100 mm)
	Diagr. 06	Lineco, SAS+B
	Diagr. 07	Lineco, Ü
	Diagr. 08	Lineco, Ü+V
	Diagr. 09	Lineco + Methocel A4C, SAS
	Diagr. 10	Mowilith DHS S1, SAS
	Diagr. 11	SL + Arbocel BWW 40, SAS
	Diagr. 12	SL + WS (kalt), SAS
	Diagr. 13	SL + WS (warm), SAS (B 12,5 mm / LE 100 mm)
	Diagr. 14	SL + WS (warm), SAS (25 mm / LE 100 mm)
	Diagr. 15	SL + WS (warm), SAS+B
	Diagr. 16	SL + WS (warm), Ü
	Diagr. 17	SL + WS (warm), Ü+V
	Diagramme II	Gewebestreifenprüfung im Überblick
	Diagr. 01	Durchschnittliche Höchstzugkräfte (Fmax) der Gewebestreifen / Klebungen
	Diagr. 02	Durchschnittliche Höchstzugkräfte (Fmax) der Gewebestreifen / Nullprobenvergleich
	Diagr. 03	Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (Fmax) der Gewebestreifen
	Diagr. 04	Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Gewebestreifen / Klebungen
	Diagr. 05	Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Gewebestreifen / Nullprobenvergleich
A.11.1	Tabelle I	Gewebekreuzproben / Probenprotokoll
	Abb. 01	
	Tabellen II	Messwerte zur Gewebekreuzprobenprüfung
A.11.2	Diagramme I	Kreuzproben / Kraft-Zeit- und Kraft-Weg-Diagramme
	Diagr. 01-06	Nullproben
	Diagr. 07-12	Lineco
	Diagr. 13-16	SL + WS (warm)
	Diagramme II	Kreuzproben / Spannungs-Dehnungs-Diagramme
	Diagr. 01	Nullproben Sironi, äquibiaxial (LE 100 mm)

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL IV : ANLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
A.11.2	Diagr. 02	Nullproben Sironi, uniax. + orthog. fixiert
	Diagr. 03	Nullproben Sironi, äquibiaxial (LE 200 mm)
	Diagr. 04	Lineco, SAS (LE 100 mm)
	Diagr. 05	Lineco, SAS (LE 200 mm)
	Diagr. 06	Lineco, SAS+B
	Diagr. 07	SL + WS (warm), SAS
	Diagr. 08	SL + WS (warm), SAS+B
	Diagramme III	Kreuzproben / E-Modul-Ermittlungs-Diagramme
	Diagr. 01	Nullproben Sironi, äquibiaxial (LE 100 mm)
	Diagr. 02	Nullproben Sironi, uniax. + orthog. fixiert
	Diagr. 03	Nullproben Sironi, äquibiaxial (LE 200 mm)
	Diagr. 04	Lineco, SAS (LE 100 mm)
	Diagr. 05	Lineco, SAS (LE 200 mm)
	Diagr. 06	Lineco, SAS+B
	Diagr. 07	SL + WS (warm), SAS
	Diagr. 08	SL + WS (warm), SAS+B
	Diagramme IV	Biaxprüfung im Überblick
	Diagr. 01	Durchschnittliche Höchstzugkräfte (Fmax) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Klebungen
	Diagr. 02	Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Klebungen
	Diagr. 03	Durchschnittliche Höchstzugkräfte (Fmax) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Nullprobenvergleich
	Diagr. 04	Durchschnittliche Zugfestigkeiten (Rm) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Nullprobenvergleich
	Diagr. 05	Durchschnittliche Höchstzugkräfte (Fmax) der Kreuzproben im Schuss / Nullprobenvergleich
	Diagr. 06	Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (Fmax) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Nullprobenvergleich
	Diagr. 07	Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (Fmax) der Kreuzproben in Kette und Schuss / Nullproben
	Diagr. 08	Variationskoeffizienten der Höchstzugkräfte (Fmax) der Kreuzproben im Schuss / Klebungen
A.12.1	Tabellen I	Berstdruckprüfung / Wertetabellen
A.12.2	Diagramme I	Berstdruckprüfungen im Überblick
	Diagr. 01	Durchschnittliche Wölbhöhen der Berstdruckprobekörper
	Diagr. 02	Durchschnittlicher Berstdruck der Berstdruckprobekörper

Fortsetzung **A.17 / Tabelle I:** Verzeichnis der Darstellungen

TEIL IV : ANLAGEN		
Kapitel	**Darstellung**	
A.12.2	Diagr. 03	Variationskoeffizienten des Berstdrucks der Berstdruckprobekörper
A.13	Diagramme I	Ausgewählte prüfungsübergreifende Vergleiche
	Diagr. 01	Mittlere Höchstzugkräfte (Fmax) der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 02	Variationskoeffizienten von Fmax der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 03	Variationskoeffizienten der Höchstzugkraft der Nullproben (uni- / biaxiale Versuche) sowie des Berstdrucks der Nullproben (Berstdruckprüfung) im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 04	Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) der Nullproben im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 05	Mittlere Höchstzugkräfte (Fmax) von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 06	Variationskoeffizienten von Fmax von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 07	Variationskoeffizienten der Höchstzugkraft (uni- / biaxiale Versuche) sowie des Berstdrucks (Berstdruckprüfung) von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 08	Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) von Lineco im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 09	Mittlere Höchstzugkräfte (Fmax) SL+WS (warm) im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 10	Variationskoeffizienten von Fmax von SL+WS (warm) im übergreifenden Vergleich
	Diagr. 11	Variationskoeffizienten der Höchstzugkraft (uni- / biaxiale Versuche) sowie des Berstdrucks (Berstdruckprüfung) von SL+WS (warm) im versuchsübergreifenden Vergleich
	Diagr. 12	Mittlere Zugfestigkeiten (Rm) von SL+WS (warm) im übergreifenden Vergleich
A.14.1	Tabelle I	Zwick / Allgemeine Einstellungen und Hinweise
	Abb. 01-18	
A.14.2	Tabelle I	Biaxprüfung / LTM Uni des Saarlandes
	Abb. 01-02	

A.17 / Tabelle II: Quellenverzeichnis der Darstellungen

Kapitel	**Darstellung**	**Quelle**
A.3.2	Tabelle I	Zur Verfügung gestellt von Frau Prof. Dr. Elisabeth Jägers.
	Abb. 01	
	Abb. 02-07	BALTSCHEIT 2011, S. 107-108.
	Abb. 08	Schriftliche Mitteilung DOWN 1995.
A.4.1	Tabelle I	BALTSCHEIT 2011, S. 107.
	Abb. 01	
	Tabelle V	Zur Verfügung gestellt von Frau Prof. Dr. Elisabeth Jägers.
	Abb. 30-34	
A.6.2	Tabelle I	BALTSCHEIT 2011, S. 42.
	Abb. 01	
Sofern hier nicht anders gekennzeichnet, wurden sämtliche Darstellungen in Form von fotografischen Abbildungen, Grafiken, Diagrammen oder Tabellen durch die Verfasserin erstellt.		

A.17 / Tabelle III: Fotoprotokoll

Fotos / VIS		
A	Digitale Spiegelreflex-Kamera	Kamera Nikon D 100
	Objektiv	Objektiv Sigma Ex Aspherical 24-70 mm D
	Farbkarte	B.I.G. Farbkarte #13
	Beleuchtung	Individuelle Raumbeleuchtung / ggf. zusätzliche Kohlrusch Tageslichtleuchten
B	Einfache Digital-Kamera	FUJIFILM FinePix A330 Digital Camera (3.2 Mega Pixels)
	Beleuchtung	Individuelle Raumbeleuchtung / ggf. zusätzliche Kohlrusch Tageslichtleuchten
Fotos / Mikroskop		
A	Kamera	„Diskus – Mikroskopische Diskussion, Version MIL 8.0b“
	Software	Mikroskopkamera Fa. Hitachi
	Mikroskop	Leica MZFL (FLUO) III
	Vergrößerung	(gemäß Maßstab)
	Beleuchtung	Schwanenhalslampe Fa. Schott
B	Kamera	FUJIFILM FinePix A330 Digital Camera (3.2 Mega Pixels) → Fotos durch Okular
	Mikroskop	Mikroskop Zeiss Focus / Okular 10x / 22 BT* (f=170), 50 T* + f 200 T*
	Vergrößerung	(gemäß Maßstab)
	Beleuchtung	Schwanenhalslampe Schott KL 200 LD

A.18 Bibliografie

Die Bibliographie ist zur verbesserten Übersicht untergliedert worden:

A.18.1 Literatur- und Quellenverzeichnis

I. Allgemeine Quellen und Literatur

ANDLER 2010
Heiko Andler: Feldliche, optische dreidimensionale Dehnungsmessung am Beispiel des Bulge-Tests. Unveröffentlichte Diplomarbeit LTM Universität des Saarlandes 2010.

BALSER, ISERINGHAUSEN 1975
Klaus Balser, Martin Iseringhausen: Celluloseäther. In: Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie. Band 9: Butadien bis Cytostatika. Weinheim ^{4}1975. S. 192-212.

BALTSCHEIT 2011
Christine Baltscheit: Die Stoß-auf-Stoß-Verklebung zur Rissschliessung bei Leinengeweben. Vergleichende Untersuchungen zur Zugfestigkeit von Klebstoffen für die Einzelfadenverklebung. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2011.

BANDERMANN 1980
Friedhelm Bandermann: Auswertung von Meßdaten. In: Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie. Band 5: Analysen- und Messverfahren. Weinheim ^{4}1980, S. 41-49.

BECKER 2002
Laurence Becker: Möglichkeiten und Grenzen der Einzelfadenverklebung in der Textilkonservierung. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2002.

BERGER, RUSSEL 1988
Gustav A. Berger, William H. Russel: An evaluation of the preparation of canvas paintings using stress measurements. In: Studies in Conservation, Volume 33, 1988, S. 187-204.

BERGER 1981
Gustav A. Berger: The Role of Tension in the Preservation of Canvas Paintings. A Study of Panoramas. In: ICOM Preprints 6th Triennial Meeting Ottawa, Band 2, Nr. 3, 1981, S. 1-12.

BERGER, RUSSEL 1982
G. A. Berger, W. H. Russel: The behavior of canvas as a structural support for painting. Preliminary report. In: Science and Technology in the Service of Conservation. Preprints of the Contributions to the IIC Washington Congress 3-9 September 1982. Hrsg. N.S. Bromelle, G. Thomson. London 1982, S. 139-145.

BERGER, RUSSEL 1984
Gustav A. Berger, William H. Russel: The new stress tests on canvas paintings and some of their implications on the preservation of paintings. In: ICOM Committee of Conservation Preprints 7th Triennial Meeting, Kopenhagen 10-14 September 1984. Paris 1984, S. 7-9.

BERGER, RUSSEL 1987
Gustav A. Berger, William H. Russel: Some conservation treatments in the light of the latest stress measurements. In: ICOM Committee of Conservation Preprints 8th Triennial Meeting, Sydney 6-11 September 1987. Paris 1984, S. 127-136.

BERGER, RUSSEL 2000
Gustav A. Berger, William H. Russel: The Berger-Russel biaxial stress tester for stretched canvas. In: Conservation of Paintings. Research and Innovations. Hrsg. Gustav A. Berger. London 2000, S. 264-275.

BOBETH 1993
Wolfgang Bobeth: Textile Faserstoffe. Beschaffenheit und Eigenschaften. Berlin et al. 1993.

BOURIER 2008
Günther Bourier: Beschreibende Statistik. Wiesbaden ^{7}2008.

BRAKEBUSCH 1996
Börries Brakebusch: Das mechanisch-physikalische Verhalten von Leinwandbildern. Überlegungen zum aktuellen Forschungsstand und seiner Umsetzung. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 1996.

BUCHER 2000
Kerstin Bucher: Klaffende Risse. Untersuchungen zur Dehnung geschrumpfter Rissbereiche. Unveröffentlichte Diplomarbeit ABK Stuttgart 2000.

CHEN, EGBERS 1995
Q. W. Chen, G. Egbers: Biaxiales Dehnen von Maschenwaren. In: Zeitschrift für Maschentechnik und Maschen-Industrie, 45/7, 1995, S. 570-571 (Teil I) sowie 45/10, 1991, S. 957-960 (Teil II).

DEMUTH et al. 2011
Petra Demuth, Hanna Vogel, Christina Nägler, Lena Reuber: Review – Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric-Supported Paintings.
Paper CCI Symposium Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications. Ottawa, 17.-21. Oktober 2011.

DE WITTE et al. 1984
E. De Witte, S. Florquin, M. Goessens-Landrie: Influence of the Modification of Dispersions on Film Properties. In: Adhesives and Consolidants. Preprints of the Contributions to the Pariy Congress (2-8 September 1984). Hrsg. N. S. Bromelle, Elizabeth M. Pye, Perry Smith, Garry Thomson. London 1984. S. 32-35.

DOWN 2000
Jane Down: Towards a Better Emulsion - Adhesive for Conservation. A Preliminary Report on the Effect of Modifiers an the Stability of a Vinyl Acetate/Ethylene (VAE) Copolymer Emulsion Adhesive. Technical Report No. 1. Canadian Conservation Institute. Ottawa 2000.

DOWN et al. 1996
Jane L. Down, Maureen A. MacDonald, Jean Te'treault, R. Scott Williams: Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute. An Evaluation of Selected Poly(Vinyl acetate) and Acrylic Adhesives. In: Studies in Conservation., Vol. 41, No. 1, 1996. S. 19-44.

EIPPER 1993
Paul-Bernhard Eipper: Die Reinigung von Gemäldeoberflächen mit Tensiden. Der Einsatz von modifizierten Polyvinylacetaten zur Konservierung von textilen Bildträgern. Bern et al. 1993.

FELLER, WILT 1990
R. L. Feller, M. Wilt: Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation. Research in Conservation No. 3, Getty Conservation Institute. USA 1990.

GRUBER et al. 1975
Erich Gruber, Thomas Krause, Josef Schurz: Cellulose. In: Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie. Band 9: Butadien bis Cytostatika. Weinheim ^{4}1975. S. 184-191.

GÜTTLER 2005
Sabine Güttler: Untersuchungen zur Eignung von Stärkeethern als Festigungsmittel gelockerter Farbschichten auf Papier am Beispiel von zwei unterschiedlich gefassten Objekten. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2005.

HABENICHT 2009
Gerd Habenicht: Kleben. Grundlagen, Technologien, Anwendungen. Berlin, Heidelberg ^{6}2009.

HANSEN, TAKETOMO 1989
Eric F. Hansen, Amy G. Taketomo: A Technical Note on the Casting of Unsupported Polymeric Films. In: Studies in Conservation, Vol. 34, No. 3, 1989, S. 147-151.

HAUPT 2000
Tobias Haupt: Zubereitung von Störleim. Auswirkung der Zubereitungstemperatur und -zeit auf Viskosität, Gelierverhalten und Molekulargewicht. Veröffentlichte Diplomarbeit ABK Stuttgart 2000.

HAUPT 2004
Tobias Haupt: Zubereitung von Störleim. Auswirkung der Zubereitungstemperatur und -zeit auf Viskosität, Gelierverhalten und Molekulargewicht. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 18. Jg., Heft 2 / 2004, S. 318-332.

HEIBER 1996
Winfried Heiber: Die Rißverklebung. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1, Jahrgang 10/1996, S. 117-146.

HEIBER 2003
Winfried Heiber: The thread-by-thread tear mending method. In: Alternatives to lining. The structural treatment of paintings on canvas without lining. 19 September 2003 Conference Preprints. Hrsg. Mary Bustin, Tom Caley. London 2003, S. 35-47.

HOFMANN 2003
Sylvia Hofmann: Testreihen zur Homogenität, Stabilität und Klebefestigkeit eines Stärkekleister-Störleim-Gemisches in Abhängigkeit vom Herstellungsverfahren des Kleisters (Theoretischer Teil). Unveröffentlichte Diplomarbeit HfBK Dresden 2003.

HOFFMANN 2009
Regina Hoffmann: Untersuchungen zu reduzierten Einzelfadenverklebungen mit Faden- oder Gewebebrücken an Rissen im textilen Bildträger. Unveröffentlichte Seminararbeit HfBK Dresden 2009.

HORIE 2010
C. V. Horie: Materials for Conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings. Second Edition. Oxford, Burlington 2010.

JACEK 1998
Bert Jacek: Die Restaurierung der Fotografie „Elsa Muche“ (um 1930) von Hugo Erfurth - unter besonderer Berücksichtigung einer Firnisabnahme und der bleichenden Entfernung von Schimmelpilzausscheidungen. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 1998.

KENNEDY et al. 1985
J. F. Kennedy, G. O. Phillips, D. J. Wedlock, P. A. Williams: Cellulose and its Derivates. Chemistry, Biochemistry and Applications. New York et al. 1985.

KOENEN, SAXE 1991
Reinhold Koenen, Klaus Saxe: Biaxiale Zugprüfungen an Technischen Membranen. In: 3. Internationales Techtextil Symposium 1991. Frankfurt am Main 1991. Vortrag 3.52b, S. 1-9.

KÜHLBERG 2012
Matthias Kühlberg: Das Verkleben gerissener Darmsaiten von Musikinstrumenten. Ein restauratorischer Beitrag zu deren Erhaltung. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2012.

LÄUCHLI 2004
Matthias Läuchli: Gemäldestrukturen unter permanenter Zugbelastung. Gewichtsbedingte Deformationen an großformatigen, modernen Gemälden. Unveröffentlichte Diplomarbeit HKB Bern 2004.

LIPINSKI 2010
Wolff-Hartwig Lipinski: Untersuchungen zum feuchtephysikalischen Verhalten von Gemälden auf textilem Bildträger unter biaxialer Dehnung. Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart Band 26. München [1]2010.

MC GLINCHY et al. 2011
Christopher McGlinchy, Rebecca Ploeger, Annalisa Colombo, Roberto Simonutti, Michael Palmer, Oscar Chiantore, Robert Proctor, Bertrand Lavédrine, E. René de la Rie: Lining and Consolidation Adhesives. Some New Developments and Areas of Future Research. Paper CCI Symposium Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications. Ottawa, 17.-21. Oktober 2011.

PRZYBYLO 2006
Maria Przybylo: Langzeitlöslichkeit von Störleim. Tatsache oder Märchen? In: VDR-Beiträge 2006, S. 117-123.

REUBER 2010
Lena Reuber: Klebstoffe für die Rissverklebung an Leinengeweben. Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut, Digitale Edition Band 1. Köln 2010.

REUMANN 2000
Ralf-Dieter Reumann: Prüfverfahren in der Textil- und Bekleidungstechnik. Berlin et al. 2000.

RIPPLINGER 2007
Cornelia Ripplinger: Stärkekleister. Einfluss verschiedener Zubereitungsmethoden und Aufbewahrungsbedingungen auf deren Haltbarkeit. Unveröffentlichte Diplomarbeit HAWK Hildesheim 2007.

ROUBA 1993
Bogumila J. Rouba: Die Leinwandstrukturanalyse und ihre Anwendung für die Gemäldekonservierung. In: Restauratorenblätter Band 13, Malerei und Textil. Wien 1993, S. 79-89.

SACHS, HEDDERICH 2006
Lothar Sachs, Jürgen Hedderich: Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R. Berlin, Heidelberg ^{12}2006.

SCHÄFER 2010
Linda Schäfer: „Flicken“ für die Rissbehandlung am textilen Bildträger. Vergleichende Untersuchungen zu Materialien und Applikationstechniken. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2010.

SCHEEL 1992
Elisabeth Scheel: Der textile Bildträger. In: Restauratorenblätter Band 13, Malerei und Textil. Wien 1992, S. 69-77.

SCHLIEFER 1975
Karl Schliefer: Cellulosefasern, natürliche. In: Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie. Band 9: Butadien bis Cytostatika. Weinheim ^{4}1975. S. 247-253.

SINDLINGER-MAUSHARDT, PETERSEN 2007
Kathrin Sindlinger-Maushardt, Karin Petersen: Methylcellulose als Klebemittel fur die Malschichtbefestigung auf Leinwandbildern – Untersuchungen zur Klebkraft und zur mikrobiellen Resistenz. In: Zeitschrift fur Kunsttechnologie und Konservierung. Heft 2, Jahrgang 21/2007. S. 371-382.

TEGGE 2004
Prof. Dr. Günther Tegge: Stärke und Stärkederivate. ^{3}2004 Hamburg.

TÍMÁR-BALÁZSY 1999
Ágnes Tímar-Balazsy: Drying behaviour of fibres. In: ICOM-CC Preprints, 12th Triennial Meeting, Vol. II, Lyon 1999. Hrsg. ICOM Committee for Conservation. Paris 1999, S. 661-666.

ULMANN 1970
Max Ulmann: Handbuch der Stärke in Einzeldarstellungen. Band V: Anwendung der Stärke und der Stärkederivate. Berlin, Hamburg 1970.

VITI, HAUDEK 1981
Erna Viti, Dr. Heinz Werner Haudek: Textile Fasern und Flächen. Textile Materialkunde. Band I. Wien 1981.

VOGEL 2010
Hanna Vogel: Modifizierte Weizenstärke zur Rissverklebung an textilen Bildträgern. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2010.

WALTRINY 2003
Isabella Waltriny: Stärkeether in der Restaurierung. In: Restauro, Heft 8, 2003. S. 571-574.

WEILER 2009
Alternative Klebstoffe für die Nachleimung degradierter und gewässerter Papiere. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2009.

WILKS 1987
Helen Wilks: Adhesives and Coatings. Science for Conservators, Book 3. Conservation Science Teaching Series. London 1987.

YOUNG 1996 a
Christina R. T. Young: Biaxial Properties of Sized Cotton-Duck. In: ICOM-CC Preprints, 11th Triennial Meeting Edinburgh 1-6 September 1996. Hrsg. J. Bridgland, Volume I. London, S. 322-331.

YOUNG 1996 b
Christina R. T. Young: Measurement of the Biaxial Tensile Properties of Paintings on Canvas. A thesis submitted for the degree of Doctor in Philosophy of the University of London and for the Diploma of Membership to the Imperial College. Published Diploma / PhD Thesis University of London 1996.

YOUNG 1999
C. Young: Measurement of the biaxial properties of nineteenth century canvas paintings using electronic speckle pattern interferometry. In: Optics and Lasers in Engineering, Heft 31/2, 1999, S. 163-170.

YOUNG, HIBBERD 1999
C. R. T. Young, R. D. Hibberd: Biaxial tensile testing of paintings on canvas.
In: Studies in Conservation, Volume 44, 1999, S. 129-141.

ZENKER 1998
Evelyn Zenker: Über Kett- und Schußfäden. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 2, Jahrgang 12/1998, S. 338-350.

ZIJDERVELD 1973
A.H. Zijderveld: Stärke und Derivate. In: Produkte der Papierchemie. Eigenschaften. Heusenstamm / Frankfurt a. M. 1973, S. 40-53.

II. Schriftliche Mitteilungen

Zum E-mail-Verkehr siehe auch unter Punkt **V.**

BALTSCHEIT 2011
Christine Baltscheit: Die Stoß-auf-Stoß-Verklebung. Vergleichende Untersuchung von geeigneten und bereits verwendeten Klebstoffen. Unveröffentlichte Semesterarbeit FH Köln, WS 2010/2011.

DEMUTH 2012
Petra Demuth: Leimherstellung aus getrockneten Schwimmblasen. Allgemeine Hinweise zur Anwendung. Unveröffentlichtes Skript der Studienrichtung GSM. CICS / FH Köln 2012.

DOWN 1995
Jane L. Down: Analysis of Jade No. 403 N, University Products. CCI Environment and Deterioration Research Report No. 2022. File EDR2022. Canadian Coservation Institute (CCI), Ottawa 1995.

FLOCK 2010
Hannah Flock: pH-neutrale Polyvinylacetat-Dispersionen. Unveröffentlichte Studienarbeit im Modul B 18.05, FH Köln WS 2010/2011.

FLOCK 2012
Hannah Flock: Zusammenfassende Darstellung des aktuellen Forschungsstands zur Physik des textilen Bildträgers. Erkenntnisse und Theorien der Konservierungs- und Restaurierungswissenschaft. Unveröffentlichte Semesterarbeit im Modul M 2.1, FH Köln WS 2011/2012.

FLOCK 2013
Hannah Flock: Leitfaden zur uniaxialen Zugprüfung von Klebstofffilmen. Filmherstellung – Probekörperproduktion – Zugprüfungsvorbereitung. Unveröffentlichte Semesterarbeit im Modul M 3.2 , FH Köln WS 2012/2013.

GÜTTLER 2004
Sabine Güttler: Zur Eignung von Stärkeethern für die Restaurierung. Herstellung – Verwendung – Eigenschaften. Unveröffentlichte Semesterarbeit im Fach Chemie und Physik der Werkstoffe, FH Köln WS 2004/2005.

LATERMANN 2012
Walerija Latermann: Die Dispersionen Plextol und Vinnapas im Vergleich. Unveröffentlichte Studienarbeit im Modul B 18.05, FH Köln WS 2011/12.

SCHÄFER 2009
Linda Schäfer: Synthetische Gewebe und Vliesstoffe für die Restaurierung textiler Bildträger. Unveröffentlichte Semesterarbeit im Fach Chemie und Physik der Werkstoffe, FH Köln WS 2009/2010.

VOGEL 2009
Hanna Vogel: BEVA Dispersion. Vergleichende Untersuchung zur Zusammensetzung und Anwendung. Unveröffentlichte Semesterarbeit im Fach Chemie und Physik der Werkstoffe, FH Köln WS 2009/2010.

III. Internetquellen

KREMER BEVA
http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/87050-87051shd.pdf (24.07.2013)

IV. Normen / Standards

ASTM D 823
Standard Practices for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products on Test Panels. In: Annual Book of ASTM Standards 2007, Volume 06.01 / Section 6: Plants, Related Coatings, and Aromatics, S. 79-86.

ASTM D 1005
Standard Test Method for Measurement of Dry-film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers. In: Annual Book of ASTM Standards 2007, Volume 06.01 / Section 6: Plants, Related Coatings, and Aromatics, S. 97-99.

ASTM D 2370
Standard Test Method for Tensile Properties of Organic Coatings. In: Annual Book of ASTM Standards 2010, Volume 06.01 / Section 6: Plants, Related Coatings, and Aromatics, S. 290-293.

DIN EN ISO 139
Textilien – Normalklimate für die Probenvorbereitung und Prüfung. Oktober 2011.

DIN EN ISO 13934-1
Zugeigenschaften von textilen Flächengebilden. Teil 1: Bestimmung der Höchstzugkraft und Höchstzugkraft-Dehnung mit dem Streifen-Zugversuch. Oktober 2012.

DIN EN ISO 13935-1
Zugversuche an Nähten in textilen Flächengebilden und Konfektionstextilien.
Teil 1: Bestimmung der Höchstzugkraft von Nähten mit dem Streifen-Zugversuch.
April 1999.

DIN EN ISO 13938-2
Bersteigenschaften von textilen Flächengebilden. Teil 2: Pneumatisches Verfahren zur Bestimmung von Berstdruck und Berstwölbung. August 1999.

DIN EN ISO 2062
Textilien - Garne von Aufmachungseinheiten. Bestimmung der Höchstzugkraft und Höchstzugkraftdehnung von Garnabschnitten unter Verwendung eines Prüfgeräts mit konstanter Verformungsgeschwindigkeit. April 2010.

DIN EN ISO 291
Kunststoffe - Normalklimate für Konditionierung und Prüfung. August 2008.

DIN 53815
Prüfung von Textilien. Begriffe für den einfachen Zugversuch. Mai 1989.

DIN 53830-3
Bestimmung der Feinheit von Garnen und Zwirnen. Teil 3: Einfache Garne und Zwirne, Texturierte Garne. Abschnittverfahren. Mai 1981.

DIN 53834-1
Prüfung von Textilien. Einfacher Zugversuch an Garnen und Zwirnen in klimatisiertem Zustand. [→ ersetzt durch DIN EN ISO 2062]

DIN 53861-3
Prüfung von Textilien: Wölb- und Berstversuch. Tabellen zur Versuchsauswertung. August 1970. [Teil 1/2 → ersetzt durch DIN EN ISO 13938 -1/2]

(JIS) MSAJ / M-02 1995
Testing method for elastic constants of membrane materials. Standard of Membrane Structures Association of Japan 1995.

V. E-Mail-Verkehr und mündliche Mitteilungen

Auf Grund des Umfangs muss bei der Vielzahl kontaktierter Personen, ausgetauschter Daten sowie geführter Telefonate leider auf ein Abdrucken des Mailverkehrs sowie von Gesprächsprotokollen verzichtet werden. Sämtliche relevante Mails o.ä. befinden sich jedoch als Ausdrucke archiviert in den persönlichen Unterlagen der Autorin. Nachfolgend ist daher alternativ eine Kontaktliste zur eventuellen Nachfrage bei den zitierten Quellen aufgeführt:

Name	Kontaktmöglichkeit
Frau Dipl.-Ing. Bettina Bieber / STFI Chemnitz	bettina.bieber@stfi.de
Frau Dipl.-Rest. Petra Demuth / CICS FH Köln	petra.demuth@fh-koeln.de
Herr Prof. Dr.-Ing. Stefan Diebels / LTM Uni Saarland	s.diebels@mx.uni-saarland.de
Herr Jürgen Düsch / Fa. Wacker Chemie AG	Juergen.Duesch@wacker.com
Frau Dipl.-Rest. Eva Eis / Fa. Kremer Pigmente	kremer-pigmente@t-online.de
Herr Thomas Homm / ELLF Uni Duisburg-Essen	thomas.homm@uni-due.de
Frau Prof. Dr. Elisabeth Jägers / CICS FH Köln	elisabeth.jaegers@fh-koeln.de
Herr Dipl.-Ing. Henning Seibert / LTM Uni Saarland	h.seibert@mx.uni-saarland.de
Herr Dipl.-Ing. Tobias Scheffer / LTM Uni Saarland	t.scheffer@mx.uni-saarland.de
Frau Dipl.-Ing. Felicitas Weiße / CICS FH Köln	felicitas.weisse@fh-koeln.de
Mitarbeiter der Fa. Zwick	info@zwick.de

A.18.2 Weiterführende Quellen und Literatur

Nachfolgend einige weiterführende und vertiefende Quellenhinweise:

I. Zur Rissbehandlung und -verklebung, u.a.

BALTSCHEIT 2011
Christine Baltscheit: Die Stoß-auf-Stoß-Verklebung zur Rissschließung bei Leinwandgeweben - Vergleichende Untersuchungen zur Zugfestigkeit von Klebstoffen für die Einzelfadenverklebung. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2011.

BECKER 2002
Laurence Becker: Möglichkeiten und Grenzen der Einzelfadenverklebung in der Textilkonservierung. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2002.

BEINER-BÜTH, BECKMANN 2007
Silke Beiner-Büth, Steffanie Beckmann: Faserbrei zur Schließung klaffender Risse – ein Werkstattbericht. In: VDR-Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut. Heft 2, 2007, S. 45-54.

BELTINGER 1992
Karoline Beltinger: Die Vernähung eines Risses in einem Leinwandgemälde. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 2, Jahrgang 6/1992, S. 353-359.

BUCHER 2000
Kerstin Bucher: Klaffende Risse. Untersuchungen zur Dehnung geschrumpfter Rissbereiche. Unveröffentlichte Diplomarbeit ABK Stuttgart 2000.

CEDERHOLM 1985
Kermit Cederholm: The treament of small tears in canvas paintings. Unveröffentlichte Abschlussarbeit (postgraduate diploma) Courtuald Institute London 1985.

DEMUTH, HEIBER 2000
Petra Demuth, Winfried Heiber: Der Trecker. Eine Spannkonstruktion für die Riss-verklebung. In: Restauro, Heft 5, 2000, S. 344-347.

DEMUTH et al. 2011
Petra Demuth, Hanna Vogel, Christina Nägler, Lena Reuber: Review – Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric-Supported Paintings. Paper CCI Symposium Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications. Ottawa, 17.-21. Oktober 2011.

EIPPER 1997
Paul-Bernhard Eipper: Die Behandlung von Rissen an Gemäldeträgergeweben mit Polyvinylacetaten. In: Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 2 1997, S. 20-28.

ESSERS 1985
Günter Essers: Verschweißen von Gewebeträgerrissen mittels Lötnadel. In: Maltechnik / Restauro, Heft 2, 1985, S. 42-43.

GÄBLER 2003
Karen Gäbler: Gewebebrücken aus Baumwolle und Polyester zur Verstärkung einer Rissverklebung. Tendenzen anhand praktischer Versuche. Unveröffentlichte Diplomarbeit HfbK Dresden 2003.

GLANZER 1995
Irene Glanzer: Ein Klebstoffsystem für Rißvernähung am Gemälde. Unveröffentlichte Diplomarbeit Hochschule für Angewandte Kunst Wien 1995.

GORDON 1978
J. E. Gordon: Structures: or Why things don't fall down. New York 1978.

HEDINGER 1997
Daniela Hedinger: Rissvernähung am Gemälde. Unveröffentlichte Diplomarbeit ABK Stuttgart 1997.

HEIBER 1996
Winfried Heiber: Die Rißverklebung. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1, Jahrgang 10/1996, S. 117-146.

HEIBER 2003
Winfried Heiber: The thread-by-thread tear mending method. In: Alternatives to lining. The structural treatment of paintings on canvas without lining. 19 September 2003 Conference Preprints. Hrsg. Mary Bustin, Tom Caley. London 2003, S. 35-47.

HOFFMANN 2009
Regina Hoffmann: Untersuchungen zu reduzierten Einzelfadenverklebungen mit Faden- oder Gewebebrücken an Rissen im textilen Bildträger. Unveröffentlichte Seminararbeit HfbK Dresden 2009.

KUDRJAWZEW 1945
E. W. Kudrjawzew: Ausbessern von Rissen und Löchern in der Bildleinwand. In: Die Technik des Gemälderestaurierens. Leipzig 1945, S. 44-53.

LANZ 1996
Diane Lanz: Vergleichende Untersuchung nähtechnischer und klebetechnischer Materialien als Sicherungsmöglichkeiten für bemalte Textilien. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 1996.

NÄGLER 2005
Christina Nägler: Risse im Polyamidgewebe der Farbraumkörper von Gotthard Graubner. Möglichkeiten und Grenzen ihrer Verklebung. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2005.

OSMOND 1987
G. Osmond: A comparison of different adhesives and techniques for mending tears in paintings on canvas supports. Canberra 1987.

PLÖTZ 2002
Sandra Plötz: Klebstoffe für die Verklebung von Rissen in Polyestergeweben. Unveröffentlichte Seminararbeit HfbK Dresden 2002.

PLÖTZ 2003
Sandra Plötz: Die Verklebung von Rissen in einem mit Wachs getränktem Gewebe (Theoretischer Teil). Unveröffentlichte Diplomarbeit HfbK Dresden 2003.

REUBER 2010
Lena Reuber: Klebstoffe für die Rissverklebung an Leinengeweben. Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut, Digitale Edition Band 1. Köln 2010.

ROSE, SAUERBERG 2002
Jenny Rose, Marie Louise Sauerberg: Thread-by-thread tear mending workshop. In: Conservation News 77, 2002, S. 38-40.

ROUX 1993
Anne-Sophie Roux: Traitement des déchirures de supports toile. Unveröffentlichte Diplomarbeit École Supérieurs des Arts appliqués de Berne / Sschuke für Gestaltung Bern (SfGB) 1993.

SACK 1988/1989
Ulrike Sack: Kombinationsmöglichkeiten von Rißbehandlung und Doublierung an Leinwandbildern. Unveröffentlichte Diplomarbeit HfbK Dresden 1988/1989.

SANDNER 1990
Ingo Sandner: The Treatment of Cracks in Canvas Paintings with Synthetic Adhesives. Procedures and Possible Combinations with the Lining Process. In: ICOM Committee for Conservation 9th Triennal Meeting, Dresden 26-31 August 1990. Hrsg. Kirsten Grimstad. Paris 1990, S. 133-138.

SARODNICK 1999
Nadja Sarodnick: Ein nützliches Werkzeug zur Rissverkebung. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1, 1999, S. 150-153.

VOGEL 2010
Hanna Ulrike Vogel: Modifizierte Weizenstärke zur Rissverklebung an textilen Bildträgern. Unveröffentlichte Diplomarbeit FH Köln 2010.

YOUNG 2003
Christina Young: The mechanical requirements of tear mends. In: Alternatives to lining. Hrsg. Mary Bustin, Tom Caley. London 2003, S. 55-58.

II. Zur biaxialen Prüfung

BERGER, RUSSEL 1988
Gustav A. Berger, William H. Russel: An evaluation of the preparation of canvas paintings using stress measurements. In: Studies in Conservation, Volume 33, 1988, S. 187-204.

BUCKEMULLER 2005
Anke Buckemüller: Zum Problem der Weiterreißfähigkeit bei technischen Membranen aus PVCbeschichtetem Polyestergewebe. Unveröffentlichte Hausarbeit im Studiengang Bautechnik, Universität Duisburg-Essen 2005.

CEBULLA 2004
H. Cebulla: Formgerechte zwei- und dreidimensionale Mehrlagengestricke mit biaxialer Verstärkung. Entwicklung von Maschine, Technologien und Produkten. Dissertation Technische Universität Dresden / Fakultät Maschinenwesen 2004.

CHEN, EGBERS 1995
Q. W. Chen, G. Egbers: Biaxiales Dehnen von Maschenwaren. In: Zeitschrift für Maschentechnik und Maschen-Industrie, 45/7, 1995, S. 570-571 (Teil I) sowie 45/10, 1991, S. 957-960 (Teil II).

LOSCH 1971
M. H. Losch: Bestimmung der mechanischen Konstanten für einen zweidimensionalen, nichtlinearen, anisotropen, elastischen Stoff am Beispiel beschichteter Gewebe. Dissertation an der Universität Stuttgart 1971.

KOENEN, SAXE 1991
Reinhold Koenen, Klaus Saxe: Biaxiale Zugprüfungen an Technischen Membranen. In: 3. Internationales Techtextil Symposium 1991. Frankfurt am Main 1991. Vortrag 3.52b, S. 1-9.

KOENEN, SAXE 1992
Reinhold Koenen, Klaus Saxe: Biaxiale Zugprüfung an Technischen Membranen. In: Technisches Textil-Forum, Jg. 12 / 1992, Nr. 1 , S. 26-28

ORAWATTANASRIKUL 2006
S. Orawattanasrikul: Experimentelle Analyse der Scherdeformation biaxial verstärkter Mehrlagengestricke. Dissertation Technische Universität Dresden / Fakultät Maschinenwesen 2006.

SPEICHER 2009
Katrin Speicher: Konstruktion, Aufbau und Steuerung einer Biaxialanlage. Studienarbeit, Universität des Saarlandes / Lehrstuhl für Technische Mechanik 2009.

SPEICHER 2010
Katrin Speicher: Charakterisierung von Elastomeren mit dem Biaxialversuch. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität des Saarlandes / Lehrstuhl für Technische Mechanik 2010.

YOUNG 1996 a
Christina R. T. Young: Biaxial Properties of Sized Cotton-Duck. In: ICOM-CC Preprints, 11th Triennial Meeting Edinburgh 1-6 September 1996. Hrsg. J. Bridgland, Volume I. London, S. 322-331.

YOUNG 1996 b
Christina R. T. Young: Measurement of the Biaxial Tensile Properties of Paintings on Canvas. A thesis submitted for the degree of Doctor in Philosophy of the University of London and for the Diploma of Membership to the Imperial College. Published Diploma / PhD Thesis University of London 1996.

YOUNG, HIBBERD 1999 a
C. R. T. Young, R. D. Hibberd: Biaxial tensile testing of paintings on canvas. In: Studies in Conservation, Volume 44, 1999, S. 129-141.

YOUNG, HIBBERD 2000
Christina Young, Roger Hibberd: The Role of Canvas Attachments in the Strain Distribution and Degradation of Easel Paintings. In: Tradition and Innovation. Advances in Conservation. IIC Contributions to the Melbourne Congress 10.-14.10.2000. Hrsg. Ahshok Roy, Perry Smith. London 2000, S. 212-220.

In der schriftlichen Mitteilung FLOCK 2012 findet sich zudem eine umfangreiche Literatursammlung nach Themengebieten zum aktuellen Forschungsstand der Physik des textilen Bildträgers, welche hier aus Platzgründen nicht mit abgedruckt werden kann.

A.19 Abkürzungsverzeichnis

	Kürzel	Bedeutung
-	%	Prozent
	° C	Grad Celsius
	µl	Mikroliter
	µm	Mikrometer
A	A	Anhang
	Abb.	Abbildung
	AE	(Meth)Acrylsäureester
	AG	Aktiengesellschaft
	allg.	allgemein/e
	ASTM	American Society for Testing and Materials
B	B	Breite
	bspw.	beispielsweise
	bzw.	beziehungsweise
C	ca.	circa
	CE	Celluloseether
	CF	Cellulosefaser
	cm	Centimeter
	Co. KG	Compagnie Kommanditgesellschaft
D	d.	der
	Dehng.	Dehnung
	d.h.	das heißt
	Diagr.	Diagramm
	DIN	Deutsche Industrie Norm
	Dipl.-Ing.	Diplom-Ingenieur
	Dipl.-Rest.	Diplom-Restaurator
	Dr.	Doktor
E	ε-Fmax	Höchstzugkraftdehnung
	EMod	Elastizitätsmodul
	EN	Europäische Norm
	et al.	et alii / et aliae (und andere)
	etc.	et cetera
	EVA	Ethylenvinylacetat
	event.	eventuell

Fortsetzung **A.19** Abkürzungsverzeichnis

	Kürzel	**Bedeutung**
F	f	folgende Seite
	Fa.	Firma
	Fmax	Höchstzugkraft
G	g	Gramm
	GbR	Gesellschaft bürgerlichen Rechts
	ggf.	gegebenenfalls
	GL	Glutinleim
	gleichm.	gleichmäßig
	GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
H	H_2O	Wasser
	horiz.	horizontal
	Hrsg.	Herausgeber
I	inkl.	inklusive
L	LE	Längeneinheit (~ Einspannlänge in Prüfung)
	li	links
M	MC	Methylcellulose
	mgl.	möglich
	mglw.	möglicherweise
	min. /max.	minimal / maximal
	min	Minute
	mind.	mindestens
	mm	Millimeter
	MPa	Megapascal
	MSAJ	Membrane Structures Association of Japan
N	N / kN / cN	Newton / Kilonewton (1000 Newton) / Centinewton (0,01 Newton)
	N/mm²	Newton pro Quadratmillimeter
	Nr.	Nummer
O	o.ä.	oder ähnliches
	orthog.	orthogonal
P	pH	potentia Hydrogenii / pondus Hydrogenii (pH-Wert)
	PMMA	Polymethylmethacrylat
	PU	Polyurethan
	Prof.	Professor
	PVAC	Polyvinylacetat

Fortsetzung **A.19** Abkürzungsverzeichnis

	Kürzel	**Bedeutung**
R	re	rechts
	r.F.	relativer Feuchte / relative Luftfeuchtigkeit
	Rm	Zugfestigkeit
S	s. / s.a. / s.u. / s.o.	siehe / siehe auch / siehe unten / siehe oben
	S	Stärke
	S.	Seite
	S-D-Diagramm	Spannungs-Dehnungs-Diagramm
	SL	Störleim
	SAS	Stoß-auf-Stoß (Verklebungstechnik)
	SAS+B	Stoß-auf-Stoß mit Fadenbrücken (Verklebungstechnik)
	sec.	Sekunden
T	Techn. / techn.	Technik / technisch
	teilw.	teilweise
	Tg	Glasübergangstemperatur
U	u.	und
	u.a.	unter anderem / und andere
	Ü	überlappend (Verklebungstechnik)
	uniax.	uniaxial
	untersch.	unterschiedlich
	Ü+V	überlappend-vermengt (Verklebungstechnik)
	usw.	und so weiter
V	v.	von
	Verf.	Verfasserin
	vermutl.	vermutlich
	Vertrauensb.	Vertrauensbereich (Konfidenzintervall)
	vgl.	vergleiche
	vglw.	vergleichsweise
	vielm.	vielmehr
	VK	Variationskoeffizient
W	WS	Weizenstärke
Z	z.B.	zum Beispiel

A.20 Digitaler Anhang

A.20.1 Produktdatenblätter

A.20.3 Prüfprotokolle und -dateien / Zwick

A.20.4 Prüfungsauswertung / Biax

A.20.5 Prüfprotokolle / Berstdruck

A.20.6 Auswertung / Excel

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Arbeit selbständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet wurden.
Sie wurde mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen bei keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt.

Köln, 16.08.2013