



FORSCHUNGSKREIS DER
ERNÄHRUNGSINDUSTRIE E.V.

„Forschungsstrategien der Gegenwart – Chancen der Zukunft“

Dokumentation der FEI-Jahrestagung 2010

Aktuelle Beiträge aus FEI-Projekten

„Forschungsstrategien der Gegenwart – Chancen der Zukunft“

Aktuelle Beiträge aus FEI-Projekten

Dokumentation der FEI-Jahrestagung 2010

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)

Godesberger Allee 142-148 · 53175 Bonn

Telefon: 0228 – 37 20 31

Telefax: 0228 – 37 61 50

E-Mail: fei@fei-bonn.de

Weiterführende Informationen:

www.fei-bonn.de

Impressum

ISBN 978-3-925032-48-6

Herausgeber

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148
D-53175 Bonn

Redaktion

Dr. Volker Häusser
Daniela Kinkel

Layout/Gestaltung

freiart gmbh, Königswinter

Druck

Bonner Universitäts-Buchdruckerei, Bonn

© FEI e. V. 2010

Inhalt

Vorwort	5
Dr. Jürgen Kohnke Vorsitzender des Forschungskreises der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)	
Eröffnungsrede zur FEI-Jahrestagung 2010	7
Dr. Ingrid Sander Universität Bochum Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IPA) Kompetenzzentrum Allergologie/Immunologie	
Vermeidung von Allergien durch verminderte Enzymstaubexpositionen im Backgewerbe	13
Prof. Dr. Ulrich Fischer Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinland Kompetenzzentrum Weinforschung Abteilung Weinbau und Oenologie Neustadt an der Weinstraße	
Moderne Rotweinbereitung durch Optimierung des Sauerstoffeintrags: Chemische Aspekte und technologische Umsetzung	25
Dr. Gerd Konrad Hochschule Anhalt (FH) Fachbereich Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik Arbeitsgruppe Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie Köthen	
Isolierung bioaktiver Phospholipidfraktionen aus Molke mittels Ultrafil- tration als Basis für Nutraceuticals	45
Prof. Dr. Antonio Delgado Universität Erlangen-Nürnberg Department Chemie- und Bioingenieurwesen Lehrstuhl für Strömungsmechanik (LSTM)	
Neuartige optische Messverfahren und fuzzybasierte Prozessregelung zur Teigwarentrocknung	61
Prof. Dr. Thomas Becker Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie	
Ultraschallsensorik in der Prozessanalytik von getreidebasierten Le- bensmitteln	73

Prof. Dr. Dr. Manfred Gareis
Max-Rubner-Institut (MRI)
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel
Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie
Kulmbach
**Schnellnachweis von *Escherichia coli* in der
Lebensmittelproduktion mittels Biochips** 91

Anhang

Posterabstracts 109
Betriebsbesichtigung 131
Bilder von der Jahrestagung 135
FEI-Projekte 2010/2011 143

Mitgliederverzeichnis

Vorstand 190
Mitgliedsverbände 192
Mitgliedsunternehmen 194
Forschungsinstitute 196

FEI-Kurzprofil 205

Vorwort

Der Bereich „Gesundheit und Ernährung“ ist zu Recht ein zentrales Themengebiet der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung und steht im Fokus der politischen Aufmerksamkeit. Impulse in diesem Sektor sind nicht nur ein Beitrag zur Lösung wichtiger gesellschaftspolitischer Zielsetzungen, sondern auch ein Beitrag zur Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Lebensmittelwirtschaft. Mit ihren 6.000 Unternehmen, den über 30.000 Betrieben des Lebensmittelhandwerks sowie über einer Million Beschäftigten gehört sie zu den vier größten Wirtschaftszweigen Deutschlands. Ihre Unternehmen leisten in der Wertschöpfungskette wie auch in ihrer Wechselwirkung mit anderen Industriebranchen wichtige Beiträge im wirtschaftlichen Gesamtkontext und sind ein zentraler Teil der deutschen Bioökonomie.

Mittelständisch strukturiert, stark diversifiziert und national wie international unter starkem Wettbewerbsdruck stehend, sind ihre Forschungskapazitäten und Innovationsmöglichkeiten jedoch begrenzt. Sie sind auf eine kontinuierliche themenoffene Projektförderung angewiesen, wie sie gerade die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) und ihre Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) seit Jahrzehnten ermöglicht. Der Arbeit des FEI als zentraler, von allen Branchenverbänden getragener Gemeinschaftsforschungseinrichtung des Lebensmittelsektors kommt damit als Aktions- und Kommunikationsplattform eine wichtige Funktion zu, um den Forschungsbedarf dieses Sektors zu identifizieren und zu artikulieren. Der Blick in die Projektbegleitenden Ausschüsse des FEI mit derzeit rund 600 aktiven Unternehmen zeigt dabei, dass durch IGF-Vorhaben gerade viele kleine und mittlere Unternehmen am Forschungsgeschehen teilhaben, die von anderen öffentlichen Förderprogrammen ansonsten nicht erreicht werden.

Die enge Zusammenarbeit von Unternehmen und Forschungsstellen, die über den FEI und seine Projektbegleitenden Ausschüsse an der Tagesordnung ist, sowie die Einbeziehung der Branchenverbände der Lebensmittelindustrie als Informationsmultiplikatoren zu den industriellen Ergebnisnutzern sichert einen ebenso effizienten wie breitenwirksamen Technologietransfer und dient gleichermaßen der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Ohne die Industrielle Gemeinschaftsforschung würden weite Teile der F&E-Aktivitäten der Lebensmittelindustrie erlahmen, denn die Bearbeitung der wissenschaftlichen Themen dieses Sektors sind nur möglich durch interdisziplinäre und langfristig angelegte Forschungsstrategien, die selbst von größeren Unternehmen alleine kaum geleistet werden können. Die Weiterentwicklung z.B. des Basiswissens zur Interaktion von Lebensmittelinhaltsstoffen, der biologischen Wirksamkeit und technologischen Funktionalität dieser Stoffe oder die Suche nach neuen Wegen für eine ressourcenschonende Produktion von

gesundheitsfördernden Lebensmitteln erfordern bereits für sich mehrdimensionale Forschungsansätze. Globale Herausforderungen wie der Klimawandel, die demographische Entwicklung, die Verbreitung von Volkskrankheiten, die Sicherstellung der Welternährung oder die Endlichkeit fossiler Rohstoff- und Energiequellen werden darüber hinaus in zunehmenden Maße den Rahmen geben, an denen sich die Innovationsaktivitäten der Lebensmittelwirtschaft werden ausrichten müssen.

Das breite Themenspektrum der in den letzten Jahrzehnten über den FEI geförderten IGF-Projekte zeigt, wie vielfältig und zukunftsgerichtet die Forschungsaktivitäten der deutschen Lebensmittelindustrie sind und welche Innovationsimpulse von den vier zentralen Aktionsfeldern des FEI – **Lebensmittelqualität, Lebensmittelproduktion, Lebensmittel & Gesundheit** und **Lebensmittelsicherheit** – auch zum Nutzen der Verbraucher ausgehen. Impulse, von denen letztlich nicht nur die Lebensmittelproduzenten, sondern auch 20 weitere Industriebranchen profitieren, die derzeit in die Aktivitäten des FEI und in die Arbeit seiner Projektbegleitenden Ausschüsse eingebunden sind. IGF verbindet in diesem Sinne in perfekter Weise Projektförderung mit Branchenvernetzung.

Die FEI-Jahrestagung 2010 am DLR Rheinpfalz dokumentiert diese breiten Forschungsaktivitäten und präsentiert unter dem Titel „**Forschungsstrategien der Gegenwart – Chancen der Zukunft**“ Ausschnitte unserer Arbeit. Die ausgewählten Beiträge stehen beispielhaft für über 90 derzeit laufende Projekte des FEI, an denen über 80 Institute der gesamten deutschen Forschungsszene beteiligt sind. Weitere 30 Projekte, darunter Initiativen zu DFG/AiF-Clustervorhaben, in denen parallel grundlagenorientierte und anwendungsbezogene Fragestellungen bearbeitet werden, befinden sich in Vorbereitung.

Für die nachhaltige finanzielle Unterstützung, die der FEI von Seiten des BMWi sowie zahlreicher Unternehmen und Verbände erhält, sei an dieser Stelle deshalb ebenso herzlich gedankt wie für die gute Zusammenarbeit mit der AiF und zahlreichen ihrer Forschungsvereinigungen.



Dr. J. Kohnke
(Vorsitzender)



Dr. V. Häusser
(Geschäftsführer)

Dr. Jürgen Kohnke

Vorsitzender des Forschungskreises
der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)



Eröffnungsrede zur FEI-Jahrestagung 2010

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

ich darf Sie sehr herzlich zur diesjährigen Hauptveranstaltung des Forschungskreises begrüßen und freue mich, dass Sie so zahlreich den Weg nach Neustadt gefunden haben.

Wir befinden uns hier – in Blickweite des „Hambacher Schlosses“ – nicht nur auf einem überaus geschichtsträchtigen Boden, sondern auch in einer der schönsten Gegenden Deutschlands, deren hervorragendes Produkt, den Wein, viele von uns anlässlich des gestrigen Abends genießen durften.

Die Abkürzung „DLR“ wird außerhalb Neustadts eher mit dem „Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt“ in Verbindung gebracht. Dass sich hierunter auch das „Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz“, namentlich die frühere „Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau“, verbirgt, ist – obwohl diese Namenänderung schon 2003 erfolgte – immer noch nicht allen bekannt.

Mir sind die Gründe des seinerzeitigen rheinland-pfälzischen Wirtschaftsministers Brüderle, dem heutigen für Wirtschaft und Technologie und damit für die Industrielle Gemeinschaftsforschung verantwortlichen Bundesministers, nicht bekannt, die ihn dazu bewogen, gerade diesen Namen zu wählen. Tatsache ist aber, dass das DLR Rheinpfalz als eine Landeseinrichtung im Ressortbereich des hiesigen Wirtschaftsministeriums **nicht nur ein „Dienstleister“ ist, sondern auch eine Forschungseinrichtung**, in der auf internationalem Niveau modernste Forschung, insbesondere für die Weinwirtschaft, betrieben wird.

Ich darf mich an dieser Stelle sehr herzlich bei dem Leiter des DLR, Prof. Lorenz, bedanken, dass wir heute Gast in diesem Hause sein dürfen, über dessen Forschungsressourcen Sie sich heute, im Anschluss an unsere Tagung, im Rahmen einer Besichtigung selbst einen Eindruck verschaffen können.

Danken möchte ich auch Prof. Fischer, der mit seiner Arbeitsgruppe in diesem Jahr unsere Tagung vor Ort so tatkräftig unterstützt hat. Dank seiner Aktivitäten ist Neustadt mittlerweile zu einer festen Größe im Netzwerk des FEI geworden. Fünf Projekte in den letzten Jahren sowie zwei weitere in Vorbereitung stehende Vorhaben zeugen davon, dass das DLR Rheinpfalz zu einem wichtigen – nicht nur lokalen – Impulsgeber für die Weinwirtschaft und das sektproduzierende Gewerbe geworden ist.

Wie sehr die von Prof. Fischer geleitete Abteilung Weinbau und Oenologie durch ihre praxisnahe Forschung und ihre Kooperation mit Unternehmen der Privatwirtschaft als Innovationsträger wirkt, können Sie exemplarisch auch daran erkennen, dass ein unter seiner Leitung stehendes Vorhaben zum Thema „Fehlgeschmack in Weißwein“ gerade zum „**Projekt des Monats**“ des Forschungskreises gekürt wurde.

Vielleicht ist sein heutiger Platz in der Industriellen Gemeinschaftsforschung in seiner persönlichen Biographie schon vorgezeichnet gewesen, denn Prof. Fischer entstammt der Arbeitsgruppe von Prof. Berger aus Hannover, der ebenfalls seit Jahrzehnten als Akteur im Forschungskreis tätig ist. Prof. Berger wiederum war Doktorand von Prof. Drawert, der in den 70er Jahren bis zu seinem Tode 1991 in Weihenstephan zahlreiche FEI-Projekte initiierte und betreute. In dieser Namenskette Dawert - Berger - Fischer und den Forschungsstandorten Weihenstephan - Hannover - Neustadt zeigt sich nicht nur die persönliche Verbundenheit von wissenschaftlichen Akteuren, sondern es spiegelt sich hierin auch beispielhaft **die Kontinuität und Vernetzung wider, die die „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ in Deutschland insgesamt – und nicht nur im Lebensmittelbereich – auszeichnet.** Ähnliche Ketten ließen sich beliebig auch für andere Wissenschaftsbereiche und andere Wirtschaftsbranchen aufzeigen.

Industrielle Gemeinschaftsforschung findet in Deutschland seit Jahrzehnten flächendeckend statt und es ist schwer, überhaupt eine renommierte deutsche Forschungsreinrichtung zu finden, die nicht in irgendeiner Weise und über irgendeine der 100 Forschungsvereinigungen unter dem Dach der AiF in die Industrielle Gemeinschaftsforschung und damit letztlich auch in ihre öffentliche Förderung eingebunden ist.

Der Forschungskreis als Gründungsmitglied der AiF gehört hierbei zu denjenigen Organisationen, die am nachhaltigsten und breitesten ein festes Netzwerk zwischen Industrie und Wissenschaft geknüpft haben. Ein Netzwerk, das letztlich sicherstellt, dass für jedes praxisrelevante Thema – sei es aus dem direkten Bereich der Lebensmittelproduktion oder sei es aus dem vor- oder nach-

gelagerten Umfeld - die jeweils kompetenteste Forschergruppe für eine Projektbearbeitung gefunden werden kann.

Die Lebensmittelindustrie gehört zugegebenermaßen nur in Teilen zu den „High-Tech-Performern“ oder den „Forschungstreibern“ der deutschen Industrie. Die Gründe hierfür sind mannigfaltig, aber vor allem in ihrer absolut mittelständischen Struktur begründet: Betrachtet man die rund 6.000 Unternehmen dieses Wirtschaftszweiges und mehr noch die über 30.000 Betriebe des Ernährungshandwerks, so verfügt nur ein Bruchteil dieser Firmen über eigene Forschungsmöglichkeiten – und dies angesichts komplexester technologischer Probleme, die selbst die großen internationalen Unternehmen vor enorme Herausforderungen stellen.

Gerade deshalb hat die Industrielle Gemeinschaftsforschung – kurz „IGF“ genannt – in diesem Wirtschaftsbereich, in dem über eine Million Menschen beschäftigt sind, einen so hohen Stellenwert und besitzt ihre politische Förderung durch das Bundeswirtschaftsministerium eine **so hohe volkswirtschaftliche Relevanz**. Gäbe es die IGF nicht, blieben viele Themen unbearbeitet, mit denen die Probleme von heute gelöst oder die Basis für die Innovationen von morgen gelegt werden könnten. Industrielle Gemeinschaftsforschung ist das unverzichtbare Bindeglied zwischen Grundlagenforschung und der innerbetrieblichen Industrieforschung. Sie ist eine **industrielle Vorlaufforschung**, die gerade aufgrund ihres vorwettbewerblichen Charakters die Möglichkeit schafft, dass Wettbewerber – große wie kleine Unternehmen – miteinander und mit ihren Zulieferern und Abnehmern zusammenarbeiten und Forschung initiieren und realisieren.

Es mag öffentliche Förderprogramme geben, die aufgrund ihres unternehmensspezifischen Fokus einen **höheren Benefit** für die einzelnen Unternehmen bringen; als eines von vielen mag hier das „Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM) des BMWi erwähnt werden. Es gibt aber kein Förderprogramm, das es in ähnlicher Weise schafft, öffentliche Förderung so zu multiplizieren und Ergebnisse so breitenwirksam zugänglich zu machen – und zwar gerade auch kleineren Firmen, die ansonsten von der Politik nicht erreicht werden und forschungsaktiv bleiben. Tatsächlich finden sich unter den **600 Unternehmen, die in den Projektbegleitenden Ausschüssen des FEI allein im letzten Jahr aktiv waren**, eine Vielzahl von Firmen, die sich erstmalig überhaupt an Forschungsvorhaben beteiligen – ein „Mitnahmeeffekt“, der sogar wünschenswert ist. In diesem Beteiligungsinteresse zeigt sich nicht nur die wirtschaftliche Relevanz unserer Projekte, sondern auch und vor allem die Sinnhaftigkeit einer derartigen industriellen Vorlaufforschung und ihrer öffentlichen Förderung.

Gut ein Jahr ist es her, dass Deutschland und die Welt vor einer der größten Krisen standen, die die Politik und die Wirtschaft zu bewältigen hatten. Die Zeichen stehen gut, dass diese Krise, die in ähnlicher Form noch das internationale Finanz- und Wirtschaftswesen in den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts

kollabieren ließ, wirksam aufgefangen werden konnte, obwohl wir ihre Folgen noch lange spüren werden. Es war richtig, dass die öffentliche Hand – neben zahlreichen Maßnahmen – auch die Fördermittel für industrienahe Forschung und damit auch für die Industrielle Gemeinschaftsforschung nicht zurückgefahren, sondern sogar ausgebaut hat und dies auch für die Zukunft beabsichtigt. Es hat sich erfreulicherweise bereits seit einigen Jahren die parteiübergreifende Erkenntnis in der Politik durchgesetzt, dass der **Wirtschaftsstandort Deutschland langfristig nur dann eine Chance im internationalen Wettbewerb haben wird, wenn er gleichzeitig auch ein Forschungsstandort bleibt.**

Mehr noch als vor einigen Jahren nehmen inzwischen auch die breitere Öffentlichkeit und die Industrie die **Zeichen der demographischen Entwicklung** in unserem Land wahr, die viel schneller, als wir uns dies wünschen können, zu einem massiven Mangel an qualifizierten Nachwuchs an Wissenschaft und Industrie führen wird.

Eine **enge Vernetzung von Industrie und Wissenschaft** und eine konsequente Investition in Wissenschaft und Forschung – sei es seitens der öffentlichen Hand oder sei es seitens der Industrie – sind deshalb Elemente einer Zukunftsstrategie, von deren Erfolg unser aller Wohlergehen abhängen wird.

Industrielle Gemeinschaftsforschung und ihre Strukturen sind sicherlich kein Allheilmittel für den wirtschaftlichen Aufschwung, denn vorwettbewerbliche Forschung hat ihre Grenzen. Aber sie sind Mosaiksteine auf dem Weg zum Erfolg. Der frühere Staatssekretär des BMWi, Hartmut Schauerte, hat mit Recht einmal die Industrielle Gemeinschaftsforschung als **„das wichtigste Schwert in der Technologieförderung des BMWi“** bezeichnet. Gerade weil sie kein Kurzzeitprogramm ist, sondern eine langfristig angelegte Wirtschaftsfördermaßnahme, für die uns unsere Nachbarn in Europa beneiden, kann sie ihre volle Wirkung entwickeln. Diese geht – anders als bei den unternehmensspezifischen Förderprogrammen des BMBF oder des BMWi – über die singuläre Produktion von Forschungsergebnissen weit hinaus, indem sie **mit Hilfe der Projektförderung gleichzeitig der Schaffung und dem Erhalt von langfristigen Netzwerken und Aktionsplattformen von Industrie und Wissenschaft dient.**

Die Möglichkeit, Forschungsthemen fernab politischer Vorgaben selbst zu formulieren und damit die Schwerpunkte der Forschung selbst zu definieren, macht die IGF zu einer der wirksamsten **Selbsthilfemaßnahmen**. Dieses Instrument ist damit eben auch für Wirtschaftsbereiche wie die Lebensmittelindustrie interessant, die – weil sie eben nur bedingt „High-Tech-Performer“ sind – nicht im Fokus der Forschungspolitik stehen. Wie soll aber das gesellschaftliche Bedarfswelt „Gesundheit und Ernährung“ bedient werden, das die „High-Tech-Strategie“ der Bundesregierung richtigerweise als „forschungspolitisches Handlungsfeld“ definiert, wenn nicht durch die Lebensmittelindustrie und ihre vielen tausend Unternehmen? Den Schlüssel hierzu bieten nur Förderinstrumente wie die IGF, die letztlich die breite Masse an Unternehmen erreichen.

Die Lebensmittelindustrie gehört nicht nur in Deutschland zu den größten Wirtschaftsbranchen, sondern in vielen Ländern, wobei die deutsche Lebensmittelindustrie im europäischen Vergleich sogar führend ist. Damit dies auch morgen noch so ist, gehören **Investitionen in die Forschung und Entscheidungen zu Gunsten der IGF nicht nur zu einer sinnvollen Zukunftsstrategie der Politik, sondern sie sind auch Bestandteile einer erfolgreichen Unternehmensstrategie.**

Es macht aus Sicht **jedes** Unternehmens **jeder** Größenordnung – vielleicht nicht zu jedem Thema, aber doch zu sehr vielen – Sinn, sich der Industriellen Gemeinschaftsforschung zu bedienen und sich an ihren Projekten zu beteiligen. Es ist bei intelligenter Konzeption kein Widerspruch, im Wettbewerb zu stehen und trotzdem im Vorwettbewerb erste Schritte auf dem Weg in neue Verfahrens- oder Produktentwicklungen gemeinsam zu gehen. Allein der Erfahrungsaustausch im Rahmen der Projektbegleitenden Ausschüsse und der Zugang zur deutschen Wissenschaftsszene mit interessanten Nachwuchsakteuren, die im Rahmen von FEI-Projekten industrierelevantes Projektmanagement lernen, eröffnen Optionen für die Zukunft.

Ein noch unbezahlbarer „Return on Investment“ ist jedoch die **Chance zum „Networking“** die sich mit dieser Fördermaßnahme jedem Unternehmen bietet. Der Blick auf die Themenvielfalt der Gemeinschaftsforschungsaktivitäten des FEI zeigt, wie rege die Lebensmittelindustrie und viele mit ihr in Berührung stehende Wirtschaftsbereiche von diesem Instrument Gebrauch machen. Das Spektrum der Projekte und Themen, die derzeit über den FEI gefördert werden, hat eine Breite an Wissenschaftsgebieten, Anwendungsfeldern und Akteuren erreicht, die allein schon dieses keineswegs nur auf den Lebensmittelsektor abzielende Förderprogramm rechtfertigt.

Keines der vier zentralen Forschungsfelder der Lebensmittelwirtschaft – **„Lebensmittelqualität“**, **„Lebensmittelproduktion“**, **„Lebensmittel & Gesundheit“** und **„Lebensmittelsicherheit“** – ist im Portfolio des FEI ausgespart, sondern im Gegenteil mit einer Vielzahl von Projekten unterlegt: Projekten, die häufig genaug interdisziplinär und branchenübergreifend konzipiert sind.

Vor wenigen Tagen wurden beispielsweise die Arbeiten an einem **neuen Clustervorhaben des Forschungskreises zum Thema „Minimal Processing“** aufgenommen, das gemeinsam über die DFG und die AiF gefördert wird. Damit stehen mittlerweile **drei große interdisziplinäre Clustervorhaben mit einem Volumen von über 7,5 Mio. Euro in Förderung des FEI.**

Ein viertes Cluster zum Thema **„Schaumsimulation“**, das bereits die Vorbeurteilungphase in der DFG und der AiF erfolgreich passiert hat, wird derzeit im Detail ausgearbeitet. Auch dieses Vorhaben wird, wie seine drei Vorgänger, von einer breiten Industriebasis unterstützt, die zeigt, dass Firmen die Chance erkennen und nutzen, die eine parallele Bearbeitung von grundlagen- und anwendungsorientierten Fragestellungen besitzt. Weitere Clusterkonzepte

befinden sich derzeit an mehreren Stellen in der Initialphase. Interessierte Unternehmen sind jederzeit willkommen und können über unsere Geschäftsstelle weitere Informationen erhalten, um sich an diesen Clustern zu beteiligen und weiteren Input zu geben.

Ich möchte es bei diesem kurzen Überblick über unsere aktuellen Gemeinschaftsforschungsaktivitäten bewenden lassen, nicht ohne Dank zu sagen an alle Akteure, die sich derzeit vor und hinter den Kulissen engagieren und natürlich auch Dank zu richten an das Bundeswirtschaftsministerium, das unsere Arbeit seit Jahrzehnten so nachhaltig fördert.

Unsere Tagung steht unter dem Motto **„Forschungsstrategien der Gegenwart – Chancen der Zukunft“**. Wie gewohnt, haben wir uns bei der Auswahl der Vorträge von dem Ziel leiten lassen, Ihnen einen repräsentativen Querschnitt an Themen zu präsentieren, der zeigt, wie vielfältig die Ansatzpunkte und Inhalte unserer Forschungsförderung sind, und welche Impulse sie geben können.

Dr. Ingrid Sander

Universität Bochum
Institut für Prävention und Arbeitsmedizin
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IPA)
Kompetenzzentrum Allergologie/Immunologie



Vermeidung von Allergien durch verminderte Enzymstaubexpositionen im Backgewerbe*

1. Einführung

Trotz rückläufiger Erkrankungszahlen durch Präventionserfolge der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten (BGN) in den vergangenen zehn Jahren gehört das Backgewerbe bei beruflich bedingten obstruktiven allergischen Atemwegserkrankungen (BK 4301) zu den am häufigsten betroffenen Branchen. Die Berufsgenossenschaften gaben im Jahr 2003 für Leistungsfälle im direkten Zusammenhang mit der Berufskrankheit 4301 im Backgewerbe 37,5 Millionen Euro aus. Diese Kosten und darüber hinaus der Arbeitsausfall von beruflich Erkrankten müssen Jahr für Jahr von den Unfallversicherungsträgern und dem Backgewerbe aufgefangen werden.

Auslöser für das Bäckerasthma sind neben den Mehlstäuben auch Enzymstäube. Enzyme kommen als Bestandteile von Backmitteln auf den Markt und sind für die Verbesserung der Teigeigenschaften und der Gebäckqualität (Volumen, Frischhaltung) verantwortlich. Bereits 1986 wurde die Rolle des Enzyms α -Amylase aus *Aspergillus oryzae* für das Bäckerasthma beschrieben [1]. Nicht nur Forschungsergebnisse des IPA zeigten, dass neben der α -Amylase auch andere Enzyme, die

* Autoren: Sander¹, Zahradnik¹, Lehrack², Kaiser²

¹ IPA – Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Institut der Universität Bochum

² ILU – Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (am Institut für Getreideverarbeitung IGV, Nuthetal)

Xylanasen, potente Inhalationsallergene sind [2-8]. 1996 wurde ein Zusammenhang zwischen der α -Amylasemenge in der Atemluft und der Häufigkeit allergischer Sensibilisierungen auf dieses Enzym nachgewiesen [9].

Zu den effektivsten Maßnahmen bei der Prävention des Bäckerasthmas zählt daher neben einer Reduktion des entstehenden Gesamtstaubes auch die Vermeidung einer Inhalation des Allergens α -Amylase. In England ließ sich in den Jahren von 1998-2003 durch eine Präventionsstrategie, die insbesondere auf die Verringerung einer Exposition gegen Brotbackmittel setzte, eine Verringerung der Neu-Sensibilisierungen mit Beschwerden um 80 % gegenüber dem Zeitraum von 1993-1998 erzielen [10].

Angeregt durch die Forschungsergebnisse zur Allergenität von Xylanasen initiierte der Backzutatenverband das Forschungsvorhaben, welches die Untersuchung und Entwicklung von Verfahren zur Vermeidung der Inhalation von Enzymstaub, insbesondere von Xylanasestaub, als Ziel hatte. Projektpartner war das Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V., Nuthetal (ILU). Dort wurden in enger Kooperation mit der Backmittelindustrie neue Verfahren zur Produktentstaubung entwickelt und in Verstaubungsexperimenten überprüft sowie deren Auswirkung auf die Backfähigkeit der Produkte getestet. Die Aufgabe des IPA war es, das allergene Potenzial verschiedener mikrobieller Xylanasen zu überprüfen, sowie immunologische Messverfahren zum sensitiven Nachweis dieser Xylanasen in den Stäuben herkömmlicher beziehungsweise optimierter Backgrundstoffe zu entwickeln.

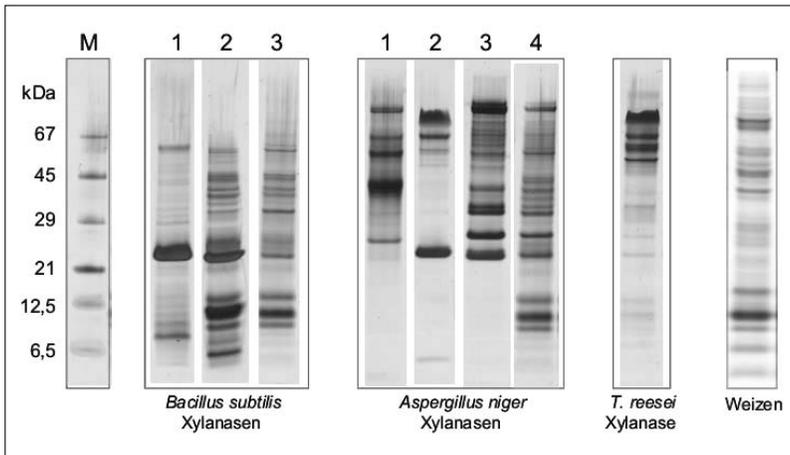


Abb. 1: Analyse der Enzympräparate in der SDS-Polyacrylamid-Gelelektrophorese (SDS-PAGE). Die Einzelproteine der Enzympräparate laufen je nach Molekulargewicht unterschiedlich weit in der SDS-Gelelektrophorese und werden durch Silberfärbung sichtbar gemacht. Zum Vergleich wurde links ein Molekulargewichtsmarker und rechts Weizenmehl aufgetragen.

2. Verschiedene Xylanasen

Zur Auswahl der geeigneten Präparate für die weiteren Untersuchungen wurden insgesamt acht marktübliche Xylanaseprodukte, die von den Industriepartnern des geförderten Projektes zur Verfügung gestellt wurden, untersucht. Drei der Xylanasen waren bakterieller Herkunft (*Bacillus subtilis*), die restlichen waren aus Schimmelpilzen der *Aspergillus*- und *Trichoderma*-Spezies isoliert worden. Zur Charakterisierung der Enzympräparate bezüglich ihrer Proteinzusammensetzung wurden diese in einem 10%igen Polyacrylamid-Gel elektrophoretisch nach Größe aufgetrennt und abschließend mit Silbernitrat gefärbt (**Abbildung 1**). Die Analyse der Proteinprofile ergab, dass alle Produkte mehrere Proteinbanden aufwiesen, wobei die Anzahl und die Anordnung der Banden jeweils unterschiedlich waren. Es gab keine zwei völlig identischen Produkte.

Bei der *B. subtilis*-Xylanase 2, *B. subtilis*-Xylanase 3 und der *A. niger*-Xylanase 4 konnte eine große Anzahl von Proteinbanden mit einem für Weizenmehl typischen Bandentriplett bei ca. 12 kDa identifiziert werden. Dieses Ergebnis wurde auch durch eine Analyse der Produkte mit einem Immunoassay gegen Weizenproteine bestätigt [11], der in diesen Produkten einen hohen Weizengehalt detektierte, und der darauf hinweist, dass die Produkte mit Weizenmehl als Trägerstoff versetzt wurden. Somit wurden die drei Xylanasen von den weiteren Untersuchungen ausgeschlossen.

3. Allergische Sensibilisierungen bei Bäckern

In einem selektierten Kollektiv von 51 Bäckern mit beruflichen Beschwerden, deren Seren in den Jahren von 2003-2006 im IPA eingingen, wurde die Häufigkeit von Sensibilisierungen gegen typische Bäcker-Allergene untersucht. Dafür wurden spezifische IgE-Antikörper, die im Falle einer Sensibilisierung gegen Allergene gebildet worden sind, im ImmunoCAP-System gemessen. Von den zuvor charakterisierten Backmittel-Xylanasen wurden die Produkte aus verschiedenen Produktionsstämmen eingesetzt, die kein Weizenmehl als Trägerstoff enthielten. Nach Bindung an Streptavidin-ImmunoCAPs [12] konnte mit den Bäcker-Seren die Allergenität dieser Xylanasen untersucht werden. Neben der Häufigkeit der Sensibilisierungen ist auch die Konzentration der spezifischen IgE-Antikörper anhand der Höhe der CAP-Klasse erkennbar (**Abbildung 2**). Die CAP-Klasse 6 entspricht dabei der höchsten IgE-Konzentration.

Fast alle selektierten Bäcker waren gegen Weizen- und Roggenmehle sensibilisiert. Die höchste Frequenz bei den Enzymen erreichte die α -Amylase aus *Aspergillus oryzae* (31 %), gefolgt von den Xylanasen (22 – 24 %), deren Produktionsstamm der Schimmelpilz *Aspergillus niger* war. Auffällig war aber, dass es für die Enzyme *A. niger*-Xylanase 1 und die α -Amylase einige Seren mit besonders hoher IgE-Konzentration gab. Sensibilisierungen gegen Enzyme ohne

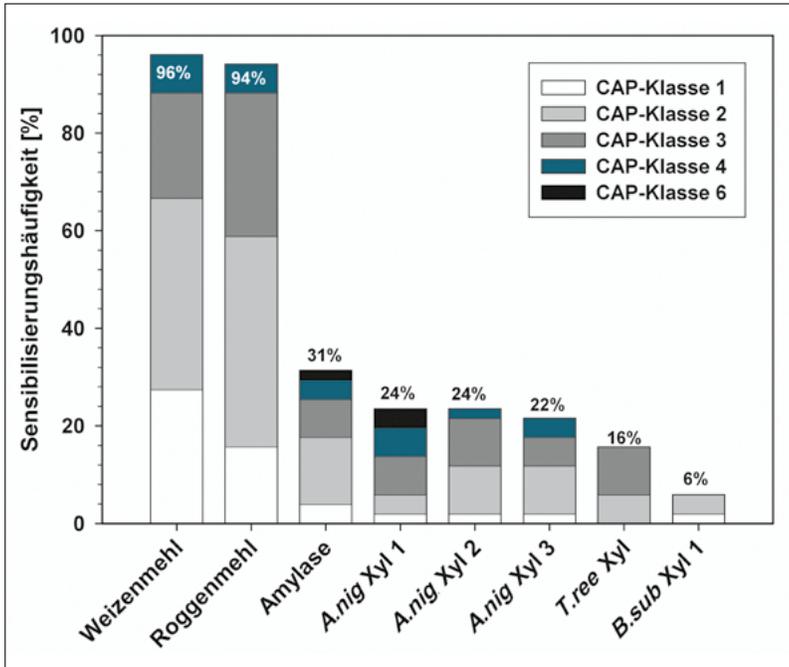


Abb. 2. Sensibilisierungsfrequenz und -stärke anhand spezifischer IgE-Antikörper in Seren von 51 Bäckerpatienten. Neben Weizen- und Roggenmehl sowie der α -Amylase aus *Aspergillus oryzae* wurden drei verschiedene Xylanasen aus dem Produktionsstamm *Aspergillus niger* (*A.nig. Xyl 1-3*), eine Xylanase aus *Trichoderma reesei* (*T.ree Xyl*) und eine aus *Bacillus subtilis* (*B.sub Xyl 1*) getestet.

eine gleichzeitige Sensibilisierung gegen Mehle traten nur in zwei Fällen auf. Oft waren Patienten nicht nur gegen ein Enzym sensibilisiert, sondern gegen mehrere. Die Korrelationsanalyse der IgE-CAP-Klassen in dem Patientenkollektiv (**Tabelle 1**) zeigte hohe Übereinstimmungen zwischen den verschiedenen *A. niger*-Xylanasen (Bestimmtheitsmaß zwischen *A. niger*-Xylanase 1 und -Xylanase 3 von $r^2=0,981$), und auch zwischen den Xylanasen aus *A. niger* und der *T. reesei*-Xylanase (Bestimmtheitsmaß zwischen *A. niger*-Xylanase 2 und *T. reesei*-Xylanase $r^2=0,761$). Für die Weizen- und Roggenmehle ist bekannt, dass die hohe Korrelation der IgE-Werte durch homologe Strukturen bedingt ist, mit denen die IgE-Antikörper kreuzreagieren. Die Vermutung liegt nahe, dass es auch bei den verschiedenen Xylanasen übereinstimmende Strukturen gibt.

Tabelle 1: Korrelationsanalyse der IgE-CAP-Klassen von 51 Bäcker-Seren (siehe Abb. 2). Die Werte entsprechen dem quadrierten Korrelationskoeffizienten, dem Bestimmtheitsmaß. Ein Bestimmtheitsmaß r^2 von 1 entspricht einer perfekten linearen Korrelation, ein Bestimmtheitsmaß von 0 zeigt keinerlei lineare Korrelation. Bestimmtheitsmaße $>0,6$ wurden hervorgehoben

	Weizenmehl	Roggenmehl	<i>A. oryzae</i> α -Amylase	<i>A. niger</i> Xyl 1	<i>A. niger</i> Xyl 2	<i>A. niger</i> Xyl 3	<i>T. reesei</i> Xyl	<i>B. subtilis</i> Xyl 1
Weizenmehl	1							
Roggenmehl	0,670	1						
α -Amylase	0,110	0,058	1					
<i>A.nig</i> Xyl 1	0,031	0,002	0,276	1				
<i>A.nig</i> Xyl 2	0,057	0,027	0,568	0,558	1			
<i>A.nig</i> Xyl 3	0,018	0,000	0,274	0,981	0,590	1		
<i>T.ree</i> Xyl	0,057	0,017	0,435	0,685	0,761	0,691	1	
<i>B.sub</i> Xyl	0,114	0,047	0,115	0,288	0,185	0,230	0,407	1

4. Neuentwicklung von immunologischen Messverfahren für Backmittel-Xylanasen

Obwohl ein Enzym anhand der spezifischen von ihm katalysierten biochemischen Reaktion nachgewiesen werden kann und dies in älteren Studien auch zur Quantifizierung in einatembaren Stäuben genutzt worden ist, wurden aus folgenden Gründen für die Quantifizierung von Backmittel-Xylanasen immunologische Testverfahren auf Basis polyklonaler Antikörper vorgezogen:

- Immunologische Verfahren können in der Regel zwischen Enzymen gleicher Funktion aus verschiedenen Spezies unterscheiden, enzymatische Testverfahren nicht. Eine Unterscheidung zwischen mehleigenen und mikrobiellen Xylanasen gelingt daher besser mit immunologischen Verfahren.
- Immunologische Verfahren erfassen im Gegensatz zum enzymatischen Test auch inaktivierte Enzyme, soweit die Antikörperbindungsstellen (Epitope) unverändert sind. Während die enzymatische Aktivität bei Denaturierung oder Proteolyse fast immer verloren geht, bleibt die immunologische Aktivität dabei häufig erhalten.
- Testverfahren auf Basis polyklonaler Antikörper simulieren die Erkennung des menschlichen Immunsystems. Anders formuliert bedeutet das: Wenn ein Enzym so stark verändert ist, dass es im immunologischen Test nicht

mehr erkannt wird, liegt der Schluss nahe, dass es auch vom menschlichen Immunsystem nicht mehr erkannt werden kann.

- Immunologische Tests sind empfindlicher als enzymatische Testverfahren.

Diese Vorteile sind so erheblich, dass der Aufwand, spezifische Antikörper gegen die nachzuweisenden Enzyme herzustellen, in Kauf genommen wurde. Für zwei *Aspergillus niger*-Xylanasen (A.nig Xyl 1 und A.nig Xyl2), die getestete *Trichoderma reesei*-Xylanase und die *Bacillus subtilis*-Xylanase wurden zweiseitige immunologische Messverfahren (sogenannte Sandwich-ELISA [13]) auf Basis von Kaninchenantikörpern entwickelt. Die Messverfahren waren sehr sensitiv und spezifisch und wurden anhand von 30 Backmitteltestmischungen erfolgreich validiert, denen Enzyme in verschiedenen, dem IPA unbekanntem, Konzentrationen zugesetzt worden waren.

5. Neue Entstaubungsmaßnahmen für Backmischungen und Backmittel

Vielfach werden marktübliche Backmittel- und Backmischungen durch verschiedene Maßnahmen entstaubt. Den Projektpartnern stand am IGV - Institut für Getreideverarbeitung - eine neue Benetzungstechnologie zur Verfügung, die erst kürzlich mit dem Präventionspreis 2008 der BGN ausgezeichnet worden ist. Diese unter dem Namen „MoiTec“ vermarktete Technologie (**Abbildung 3**) ermöglicht die gleichmäßige Benetzung der Mehl- und Backmittelpartikel mit Flüssigkeit, wodurch die Partikel miteinander verkleben. Die so „aggregierten“ Mehle und Backmischungen zeigen eine geringere Staubentwicklung und können so helfen, die Einatmung von Staub und damit das Risiko für Allergien und Bäckerasthma zu verringern.



Abb. 3: „MoiTec“ Benetzungsapparatur, die 2008 mit dem Präventionspreis der BGN ausgezeichnet wurde.

Das „MoisTec“-Verfahren wurde im Projekt eingesetzt, um enzymhaltige Backmischungen und Backmittel durch Benetzung mit Wasser oder Öl zu entstauben. Dabei wurden den Backgrundstoffen unterschiedliche Flüssigkeitsanteile zugesetzt und nachträglich überprüft, ob die Verarbeitungseigenschaften und die Backfähigkeit sowie die Qualität der fertigen Backwaren sich von unbehandelten Proben unterschieden. Insgesamt konnten keine Einbußen der entstaubten Produkte in diesen Eigenschaften festgestellt werden.

6. Erfolg der neuen Entstaubungsmaßnahmen

Nicht-entstaubte Backmischungen und eine Modellbackmischung, welche die nachweisbaren Enzyme *A. oryzae* α -Amylase, *A. niger*-Xylanase 1, *T. reesei*-Xylanase und *B. subtilis*-Xylanase enthielt, wurden im „MoisTec“-Verfahren mit Wasser oder steigenden Zugaben von Pflanzenöl entstaubt. Dabei war die maximale Zugabe von Öl oder Wasser von der Zusammensetzung der Produkte abhängig, damit technische Eigenschaften, wie zum Beispiel die Rieselfähigkeit, nicht verschlechtert wurden.

Um den Erfolg dieser Entstaubungsvarianten zu testen, wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Verstäubung der Proben im Staubkanal [14] bei der IGV,
- Sammlung der Staubfraktionen auf Filtern (E-Staub und A-Staub entsprechend der einatembaren bzw. alveolengängigen Fraktion nach DIN EN 481 [15]),
- Wiegen der Stäube und Bestimmung der E-Staub- und A-Staubkoeffizienten (mg Staub/kg verstäubtes Produkt),
- Extraktion der Filter [16] sowie Messung der Enzyme mit den immunologischen Assays am IPA mit Bestimmung der Enzym-Staubkoeffizienten (μg Enzym im Staub/verstäubtes Produkt mit 1g Enzym).

Die Ergebnisse der Verstäubungsexperimente sind exemplarisch für die Modellbackmischung mit den vier zugesetzten messbaren Enzymen gezeigt (**Abbildung 4**). Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Modellbackmischung zeigte bei Benetzung mit Pflanzenöl (3 % und 5 %) eine deutlich verringerte Menge an A-Staub. Der E-Staub änderte sich nur geringfügig. Auch die Experimente mit zwei anderen Backmischungen zeigten die besten Effekte bei Benetzung mit höheren Ölzugaben. Die maximale Staubreduktion des A-Staubes erreichte 95 %, während beim E-Staub eine maximale Reduktion um 51 % erzielt wurde.
- Die Benetzung mit 3 % und 5 % Pflanzenöl zeigte auch für die Enzyme im E-Staub in der Regel die besten Ergebnisse. Die α -Amylase-Menge konnte um 50 % gesenkt werden, gefolgt von der *B. subtilis*-Xylanase (um 42 %) und

der *A. niger*-Xylanase 1 bzw. der *T. reesei*-Xylanase (um ca. 30%). Die Wasserbenetzung war nur bei der *B. subtilis*-Xylanase sehr effektiv.

- In der A-Staubfraktion wurde trotz der erzielten Staubdezymierung oft keine Reduktion der Enzymmenge erreicht. Mit einigen Entstaubungsvarianten (14% Wasser und 1% Öl) kam es sogar zu einer Zunahme der Enzym-A-Staubkoeffizienten, z.B. bei α -Amylase und *A. niger*-Xylanase 1. Das Staubungsverhalten der *T. reesei*-Xylanase konnte mit keiner Variante verbessert werden.
- Die Enzymstaubkoeffizienten ermöglichen einen Vergleich des Staubungsverhaltens der verschiedenen Enzyme. Während die eingesetzte *A. niger*-Xylanase 1 Enzym-E-Staubkoeffizienten von 3.700-5.600 $\mu\text{g/g}$ aufwies, lagen diese bei der *T. reesei*-Xylanase zwischen 250-450 $\mu\text{g/g}$, bei der *B. subtilis*-Xylanase zwischen 80 und 380 $\mu\text{g/g}$ und bei der eingesetzten α -Amylase zwischen 65-160 $\mu\text{g/g}$. Die Enzym-A-Staubkoeffizienten der *A. niger*-Xylanase 1 lagen zwischen 25-37 $\mu\text{g/g}$, bei der *T. reesei*-Xylanase zwischen 5-14 $\mu\text{g/g}$, und bei der α -Amylase zwischen 1-9 $\mu\text{g/g}$. Die *B. subtilis*-Xylanase war im A-Staub nicht messbar. Es gibt also starke Unterschiede in der Staubigkeit dieser Enzympräparate; die *A. niger*-Xylanase 1 staubte wesentlich stärker als die anderen Enzyme.

Fazit: Die Ergebnisse zeigen, dass die Entstaubung mit einem höheren Zusatz an Öl den alveolengängigen Staub deutlich reduziert, während sich der Entstaubungserfolg bei den Enzymen dagegen vorrangig auf die einatembare Staubfraktion bezieht. Insgesamt kann aber Enzymstaub besonders effektiv vermieden werden, wenn von vorn herein keine stark staubenden Enzyme in den Backmitteln und Backmischungen eingesetzt werden.

7. Bedeutung für die Praxis

Mit den entwickelten Verfahren wird Backmittel- und Enzymherstellern die Möglichkeit gegeben, die Staubigkeit pulverförmiger Produkte und den Erfolg von Entstaubungsmaßnahmen zu objektivieren. Damit kann die Staubigkeit von allergenen Enzymen bestimmt werden und Enzym- und Backmittelhersteller haben bereits vor erstmaliger Anwendung dieser Rohstoffe ein Instrumentarium zur Optimierung bzw. Selektion ihrer Produkte zur Verfügung. Werden die Forschungsergebnisse auf der Herstellerseite konsequent umgesetzt, profitieren vor allem Unternehmen des Backgewerbes. Geringere Allergenexpositionen führen zu einem verringerten Risiko, eine allergisch obstruktive Atemwegserkrankung zu entwickeln, und helfen, die hohen Kosten dieser Berufskrankheit durch Arbeitsausfälle und hohe Beiträge für die Versicherung der Beschäftigten zu senken. Insbesondere Kleinunternehmen, für die Investitionen in andere staubreduzierende Maßnahmen aus wirtschaftlichen Gründen oft nicht möglich sind, würden von der Umsetzung der Forschungsergebnisse profitieren und in ihrer Wettbewerbsfähigkeit gestärkt.

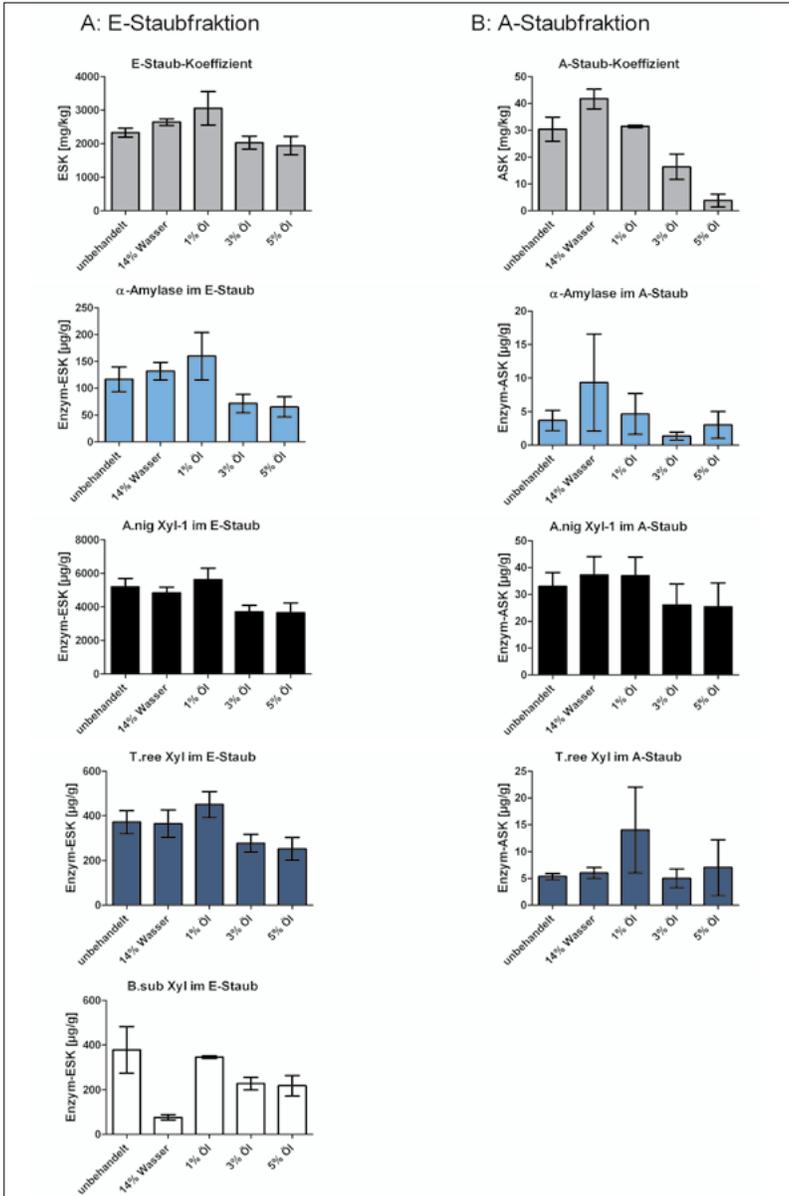


Abb. 4: Entstaubung einer Modellbackmischung mit vier zugesetzten Enzymen. Links (A) ist der Einfluss verschiedener Benetzungsvarianten auf den einatembaren Staub (E-Staub) und die Enzyme im E-Staub dargestellt, rechts (B) sind diese Effekte für den alveolengängigen Staub (A-Staub) gezeigt. Die B. subtilis-Xylanase lag in den A-Stäuben unter der Nachweisgrenze.

8. Danksagung

Das Forschungsvorhaben AiF 14785 BG der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

9. Literatur

- [1] Baur X, Fruhmann G, Haug B, Rasche B, Reiher W, Weiss W: Role of *Aspergillus* amylase in baker's asthma [letter]. *Lancet* 1986;1:43.
- [2] van Kampen V, Merget R, Brüning T: Berufliche Allergien gegen Xylanasen. [Occupational allergies to xylanases]. *Pneumologie* 2004;58:103-106.
- [3] Zahradnik E, Sander I, Fleischer C, Brüning T, Raulf-Heimsoth M: Enzymsensibilisierungen bei Patienten mit Verdacht auf Bäckerasthma (Enzymatic sensitizations in patients suspected to suffer from baker's asthma). *Atemwegs- und Lungenkrankheiten* 2003;29:361-362.
- [4] Elms J, Fishwick D, Walker J, Rawbone R, Jeffrey P, Griffin P, Gibson M, Curran AD: Prevalence of sensitisation to cellulase and xylanase in bakery workers. *Occup Environ Med* 2003;60:802-804.
- [5] Merget R, Sander I, Raulf-Heimsoth M, Baur X: Baker's asthma due to xylanase and cellulase without sensitization to alpha-amylase and only weak sensitization to flours. A case study. *Int Arch Allergy Immunol* 2001;124:502-504.
- [6] Sander I, Raulf-Heimsoth M, Meyer HE, Baur X: Identifizierung der β -Xylosidase aus *Aspergillus niger* als neues Bäckerallergen (Asp n 14). *Atemwegs- und Lungenkrankheiten* 1999;25:416-417.
- [7] Baur X, Sander I, Posch A, Raulf-Heimsoth M: Baker's asthma due to the enzyme xylanase - a new occupational allergen. *Clin Exp Allergy* 1998;28:1591-1593.
- [8] Sander I, Raulf-Heimsoth M, Siethoff C, Lohaus C, Meyer HE, Baur X: Allergy to *Aspergillus*-derived enzymes in baking industry: Identification of β -xylosidase from *Aspergillus niger* as new allergen (Asp n 14). *J Allergy Clin Immunol* 1998;102:256-264.
- [9] Houba R, Heederik DJ, Doekes G, van Run PE: Exposure-sensitization relationship for alpha-amylase allergens in the baking industry. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:130-136.

- [10] Smith TA: Preventing baker's asthma: an alternative strategy. *Occup Med (Lond)* 2004;54:21-27.
- [11] Bogdanovic J, Wouters IM, Sander I, Raulf-Heimsoth M, Elms J, Rodrigo MJ, Heederik DJ, Doekes G: Airborne exposure to wheat allergens: measurement by human immunoglobulin G4 and rabbit immunoglobulin G immunoassays. *Clin Exp Allergy* 2006;36:1168-175.
- [12] Sander I, Kespohl S, Merget R, Goldscheid N, Degens PO, Brüning T, Raulf-Heimsoth M: A new method to bind allergens for the measurement of specific IgE antibodies. *Int Arch Allergy Immunol* 2005;136:39-44.
- [13] Sander I, Raulf-Heimsoth M: Quantifizierung der inhalativen Enzymbelastung am Arbeitsplatz. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 2001;61:319-323.
- [14] DIN 33897-3, Arbeitsplatzatmosphäre - Routineverfahren zur Bestimmung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern - Teil 3: Verstaubung in ruhender Luft, ed Ausgabe: 2007-6. Berlin, Deutsches Institut für Normung, Beuth, 2007.
- [15] DIN EN 481. Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel. Deutsche Fassung 1993. Berlin, Deutsches Institut für Normung, Beuth, 1993.
- [16] Sander I, Zahradnik E, Bogdanovic J, Raulf-Heimsoth M, Wouters IM, Renström A, Harris-Roberts J, Robinson E, Goldscheid N, Brüning T, Doekes G: Optimized methods for fungal alpha-amylase airborne exposure assessment in bakeries and mills. *Clin Exp Allergy* 2007;37:1229-1238.



Prof. Dr. Ulrich Fischer

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR)
Rheinpfalz
Kompetenzzentrum Weinforschung
Abteilung Weinbau und Oenologie
Neustadt an der Weinstraße



Moderne Rotweinbereitung durch Optimierung des Sauerstoffeintrags: Chemische Aspekte und technologische Umsetzung*

1. Einleitung

Geschlossene Kelter- und Gärverfahren sowie die Reifung in großvolumigen Edelstahl tanks finden aufgrund zahlreicher ökonomischer und mikrobiologischer Vorteile zunehmend Einsatz in der modernen Kellerwirtschaft. Trotz der positiven Argumente mindern diese Verfahren das Ausmaß der Sauerstoffaufnahme im Herstellungs- und Reifeverlauf von Rotweinen erheblich. Da die Reifeentwicklung von Rotweinen maßgeblich von der Sauerstoff-induzierten Polymerisation von flavonoiden Verbindungen abhängt, ist bei vielen Rotweinsorten der Kontakt mit Sauerstoff unerlässlich, um farbstabile, körperreiche Rotweine mit weicher Tanninstruktur zu erzeugen [1]. Wie die Barriquefasslagerung verfolgt auch die Mikrooxygenierung das Ziel, Rotweine kontinuierlich mit geringen Sauerstoffmengen zu versorgen. Im Unterschied zum traditionellen Ausbau im Holzfass, bei der die Diffusion des Sauerstoffs durch die Beschaffenheit der Holzdauben festgelegt ist, wird der Sauerstoff bei der Mikrooxygenierung direkt über semipermeable Schläuche oder Fritten zugeführt. Da mit der Mikrooxygenierung die Versorgung von Rotweinen mit Sauerstoff von der Holzfasslagerung entkoppelt wird, entstehen mit dem Anwendungszeitpunkt der Sauerstoffzufuhr, mit dem Dosagezeitraum sowie mit der Höhe der Sauerstoffdosage neue Variablen, deren Auslegung wichtige Kriterien einer erfolgreichen Mikrooxygenierung darstellen [2,3].

* Autoren: U. Fischer, D. Durner (DLR Rheinpfalz)

Die infolge einer korrekt bemessenen Sauerstoffzufuhr entstehenden Farbpigmente zeigen einerseits weniger ausgeprägte Farbverluste bei der Schwefelung der Weine [4,5], zum anderen weisen sie eine intensivere Farbe und einen dunkleren Farbton auf [6-8]. Im Lauf der Reifeentwicklung erfahren auch die für das Mundgefühl verantwortlichen Gerbstoffe strukturelle Veränderungen durch den Sauerstoff. Obgleich die Beweisführung auf molekularer Ebene noch nicht endgültig erbracht ist, steht die Sauerstoff-induzierte Polymerisation von Flavan-3-olen und Anthocyanen im Verdacht, eine grün und unreif wirkende Adstringenz in ein samtiges und weiches Mundgefühl zu überführen [9]. Inwieweit der gewünschte Rotton und weiche Tannine entstehen oder braune Pigmente und trockene Gerbstoffe infolge der Mikrooxygenierung zu beklagen sind, hängt neben der korrekten Auslegung der Sauerstoffdosage vor allem von der phenolischen Zusammensetzung des Traubenmaterials ab [10]. Flavan-3-ol-, Proanthocyanidin- und Anthocyan-Gehalte können in Abhängigkeit der Rebsorte und des Jahrgangs enormen Schwankungen unterliegen, so dass eine Prognose der Sauerstoff-induzierten Veränderungen der Phenolstruktur bislang nur schwer möglich ist. Da die korrekte Auslegung der Sauerstoffdosage, des Anwendungszeitpunkts und des Dosagezeitraums in unmittelbarem Zusammenhang mit den Gehalten phenolischer Verbindungen steht, stellt die umfassende Aufklärung von Sauerstoff-induzierten Veränderungen auf chemischer und sensorischer Ebene eine dringende Notwendigkeit dar, um Kontroll- und Prognoseindikatoren für die Mikrooxygenierung etablieren zu können.

2. Vinifizierung im Pilotmaßstab

In den Jahrgängen 2006 und 2007 wurden jeweils 2.500 kg Dornfelder-, Spätburgunder- und Cabernet-Sauvignon-Trauben gelesen, entrappt und eingemaischt. Um ein konstantes Schalen-Saft-Verhältnis zu erhalten, wurden die Maischen mit Hilfe eines Spindelrührwerks homogenisiert und anschließend auf zwölf baugleiche Rotweinfermenter mit einem Fassungsvermögen von 300 L aufgeteilt. Das nominale Füllvolumen der Maischen betrug 220 L. In beiden Versuchsjahren wurden die Maischen mit 87 mg/L Kaliumdisulfit (50 mg/L SO_2) behandelt und mit der Reinzuchtheefe Lalvin BM4x4 (Lallemand, Montreal, Kanada) inokuliert. Zur Standardisierung der Bedingungen erfolgte die Gärung bei einer konstanten Temperatur von 28 °C. Während der Hauptgärung wurden die Tresterhüte der Maischen im dreistündigen Rhythmus im Anschluss an die Hauptgärung alle 12 Stunden pneumatisch untergestoßen. Nach Abschluss der 20-tägigen Mazeration wurden die Maischen mit Hilfe einer pneumatischen 600 L Tankpresse abgepresst und in luftdichten Edelstahltanks unter Ausschluss von Sauerstoff gelagert. Der Biologische Säureabbau (BSA) erfolgte nach Beimpfung der Weine mit der Kultur Uvaferm Alpha (Lallemand, Montreal, Kanada). Ein vollständiger Überblick über den Versuchsablauf ist in **Abbildung 1** dargestellt.

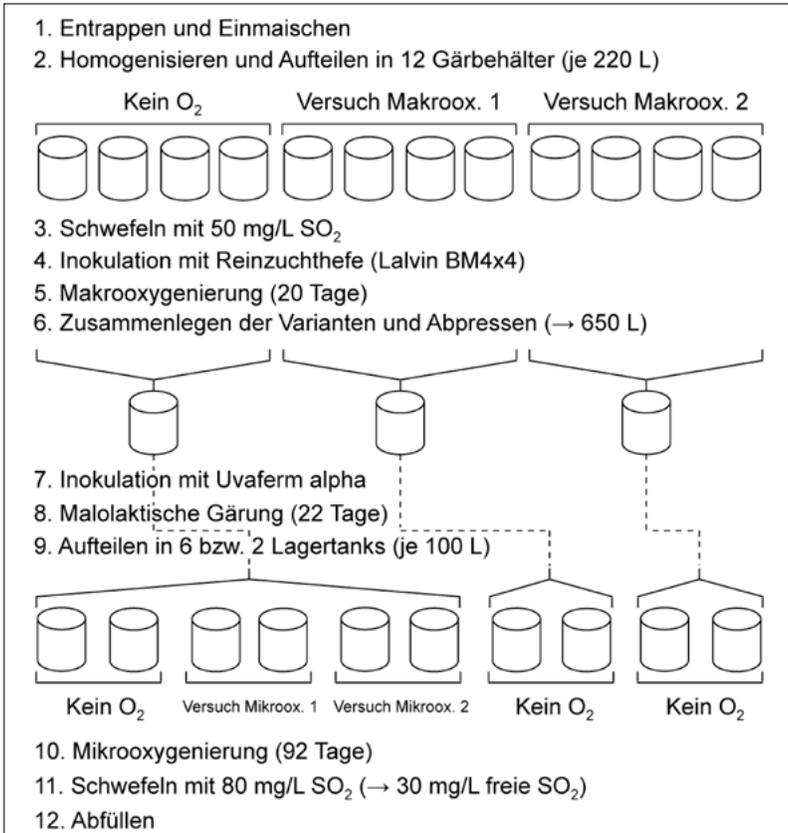


Abb. 1: Standardisierter Versuchsablauf.

Für die über zwei Jahrgänge durchgeführten Untersuchungen stand eine Steereinheit Parsec SAEn 4000 (Thonhauser, Perchtoldsdorf, Österreich) mit zehn Dosierausgängen zur Verfügung. Für Lebensmittel zugelassener Sauerstoff (BIOGON O E948, Linde Gas, Pullach, Germany) wurde über Keramikfritten in die Weine eingeleitet. Diese bestanden aus einer 2 mm dicken Keramikscheibe mit 18 mm effektivem Durchmesser und wiesen eine Porengröße von 0,05 µm auf (Thonhauser, Perchtoldsdorf, Österreich). Im Rahmen der parallel zur Maischegärung stattfindenden Sauerstoffzufuhr wurden verhältnismäßig hohe Sauerstoffdosagen über einen Zeitraum von 20 Tagen appliziert (→ Makrooxygenierung). Je Rebsorte wurden zwei Varianten in vierfacher Wiederholung untersucht. Der Ausbau von Kontrollweinen der jeweiligen Rebsorte erfolgte unter Ausschluss von Sauerstoff in den gleichen Behältern und unter einheitlichen Bedingungen in vierfacher Wiederholung. Nach Abschluss der Makrooxygenierung wurden

die vergorenen Maischen wie oben beschrieben abgepresst, die Versuchswiederholungen je Variante egalisiert und in Edelstahltanks unter Ausschluss von Sauerstoff gelagert. Für die im Anschluss an den BSA stattfindenden Untersuchungen kamen sechs Aliquote der Kontrollvarianten aus der Makrooxygenierung in baugleiche 100 L Edelstahltanks, die mit einer Bauhöhe von 3,2 m gewährleisteteten, dass sich der zugeführte Sauerstoff vollständig lösen konnte. Die Mikrooxygenierung wurde im Vergleich zur Makrooxygenierung mit deutlich geringeren Sauerstoffdosagen durchgeführt (**Tabelle 1**). Im Unterschied zur Makrooxygenierung erfolgte die Mikrooxygenierung jedoch über den längeren Zeitraum von drei Monaten.

Tab. 1: Während der Makro- und Mikrooxygenierung applizierte Sauerstoffdosagen in mg/L/Monat

	Dornfelder		Spätburgunder		Cabernet Sauvignon	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Kontrolle	0	0	0	0	0	0
Makrooxygenierung 1	20	100	20	20	20	100
Makrooxygenierung 2	100	300	100	100	100	300
Mikrooxygenierung 1	1	5	1	1	1	5
Mikrooxygenierung 2	5	20	5	5	5	20

Die Versuche zur Mikrooxygenierung wurden in zweifacher Wiederholung durchgeführt und Kontrollweine der jeweiligen Rebsorte wurden unter Ausschluss von Sauerstoff in den gleichen Behältern und unter identischen Bedingungen in zweifacher Ausführung gelagert. Während der gesamten Versuchsdauer von drei Monaten wurden die Weine mittels integrierter Edelstahrohre auf 16 °C temperiert. Nach Beendigung der dreimonatigen Versuchsdauer erfolgte die Zugabe von 80 mg/L SO₂, wodurch 30 mg/L freie SO₂ erreicht wurden. Anschließend wurden die Weine in 0,75 L Flaschen abgefüllt und mit einem Korken verschlossen. Während der 15-tägigen Makrooxygenierung wurden anfangs täglich, ab dem siebten Tag in zweitägigem Abstand Proben aus den Rotweinfermentern entnommen. Im Laufe der dreimonatigen Mikrooxygenierung erfolgte die Probenentnahme in wöchentlichen Intervallen. Um einen unerwünschten Einfluss atmosphärischen Sauerstoffs zu vermeiden, wurde die Probenentnahme unter Stickstoffüberdruck über ein speziell für die Versuche angefertigtes Probenentnahmeventil durchgeführt. Die Proben wurden während den analytischen Untersuchungen in mit Argon vorgespannten Probengefäßen unter Ausschluss der Umgebungsluft aufbewahrt.

3. Sensorische Bewertung der Versuchsweine

Anhand der Deskriptiven Analyse wurden die Versuchsweine jeweils nach Abschluss der Experimente eines Jahres im Zeitraum zwischen Oktober und Dezember von 24 trainierten Prüfern in dreifacher Wiederholung sensorisch charakterisiert. Die Durchführung und Auswertung der sensorischen Analysen erfolgte mittels Fizz for Windows (Version 2.00 D, Biosystemes, Couternon, Frankreich). Im Vorfeld der Verkostungen wurden Attribute zur Beschreibung der farblichen, geruchlichen und geschmacklichen Eigenschaften der Versuchsweine festgelegt und entsprechende Standardweine entwickelt. Die sensorische Intensität jedes Attributs wurde von allen Prüfern mit Hilfe der Standardweine auf Linienskalen bewertet, deren Extrempunkte die Intensitätswerte 0 und 10 bildeten und mit „schwach wahrnehmbar“ und „stark wahrnehmbar“ gekennzeichnet waren. Die Datenanalyse erfolgte mittels einer zweifaktoriellen Varianzanalyse, bei der die Varianzquelle *Prüfer* als zufällig und die Varianzquellen *Variante* und *Wiederholung* als festgesetzte Stichproben definiert waren (*Mixed model ANOVA*, PC-SAS, Version 9.13, SAS Institute, Cary, USA). Mittels eines LSD-Tests (Least Significant Difference) wurden paarweise Vergleiche durchgeführt. Die weitere statistische Bearbeitung der Daten erfolgte auf Basis der Mittelwerte anhand einer Hauptkomponentenanalyse (XLSTAT, Version 2008.7.03, AddinSoft, Paris, Frankreich).

Der Vergleich des sensorischen Einflusses der Mikrooxygenierung von 2006er Weinen macht deutlich, dass die Effekte des Sauerstoffs bei unterschiedlichen Rebsorten innerhalb eines Jahrgangs sehr unterschiedlich ausfallen (**Abbildung 2**). So zeigten Spätburgunder-Weine im Vergleich zu Dornfelder und Cabernet Sauvignon deutlich stärkere sensorische Veränderungen infolge einer Sauerstoffzufuhr mit 5 mg/L/Monat. Diese Veränderungen waren in erster Linie durch den Verlust an Farbintensität, durch eine Braunverschiebung des Farbtons, durch den Rückgang der grünen Tannine und durch die deutliche Intensitätszunahme des auf Oxidation hindeutenden Fruchtaromas „Getrocknete Pflaume“ charakterisiert. Im Unterschied zum Farbverlust im Jahrgang 2006 wurde bei 2007er Spätburgundern sowohl eine Farbvertiefung als auch eine Violettverschiebung infolge der Mikrooxygenierung festgestellt (**Abbildung 3**). Diese Resultate weisen auf einen deutlichen Einfluss des Jahrgangs hin. Bei Cabernet-Sauvignon-Weinen konnte in beiden Jahrgängen eine Farbintensivierung durch die Mikrooxygenierung erzielt werden. Die als positiv zu beurteilende Intensitätszunahme der Fruchtaromatik beim 2007er Cabernet Sauvignon wurde 2006 jedoch nicht festgestellt. Nichtsdestotrotz ist der Einsatz der Mikrooxygenierung bei dieser Rebsorte aufgrund der Farbvertiefung und des Rückgangs der grünen und trockenen Tannine in beiden Jahren als gewinnbringend zu bewerten. In beiden Jahrgängen wurden die geringsten Einflüsse der Mikrooxygenierung bei den Dornfeldern beobachtet. Im Jahrgang 2007 konnte bei den Weinen dieser Rebsorte eine Intensitätsabnahme der grünen Tannine erzielt werden. Dornfelder-Weine des Vorjahres zeigten hingegen eine nachteilige Abnahme der Fruchtaromen und eine unerwünschte Braunverschiebung des Farbtons.

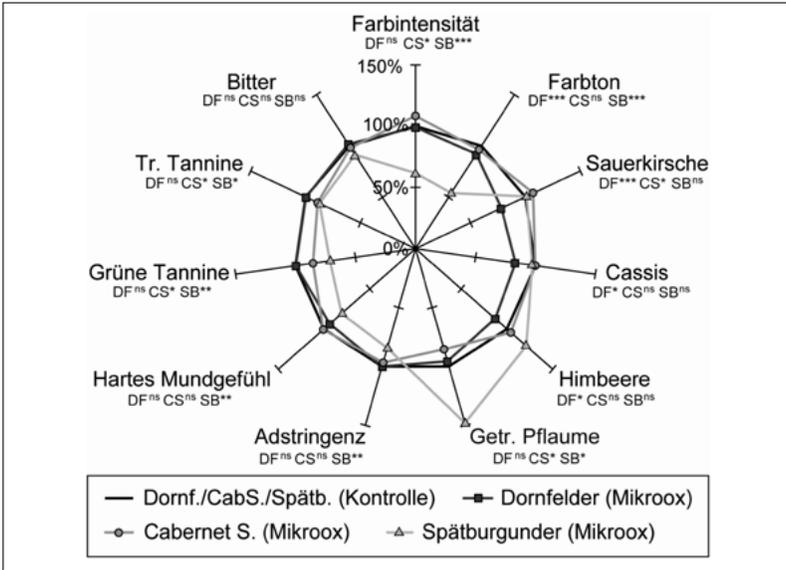


Abb. 2: Einfluss der Mikrooxygenierung mit 5 mg/L/Monat Sauerstoff auf die sensorischen Eigenschaften von Dornfelder-, Spätburgunder- und Cabernet-Sauvignon-Weinen, Jahrgang 2006.

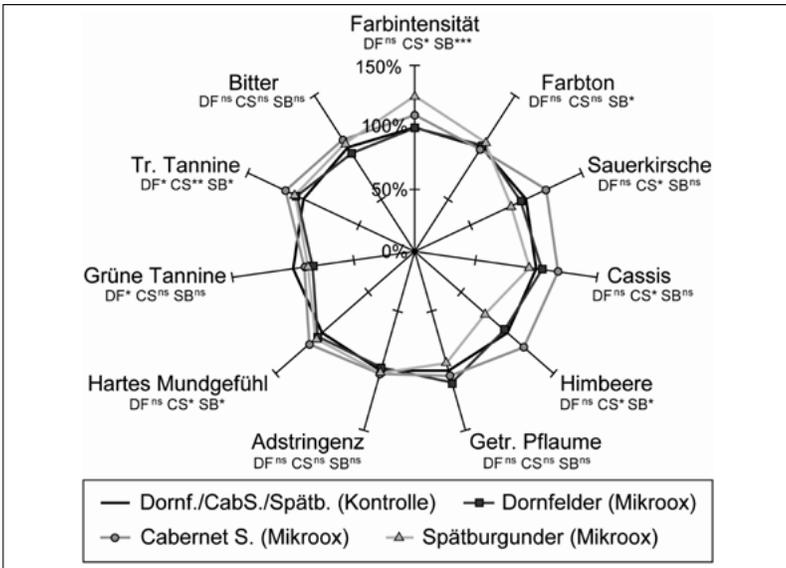


Abb. 3: Einfluss der Mikrooxygenierung mit 5 mg/L/Monat Sauerstoff auf die sensorischen Eigenschaften von Dornfelder-, Spätburgunder- und Cabernet-Sauvignon-Weinen, Jahrgang 2007.

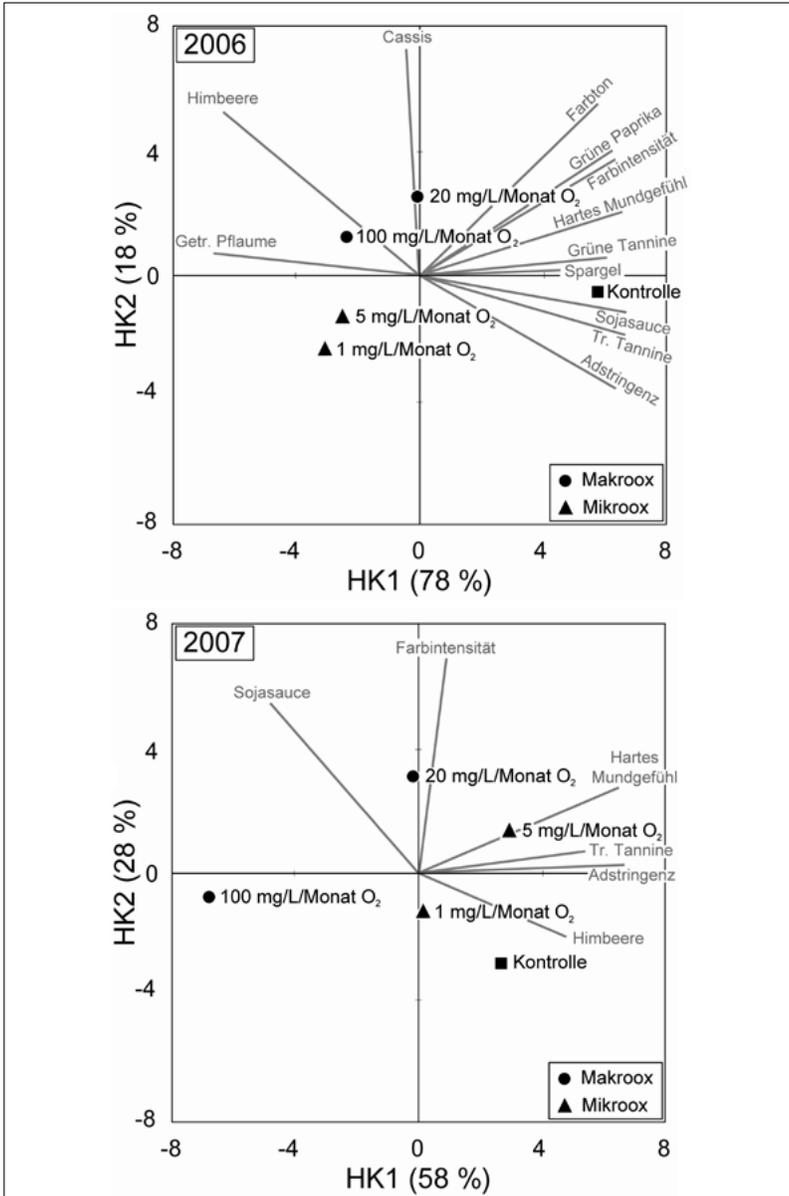


Abb. 4: Einfluss der Makro- und Mikrooxygenierung mit unterschiedlichen Sauerstoffdosagen auf die sensorischen Eigenschaften von Spätburgundern der Jahrgänge 2006 (oben) und 2007 (unten); die Hauptkomponenten 1 und 2 wurden anhand signifikant unterschiedlicher Attribute über die dargestellten Varianten des jeweiligen Jahrgangs ermittelt.

Neben den Einflüssen der Rebsorte und des Jahrgangs wird in **Abbildung 4** deutlich, dass auch der Anwendungszeitraum und die Sauerstoffmenge bei der Mikrooxygenierung eine entscheidende Rolle spielen. Obwohl 2006er Spätburgunder-Weine generell Farbverluste infolge der Sauerstoffzufuhr zeigten, führte die vor dem BSA durchgeführte Makrooxygenierung zu geringeren Farbverlusten und brachte deutlich fruchtigere Weine hervor (**Abbildung 4**, oben). Die bereits erwähnte Farbvertiefung bei den Spätburgundern im Jahrgang 2007 war ebenfalls infolge der Makrooxygenierung am deutlichsten ausgeprägt (**Abbildung 4**, unten). Im Unterschied zur Mikrooxygenierung zeigten makrooxygenierte Spätburgunder aus 2007 zudem stärkere Intensitätsabnahmen bei den trockenen Tanninen und wurden mit einem weicheren Mundgefühl bewertet. Diese Beobachtungen stehen durchaus in Einklang mit einigen Applikationsstudien zur Makro- und Mikrooxygenierung, die eine frühe Anwendung der Sauerstoffzufuhr mit hohen Dosageraten vor dem BSA empfehlen [11-14].

Um die qualitativen Einflüsse der Makro- und Mikrooxygenierung darstellen zu können, wurden parallel zur Deskriptiven Analyse Rangfolgetests mit den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses durchgeführt. Am Beispiel des 2006er Cabernet Sauvignons wird deutlich, dass die Sauerstoffzufuhr unabhängig vom Anwendungszeitpunkt und der Dosagerate zu einer gesteigerten Präferenz unter den Weinfachleuten führte (**Abbildung 5**). Beim Vergleich der mit Sauerstoff behandelten Weine führte die Mikrooxygenierung zu qualitativ besseren Weinen als die Makrooxygenierung. Unter den makrooxygenierten Varianten wurden die Weine bevorzugt, die mit einer geringeren Sauerstoffdosage von 20 mg/L/Monat behandelt wurden.

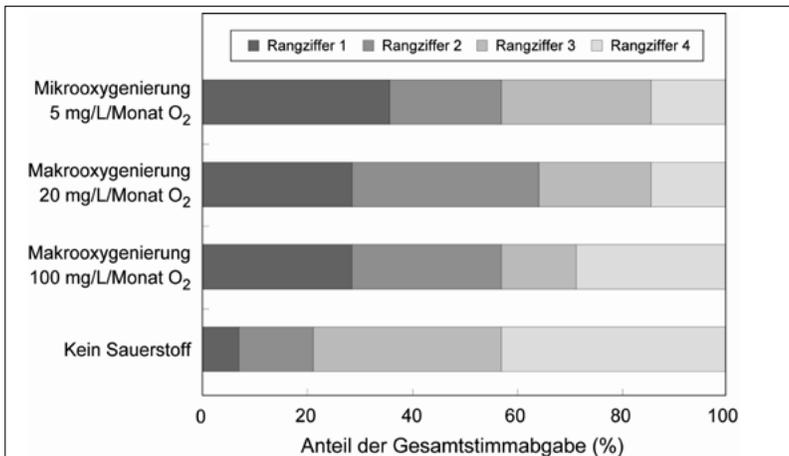


Abb. 5: Einfluss der Makro- und Mikrooxygenierung mit unterschiedlichen Sauerstoffdosagen auf die Präferenz von 2006er Cabernet Sauvignon; der Rangfolgetest wurde mit vierzehn Prüfern aus dem Projektbegleitenden Ausschuss am 06.12.2007 im Winzerkeller Wiesloch durchgeführt.

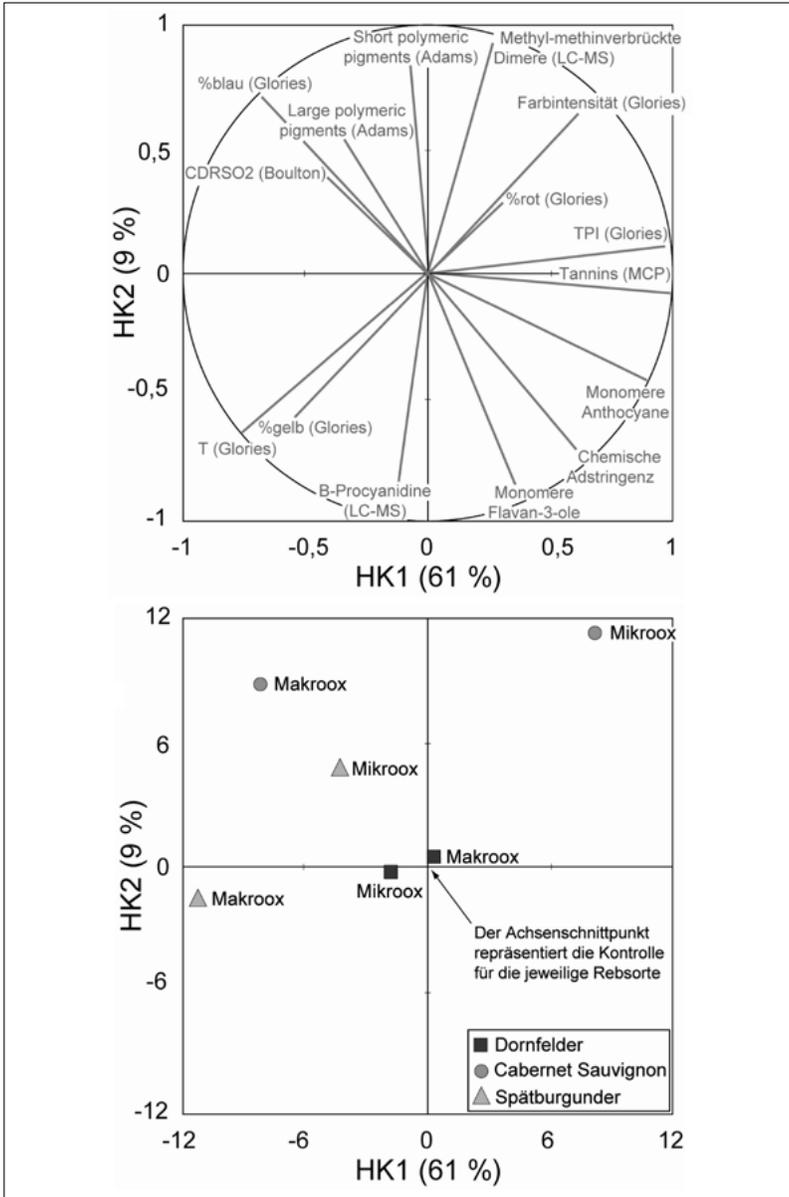


Abb. 6: Einfluss der Makro- und Mikrooxygenierung auf das Anthocyan- und Tanninprofil von Dornfelder-, Spätburgunder- und Cabernet-Sauvignon-Weinen des Jahrgangs 2007; zur Ermittlung der Hauptkomponenten 1 und 2 wurden die Differenzwerte zu den Kontrollweinen der jeweiligen Rebsorte herangezogen.

4. Veränderungen des Phenolprofils

Auf molekularer Ebene werden für die beobachteten sensorischen Veränderungen in erster Linie oligomere Polyphenolkondensate sowie Anthocyanderivate verantwortlich gemacht, die im Wein entstehen, sobald dieser mit Sauerstoff in Berührung kommt [1,15]. Da diese Addukte in Abhängigkeit der phenolischen Zusammensetzung des Leseguts und der dosierten Sauerstoffmenge zum einen unterschiedliche Strukturen aufweisen und zum anderen deutlich in ihren Konzentrationen variieren können, ist es plausibel, dass die beobachteten sensorischen Einflüsse der Mikrooxygenierung von enorm nutzbringend bis stark qualitätsmindernd reichen [14].

Anhand der in **Abbildung 6** dargestellten chemischen Parameter und Stoffkonzentrationen phenolischer Inhaltsstoffe wird deutlich, dass verschiedene Rebsorten des Jahrgangs 2007 unterschiedlich stark durch die Makro- bzw. Mikrooxygenierung beeinflusst wurden. Verglichen mit Cabernet Sauvignon und Spätburgunder erfuhren die untersuchten Dornfelder-Weine kaum Veränderungen hinsichtlich ihres Anthocyan- und Tanninprofils. Sowohl makro- als auch mikrooxygenierte Spätburgunder zeigten infolge der Sauerstoffzufuhr insbesondere Abnahmen im Anthocyan- und Flavan-3-ol-Gehalt, einen Rückgang der chemischen Adstringenz, einen zunehmenden Blauton sowie einen höheren Anteil an polymeren Pigmenten. Bei Cabernet-Sauvignon-Weinen führte die nach dem BSA stattfindende Mikrooxygenierung zu höheren Konzentrationen von methyl-methinverbrückten Dimeren aus Anthocyanen und Flavan-3-olen sowie zur Zunahme der Farbintensität, wobei diese vor allem durch einen höheren Anteil an rotfarbigen Pigmenten bestimmt wurde.

5. Bildung von methylmethin-verbrückten Flavan-3-ol-Anthocyan-Addukten

Erste Indizien über eine Verbindungsklasse, die mit einer Sauerstoff-induzierten Farbintensivierung in Zusammenhang gebracht werden konnten, lieferten Atanasova et al. [16], indem sie die phenolischen Verbindungen aus mikrooxygenierten Rotweinen fraktionierten und anschließend charakterisierten. Der Bildungsweg, der zu diesen Polyphenoladdukten führt, wurde mit Hilfe von Modellstudien bereits in den 1970ern von Timberlake et al. [17] postuliert und basiert auf mehreren Reaktionsschritten.

Die Derivate des Catechols, zu denen zahlreiche phenolische Verbindungen im Rotwein zählen, gehören zu den leicht oxidierbaren phenolischen Substraten, da das fehlende Elektron des infolge der Oxidation entstehenden Semichinons über mesomere Grenzstrukturen gut stabilisiert werden kann [18]. Da die zweistufige Oxidation erst zur Bildung eines intermediären Semichinons und dann zum Chinon führt, müssen die sukzessiv abgegebenen Elektronen auf zwei Fe^{3+} -

Kationen übertragen werden, die infolge der Oxidation zu Fe^{2+} reduziert werden (**Abbildung 7**). Danilewicz und Wallbridge [19] gehen davon aus, dass die Teilreaktionen über jeweils ein $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ -System an die Radikalbildung des Sauerstoffs gekoppelt sind. Dementsprechend entsteht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Oxidation von Catecholderivaten Wasserstoffperoxid, das dann als Oxidationsmittel für die Fenton-Reaktion zur Verfügung steht.

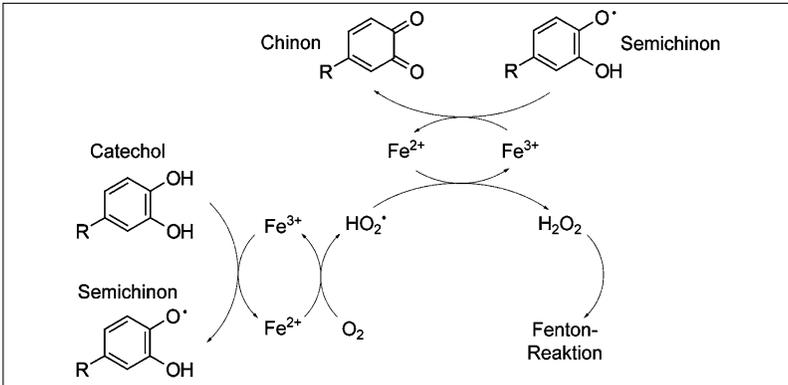


Abb. 7: Metall-katalysierte Oxidation von Catecholderivaten unter Entstehung von Wasserstoffperoxid [20].

Aufgrund des enorm hohen Oxidationspotentials des Wasserstoffperoxids kommen für die Fenton-Reaktion grundsätzlich alle im Wein vorliegenden primären Alkohole und α -Hydroxysäuren in Frage. Sowohl in thermodynamischer Hinsicht als auch aufgrund des hohen Gehalts an Ethanol im Wein nimmt die Oxidation von Ethanol zu Acetaldehyd eine bevorzugte Stellung ein [18,20]. Ausgehend vom Wasserstoffperoxid entsteht zunächst das Hydroxylradikal, das aufgrund seines elektroaffinen Charakters in der Lage ist, dem Ethanol ein Elektron zu entreißen, um selbst zum Wasser weiterzureagieren. Das bei der Redoxreaktion intermediär gebildete α -Hydroxyalkylradikal stellt wiederum ein stark reduzierendes Agens dar und oxidiert deshalb selbst über die Reduktion von Fe^{3+} zu Fe^{2+} rasch zum Acetaldehyd (**Abbildung 8**).

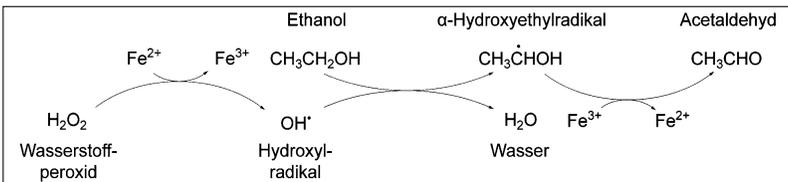


Abb. 8: Fenton-Reaktion: Oxidation von Ethanol zum Acetaldehyd durch Wasserstoffperoxid [20].

Acetaldehyd bildet bei der Entstehung von methylmethin-verbrückten Polyphenoladdukten das Bindeglied zwischen zwei oder mehreren Flavonoideinheiten. Das elektrophile Carbokation, welches infolge der Protonierung des Acetaldehyds unter sauren Bedingungen entsteht, kann mit dem nukleophilen A-Ring eines Flavan-3-ols an Position 6 oder 8 zu einem Flavan-3-ol-Ethanol-Addukt reagieren (**Abbildung 9**). Nach Protonierung und Dehydratisierung des Intermediats entsteht ein neues Carbokation, das durch einen nukleophilen Angriff an Position 6 oder 8 an den A-Ring eines weiteren Flavan-3-ols oder eines Anthocyans binden kann [17]. Ausgehend vom Dimer ist die Knüpfung weiterer Methylmethin-Brücken möglich, wodurch die Entstehung oligomerer Flavonoidkomplexe auf Basis des Acetaldehyds denkbar ist [15].

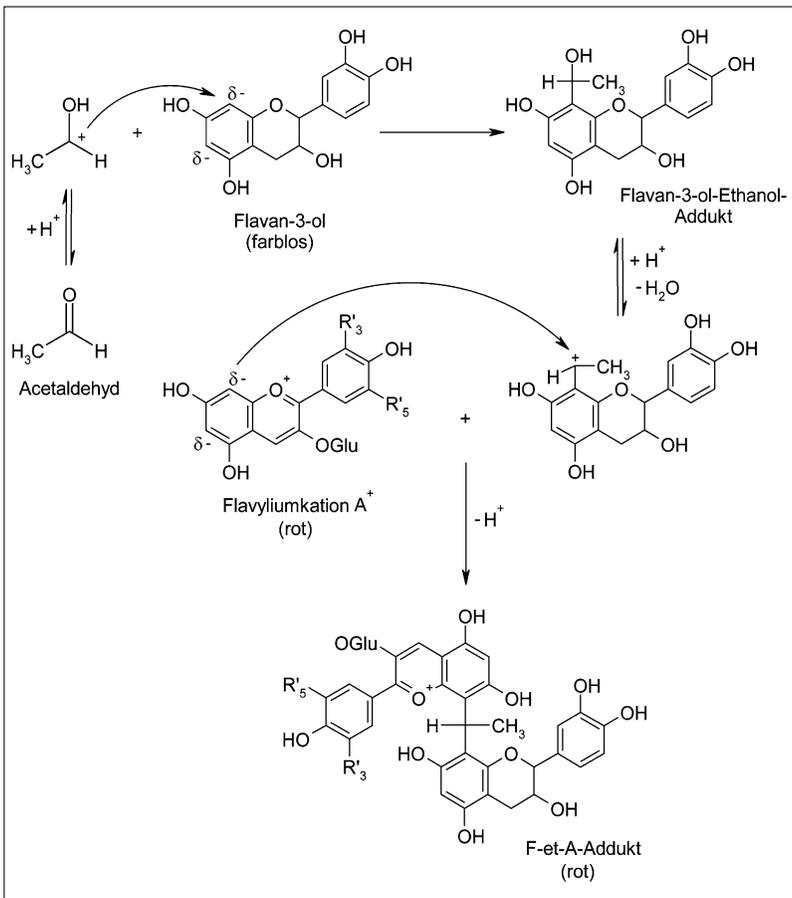


Abbildung 9: Bildung methylmethin-verbrückter Flavan-3-ol-Anthocyan-Addukte [17].

Inwieweit methylnmethin-verbrückte Flavan-3-ol-Anthocyan-Addukte im Rotwein entstehen und welchen Anteil Flavan-3-ol- oder Anthocyan-Einheiten zum Aufbau der oligomeren Strukturen beitragen, ist vermutlich von mehreren Faktoren abhängig [21]. Zum momentanen Zeitpunkt gehen wir davon aus, dass infolge einer Mikrooxygenierung methylnmethin-verbrückte Flavan-3-ol-Anthocyan-Addukte mit farbintensivierendem Charakter dann entstehen, wenn:

- im Rotwein ein möglichst hoher Gehalt monomerer Anthocyane vorliegt,
- die Flavan-3-ol- und Proanthocyanidin-Konzentrationen im Rotwein einen relativ zum Anthocyanengehalt errechneten Grenzwert nicht überschreiten,
- dem Rotwein Sauerstoff kontinuierlich und in geringen Mengen zugeführt wird,
- hohe Gehalte an zwei- und dreiwertigen Eisenionen vorliegen,
- die Konzentration an freiem SO₂ möglichst gering ist.

6. Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnis

Das rebsortenabhängige Verhältnis von monomeren Flavan-3-olen zu Anthocyanen liefert nach aktuellem Forschungsstand die Basis für einen potentiellen Indikator, um die Dosagerate bei der Mikrooxygenierung festlegen zu können [21]. Dementsprechend wurde das Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnis für die Versuchsweine aus den Jahrgängen 2006 und 2007 ermittelt und anschließend mit den sensorischen und chemischen Einflüssen der Mikrooxygenierung kollationiert. In **Abbildung 10** wird deutlich, dass bei Dorfeldern nach zweiwöchiger Maischegärung ein sehr geringes Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnis vorlag, das auf den hohen Anthocyanengehalt bei dieser Rebsorte zurückzuführen ist. Im Vergleich dazu zeigten Cabernet-Sauvignon- und Spätburgunder-Jungweine höhere Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnisse. Neben dem Einfluss der Rebsorte führten auch jahrgangsbedingte Schwankungen zu stark unterschiedlichen Gehalten an Anthocyanen und Flavan-3-olen. Insbesondere beim Spätburgunder brachte der problematische Jahrgang 2006 wenig farbgebende Anthocyane und dementsprechend ein stark erhöhtes Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnis hervor. Folgerichtig konnten in diesen Weinen oligomere Addukte identifiziert werden, die aus einer überproportional hohen Anzahl an Flavan-3-ol-Einheiten bestanden. Neben anderen Verbindungen werden diese homogenen Flavan-3-ol-Kondensate für die Braunfärbung der Weine verantwortlich gemacht [22]. Der höhere Anthocyanengehalt und das damit einhergehende geringere Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnis bei Cabernet-Sauvignon- und Spätburgunder-Weinen des Jahrgangs 2007 führte im Unterschied dazu zur Bildung von methylnmethin-verbrückten Flavan-3-ol-Anthocyan-Addukten, die mit zwei bis drei Anthocyanmolekülen in einer trimeren Verbindung zur Farbvertiefung der Weine beitragen [23].

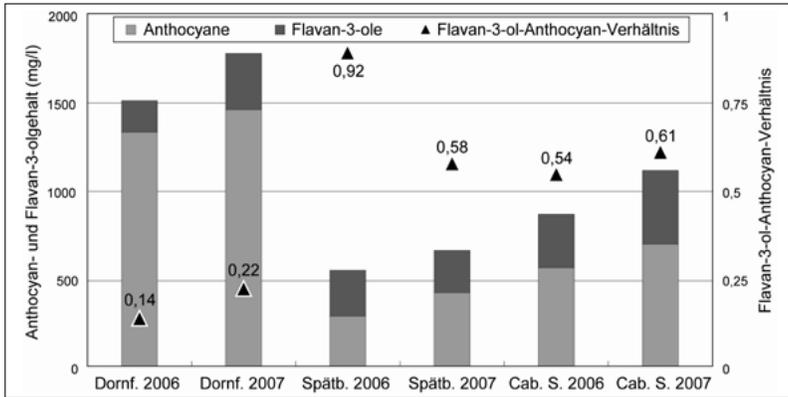


Abb. 10: Rebsorten- und Jahrgangsvergleich von Anthocyan- und Flavan-3-olgehalten sowie Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnissen nach der Maischegärung von Kontrollweinen (keine Sauerstoffzufuhr).

Da Anthocyane für die rote Farbe des Weines verantwortlich sind und polymere Flavan-3-ol-Komplexe zur Braunfärbung der Weine beitragen, erscheint sowohl die Erfassung monomerer Anthocyane als auch die Bestimmung monomerer Flavan-3-ole sinnvoll, um oxidative Farbveränderungen erklären zu können. Die Interpretation der erzielten Messergebnisse über die zweijährigen Forschungstätigkeiten erlaubte die Erstellung eines Modells, anhand dessen eine Prognose der Farbveränderungen infolge der Mikrooxygenierung mittels des Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnisses möglich ist (**Abbildung 11**).

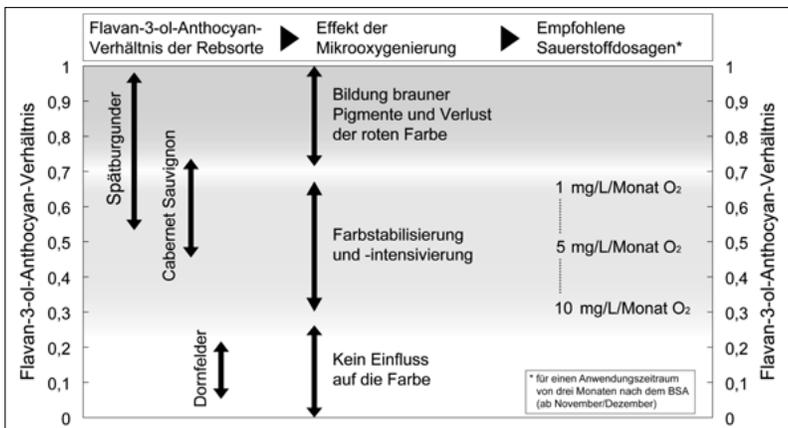


Abb. 11: Modell zur Erklärung des Farbeinflusses bei der Mikrooxygenierung und Prognose der Sauerstoffdosagerate in Abhängigkeit des Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnisses.

7. Aromaprofiling mikrooxygenerierter Rotweine

Neben der Aufklärung von Sauerstoff-induzierten Veränderungen der Phenolstruktur ermöglichte eine umfassende Untersuchung der Veränderungen der Aromastoffe mittels zweidimensionaler Gaschromatographie die Identifizierung zahlreicher aromaaktiver Komponenten, deren Konzentrationen infolge der Sauerstoffzufuhr ab- bzw. zunahm [24]. Am Beispiel des 2007er Cabernet Sauvignons wird in **Abbildung 12** deutlich, dass die Versuchsvarianten sowohl nach Anwendungszeitpunkt der Mikrooxygenierung als auch nach der Höhe der Sauerstoffdosage anhand von 97 erfassten Aromastoffen eindeutig differenziert werden konnten. Unter den Alkoholen zeigten 2-Phenylethanol, 1-Hexanol und 3-Methylthio-1-Propanol unabhängig vom Anwendungszeitpunkt der Sauerstoffzufuhr zunehmende Konzentrationen. Im Unterschied dazu nahmen die Gehalte von 2-Hexen-1-ol und 3-Hexen-1-ol lediglich infolge der parallel zur Gärung durchgeführten Makrooxygenierung zu. Diese Beobachtung ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Hefen unter dem Einfluss des zugeführten Sauerstoffs verstärkt zur Bildung von Fuselalkoholen neigen [25]. Ebenfalls zunehmende Konzentrationen wurden bei den Aldehyden 1-Octanal und 1-Decanal infolge der Makrooxygenierung festgestellt. Die Sauerstoff-induzierte Bildung dieser Verbindungen ist vermutlich auf die Fenton-Reaktion zurückzuführen, die im Wein nachweislich stattfindet und die Entstehung zahlreicher weiterer Carbonylverbindungen erklären kann [20]. Mit diesen Ergebnissen konnten einige mögliche Zeigersubstanzen vorgeschlagen werden, die für die jeweilige Oxygenierungsvariante typisch sind. Ein nächster Schritt sieht eine Verbindung mit den sensorischen Daten vor, um Indikatoren für erwünschte und unerwünschte Veränderungen zu benennen.

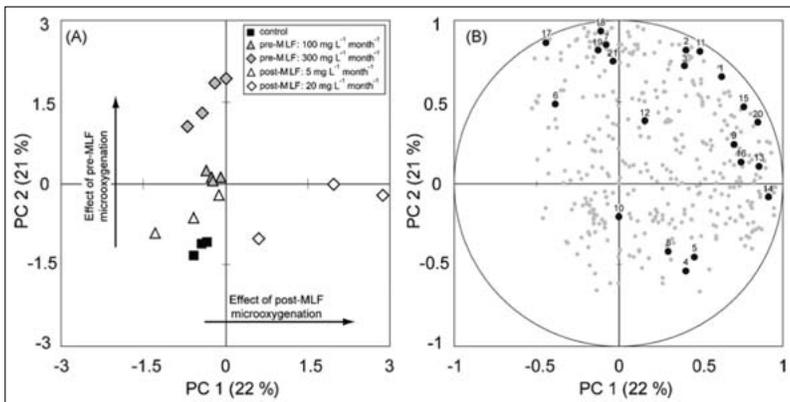


Abb. 12: Einfluss der Makro- und Mikrooxygenierung auf das Aromaprofil von 2006er Cabernet-Sauvignon-Weinen; (A) Faktorwerte und (B) Faktorladungen. **Tabelle 2** zeigt die Differenzierung der Versuchsvarianten anhand von 20 potentiellen Markersubstanzen.

Tab. 2: Differenzierung der Versuchsvarianten anhand von 20 potentiellen Markersubstanzen

Loadings: Contribution to:	Assigned number	PC1	PC2	PC3	PC1 Post-MLF	PC2 Pre-MLF	PC3 Pre + post-MLF
Alcohols							
2-Phenylethanol	1	0.631	0.651	-0.158	+	+	-
1-Hexanol	2	0.411	0.811	0.185	+	+	+
3-Methylthio-1-propanol	3	0.410	0.722	0.344	+	+	+
2,3-Butandiol	4	0.411	-0.539	0.484	+	-	+
2,3-Butandiol	5	0.461	-0.459	0.406	+	-	+
2-Hexen-1-ol	6	-0.385	0.479	0.216	-	+	+
3-Hexen-1-ol	7	-0.067	0.843	0.233	-	+	+
Aldehydes and ketones							
Octanal	8	0.306	-0.423	0.433	+	-	+
Decanal	9	0.704	0.235	-0.002	+	+	-
3-Hydroxy-2-butanone, acetoin	10	0.005	-0.206	0.681	+	-	+
Esters							
2/3-Methylbutyl butanoate	11	0.499	0.808	-0.039	+	+	-
Ethyl hexanoate	12	0.164	0.375	0.380	+	+	+
Ethyl octanoate	13	0.854	0.094	-0.015	+	+	-
Ethyl decanoate	14	0.919	-0.086	-0.095	+	-	-
Ethyl dec-2-enoate	15	0.765	0.467	0.198	+	+	+
Ethyl dodecanoate	16	0.750	0.124	0.082	+	+	+
Ethyl hexadecanoate	17	-0.436	0.855	0.063	+	+	+
2-Phenylethyl acetate	18	-0.106	0.931	-0.195	-	+	-
Miscellaneous							
β -Damascenone	19	-0.124	0.809	-0.279	-	+	-
TDN (1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene)	20	0.848	0.366	-0.021	+	+	-

8. Schlussfolgerung und Ausblick

Neben der korrekt bemessenen Sauerstoffdosage und dem Anwendungszeitraum richtet sich der Erfolg einer Mikrooxygenierung maßgeblich nach den Gehalten an freien Anthocyanen und Flavan-3-olen im Jungwein. In welchen Konzentrationen diese Verbindungen vorliegen, ist von der Rebsorte, von Jahrgangseinflüssen und dem Gärverfahren abhängig. Je nachdem, wie viel Sauerstoff bei vorliegendem Flavan-3-ol-Anthocyan-Verhältnis dosiert wurde, konnte entweder eine Farbvertiefung oder eine Braunfärbung der Weine beobachtet werden. Wenngleich stets ein Rückgang der grünen Tannine erfolgte, konnte das oftmals wünschenswerte weiche Mundgefühl mit Hilfe der Mikrooxygenierung nicht erreicht werden. Die hierfür notwendigen, hohen Sauerstoffdosagen könnten bei farbschwachen Weinen zur Braunfärbung der Weine führen. Infolgedessen ist die Mikrooxygenierung nur für Weine geeignet, die neben einem hohen Flavan-3-ol-Gehalt eine hohe Konzentration an Anthocyanen aufweisen. Die weiterführenden Forschungsaktivitäten zur Mikrooxygenierung von Rotweinen sehen vor, das bestehende Modell zur Prognose des Farbeinflusses bei der Mikrooxygenierung zu verifizieren und dahingehend zu erweitern, dass gleichwohl die beobachteten Veränderungen des Mundgefühls und der Adstringenz erklärt werden können. Darüber hinaus ist auf Grundlage der erzielten Ergebnisse die Implementierung preiswerter und robuster Prozessanalytik vorgesehen, um letztlich die Online-Kontrolle des Mikrooxygenierungsprozesses zu ermöglichen. Durch die Zusammenarbeit mit den Herstellern von Mikrooxygenierungsgeräten sollen ferner präzisere Steuerungsmöglichkeiten der kontinuierlichen Sauerstoffdosierung entwickelt werden. Zudem wird angestrebt, einen photometrischen Schnelltest auf Basis der molekularen Informationen zu entwickeln, anhand dessen ermittelt werden kann, ob sich bestimmte Rotweine zur Mikrooxygenierung eignen und wie hoch ihr individueller Sauerstoffbedarf im Reifeverlauf ausfällt.

9. Danksagung

Das Vorhaben AiF 14788 N des Forschungskreises der Ernährungsindustrie (FEI) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Wir danken dem Deutschen Weinbauverband, dem Badischen und dem Württembergischen Genossenschaftsverband sowie den partizipierenden Genossenschaften und Weingütern für die finanzielle und praktische Unterstützung. Der Firma Thonhauser sei gedankt für die Bereitstellung der Geräte zur Mikrooxygenierung.

10. Literatur

- [1] Singleton, V. L., Oxygen with Phenols and Related Reactions in Musts, Wines, and Model Systems: Observations and Practical Implications. *American Journal of Enology and Viticulture* **1987**, 38, (1), 69-77.
- [2] Durner, D.; Fischer, U., Mikrooxygenierung von Rotweinen, Teil V: Holzfass, Reifetank und Mikrooxygenierung - ein Vergleich. *Das Deutsche Weinmagazin* **2009**, 18, 23-27.
- [3] Durner, D.; Fischer, U., Mikrooxygenierung von Rotweinen, Teil II: Makro- oder Mikrooxygenierung – Welches Verfahren birgt Potenzial? *Das Deutsche Weinmagazin* **2009**, 10, 42-45.
- [4] Cano-Lopez, M.; Pardo-Minguez, F.; Lopez-Roca, J. M.; Gomez-Plaza, E., Chromatic characteristics and anthocyanin profile of a micro-oxygenated red wine after oak or bottle maturation. *European Food Research and Technology* **2007**, 225, (1), 127-132.
- [5] Cano-Lopez, M.; Pardo-Minguez, F.; Schmauch, G.; Saucier, C.; Teissedre, P.-L.; Lopez-Roca, J. M.; Gomez-Plaza, E., Effect of micro-oxygenation on color and anthocyanin-related compounds of wines with different phenolic contents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2008**, 56, (14), 5932-5941.
- [6] Cano-Lopez, M.; Pardo-Minguez, F.; Lopez-Roca, J. M.; Gomez-Plaza, E., Effect of Microoxygenation on Anthocyanin and Derived Pigment Content and Chromatic Characteristics of Red Wines. *American Journal of Enology and Viticulture* **2006**, 57, (3), 325-331.
- [7] Del Carmen Llaudy, M.; Canals, R.; Gonzalez-Manzano, S.; Canals, J. M.; Santos-Buelga, C.; Zamora, F., Influence of micro-oxygenation treatment before oak aging on phenolic compounds composition, astringency, and color of red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2006**, 54, (12), 4246-4252.
- [8] Perez-Magarino, S.; Sanchez-Iglesias, M.; Ortega-Heras, M.; Gonzalez-Huerta, C.; Gonzalez-SanJose, M. L., Colour stabilization of red wines by microoxygenation treatment before malolactic fermentation. *Food Chemistry* **2007**, 101, (3), 881-893.
- [9] McCord, J., Application of toasted oak and micro-oxygenation to ageing of Cabernet Sauvignon wines. *Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker* **2003**, 474, 43-53.
- [10] Durner, D.; Weber, F.; Neddermeyer, J.; Koopmann, K.; Winterhalter, P.; Fischer, U., Sensory and color changes induced by microoxygenation treatments of Pinot noir before and after malolactic fermentation. *American Journal of Enology and Viticulture* **2010**, 61, (4), 474-485.

- [11] Lemaire, T.; Gilis, J. F.; Fort, J.-P.; Ducournau, P., Micro-oxygenation in extended maceration and early stages of red wine maturation - immediate effects. In *Conference Proceedings of the 11th Australian Wine Industry Technical Conference*, Australian Society of Viticulture and Oenology: Adelaide, Australien, 2001.
- [12] Loch, R., Micro-oxygenation - A large winery case study. In *Conference Proceedings of the Use of Gases in Winemaking Conference*, Australian Society of Viticulture and Oenology: Adelaide, Australien, 2002.
- [13] Mitchell, M., Micro-oxygenation trials at church red winery. In *Conference Proceedings of the Annual Romeo Bragato Conference*, New Zealand Winegrowers: Christchurch, Neuseeland, 2002.
- [14] Parish, M.; Wollan, D.; Paul, R., Micro-oxygenation - a review. *The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker* **2000**, 438A, 47-50.
- [15] Fulcrand, H. T.; Duenas, M.; Salas, E.; Cheynier, V., Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture* **2006**, 57, (3), 289-297.
- [16] Atanasova, V.; Fulcrand, H.; Cheynier, V.; Moutounet, M., Effect of oxygenation on polyphenol changes occurring in the course of wine-making. *Analytica Chimica Acta* **2002**, 458, (1), 15-27.
- [17] Timberlake, C. F.; Bridle, P., Interactions Between Anthocyanins, Phenolic Compounds, and Acetaldehyde and Their Significance in Red Wines. *American Journal of Enology and Viticulture* **1976**, 27, (3), 97-105.
- [18] Waterhouse, A. L.; Laurie, V. F., Oxidation of Wine Phenolics: A Critical Evaluation and Hypotheses. *American Journal of Enology and Viticulture* **2006**, 57, (3), 306-313.
- [19] Danilewicz, J. C.; Wallbridge, P. J., Further Studies on the Mechanism of Interaction of Polyphenols, Oxygen, and Sulfite in Wine. *American Journal of Enology and Viticulture* **2010**, 61, (2), 166-175.
- [20] Danilewicz, J. C., Review of Reaction Mechanisms of Oxygen and Proposed Intermediate Reduction Products in Wine: Central Role of Iron and Copper. *American Journal of Enology and Viticulture* **2003**, 54, (2), 73-85.
- [21] Durner, D., Microoxygenation of Pinot Noir: An Analytical Guidance for the Determination of the Oxygen Demand. In *Conference Proceedings of the 7th International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology* American Society of Viticulture and Enology: Seattle, Washington, USA, 2010.
- [22] Li, H.; Guo, A.; Wang, H., Mechanisms of oxidative browning of wine. *Food Chemistry* **2008**, 108, (1), 1-13.

-
- [23] Es-Safi, N. E.; Fulcrand, H.; Cheynier, V.; Moutounet, M., Studies on the acet-aldehyde-induced condensation of (-)-epicatechin and malvidin 3-O-glucoside in a model solution system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **1999**, 47, (5), 2096-2102.
- [24] Schmarr, H.-G.; Bernhardt, J.; Fischer, U.; Stephan, A.; Mueller, P.; Durner, D., Two-dimensional gas chromatographic profiling as a tool for a rapid screening of the changes in volatile composition occurring due to microoxygenation of red wines. *Analytica Chimica Acta* **2010**, 672, (1-2), 114-123.
- [25] Valero, E.; Moyano, L.; Millan, M. C.; Medina, M.; Ortega, J. M., Higher alcohols and esters production by *Saccharomyces cerevisiae*. Influence of the initial oxygenation of the grape must. *Food Chemistry* **2002**, 78, (1), 57-61.

Dr. Gerd Konrad

Hochschule Anhalt (FH)
Fachbereich Angewandte Biowissenschaften und
Prozesstechnik
Arbeitsgruppe Lebensmittelverfahrenstechnik/
Milchtechnologie
Köthen



Isolierung bioaktiver Phospholipidfraktionen aus Molke mittels Ultrafiltration als Basis für Nutraceuticals*

1. Einleitung

Den polaren Lipiden der Milchfettkügelchen-Membran (MFKM), insbesondere dem Sphingomyelin (SM), einem Phospholipid mit einem langkettigen Aminoalkohol, werden bioaktive Eigenschaften zugeschrieben und sie lassen sich somit potentiell in Nutraceuticals einsetzen, wenn ihre gesundheitsfördernde Wirkung eindeutig nachgewiesen ist. Neben tumorhemmenden Eigenschaften sollen Sphingolipide auch die Cholesterinabsorption im Verdauungstrakt minimieren, antibakterielle und antivirale Eigenschaften besitzen und bei atopischer Dermatitis die pathologische Kolonisierung der Haut mit *Staphylococcus aureus* verhindern. Die Datenlage über das gesundheitliche Potential ist aber noch ungenügend. Sphingomyelin kommt in pflanzlichen und insbesondere in den gut untersuchten Soja-Phospholipiden nicht vor.

Die MFKM besteht mengenmäßig zu 60% aus Proteinen und zu 40% aus Lipiden (FOX & McSWEENEY, 1998, DEWETTINK et al., 2008). Die Proteine setzen sich aus einer Vielzahl von Polypeptiden mit Molmassen von 10.000 bis 300.000 Da zusammen. Das Hauptprotein ist das Glycoprotein Butyrophilin mit einem Anteil von ca. 40% an der Proteinfraction. Es hat eine Molmasse von 66.000 Da (MATHER, 2000). Weitere wichtige Proteine sind die Xanthinoxidase (12-13% der Proteinfraction) mit einer Molmasse von 172.858 Da, Adipophilin (48.075 Da)

* Autoren: G. Konrad, C. Lorenz und T. Kleinschmidt (Hochschule Anhalt)

und Mucin (82.913 Da). Daneben gibt es noch viele weitere Proteine, deren Nomenklatur nicht einheitlich angewandt wird sowie mindestens 50 Polypeptide mit Molmassen von 10-300 kDa (SPITSBERG, 2005).

Chemisch gesehen sind Phospholipide (PL) Ester des Glycerins mit zwei Fettsäuren und einem mit einer Phosphatgruppe veresterten Aminoalkohol. Die wichtigsten PL sind Phosphatidylethanolamin mit einem durchschnittlichen Anteil an der MFKM von 4,3%, Phosphatidylcholin (anteilig 5,4%), Phosphatidylserin (anteilig 2,3%) und Phosphatidylinositol (anteilig 1,3%) (ROMBAUT et al., 2005). Die wichtigsten Sphingolipide sind Sphingomyelin, ein Spingo-Phospholipid (anteilig 5,1%), Glucosylceramid und Lactosylceramid (zusammen anteilig 1,3% von der MFKM) (ROMBAUT et al., 2006). Die Summe aus Phospho- und Sphingolipiden ergeben die polaren Lipide.

Über den Phospholipidgehalt der Buttermilch liegen unterschiedliche Angaben vor. Diese reichen von 0,25 g/kg (SACHDEVA & BUCHHEIM, 1997) bis 0,89 g/kg (ELLING et al., 1996). Die Ursache dürfte in unterschiedlichen Butterungsrahmfettgehalten liegen. Nach dem Verbuttern verbleibt etwa die Hälfte der Phospholipide in der Butter, so dass ROMBAUT et al. (2005) im Butterserum eine PL-Konzentration von 1,81 g/kg fanden (**Tabelle 1**).

Tab. 1: Phospholipidgehalt verschiedener Milchprodukte und anteiliger Gehalt an Sphingomyelin

Substrat	Gehalt (g/l)	Anteil SM an PL (%)
Molke	0,18	26,8
Molkenbuttermilch*	0,30	16,7
Buttermilch**	0,8	23,0
Butterserum	1,8	27,9
Sahne (40 %)	1,4	22,9

* hergestellt aus Molkenrahm mit 22 % Fett

** hergestellt aus Rahm mit 45 % Fett

Die Phospholipide der Milch lassen sich aus Buttermilch oder Butterserum gewinnen. Wenig ist bisher bekannt über die Gewinnung dieser Lipide aus Molkenrahm-Buttermilch oder Molkenbutter. Molkenrahm wird bisher fast ausschließlich der Kesselmilch wieder zugegeben, die zur Herstellung von Käse dient oder selten zu Molkenbutter verarbeitet wird. In beiden Fällen kann es zu Qualitätsproblemen kommen, da erstens im Fettanteil mehrfach ungesättigte Fettsäuren vorhanden sind, die leicht oxidieren (JINJARAK et al., 2006) und zweitens mit

dem Molkenrahm eine undefinierbare Vielfalt an Enzymen und vor allem an Lipasen in die Produkte gelangen können. Kleine und mittlere Käsereien sind forschungsseitig nicht in der Lage, diese Probleme zu lösen. Hieraus resultierten die Motivation und die Zielsetzung des seit 2009 laufenden ZUTECH-Vorhabens AiF 316 ZBG. Dazu soll von der Forschungsstelle 1 in Köthen ein Verfahren zur Gewinnung von Phospholipiden aus Molkenbuttermilch oder Molkenbutterserum entwickelt werden und die PL-Konzentrate in klinischen Studien auf ihre Wirksamkeit gegen atopische Dermatitis (Forschungsstelle 2: Prof. Jahreis, Friedrich-Schiller-Universität Jena) und Auswirkungen auf den Lipidstoffwechsel (Forschungsstelle 3: Dr. Pfeuffer, Max-Rubner-Institut Karlsruhe) untersucht werden. Im positiven Fall könnte das gesundheitliche Potential der Milch-Phospholipide gemäß Health-Claims-Verordnung etabliert werden; Nutraceuticals mit auslobbaren Eigenschaften oder neue Pharmazeutika könnten entwickelt werden. Ein weiterer ökonomischer Zusatznutzen wäre für kleine und mittlere Unternehmen durch die gleichzeitige Gewinnung von wasserfreiem Milchlipid realisierbar.

2. Gewinnung von Phospholipiden

Die klassischen Methoden zur PL-Gewinnung waren Extraktions- und Zentrifugationsmethoden auf Basis von Buttermilch. Viele moderne Verfahren basieren auf der Anwendung der Mikrofiltration (MF), wobei die MFKM in eine proteinreiche und eine PL-reiche Phase getrennt wird. Problematisch ist die ähnliche Partikelgröße der MFKM-Komponenten und der Caseinmicellen (SINGH, 2006; MORIN et al., 2006). Die Gewinnung der PL durch MF bereitet deshalb ohne Vorbehandlung der Buttermilch Probleme. Vor allem die in der Buttermilch vorhandenen Caseinanteile verblocken die Membranen sehr schnell. SACHDEVA & BUCHHEIM (1997) lösten das Filtrationsproblem, indem sie eine Lab- oder Säurefällung des Caseins vor der Membranfiltration durchführten. Dabei kam es allerdings zu Verlusten an polaren Lipiden in der Größenordnung von 20%. MORIN et al. (2006) nutzten Molkenbuttermilch, weil diese praktisch caseinfrei ist. Da nach ihren Ergebnissen die höchste PL-Aufkonzentrierung bei Temperaturen $< 10^{\circ}\text{C}$ erfolgte, war die Filtrationsleistung mit ca. 25 l/hm^2 äußerst niedrig. Diese Arbeitsgruppe schaffte eine maximale PL-Konzentration von 3,2% i.T. nach der Mikrofiltration (SPENCE et al. 2009). Die neueste Arbeit dieser Arbeitsgruppe beschreibt die kombinierte Anwendung der Ultrafiltration (UF) und überkritischen CO_2 -Extraktion auf Molkenbuttermilch (COSTA et al., 2010). Molkenbuttermilch wurde bis zur Volumenreduktion von 1:10 bei 25°C ultrafiltriert, 5-mal diafiltriert und das getrocknete Präparat anschließend mit überkritischer CO_2 -Extraktion behandelt. Dadurch gelang es, die PL-Konzentration bis auf maximal 11,95 % zu erhöhen. Anzumerken ist, dass ein sehr fettreicher Molkenrahm mit 38,5 % Fett verbuttert wurde und die Molkenbuttermilch somit einen vergleichsweise hohen PL-Gehalt hatte.

Den Einfluss des pH-Wertes der Buttermilch auf die Filtrationsleistung bei der Ultrafiltration untersuchten RAMNACHANDRA RAO et al. (1995). Der Flux war in jedem Fall deckschichtkontrolliert. Der optimale pH-Wert lag bei pH 6,0.

Die neuesten Publikationen der Genter Arbeitsgruppe um ROMBAUT befassen sich mit der Gewinnung polarer Lipide aus saurer Buttermilchquark-Molke. Diese hat einen sehr hohen Gehalt an Phospholipiden (1,04 g/kg) und enthält praktisch kein Casein (ROMBAUT & DEWETTINK, 2007; ROMBAUT et al., 2007a). Eine Thermocalcium-Fällung der Lipide nach DAUFIN et al. (1990) führte bei 55°C, pH 7,7 und mit 0,205 g Calcium/l Molke zu optimalen Ergebnissen (ROMBAUT & DEWETTINK, 2007). Unter diesen Bedingungen gelang es, 91 % der polaren Lipide als kompakte, feste Pellets zu gewinnen. In einer weiteren Arbeit berichteten ROMBAUT et al. (2007a) über den Einfluss des pH-Wertes auf die Mikrofiltration von saurer Buttermilchquark-Molke. Durch Erhöhen des pH-Wertes von 4,6 auf 7,5 und der Temperatur auf 50°C stieg die Retention der polaren Lipide bei der Mikrofiltration von 64 auf 98 % und das Membranfouling war gleichzeitig minimiert. Nach einer dreistufigen Diafiltration (DF) wurde eine Konzentration an polaren Lipiden von 6,79 % i.T. erreicht.

Eine neue Möglichkeit der Proteinabtrennung von der MFKM wird in der enzymatischen Hydrolyse der Proteine vor der Membranfiltration gesehen. ROESCH & CORREDIG (2002) hydrolysierten MF-Buttermilch-Retentate mit Trypsin und Chymotrypsin und gewannen eine PL-reiche Fraktion nach abermaliger Mikrofiltration und Diafiltration. Die Peptide könnten dann mittels Ultrafiltration (10 kDa) und mit anschließender Diafiltration von den Phospholipiden abgetrennt werden, wobei die Lipidverluste noch geringer sein müssten als bei der Säure- oder Labfällung.

3. Erarbeiteter Forschungsansatz

3.1 Gewinnung der Phospholipide aus Molkenbuttermilch

Abbildung 1 zeigt das entwickelte neue Verfahrenschema der Gewinnung von Phospholipiden aus Molkenbuttermilch und -serum. Das Molkenprotein muss vor der Ultrafiltration entweder durch eine Hitzefällung abgetrennt oder enzymatisch hydrolysiert werden. Die Hitzefällung hat den Vorteil, dass das Präzipitat ähnlich wie ein Frischkäse schmeckt und somit diesem zugegeben werden kann.

Molkenbuttermilch ist ohne Vorbehandlung nicht ultrafiltrierbar. Während nicht-vorbehandelte Molkenbuttermilch den Filter schnell verblockte, reichte eine Zentrifugation (5.500 x g) bereits aus, um die als Meilenstein geforderte Leistung von mindestens 30 kg/hm² zu erreichen (**Abbildung 2**). Je vollständiger das Protein entfernt wurde, desto höher war der resultierende Flux. Die Ultrafiltration wurde mit einer 30 kDa Membran und bei 45°C und einer transmembranen Druckdifferenz (TMP) von 2,0 bar durchgeführt.

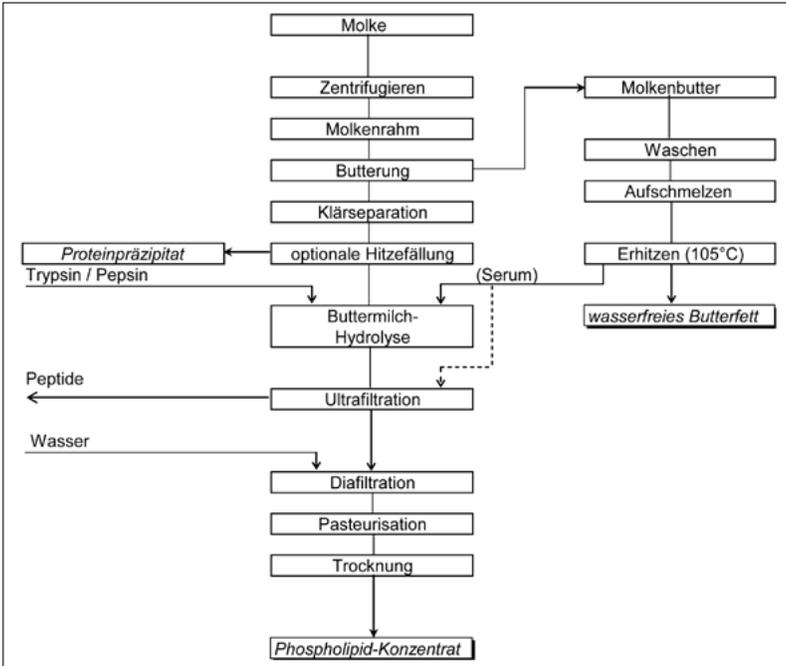


Abb. 1: Technologisches Verfahrensschema zur Gewinnung von Phospholipiden aus Molkenrahm und Butterserum.

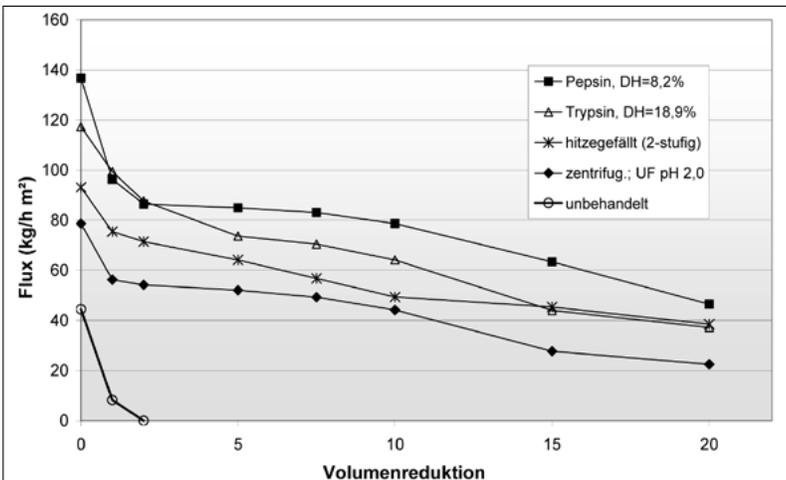


Abb. 2: Einfluss unterschiedlicher Vorbehandlungen auf die Filtrierbarkeit von Molkenbuttermilch (UF 30 kDa; 45°C; TMP=2,0 bar).

Die unterschiedlichen Vorbehandlungen haben natürlich auch einen Einfluss auf die PL-Konzentration im Endprodukt. Je besser die Molkenbuttermilch enteiweißt und entfettet wird, desto höher ist die resultierende PL-Konzentration, da sich das Verhältnis der makromolekularen Bestandteile untereinander bei der Ultrafiltration nicht mehr verändert, auch nicht während der Diafiltration. **Abbildung 3** zeigt exemplarisch die Auswirkungen einer peptischen Hydrolyse auf die PL-Konzentration. Ein Hydrolysegrad von nur 2% ist demnach unter Verwendung von Pepsin ausreichend, um die Peptide durch Membranfiltration zu entfernen.

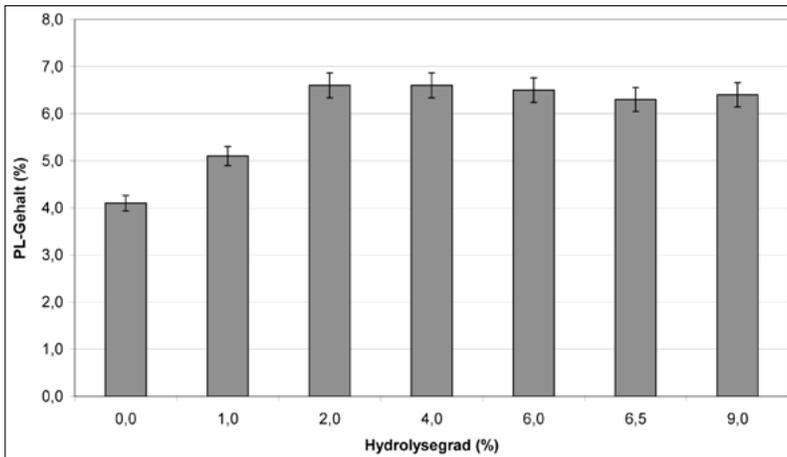


Abb. 3: Einfluss des peptischen Hydrolysegrades auf die PL-Konzentration nach UF/DF (Cut-off=50 kDa; 45°C; TMP=2,0 bar).

Eine günstigere Variante als eine enzymatische Proteinhydrolyse ist aus Sicht der vollständigen Verwertbarkeit der Inhaltsstoffe der Molkenbuttermilch alternativ mit der zweistufigen Hitzefällung des Molkenproteins gegeben. Dabei wird die Denaturierung von der Präzipitation zeitlich getrennt, indem unter sauren Bedingungen ($< \text{pH } 3,5$) auf 90°C erhitzt wird und die Aggregation erst nach Erhöhen des pH-Wertes auf $\text{pH } 4,7$ erfolgt. Das Molkenprotein aggregiert bei einer Hitzebehandlung unter sauren Bedingungen nicht, weil alle Proteine gleichmäßig positiv geladen sind und der Disulfidaustausch nicht stattfindet. Dieses Verfahren hat zwei entscheidende Vorteile: zum einen erfolgt eine fast vollständige Molkenproteinpräzipitation und zum anderen kann man die Partikelgröße des Präzipitates auf $5 \mu\text{m}$ einstellen, wodurch das Protein vollmundig schmeckt – wie ein mikropartikulierte Molkenprotein. Damit ist das Präzipitat hervorragend applizierbar. Durch eine Hitzefällung des Molkenproteins ließ sich die PL-Konzentration von etwa 4% auf 8-9% i.T. steigern.

Es ist auch möglich, die Hitzefällung mit einer nachgeschalteten enzymatischen Proteinhydrolyse zu kombinieren. Die erzielten Resultate sind in **Abbildung 4** zusammenfassend dargestellt.

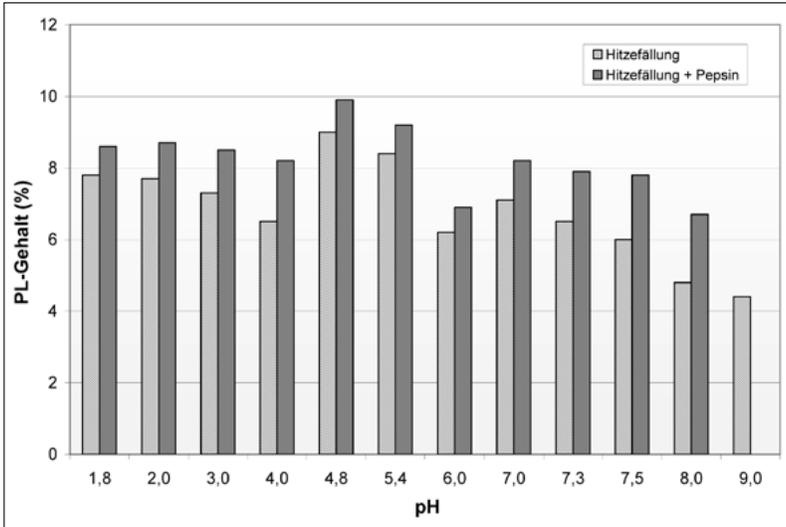


Abb. 4: Kombinierte Hitzefällung und Pepsinhydrolyse der Proteine der Molkenbuttermilch bei unterschiedlichen pH-Werten und Auswirkungen auf die PL-Konzentration (% i. T.).

Es konnte nachgewiesen werden, dass sich durch eine zusätzliche peptische Hydrolyse die PL-Konzentration um etwa 1 % weiter steigern lässt. In dem Fall werden die letzten Reste des Molkenproteins und wahrscheinlich die Proteine der MFKM hydrolysiert. Das auffällige Optimum bei pH 4,8 hat sich in vielen Versuchen immer wieder bestätigt und kann als signifikant eingestuft werden ($P < 0,05$). Nach einer Pepsinhydrolyse ist das Proteolysat vorteilhaft bei pH 2 filtrierbar. Eine PL-Schädigung konnte bei diesem pH-Wert erst nach Tagen detektiert werden.

Den größten Einfluss auf die Filtrationseigenschaften der Molkenbuttermilch haben der pH-Wert und die Temperatur. Ähnlich wie bei Labmolke, wird ein minimaler Flux bei pH 4,5 beobachtet (**Abbildung 5**). Je weiter man sich vom isoelektrischen Bereich der Molkenproteine entfernt, desto günstiger verläuft die Filtration. Bei der Membranfiltration nimmt die Filtrationsleistung mit steigender Temperatur zu, weil die Viskosität des Feeds sinkt (**Abbildung 6**). Die Höhe der maximal anwendbaren Temperatur wird durch den temperatursensibelsten Inhaltsstoff und das verwendete Membranmaterial limitiert. Im vorliegenden Fall darf eine Temperatur von 55°C nicht überschritten werden.

Welchen Einfluss hat aber die Filtrationstemperatur auf die erreichbare PL-Konzentration? Die Antwort auf diese Frage ist aus **Abbildung 7** ableitbar. Im Gegensatz zu der von MORIN et al. 2006 favorisierten Temperatur von 10°C bei der Mikrofiltration, steigt bei der Ultrafiltration die erreichbare PL-Konzentration bis auf eine UF-Temperatur von etwa 40°C an, um dann auf diesem Niveau bei weiterer Temperaturerhöhung zu verbleiben.

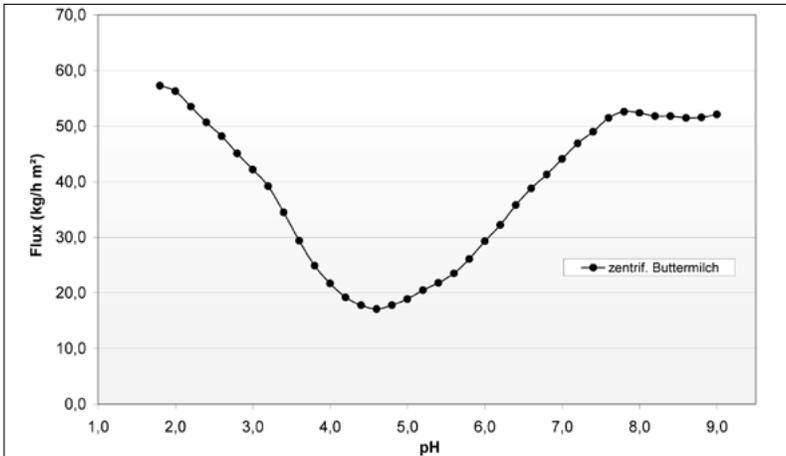


Abb. 5: Abhängigkeit des Fluxes vom pH-Wert der zentrifugierten Molkenbuttermilch (Cut-off = 30 kDa; TMP=2,0 bar; 45°C; VR 1).

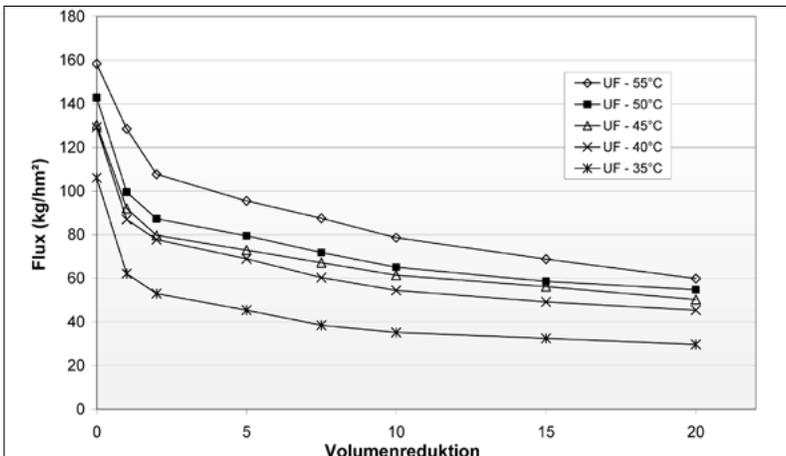


Abb. 6: Abhängigkeit des Fluxes bei der UF von thermisch behandelter Molkenbuttermilch von der Temperatur (Cut-off = 300 kDa; TMP=2,0 bar; pH 5,4).

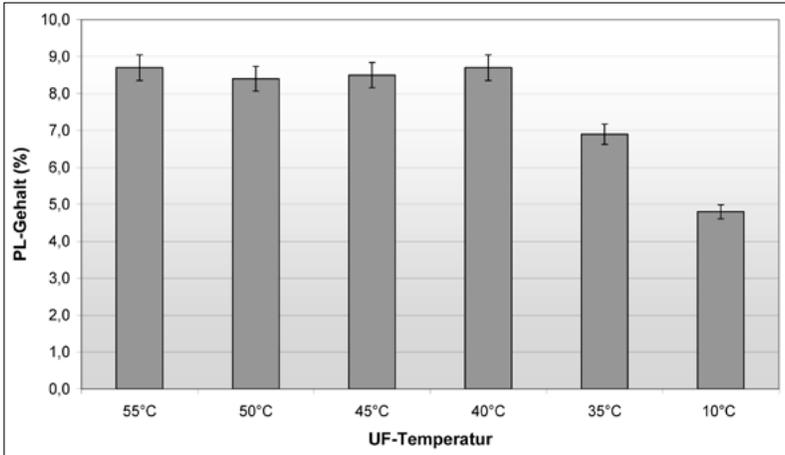


Abb. 7: Einfluss der Filtrationstemperatur von thermisch behandelter Molkenbuttermilch auf die PL-Konzentration nach UF/DF (Cut-off = 300 kDa; 45°C; TMP = 2,0 bar; pH 5,4).

Die molekulare Trenngrenze der UF-Membranen ist ein weiterer Parameter, der Auswirkungen sowohl auf die Filtrationsleistung als auch auf die Reinheit der resultierenden PL-Konzentrate hat. Mit steigendem Cut-off verringert sich der Membranwiderstand von ca. $3,35 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$ (30 kDa) auf $1,51 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$ (300 kDa) und somit steigert sich analog der Flux (Werte nicht dargestellt). **Abbildung 8** verdeutlicht, dass mit steigendem Cut-off die resultierende PL-Konzentration nach UF/DF auch steigt. Das liegt darin begründet, dass mit steigender Porengröße zunehmend auch größere Partikel die Membran passieren können und die Phospholipide, deren Partikelgröße mit $0,8 \mu\text{m}$ bestimmt wurde, von UF-Membranen praktisch vollständig zurückgehalten werden. Nach oben gibt es allerdings eine Grenze. Unter Verwendung einer MF-Membran mit einer Porengröße von $0,14 \mu\text{m}$ gingen schon 54% der Phospholipide im Verlauf die Membranfiltration verloren.

Zur weiteren Aufreinigung wird das Molkenbuttermilch-Retentat diafiltriert. **Abbildung 9** zeigt die bei diesem Verfahren mögliche Aufreinigung in Abhängigkeit von der Anzahl der DF-Schritte. Für eine maximal erzielbare Reinheit sind 4-5 DF-Schritte ausreichend. Bei weiteren DF-Schritten bleibt die Masse an Trockensubstanz im PL-Konzentrat konstant und die PL-Konzentration lässt sich so nicht weiter steigern.

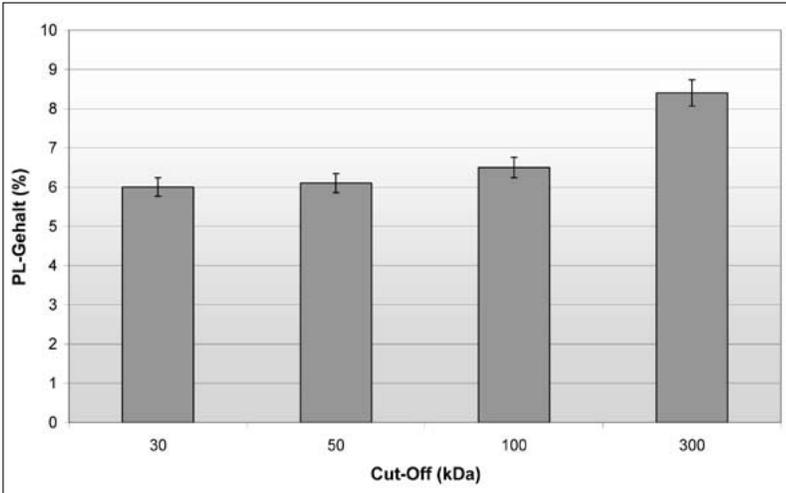


Abb. 8: Einfluss der molekularen Trenngrenze der UF-Membranen auf die PL-Konzentration (TMP = 2,0 bar; 56°C; pH 3,0).

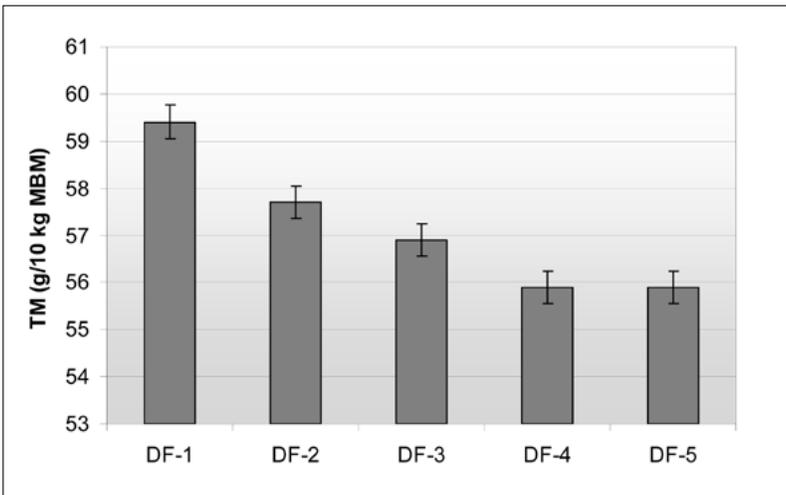


Abb. 9: Veränderung der Trockenmasse-Bestandteile des UF-Retentats durch Diafiltrationsschritte.

3.2 Gewinnung aus Butterserum

Beim Verbuttern verbleibt etwa die Hälfte der Phospholipide der MFKM in der Butter und geht nicht über in die Buttermilch. Deshalb ist die PL-Konzentration im Butterserum wesentlich höher als in der Buttermilch (**Tabelle 2**). Es gibt zwei unterschiedliche Arten von Butterseren, die sich in ihrem PL-Gehalt deutlich unterscheiden. Zum einen gibt es das klassische Butterserum, das durch Aufschmelzen der Butter gewonnen wird und das eine PL-Konzentration von ca. 1,8 g/l aufweist. Andererseits gibt es ein Butterserum, das bei der Herstellung von wasserfreiem Butterfett mittels Ölzentrifugen anfällt und das im Gegensatz zum herkömmlichen Serum die gesamten Phospholipide der MFKM enthält (ca. 6,5 g/l). Dieses Serum unterscheidet sich auch deutlich in der erhöhten Trockenmasse, was Auswirkungen auf die Filtrationseigenschaften hat (**Abbildungen 10 und 11**). Ohne ein Verblocken des Filters riskieren zu wollen, sollte man beim Ölzentrifugen-Serum nicht über eine Volumenreduktion von 1:7,5 hinaus filtrieren. Bis zu diesem Punkt kann man mit Flux-Werten $> 30 \text{ kg/hm}^2$ rechnen. Herkömmliches Butterserum lässt sich dagegen problemlos mit hohem Flux filtrieren (**Abbildung 10**).

Tab. 2: Vergleich der Inhaltsstoffe von herkömmlich gewonnenem Butterserum (klassisch) und Ölzentrifugen-Serum (modern)

Bestandteil	Butterserum, klassisch	Butterserum, modern
TM (%)	2,0	6,4
Ges.-N (mg/100g)	65	75
Protein (%)	0,4	0,48
Phosphor (mg/kg)	120	830
Phospholipid (g/kg)	1,8	6,5

Je höher der Ausgangsgehalt an Phospholipiden ist, desto höhere Endkonzentrationen können erzielt werden. Mit klassischem Butterserum gelang es, Konzentrate mit PL-Konzentrationen zwischen 25-30 % i.T. reproduzierbar herzustellen und damit die als Meilenstein geforderte Konzentration von 20 % deutlich zu übertreffen. Mit dem Ölzentrifugen-Serum hingegen konnten wesentlich höhere Reinheiten erzielt werden. Je nach Probenvorbereitung gelang es, Präparate mit PL-Konzentrationen von 50-60 % i.T. zu gewinnen. Von solch hohen Konzentrationen wurde weltweit noch niemals im Zusammenhang mit der Membranfiltration berichtet.

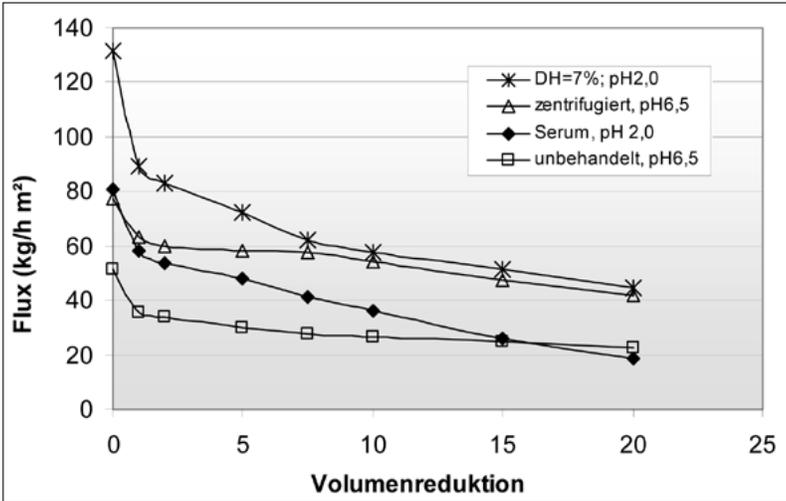


Abb. 10: Filtrationsleistung bei der UF von klassischem Butterserum in Abhängigkeit von verschiedenen Vorbehandlungen (UF 300 kDa; TP=1,5 bar; 45°C).

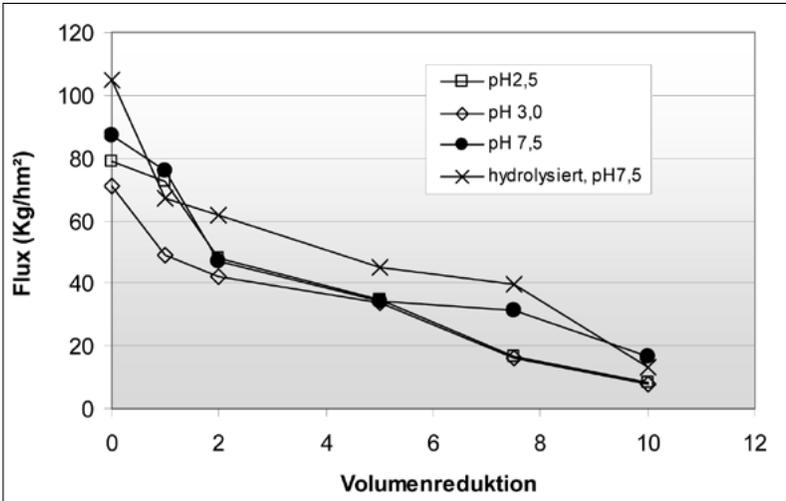


Abb. 11: Filtrationsleistung bei der UF von Butterserum (Ölzentrifuge) bei unterschiedlichen pH-Werten (UF 300 kDa; TP=1,5 bar; 45°C).

4. Diskussion und Ausblick

Phospholipide dürften in Zukunft eine wichtige Rolle in der Gestaltung neuartiger, gesundheitsfördernder Lebensmittel einnehmen. Ihnen werden verschiedene funktionelle und biologische Funktionen zugeschrieben. Im Rahmen des laufenden Forschungsprojektes AiF 316 ZBG wurde ein neues Verfahren zur Gewinnung von Phospholipiden aus Molkenbuttermilch und Butterserum, basierend auf der Ultrafiltration, entwickelt. Durch geeignete Vorbehandlungen (Abtrennung von Proteinen und Fett) gelang es, aus einer Molkenbuttermilch mit einem PL-Gehalt von nur 0,3 g/l Konzentrate mit einem PL-Gehalt von 10 - 12% und in Einzelfällen bis 16% herzustellen. Die höhere PL-Konzentration gelang im Technikumsversuch reproduzierbar nur mit Winterfett, da sich dieses aufgrund des hohen Gehaltes an gesättigten Fettsäuren besser mit den zur Verfügung stehenden Zentrifugen abtrennen lässt. Das kommt deutlich zum Ausdruck in den Fettgehalten der getrockneten Konzentrate. Diese lagen im Winter durchschnittlich bei 35-45% und im Sommer bei 50-60%. Die Entfettung sollte mit Industriezentrifugen kein Problem sein, da die Entrahmungsschärfe wesentlich besser ist. Ein weiteres Problem, dass sich bei der Verfahrensentwicklung zeigte, war der sehr geringe PL-Gehalt der Molkenbuttermilch. Dieser resultiert aus der Verbutterung von Molkenrahm mit 20-22% Fett. Produzenten von Molkenbutter verbuttern Molkenrahm mit Fettgehalten von 30-40% und haben somit die doppelte PL-Konzentration in der Molkenbuttermilch, was auch zu entsprechend höheren PL-Gehalten in den resultierenden PL-Konzentraten führt. Stünde ein 40%iger Molkenrahm zur Verfügung, sollte auch die doppelte PL-Konzentration nach der Isolierung realisierbar sein. Eine angestrebte PL-Konzentration von 20% i.T. erscheint dann realistisch.

International erreichten ROMBAUT et al. (2007) bisher einen PL-Höchstwert von 6,8% i.T. bei der Isolierung von PL aus Buttermilch-Quarkmolke unter Anwendung der Membranfiltration. Dieser Wert wurde selbst mit der uns zur Verfügung stehenden PL-armen Molkenbuttermilch weit übertroffen. Da die erzielbare PL-Konzentration des Endproduktes primär von der Ausgangskonzentration der PL abhängt, ist Butterserum ein viel geeigneteres Ausgangssubstrat als Molkenbuttermilch. Mit Butterseren, die durch Aufschmelzen der Butter gewonnen wurden, lassen sich PL-Konzentrationen von 25-30% i.T. erzielen. Verwendet man dagegen ein Serum, das bei der Herstellung von wasserfreiem Milchlactat unter Anwendung einer Ölzentrifuge anfällt, sind die gesamten Phospholipide der MFKM in diesem Rohstoff vorhanden und PL-Konzentrationen von 50-60% i.T. können erreicht werden. Der Anteil an Sphingomyelin an den Gesamt-Phospholipiden, der für die klinischen Versuche in den Forschungsstellen 2 und 3 so wichtig ist, unterscheidet sich je nach Ausgangssubstrat. Unter Verwendung von Molkenbuttermilch liegt dieser bei einem Anteil von 18% und im Fall von Butterserum bei 25%. Diese Werte decken sich mit Literaturangaben.

Die potentielle wirtschaftliche Bedeutung des Vorhabens wird nicht zuletzt auch durch die Größe des Projektbegleitenden Ausschusses widerspiegelt, der von

Vertretern aus 21 Betrieben gestellt wird. Das Labmolkeaufkommen in Deutschland beträgt 7,98 Mio. t mit einem Restfettgehalt von etwa 0,3 %. Daraus lassen sich ca. 700 kt Molkenrahm herstellen mit einem PL-Gehalt von theoretisch 560 t. Da viele Käseereien kleine und mittlere Unternehmen sind, ist dieses neue Verfahren gerade für sie von Interesse, da sie den Molkenrahm ganzheitlich verwerten können und neben PL-Konzentraten noch wasserfreies Butterfett und ein Molkenprotein-Präzipitat mit einer fettähnlichen Textur gewinnen können.

5. Danksagung

Das Vorhaben AiF 316 ZBG des Forschungskreises der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

6. Literatur

- [1] Buchheim, W., Sachdeva, S. (1997): Recovery of phospholipids from butter-milk using membrane processing. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte* **49**: 47-68.
- [2] Costa, M.R., Elias-Argote, X.E., Jiménez, R., Gigante, M.G. (2010): Use of ultra-filtration and supercritical fluid extraction to obtain a whey buttermilk powder enriched in milk fat globule membrane phospholipids. *International Dairy Journal* **20**: 598-602.
- [3] Dewittinck, K., Rombaut, R., Thienpont, N., Le, T.T., Messens, K., Van Camp, J. (2008): Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. *International Dairy Journal* **18**: 436-457.
- [4] Elling, J.L., Duncan, S.E., Keenan, T.W., Eigel, W.N., Bolingh, J. (1996): Composition and microscopy of reformulated creams from reduced-cholesterol butteroil. *Journal of Food Science* **61**: 48-53.
- [5] Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (1998): *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Blackie Academic & Professional, London.
- [6] Jinjara, S., Olabi, A., Jiménez-Flores, R., Walker, J.H. (2006): Sensory, functional, and analytical comparisons of whey butter with other butters. *Journal of Dairy Science* **89**: 2428-2440.
- [7] Mather, I.H. (2000): A review and proposed nomenclature for major proteins of the milk-fat globule membrane. *Journal of Dairy Science* **83**: 203-247.

- [8] Morin, P., Pouliot, Y., Jiménez-Flores, R. (2006): A comparative study of the fractionation of regular buttermilk and whey buttermilk by microfiltration. *Journal of Food Engineering* **77**: 521-528.
- [9] Morin, P., Britten, M., Jiménez-Flores, R., Pouliot, Y. (2007): Microfiltration of buttermilk and washed cream buttermilk for concentration of milk fat globule membrane components. *Journal of Dairy Science* **90**: 2132-2140.
- [10] Ramachandra Rao, H.G., Lewis, M.J., Grandison, A.S. (1995): Effect of pH on flux during ultrafiltration of sweet whey and buttermilk. *Journal of Dairy Research* **62**: 441-449.
- [11] Rombaut, R., Camp, J.V., Dewettinck, K. (2005): Analysis of phosphor- and sphingolipids in dairy products by a new HPLC method. *Journal of Dairy Science* **88**: 482-488.
- [12] Rombaut, R., Dejonkheere, V., Dewettinck, K. (2006): Microfiltration of butter serum upon casein micelle destabilization. *Journal of Dairy Science* **89**: 1915-1925.
- [13] Rombaut, R., Dejonkheere, V., Dewettinck, K. (2007): Filtration of milk fat globule membrane fragments from acid buttermilk cheese whey. *Journal of Dairy Science* **90**: 1662-1673.
- [14] Rombaut, R., Dewettinck, K. (2007): Thermocalcic aggregation of fat globule membrane fragments from acid buttermilk cheese whey. *Journal of Dairy Science* **90**: 2665-2674.
- [15] Roesch, R.R., Corredig, M. (2002): Production of buttermilk hydrolyzates and their characterization. *Milchwissenschaft* **57**: 376-380.
- [16] Singh, H. (2006): The milk fat globule membrane – a biophysical system for food applications. *Current Opinion in Colloidal & Interface Science* **11**: 154-163.
- [17] Spence, A.J., Jiménez, R., Qian, M., Goddik, L. (2009): Phospholipid enrichment in sweet and whey cream buttermilk powders using supercritical fluid extraction. *Journal of Dairy Science* **92**: 2373-2381.
- [18] Spitsberg, V.L. (2005): Bovine milk fat globule membrane as a potential nutraceutical. *Journal of Dairy Science* **88**: 2289-2294.



Prof. Dr. Antonio Delgado

Universität Erlangen-Nürnberg
Department Chemie- und Bioingenieurwesen
Lehrstuhl für Strömungsmechanik (LSTM)



Neuartige optische Messverfahren und fuzzybasierte Prozessregelung zur Teigwarentrocknung*

Forschung am LSTM

Ein Leitgedanke der Forschung am Lehrstuhl für Strömungsmechanik beschreibt die Anwendung moderner Tools im Zusammenspiel der Bereiche Strömungsmechanik und Prozessautomation. Dabei werden zum Beispiel kognitive Verfahren, chemometrische Methoden oder hybride Tools in der Prozessautomatisierung und -regelung entwickelt und genutzt sowie strömungsmechanische Phänomene mittels mathematisch-analytischer Modelle und Höchstleistungssimulation beschrieben, um innovative Messverfahren zu etablieren.

1. Einleitung

Die Automatisierung von Prozessen in der Lebensmitteltechnologie erschwert sich in vielen Fällen erheblich aufgrund des Fehlens geeigneter Methoden der Informationsgewinnung aus dem Prozess. Dies verhindert in der Konsequenz die Entwicklung darauf aufbauender geeigneter Prozessführungsstrategien. Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dieser Problematik und beschreibt die Entwicklung eines Regelungssystems zur Optimierung des Trocknungsprozesses von Teigwaren.

* Autoren: A. Delgado¹, F. Groß¹, R. Benning¹, U. Bindrich², V. Heinz²

¹ Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Strömungsmechanik (LSTM)

² Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL), Quakenbrück

Allein in Deutschland umfasst der Markt für Teigwaren ca. 500.000 Tonnen vertriebene Ware und einen Gesamtumsatz von ca. 600 Millionen Euro pro Jahr. In Deutschland beschäftigen sich rund 50, vor allem kleine und mittelständische Unternehmen mit der Produktion von Teigwaren. Innerhalb der Teigwarenproduktionskette bindet der Trocknungsprozess ein hohes Investitionskapital und erfordert einen hohen Energieeinsatz.

In der dargestellten Anwendung zur Optimierung ebendieses Trocknungsprozesses basiert das System auf einem optischen Verfahren, das die Online-Erfassung relevanter Messdaten erlaubt. Im Rahmen vorangegangener und abgeschlossener Arbeiten war es bereits gelungen, die Oberflächenfeuchte von Gelatine mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) zu detektieren und durch Einsatz einer Fuzzy-Steuerung den verfahrenstechnisch bedingten Ausschuss während des Trocknungsprozesses zu reduzieren. Die erworbenen Erkenntnisse wurden im nun betrachteten Teigwarentrocknungsprozess in der spektroskopischen Verfolgung des Trocknungsverlaufs genutzt. Das optische Online-Messsystem basiert auf diffuser NIR-Spektroskopie, wobei die zu untersuchende Teigware beleuchtet wird und ein Teil der NIR-Strahlung mit dem Teig in Wechselwirkung tritt. Abhängig von dem Abstand zwischen Projektions- und Detektionsfläche kann die Strahlung unterschiedlich tief in den Prüfling eindringen und wird so entsprechend der verschiedenen Wechselwirkungswege unterschiedlich reflektiert bzw. absorbiert. Die so erhaltenen Feuchteinformationen aus dem Inneren der Teigware wurden hierbei durch eine Online-Farb- und -Temperaturbestimmung ergänzt. Die ermittelten Datensätze gehen in ein auf Fuzzy-Logik beruhendes System ein, das aus der nun messtechnisch möglichen Charakterisierung des Produktzustands solche Maßnahmen ableitet, die eine direkte Regelung des Trocknungsprozesses durch situative Anpassung der Trocknungsparameter (Geschwindigkeit, Temperatur und Feuchte der Trocknungsluft) erlaubt. Die derzeit in einer Laboranlage laufenden Untersuchungen sollen auf eine größere Technikumsanlage übertragen werden, um die Praxistauglichkeit der entwickelten Lösung nachzuweisen. Mit dem dargestellten Ansatz lässt sich zukünftig nicht nur die Effizienz des Prozesses steigern, sondern gleichzeitig die Produktqualität erhöhen.

2. Entwicklung des optischen Messsystems

Die Messung der Feuchte unter einer Oberfläche mittels optischer Spektroskopie im nahen Infrarot-Bereich (NIR-Spektroskopie) findet bereits Anwendung beispielsweise im Bereich der Medizin und der Kosmetik. In der Lebensmitteltechnologie ist keine entsprechende Anwendung bekannt, obwohl auch hier die Feuchte eine bedeutende Größe darstellt. Zudem wird zunehmend Wert auf den Einsatz nicht-invasiver – und damit hygienegerechter – Verfahren gelegt, die eine online-fähige Detektion der Messgröße zulassen.

NIR-Messungen

Aufgrund der vorherrschenden Bedingungen während der zu untersuchenden Trocknung wurde ein Spektrometer (PSS1720-GS1, Polytec GmbH) ausgewählt, das Messungen im nahen infraroten Bereich zwischen 1.100 und 2.100 nm zulässt und das eine flexible Umsetzung unterschiedlicher geometrischer Parameter, wie Beleuchtungswinkel und Messabstand zwischen Optik und Teig, ermöglicht.

Die im beschriebenen Projekt angewandte spektroskopische Messung im nahen Infrarot-Bereich beruht auf dem Prinzip der diffusen Reflexion. Dabei resultiert die Beleuchtung der zu untersuchenden Teigplatte in einer Wechselwirkung eines Teils der NIR-Strahlung mit der Materie des Prüflings. Da die Detektion nicht im Zentrum der Projektionsfläche erfolgt, kann die Strahlung abhängig von dem Abstand zwischen Projektions- und Detektionsfläche unterschiedlich tief in die Teigplatte eindringen. Sie wird so entsprechend der verschiedenen Wechselwirkungswege auch unterschiedlich reflektiert bzw. absorbiert. Mittels eines Polychromators wird die Absorption als Funktion der Wellenlänge aufgezeichnet. Dabei weist die für die Obertonschwingung der Wasserverbindung spezifische Absorptionsbande um 1.400 nm signifikante und charakteristische Korrelationen mit dem Wassergehalt der untersuchten Teigware auf.

Das Messprinzip der diffusen Reflexion bietet den Vorteil, eine Vielzahl von Adaption- und Optimierungsmöglichkeiten bezüglich der konkreten Anwendung aufzuweisen. Dies betrifft den eingestellten Winkel α zwischen externer Lichtquelle und Detektorkopf, die Positionierung des projizierten Lichtflecks und des Messflecks des Detektors zueinander (Abstand Δx) und die Größe des Messflecks selbst (Durchmesser 0,5 bis 1,5 cm) (siehe **Abbildung 1**).

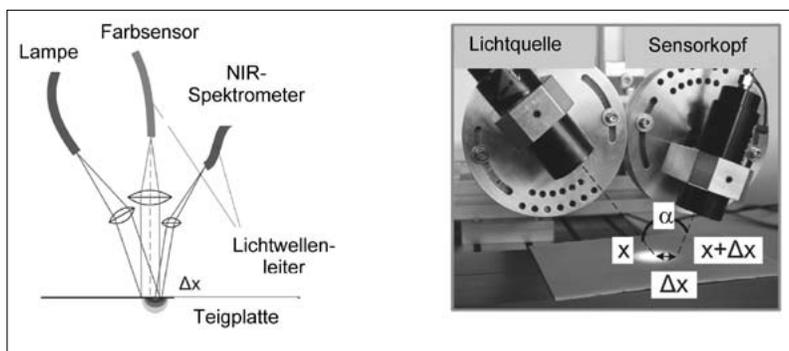


Abb. 1: Darstellung des Prinzips der diffusen Reflexionsmessung (links) und messtechnischer Aufbau (rechts).

Werden NIR-Spektren während des Trocknungsprozesses einer Teigplatte aufgezeichnet, zeigen sich deutliche Korrelationen der für Wasser charakteristischen Schwingungen und somit des Wassergehalts mit der detektierten Absorption. Die graphische Darstellung weist eine Abhängigkeit zwischen Absorption und Feuchtegehalt der untersuchten Teigware auf. So nimmt die Absorption mit abnehmendem Wassergehalt des Nudelteiges insgesamt über den gesamten betrachteten Wellenlängenbereich ab. Außerdem wird deutlich, dass insbesondere in den Wellenlängenbereichen um 1.450 nm und 1.900 nm eine wasser-gehaltsabhängige Absorption vorliegt. In diesen Bereichen sind die Obertonschwingungen der für Wasser charakteristischen Oszillationen lokalisiert (siehe **Abbildung 2**).

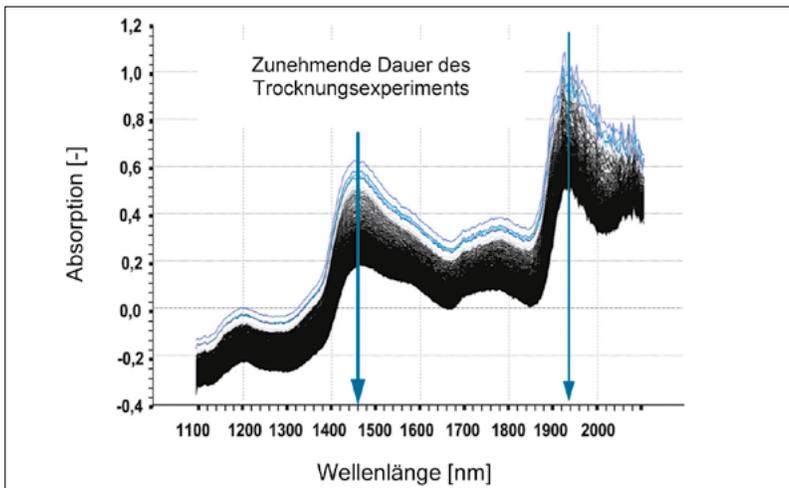


Abb. 2: Während des Trocknungsverlaufs aufgezeichnete NIR-Spektren.

Der Einfluss der Trocknungstemperatur kann durch den Spektrenverlauf von Trocknungsversuchen bei unterschiedlicher Wärmezufuhr veranschaulicht werden. So können höhere Trocknungstemperaturen zu insgesamt höheren Absorptionsbanden führen. Dieser Effekt wird in **Abbildung 3** anhand einer Temperatur von 150°C und in **Abbildung 4** bei 180°C dargestellt.

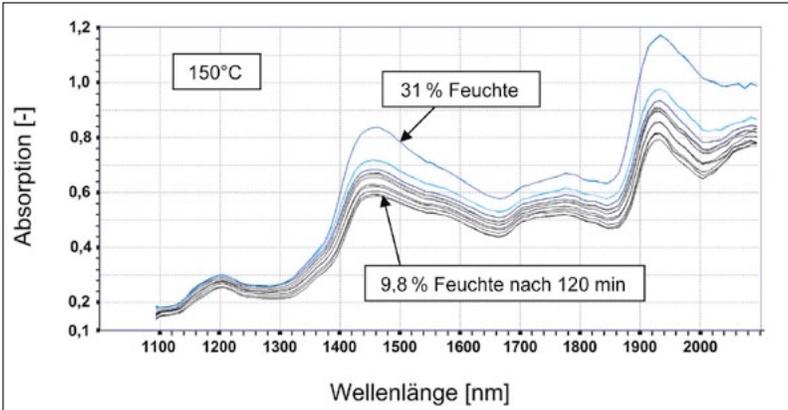


Abb. 3: Während des Trocknungsverlaufs aufgezeichnete NIR-Spektren bei einer eingestellten Temperatur von 150°C.

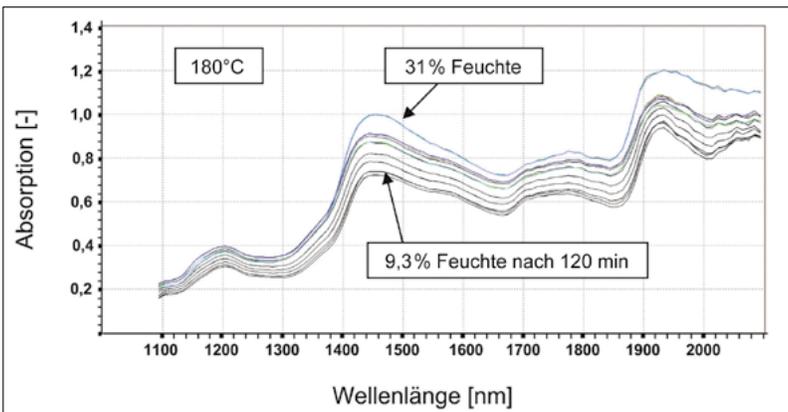


Abb. 4: Während des Trocknungsverlaufs aufgezeichnete NIR-Spektren bei einer eingestellten Temperatur von 180°C.

3. MRT-Referenzierung

Zusätzlich zu einer gravimetrischen Referenzierung der NIR-Daten zur Bestimmung des Feuchtegehalts der Teigplatten sollen zur quantitativen Analyse MRT-Messungen eingesetzt werden, um nicht nur einen absoluten Feuchtegehalt, sondern auch die Feuchteverteilung der Online-Analyse zugänglich zu machen. Dies ist besonders wichtig, da im Trocknungsprozess bei Teigwaren gerade auftretende Gradienten als kritisch zu beurteilen sind, da sie zu Riss- und Bruchbildung bzw. zu verminderter Qualität führen können.

Grundlagen der Magnetresonanztomographie (MRT)

Die Magnetresonanztomographie stellt ein nicht-invasives Bildgebungsverfahren dar, das in der Regel eingesetzt wird, um Wasserverteilungen zu messen. In einem starken, mit einem hochfrequenten Wechselfeld (Radiofrequenz) kombinierten Magnetfeld zeigen beispielsweise Protonen magnetische Resonanz. Das magnetische Moment der Kerne verursacht die Ausrichtung der Protonen in einem starken Magnetfeld. Die Kerne präzidieren, wenn sie aus ihrem Gleichgewicht ausgelenkt werden und induzieren dadurch eine Spannung in der Messspule, die detektiert werden kann. Die Relaxationszeit, d.h. die Wiederausrichtung der Kerne, stellt eine charakteristische Größe des detektierten Elements und dessen Bindung dar (siehe Richardson et al. 2005). Die resultierende, durch die Protonen induzierte und in der Messspule erfasste Signalintensität korreliert mit der Helligkeit bzw. Lichtintensität der MRT-Bilder.

Im Department für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie, Lehrstuhl für Pharmakologie und Toxikologie in Erlangen, wurden MRT-Messungen in einem 4.7 T Tomographen „Biospec“ (Bruker BioSpin GmbH, siehe **Abbildung 5** [links]) durchgeführt.

Die Analyse von Teigplatten erfordert hierbei den Einsatz einer speziell für diese Anwendung geeigneten Spule. Dazu ist die Entwicklung und Realisierung einer speziellen Messmethode notwendig. So müssen die Einstellungen der Parameter an die Form der nur etwa 1 mm dünnen Prüflinge angepasst werden, um eine nutzbare Auflösung zu erreichen. Für die zeitgleiche Messung von NIR-Spektren und MRT-Daten wurde ein Aufbau zur spektroskopischen Messung direkt im Tomographen entwickelt (siehe **Abbildung 5**, rechts).

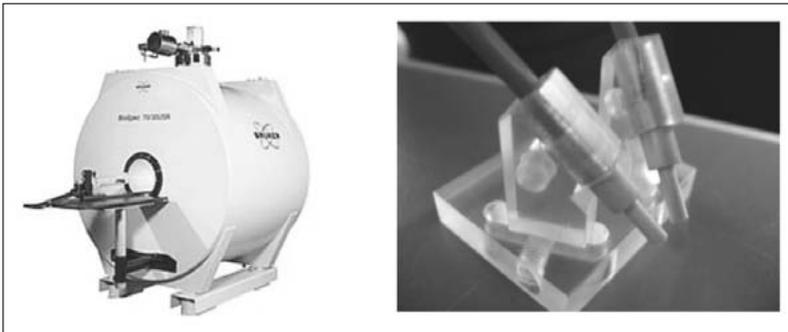


Abb. 5: Bruker BioSpec (links), Aufbau zur NIR-Messung direkt im Tomographen (rechts).

MRT-Messungen von Teigplatten weisen in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt der untersuchten Teigware klare Unterschiede in der Bildhelligkeit bzw. -farbe auf. Mittels magnetresonanztomographischer Bildgebung werden folglich In-

formationen über die Verteilung des Wassers innerhalb des Querschnitts eines Teiglings zugänglich.

So zeigen die magnetresonanztomographischen Aufnahmen die von außen einsetzende Abnahme des Wassergehalts innerhalb der analysierten Nudelplatten während der Trocknung (siehe **Abbildung 6**).

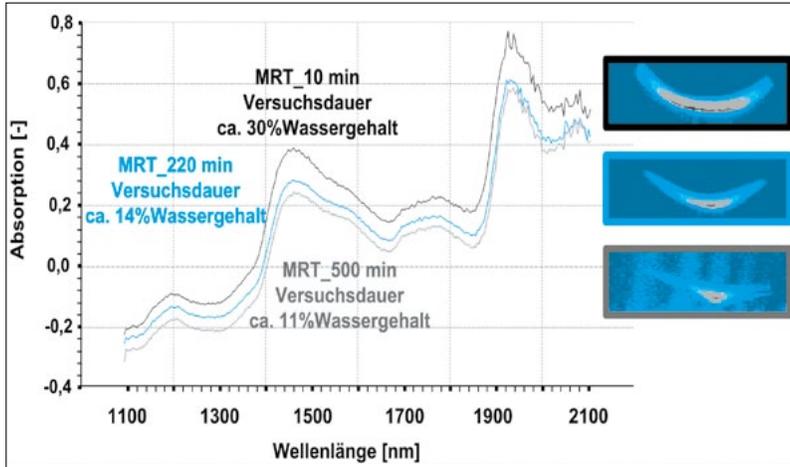


Abb. 6: Während eines Trocknungsversuchs aufgezeichnete NIR-Spektren sowie die zeitgleich erfassten MRT-Bilder bei 10-minütiger Versuchsdauer (schwarz), 220-minütiger Versuchsdauer (blau) und 500-minütiger Versuchsdauer (grau).

4. Optische Erfassung der Oberflächentemperatur und Produktfarbe

Sowohl für die Produktqualität als auch hinsichtlich der Kundenakzeptanz sind nicht nur Informationen über den Feuchtegehalt, sondern auch über Farbe und Oberflächentemperatur von Pastaprodukten von hoher Bedeutung. Auftretende thermische Spannungen erhöhen beispielsweise das Risiko einer Rissbildung und damit von Produktverlusten. Unter verschärften Trocknungsbedingungen bei hohen Temperaturen können zudem unerwünschte Maillardreaktionen qualitative bzw. farbliche Änderungen der Teigware verursachen, die von Verbrauchern nicht akzeptiert werden (siehe Acquistucci, 2000). Deren konkrete Vorstellungen bzw. Vorlieben münden in der Regel hinsichtlich der Farbe z.B. in einer Bevorzugung einer intensiven Gelbfärbung oder eines rötlichen Tones. Als Folge dieser Erwägungen ergänzen im entwickelten Aufbau (Labormaßstab) Aufzeichnungen der Produktfarbe und Oberflächentemperatur die spektroskopischen NIR-Messungen (siehe **Abbildung 7**, rechts). Dabei wird die Oberflä-

chentemperatur pyrometrisch im Infrarot-Bereich erfasst. Die hier durchgeführte Farbmessung der Teigplatten erfolgt mittels eines Colorimeters. Dazu wurde zunächst eine geeignete Anordnung des optischen Systems entwickelt, in der die Linsen in einem variablen Winkel zueinander positioniert werden können. Zwei Lichtquellen werden für die Farbmessung so arretiert, dass sich die von ihnen gebündelten Lichtflecken überlagern und mit dem bereits beschriebenen Detektorfleck übereinstimmen (siehe **Abbildung 7**, links).

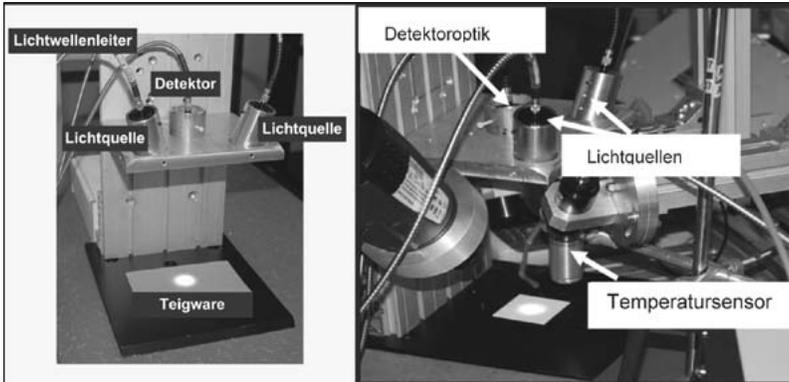


Abb. 7: Farbmessungen mittels Colorimeter (Farbsensor) (links), Colorimeter im kombinierten Aufbau mit Temperatur und NIR-Messungen (rechts).

5. Fuzzybasiertes Produkt-Prozess-Modell

Neben der bisher beschriebenen online-fähigen Bestimmung der Größen Feuchte, Oberflächentemperatur und Farbe werden Offline-Methoden zur Erschließung charakteristischer Parameter angepasst und etabliert. Diese Untersuchungen umfassen sowohl die Analyse der Rohstoffe (z.B. Glutengehalt und Partikelgrößenverteilung) als auch des Teigs (z.B. Wasseraktivität und -immobilisierung, Struktur) und der getrockneten Teigwaren (z.B. Glasübergangstemperatur und Bruchfestigkeit). Die Berücksichtigung aller Größen ergibt einen umfassenden Datenpool, der die Charakterisierung sowohl des Produktes als auch des Prozesses erlaubt.

Diese Datenbasis wird in einer klassifizierenden Fuzzy-Logik berücksichtigt, so dass sich basierend auf der Beschreibung des Produktzustands geeignete Trocknungsparameter (Temperatur und relative Feuchte im Trockner) ergeben, die eine Prozessführung auf definierte Endproduktcharakteristika hin erlauben. Diese situative, d.h. an den aktuellen Produktzustand angepasste, Prozessführung ermöglicht eine individuelle Optimierung und einen verbesserten Einsatz von Energie.

Zunächst werden alle Eingangsdaten entsprechend der sprachlichen Kategorien „gut“, „mittel“ und „schlecht“ klassifiziert und in einer Datenbankstruktur gesammelt und geordnet. Als Ausgangsparameter werden die Temperatur und Feuchtigkeit der Trocknungsluft definiert.

Entsprechend dem Prinzip der „unscharf“ klassifizierenden Fuzzy-Logik lassen sich zur Verknüpfung der Eingangsparameter mit den Ausgangsparametern prozessrelevante Regeln formulieren, die durch konventionelle Mathematik kaum oder nur mit nicht zu vertretendem Aufwand beschreibbar sind. Eingangsgrößen (wie z.B. die online aufgezeichnete Farbigkeit der Teigwaren) werden untereinander durch Operatoren – wie „und“, „oder“, „nicht“ – verbunden.

Die einzelnen Aspekte werden dann linguistisch zu vergleichsweise einfach zu erfassenden „wenn ... dann“-Regeln verbunden, die die beabsichtigte situative Anpassung der Trocknungs-Parameter (Lufttemperatur, Luftfeuchte) realisieren. Dabei lässt sich die grundlegende Struktur der Fuzzy-Regelung entsprechend der **Abbildung 8** und **Abbildung 9** darstellen.

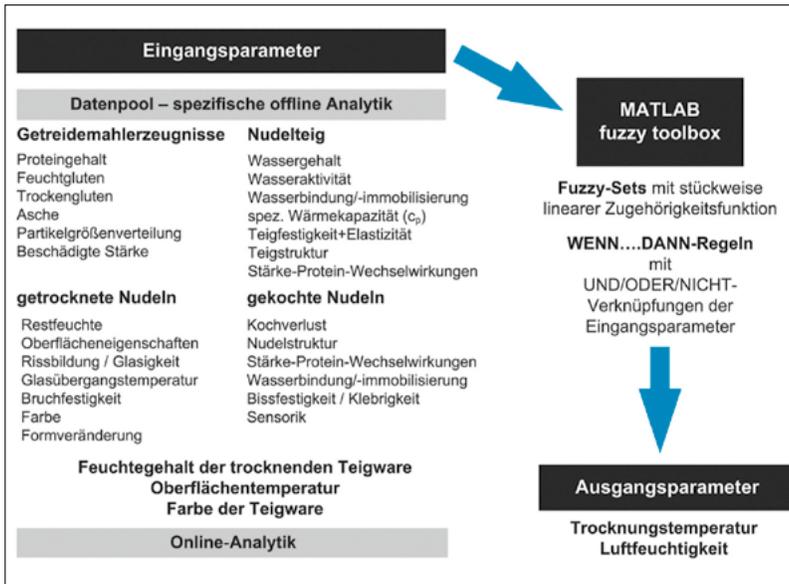


Abb. 8: Darstellung der möglichen Eingangs- und der angesetzten Ausgangsparameter des Fuzzy-Regelungssystems sowie deren Verknüpfung in der MATLAB-Software (fuzzy toolbox).

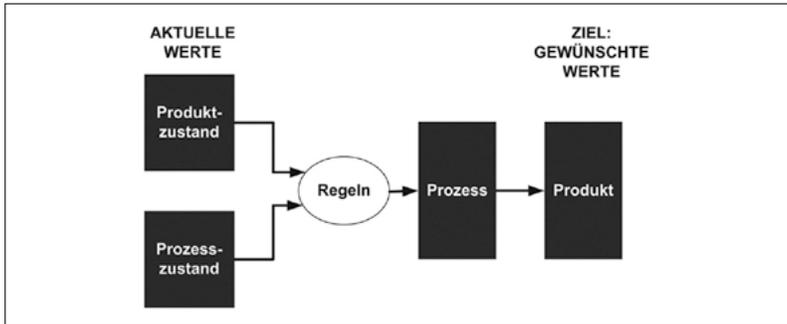


Abb. 9: Darstellung des Prinzips eines fuzzybasierten Produkt-Prozess-Modells.

Die resultierende Regelung berücksichtigt nicht nur die variierenden Eigenschaften der Rohstoffe oder des Nudelteigs, sondern auch den Verlauf der Trocknung und die gewünschte Produkteigenschaften.

Die Steuerung der Trocknung wird zunächst auf einer PC-Plattform realisiert. Die Datensätze werden über das Programm MATLAB online erfasst und verarbeitet.

6. Schlussfolgerung und Ausblick

Der optische, online-fähige Messaufbau, der neben der Aufzeichnung von Farb- und Temperaturwerten die Erfassung von NIR-spektroskopischen Daten ermöglicht und so Informationen über die Feuchte innerhalb des Produkts (Feuchteprofil) zugänglich macht, wird in einen Klimaprüfschrank eingebracht und das System an die so realisierbaren definierten Rahmenbedingungen für Umgebungstemperatur und -feuchte adaptiert und entsprechend kalibriert. Darauf aufbauend ist die Implementierung in Pilotanlagen in der Industrie für erste Probeläufe und zur Überprüfung der industriellen Anwendbarkeit geplant und vorgesehen.

In einem industriellen Trockner sollen die charakteristischen Trocknungsparameter um die Bewegung der analysierten Teigwaren, wie sie auf den industriellen Bandtrocknern realisiert wird, ergänzt und erweitert werden. Des Weiteren werden verschiedene Nudelgeometrien (Formate), wie z.B. Rigatoni oder Farfalle, untersucht, um durch die Konkretisierung der Grenzen der entwickelten und untersuchten Messtechnik den Rahmen der industriellen Anwendbarkeit der Messtechnik zu definieren.

Darüber hinaus besteht eine mögliche Weiterentwicklung des messtechnischen Systems in der Betrachtung der Feuchte über einen Messfleck von wenigen mm hinaus bis hin zu einer flächendeckenden Erfassung einer durchschnittlichen Chargenfeuchte, um Informationen über die gesamte prozessierte Teigwaren-

menge zu generieren. Denkbar wäre hier eine Messtechnik ähnlich der in der geologischen Landschaftsvermessung mittels Lichtscanning.

7. Danksagung

Das Vorhaben AiF 284 ZN des Forschungskreises der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Autoren möchten sich bei dem Department für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie, Lehrstuhl für Pharmakologie und Toxikologie für die Erlaubnis danken, deren Laborausstattung nutzen zu dürfen, um die magnetresonanztomographische Bildgebung realisieren zu können; ein besonderer Dank an Dr. Andreas Hess and Dr. Lubos Budinsky für deren intensive und umfassende Unterstützung bei der Implementierung und Durchführung der Messungen.

8. Literatur

- [1] Okada, E., Firbank, M., Delpy, D. T., 1995: "The effect of overlying tissue on the spatial sensitivity profile of near-infrared spectroscopy", *Phys. Med. Biol.*, 40, pp. 2093–2108.
- [2] Acquistucci, R., 2000: "Influence of maillard reaction on protein modification and color development in pasta. Comparison of different drying conditions", *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 33(1), pp. 48-52.
- [3] Richardson, J. C., Bowtell, W., Mäder, K., Melia, C. D., 2005: "Pharmaceutical applications of magnetic resonance imaging (MRI)", *Advanced Drug Delivery Reviews*, 57, pp. 1191–1209.



Prof. Dr. Thomas Becker

Technische Universität München
 Wissenschaftszentrum Weihenstephan
 Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie



Ultraschallsensorik in der Prozessanalytik von getreidebasierten Lebensmitteln

1. Einleitung

Die Prozessanalytik von getreidebasierten Lebensmitteln umfasst verschiedene Bereiche. Beispiele für getreidebasierte Lebensmittel sind Bier und Brot, die während der Produktion eine Vielzahl von Prozessschritten durchlaufen. Eine Überwachungsmöglichkeit dieser Prozessschritte bietet die Ultraschallsensorik, die gleichzeitig schnell, kostengünstig, genau und nicht-invasiv ist ([1]; **Abbildung 1**).

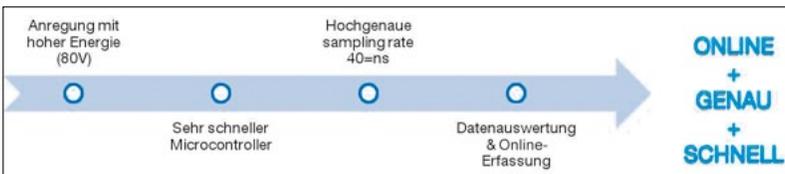


Abb. 1: Vorteile der Ultraschallsensorik.

Ultraschall ist eine Druckwelle mit Frequenzen oberhalb der menschlichen Hörschwelle (20 kHz bis 1 GHz) und kann in verschiedenen Wellentypen auftreten. Für die Prozessanalytik spielen vor allem Longitudinalwellen (treten in Fluiden und Festkörpern auf) und Transversalwellen (treten lediglich in Festkörpern auf) eine Rolle. Oberflächenwellen können meist ignoriert werden. Bei der Messung in Fluiden werden in der Regel nur Longitudinalwellen berücksichtigt. Ultraschall

tritt in Wechselwirkung mit dem Medium, durch das er läuft. Dabei kann es zur Reflexion an Grenzflächen, zur Abschwächung, Dispersion oder Verzerrung des Signals kommen ([2]; **Abbildung 2**).

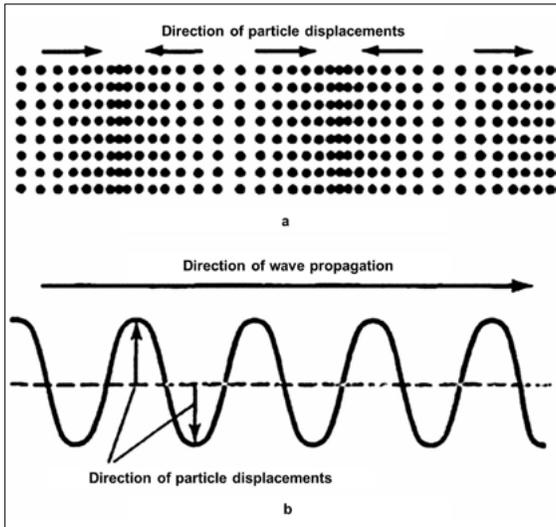


Abb. 2: Wellentypen in Festkörpern und Flüssigkeiten:
a) Longitudinalwelle,
b) Transversalwelle.

Für die Anwendung von Ultraschall für das Prozessmonitoring können einige wesentliche Kenngrößen des Ultraschalls mit bio-physischen Medieneigenschaften korreliert werden. Diese sind beispielsweise:

- Die charakteristische akustische Impedanz Z ; sie beschreibt den Widerstand eines Mediums gegenüber der wandernden Schallwelle (**Abbildung 3a**).
- Die Gruppengeschwindigkeit v_{gr} ; sie ist die Geschwindigkeit, mit der sich ein Wellenpaket fortbewegt (**Abbildung 3b**).
- Die Phasengeschwindigkeit v_{ph} , auch Schallgeschwindigkeit c ; sie ist die Geschwindigkeit, mit der sich die Phase einer Welle ausbreitet (**Abbildung 3b**).
- Die Schallamplitude A ; sie nimmt aufgrund von Verlustprozessen (thermisch, Streuung u.a.) mit der Zeit um einen bestimmten Faktor α ab (**Abbildung 3c**).
- Der Reflexions- r bzw. Transmissionskoeffizient t an einer Phasengrenzfläche; er ist abhängig von den akustischen Eigenschaften der vorhandenen Medien (**Abbildung 3d**).

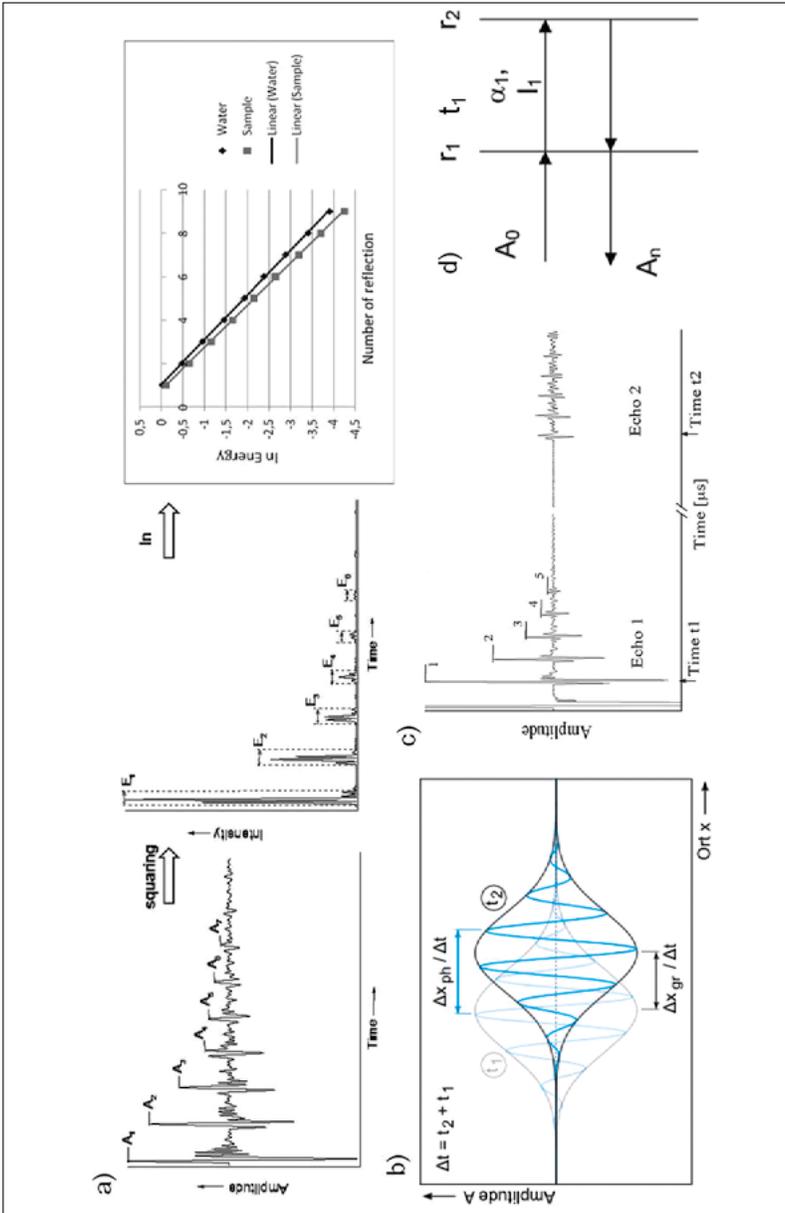


Abb. 3: Verschiedene Ultraschallparameter: a) Herleitung der akustischen Impedanz, b) Gruppen- (v_{gr}) und Phasengeschwindigkeit (v_{ph}), c) abnehmende Amplitude, d) Reflektions- ($r_{1,2}$) und Transmissionskoeffizienten ($t_{1,2}$) an Grenzflächen bzw. durch Medien.

Diese Kenngrößen können neben weiteren Parametern genutzt werden, um Informationen über den untersuchten Prozess bzw. das untersuchte Produkt zu erhalten. Dazu gehören der Prozesszustand (Welche Füllhöhe hat ein Tank?) aber auch Aussagen über das Produkt (Welcher Extraktgehalt liegt vor?; Wie ist die innere Struktur eines Teiges bzw. die Mehlqualität? [3, 4]). Für die Verwendung von Ultraschall in einem allein stehenden Sensorsystem kann eine typische Kombinationsschleife von Signalerzeugung, Datenauswertung sowie Vor- und Nachbereitung der Signale, wie in **Abbildung 4** dargestellt, angewendet werden, wobei aus dem erzeugten und gemessenen Ultraschallsignal die gewünschten Parameter extrahiert werden [5].

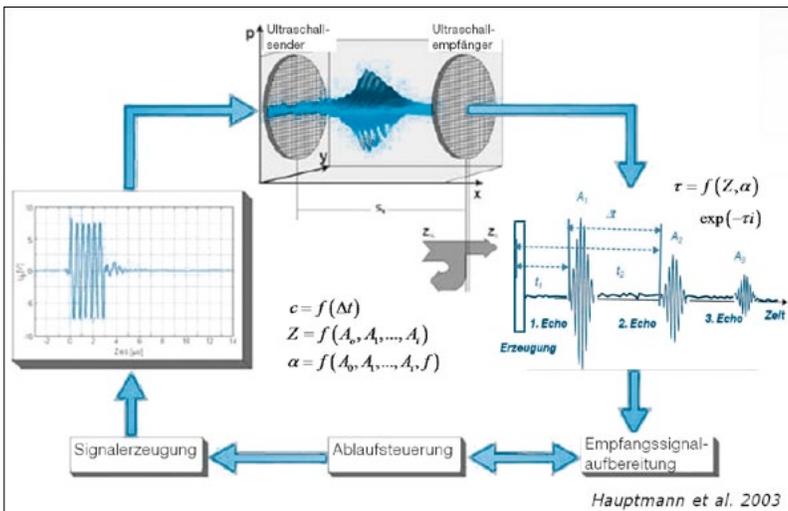


Abb. 4: Darstellung der Ultraschallmessmethodik.

Die gewünschten Parameter sinnvoll zu extrahieren ist eine anspruchsvolle Aufgabe und abhängig von der untersuchten Anwendung. Ein entsprechend robustes Messsystem benötigt eine eigens dafür entwickelte Hardware-Plattform. Speziell für die hier vorgestellten Anwendungen wurde eine elektronische Auswertungseinheit mit einer Sampling time (Abtastzeit) von 40 ns entwickelt, die über ein Bussystem mit einem PC kommuniziert. Durch die Implementierung der Firmware sowie der Auswertesoftware auf der Microcontrollerplatine (Blackfin mit 400 MHz, 2 MB Flash, 32 MB SDRAM) ist die Online-Anwendung möglich (vgl. **Abbildung 5**). Ein schnelles Umschalten ermöglicht zudem die Messung an der ersten Phasengrenzfläche.

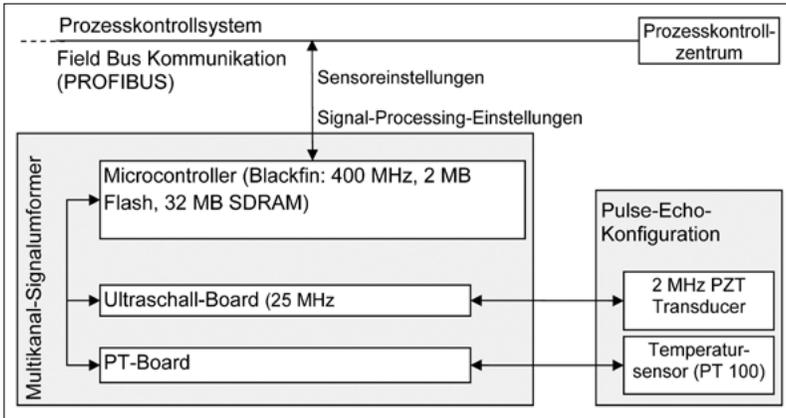


Abb. 5: Skizze des entwickelten Sensorsystems mit den Hauptkomponenten.

Für die Signalauswertung stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Dazu gehören u.a. die Verwendung einer Triggerschwelle, ab wann ein Signal als solches erkannt wird sowie Mustererkennungsmethoden, z.B. basierend auf chemometrischen Methoden und Künstlichen Intelligenzen (KI) wie Swarm Intelligence, Fuzzy Logic oder künstliche neuronale Netze (KNN) [6-8]. Damit können die gewünschten Ultraschallparameter bestimmt und für die weitere Analyse verwendet werden.

Im Folgenden sollen zwei weiterentwickelte Techniken für die Ultraschallsignalauswertung näher beschrieben werden. Diese sind eine hochgenaue Ultraschallgeschwindigkeitsmessung sowie die Impedanzauswertung an der ersten Phasengrenzfläche.

Die Bestimmung der Ultraschallgeschwindigkeit gehört zu den Standardmethoden in der Ultraschallmesstechnik. Üblicherweise wird sie über eine Laufzeitmessung des Signals und der bekannten Laufstrecke bestimmt [9]. Zur hochgenauen Bestimmung der Schallgeschwindigkeit muss die Laufzeitmessung ebenfalls hochgenau sein. Um dies zu bewerkstelligen, wurde eine Methode entwickelt, bei der zwei Signale über eine Kreuzkorrelation korreliert werden [10], vgl. **Abbildung 6**. Diese Signale sind eine Referenz A_r und die relevanten Bereiche des Echos A_{e1} . Nachdem eine bestimmte Frame-Länge über die Buffer-Länge definiert worden ist, werden die Signalmaxima frameweise ausgewertet. Dann wird das Referenzsignal A_r ermittelt und eine charakteristische Nullstellenbestimmung durchgeführt. Anschließend wird die Kreuzkorrelation zwischen Referenz und Echo ausgeführt.

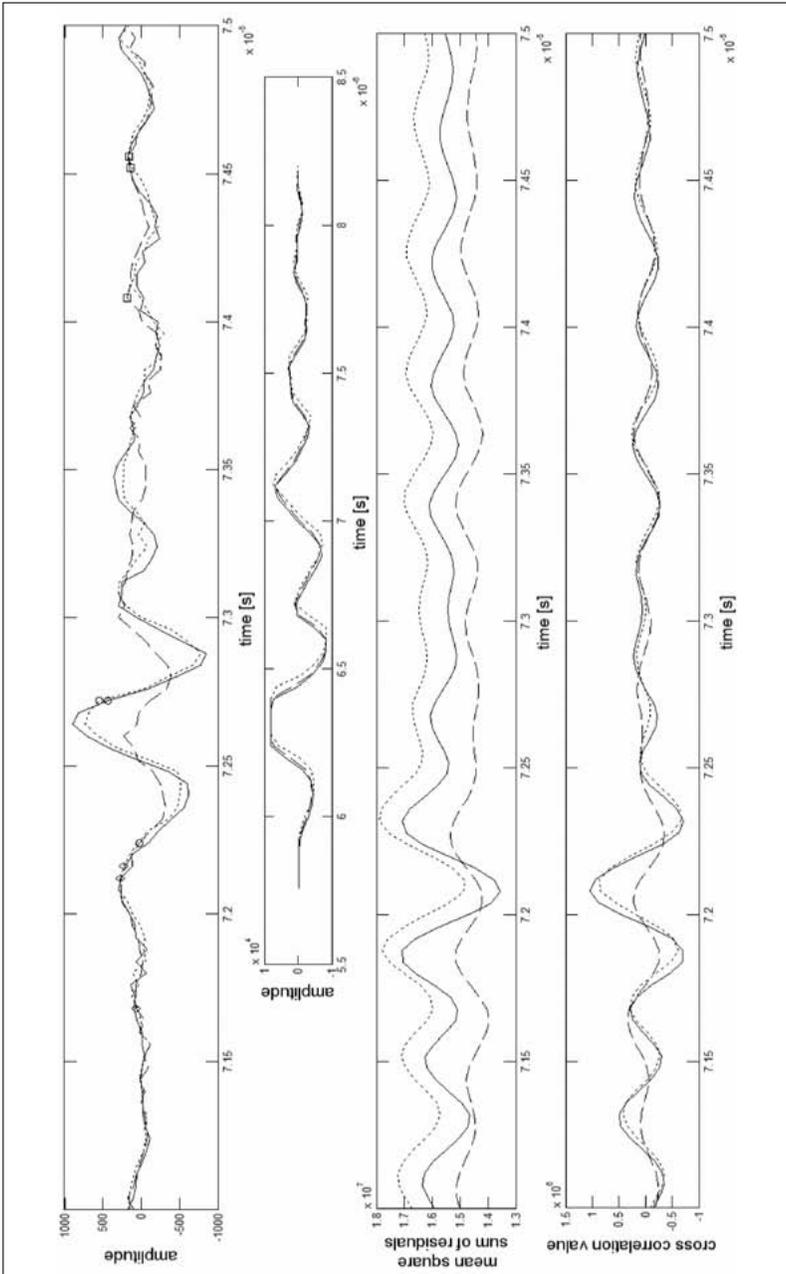


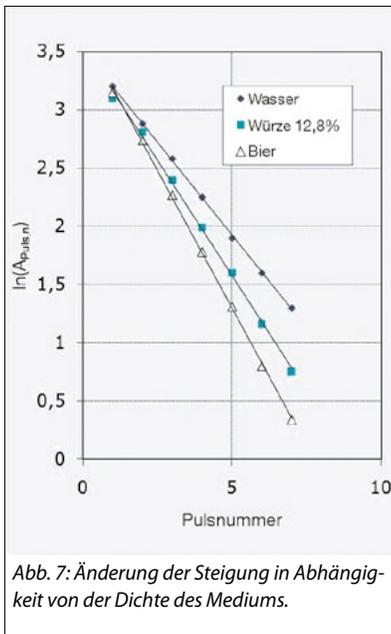
Abb. 6: Darstellung der Kreuzkorrelation zweier Signale.

Mit diesem Verfahren wird sowohl die Genauigkeit als auch die Stabilität der Laufzeitmessung in einem Signal stark erhöht, was eine hochgenaue Geschwindigkeitsmessung zur Folge hat. Gleichung 1.1 zeigt die Kreuzkorrelationsfunktion.

$$\text{corr}(k) = \frac{\sum_{i=1}^n (A_r(k+i) \cdot A_{el}(k+i))}{n} \quad 1.1$$

Neben der Ultraschallgeschwindigkeit im Medium kann auch die charakteristische akustische Impedanz an der ersten Phasengrenzfläche verwendet werden. Die akustische Impedanz lässt sich einerseits über das Produkt von Dichte und Schallgeschwindigkeit, und andererseits über den Reflexionskoeffizient an einer Grenzfläche zwischen zwei Medien unterschiedlicher Impedanz beschreiben.

$$Z_2 = Z_1 \left(\frac{1-r_2}{1+r_2} \right) \quad 1.2$$



Gleichung 1.2 kann man dabei aus dem Vergleich der Steigungen zwischen einer Referenz, z.B. Wasser, und dem untersuchten Medium herleiten [11]. Die Steigung der logarithmischen Auftragung der Amplitude eines Signals über die Pulsnummer ändert sich dabei abhängig von dem Medium hinter der Grenzfläche. So hat Wasser aufgrund der niedrigeren Dichte und Schallgeschwindigkeit eine geringere Steigung als Würze oder Bier (vgl. **Abbildung 7**). Wenn sich die Eigenschaften eines Mediums an einer Grenzfläche ändern, ändern sich auch der Reflexionskoeffizient und damit die Impedanz. Veränderungen können z.B. Dichteänderungen während einer Fermentation oder Änderungen des Aggregatzustandes beispielsweise von fest zu flüssig sein. Diese Methode kann

also dafür verwendet werden, Veränderungen eines Mediums während eines Prozesses zu überwachen.

Die vorgestellten Kenngrößen können beliebig auf weitere, sowohl aus der Zeit- als auch aus der Frequenzdomäne stammende Parameter erweitert und variiert werden. Sie ermöglichen es, schnell Prozesszustände exakt zu ermitteln sowie genaue Aussagen über den Produktzustand zu treffen. Die Ultraschallsensorik besitzt sich gegenüber anderen Techniken verschiedene Vor-, aber auch Nachteile:

Vorteile

- Nicht invasiv, in-situ einsetzbar
- Robust, gute Langzeitstabilität, geringer Stromverbrauch
- Schnelle Antwort (Bruchteile einer Sekunde)
- Hohe Auflösungs- und Messgenauigkeit
- Kein direkter Medienkontakt
- Keine Einschränkungen bezüglich optischer oder elektrischer Medieneigenschaften
- In einem weiten Bereich von Druck und Temperatur einsetzbar

Nachteile

- Kleine Verbesserungen der Genauigkeit bedeuten häufig einen enormen elektronischen Entwicklungsaufwand
- Medium muss akustisch transparent sein
- Hohe Varianz in den Messergebnissen in Gegenwart disperser Anteile
- Komplexe Signalverarbeitung
- Wissen über akustische Medieneigenschaften oft notwendig
- Steigende Absorption bei steigender Frequenz

2. Beispiele aus der Praxis

Füllstandsmessungen mit Ultraschall

Herkömmliche Füllstandsmessungen mittels Ultraschall erfolgen über integrierte Sensoren. Der Sensor wird von oben in den Tank eingebracht und der freie, luftgefüllte Bereich des Tankvolumens durchschallt. Das Signal wird an der Phasengrenzfläche Fluid-Luft reflektiert und der Füllstand über eine Laufzeitbestimmung nach dem Prinzip der Pulse-Echo-Methode ermittelt. Um in einen Bereich möglichst geringer Schallabsorption zu arbeiten, werden niedrige Frequenzen verwendet. Diese Methode schließt eine Vielzahl verschiedenster Unwägbarkeiten ein. Die Ultraschallgeschwindigkeit von Luft ist unter anderem abhängig vom Druck und der Luftzusammensetzung (insbesondere der Luftfeuchtigkeit)

[12-14]. Ändert sich der Druck oder die Zusammensetzung der Luft durch aus dem Fluid entweichende Gase, so verändert sich die Ultraschallgeschwindigkeit in der Luft und führt zu inakkuraten Füllstandswerten. Weitere Probleme können durch Schaumbildung auftreten. Zum einen wird ein Teil des Signals nun nicht mehr an der Phasengrenzfläche Fluid-Luft reflektiert, was je nach Schaumhöhe in mehr oder weniger abweichenden Füllständen resultiert, und zum anderen ist es möglich, dass das Signal vollständig absorbiert wird. Somit ist keine Laufzeitbestimmung des Signals und damit auch keine Füllstandsbestimmung möglich. Ebenso stellen integrierte Sensoren besonders im Bereich der Lebensmittelindustrie und Bioverfahrenstechnik ein zusätzliches Reinigungsproblem und damit ein potentielles Kontaminationsrisiko dar.

Eine weitere Möglichkeit, den Füllstand mittels Ultraschall zu bestimmen, ist die direkte Durchschallung der Flüssigkeit vom Tankboden aus.

Flüssigkeiten weisen deutlich geringere Absorptionswerte und deutlich höhere Ultraschallgeschwindigkeiten auf. Zum einen kann somit ein erweiterter Messbereich (in Abhängigkeit vom Medium bis zu 15 m) ermöglicht werden, zum anderen sind deutlich reduzierte Signallängen möglich, was wiederum die Signalauswertung vereinfacht und höhere Messzyklen ermöglicht. Für die Durchschallung der Flüssigkeit werden kurze Impulse im Bereich von 500 kHz bei einer Amplitude bis 400 V ausgesandt. Ein direkter Kontakt zwischen Ultraschallsender und Flüssigkeit ist dabei nicht notwendig. Der Sender kann von außen auf die Tankwandung aufgebracht werden und ist in der Lage das Wandungsmaterial zu durchschallen.

Die Ermittlung der Signallaufzeit erfolgt über Auswertelgorithmen direkt durch den Microcontroller. Das Echo wird mittels vordefinierter Amplitudengrenzwerte und verschiedener Formerkennungsparameter eindeutig detektiert und die Laufzeit über Nullstellenbestimmung im Zeitbereich hochgenau bestimmt (vgl. **Abbildung 8**).

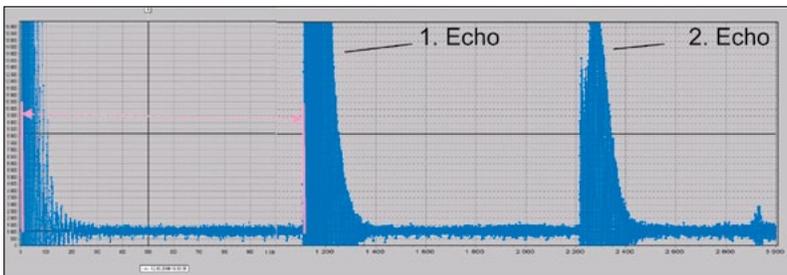


Abb. 8: Schema für die prinzipielle Laufzeitbestimmung.

Sind Temperatur und Zusammensetzung der Flüssigkeit konstant, können der zurückgelegte Weg des Signals und damit die Füllhöhe direkt mittels der Ultraschallgeschwindigkeit bestimmt werden. Bei häufig untersuchten Flüssigkeiten, wie z.B. Wasser, ist die Ultraschallgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur über Werte aus der Literatur bekannt. Anderenfalls kann diese Funktion, häufig ein einfaches Polynom 2. Grades, durch Kalibrationsmessungen ermittelt werden. Schwankt die Temperatur des Tankinhaltes stark, können mittels des bekannten Zusammenhangs zwischen Temperatur und Ultraschallgeschwindigkeit sowie eines integrierten Temperatursensors hochgenaue Messungen realisiert werden. Schwankt auch die Zusammensetzung der Flüssigkeit stark, so ist für akkurate Füllstandsbestimmungen eine Kompensationsmessung notwendig. Hierbei wird über eine bekannte Wegstrecke, z.B. den Tankdurchmesser, die aktuelle Ultraschallgeschwindigkeit direkt bestimmt. In diesem Fall entfallen sowohl die Kalibrationsmessungen als auch die Integration eines Temperatursensors. Mittels der bekannten Tankabmessungen kann das aktuelle Füllvolumen direkt durch Integration über Füllhöhe und Radius berechnet werden. Ein ultraschallbasiertes Messsystem zur Füllstandsbestimmung ist in **Abbildung 9a** schematisch dargestellt. Eine experimentelle Validierung des Volumens ergab lediglich minimale Unterschiede zwischen experimentellen und berechneten Daten (vgl. **Abbildung 9b**).

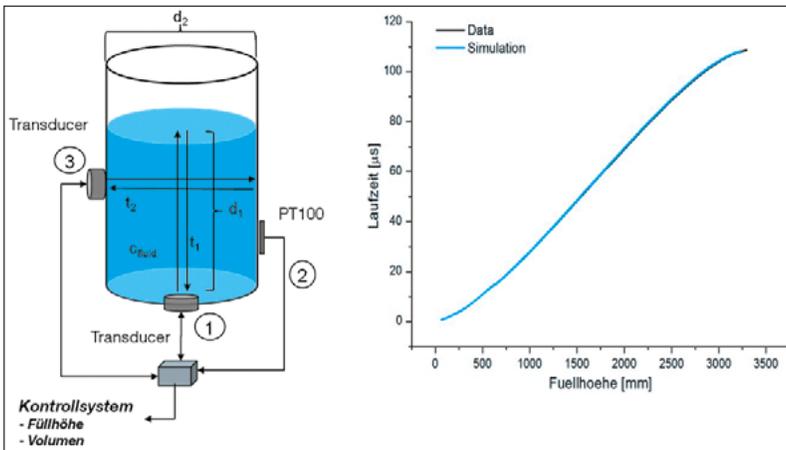


Abb. 9: a) Schema eines ultraschallbasierten Messsystems zur Füllstandsbestimmung, b) Darstellung der Abweichung von Füllhöhe zwischen experimentellen und simulierten Daten.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit für das beschriebene Sensorsystem ist die Nutzung als Grenzwertschalter. Im Vergleich zur direkten Bestimmung des Füllstandes wird hierbei nicht die Laufzeit bestimmt, sondern das Reflektionsverhalten des Signals an Phasengrenzfläche Wandung-Tankfüllung. Je nachdem, ob sich in

Höhe des Sensors im Tankinneren Luft oder die entsprechende Prozessflüssigkeit befindet, ergibt sich an der Phasengrenzfläche ein anderer Reflektionskoeffizient. Befindet sich hinter der Wandung eine Flüssigkeit (vgl. **Abbildung 10b**), ist der Reflektionskoeffizient deutlich geringer. Verglichen mit Luft (vgl. **Abbildung 10a**) wird ein deutlich höherer Anteil des Signals in das Medium transmittiert.

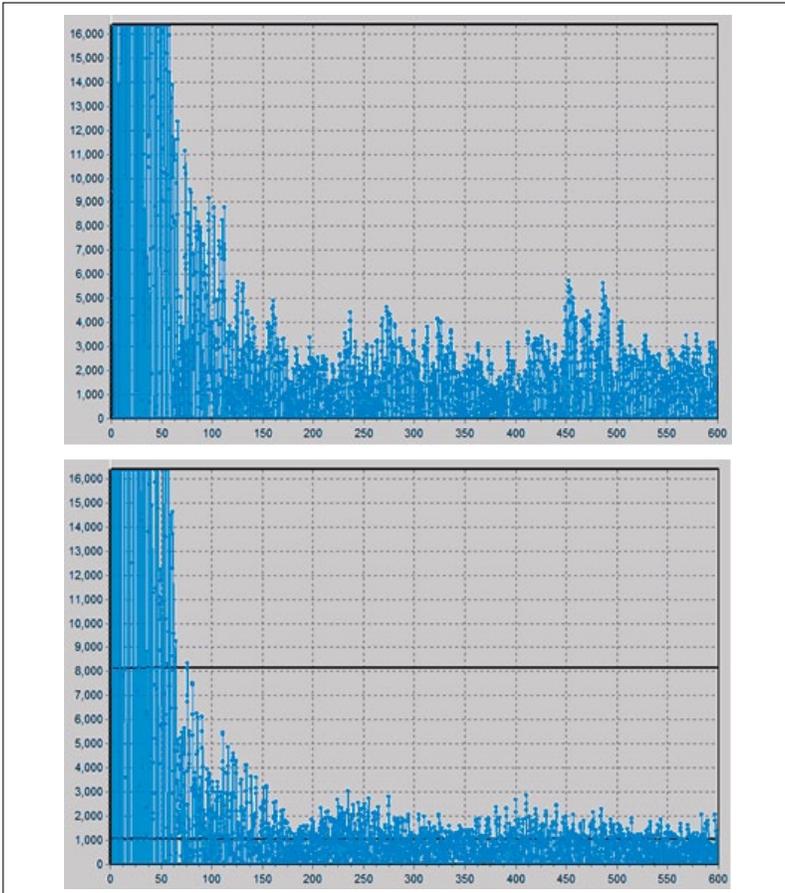


Abb. 10: a) Signal im Leer-Zustand (500 kHz, 20V), b) Signal im gefüllten Zustand (500 kHz, 20V).

Besonders der erste Teil des Signals ist durch die Superposition der multiplen Wandungsreflektionen geprägt. Die Charakteristiken dieses Signalbereiches werden damit maßgeblich vom Reflektionskoeffizienten an der Phasengrenzfläche bestimmt. Da sich Luft und Flüssigkeit wesentlich in ihrer Dichte unterschei-

den, kann das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein einer Flüssigkeit hinter der Wandung eindeutig detektiert werden. Über die Auswertung relevanter Signalabschnitte kann dieses Prinzip durch entsprechende Algorithmen ohne großen Berechnungsaufwand realisiert werden. In **Abbildung 11** sind verschiedene Installationsvarianten zur Füllstandermittlung mittels Ultraschall dargestellt.

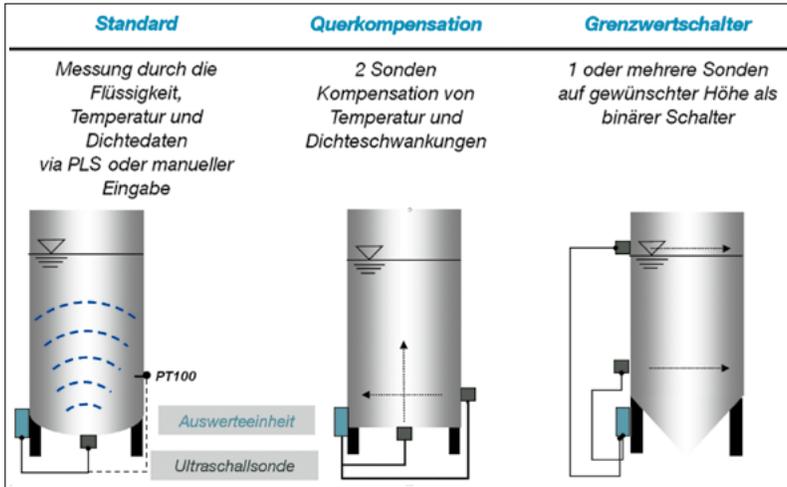


Abb. 11: Verschiedene Installationsvarianten zur Füllstandermittlung mittels des beschriebenen Sensorsystems.

Ermittlung von Teigeigenschaften mittels Ultraschall

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit von Ultraschall zur Informationsgewinnung ist die Ermittlung von Teigeigenschaften. Mikroskopisch betrachtet ist Teig eine heterogene Suspension kugelförmiger, fester Teilchen (Stärkekörner) in einer viskoelastischen Matrix (Gluten) mit Luftporen [15]. Für die Praxis relevant ist hierbei häufig die rheologische Beschreibung des Teiges. Um die rheologischen Eigenschaften zu ermitteln, wird die mechanische Energieaufnahme und -speicherung unter Beanspruchung betrachtet. Traditionell werden hierfür Rheometer eingesetzt. Die Bestimmung der materialspezifischen, physikalischen Eigenschaften erfolgt über Scherspannung und Scherrate.

Schallwellen sind von Natur aus zyklische Druckwellen. Wird ein Teig durchschallt, so erfolgt eine leichte Veränderung der Teigmatrix in Ausbreitungsrichtung. Aufgrund der mechanischen Vibration wird die Teigmatrix deformiert und reagiert je nach rheologischer Ausprägung unterschiedlich auf diese Belastung. Die Reaktion des Teiges auf die mechanische Beanspruchung spiegelt sich in der Geschwindigkeit der mechanischen Energieaufnahme und -speicherung

während der Wellenausbreitung wieder und kann zur Beschreibung der rheologischen Eigenschaften genutzt werden. Besonders wichtig ist dabei die Vermeidung von Pulsdispersion und Dämpfung aufgrund von Interferenzen mit im Teig eingeschlossenen Poren. Resonanzen treten auf, wenn der zu erwartende mittlere Durchmesser ϕ der Poren im Bereich der Wellenlänge λ des Schallsignals liegt. Für ultraschallbasierte Untersuchungen der Teig rheologie muss somit eine Wellenlänge gewählt werden, die viel größer ist als der mittlere Porendurchmesser des Teiges (vgl. **Abbildung 12**).

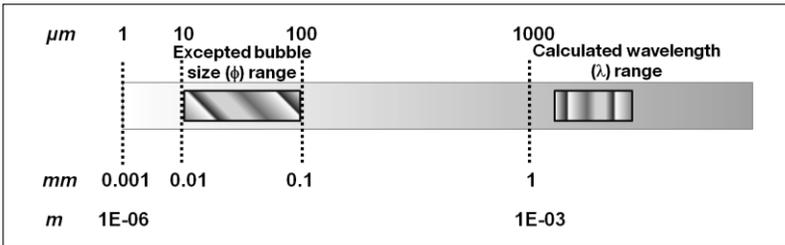


Abb. 12: Wellenlängenbereich des Transducers 1-3 mm, Durchmesser der Luftporen 10-100 μm .

Zwischen Elastizitätsmodul E und Ultraschallgeschwindigkeit c gibt es bei Feststoffen einen direkten Zusammenhang über die Dichte ρ :

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3} \cdot G}{\rho}} \quad 2.1$$

Der Elastizitätsmodul E (*elastic modulus*) kann dabei auch durch den Kompressionsmodul K (*bulk modulus*) und den Schubmodul G (*shear modulus*) ersetzt werden. Die Zusammenhänge sind über die Poissonzahl μ durch das Hookesche Gesetz beschrieben:

$$K = \frac{E}{3 \cdot (1 - 2\mu)} \quad 2.2$$

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu)} \quad 2.3$$

Für eine erste Validierung wurden der Kompressionsmodul, der Schubmodul und der Elastizitätsmodul in Abhängigkeit vom Wassergehalt bei Teigen aus verschiedenen Mehltypen (Typen 405, 550 und 1050) ermittelt. Die Ergebnisse sind in **Abbildung 13** mit den entsprechenden Standardabweichungen dargestellt:

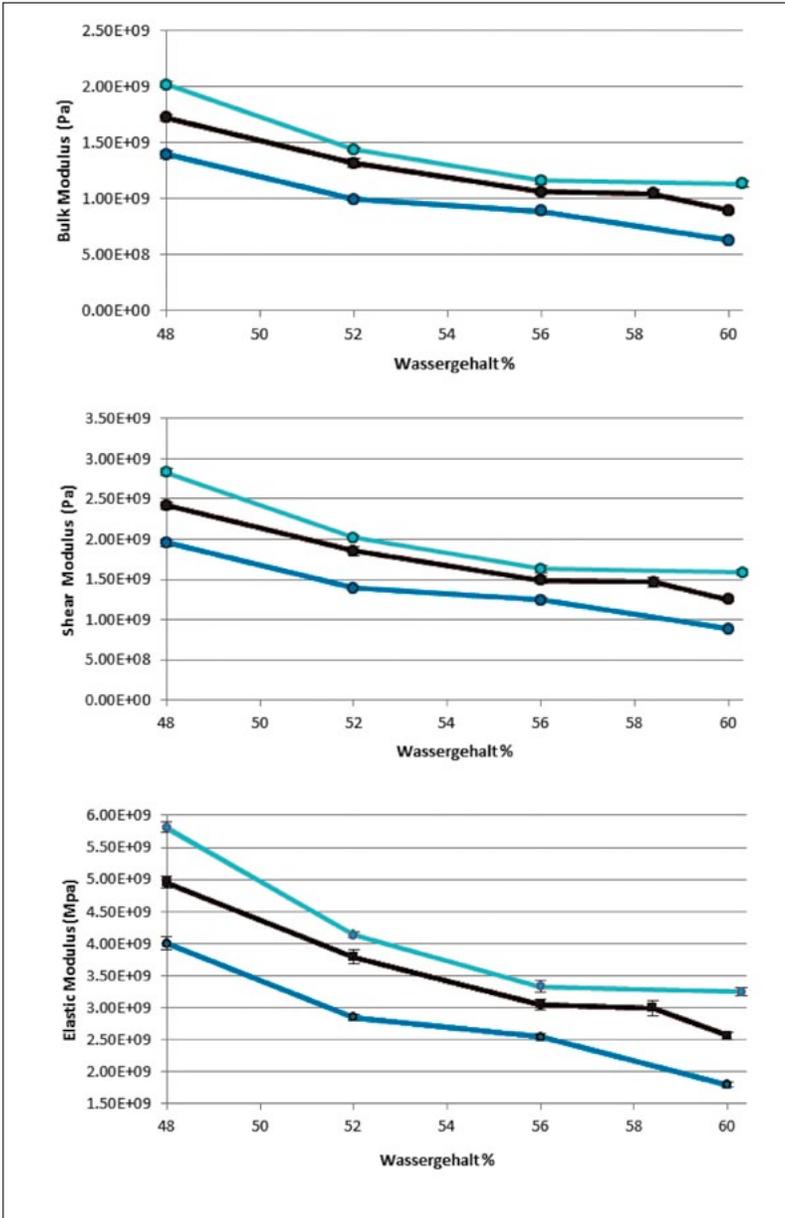


Abb. 13: Darstellung experimentell ermittelter Verläufe von Kompressionsmodul, Schubmodul und Elastizitätsmodul bei Teigen aus verschiedenen Mehltypen (hellblau: 405, schwarz: 550, blau: 1050) in Abhängigkeit vom Wassergehalt.

In weiteren Versuchen wurde die scheinbare Dichte verschiedener Teigtypen bei verschiedenen Wassergehalten über die spezifische akustische Impedanz Z bestimmt.

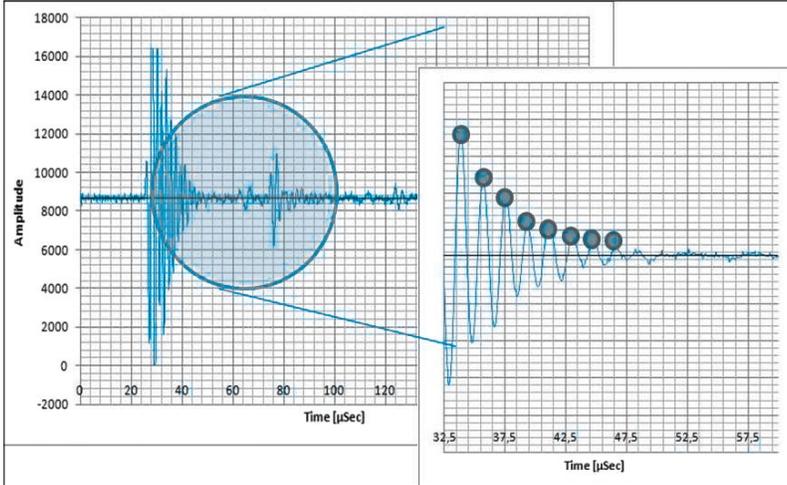


Abb. 14: Schematische Darstellung der Bestimmung der Reflektionskoeffizienten r über den exponentiellen Abfall der Pulsenergie.

Die spezifische akustische Impedanz entspricht dem Produkt aus Dichte und Ultraschallgeschwindigkeit und prägt wesentlich den Reflektionskoeffizienten r , welcher wiederum über den exponentiellen Abfall der Pulsenergie bestimmt werden kann (siehe **Abbildung 14**).

$$R_{sample} = R_{reference} \cdot e^{(m_{sample} - m_{reference})} \quad 2.4$$

$$r = \sqrt{R} \quad 2.5$$

$$Z_{sample} = Z_{reference} \cdot \left(\frac{1-r}{1+r} \right) \quad 2.6$$

$$Z = c \cdot \rho \quad 2.7$$

Die Fehlerabweichung bei diesen Messungen betrug je nach Mehltypen zwischen 0,65 und 3,00 %.

3. Zusammenfassung

Der Einsatz von Ultraschall bietet eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Informationsgewinnung in diversen Bereichen der Verfahrenstechnik. Prinzipiell sind Untersuchungen in Abhängigkeit von Frequenz, Zeit, Weg und Belastung möglich. Dabei bieten ultraschallbasierte Messmethoden besonders in den Bereichen Bioverfahrenstechnik und Life Science wesentliche Vorteile gegenüber anderen Messmethoden. Die Messungen sind nicht invasiv und es ist kein direkter Kontakt zum Untersuchungsmedium notwendig. Damit sind CIP- und Sterilisationsprozeduren ebenso unproblematisch wie Untersuchungen sensitiver Strukturen und Medien.

Das Einsatzgebiet ultraschallbasierter Messungen reicht von einfachen Anwendungen, wie der Füllstandsmessung, bis hin zu hoch komplexen Gebieten, wie der Teigrheologie [16]. Die Beispiele und Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass für stabile Online-Messungen oftmals eine ausgeklügelte, komplexe Signalverarbeitung mit nachgeschalteten, redundanten Plausibilitätsüberprüfungen notwendig ist, um alle möglichen Signalveränderungen und -störungen durch die verschiedensten Effekte (Reflexion, Dispersion, Absorption) zu beachten. Interessant ist dabei, dass Phänomene, die bei einigen Messprinzipien störend wirken, bei anderen Messmethoden gezielt genutzt werden, um Informationen über andere Prozessparameter zu erhalten.

Die Bedeutung ultraschallbasierter Messtechnik wird zukünftig weiter zunehmen. Verschiedene Arbeiten zeigen vielversprechende Ansätze für online-fähige Messverfahren zur Bestimmung verschiedenster Materialeigenschaften (Viskosität, Dichte), Partikeleigenschaften (Größe, Material, Verteilung) oder zur Bestimmung der Zusammensetzung des untersuchten Mediums.

4. Danksagung

Die Forschungsvorhaben AiF 14790 N und 16302 N der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wurden über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Vorhaben KF-2039605-MD-9 und KF-2039606-BN-9 wurden im „Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) gefördert.

5. Literatur

- [1] Hauptmann, P., et al., Ultrasonic sensors for process monitoring and chemical analysis: state-of-the-art and trends. *Sensors and Actuators A: Physical*, 1998. 67(1-3):32-48.
- [2] Püttmer, A. and P. Hauptmann, *Ultraschall. Prozessanalytik*. 2006: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 341-364.
- [3] Lamberti, N., et al., An ultrasound technique for monitoring the alcoholic wine fermentation. *Ultrasonics*, 2009. 49(1): p. 94-97.
- [4] García-Álvarez, J., J. Salazar, and C.M. Rosell, Ultrasonic study of wheat flour properties. *Ultrasonics*. 51(2):223-228.
- [5] Auge, J., et al., High-speed multi-parameter data acquisition and web-based remote access to resonant sensors and sensor arrays. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2003. 95(1-3): 32-38.
- [6] Tsui, P.-H., et al., An adaptive threshold filter for ultrasound signal rejection. *Ultrasonics*, 2009. 49(4-5):413-418.
- [7] Betrouni, N., et al., Volume quantification by fuzzy logic modelling in free-hand ultrasound imaging. *Ultrasonics*, 2009. 49(8):646-652.
- [8] Chen, H. and T. Varghese, Principal component analysis of shear strain effects. *Ultrasonics*, 2009. 49(4-5):472-483.
- [9] Steiner, G. and C. Deinhammer, Ultrasonic time-of-flight techniques for monitoring multi-component processes. *Elektrotechnik und Informationstechnik*, 2009. 126(5): 200-205.
- [10] Hoche, S., M.A. Hussein, and T. Becker, *Ultrasonic Measurement Techniques for Process Monitoring using the Example of Concentration Monitoring of Fermentation Fluids*, in *Workshop: Rote und Weiße Biotechnologie: Herstellung von Substanzen mittels Fermentationsverfahren, deren Aufarbeitung und Reinigung*. 2010: Hanau, Germany.
- [11] Wallhäußer, E., et al. (2010) On the usage of acoustic properties combined with an artificial neural network - a new approach of determining presence of dairy fouling type A *J Food Engineering*, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.11.015
- [12] Cramer, O., The variation of the specific heat ratio and the speed of sound in air with temperature, pressure, humidity, and CO₂ concentration. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1993. 93(5):2510-2516.
- [13] Howell, G.P. and C.L. Morfey, Frequency dependence of the speed of sound in air. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1987. 82(1):375-376.

- [14] Harris, C.M., Effects of Humidity on the Velocity of Sound in Air. The Journal of the Acoustical Society of America, 1971. 49(3B):890-893.
- [15] Letang, characterization of wheat flour water doughs: a new method using ultrasound. ultrasonics 2001. 39:133-141.
- [16] Elfawakhry, H., et al., Dough density determination using ultrasound. f2m Baking + biscuit international, 2010. 110-115.

Prof. Dr. Dr. Manfred Gareis

Max-Rubner-Institut (MRI)
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und
Lebensmittel
Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie
Kulmbach



Schnellnachweis von *Escherichia coli* in der Lebensmittelproduktion mittels Biochips

1. Einleitung

Im Hygienerecht der EU wird die Kontrolle mikrobiologischer Kriterien während der gesamten Prozesskette der Lebensmittelherstellung verlangt und an die Produktion von Lebensmitteln, insbesondere mikrobiologisch sensiblen Erzeugnissen tierischer Herkunft, hohe Anforderungen bezüglich Produktsicherheit und Prozesshygiene gestellt. Vermeidungsstrategien konzentrieren sich daher auf pathogene sowie hygienisch relevante Keime wie *Escherichia coli*.

Das Interesse der Lebensmittelindustrie an der schnellen Detektion von relevanten Mikroorganismen dokumentiert **Abbildung 1**, die die Auswertung von ca. 2.500 Artikeln der letzten 20 Jahre über den Nachweis von Pathogenen zusammenfasst (Lazcka et al., 2007).

Eine schnelle, gezielte und zeitnah am Produktionsfluss orientierte Diagnostik ist Voraussetzung für das frühzeitige Erkennen mikrobiologischer Probleme und die Einleitung von Maßnahmen im Rahmen von Sicherheitskonzepten. Die klassischen mikrobiologischen Nachweismethoden sind zeit- und kostenaufwändig. Alternative immunologische und molekularbiologische Nachweisverfahren stehen zwar zur Verfügung, besitzen aber häufig Nachteile bezüglich Sensitivität und Spezifität oder sind aufgrund des finanziellen und technischen Aufwandes sowie des benötigten Fachpersonals nicht für den Einsatz vor Ort geeignet.

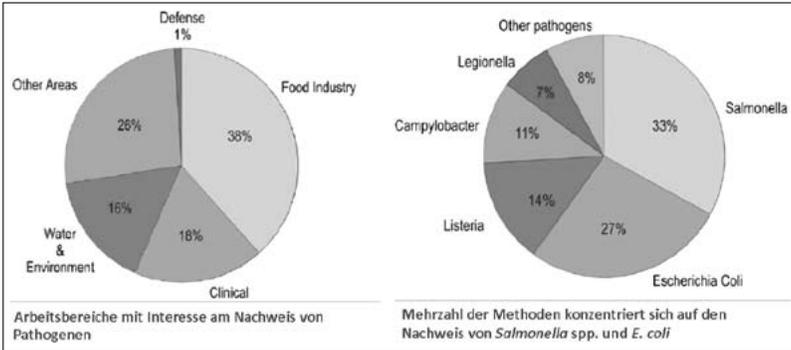


Abb. 1: Der Bereich der Lebensmittelindustrie ist am stärksten an Nachweismethoden für Pathogene interessiert. Dabei stehen Verfahren für *Salmonella* spp. und *E. coli* im Vordergrund (Lazcka et al., 2007, Biosens Bioelectron, 22, 1205).

Die diagnostische Zukunft liegt daher in der Miniaturisierung immunologischer und molekularbiologischer Nachweismethoden, mit denen die Integration des Keimnachweises in Systemen wie einem „Lab-on-a-Chip“ oder „Quick-lab“

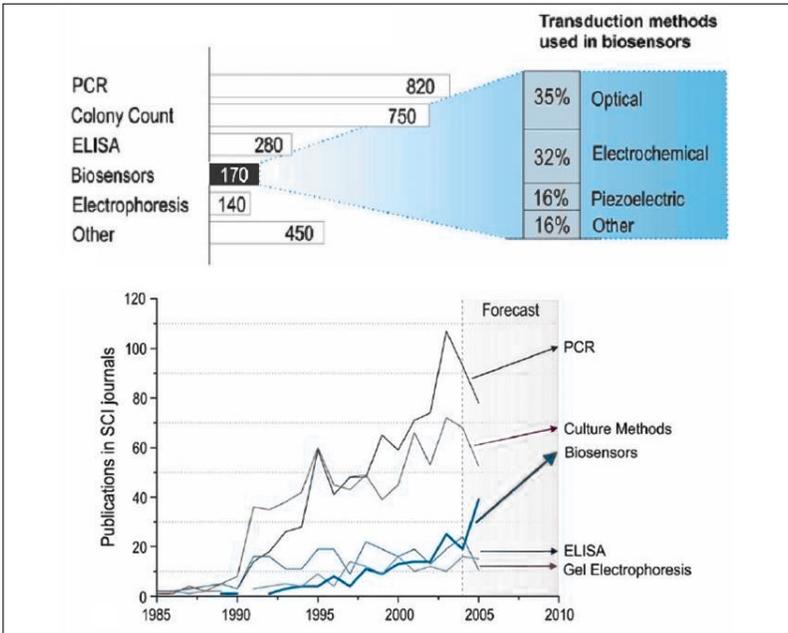


Abb. 2: Vergleich von Nachweisverfahren und Messprinzipien bei der Biosensorik, für die eine stark steigende Anzahl von Publikationen vorhergesagt wurde (Lazcka et al., 2007).

ermöglicht wird. Mit Hilfe solcher Detektionsplattformen im Chipformat soll eine Automatisierungsstufe erreicht werden, die im Idealfall sowohl eine Verkürzung der Nachweiszeit relevanter Keime als auch eine Bedienung durch ungeübtes Personal ermöglicht.

Die Biosensorik ist die am schnellsten wachsende Technologie für den Pathogennachweis und liegt beim Vergleich mit anderen Verfahren bereits an vierter Stelle der Methoden, die im *web of science* in den letzten 20 Jahren am häufigsten zitiert wurden (**Abbildung 2**, Lazcka et al., 2007).



Abb. 3: Prinzipieller Aufbau eines Biosensors.

Die Aufgabe des biologischen Rezeptors besteht in der spezifischen und selektiven Erkennung des Analyten, wobei die biologischen Komponenten (z.B. Antikörper, Nukleinsäuren) in direkter räumlicher Nähe zum Transducer immobilisiert sind. Die Aufgabe des Transducers besteht in der sensitiven Umwandlung der Effekte und biomolekularen Erkennungsreaktionen in messbare Signale (vgl. **Abbildung 3**).

Die Kernidee des gemeinsam zwischen dem Max-Rubner-Institut in Kulmbach und der Universität Bayreuth durchgeführten Projektes AiF 230 ZN basiert auf dem direkten Nachweis bestimmter ribosomaler Ribonukleinsäuren (16S rRNA) von Bakterien. Diese als Ziele ausgewählten und für die jeweiligen Bakterien sehr spezifischen Nukleinsäuren kommen als Bausteine der Ribosomen, den zellulären Produktionsstätten von Proteinen, in sehr hoher Anzahl in jeder Bakterienzelle vor (vgl. **Abbildung 4**).

Die Detektion der 16S rRNA von *E. coli* erfolgt elektrochemisch in einem vom Kooperationspartner an der Universität Bayreuth entwickelten Biochip (Pöhlmann et al., 2007). Im Projekt wurden die biochemischen Parameter des Biochips auf den *E. coli*-Nachweis und die präanalytischen Schritte der RNA-Isolierung aus komplexer Lebensmittelmatrix optimiert und zu einem funktionellen Nachweis-system zusammengeführt.

Das Laboratorium für Biochemie an der Universität Bayreuth (M. Sprinzl, Ch. Pöhlmann) war in dem gemeinsamen Projekt für den endanalytischen Bereich mit der Entwicklung der elektrochemischen 16S rRNA-Detektionsstrategie und der Optimierung der biochemischen Parameter der Biochipdetektion (Sensitivität/Selektivität) verantwortlich, das Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie am Max-Rubner-Institut in Kulmbach (M. Gareis, B. Heidenreich) hatte den präanalytischen Bereich mit der Optimierung der RNA-Isolierung aus Mikroorganismen-Kulturen und der Lebensmittelmatrix übernommen.

2. Das Zielmolekül: Die 16S ribosomale RNA (rRNA) von *E. coli*

Die Wachstumsrate von Bakterien wird durch die Proteinsynthesekapazität bestimmt, die von der Anzahl der Ribosomen abhängig ist. Die Translationsrate eines einzelnen Ribosoms beträgt etwa 20 Aminosäuren/Minute. In rasch wachsenden Zellen ist die Anzahl der Ribosomen und damit auch der 16S rRNA-Moleküle sehr hoch (> 50.000 pro Zelle). Die Verwendung von 16S rRNA zum Nachweis von Bakterien besitzt somit ein „intrinsisches Amplifikationspotential“ (Pöhlmann, 2009).

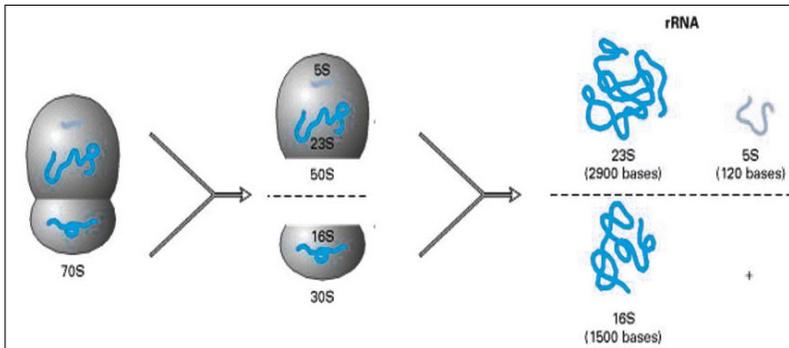


Abb. 4: Bakteriellies Ribosom mit Untereinheiten und Zuordnung der ribosomalen RNA (rRNA).

Eine „Bevorratung“ von Ribosomen findet allerdings nicht statt, da der Prozess energieaufwändig ist. Die Anpassung an jeweilige Wachstumsanforderungen wird über die Synthese der ribosomalen RNAs kontrolliert. Dabei ist die 16S rRNA (**Abbildung 4**) als Target für den Bakteriennachweis besonders interessant: Sie weist Organismen-spezifische (variable) und konservierte Regionen auf, die Zahl der frei zugänglichen Sequenzdaten ist hoch und die 16S rRNA eignet sich zur Lebend/Tot-Unterscheidung von Mikroorganismen besser als die stabilere DNA.

Die 16S rRNA-Sequenz besteht aus alternierenden konservierten und variablen Regionen. Letztere unterscheiden sich oft bis auf Spezies-Ebene und sind in der

Regel mit zunehmendem Verwandtschaftsgrad der Mikroorganismen ähnlicher zueinander. Das Detektionssystem besteht aus einem kurzen Molekül einzelsträngiger DNA, einem so genannten Oligodesoxyribonukleotid (ODN), das spezifisch an eine variable Region der 16S rRNA von *E. coli* bindet, also hybridisiert (**Abbildungen 5 und 6**).

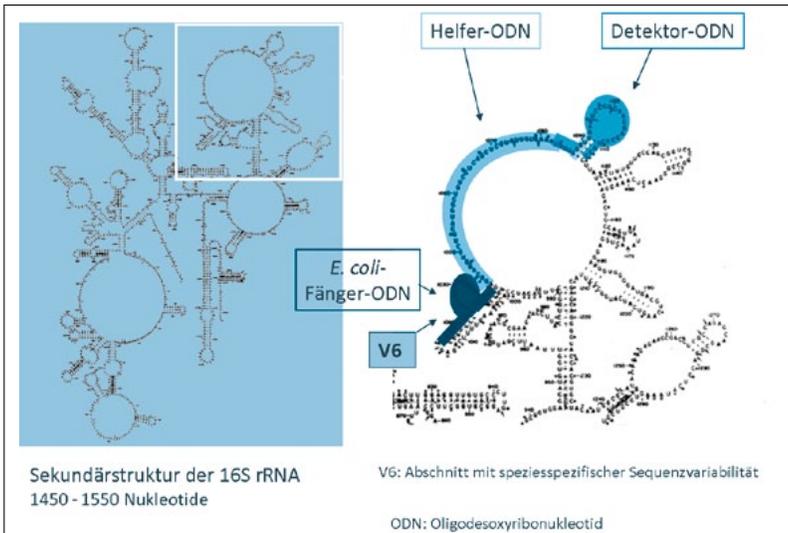


Abb. 5: Sekundärstruktur der 16S rRNA von *E. coli* mit Abschnitten, die für den Biochip verwendet wurden (Pöhlmann, 2009).

In der darauf folgenden konservierten Region wurden ein Detektor-ODN und ein Helfer-ODN entwickelt, welche an diese Bereiche hybridisieren. Das Detektor-ODN ist kovalent mit dem Reporterenzym Esterase 2 (EST2) verknüpft (vgl. **Abbildung 7**).

3. Die Detektion mit dem elektrochemischen Biochip

Die entwickelte elektrochemische Nachweismethodik für 16S rRNA entspricht dem Prinzip einer Vier-Komponenten-Sandwich-Hybridisierung und wurde detailliert beschrieben (Pöhlmann et al., 2009).

Die isolierte Gesamt-RNA aus der Probe enthält neben anderen RNA-Arten auch die gesuchten 16S rRNA-Zielmoleküle (vgl. **Abbildung 6**). Nach Fragmentierung der Gesamt-RNA wird diese zusammen mit den erforderlichen Komponenten im Biochip hybridisiert. Der Biochip enthält vier Goldelektroden. Diese stellen die Biosensoren dar, an welche die biologischen Rezeptoren, die Fänger-ODNs für 16S rRNA von *E. coli* gebunden sind. An diese Fänger-ODNs binden

die anderen Komponenten – wie in den **Abbildungen 6 und 7** dargestellt – und bilden ein Vier-Komponenten-Sandwich. Anschließend wird das Substrat *p*-Aminophenylbutyrat hinzugefügt, welches durch das Reporterenzym EST2 in das redox-aktive *p*-Aminophenol umgewandelt wird. Hierdurch entsteht ein Strom an der Goldelektrode, der gemessen wird.

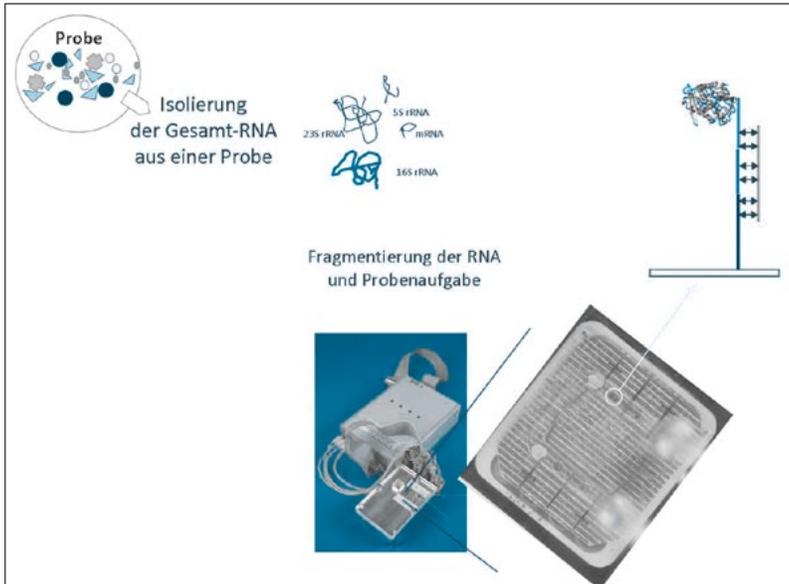


Abb. 6: Prinzipieller Ablauf der Detektion der gesuchten Zielmoleküle mit dem Biochip. Die aus der Probe isolierte Gesamt-RNA wird nach einem Fragmentierungsschritt auf das Biochip-system aufgegeben. Kernstück ist der daumennagelgroße Chip mit vier Goldelektroden, an denen die Hybridisierungsreaktionen stattfinden (modifiziert, nach Pöhlmann, 2009).

Die hohe Selektivität des Systems zeigen die **Abbildungen 8 und 9**. Fänger für andere Keime reagieren nicht mit der spezifischen, für *E. coli* ausgewählten Fänger-ODN.

Die Selektivität des Biochips wurde hierzu mit Biochips untersucht, dessen vier Goldelektroden jeweils mit Fänger-ODN für die nahe verwandten Enterobakterien *E. coli*, *Shigella dysenteriae*, *Citrobacter freundii* und *Hafnia alvei* belegt waren. Nach Hybridisierung des Biochips mit *E. coli*-Gesamt-RNA wurde die Detektionsreaktion durchgeführt. Nach kurzem Waschen mit Natriumphosphat wurde das Substrat im Durchfluss appliziert. Kurz bevor sich ein Gleichgewicht des Stroms einstellt, wird der Durchfluss gestoppt und es entsteht ein zweiter Anstieg des Stroms.

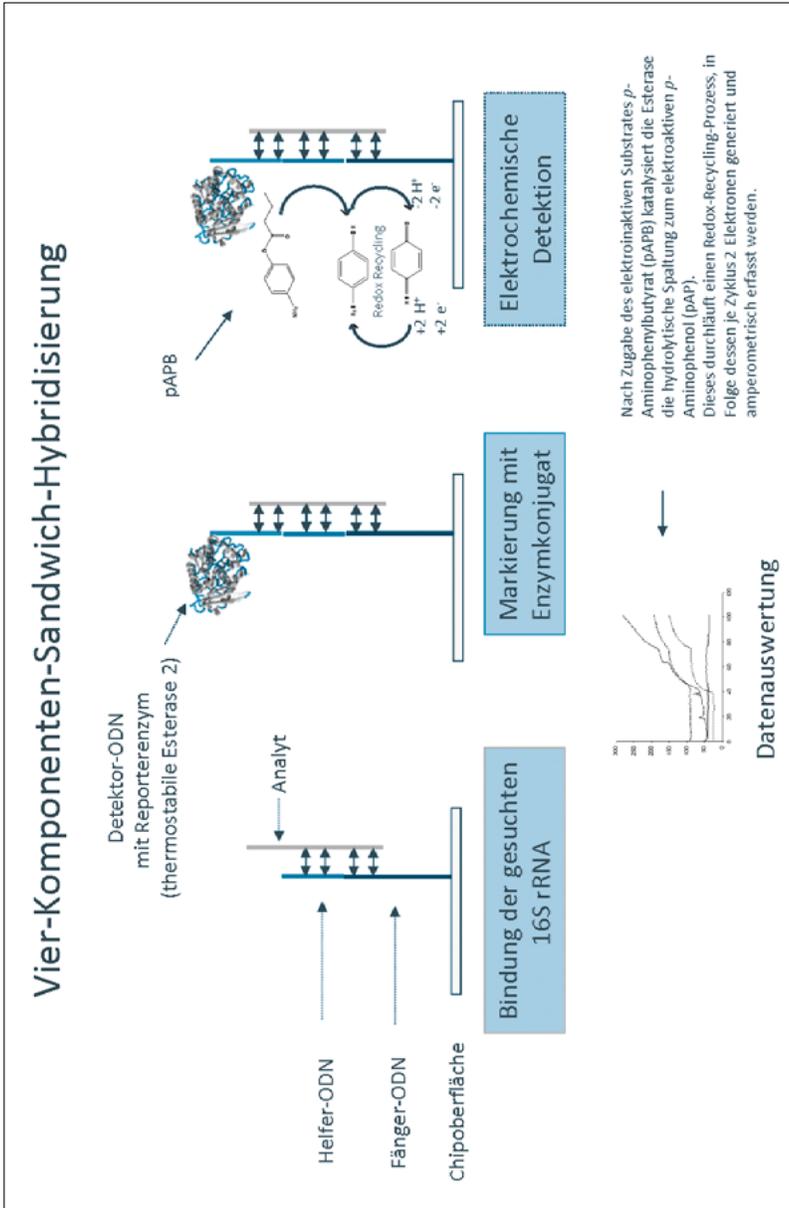


Abb. 7: Spezifischer Nachweis von *E. coli*-16S rRNA durch Vier-Komponenten-Hybridisierung und anschließender elektrochemischer Detektion mittels Biochip (modifiziert, nach Pöhlmann, 2009).

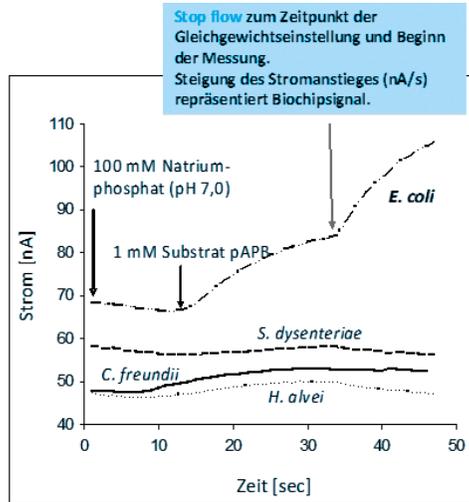


Abb. 8: Beispiel für das Biochipsignal bei einem spezifischen Nachweis von *E. coli*-16S rRNA und anschließender elektrochemischer Detektion. Spezifische Fänger für andere Enterobakterien (*Shigella dysenteriae*, *Citrobacter freundii*, *Hafnia alvei*), mit denen die Elektroden immobilisiert wurden, reagieren nicht mit einem Anstieg der Stromverläufe und dokumentieren damit die hohe Selektivität des Chips (Pöhlmann, 2009).

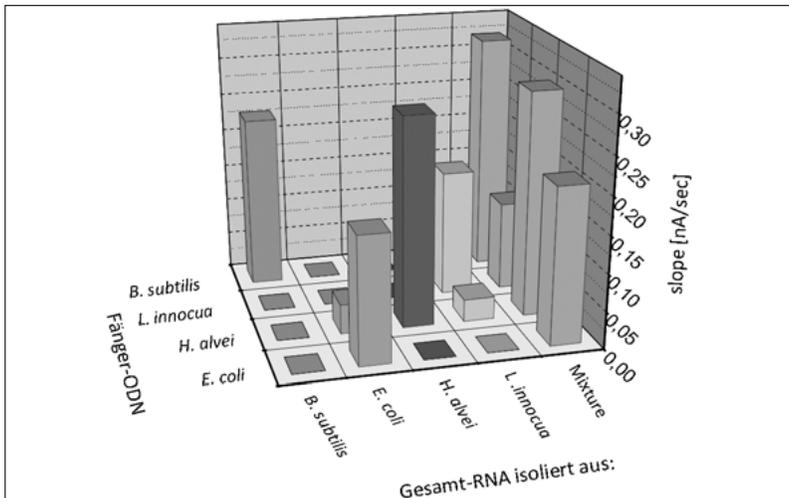


Abb. 9: Multiplexanalyse von vier verschiedenen Bakterienarten (*E. coli*, *Hafnia alvei*, *Listeria innocua*, *Bacillus subtilis*), die eine ausgezeichnete Diskriminierung zwischen Gram-negativen und Gram-positiven Keimen und zwischen einzelnen Spezies dokumentiert. Die isolierte RNA aus der Mischkultur verursacht spezifische Signale an allen vier mit den Fänger-ODNs belegten Elektroden (Pöhlmann, 2009).

Die Steigung dieses Anstiegs repräsentiert das Biochipsignal, angegeben als nA/s. **Abbildung 8** zeigt, dass nur an der *E. coli*-Goldelektrode ein messbarer Strom entstand, da mit *E. coli*-Gesamt-RNA nur an dieser Elektrode Hybridisierungsereignisse stattgefunden haben. Hybridisierte man hingegen mit Gesamt-RNA der drei anderen genannten Enterobakterien, war kein Stromanstieg an der *E. coli*-Elektrode messbar. Diese Ergebnisse belegen, dass die entwickelte Hybridisierungsmethode einen hochspezifischen Nachweis für den gesuchten Keim ermöglicht.

Die Sensitivität der Biochip-Detektion wurde mit *E. coli*-Reinkultur und RNA-Verdünnungen untersucht (**Abbildung 10**). Hierzu wurde eine *E. coli*-Kultur in der exponentiellen Wachstumsphase dezimal verdünnt und anschließend die Gesamt-RNA mit der Qiagen RNeasy Standardprozedur isoliert (siehe Punkt 4). Die Analyse dieser RNA im Biochip zeigte ein lineares Verhältnis zwischen mikrobiologischer *E. coli*-Keimzahl und Biochipsignal mit einem Detektionslimit von 500 Kbe. Dieses Detektionslimit bezieht sich auf die Menge Gesamt-RNA, die zur Hybridisierung im Biochip verwendet wurde.

Bezieht man den Schritt der RNA-Isolierung ein, wird in der Regel von 1 ml Probe die Gesamt-RNA isoliert. Diese RNA liegt letztendlich in einem Volumen von 50 µl vor, von dem jedoch nur 5 µl für die Hybridisierung im Biochip verwendet werden. Somit liegt die Nachweisgrenze des Biochips inklusive des RNA-Isolierungsschrittes bei etwa 5000 Kbe *E. coli* pro 1 ml Probe.

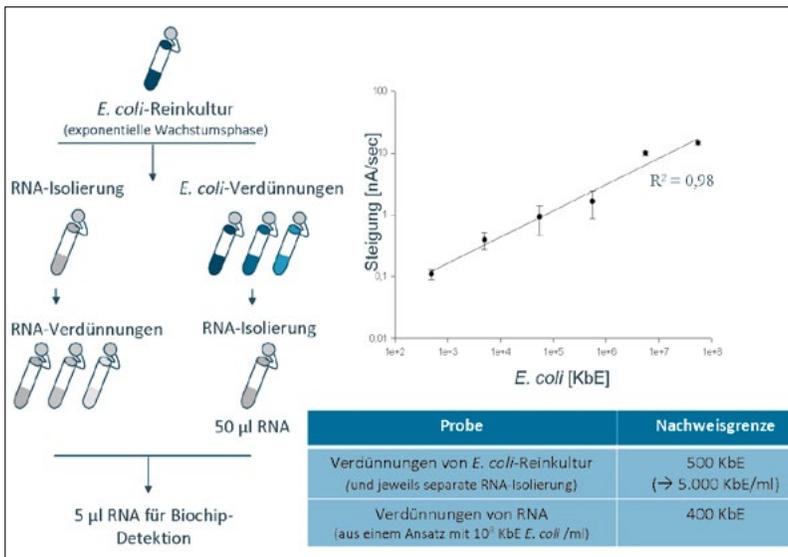


Abb. 10: Ermittlung der Sensitivität des Nachweissystems (modifiziert, nach Pöhlmann, 2009, Heidenreich et al., 2010 a, b).

4. Die Isolierung der Ziel-RNA

Die Voraussetzung für eine effiziente RNA-Isolierung ist ein möglichst vollständiger Aufschluss der Bakterien. Eine schematische Übersicht zu möglichen Verfahren zeigt **Abbildung 11**.

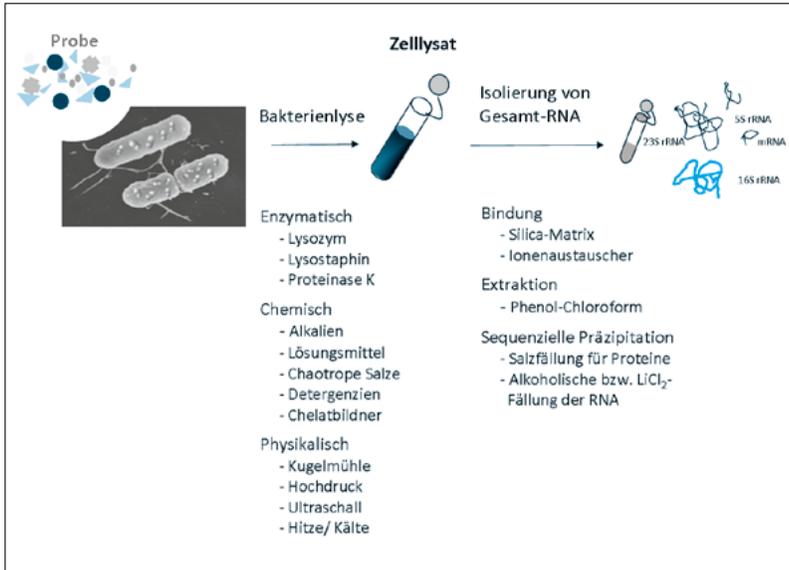


Abb. 11: RNA-Isolierung aus Bakterien, die zunächst lysiert werden müssen.

Für die RNA-Isolierung aus *E. coli* wurden verschiedene kommerziell erhältliche Testkits verwendet und verglichen (Heidenreich et al., 2010 a, b).

Überprüft wurden der RNeasy-Kit (Qiagen), RNAqueous-Kit (Ambion), Presto-spinR Bug-Kit (Molzym) und eine β -Version eines Nexttec RNA-Kits. Die Aufarbeitung der Proben erfolgte nach den Angaben der Hersteller, die in jedem Fall einen Lysozymverdau beinhalteten.

Mit dem RNeasy-Kit wurden dabei die höchsten Gesamt-RNA-Ausbeuten sowohl im Fleischtropfsaft allein, als auch im Fleischtropfsaft, der mit *E. coli* inokuliert wurde, erhalten (Heidenreich et al., 2010a, b). Erhöht werden konnten die Ausbeuten durch einen zusätzlichen Proteinase-K-Verdau, was in **Abbildung 12** dokumentiert wird. Für den Aufschluss der Bakterien wurde zudem eine Ultraschallbehandlung in das System integriert, da mit dieser „Dreischritt-Lyse“ (Lysozym + Proteinase K + Ultraschall) die besten Ausbeuten erzielt werden konnten (Heidenreich et al., 2010, a, b).

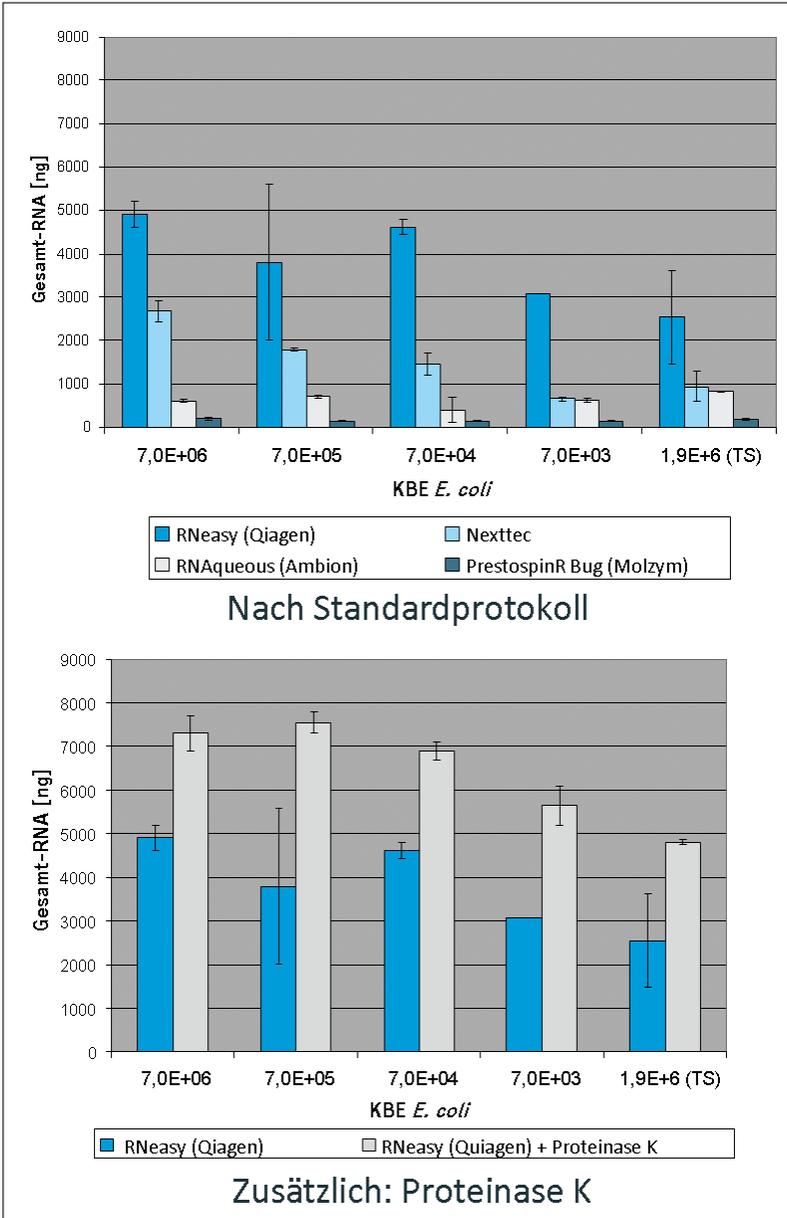


Abb. 12: Ergebnisse der RNA-Isolierung mit kommerziellen Kits. Mit einem zusätzlichen Proteinase-K-Verdau lassen sich die Ausbeuten deutlich steigern (Heidenreich et al., 2010 a, b).

Trotz einer effizienten RNA-Ausbeute durch den Dreifach-Lyse-Schritt war es sowohl für die Optimierung des gesamten Verfahrens als auch für eine Steigerung der Nachweisempfindlichkeit erforderlich, das Probenmaterial kurzzeitig anzureichern.

Hierfür wurden folgende Überlegungen zugrunde gelegt: Der Ribosomengehalt von Bakterien hängt von deren physiologischem Zustand ab. Für *E. coli* wurde gezeigt, dass sich der Ribosomengehalt in Abhängigkeit der Generationszeit erheblich unterscheidet. Bei einer Generationszeit von 100 min enthält eine *E. coli*-Zelle ca. $6,8 \times 10^3$ Ribosomen (Bremer und Dennis, 1996). Nahe der exponentiellen Wachstumsphase, bei einer Generationszeit von 24 min hingegen sind mit $7,2 \times 10^4$ Ribosomen je Bakterium das ca. 10-Fache an Ribosomen – und damit des Zielmoleküls 16S rRNA – enthalten. Dies bedeutet für den 16S rRNA-Direktnachweis eine bis zu 10-fache Steigerung der Sensitivität.

Da die Bakterien im Umfeld der Lebensmittelproduktion i.d.R. nicht die Bedingungen für eine exponentielle Vermehrung vorfinden, wurde eine Kurzanreicherung optimiert, mit der ermöglicht wird, dass:

- *E. coli* in der für eine hohe Ribosomenzahl gewünschten exponentiellen Wachstumsphase vorliegt,
- gleichzeitig das Wachstum der Begleitmikrobiota unterdrückt wird,
- ein Nachweis von ca. 10 KBE *E. coli*/ml Probenmaterial ermöglicht wird und
- es durch diesen Anreicherungsschritt nicht zu Problemen bei der Weiterverarbeitung (z.B. Proteinagglomerate) kommt, die eine Automatisierung erschweren würden.

Die besten Resultate wurden hierbei mit einer Anreicherung der Proben über 5 Stunden bei 37 °C/100 rpm in gepuffertem Peptonwasser erzielt (Heidenreich et al., 2010 a, b; vgl. **Abbildungen 13 - 15**).

5. Die Untersuchung von Fleischproben mit dem Biochip-Nachweissystem

Das Gesamtsystem – bestehend aus Kurzanreicherung, Dreifach-Lyse, RNA-Isolierung mittels RNeasy-Kit und nachfolgender Biochipmessung – wurde schließlich an 25 Fleischproben aus dem Handel untersucht.

Hierzu wurde der Fleischtropfsaft der Proben gewonnen und jeweils in Triplikaten untersucht. Vor und nach Anreicherung erfolgte eine mikrobiologische Analyse. Aus jeweils 1,5 ml jeder Anreicherung wurde die RNA gewonnen und mit dem Biochip analysiert (**Abbildung 13**).

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Analyse vor und nach Anreicherung belegen die spezifische Anreicherung von *E. coli* mit Hilfe der gewählten Bedingungen (**Abbildung 14**). Nach Anreicherung zeigten zwei Fleischproben sowohl mikrobiologisch als auch mittels Biochip-Nachweis einen negativen *E. coli*-Befund. Es wurden somit keine falsch positiven Proben gefunden. Hingegen wurden mittels Biochip-Detektion zwei falsch negative Proben ermittelt, die < 1000 KbE *E. coli*/ml enthielten.

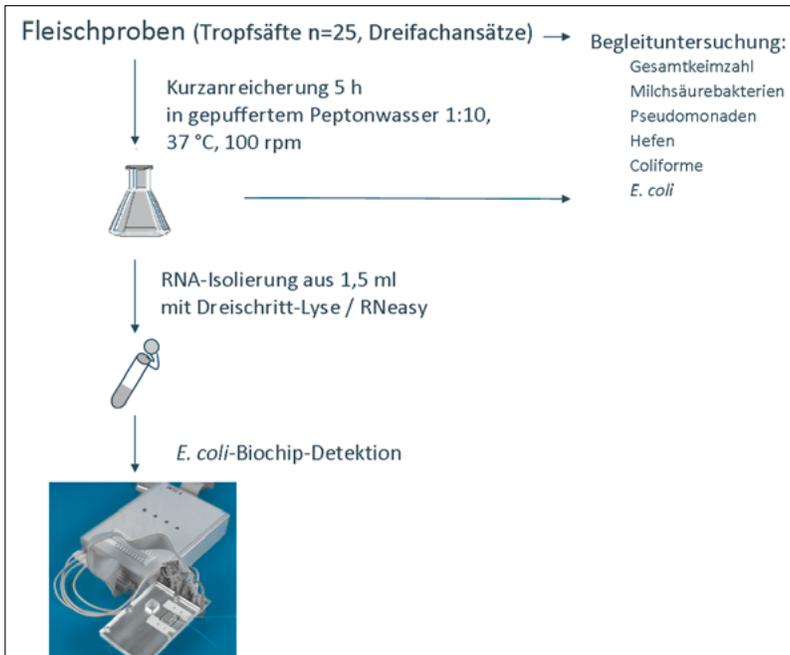


Abb. 13: Nachweis von *E. coli*-16S rRNA in Fleischtropfsaft.

Die Gegenüberstellung der mikrobiologischen Ergebnisse und der Biochipwerte der restlichen 21 Proben zeigte eine gute Korrelation (**Abbildung 15**).

Unter Einbezug des Hintergrundwertes des Biochips, ermittelt mit Wasser, belegen die Ergebnisse den gesicherten Nachweis von 2×10^3 KbE *E. coli*/ml Anreicherung sowie die hohe Selektivität und Sensitivität der entwickelten Nachweisprozedur für *E. coli* von ≤ 1 KbE/ml Tropfsaft nach einer Anreicherung von 5 Stunden.

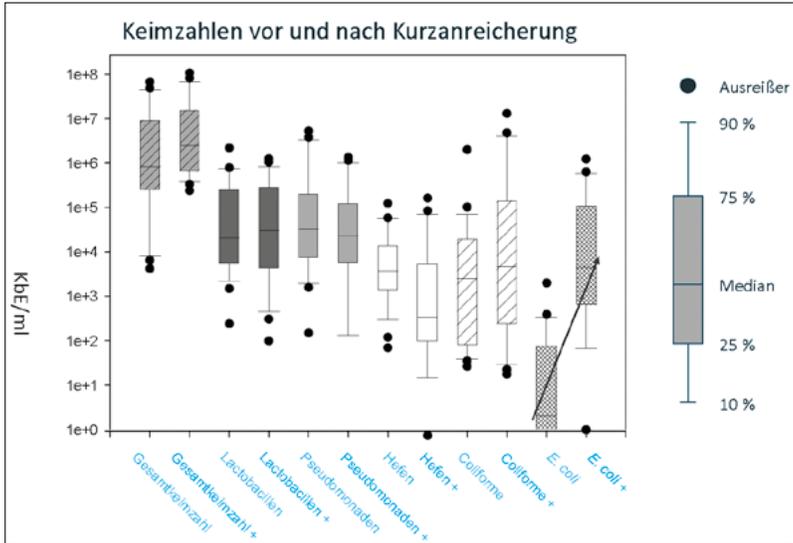


Abb. 14: Mikrobiologische Ergebnisse der Fleischropsaftproben vor und nach (+) der Kurzanreicherung über 5 Stunden im Peptonwasser. Für *E. coli* wurden deutlich höhere Keimzahlen festgestellt.

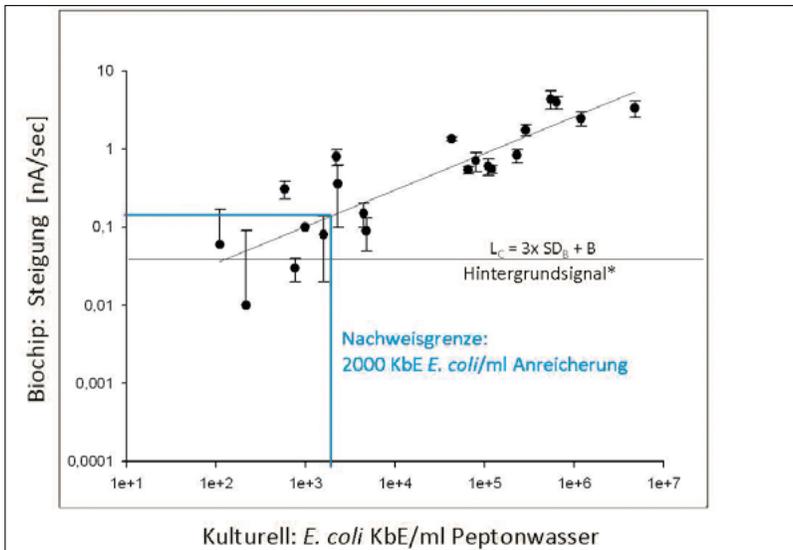


Abb. 15: Korrelation der kulturell ermittelten Keimzahlen für *E. coli* nach Kurzanreicherung mit elektrochemischen Biochip-Signalen. Die horizontale Linie zeigt die Nachweisgrenze (Hintergrundsignal) an. Das Bestimmtheitsmaß R^2 beträgt 0,69 (Pöhlmann, 2009).

6. Zusammenfassung

Das entwickelte Biochip-Nachweissystem weist eine hohe Selektivität und Sensitivität für den Zielkeim *E. coli* auf und wurde im praktischen Einsatz an Fleischproben erfolgreich getestet. Ergebnisse liegen bei Anwendung des Nachweissystems innerhalb von ca. 7 Stunden, also innerhalb eines Arbeitstages vor, womit eine gute Eignung des Systems für die Anwendung in der Lebensmittelproduktion demonstriert werden konnte.

Einen Überblick über den Ablauf gibt **Abbildung 16**.

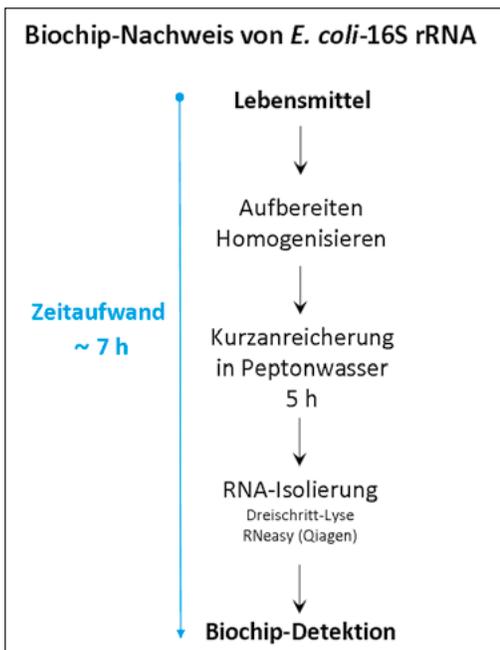


Abb. 16: Schematischer Überblick über das entwickelte System und den Zeitaufwand für den spezifischen Nachweis von *E. coli*-16S rRNA mittels Biochips mit elektrochemischer Detektion.

Die 16S rRNA eignet sich sehr gut als Zielmolekül, wobei eine Übertragung der Ergebnisse und Anwendung auf Pathogene sowie die Durchführung von Multiplexanalysen prinzipiell machbar sein sollte.

Um die Nachweisgrenze von etwa 5×10^3 KbE/ml Lebensmittelmatrix zu verbessern, ist ein Anreicherungsschritt erforderlich. Durch die Kurzanreicherung lässt sich allerdings lediglich eine Ja/Nein-Antwort geben, was den Einsatz auf nicht quantitative Fragestellungen, wie z. B. den Nachweis von Lebensmittelsicherheitskriterien nach EU-Verordnung 2073/2005, eingrenzt.

Vorliegende Ergebnisse deuten aber auch darauf hin, dass eine konsequente Weiterentwicklung der biochemischen Methodik (z.B. Dendrimertechnologie) und der Hardware eine Steigerung der Sensitivität um den Faktor 100 bis 1000 ermöglicht. Hierdurch wäre eine Kurzanreicherung überflüssig und eine Quantifizierung der Keimzahl möglich.

Zweifellos zeigen die Ergebnisse des Projektes aber auch, dass bei der Entwicklung von modernen und schnellen diagnostischen Verfahren ein stärkerer Schwerpunkt auf den präanalytischen Bereich gelegt werden muss. Dies gilt umso mehr bei Probenmatrices, die eine komplexe Zusammensetzung aufweisen.

7. Danksagung

Das Forschungsvorhaben AiF 230 ZN der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Alle erwähnten Arbeiten mit dem Biochip wurden am Laboratorium für Biochemie der Universität Bayreuth unter der Leitung von Prof. Dr. Mathias Sprinzl durchgeführt.

Wir danken den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses für die engagierte Begleitung des Projektes und dem FEI für die sehr gute Zusammenarbeit.

8. Aus dem Projekt hervorgegangene Arbeiten

- [1] Pöhlmann, C., Wang, Y., Sprinzl, M. (2007) Detection of nucleic acid: Electronic DNA chips [Nukleinsäuredetektion: Elektronische DNA-Chips]. *Biospektrum* 13:159-161.
- [2] Humenik, M., Pöhlmann, C., Wang, Y., Sprinzl, M. (2008) Enhancement of Electrochemical Signal on Gold Electrodes by Polyvalent Esterase-Dendrimer Clusters. *Bioconjugate Chemistry* 19:2456-2461.
- [3] Pöhlmann, C., Wang, Y., Humenik, M., Heidenreich, B., Gareis, M., Sprinzl, M. (2008) Rapid, specific and sensitive electrochemical detection of foodborne bacteria. *Biosensors & Bioelectronics* 24:2766-2771.
- [4] Pöhlmann, C., Humenik, M., Sprinzl, M. (2009) Detection of bacterial 16S rRNA using multivalent dendrimer-reporter enzyme conjugates. *Biosensors & Bioelectronics*, 24:3383-3386.

- [5] Pöhlmann, C. (2009) Elektrochemische Detektion von RNA mittels Nukleinsäurehybridisierung. Dissertation, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Universität Bayreuth.
- [6] Heidenreich, B., Pöhlmann, C., Sprinzl, M., Gareis, M. (2010 a) Schnellnachweis unerwünschter Keime in der Lebensmittelproduktion mittels Biochip. *Fleischwirtschaft* 7:96-99.
- [7] Heidenreich, B., Pöhlmann, C., Sprinzl, M., Gareis, M. (2010 b) Detection of *Escherichia coli* in meat with an electrochemical biochip. *Journal of Food Protection*, 73:2025-2033.

Posterabstracts

Minimal Processing in automatisierten Prozessketten der Fleischverarbeitung am Beispiel der Feinerlegung von Schweinefleisch (Schinken)

– DFG/AiF-Clustervorhaben –

Das im Fokus des Clusters stehende generalisierte Minimal Processing umfasst nicht nur eine schonende Behandlung des Produkts selbst, sondern auch eine detaillierte Betrachtung aller relevanten Betriebsmittel-, Energie- und Informationsströme. Durch diese globale Betrachtungsweise werden zwar der Einsatz betrieblicher Ressourcen und die Belastung der Umwelt minimiert, die Sicherheit des Lebensmittels und die Wirtschaftlichkeit aber dennoch eingehalten. Die Umsetzung dieses Gedankens geschieht durch die Automatisierung der beteiligten Prozesse. Damit wird eine effiziente Verarbeitung bei maximaler Nutzung von Roh- und Hilfsstoffen erreicht, Verunreinigungen des Produkts weitgehend vermieden und eine optimale Hygiene ermöglicht.

In dem Vorhaben wird die Feinerlegung von Schweinefleisch als beispielhafter Prozess der Fleischverarbeitung betrachtet und automatisiert. Die Komplexität des Prozesses resultiert in der Notwendigkeit, die im Folgenden skizzierten Teilaspekte zu bearbeiten.

1. Die zu entwickelnde Automatisierung konzentriert sich dabei nicht nur auf den Zerlegeprozess selbst, der mittels eines Standard-Industrieroboters unter Berücksichtigung aller hygienischen Anforderungen durchgeführt werden soll. Es werden zudem auch automatische Bestimmungen zur Fleischqualität durchgeführt, um bereits vor dem Schnitt potentiell negative Einflüsse zu erkennen, z.B. durch mikrobiologische Verunreinigungen, durch Abszesse oder durch Knochensplinter. Die Ergebnisse gehen dann in die Bestimmung der Schnitfführung des Roboters ein, so dass z.B. mit Mikroorganismen kontaminierte Bereiche von qualitativ hochwertigen Fleischstücken getrennt werden können. Die Erfassung der Fleischqualität, auch hinsichtlich solcher Parameter wie Fettmaserung und Farbe, soll auch eine automatische Verteilung der Fleischstücke auf geeignete Weiterverarbeitungsschritte ermöglichen.
Für die Beurteilung der Fleischqualität und zur Bestimmung der Schnitfführung sollen einerseits bereits vorhandene und etablierte Messmethoden daraufhin untersucht werden, inwieweit sie online-fähig gemacht werden können. Andererseits ist es das Bestreben, neuartige Methoden zu entwickeln, die zuverlässig, online-fähig, möglichst berührungslos und wirtschaftlich sein müssen.
2. Als weiteres Ziel folgt aus der angestrebten Automatisierung, dass alle relevanten Prozess- und Produktdaten online erfasst werden, die zur Realisierung und Optimierung des Vorgangs notwendig sind. Darüber hinaus soll die lückenlose Aufnahme dieser Daten die innerbetriebliche Rückverfolgbarkeit einzelner Chargen sicherstellen. Dies ist für rechtliche Fragestellungen der Produkthaftung nötig, ermöglicht aber auch die Auswertung, z.B. hinsichtlich der Eingangsqualität der Rohstoffe und einer möglichen Beurteilung von Lieferanten.

3. Die Automatisierung der Reinigung setzt voraus, alle Geräte in einer geschlossenen und damit aus hygienischen Gesichtspunkten vorteilhaften Zerlegebox zu integrieren. Die zu entwickelnden Methoden zur Beurteilung der Verschmutzung überprüfen automatisch den hygienischen Zustand der Anlage. Damit wird eine bedarfsgerechte Reinigung möglich, die nicht mehr nur von festgelegten Zeitintervallen abhängt.
4. Eine letzte Zielsetzung besteht in einer Modellierung des Zerlegeprozesses, mit der eine Kapazitätsplanung für einen Zerlegebetrieb angestrebt wird. Es wird davon ausgegangen, dass bestimmte Teilschritte der Zerlegung einen „Flaschenhals“ des gesamten Vorgangs bilden. Das Modell soll es ermöglichen, geeignete Strategien vorzuschlagen, wie der gesamte Prozess hinsichtlich einer optimalen Nutzung der Rohstoffe und Betriebsmittel geführt und gleichzeitig eine hohe Produktqualität erzielt wird.

Die Vielfalt der zu beantwortenden Fragestellungen erfordert das Zusammenwirken von Forschungsstellen unterschiedlicher Kompetenzen. Zudem ist es notwendig, grundlagenorientierte Vorhaben mit anwendungsbezogenen Projekten zu verzahnen, um einerseits allgemein gültige Ansätze zu erarbeiten, diese aber auch in mögliche Anwendungen umsetzen zu können. **Abbildung 1** gibt die Verknüpfungen innerhalb des Clusters wieder.

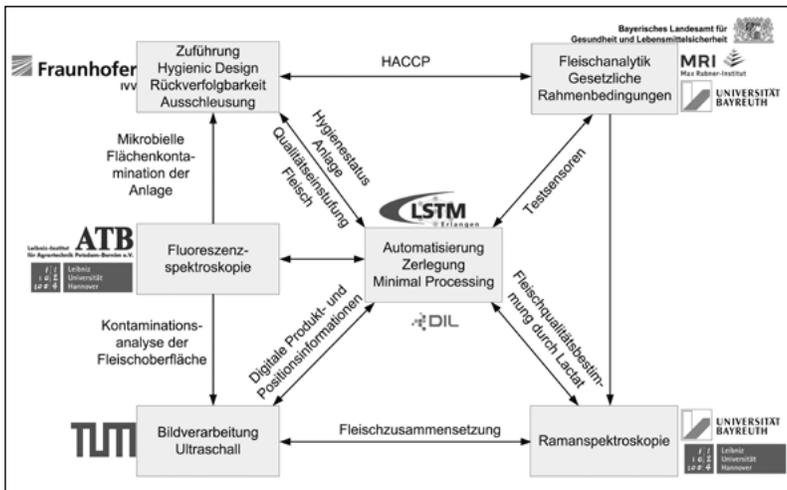


Abb. 1: Verknüpfung der Forschungsstellen innerhalb des Clusters.

Die Clusterteilprojekte AiF 16690 N, AiF 16691 N und AiF 16692 N der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn werden über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Prozessanalyse und -design in der Lebensmitteltechnologie

Díez, L., Singh, J., Nesme, A., Nagel, M., Benning, R., Wierschem, A., Rauh, C., Delgado, A.
Universität Erlangen-Nürnberg
Department Chemie- und Bioingenieurwesen
Lehrstuhl für Strömungsmechanik (LSTM)

In Produktionsprozessen der Lebensmittelindustrie erweisen sich ganz unterschiedliche Aspekte als bedeutend, die ökologische, wirtschaftliche und produktbezogene Faktoren betreffen. Deshalb muss der Einfluss der angewandten Operationen auf die endgültige Produktqualität, die mikrobiologische und (bio-)chemische Sicherheit sowie die Funktionalität und den ernährungsphysiologischen Wert optimiert werden. Dabei sind jedoch gleichzeitig durch Ökologie und Wirtschaft definierte Einschränkungen und Erfordernisse zu erfüllen. Dies erfordert Betrachtungen, die über klassische Methoden, die sich lediglich auf Masse und Energie beschränken, hinausgehen und globale Ansätze nutzen. Dazu gehört auch, Erkenntnisse aus allen zugänglichen Quellen zu extrahieren, um ein adaptives Design von Verfahren und Produkten zu realisieren. Der vorgestellte Beitrag umreißt Untersuchungen mittels ausgewählter konventioneller und innovativer Techniken in der Lebensmitteltechnologie: (I) Kutterprozess bei der Herstellung von Brühwürsten, (II) Simulation und Prädiktion des mechanisch induzierten Mundgefühls flüssiger Lebensmittel, (III) Mikroorganismendetektion nach Bioaffinitätsanreicherung und (IV) Optimierungsstrategien für die Hochdruckprozessierung. Dabei repräsentieren die Beispiele (I) und (III) die Weiterentwicklung oder neue Anwendung einer konventionellen Methode, (II) und (IV) innovative Prozesse. Ein spezieller Fokus liegt in allen Vorhaben auf der Beobachtung und Beeinflussung von mikrobiologischen, bio-/chemischen und thermofluidynamischen Phänomenen und Mechanismen.

Prozessdesign beginnt in der Regel mit einer detaillierten Prozesscharakterisierung und -analyse, die von Prozessdiagnose, -vorhersage und der Entwicklung von Regelungsstrategien abhängt. Diese Schritte hängen zudem stark von der experimentellen und mathematischen Untersuchung der Wirklichkeit ab. Für eine

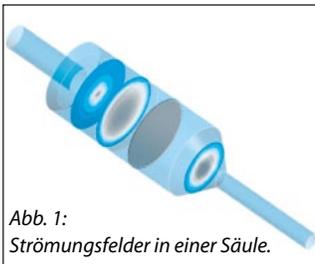


Abb. 1:
Strömungsfelder in einer Säule.

Analyse und das Design erweist sich jedoch der Zugang über geeignete Messmethoden, manchmal sogar in-situ, als zwingende Voraussetzung. Beispiele für neuartige Messmethoden stellen z.B. im Hochdruckbereich, Beispiel (IV), die Bestimmung von Dichte, Viskosität, Strömungs- und Temperaturfeldern sowie anderen Größen dar. Da Experimente zur Beobachtung eines Vorgangs häufig nicht die Berücksichtigung der gesamten Domäne

erlauben, sondern auf einzelnen Punkte in Zeit und Raum beschränkt sind, werden mathematische Modellierungen und numerische Simulationen zwingend benötigt, um solche Nachteile zu umgehen, siehe **Abbildung 1** (Beispiel (III)). Experimentelle Informationen lassen sich durch mathematische Modelle beschreiben und in die Simulationen implementieren (Beispiel (III)), z.B. indem kommerzielle Software durch einen eigenen Code ergänzt wird, um eine Vorhersage für relevante Prozessparameter zu ermöglichen. In solchen Fällen, in denen sich keine Gleichungen formulieren lassen, kommen Methoden, die auf kognitiven Algorithmen, wie künstliche neuronale Netze, basieren, zur Anwendung (Beispiele (I) und (II)). Insbesondere lässt sich die Kombination unterschiedlicher Verfahren in hybriden Ansätzen hervorragend dazu nutzen, um die beschriebenen methodischen Beschränkungen zu umgehen und auch die zuvor genannten Faktoren wirtschaftlicher, ökologischer oder produktspezifischer Art berücksichtigen zu können.

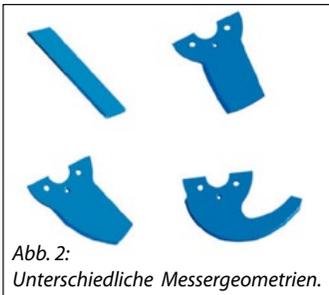


Abb. 2:
Unterschiedliche Messergeometrien.

(I) Im Kutterprozess wird eine systematische Optimierung durch den Vorschlag geeigneter Messergeometrien, siehe **Abbildung 2**, und Schneidgeschwindigkeiten erreicht. Dies führt zu einer verkürzten Prozesszeit und der Einsparung von Ressourcen unter Einhaltung einer hohen Qualität der Fleischmatrix.

(II) In der Simulation und Prädiktion des Mundgefühls wird es möglich, anhand der Zusammensetzung eines Lebensmittels das

sensorische Empfinden des Konsumenten vorherzusagen. Dies reduziert den Aufwand in der Produktentwicklung erheblich.

(III) Die Modellierung und Simulation des Detektionsprozesses von relevanten Mikroorganismen unterstützt die Entwicklung optimierter Geräte und Verfahren. Durch die Betrachtung unterschiedlicher Geometrien der Säule oder Strömungsparameter lässt sich z.B. die vorteilhafteste Säulengröße definieren, um eine zuverlässige und schnelle Detektion zu realisieren.

(IV) Die Hochdruckbehandlung von Lebensmitteln stellt einen innovativen Prozess der Haltbarmachung dar. Das Prozessdesign muss hier eine homogene – und damit auch sichere – Behandlung garantieren, um hochwertige Produkte zu erzielen. Letztendlich können hier Reaktoren entwickelt und kritische Kontrollpunkte identifiziert werden.

Die Forschungsvorhaben AiF 15658 N (I), AiF 15962 N (II), AiF 331 N (III) und AiF 16114 N (IV) der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn werden/wurden über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

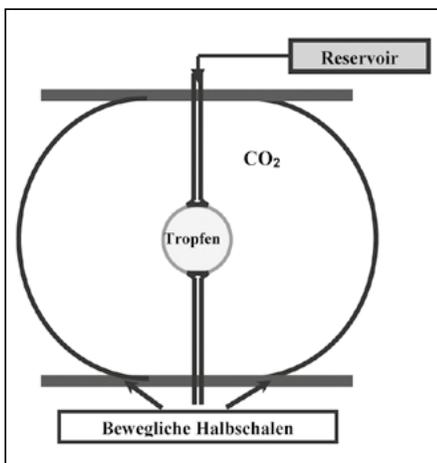
Stofftransport in überkritischem Kohlendioxid

Hu, M., Benning, R., Ertuğ, Ö., Neukam, J., Bielke, T., Delgado, A.
 Universität Erlangen-Nürnberg
 Department Chemie- und Bioingenieurwesen
 Lehrstuhl für Strömungsmechanik (LSTM)

Das Hauptanliegen des Vorhabens liegt in einem tieferen Verständnis der Mechanismen von Diffusion und Nukleation organischer Substrate in überkritischen Lösungsmitteln. Der Einsatz überkritischer Fluide in industriellen Prozessen, wie Extraktion und Partikeldesign, stellt ein immer verbreiteteres Verfahren dar, vor allem in der Lebensmittel- und Biotechnologie.

Im experimentellen Teil des Vorhabens wurde aufgrund seiner einzigartigen ökonomischen und ökologischen Bedeutung superkritisches Kohlendioxid als Lösungsmittel gewählt. Als Substrat kommt DL- α -Tocopherol zur Anwendung. Als grundlegende Stofftransportprozesse sollen Diffusion und Nukleation beobachtet werden. Da die mögliche Überlagerung mit konvektiven Vorgängen dies behindern würde, sind Untersuchungen nicht nur im Erdlabor, sondern auch unter kompensierter Gravitation notwendig. Da der Diffusionsvorgang aufgrund der gegebenen Diffusionskonstanten sehr langsam abläuft, wird für die Untersuchungen eine Langzeiteinrichtung wie die ISS benötigt. Das vorgestellte Projekt setzt sich zum Ziel, einen experimentellen Ansatz zu entwickeln, der sich für eine solche Einrichtung eignet. Der notwendige Nachweis der prinzipiellen Eignung sollte mittels Parabelflügen erfolgen. Erste Experimente unter Mikrogravitation wurden im Rahmen der 15. Parabelflugkampagne der DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) im März 2010 durchgeführt.

Der prinzipielle Aufbau, siehe **Abbildung 1**, der insbesondere die Beeinflussung der Diffusion durch das experimentell induzierte Strömungsfeld minimieren soll,



in deren Mitte ein Tropfen des zu lösenden Stoffes mit Hilfe einer Tropfensperre positioniert und fixiert wird. Das Zellvolumen wird durch zwei bewegliche Halbschalen an gegenüberliegenden Seiten der Zelle verringert, was durch den Temperatur- und Druckanstieg zu einem Wechsel der CO₂-Umgebung vom unterkritischen in den überkritischen Zustand führt. Die direkte Beobachtung und Auswertung der Diffusion durch optische Metho-

Abb. 1:
 Strömungsfelder in einer Säule.

den ermöglichen die vorteilhafte Gewinnung experimenteller und theoretischer Ergebnisse. Die Aufnahmen des Tropfens erfolgen mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera, zusätzlich werden Druck und Temperatur in der Zelle aufgezeichnet.

Die Untersuchungen im Erdlabor unter 1g-Bedingungen dienen als Referenz. Der Vergleich der Beobachtungen und Ergebnisse in beiden Ansätzen erlaubt die Separation und Identifizierung der bestimmenden Parameter sowohl unter Erdgravitation, d.h. mit Konvektion, als auch unter Mikrogravitation, also unter Ausschluss der Konvektion.

Um die Experimente unter kompensierter Gravitation während der Parabelflüge durchführen zu können, wurde eine sicherheitstechnisch zulässige Flugkonfiguration realisiert. Das Ziel der Parabelflüge bestand zunächst darin, erste Tests zur Funktionsfähigkeit des experimentellen Ansatzes unter Mikrogravitationsbedingungen durchzuführen. Neben der Tatsache, dass dieses Ziel erreicht wurde, konnten Ansätze für eine Weiterentwicklung des Experimentaufbaus definiert werden. Zur Vorbereitung auf eine weitere Parabelflugkampagne wird die Anlage derzeit insbesondere hinsichtlich des mechanischen Aufbaus und der Durchführung weiterentwickelt. Auch wenn sich zeigte, dass die Beobachtung der Diffusion mit dem gewählten Ansatz möglich ist, siehe **Abbildung 2**, ergibt sich doch das Interesse an einer quantitativen Messung. Dazu wird ein Interferometer integriert, das diese Zielsetzung realisiert.

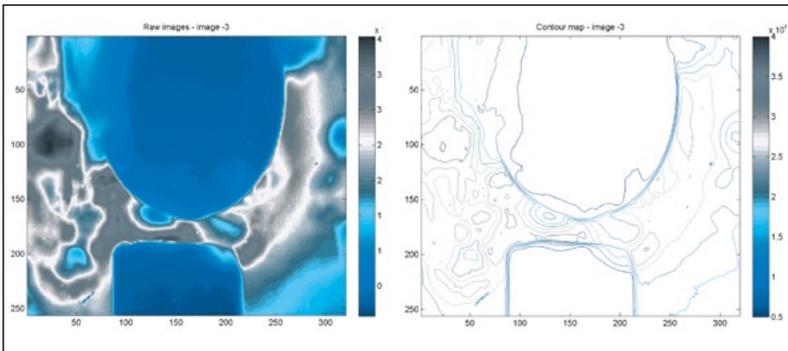


Abb. 2: Tropfenaufnahmen nach Bildbearbeitung mit Helligkeitsfeld (links) und Konturen (rechts).

Die modifizierte Versuchsanlage soll im März 2011 im Rahmen der 54. Parabelflugkampagne der ESA getestet werden.

Dieses Vorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt unter der Vorhabenummer 50WM0840 gefördert.

Moderne Trends in der Wein-Aromaanalytik: Von der Zielkomponentenanalyse zu Profiling-Analysen

Schmarr, H.-G.¹, Ganß, S.¹, Fischer, U.¹, Koschinski, S.¹, Bernhard, J.², Durner, D.¹

¹DLR Rheinpfalz, Gruppe Oenologie, Neustadt an der Weinstraße

²Universität Greifswald, Institut für Mikrobiologie

Seit Martin und Synge im Jahre 1941 die Möglichkeit formulierten, flüchtige Substanzen in einer Säule an imprägnierten Gelen mittels eines Permanentgases zu trennen [1], ist die Entwicklung dieser Analysetechnik extrem vorangeschritten und heutzutage gehört die Gaschromatographie (GC) zum Standardrepertoire eines analytischen Labors. Die klassische Bestimmung von Zielkomponenten in Stoffgemischen gehört heute nach wie vor zu den Hauptanwendungsgebieten und profitiert insbesondere von den Entwicklungen seitens der Trennsäulen, der Detektionstechniken und dem Fortschritt in der elektronischen Datenverarbeitung. Die eindimensionale GC (1D-GC) kommt jedoch bei der Analyse komplexer Stoffgemische bald an ihre Grenzen und so haben spezifische Detektionsverfahren wie auch die vor der Analyse eingesetzten Probenvorbereitungsschritte eine entsprechende Bedeutung. Neben der Kopplung der GC mit der Massenspektrometrie, die nicht nur zur selektiven Detektion von Zielkomponenten, sondern allgemein auch zur Strukturabklärung eingesetzt werden kann, war ein wichtiger Meilenstein in der weiteren Entwicklung der Einführung multidimensionaler Verfahren. Insbesondere durch Verwendung orthogonaler Trennmechanismen wird die Trennleistung erhöht und die Auftrennung strukturell ähnlicher Substanzen auch in komplexen Stoffgemischen möglich. Die klassische Multidimensionale Gaschromatographie (MDGC, eigentlich 2D-GC) ist als sogenannte „heart-cut“-Technik daher für viele Fragestellungen eine Standardanwendung und wird im Bereich der Wein-Aromaanalytik, z.B. bei der Identifizierung der geruchsaktiven Komponenten nach vorangegangener Aromaextrakt-Verdünnungsanalyse, insbesondere aber auch bei der enantioselektiven Analyse chiraler Aromastoffe eingesetzt. Andere Einsatzgebiete sind die Quantifizierung von klassischen Impact-Komponenten, wie z.B. dem 2-Aminoacteophenon, der Leitkomponente des untypischen Alterungstons in Weißwein [2].

Wesentlich komplexer zusammengesetzte Proben oder Fragestellungen erschließen sich dagegen nicht alleine durch eine erweiterte Zielkomponentenanalyse, sondern erst durch die Anwendung einer „echten“ multidimensionalen Technik, der sogenannten umfassenden (engl. *comprehensive*) zweidimensionalen Gaschromatographie. Diese als GCxGC bezeichnete Technik wurde 1991 von Liu und Philips eingeführt [3]. Im Unterschied zur MDGC, werden bei der GCxGC die von einer ersten Trennsäule eluierenden Substanzen beinahe kontinuierlich in einer schnellen zweiten Trennsäule orthogonaler Polarität aufgetrennt. Die damit verbundene Steigerung der Peakkapazität ist erheblich (multiplikativ) und liefert darüber hinaus einen strukturierten Trennraum, der Prognosen für unbekannte Substanzen aufgrund strukturell bedingter Muster im Chromatogramm erlaubt. Im Zusammenhang mit der Untersuchung zur Mikrooxygenierung von Rotweinen wurde das Spektrum der flüchtigen Stoffe von Mikro- bzw. Makrooxygenierten Rotweinen mittels einer HS-SPME-GCxGC-MS-Methode analysiert und die stoffliche Veränderung des „Gärungs-metaboloms“ mittels eines „Image-Processing“-Verfahrens und multivariater Statistik

untersucht [4]. Erste Ergebnisse aus dieser Arbeit lassen deutlich die Auswirkung des Sauerstoffes auf die Ausprägung des „Aromas“ (hier der Zusammensetzung des Profils der flüchtigen Verbindungen) erkennen und erlauben sowohl eine Gruppierung von Versuchsvarianten **Abbildung 1** als auch die Identifizierung der zugrundeliegenden chemischen Veränderungen in der Zusammensetzung der Aromastoffe [5].

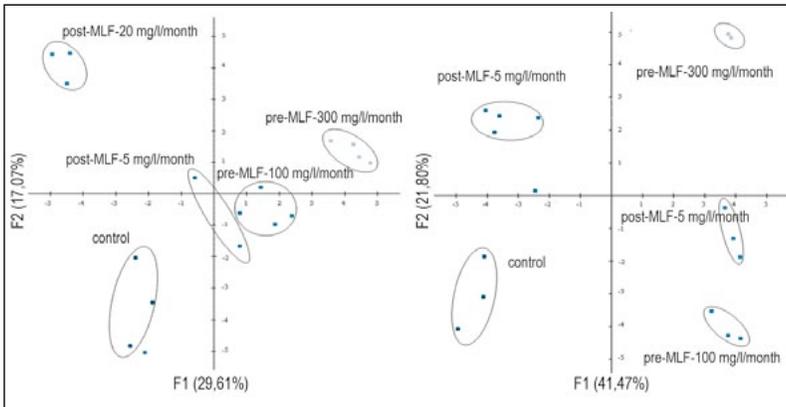


Abb. 1: PCA-Auswertung der „Aromaprofile“ nach vorangegangener HS-SPME-GCxGC-MS Analyse von Cabernet Sauvignon (links) und Dornfelder Rotweinen (rechts) mit unterschiedlichen Ausbauvarianten (Variation der Zugabemenge und des Zeitpunktes des Sauerstoffes).

Literatur

- [1] Martin, A. J. P., Synge, R. L. M., *Biochem. J.*1941, 35, 1358.
- [2] Schmarr, H.-G., Ganß, S., Sang, W., Potouridis, T., *J. Chromatogr. A*2007, 1150, 78.
- [3] Liu, Z., Phillips, J. B., *J. Chromatogr. Sci.*1991, 29, 227.
- [4] Schmarr, H.-G., Bernhardt, J., *J. Chromatogr. A*2010, 1217, 565.
- [5] Schmarr, H.-G., Bernhardt, J., Fischer, U., Stephan, A., Müller, P., Durner, D., *Anal. Chem.*2010, 672, 114.

Das Forschungsvorhaben AiF 14788 N der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

The use of bentonite as fining product found to be a useful tool to reduce the amount of biogenic amines in wine

Herr, P., Sommer, S., Fischer, U.

*¹DLR Rheinpfalz, Departement of Viticulture and Oenology,
Neustadt an der Weinstraße*

1. Introduction

Biogenic amines are formed at different vinification stages due to the metabolism of various yeast and bacteria strains. Some biogenic amines found in wine have toxic effects on organisms. To influence this wine quality-limiting factor and to assure that wines with initial high amine content will meet future standards, treatments must be found. Therefore several bentonite preparations have been examined according to their reducing capacity regarding biogenic amines.

Since 1954 bentonite is used to achieve protein stability via the absorption of positive charged substances like proteins. Biogenic amines are weak bases and should therefore be absorbed in an analogous manner by bentonite. The first positive results have already been reported in the late sixties [1]. In this study the maximum decrease of 90% histamine could be achieved.

2. Materials and methods

Three bentonites (Na-, Ca-, NaCa- bentonite) in three concentrations (0.5g/L, 1 g/L and 1.5 g/L) were added to a white wine (blend, vintage 2008) prior bentonite treatment spiked with 10 mg/L of histamine, cadaverine, putrescine and phenylethylamine respectively. All trials were conducted in three repetitions at two pHs (3.2 and 3.8) using 50 mL Falcon tubes (Greiner Bio-One, Kremsmünster, Austria). Quantitative determination of biogenic amines was carried out by HPLC-FD according to modified methods proposed by Pfeiffer and Radler, Pfeiffer [2-3]. The sensory impact of biogenic amines as well as bentonite treatment on white wine was evaluated using descriptive sensory analysis with eleven trained judges in two repetitions. Sensory data acquisition and analysis (ANOVA) was realized with the FIZZ software (Acquisition / Calculation, V.2.40, Biosystems, France). Statistical analysis of the bentonite adsorption capacities were performed with XLSTAT 2008 (Addinsoft, Andernach, Germany).

3. Results and discussion

3.1. Reduction of biogenic amines as a function of type and concentration of bentonite and wine pH.

It could be shown that the initial amount of histamine can be reduced up to a final level under 2 mg/L using 1.5 g/L Na- or NaCa-bentonite. This reduction is independent of wine pH. Comparing all applied biogenic amines, histamine shows the highest reduction rate of 86% by treating the wine with 1.5 g/L Na-bentonite. Results for the treatment with 1.5g/L are shown in **Table 1**. Higher bentonite concentrations do not lead to further reductions of the examined biogenic amines (data not shown).

Table 1: Results of biogenic amine depletion as a function of bentonite-type and pH (bentonite concentration 1.5 g/L)

bentonite		histamine			putrescine		
		pre treatment	post treatment	depletion [%]	pre treatment	post treatment	depletion [%]
Ca-bentonite	pH 3.2	9.25	3.20	65.35	11.32	8.29	26.78
	pH 3.8	9.63	3.59	62.72	10.20	8.32	18.43
NaCa-bentonite	pH 3.2	9.25	1.61	82.57	11.32	6.54	42.20
	pH 3.8	9.63	1.87	80.57	10.20	6.88	32.55
Na-bentonite	pH 3.2	9.25	1.31	85.81	11.32	6.37	43.76
	pH 3.8	9.63	1.32	86.29	10.20	6.36	37.65
bentonite		cadaverine			phenylethylamine		
		pre treatment	post treatment	depletion [%]	pre treatment	post treatment	depletion [%]
Ca-bentonite	pH 3.2	10.88	7.62	30.01	11.05	9.41	14.81
	pH 3.8	10.51	7.75	26.23	11.13	8.82	20.72
NaCa-bentonite	pH 3.2	10.88	6.09	44.03	11.05	8.89	19.56
	pH 3.8	10.51	6.54	37.74	11.13	9.28	16.58
Na-bentonite	pH 3.2	10.88	6.07	44.19	11.05	10.88	1.55
	pH 3.8	10.51	6.36	39.46	11.13	8.67	22.07

Cadaverine and putrescine show similar behaviors. Depletion is more successful at lower pH and there is no significant difference between NaCa- or Na-bentonite (**Table 2**). Compared with the other biogenic amines phenylethylamine shows the lowest affinity. Neither pH nor the type of bentonite have a significant influence. Highest depletion is in this case 22 % at pH 3.8 after treatment of the wine with 1.5 g/L Na-bentonite.

Table 2. ANOVA over type of bentonite, bentonite concentration and pH for the four investigated biogenic amines (different letters indicate significant differences between the modalities)

category		histamine	putrescine	cadaverine	phenylethyamine
bentonite	Ca	A	A	A	A
	Na	B	B	B	A
	NaCa	C	B	B	A
concentration [g/L]	0.5	A	A	A	A
	1	B	B	B	A
	1.5	C	C	C	B
pH	3.8	A	A	A	A
	3.2	A	B	B	A

3.2. Sensory characteristics of some chosen modalities

To explain differences between basewine (W1), basewine treated with 1 g/L NaCa-bentonite (W2) and basewine spiked with 10 mg/L of each biogenic amine (W3) descriptive sensory analysis was used. The results are shown in **figure 1**. The white wine without bentonite treatment (W1) is explained by the in-mouth-attribute fruity at the same time with a negative correlation with intense and sharp acidity perception. The bentonite treated white wine is explained by passion fruit, apple and green banana but is also showing a harsh mouthfeel. Wine three is explained via the attribute bitter showing negative correlation to fruity flavours. The results show that a white wine charged with biogenic amines lead to a higher bitter perception. Even if its possible to reduce the amount of biogenic amines in white wine by bentonite treatment this treatment might also affect the sensory perception increasing acid intensity and harsh mouth feel as well as decreasing fruitiness in the mouth.

4. Conclusion

The use of bentonite can be considered a useful tool to reduce the amount of biogenic amines in wine. Best results can be obtained with Na-bentonite. Under winemaking conditions in Germany only NaCa-bentonite is allowed. Even so the absorption capacity is good enough to reduce histamine, putrescine and cadaverine. Only phenylethylamine shows low depletion ranges.

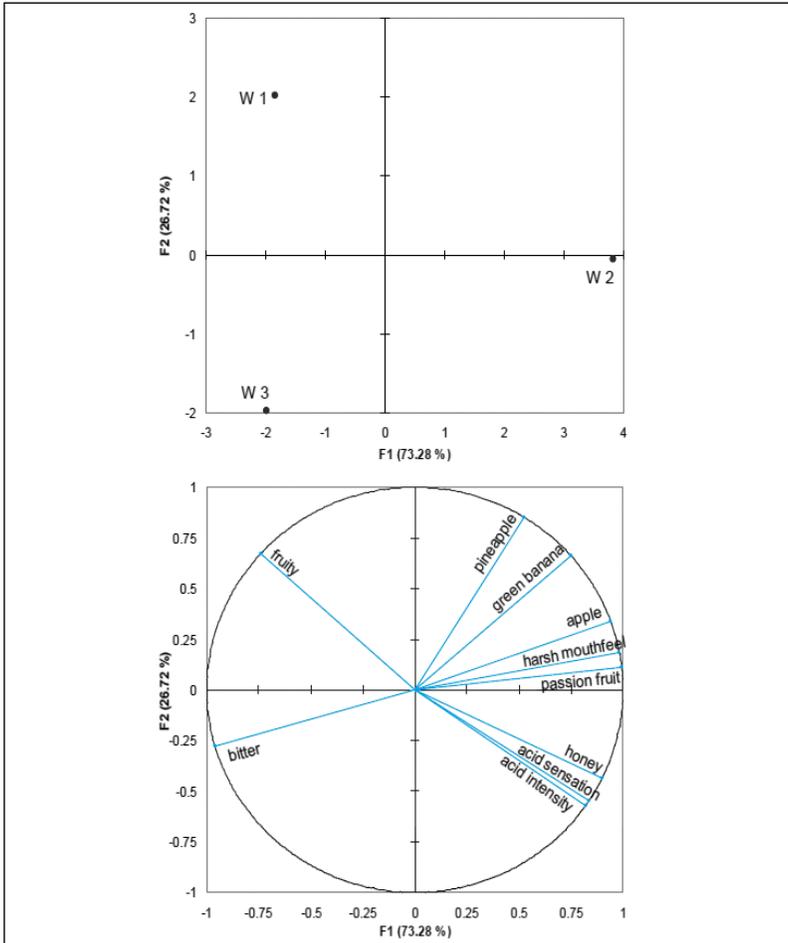


Figure 1: PCA of three white wines explained with ten sensory attributes.

References

- [1] Jakob, L., Weinberg und Keller (15) (1968) 555.
- [2] Pfeiffer, P., Radler, F. Am.J.Enol.Vitic. (4) (1992) 315.
- [3] Pfeiffer, P. Deutsche Lebensmittelrundscha (2) (1996) 39.

Das Forschungsvorhaben AiF 15833 N der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Determination of aroma relevant thiols in wines based on a gas chromatographic analysis using large volume injection and pulsed flame photometric detection

Koschinski, S., Pan, S., Sang, W., Potouridis, T., Fischer, U., Schmarr, H.-G.
DLR Rheinpfalz, Abteilung Weinbau und Oenologie,
Neustadt an der Weinstraße

Volatile thiols such as 4-mercapto-4-methylpentan-2-one (4MMP), 3-mercaptohexanol (3MH) and 3-mercaptohexylacetate (3MHA) play a keyrole in the aroma of food products and especially in the aroma of some *Vitis vinifera* wines. An analytical determination of these compounds still remains a tedious task. The goal of this work was to develop a method for trace- and non trace-level determination of such important volatile thiols in winematrix.

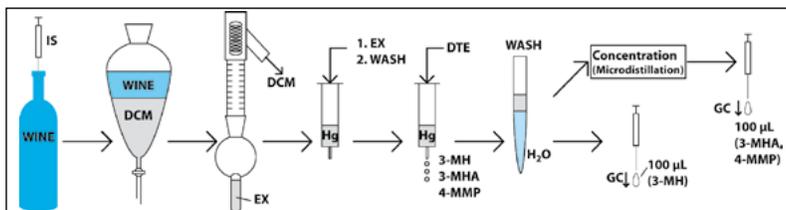


Figure 1: Sample preparation. IS (internal standards), DCM (dichloromethane), EX (concentrated extract), Hg (Affi-Gel 501), DTE (dithioerythritol).

The sample preparation is shown schematically in **Figure 1** and based on extraction and enrichment of thiols by covalent chromatography using a mercury-bonded agarose gel (Affi-Gel 501) as described earlier [1-2].

The thiol containing extract was analyzed using the capillary gaschromatography system shown in **Figure 2** equipped with a pulsed flame photometric detector (PFPD) running in sulfur-selective mode. A programmed temperature vaporizing injector (PTV) was used in cold on-column mode and modified for large volume injection. The carrier gas used was hydrogen in constant flow mode (4 mL min^{-1}). Considering the limited dynamic range of the PFPD, two 100 μL injections (one before (3-MH) and one after the final concentration step (4-MMP, 3-MHA)) allowed non-trace and trace-level analysis of the thiols.

Quantification was carried out using an internal standard (IS) method. 6-Mercaptohexanol (6-MH) was commercially available and used as an internal standard for 3-MH. 6-Mercaptohexylacetate was synthesized by acetylation of 6-MH following standard procedures (IS for 3-MHA). For 4-MMP, the highly deuterated isotopologue [$^2\text{H}_{10}$]-4-mercapto-4-methylpentan-2-one (4-MMP-d10) was synthesized in-house according to a procedure published earlier [3].

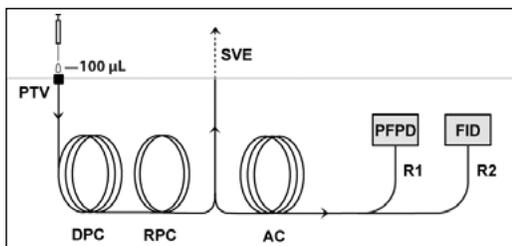


Figure 2: Capillary gas chromatography system with a pre-column system suited for large volume injection. DPC deactivated pre-column; 10 m x 0.53 mm i.d. phenylmethyl silylated, RPC retaining pre column; 2 m x 0.32 mm i.d. coated with 0.5 µm polyethylene glycol, SVE solvent vapor

exit; 0.75 m x 0.32 mm i.d.; closed by connecting to a restriction capillary (0.75 m x 0.05 i.d.), AC analytical column; 28 m x 0.32 mm i.d. coated with 0.5 µm polyethylene glycol, R1 and R2 restriction capillaries; 0.3 m x 0.32 mm i.d. (1) and 1.0 m x 0.32 mm i.d. (2) phenylmethyl silylated, splitting the GC-effluent in favor of the PFPD in a ratio of 3 : 1.

Quantification of 3-MH and 3-MHA based using the constitutional isomers 6-MH and 6-MHA was critical. During recovery studies, these compounds clearly performed differently, thus representing non-ideal internal standards for this purpose.

However, quantification of 4-MMP based on its isotopologue 4MMPd10 in a stable isotope dilution assay (SIDA) was successful. The SIDA approach is possible without a mass spectrometric detector, due to the strong inverse isotopic effect which provides chromatographic baseline separation.

The described approach is based on sample preparation by aroma extraction and enrichment of thiols using mercury bonded Affi-Gel 501. Combination of large volume on-column injection and sulfur sensitive and selective detection via PFPD is a promising variant, as no (expensive) mass spectrometric detector is needed. However, this presupposes good separation of analytes and IS used, preferably being the isotopologues.

References

- [1] Full, G. and P. Schreier, Covalent chromatography. A valuable method for the aroma analysis of thiols at trace levels. *Lebensmittelchemie*, 1994. 48(1): p. 1-4.
- [2] Schneider, R. et al., Quantitative Determination of Sulfur-Containing Wine Odorants at Sub Parts per Billion Levels. 2. Development and Application of a Stable Isotope Dilution Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003. 51(11): p. 3243-3248.
- [3] Howell, K.S. et al., Variation in 4-mercapto-4-methyl-pentan-2-one release by *Saccharomyces cerevisiae* commercial wine strains. *FEMS Microbiology Letters*, 2004. 240(2): p. 125-129.

Das Forschungsvorhaben AiF 15833 N der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Dissemination, typing and PCR detection of bacteriophages infecting *Leuconostoc* flavour cultures

Ali¹, Y., Neve¹, H., Niehus¹, C., Atamer², Z., Hinrichs², J., Heller¹, K.J.

Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie

¹Max-Rubner-Institut, Department of Microbiology and Biotechnology, Kiel

²University of Hohenheim, Institute of Food Science and Biotechnology

Complex starter cultures used in dairies are composed of different types of bacterial strains. At the beginning of the fermentation, *Lactococcus lactis* strains with high proteolytic activity will decrease the pH by homofermentative lactic acid fermentation. These activities of the acid-producing cultures will stimulate the subsequent growth of *Leuconostoc* strains. *Leuconostoc* strains are usually minor components in these defined or undefined mixed-strain starter cultures. They play an important role as flavour producers (but not as lactic acid producers), as they metabolize citrate in milk, resulting in the production of flavour compounds (e.g. diacetyl). Furthermore, carbon dioxide is produced during citrate metabolism and also during heterofermentative lactose metabolism. This CO₂-production contributes significantly to the generation of an optimal open texture in soft ripened cheeses and to eye formation in cheeses. Infection of these important flavour starter cultures by lytic bacteriophages will cause variation of product quality and defects of texture and flavour.

We have shown that *Leuconostoc* phages capable of infecting and lysing the flavour cultures are widely disseminated in dairy samples. It is notable that *Leuconostoc* phages were detected in 11 of 26 dairies. Phages were found in samples of whey, cheese brine and also in the corresponding dairy products in low or average titers (i.e., 10²-10⁷ plaque-forming units per ml). The majority of the phage population could infect *Ln. pseudomesenteroides* strains. Phages infecting *Ln. mesenteroides* cultures were also detected.

Since *Leuconostoc* strains do not contribute significantly to lactic acid production, phage infection of these cultures cannot be detected conventionally by measuring disturbances of their acidifying activities. In order to develop appropriate phage control tools, an in-depth genomic analysis of these phages was performed. Phages could be subgrouped into two genotypes. Phages from both genotypes were genetically different except for a short DNA region within their gene modules coding for the structural proteins. A pair of PCR primers was designed for this conserved DNA region allowing the concomitant detection of all phages from both genotypes.

Das Forschungsvorhaben AiF 15886 N der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Confocal Laser Scanning Microscopy as a promising Tool in Cereal

Jekle, M., Becker, T.

Technische Universität München, Institute of Brewing and Beverage Technology, Workgroup Cereal Process Engineering

The effects of different ingredients and production parameters on dough and baked products are evaluated in a lot of studies by analyzing bread quality parameters e.g. rheology, loaf volume and crumb firmness. However, less work was done about alteration of the visual structure of flour fractions (protein, starch). Analyzing the microstructure of proteins and starch in dough and baked goods would enlarge the knowledge in cereal science.

Therefore a confocal laser scanning microscope (CLSM) was used to examine the protein and starch distribution. The CLSM is a promising tool to examine protein and starch distribution without a special preparation of the samples. This enables the visualization of structural elements (e.g. starch and protein) without the necessity to prepare the samples by fixing and dehydration. This allows the dynamic observation of the considered elements (region of interests) in their original environment. Furthermore the acquisition of 3D images due to vertical z-stacks is enabled.

The micrographs were acquired with a Nikon Ti-E microscope in combination with an e-C1 plus confocal system. An excitation wavelength of 543 nm of a green HeNe laser was utilized to detect the protein phase dyed with Rhodamine B and the starch phase with PAS (detector 590/50 nm). Nile Blue was used to examine the protein phase and simultaneously starch granules in dough and crumb samples (red HeNe laser, 635 nm). The micrographs of the microstructure occupied an area of 212 x 212 μm .

Different raw materials (wheat and rye flour) and the variation of the properties of protein and starch during baking were examined. The results clearly showed the transition of starch granules due to the thermal effect during baking. The size and shape of the starch granules altered due to gelatinization and incorporation of free water.

As a further investigation changes in the microstructure of wheat dough owned to different water additions were analyzed. The CLSM micrographs of the protein phase were assessed with the image processing and analyzing open source imageJ and the results were correlated with fundamental rheology. In wheat dough the composition and the spatial orientation of the gluten protein are of particular importance for its rheological and textural properties. The results submitted an innovative new view on the phase distribution of the protein network in dough which varies significantly with different water content. The area fraction of the proteins correlated high significantly ($r=0.990$; $p \leq 0.01$) as a linear function of the complex shear modulus of the rheological examinations (as a function of dough stiffness).

In summary the results submit a novel view on the microstructure and phase distribution of dough and bread crumb. The usage of CLSM has proven to be a powerful tool for examining dough microstructure.

Das Forschungsvorhaben AiF 16013 N der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Rheological Alteration of Wheat Dough due to Sodium Chloride Addition

Beck, M., Jekle, M., Becker, T.

Technische Universität München, Institute of Brewing and Beverage Technology,
Workgroup Cereal Process Engineering

Wheat dough is generally regarded as a complex material composed of a protein network in which starch granules and insoluble flour particles are dispersed. Whereby, wheat starch granules assign to take a more multilayered role in dough compared with inert filler. Concerning wheat protein the unique capability of gluten building up a network structure is well-known. The appearance of visco-elastic wheat dough properties is largely addicted to the gluten molecules. It is widely accepted that glutenin contributes mainly to glutenin elastic properties, while gliadin contributes primarily to gluten's viscous properties. Due to the protein network formation wheat dough is able to retain gas, producing aerated bread texture.

Variations in the processing conditions, such as water content, mixing procedure and time as well as ingredients (such as NaCl) have large effects on measurable rheological dough properties. To describe the impact of various ingredients in dough different rheological approaches are typically used. Empiric dough rheological properties can be tested on the one hand by recording z-blades mixers (e.g. farinograph or mixograph) and on the other hand with load-extension tests (e. g. extensograph or alveograph). While these machines are used for quality control in bakery and milling industries, they only little conform the requirements of fundamental rheological measurements systems of controlled stress and strain conditions. To obtain dough characteristic parameter, it is beneficial to use rheological measurement under conditions which do not largely affect nor destroy structure of the dough system. For this intention oscillatory measurements with small amplitudes are appropriate.

High intake of sodium is discussed to be associated with high blood pressure and an increased possibility of cardiovascular disease and therefore under critical consideration. However, NaCl is an important ingredient in bakers recipe. On this account the aim of the current work was to analyse the effect of various NaCl contents (0-4 g NaCl 100 g⁻¹ flour) on creep recovery test in wheat dough systems. Characterising viscous flow, elastic and visco-elastic behaviour creep measurement data were analysed with a rheological model called burger model.

Rheological alteration due to NaCl addition occurred mainly based on protein network formation, as visualized by confocal laser scanning microscopy (CLSM). These effects are due to neutralization of the charge repulse of amino acids on the surface of the gluten proteins by sodium and chloride ions. With increasing NaCl addition (0-4 g NaCl 100 g⁻¹ flour) the instantaneous elastic modulus (J_0) increased from 2.4 10^{-6} to 39.8 10^{-6} Pa⁻¹. Since the instantaneous elastic modulus (J_0) reflects the extent of bondings between the gluten proteins an increase in the elasticity can be described by shielding of protein charges due to NaCl addition. The coefficient of viscosity associated with viscous flow referred to as zero shear viscosity (η_0), which is the viscosity at the steady-state (the terminal region of the creep phase) was highest for pure wheat dough (0 g NaCl 100 g⁻¹ flour). This may be an effect of free moving particle

in an aqueous suspension as in wheat dough without NaCl due to less cross-linking of proteins, resulting in higher flowability. Whereby, η_0 decreased high significantly ($p \leq 0.01$) with rising NaCl addition (0 g - 4 g NaCl 100 g⁻¹ flour) by 35%. Since protein cross-linkings increased with NaCl addition and the particles mobility changed to less motion.

In summary rheological models as the burger model are adaptive for analysing wheat dough systems since the model illustrates the facility to realize and deconstruct complex food systems like dough.

Das Forschungsvorhaben AiF 16015 N der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Adaption der milchsäuren Fermentation an Triticale-Würze am Beispiel von *Lactobacillus casei*

Qian¹, F., Muñoz Insa, A., Gastl, M., Becker, T.

Technische Universität München, Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Einleitung

Milchsäurefermentation wird bei der Herstellung von alkoholfreien Getränken oft eingesetzt. Neben der Haltbarmachung sprechen vor allem eine sensorische und ernährungsphysiologische Qualitätsverbesserung des Fertigproduktes für diese Technik. Ziel dieses Projekts ist es, ein hopfenhaltiges, lichtstabiles, alkoholfreies Getränke herzustellen. In dieser Arbeit wird eine Vorgehensweise zur Adaption milchsäurer Fermentation an ein Würzemedium beschrieben.

Als fakultativ heterofermentatives Milchsäurebakterium bildet *Lactobacillus (Lb.) casei* reines ernährungsphysiologisch wertvolles L(+)-Laktat. *Lb. casei* wird bei Fermentationen von Milchprodukten oft eingesetzt. Die hier vorgestellte Versuchsreihe soll Informationen liefern, wie der Fermentationsprozess von Triticale-Würze technologisch gestaltet werden kann. Das Hauptaugenmerk gilt hierbei einer maximalen Laktatbildung; gleichzeitig soll ein schnelles hohes Zellwachstum erreicht werden.

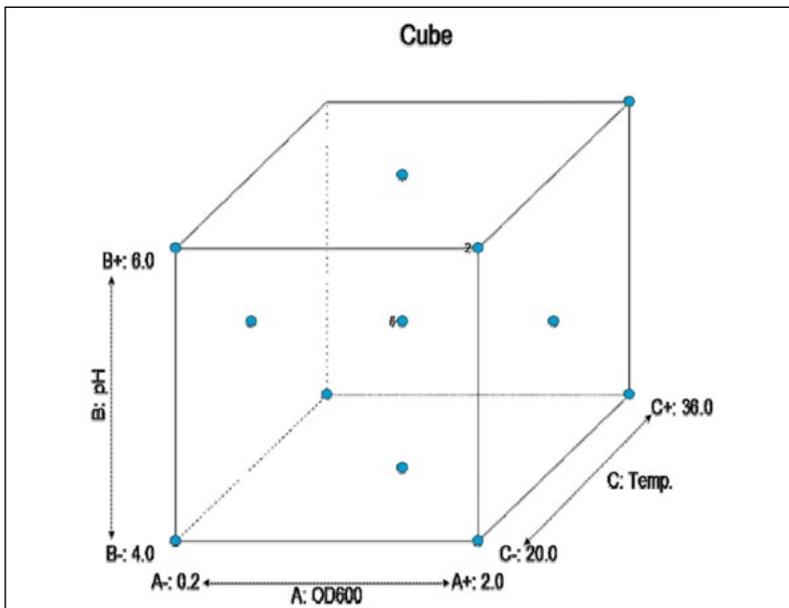


Abb. 1: Teilfaktorieller Versuchsplan mit drei Einflussfaktoren, die geometrisch einen Würfel bilden.

Versuchsaufbau

Aus Triticale-Malz wurde eine 12 %ige Würze hergestellt. Die anschließende Fermentation findet in 180 ml Bügelverschlussflaschen im Labormaßstab statt. Die drei wichtigsten Fermentationsparameter (Temperatur, Inokulum, Substrat-pH-Wert) wurden durch vorangehende Screeningsversuche festgelegt. Zur Versuchsplanung wurde die Response Surface Methodology (RSM) eingesetzt. Die Verwendung eines Statistischen Softwareprogramms ermöglicht es, wissenschaftliche Versuche durchzuführen, mit der Möglichkeit Modelle zu berechnen und Vorhersagen zu treffen.

Tab. 1: Parameterkombinationen

Standard-Nr.	OD ₆₀₀	Substrat-pH	Temperatur [°C]	Standard-Nr.	OD ₆₀₀	Substrat-pH	Temperatur [°C]
1	0,2	4,0	20	11	1,1	4,0	28
2	2,0	4,0	20	12	1,1	6,0	28
3	0,2	6,0	20	13	1,1	5,0	20
4	2,0	6,0	20	14	1,1	5,0	36
5	0,2	4,0	36	15	1,1	5,0	28
6	2,0	4,0	36	16	1,1	5,0	28
7	0,2	6,0	36	17	1,1	5,0	28
8	2,0	6,0	36	18	1,1	5,0	28
9	0,2	5,0	28	19	1,1	5,0	28

Die Faktoren wurden jeweils über drei Level variiert und der Zentralpunkt wurde fünfmal wiederholt (**Abbildung 1**). Daraus ergeben sich insgesamt 19 Versuchsansätze. Zusätzlich wurden zur Kontrolle zwei Versuche (K1 und K2) durchgeführt. Die Parameterkombinationen werden zufällig zugewiesen (vgl. **Tabelle 1**).

Betriebsbesichtigung

Betriebsbesichtigungen

Zum Abschluss der FEI-Jahrestagung 2010 fanden zwei spannende Betriebsbesichtigungen statt:

Maschinenbau für den Weinbau: Scharfenberger GmbH & Co. KG

Langjährige Erfahrung rund um den Weinbau, Offenheit für innovative Lösungen und höchste Ansprüche an die eigenen Produkte – diese Eigenschaften sind „typisch Scharfenberger“. So hat sich das im Jahre 1928 gegründete pfälzische Familienunternehmen mit Sitz in Bad Dürkheim an der Weinstraße im Laufe der Zeit zu einem der führenden Komplettanbieter im Bereich Traubenverarbeitung entwickelt.



Das Produktprogramm von Scharfenberger umfasst neben den Europress-Traubenpressen hochwertige Systeme zum Maische- und Trestertransport, Ganztraubenförderbänder, Selektionslinien und Annahmestationen, Vibrations- und Selektionstische sowie Abbeermaschinen. Die Europress-Traubenpressen sind mittlerweile in 16 verschiedenen Größen von 6 bis 320 hl als offenes, geschlossenes und duales Press-System erhältlich. Eine Innovation auf dem Pressenmarkt ist die im Jahr 2010 vorgestellte Europress-Cool mit Druckfermentereinheit, die

hervorragend für Maischestandzeiten und Maischegärung nach dem Druck-Wechsel-Verfahren geeignet ist.

Wie Rudolf Fischer, Leiter Entwicklung und Konstruktion, den Teilnehmern bei der Besichtigung erläuterte, ist ein weiteres wichtiges Standbein im Hause Scharfenberger der Bereich Anlagenbau, der sich mit der Planung, Beratung und Realisation kompletter Kelterhauslösungen von der Traubenannahme bis zum Weinlagerbereich befasst. Zur Komplettierung der Produktpalette ist das Familienunternehmen seit über 30 Jahren als Generalvertreter mit dem Vertrieb und dem Service der Braud-Traubenerntemaschinen in Deutschland, USA und Österreich betraut. In enger Zusammenarbeit mit der Firma Braud, dem führenden Hersteller mechanisierter Erntesysteme, hat Scharfenberger die Traubenerntemaschine mit seitlicher Entleerung und Abbeermaschine speziell für den deutschen Markt entwickelt.

Seit März 2007 ist Scharfenberger nach DIN EN ISO 9001:2000 und Druckgeräterichtlinie 97/23/EG zertifiziert. Aktuell zählt das Familienunternehmen über 90 Mitarbeiter und ist weltweit aktiv mit einem Händlernetz, das sich über alle Weinbaugebiete der Welt erstreckt.

www.scharfenberger.de

Im Anschluss an die Besichtigung bei Scharfenberger Maschinenbau führen die Teilnehmer nach Wachenheim an der Weinstraße, um bei der dort ansässigen Winzergenossenschaft das von Scharfenberger komplett geplante und realisierte neue Kelterhaus zu besichtigen:

Höchste Weinqualität aus neuem Kelterhaus: Wachtenburg Winzer eG

Vor über 100 Jahren haben sich 53 Winzerfamilien aus Wachenheim zusammengefunden, um eine neue Art des Familienbetriebes zu schaffen: ein Mehrfamilienbetrieb – eine Winzergenossenschaft. Heute pflegen und ernten 80 Winzerfamilien auf einer Weinbergfläche von 330 ha in und um Wachenheim verschiedene Traubensorten: Auf fast der Hälfte der Fläche wird Riesling angebaut; ein Viertel der Fläche teilen sich Portugieser, Dornfelder und Spätburgunder, auf einem weiteren Viertel werden sonstige Rebsorten geerntet. Schon seit ihrer Gründung 1910 setzt die Winzergenossenschaft auf Qualität und Innovation. Um den heutigen Qualitätsstandard der Wachtenburg Winzer weiterzuentwickeln, waren der im Sommer 2010 fertiggestellte Neubau des Kelterhauses und die Investition in neue technische Anlagen notwendig geworden.

Im neuen Kelterhaus werden zur Schonung des Leseguts nun Förderbänder statt Pumpen eingesetzt. Der Neubau bietet zudem ausreichend Möglichkeit, zukünf-

tig weitere qualitätsverbessernde Maßnahmen einzusetzen. Bei der Ganztraubenpressung verzichtet man auf das Abbeeren, die Traube wird als Ganzes gepresst. Dadurch werden die Säure, die Frische und die Frucht eines Weißweines intensiviert. Die Rotweinherstellung erfolgt ganz traditionell durch Maischegärung, bedient sich aber moderner Techniken, wie dem Überschwall- oder dem Tauchverfahren, die für farbintensive Rotweine sorgen.



Neben den qualitätssteigernden Maßnahmen in der Verarbeitung wurde die Annahmekapazität von täglich 200.000 kg auf 300.000 kg erhöht. Dadurch kann bei kurzfristig einsetzender Witterungsänderung nun schneller reagiert werden. Trauben können also zum genau richtigen Zeitpunkt geerntet und verarbeitet werden – und nicht erst dann, wenn die Annahmekapazität es zulässt.

Bei der Planung der neuen Kelterhalle wurde auch auf die Atmosphäre der Räume Wert gelegt: Viel Tageslicht, eine Aussicht auf die Weinberge und die Offenheit der Räume unterstützen die Transparenz in allen Bereichen. Nach dem anschaulichen Einblick in die Traubenverarbeitung lud Kellermeister Werner Reichert die Teilnehmer zu einer Weinprobe ein.

www.wachtenburg-winzer.de

Bilder von der Jahrestagung



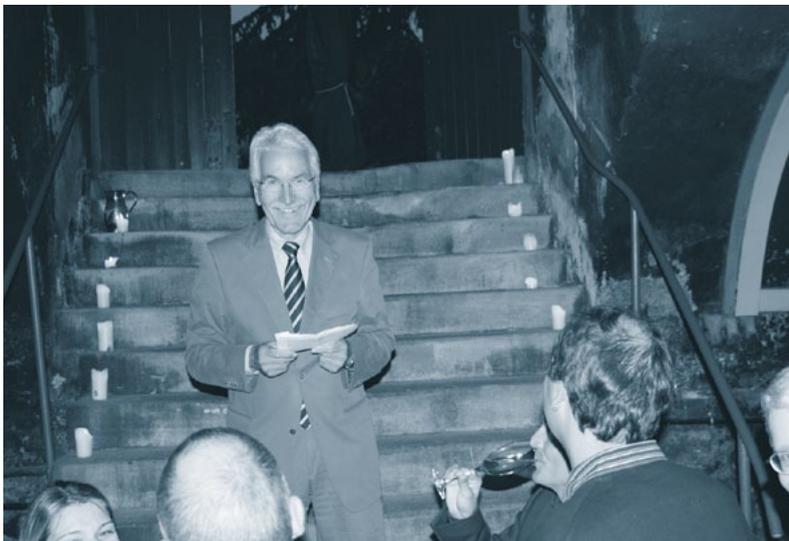
Der FEI-Vorstand in Neustadt a.d. Weinstraße: Prof. Peter Schieberle (1. Stv. Vorsitzender), Dr. Udo Spiegel, Dipl.-Ing. Reiner Küster, Dipl.-Ing. Karl Eismann, Dr. Jürgen Kohnke (FEI-Vorsitzender), Prof. Antonio Delgado, Prof. Heike Schuchmann, Prof. Jörg Hinrichs, Prof. Peter Winterhalter, Dr. Bernd Schartmann (2. Stv. Vorsitzender) und Dr. Götz Kröner; es fehlen sieben weitere Vorstandsmitglieder.



Weinprobe direkt aus dem Fass: Prof. Ulrich Fischer (DLR Rheinpfalz, Neustadt a.d. Weinstraße).



Prof. Ulrich Fischer (DLR Rheinpfalz, Neustadt a.d. Weinstraße) führt seine Gäste durch das neugegründete Kompetenzzentrum Weinforschung.



Dr. Jürgen Kohnke (FEI-Vorsitzender) begrüßt die Gäste zum Abendempfang im historischen Weinkeller des Ketschauer Hofes.



Wiedersehen bei der FEI-Jahrestagung: Dr. Bernd Schartmann (Lindt & Sprüngli GmbH, Aachen), Dipl.-Ing. Johann Berchtold (vorm. Harry-Brot GmbH, Schenefeld) und Prof. Helmar Schubert (Karlsruher Institut für Technologie).



„Networking“ macht gute Laune: Dr. Burkhard J. Feigel (Infors GmbH, Stuttgart), Prof. Holger Zorn (Universität Gießen) und Prof. Reinhard Matissek (Lebensmittelchemisches Institut des BDSI e.V.).



Aromaexperten unter sich: Dipl.-Kfm. Hanns-Erwin Muermann (Meckenheim) und Dr. Svenja Behrens (Deutscher Verband der Aromenindustrie e. V., Brüssel).



Blicken auf ein erfolgreiches Geschäftsjahr zurück: Dr. Volker Häusser (FEI-Geschäftsführer) und Dr. Jürgen Kohnke (FEI-Vorsitzender) bei der FEI-Mitgliederversammlung.



Blick ins Plenum bei der Vortragsveranstaltung.



Dr. Ingrid Sander (Universität Bochum) während ihres Vortrags zur Vermeidung von Allergien durch verminderte Enzymstaubexpositionen.



Forschen für die mittelständische Lebensmittelwirtschaft und präsentieren ihre aktuellen Arbeiten: Prof. Thomas Becker (TU München), Prof. Antonio Delgado (Universität Erlangen-Nürnberg), Dr. Gerd Konrad (Hochschule Anhalt, Köthen), Gastgeber Prof. Ulrich Fischer und Prof. Manfred Gareis (Max-Rubner-Institut, Kulmbach).



Erfahrungsaustausch der Experten: Nach jedem Beitrag der Vortragsveranstaltung bleibt noch Zeit für Fragen.



Institutsführung, die zweite: Im Herzen des Kompetenzzentrums Weinforschung.



Die Teilnehmer der Führung durch die Scharfenberger Maschinenbau GmbH in Bad Dürkheim.



Weinprobe bei der Wachtenburg Winzer eG: Dr. Günter Arndt (Dr. Harnisch Verlags GmbH, Dresden), Kellermeister Werner Reichert und Dr. Jan Jacobi (GFP/FEI-Verbindungsbüro zur Europäischen Union, Brüssel).

FEI-Projekte 2010/2011

(Stand: 01.12.2010)

Anwendungsbereich Ei, Eiprodukte, Proteine

Erhöhung der Stabilität von probiotischen Mikroorganismen in getrockneten O/W-Emulsionen

AiF N 9669/10 (in Vorbereitung)
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/PD C. Hertel
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Lebensmittelverfahrenstechnik
Prof. Dr. R. Kohlus

Technologische Potenziale zur Fraktionierung von Milchproteinhydrolysaten

AiF 16541 N, 2010-2012
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Biotechnologie
Prof. Dr. L. Fischer/Dr. B. Kranz
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. S. Cheison/ E. Leeb

Fraktionierung von Proteinen aus Molke mit adsorptiven Membranen

AiF 16540 N, 2010-2012
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. M. Kreuß

In-vivo Untersuchungen der probiotischen Effekte von in Milchproteinen mikroverkapselten probiotischen Keimen

AiF 16537 N, 2010-2012
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Biofunktionalität
Prof. Dr. D. Haller

Optimierung von Eiprodukten für den Einsatz in Feinen Backwaren

AiF 16264 N, 2009-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,
Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik,
Abteilung Chemische Analytik
Prof. Dr. W. Ternes

Fraktionierung und getrennte Ausnutzung des technologisch-funktionellen Potentials der Eigelbhauptfraktionen Plasma und Granula

AiF 16009 N, 2009-2011

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. T. Strixner

Entwicklung eines neuen Verfahrens zur kostengünstigen Gewinnung von technologisch und physiologisch wertvollen Eigelbfraktionen

AiF 15512 N, 2007-2010

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,
Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik,
Abteilung Chemische Analytik
Prof. Dr. W. Ternes

Anwendungsbereich Fisch, Fleisch

Tenazität und Inaktivierung von humanem Norovirus auf unterschiedlichen Werkstoffen von Bedarfsgegenständen in der Lebensmittelproduktion und -verarbeitung

AiF N 9666/10 (in Vorbereitung)

Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Fachbereich Life Science Technologies,
Labor Mikrobiologie
Prof. Dr. B. Becker

Design und Funktionalität antimikrobieller Wirkstoffkombinationen für den Einsatz in Fleischerzeugnissen

AiF N 9662/10 (in Vorbereitung)

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Technologie funktioneller Lebensmittel
Prof. Dr. J. Weiss

Mikrobiologische Sicherheit von Rohwurstprodukten – Wirkung von Nitrit und Pflanzenextrakten auf enterohämorrhagische *Escherichia coli* und *Salmonella* spp.

AiF 16908 N, 2011-2014

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, - Standort Kulmbach -
Prof. Dr. Dr. M. Gareis/Dr. R. Pichner
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. S. Müller

Entwicklung eines Diagnosesystems für den Nachweis einer Hochdruck- oder Temperaturbehandlung verpackter Lebensmittel unter Nutzung prozessinduzierter Veränderungen physikalischer Eigenschaften des Verpackungsmaterials

AiF 16846 N (in Vorbereitung)

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpfl/ B. Hukelmann
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik
Prof. Dr. H.-C. Langowski

DFG/AiF-Cluster 4

Minimal Processing in automatisierten Prozessketten der Fleischverarbeitung am Beispiel der Feinerlegung von Schweinefleisch (Schinken)

AiF 16692 N „Analysenmethoden zur online-Beurteilung“

AiF 16691 N „Hygieneorientiertes Maschinenkonzept“

AiF 16690 N „Minimal Processing Schweinefleisch“

Entwicklung von Analysenmethoden zur Etablierung einer online-fähigen Beurteilung von Fleisch

AiF 16692 N, 2010-2013

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Arbeitsgruppe Analytik, - Standort Kulmbach -
Dr. F. Schwägele/Dr. R. Scheuer
Universität Bayreuth, Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität
Prof. Dr. O. Meyer/Dr. H. Schmidt

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL),
Landesinstitut Spezialeinheit Lebensmittelsicherheit
Dr. H. Diepolder/Dr. B. Müller

Reinigungs- und hygieneorientiertes Maschinenkonzept zur ganzheitlichen Umsetzung von Minimal Processing bei der Fleischverarbeitung

AiF 16691 N, 2010-2013
Fraunhofer Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV), Dresden
Prof. Dr. J.-P. Majschak

Minimal Processing in der automatisierten Feinzerlegung von Schweinefleisch

AiF 16690 N, 2010-2013
Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning/Dipl.-Ing. J. Forstner
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Bildung sicherheits- und aromarelevanter Metabolite durch Starterorganismen in der Rohwurstreifung

AiF 16608 N, 2010-2013
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie
Prof. Dr. R.F. Vogel
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),
Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Untersuchung zur Wirkung von Starter- und Schutzkulturen hinsichtlich einer gezielten Inaktivierung von ausgewählten viralen Erregern während der Herstellung und Lagerung von Rohwurstprodukten

AiF 16509 BR, 2010-2012
Universität Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät, Zentrum für Veterinary Public Health,
Institut für Lebensmittelhygiene
Prof. Dr. Dr. K. Fehlhaber/Dr. T. Albert
Universität Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät, Zentrum für Veterinary Public Health,
Institut für Tierhygiene und Öffentliches Veterinärwesen
Prof. Dr. U. Truyen/Dr. J. Straube

Strukturbildung bei Fleischerzeugnissen durch Optimierung und Neugestaltung eines kontinuierlichen Produktionssystems auf Basis der Füllwolftechnologie

AiF 16461 N, 2010-2012

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Technologie funktioneller Lebensmittel
Prof. Dr. J. Weiss

Minimierung der PAK-Gehalte in Fleischerzeugnissen durch Optimierung der Prozessführung bei konventioneller Räucherung

AiF 16460 N, 2010-2012

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und
Lebensmittel,
Arbeitsgruppe Analytik, - Standort Kulmbach -
Dr. F. Schwägele/Dr. W. Jira

Packaging Material for High Pressure Treatment (HiPP)

CORNET AiF 26 EN, 2010-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl

Innovative Management Systems for a sustainable Food Industry (IMSFood)

CORNET AiF 25 EN, 2010-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. H. Steinkamp

Hochdruckbehandlung marinierter Geflügelfleischprodukte zur Verbesserung der Haltbarkeit sowie der Produkt- und Absatzsicherheit

AiF 16263 N, 2009-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl

Modellbasierte Optimierungsstrategien zur automatisierten Hochdruckhaltbarmachung von Lebensmitteln am Beispiel von Fleischerzeugnissen

AiF 16114 N, 2009-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl
Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie-
und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. C. Rauh

Aufarbeitung von Schlachtierblut mit Hilfe gepulster elektrischer Felder (PEF) zur Keimverminderung und nachhaltigem Einsatz in Lebensmitteln tierischen Ursprungs

AiF 15885 N, 2008-2010

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,

Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit

Prof. Dr. G. Klein/Dr. A. Boulaaba/Dr. T. von Müffling

Anwendung elektrohydraulischer Stoßwellen zur Desintegration biologischer Gewebe am Beispiel der Zartmachung von Rindfleisch

AiF 15884 N, 2008-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpfl

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Arbeitsgruppe Analytik, - Standort Kulmbach -

Dr. F. Schwägele

Wirkung von Nitrit auf Gram positive Infektionserreger in Rohwurstzeugnissen

AiF 15835 N, 2008-2011

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, - Standort Kulmbach -

Prof. Dr. Dr. M. Gareis/Dr. R. Pichner

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie

Prof. Dr. S. Scherer/Dr. S. Müller

Verfahrenstechnische Prozessoptimierung des Zerkleinerungs- und Mischprozesses von Fleischmatrices unter besonderer Berücksichtigung der Messergeometrie

AiF 15658 N, 2008-2010

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, - Standort Kulmbach -

Prof. Dr. K. Troeger/PD Dr. Dr. G. F. Hammer

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,

Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado/Dr. C. Rauh

Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe e.V. (IFW), Remscheid

Dr. P. Dültgen/Dr. C. Pelshenke

Entwicklung eines Niedertemperatur-Vakuumtrocknungsverfahrens zur Herstellung von Starterkulturen

AiF 15616 N, 2008-2010

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmitteltechnologie, Abteilung Technologie

Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften

Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

Prof. Dr. R.F. Vogel

Einsatz gepulster elektrischer Felder zur Verbesserung von Massentransportprozessen innerhalb fester biologischer Produkte am Beispiel der Behandlung von Rohpökelfleisch

AiF 15460 N, 2008-2010

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl

Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Fachbereich Life Science Technologies,

Labor Fleischtechnologie

Prof. Dr. A. Stiebing/B.Sc. B. Schmidt

Beitrag des Peptid- und Aminosäurestoffwechsels von Starterkulturen zur Bildung qualitätsbestimmender Inhaltsstoffe bei der Rohwurstreifung

AiF 15458 N, 2008-2010

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften

Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

Prof. Dr. R.F. Vogel

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften

FG Biotechnologie der Naturstoffe

Prof. Dr. W. Schwab

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),

Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Einfluss technologischer Prozesse auf die Inaktivierung und Tenazität von Norovirus in Lebensmitteln

AiF 15215 N, 2007-2009

Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Fachbereich Life Science Technologies,

Labor Mikrobiologie

Prof. Dr. B. Becker

Verbesserung der Hygiene bei der Fleischverarbeitung durch Ausnutzung photokatalytischer Effekte zur Entkeimung von Oberflächen

AiF 249 ZN, 2007-2009

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl

FGK Forschungsinstitut für Anorganische Werkstoffe - Glas/Keramik - gGmbH,

Höhr-Grenzhausen

Dr. R. Diedel/Dr. J. Werner

Untersuchungen zum Einfluss technologischer Prozesse auf die Tenazität und Inaktivierungskinetik von ausgewählten viralen Infektionserregern in Rohwurstprodukten

AiF 15189 BR, 2007-2009

Universität Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät, Zentrum für Veterinary Public Health,

Institut für Lebensmittelhygiene

Prof. Dr. Dr. K. Fehlhaber/Dr. T. Albert

Universität Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät, Zentrum für Veterinary Public Health,

Institut für Tierhygiene und Öffentliches Veterinärwesen

Prof. Dr. U. Truyen/Dr. J. Manteufel

Funktionelle Fleischerzeugnisse

AiF 15049 N, 2007-2009

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch,

- Standort Kulmbach -

Prof. Dr. K. Troeger/Dr. S. Münch

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, - Standort Karlsruhe -

Prof. Dr. B. Watzl

Schnellnachweis von *Escherichia coli* in der Lebensmittelproduktion durch Biochips auf 16S ribosomaler RNA-Basis

AiF 230 ZN, 2007-2009

Universität Bayreuth, Laboratorium für Biochemie

Prof. Dr. M. Sprinzl

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, - Standort Kulmbach -

Prof. Dr. Dr. M. Gareis

Stabilisierung von sprühgetrockneten Fischöl-Emulsionen unter oxidativen und sensorischen Aspekten

AiF 14951 N, 2006-2008

Universität Kiel, Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde,
Abteilung Lebensmitteltechnologie

Prof. Dr. K. Schwarz/Dr. S. Drusch

Universität Karlsruhe (TH), Institut für Thermische Verfahrenstechnik

Prof. Dr. M. Kind

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Anwendungsbereich Getränke (Säfte, Bier, Wein, Spirituosen)

Erzielung der Zöliakieverträglichkeit von Bier durch Malz mit hoher Peptidasenaktivität unter Beibehalt einschlägiger Qualitätsmerkmale

AiF N 9703/10 (in Vorbereitung)

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),

Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/PD Dr. P. Köhler

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,

Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene

Rohstoffe,

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Prof. Dr. T. Becker/Dipl.-Ing M. Zarnkow

Präparative Proteinfractionierung zur Analyse und Technologieoptimierung bezüglich der Vollmundigkeit und Trübungsstabilität in Bier

AiF N 9702/10 (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,

Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene

Rohstoffe,

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Gastl

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-

und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie

Prof. Dr. U. Kulozik

Aromawert-Index als Kriterium zur Bewertung des Einflusses der Rearomatisierung und nicht-flüchtiger Geschmacksstoffe auf die Qualität von Apfelsäften aus Konzentrat

AiF N 9667/10 (in Vorbereitung)
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),
Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/LM-Chem. J. Kreissl
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik
Prof. Dr. T. Hofmann/LM-Chem. A. Dunkel

Einfluss kellertechnischer Verarbeitungsverfahren auf Mikroflora und Qualität spontan vergorener Riesling- und Spätburgunderweine

AiF N 9665/10 (in Vorbereitung)
Forschungsanstalt Geisenheim, Institut für Önologie und Getränkforschung,
FG Mikrobiologie und Biochemie
Prof. Dr. M. Großmann/Dr. C. von Wallbrunn

Formalkinetische Beschreibung der Umsetzungsraten wesentlicher Prozessmarker bei brautechnologischen Kochprozessen zur Kontrolle und Optimierung von Kochsystemen

AiF N 9661/10 N (in Vorbereitung)
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/PD Dr. M. Krottenthaler

Biogasfermentation im mehrstufigen Festbettverfahren als Optimierungsprozess auf die Verweilzeit

AiF N 5432/10 (in Vorbereitung)
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Verfahrenstechnik disperser Systeme
Prof. Dr. U. Kulozik (komm.)/Dr. J. Voigt

Inaktivierung bakterieller Endosporen durch kombinierte Anwendung gepulster elektrischer Felder und thermischer Energie

AiF 16798 N, 2010-2012
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl/PD C. Hertel

Förderung der Sektqualität durch gezielte Erfassung von gebundenen Aromastoffen (Aromaprecursoren) in Sektgrundweinen und deren optimierter Freisetzung während der zweiten Gärung

AiF 16543 N (in Vorbereitung)

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) - Rheinpfalz,

Abteilung Weinbau und Önologie

Prof. Dr. U. Fischer

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. P. Winterhalter/Dr. G. Jerz

Maischprozesssimulation - Modelbasierte Unterstützung bei der Entwicklung, Führung und Überwachung der Depolymerisation von Naturpolymeren am Beispiel des Maischprozesses

AiF 16542 N (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,

Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene

Rohstoffe,

Lehrstuhl für Verfahrenstechnik disperser Systeme

Prof. Dr. K. Sommer/Dr. J. Voigt

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,

Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene

Rohstoffe,

Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik

Prof. Dr. H. Briesen/Dipl.-Ing K. Mathmann

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,

Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene

Rohstoffe,

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Prof. Dr. T. Becker/PD Dr. M. Krottenthaler

Prozessstaugliches Ultraschallmesssystem für die Überwachung und Regelung der Konzentrationen von relevanten Komponenten in industriellen Hefefermentationsprozessen

AiF 16536 N (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,

Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene

Rohstoffe,

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein

Optimierung der Fermentation von Bierwürze in den Phasen der Gärung und Reifung durch adaptive Strömungsgestaltung

AiF 16754 BG, 2010-2012

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning
Fachhochschule Stralsund, Fachbereich Maschinenbau,
FG Strömungslehre und Strömungsmaschinen
Prof. Dr. J. Szymczyk/Dr. H. Meironke
Technische Universität Berlin, Institut für Biotechnologie,
FG Brauwesen
Prof. Dr. F.-J. Methner

Schnellverfahren zur Qualitätsbewertung von Traubenmaischen bei der Traubenannahme

AiF 16539 N, 2010-2012

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/Dr. D. R. Kammerer
Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, Analytik
Dr. M. Pour Nikfardjam

Evaluierung technologischer Maßnahmen zur Reduzierung des Hydrophobin-verursachten Gushings

AiF 16508 N, 2010-2013

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie
Prof. Dr. R.F. Vogel/PD Dr. L. Niessen
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Gastl

Untersuchungen zur Bildung unerwünschter Trübungspartikel in Bier und deren Verzögerung durch technologische Maßnahmen

AiF 16463 N, 2010-2012

Technische Universität Berlin, Institut für Biotechnologie,
FG Brauwesen
Prof. Dr. F.-J. Methner/Dipl.-Ing. T. Kunz
Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. P. Winterhalter/Dr. P. Fleischmann

Reduktion des Gehaltes allergener Weinbehandlungsmittel im Endprodukt Wein durch technologische Verarbeitung

AiF 16330 N, 2010-2011

Universität Hamburg, Department Chemie,

Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. M. Fischer/Dr. A. Paschke

Forschungsanstalt Geisenheim, Institut für Weinbau und Rebenzüchtung,
FG Kellerwirtschaft

Prof. Dr. M. Christmann

Technische Universität München, Klinik und Poliklinik für Dermatologie und
Allergologie am Biederstein,

Prof. Dr. Dr. J. Ring/PD Dr. K. Brockow

Optimierung technologischer Parameter zur Minimierung der Bildung von 4-Vinylbenzol (Styrol) beim Brauprozess unter Erhaltung des typischen Aromas von Weizenbier

AiF 16301 N, 2010-2012

Technische Universität Berlin, Institut für Biotechnologie,

FG Brauwesen

Prof. Dr. F.-J. Methner/Dipl.- Chem. T. Schön

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),

Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Granvogel

Heterogenitäten beim Mälzen - ein chronisches Problem für die Bierbrauerei: Erfassung der Ursachen und Erarbeitung von Strategien zu deren Vermeidung

AiF 16299 N, 2010-2011

Technische Universität Braunschweig, Institut für Pflanzenbiologie,

Arbeitsbereich Angewandte Pflanzenbiologie

Prof. Dr. D. Selmar

Technische Universität Berlin, Institut für Biotechnologie,

FG Brauwesen

Prof. Dr. F.-J. Methner

Optimierung von Rezeptur und Herstellungsverfahren zur Vermeidung qualitätsmindernder Aromastoffe in hopfenhaltigen Getränken

AiF 16010 N, 2009-2011

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,

Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene

Rohstoffe,

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Gastl

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),

Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/LM-Chem. J. Kreissl

Untersuchung natürlicher standortspezifischer Hefepopulationen und ihre Bedeutung für die Qualität spontan vergorener Weine

AiF 16008 N, 2009-2011

Forschungsanstalt Geisenheim, Institut für Önologie und Getränkeforschung,
FG Mikrobiologie und Biochemie
Prof. Dr. M. Großmann/Dr. C. von Wallbrunn
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. M. Wenning

Molekular-sensorische Charakterisierung und technologische Vermeidung des bitteren Fehlgeschmacks in Weißwein

AiF 16006 N, 2009-2011

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) - Rheinlandpfalz,
Abteilung Weinbau und Önologie
Dr. H.-P. Lorenz/Prof. Dr. U. Fischer
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik
Prof. Dr. T. Hofmann

Verbesserung der Anthocyanstabilität in flüssigen, pastösen und stückigen Fruchtprodukten

AiF 16005 N, 2009-2011

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/Dr. D. R. Kammerer
Forschungsanstalt Geisenheim, Institut für Önologie und Getränkeforschung,
FG Weinanalytik und Getränkeforschung
Prof. Dr. H. Dietrich/Dr. F. Will

Zeitnahe Identifizierung von biogene Amine und Fehleraromen bildenden Bakterien während der Weinbereitung und Prävention ihrer Vermehrung

AiF 15833 N, 2008-2010

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) - Rheinlandpfalz,
Abteilung Weinbau und Önologie
Dr. H.-P. Lorenz/Prof. Dr. U. Fischer
Universität Mainz, Institut für Mikrobiologie und Weinforschung
Prof. Dr. H. König

Bioaktive Inhaltsstoffe mit gesundheitsförderndem Potenzial aus Nebenprodukten der Apfelsaftherstellung und der Apfelpektinengewinnung: In-vitro-Charakterisierung des Wirkprofils und Anreicherung wertgebender Komponenten

AiF 15617 N, 2008-2010

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Biowissenschaften, Abteilung für Lebensmitteltoxikologie
Prof. Dr. D. Marko
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/Dr. D. R. Kammerer
Universität Wien, Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie
Prof. Dr. D. Marko

Einsatz neuartiger CO₂-Sprühverfahren für die Herstellung innovativer Produkte aus Malzextrakt

AiF 15222 N, 2007-2009

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Verfahrenstechnik disperser Systeme, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. K. Sommer/Dr. S. Grüner/Dr. J. Voigt
Universität Bochum, Institut für Thermo- und Fluidodynamik,
Lehrstuhl Verfahrenstechnische Transportprozesse
Prof. Dr. E. Weidner/Dr. A. Kilzer

Klärung von Aromastoff-Veränderungen bei der Herstellung von Ananassaft

AiF 14949 N, 2006-2008

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Steinhaus

Ultraschallsensorarray zur Analyse von wässrigen Zucker-Ethanol-Gemischen für die zuckervergärende Industrie

AiF 14790 N, 2006-2008

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker

Optimierung des Sauerstoffeintrags bei der Mikrooxygenierung von Rotweinen

AiF 14788 N, 2006-2008

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) - Rheinpfalz, Abteilung Weinbau und Önologie, Neustadt/Weinstraße
Prof. Dr. U. Fischer
Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. P. Winterhalter/Dr. M. Schwarz

Anwendungsbereich Getreide u. Getreideerzeugnisse (Stärke, modifizierte Stärke, Backwaren, Backmittel, Knabberartikel, Teigwaren)

Gewinnung, Charakterisierung und Einsatz von Chitinasen aus kälteangepassten Bakterien zur Konservierung von flüssigen, halbfesten und festen Lebensmitteln - vor allem Backwaren

AiF N 10737/10 (in Vorbereitung)
ttz Bremerhaven, BILB - EIBT, Bremerhaven
Prof. Dr. K. Lösche/ S. Guttman
Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven
Prof. Dr. K. Lochte/Dr. E. Helmke

Entwicklung eines Biosensorarrays zur schnellen Bestimmung von Mykotoxinen in Getreide

AiF N 9664/10 (in Vorbereitung)
Universität München, Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch
Prof. Dr. Dr. E. Märtlbauer/Dr. R. Dietrich
Technische Universität München, Department Chemie,
Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie
Prof. Dr. R. Nießner/Prof. Dr. D. Knopp

Einfluss der Inhaltsstoffe von Weizenmahlprodukten auf das Extrudierverhalten direkt expandierter Erzeugnisse

AiF BG 5435/10 (in Vorbereitung)
Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU), Nuthetal
Dr. P. Kretschmer/Dr. R. Thomann
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/Dr. A. Knoch

Entwicklung redoxreaktiver Backzutaten zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Textur von glutenfreien Teigen und Backwaren

AiF 16907 N, 2011-2014
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie
Prof. Dr. R.F. Vogel/Dr. J. Behr
Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Verbesserung der technologischen Funktionalität von Amaranth, Buchweizen und Quinoa durch Nutzung der endogenen Substrateigenschaften und physiologischen Eigenschaften der Fermentationsorganismen

AiF 16847 N (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene
Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dipl.-Ing. A. Houben
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/Dr. A. Knoch

Beeinflussung des Aromas glutenfreier Backwaren durch aromaaktive Backmittel auf Malzbasis

AiF 16797 N, 2010-2012

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising-
Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. P. Köhler

Entwicklung und Validierung einer Methodik zur Ermittlung von scheinbarer Dichte- und Porenanteil an bewegten Teigen

AiF 16757 N (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene
Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein

Beeinflussung rheologisch relevanter Charakteristika von Weizenteigen durch Sauerstoffanreicherung zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit

AiF 16755 N, 2010-2012

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie-
und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning
ttz Bremerhaven, BILB - EIBT, Bremerhaven
Prof. Dr. K. Lösche/Dipl.-Ing J. Schick

Korrelation von Teigeigenschaften und Oberflächenstrukturen mittels optischer Messmethoden

AiF 16747 N, 2010-2013

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene
Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein

Anwendung von β -glucanreichen Endospermfraktionen in getreidebasierten Lebensmitteln

AiF 16651 BG, 2010-2012

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/Dr. U. Strijowski
Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU), Nuthetal
Dr. P. Kretschmer/Dr. H. Kaiser

Vorfermentierte Teige mit Nebenströmen der Lebensmittelindustrie zur Verbesserung des Aromas von Teigen

AiF 16538 N, 2010-2012

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/PD C. Hertel

Untersuchungen zu potentiell gesundheitsförderlichen Wirkungsmechanismen von Nüssen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Röstgrade

AiF 16535 BR (in Vorbereitung)

Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,
Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie
PD Dr. M. Gleis
Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,
Lehrbereich Biochemie der Ernährung
Prof. Dr. S. Lorkowski

Entwicklung verbesserter Methoden zur Beurteilung der Kleberqualität von Weizenmehlen

AiF 16464 N, 2010-2012

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Gestaltung der Eigenschaften expandierter stärkebasierter Produkte mittels Hochgeschwindigkeitsextrusion auf der Grundlage einer neuronumerischen Prozessführungsstrategie

AiF 332 ZN, 2009-2012

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik,
Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Prof. Dr. H. P. Schuchmann/Dipl.-Ing. M. Horvat
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik
Prof. Dr. N. Willenbacher/Dr. B. Hochstein
Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. C. Rauh

Minimierung des Einsatzes von Kochsalz in der Brotrezeptur unter Beibehaltung der Backeigenschaften und der Geschmacksqualität

AiF 16015 N, 2009-2011

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene
Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dipl.-Ing. M. Jekle
Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising-
Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Einfluss von Textur, Herstellungsbedingungen und Brotalter auf die Verfügbarkeit wichtiger Brotaromastoffe unter Verzehrbedingungen

AiF 16013 N, 2009-2011

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene
Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dipl.-Ing. M. Jekle
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),
Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. K. Buhr

Funktionalisierung von Getreidemahlprodukten aus Weizen durch Anwendung von Hochdruck

AiF 16007 N, 2009-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich
ttz Bremerhaven, BILB - EIBT, Bremerhaven
Prof. Dr. K. Lösche/Dipl.-Ing. L. Ringer

Qualitätsbewertung von Hartweizen, Hartweizengrieß und Hartweizenprodukten durch die Auswertung digitaler Bilder

AiF 15832 N, 2008-2011

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene
Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein

Aromastoff-Optimierung in Vorteigen zur Steuerung des Aromas von Backwaren

AiF 15762 N, 2008-2011

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,

Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

Prof. Dr. R.F. Vogel

Entwicklung eines intelligenten Backofens (IBO) zum optimierten Backen in industriellen Backöfen mittels digitaler Bildauswertung und erfahrungsbasierter Fuzzyregelung

AiF 15659 N, 2008-2010

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,

FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie

Prof. Dr. T. Becker

Universität Hannover, Institut für Technische Chemie

Prof. Dr. T. Scheper/Prof. Dr. B. Hitzmann

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Prof. Dr. T. Becker/Dipl.-Ing. M. Jekle

Entwicklung von Methoden zur Bestimmung von Weizenanteilen in Dinkelprodukten

AiF 15619 N, 2008-2010

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Universität Hamburg, Department Chemie,

Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. M. Fischer/Dr. A. Paschke/Dr. I. Haase

Entwicklung eines Niedertemperatur-Vakuumtrocknungsverfahrens zur Herstellung von Starterkulturen

AiF 15616 N, 2008-2010

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie

Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,

Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

Prof. Dr. R.F. Vogel

Untersuchungen zu präbiotischen Eigenschaften und zum chemopräventiven Potential von Backwaren und ballaststoffangereicherten Backwaren

AiF 15513 BG, 2008-2010

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, - Standort Detmold -
Prof. Dr. M. G. Lindhauer
Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,
Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie
PD Dr. M. Gleis

Verbesserung der technologischen Eigenschaften von Roggenteigen und -backwaren mit Transglutaminase und Peptidasen

AiF 15457 N, 2008-2010

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling
Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dipl.-Ing. M. Jekle

Modifizierung der technofunktionellen Eigenschaften von Weizenkleber durch Hochdruckbehandlung in Gegenwart von Zusätzen

AiF 15456 N, 2008-2009

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Neuartige Prozessführung zum Trocknen von Teigwaren zur Steigerung der Prozesseffizienz und Produktqualität

AiF 284 ZN, 2008-2010

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich

Speisepilze als neue Quelle für Oxidoreduktasen zur Backwarenherstellung

AiF 15305 N, 2007-2010

Universität Hannover, Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. Dr. R. G. Berger/Dr. U. Krings

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Garching

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Untersuchungen zum Vorkommen, zur Stabilität und zum thermischen Abbau von Mutterkornalkaloiden in Roggen und Roggenprodukten

AiF 15280 N, 2007-2009

Universität Münster, Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. H.-U. Humpf

**Backwaren hergestellt mit Sauerteigen aus Amaranth, Buchweizen und Sorghum unter Verwendung universell einsetzbarer und mikrobiologisch stabiler Sauer-
teigstarter**

AiF 15188 N, 2007-2009

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft

und Biotechnologie,

FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie

Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft

und Biotechnologie,

FG Lebensmittelmikrobiologie

Prof. Dr. H. Schmidt

**Untersuchungen zur Bestimmung und Reduzierung des allergenen Potenzials in enzymhaltigen Stäuben von pulverförmigen Schüttgütern für das Backge-
werbe**

AiF 14785 BG, 2006-2008

Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU), Nuthetal

Dipl.-Ing. P. Kretschmer/Dr. H. Kaiser

Universität Bochum, BGFA - Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin,

der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Prof. Dr. T. Brüning/Dr. I. Sander

Anwendungsbereich Gewürze, Würzmittel, Aromen, etherische Öle, Essig, Senf, Salz

Einfluss von schmelzbaren Überzugsmaterialien auf die Eigenschaften überzogener pulverförmiger Rohstoffe der Lebensmittelindustrie

AiF 16304 N, 2010-2011

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene
Rohstoffe,
Lehrstuhl für Verfahrenstechnik disperser Systeme
Prof. Dr. K. Sommer/Dr. S. Grüner/Dr. H. Dauth

Biotechnologische Erzeugung von hochwertigen Aromastoffen aus Nebenströmen der Lebensmittelindustrie

AiF 299 ZN, 2008-2011

Universität Hannover, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. Dr. R. G. Berger/Dr. U. Krings
Universität Gießen, Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmittelbiotechnologie
Prof. Dr. H. Zorn/Dr. M. A. Fraatz

Bewertung der allergenen Potenz von Speisewürzen, die durch Säurehydrolyse aus Sojabohne und Weizen hergestellt werden

AiF 15046 N, 2007-2009

Bundesamt für Sera und Impfstoffe, Paul-Ehrlich-Institut,
Abteilung Allergologie
Prof. Dr. S. Vieths/Dr. A. Reuter

Anwendungsbereich Kaffee, Kaffeemittel, Tee

Einfluss der Vorbehandlung und der Röstung auf Bitterstoffe in Kaffeegetränken

AiF 15752 N, 2008-2011

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik

Prof. Dr. T. Hofmann/Dr. O. Frank

Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik,

Arbeitsgruppe Wärme- und Stofftransport

Prof. Dr. R. Eggers

Beeinflussung der Produkteigenschaften von Instantkaffee durch gezielte Imprägnierung von Flüssigkaffee mit Inertgas vor der Sprühtrocknung

AiF 15618 N, 2008-2010

Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik,

Arbeitsgruppe Wärme- und Stofftransport

Prof. Dr. R. Eggers

Flavonoide in ausgewählten Kräutertees - Bestimmung, Nutrikinetik, Veränderungen bei Extraktion und Lagerung

AiF 15303 N, 2007-2010

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. P. Winterhalter/Prof. Dr. U. Engelhardt

Universität Hannover, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Ökotrophologie,

Abteilung Ernährungsphysiologie und Humanernährung

Prof. Dr. A. Hahn/Dipl.-Oec. troph. B. Trunz

Optimierung der Trocknung von Arabica-Kaffees in Hinblick auf die Aromaqualität des Kaffeegetränks

AiF 14950 N, 2006-2009

Technische Universität Braunschweig, Institut für Pflanzenbiologie,

Arbeitsbereich Angewandte Pflanzenbiologie

Prof. Dr. D. Selmar

Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik,

Arbeitsgruppe Wärme- und Stofftransport

Prof. Dr. R. Eggers

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Czerny

Anwendungsbereich Milch

DFG/AiF-Cluster 5

Proteinschäume in der Lebensmittelproduktion: Mechanismenaufklärung, Modellierung und Simulation

- AiF N 11787/10** (in Vorbereitung)
„Einfluss der Schaumkomposition“
- AiF N 11786/10** (in Vorbereitung)
„Simulation strömungsinduzierter Effekte“
- AiF N 11785/10** (in Vorbereitung)
„Dynamik proteinstabilisierter Schäume“

Einfluss von Schaumkomposition und -struktur auf die Aromastofffreisetzung und Aromawahrnehmung gasbeaufschlagter Lebensmittelsysteme

- AiF N 11787/10** (in Vorbereitung)
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),
Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Experimentell validierte Simulation strömungsinduzierter Effekte auf Proteinschäume mittels Lattice-Boltzmann-Methoden

- AiF N 11786/10** (in Vorbereitung)
Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie-
und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning
Universität Erlangen-Nürnberg, Department Informatik, Lehrstuhl für System-
simulation
Prof. Dr. U. Rude

Charakterisierung der Struktur und Dynamik von proteinstabilisierten Schäumen

- AiF N 11785/10** (in Vorbereitung)
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (IIS),
Entwicklungszentrum Röntgentechnik (EZRT), Fürth
Prof. Dr. R. Hanke

Hitzestabile mikrobielle Enzyme in Rohmilch und konzentrierten Milch-Halbfabrikaten - Ursprung, Nachweis und Auswirkungen auf die Produktqualität

AiF N 10762/10 (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie

Prof. Dr. S. Scherer/Dr. M. Wenning

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,

FG Lebensmittel tierischer Herkunft

Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,

FG Biotechnologie

Prof. Dr. L. Fischer/Dr. B. Kranz

Erhöhung der Stabilität von probiotischen Mikroorganismen in getrockneten O/W-Emulsionen

AiF N 9669/10 (in Vorbereitung)

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/PD C. Hertel

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,

FG Lebensmittelverfahrenstechnik

Prof. Dr. R. Kohlus

Prozessentwicklung zur Fraktionierung von Milchfettkugelmembran

AiF N 9668/10 (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie

Prof. Dr. U. Kulozik

Charakterisierung von „Emmentaler“ Hartkäse auf der Basis neuer physikalischer, biochemischer und molekular-sensorischer Kriterien

AiF N 9663/10 (in Vorbereitung)

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,

FG Lebensmittel tierischer Herkunft

Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),

Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,

Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,

Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik

Prof. Dr. T. Hofmann

Entwicklung einer routinetauglichen Quantifizierungsmethode von Cereulid aus *B. cereus* und Studien zur Bildung und Stabilität des Toxins in Lebensmitteln

AiF 16845 N (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik
Prof. Dr. T. Hofmann/Dr. T. Stark
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie
Prof. Dr. S. Scherer
Veterinärmedizinische Universität Wien, Klinik für Wiederkäuer,
Abteilung Lebensmittelmikrobiologie
Prof. Dr. M. Ehling-Schulz

Optimierung von Nachweis und Differenzierung von *Salmonella enterica*, *Cronobacter sakazakii* und *Bacillus cereus* in Milch und Milcherzeugnissen durch den Einsatz von Zellwand-bindenden Phagenproteinen

AiF 16756 N, 2010-2012

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Lebensmittelmikrobiologie
Prof. Dr. H. Schmidt/A. Weiss
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Lebensmittelwis-
senschaften, Ernährung und Gesundheit,
Laboratorium Lebensmittelmikrobiologie
Prof. Dr. M. J. Loessner

Technologische Potenziale zur Fraktionierung von Milchproteinhydrolysaten

AiF 16541 N, 2010-2012

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Biotechnologie
Prof. Dr. L. Fischer/Dr. B. Kranz
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. S. Cheison/ E. Leeb

Fraktionierung von Proteinen aus Molke mit adsorptiven Membranen

AiF 16540 N, 2010-2012

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. M. Kreuß

In-vivo-Untersuchungen der probiotischen Effekte von in Milchproteinen mikroverkapselten probiotischen Keimen

AiF 16537 N, 2010-2012
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Biofunktionalität
Prof. Dr. D. Haller

Einstellen thermophysikalischer Eigenschaften von Käse durch die Milchvorbehandlung

AiF 16462 N, 2010-2012
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Untersuchungen zur Integration der Simultanen Homogenisier- und Misch-(SHM-) Technologie in konventionelle Homogenisationsprozesse mit Flachventilen zur Verarbeitung von Milchprodukten

AiF 16303 N, 2010-2011
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik, Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Prof. Dr. H. P. Schuchmann/Dipl.-Wi.-Ing. K. Köhler

Ultraschallbasiertes Messsystem zur Verfolgung von Fouling in Wärmetauschern und zur Validierung des Reinigungserfolgs

AiF 16302 N, 2010-2011
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Optimierung der Ultrafiltrationsleistung sowie Verbesserung der mikrobiologischen Qualität bei der Herstellung von Molkekonzentraten durch vorgeschaltete Mikrofiltration (MF)

AiF 16300 N, 2010-2012
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. W. Kühnl/Dipl.-oec.-troph. V. Kaufmann

Nachweis von *Staphylococcus aureus* und *Bacillus cereus* in Milchprodukten nach Bioaffinitätsanreicherung

AiF 331 ZN, 2009-2011

Universität München, Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch

Prof. Dr. Dr. E. Märklbauer/Dr. R. Dietrich

Universität Hamburg, Department Chemie,

Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. M. Fischer/Prof. Dr. U. Hahn

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie-

und Bioingenieurwesen,

Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning

Technische Universität München, Department Chemie,

Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie

Prof. Dr. R. Nießner/Dr. M. Seidel

Entwicklung eines Verfahrens zur Isolierung von Phospholipiden aus Molkenrahm und Nachweis des gesundheitlichen Potentials von Phospholipiden

AiF 316 ZBG, 2009-2012

Hochschule Anhalt (FH), Fachbereich Angewandte Biowissenschaften und

Prozesstechnik, FG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie

Prof. Dr. T. Kleinschmidt/Dr. G. Konrad

Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,

Lehrstuhl für Ernährungsphysiologie

Prof. Dr. G. Jahreis/PD Dr. R. Schubert

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und

Lebensmittel,

Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung

- Standort Karlsruhe -

Prof. Dr. B. Watzl/Dr. M. Pfeuffer

„Emerging Spores“ – Bestimmung von Prävalenz und thermischen Inaktivierungsdaten von hitzeresistenten Sporenbildnern in Milchprodukten für eine erhöhte Prozesssicherheit

AiF 16012 N, 2009-2011

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft

und Biotechnologie,

FG Lebensmittel tierischer Herkunft

Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-

und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie

Prof. Dr. S. Scherer/Prof. Dr. Ehling-Schulz

DFG/AiF-Cluster 3

Molekulare, physiko-chemische und zelluläre Mechanismen der sensorischen Wahrnehmung von Lipiden und Lipoiden sowie deren Einfluss auf die Sättigungsregulation: Erkenntnisbasierter Ansatz zur Entwicklung fettreduzierter Lebensmittel

AiF 15963 N „Konsumentenorientierte sensorische Untersuchungen

AiF 15962 N „Simulation und Vorhersage des Mundgefühls“

AiF 15961 N „Sättigungsregulierende Fettinhaltsstoffe“

AiF 15960 N „Modulatoren der „Fett“-Wahrnehmung“

Analytische und konsumentenorientierte sensorische Untersuchungen und Wahrnehmungen an ausgewählten Matrices und Lebensmitteln mit unterschiedlichen Fettgehalten

AiF 15963 N, 2009-2012

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Life Sciences,

Department Ökotrophologie

Prof. Dr. M. Busch-Stockfisch

Simulation und Vorhersage des mechanisch induzierten Mundgefühls beim Verzehr von fettreduzierten, nicht stückigen, fließfähigen Lebensmitteln

AiF 15962 N, 2009-2012

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,

Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado/Dr. C. Rauh

Identifizierung von sättigungsregulierenden Inhaltsstoffen in Nahrungsfetten und Optimierung von fettarmen Lebensmitteln durch Zusatz von lipoiden Verbindungen mit hoher Sättigungswirkung

AiF 15961 N, 2009-2012

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA),

Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. V. Somoza

Mikro- und makrostrukturelle Matrixeigenschaften als Modulatoren der „Fett“-Wahrnehmung in Milchprodukten

AiF 15960 N, 2009-2012

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft

und Biotechnologie,

FG Lebensmittel tierischer Herkunft

Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Bewertung der an das Suspensionsmedium adaptierten Thermostabilität von *Leuconostoc*-Phagen als Grundlage für eine verbesserte Prozesssicherheit

AiF 15886 N, 2008-2010

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,

FG Lebensmittel tierischer Herkunft

Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs/M.Sc. Z. Dogan

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und
Lebensmittel,

Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, - Standort Kiel -

Prof. Dr. K. J. Heller/Dr. H. Neve

Herstellung und funktionelle Eigenschaften von individuell mikropartikulierten Molkenproteinfraktionen

AiF 15834 N, 2008-2011

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie

Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. A. Tolkach

Screening und Bereitstellung neuer, industrietauglicher Beta-Galactosidasen für die Milchindustrie

AiF 15801 N, 2008-2011

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie,

FG Biotechnologie

Prof. Dr. L. Fischer/Dr. S. Lutz-Wahl

Entwicklung eines Niedertemperatur-Vakuumtrocknungsverfahrens zur Herstellung von Starterkulturen

AiF 15616 N, 2008-2010

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie

Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,

Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

Prof. Dr. R.F. Vogel

DFG/AiF-Cluster 1

Biofunktionale Wirkstoffe aus Multikapselsystemen: Einsatz mikrostrukturierter Träger zur Untersuchung molekularer Wechselwirkungen und zur Steuerung der Freisetzungsmechanismen von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen und deren Auswirkung auf krebspräventive Signalparameter (am Beispiel ausgewählter Inhaltsstoffe der Wildheidelbeere)

AiF 15614 N „Biologische Wirksamkeit von Blaubeer-Anthocyanen“

AiF 15613 N „Verkapselung von Anthocyanen durch Sprühverfahren“

AiF 15612 N „Mikrostrukturierte multidisperse Hüllkapseln“

AiF 15611 N „Milchproteinhydrogele“

AiF 15610 N „Prozessinduzierte Ausbeutesteigerung“

Biologische Wirksamkeit von Blaubeer-Anthocyanen im Vergleich zu mikro-/nano-verkapselten Anthocyan-Präparaten: Modulation von intestinaler Verfügbarkeit, Fermentation, antioxidativer Wirksamkeit und Wirkungen auf die DNA-Integrität

AiF 15614 N, 2008-2010

Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Chemie,

Fachrichtung Lebensmittelchemie und Toxikologie

Prof. Dr. E. Richling/Dr. M. Baum

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Biowissenschaften,

Abteilung für Lebensmitteltoxikologie

Prof. Dr. D. Marko

Universität Wien, Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie,

Prof. Dr. D. Marko

Mikroverkapselung von Anthocyanen durch Sprühverfahren unter Ausnutzung von stabilisierenden Effekten der natürlichen Zellsaftvakuole und Interaktionen von Inhaltsstoffen

AiF 15613 N, 2008-2011

Universität Kiel, Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde,

Abteilung Lebensmitteltechnologie

Prof. Dr. K. Schwarz

Mikrostrukturierte multidisperse Hüllkapseln als Träger bioaktiver Substanzen: Untersuchungen zum Einfluss von molekularen Wechselwirkungen und Diffusionsbarrieren auf die Stabilität und die Freisetzung von Inhaltsstoffen aus der Wildheidelbeere

AiF 15612 N, 2008-2011

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik,

Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik

Prof. Dr. H. P. Schuchmann/Dipl.-Ing. K. Frank

Milchproteinhydrogele als Trägerstoffe für bioaktive Substanzen: wasserunlösliche Mikrokapselsysteme zur Stabilisierung und kontrollierten Freisetzung von bioaktiven Inhaltsstoffen aus der Heidelbeere

AiF 15611 N, 2008-2011

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först/Dipl.-Ing. T. Heidebach

Prozessinduzierte Ausbeutesteigerung von wertgebenden sekundären Pflanzeninhaltsstoffen aus Blaubeeren und Vergleich ihrer Stabilität in Multi-kapselsystemen gegenüber konventionellen Produkten

AiF 15610 N, 2008-2011

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. P. Winterhalter/Dr. G. Jerz
Technische Universität Berlin, Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie, FG Lebensmittelbiotechnologie und -prozessechnik
Prof. Dr. D. Knorr/Dipl.-Ing. H. Jäger

Technologischer Prozess als Modulator der Textureigenschaften von Frischkäse

AiF 15584 N, 2008-2010

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Thermisch induzierte Beeinflussung der Sekundär- und Aggregatstruktur von unfractionierten Molkenproteinen und ihre Auswirkung auf technofunktionelle Eigenschaften

AiF 15514 N, 2008-2010

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich

Mikroverkapselung probiotischer Keime mittels enzymatisch induzierter Gelbildung von Milchproteinen

AiF 15327 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först/Dipl.-Ing. T. Heidebach

Gewinnung, Funktionalität und Prozessstabilität einzelner Fraktionen von Caseinomakropeptid

AiF 15187 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. M. Kreuß

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Biofunktionalität
Prof. Dr. D. Haller/Leb.-Chem. I. Krause

Emetische Toxinproduktion von *Bacillus cereus* in ausgewählten Lebensmitteln: Mechanismen und Präventionsmöglichkeiten

AiF 15186 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. M. Ehling-Schulz

Interaktion von Aromastoff und Milchproduktmatrix

AiF 15158 N, 2007-2009

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Thermische und enzymatische Modifizierung der funktionellen Eigenschaften von Molkenproteinkonzentraten aus Sauermolke

AiF 15082 BR, 2007-2009

Hochschule Anhalt (FH), Fachbereich Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik, FG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie
Prof. Dr. T. Kleinschmidt/Dr. G. Konrad

Prozessoptimierung zur Herstellung von länger haltbarer Frischmilch (ESL) unter Verwendung von thermischen und Membranverfahren

AiF 15047 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-oec.-troph. V. Kaufmann
Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie
Prof. Dr. S. Scherer

Optimierung der Proteinquervernetzung durch Transglutaminase in gerührtem Joghurt

AiF 15044 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik

Enzymatische Gewinnung von Lactulose in lactosehaltigen Milchprodukten und technischen Lactoselösungen

AiF 14787 N, 2006-2008

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Biotechnologie
Prof. Dr. L. Fischer

Entwicklung einer anti-listeriellen, frühen Oberflächenreifungskultur für geschmierte Käse

AiF 14786 N, 2006-2008

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Mikrobiologie
Prof. Dr. S. Scherer/ S. Goerges
Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, - Standort Kiel -
Prof. Dr. K. J. Heller/Dr. W. Bockelmann

Gewinnung physiologisch und technologisch wirksamer Milchproteinkomponenten mittels neuartiger Membranfraktionierungskonzepte und optimierter Prozesstechnologie

AiF 14740 N, 2006-2008

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung,
Abteilung Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. A. Tolkach
Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik,
Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik
Prof. Dr. S. Ripperger

Anwendungsbereich Nahrungsmittelmaschinen, Räucheranlagen, Sensoren

DFG/AiF-Cluster 4

Minimal Processing in automatisierten Prozessketten der Fleischverarbeitung am Beispiel der Feinzerlegung von Schweinefleisch (Schinken)

AiF 16692 N „Analysenmethoden zur online-Beurteilung“

AiF 16691 N „Hygieneorientiertes Maschinenkonzept“

AiF 16690 N „Minimal Processing Schweinefleisch“

Entwicklung von Analysemethoden zur Etablierung einer online-fähigen Beurteilung von Fleisch

AiF 16692 N, 2010-2013

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Arbeitsgruppe Analytik, - Standort Kulmbach -

Dr. F. Schwägele/Dr. R. Scheuer

Universität Bayreuth, Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität

Prof. Dr. O. Meyer/Dr. H. Schmidt

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL),

Landesinstitut Spezialeinheit Lebensmittelsicherheit

Dr. H. Diepolder/Dr. B. Müller

Reinigungs- und hygieneorientiertes Maschinenkonzept zur ganzheitlichen Umsetzung von Minimal Processing bei der Fleischverarbeitung

AiF 16691 N, 2010-2013

Fraunhofer Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV), Dresden

Prof. Dr. J.-P. Majschak

Minimal Processing in der automatisierten Feinzerlegung von Schweinefleisch

AiF 16690 N, 2010-2013

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,

Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning/Dipl.-Ing. J. Forstner

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Entwicklung eines Diagnosesystems für den Nachweis einer Hochdruck- oder Temperaturbehandlung verpackter Lebensmittel unter Nutzung prozessinduzierter Veränderungen physikalischer Eigenschaften des Verpackungsmaterials

AiF 16846 N (in Vorbereitung)

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpl/ B. Hukelmann
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Roh-
stoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Roh-
stoffe,
Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik
Prof. Dr. H.-C. Langowski

Entwicklung und Validierung einer Methodik zur Ermittlung von scheinbarer Dichte- und Porenanteil an bewegten Teigen

AiF 16757 N (in Vorbereitung)
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Roh-
stoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein

Beeinflussung rheologisch relevanter Charakteristika von Weizenteigen durch Sauerstoffanreicherung zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit

AiF 16755 N, 2010-2012
Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie-
und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning
ttz Bremerhaven, BILB - EIBT, Bremerhaven
Prof. Dr. K. Lösche/Dipl.-Ing J. Schick

Korrelation von Teigeigenschaften und Oberflächenstrukturen mittels optischer Messmethoden

AiF 16747 N, 2010-2013
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Roh-
stoffe,
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein

Strukturbildung bei Fleischerzeugnissen durch Optimierung und Neugestaltung eines kontinuierlichen Produktionssystems auf Basis der Füllwolftechnologie

AiF 16461 N, 2010-2012
Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Technologie funktioneller Lebensmittel
Prof. Dr. J. Weiss

Minimierung der PAK-Gehalte in Fleischerzeugnissen durch Optimierung der Prozessführung bei konventioneller Räucherung

AiF 16460 N, 2010-2012

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Arbeitsgruppe Analytik, - Standort Kulmbach -
Dr. F. Schwägele/Dr. W. Jira

Lösemittelfreie Gewinnung von Pflanzenöl mit CO₂-unterstützten Pressverfahren

AiF 16459 N, 2010-2012

Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik,
Arbeitsgruppe Wärme- und Stofftransport
Prof. Dr. R. Eggers

Untersuchungen zur Integration der Simultanen Homogenisier- und Misch-(SHM-) Technologie in konventionelle Homogenisationsprozesse mit Flachventilen zur Verarbeitung von Milchprodukten

AiF 16303 N, 2010-2011

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik,
Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Prof. Dr. H. P. Schuchmann/Dipl.-Wi.-Ing. K. Köhler

Optimierung der Ultrafiltrationsleistung sowie Verbesserung der mikrobiologischen Qualität bei der Herstellung von Molkekonzentraten durch vorgeschaltete Mikrofiltration (MF)

AiF 16300 N, 2010-2012

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abteilung Technologie
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. W. Kühnl/Dipl.-oec.-troph. V. Kaufmann

Gestaltung der Eigenschaften expandierter stärkebasierter Produkte mittels Hochgeschwindigkeitsextrusion auf der Grundlage einer neuronumerischen Prozessführungsstrategie

AiF 332 ZN, 2009-2012

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik,
Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Prof. Dr. H. P. Schuchmann/Dipl.-Ing. M. Horvat
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik
Prof. Dr. N. Willenbacher/Dr. B. Hochstein
Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. C. Rauh

Nachweis von *Staphylococcus aureus* und *Bacillus cereus* in Milchprodukten nach Bioaffinitätsanreicherung

AiF 331 ZN, 2009-2011

Universität München, Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch

Prof. Dr. Dr. E. Märtlbauer/Dr. R. Dietrich

Universität Hamburg, Department Chemie,

Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. M. Fischer/Prof. Dr. U. Hahn

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie-

und Bioingenieurwesen,

Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning

Technische Universität München, Department Chemie,

Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie

Prof. Dr. R. Nießner/Dr. M. Seidel

Modellbasierte Optimierungsstrategien zur automatisierten Hochdruckhaltbarmachung von Lebensmitteln am Beispiel von Fleischerzeugnissen

AiF 16114 N, 2009-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie-

und Bioingenieurwesen,

Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado/Dr. C. Rauh

Aufarbeitung von Schlachtierblut mit Hilfe gepulster elektrischer Felder (PEF) zur Keimverminderung und nachhaltigem Einsatz in Lebensmitteln tierischen Ursprungs

AiF 15885 N, 2008-2010

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,

Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit

Prof. Dr. G. Klein/Dr. A. Boulaaba/Dr. T. von Müffling

Anwendung elektrohydraulischer Stoßwellen zur Desintegration biologischer Gewebe am Beispiel der Zartmachung von Rindfleisch

AiF 15884 N, 2008-2011

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Prof. Dr. S. Töpfl

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Arbeitsgruppe Analytik, - Standort Kulmbach -

Dr. F. Schwägele

Qualitätsbewertung von Hartweizen, Hartweizengrieß und Hartweizenprodukten durch die Auswertung digitaler Bilder

AiF 15832 N, 2008-2011

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,

FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie

Prof. Dr. T. Becker

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Prof. Dr. T. Becker/M.Sc. M. Hussein

Entwicklung eines intelligenten Backofens (IBO) zum optimierten Backen in industriellen Backöfen mittels digitaler Bildauswertung und erfahrungsbasierter Fuzzyregelung

AiF 15659 N, 2008-2010

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,

FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie

Prof. Dr. T. Becker

Universität Hannover, Institut für Technische Chemie

Prof. Dr. T. Scheper/Prof. Dr. B. Hitzmann

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Prof. Dr. T. Becker/Dipl.-Ing. M. Jekle

Untersuchungen und Modellierung eines neuartigen Extrusionsprozesses für die Lebensmittelverarbeitung

AiF 15459 N, 2008-2010

Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg

Dr. M. Bastian/Dr. K. Kretschmer

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Prof. Dr. E. H. Reimerdes/Dr. K. Franke

Neuartige Multikontakt-Detektion als Basis eines innovativen hybriden Systems zur automatischen Erkennung von partikulären, festen Fremdkörpern in abgefüllten, fließfähigen, nicht-stückigen Lebensmitteln am Beispiel von Produkten ausgewählter rheologischer Konstitution

AiF 264 ZBG, 2007-2009

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,

Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning

Fraunhofer Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV), Dresden
Prof. Dr. J.-P. Majschak/Dipl.-Ing. S. Bach

Technisch-wirtschaftliche Potenzialausschöpfung bei der neuronumerischen Schadensdetektion an Mehrweggütern mittels spatiotemporaler Vibrationsanalyse am Beispiel von Getränkekästen

AiF 231 ZN, 2007-2009

Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,

Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik

Prof. Dr. H.-C. Langowski/Prof. Dr. H. Vogelpohl

Biogas aus Reststoffen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie – Ein neuartiges Konzept zur wirtschaftlichen Vermeidung von Emissionen und zur Erzeugung erneuerbarer Energie aus Reststoffen

AiF 14948 N, 2006-2009

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,

Lehrstuhl für Verfahrenstechnik disperser Systeme

Prof. Dr. K. Sommer/Dr. J. Voigt

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,

Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie

Prof. Dr. M. Faulstich/Dr. D. Schieder

Entwicklung eines schnellen Biosensorarrays zur Online-Bestimmung antimikrobiell wirksamer Verbindungen in Rohmilch

AiF 197 ZN, 2006-2008

Universität München, Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch

Prof. Dr. Dr. E. Märklbauer/Dr. R. Dietrich

Technische Universität München, Department Chemie,
Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie,

Prof. Dr. R. Nießner/Dr. M. Seidel

Anwendungsbereich Obst, Gemüse, Hülsenfrüchte, Kartoffeln

Pilotstudie zur Bioverfügbarkeit und biologischen Aktivität von anthocyanreichen Heidelbeerextrakten in verkapselter und unverkapselter Form im Menschen

AiF N 10738/10 (in Vorbereitung)

Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Chemie,
Fachrichtung Lebensmittelchemie und Toxikologie
Prof. Dr. E. Richling/Dr. M. Baum
Universität Wien, Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie
Prof. Dr. D. Marko

Entwicklung mikroverkapselter Polyphenolextrakte aus pflanzlichen Reststoffen zur Nutzung als Lebensmitteladditive

AiF 16014 N, 2009-2011

Universität Bonn, Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
FG Lebensmitteltechnologie und -mikrobiologie
Prof. Dr. B. Kunz/Dipl.-oec.troph. N. Schulze
Universität Bonn, Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
FG Humanernährung
Prof. Dr. P. Stehle/Dr. S. Lesser

Einfluss der Verarbeitung auf wertgebende Aroma- und Geschmacksstoffe in Tomatenprodukten

AiF 15048 N, 2007-2009

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Steinhaus
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik
Prof. Dr. T. Hofmann

Sensorisch verbesserte, technofunktionelle Proteinpräparate aus Leguminosenmehlen durch Fermentation mit Milchsäurebakterien

AiF 15045 N, 2007-2009

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising
Prof. Dr. H.-C. Langowski/Dipl.-Ing. J. Bez
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I
Prof. Dr. W. Back/Dipl.-Ing. I. Bohak
Universität Hannover, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. Dr. R. G. Berger

Anwendungsbereich Speisefette und -öle, Emulsionen, Margarine, Butter

Lösemittelfreie Gewinnung von Pflanzenöl mit CO₂-unterstützten Pressverfahren

AiF 16459 N, 2010-2012

Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik,

Arbeitsgruppe Wärme- und Stofftransport

Prof. Dr. R. Eggers

Untersuchungen zur Bildung von 3-Monochlorpropan-1,2-diol-Fettsäureestern (3-MCPD-FE) in Pflanzenölen und Entwicklung von Strategien zu deren Minimierung

AiF 16004 BG, 2009-2011

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,

Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, - Standort Münster -

Prof. Dr. M. G. Lindhauer/Dr. B. Matthäus/Dr. L. Brühl

PPM Pilot Pflanzenöltechnologie e.V., Magdeburg

Dr. F. Pudel

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Granvogl

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Entwicklung eines Hochspannungsimpuls-unterstützten Verfahrens zur Verdrängungsextraktion von Ölen und funktionellen Proteinen aus Ölsaaten am Beispiel von Raps

AiF 15241 BG, 2007-2010

PPM Pilot Pflanzenöltechnologie e.V., Magdeburg

Dr. F. Pudel/Dr. J.-P. Krause

Technische Universität Berlin, Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie, FG Lebensmittelbiotechnologie und -prozessentechnik

Prof. Dr. D. Knorr

Strukturierung von fettreduzierten Lebensmittelemlusionen

AiF 15218 N, 2007-2009

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/Dipl.-Ing. C. Vornholt

Polyphenolangereichertes Deodestillat zur Erhöhung der Oxidationsstabilität von speiseöhlhaltigen Nahrungsmitteln

AiF 15216 N, 2007-2009

Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik,

Arbeitsgruppe Wärme- und Stofftransport

Prof. Dr. R. Eggers

Universität Kiel, Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde,

Abteilung Lebensmitteltechnologie

Prof. Dr. K. Schwarz

Anwendungsbereich Süßwaren, Kakao, Speiseeis, Honig

Evaluierung chemisch-analytischer und molekularbiologischer Methoden zur Differenzierung von hochwertigem Arriba Edelkakao und Konsumkakao (CCN51)

AiF 16796 N, 2010-2012

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Freising-Weihenstephan

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Steinhaus

Universität Hamburg, Department Chemie,

Institut für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. M. Fischer/Dr. I. Haase

Untersuchungen zu potentiell gesundheitsförderlichen Wirkungsmechanismen von Nüssen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Röstgrade

AiF 16535 BR (in Vorbereitung)

Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,

Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie

PD Dr. M. Gleis

Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,

Lehrbereich Biochemie der Ernährung

Prof. Dr. S. Lorkowski

Entwicklung einer Screening-Methode zur Einschätzung von Pyrrolizidin-Alkaloidgehalten in Honig mittels melissopalynologischer Analysen

AiF 16223 BG, 2009-2011

Institut für Innovationen im Lebensmittel- und Umweltbereich e.V., Bremen

Dr. C. Lüllmann

Technische Universität Dresden, Institut für Lebensmittelchemie,

Professur für Spezielle Lebensmittelchemie/Lebensmittelproduktion

Prof. Dr. K. Speer

Technische Universität Braunschweig, Institut für Pharmazeutische Biologie (IPB)
Dr. T. Beuerle

Identifizierung von Markersubstanzen zur Charakterisierung von Sortenhonigen

AiF 16011 BG, 2009-2011
Institut für Innovationen im Lebensmittel- und Umweltbereich e.V., Bremen
Dr. C. Lüllmann
Technische Universität Dresden, Institut für Lebensmittelchemie,
Professur für Spezielle Lebensmittelchemie/Lebensmittelproduktion
Prof. Dr. K. Speer

Reinheitskontrolle von Marzipan mittels molekularbiologischer Methoden

AiF 15304 N, 2007-2010
Universität Hamburg, Department Chemie,
Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. M. Fischer/Dr. I. Haase

Untersuchungen zur Wirkung von grenzflächenaktiven Substanzen in konzentrierten, lipophilen Süßwarensuspensionen am Beispiel von Schokoladenmasse

AiF 15217 N, 2007-2009
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Verbesserung der Lagerstabilität von Schokoladenprodukten mit wässrigen, nichtalkoholischen Füllungen auf der Basis von O/W-Emulsionen

AiF 14947 N, 2006-2008
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/Dr. K. Franke
Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising
Prof. Dr. H.-C. Langowski/Dr. Dr. G. Ziegleder

Anwendungsbereich Zucker, Zuckertechnologie, Süßstoffe

Ursachen der Verringerung des Markgehaltes von Zuckerrüben und Auswirkung auf Menge und Qualität der Schnitzelerzeugung

AiF 14789 N, 2006-2008
Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen
Prof. Dr. B. Märländer/Dr. C. Hoffmann

Mitgliederverzeichnis

Vorstand

Vorsitzender:

Dr. J. Kohnke, Köln

1. Stellvertretender Vorsitzender:

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Freising-Weiherstephan

2. Stellvertretender Vorsitzender:

Dr. B. Schartmann

Lindt & Sprüngli GmbH, Aachen

Vorstand:

Dipl.-Ing. H.-D. Bischof

Nestlé Deutschland GmbH, Frankfurt

Prof. Dr. A. Delgado

Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Chemie- und Bioingenieurwesen, Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Dipl.-Ing. K. Eismann

Kraft Foods Deutschland GmbH, Bad Fallingbommel

Prof. Dr. H.-U. Endreß

Herbstreith & Fox KG, Neuenbürg

Dr. K. H. Gehlen

Heristo Aktiengesellschaft, Westfälische Fleischwarenfabrik Stockmeyer GmbH, Sassenberg-Füchtorf

Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

Dr. G. Kröner

Hermann Kröner GmbH - KRÖNER-STÄRKE, Ibbenbüren

Dr. T. Kuhlmann

Pfeifer & Langen Kommanditgesellschaft, Köln

Dipl.-Ing. R. Küster

The Lorenz Bahlsen Snack-World GmbH & Co. KG, Neu-Isenburg

Prof. Dr. S. Scherer

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung

Prof. Dr. H. P. Schuchmann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik, Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik

Dr. U. Spiegel

Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG, Bielefeld

Prof. Dr. P. Stehle

Universität Bonn, Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften

Prof. Dr. E. J. Windhab

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften

Prof. Dr. P. Winterhalter

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie

Mitgliedsverbände

- Alkoholfreie Getränke**, Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V. (wafg)
- Aromenindustrie**, Deutscher Verband der Aromenindustrie e.V. (DVAI)
- Arzneimittel-Hersteller**, Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller e.V. (FAH)
- Backzutaten**, Der Backzutatenverband e.V.
- Bäckerhandwerk**, Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e.V.
- Brauerei**, Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V.
- Brauwirtschaft**, Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö)
- Diätverband**, Bundesverband der Hersteller von Lebensmitteln für eine besondere Ernährung e.V. – Diätverband
- Eier**, Zentralverband Eier e.V. (ZVE)
- Eiprodukten-Industrie**, Bundesverband der Deutschen Eiprodukten-Industrie e.V. (BVEP)
- Fischindustrie**, Bundesverband der deutschen Fischindustrie und des Fischgroßhandels e.V.
- Fleischer**, Deutscher Fleischer-Verband e.V. (DFV)
- Fleischwarenindustrie**, Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie e.V. (BVDF)
- Fleischwirtschaft**, Verband der Fleischwirtschaft e.V. (VDF)
- Fruchtsaft-Industrie**, Verband der deutschen Fruchtsaft-Industrie e.V. (VdF)
- Futtermitteltechnik**, Internationale Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e.V. (IFF)
- Geflügelschlachtereien**, Bundesverband der Geflügelschlachtereien e.V. (BVG)
- Getreideforschung**, Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V. (AGF)
- Getreidenährmittelverband**, Getreidenährmittelverband - Bundesverband der Hersteller von Nahrungsmitteln aus Getreide und Reis e.V.
- Gewürzindustrie**, Fachverband der Gewürzindustrie e.V.
- Großbäckereien**, Verband Deutscher Großbäckereien e.V.
- Hefeindustrie**, Versuchsanstalt der Hefeindustrie e.V. (VH Berlin)
- Honig**, Honig-Verband e.V.
- Hopfen**, Deutscher Hopfenwirtschaftsverband e.V. (DHWV)
- Kaffee**, Deutscher Kaffee-Verband e.V.
- Klein- und Obstbrenner**, Bundesverband der Deutschen Klein- und Obstbrenner e.V.
- Konditoren**, Deutscher Konditorenbund

Kräuter- und Fruchtetee, Wirtschaftsvereinigung Kräuter- und Fruchtetee e.V. (WKF)

Kulinaria (Feinkost/Suppen/Essig-Senf), Verband der Hersteller kulinarischer Lebensmittel e.V.

Lebensmittelinstitut, Lebensmittelinstitut KIN e.V.

Lebensmitteltechnik, Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL)

Lebensmitteltechnologie, Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V. (IVLV)

Mälzer, Deutscher Mälzerbund e.V.

Margarineindustrie, Verband der Deutschen Margarineindustrie e.V.

Mehl- und Eiweißforschung, Verein der Förderer des Hans-Dieter-Belitz-Instituts für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi)

Milchindustrie, Milchindustrie-Verband e.V. (MIV)

Milchwissenschaft, Vereinigung zur Förderung der Milchwissenschaftlichen Forschung an der Technischen Universität München e.V.

Mineralbrunnen, Verband Deutscher Mineralbrunnen e.V. (VDM)

Mühlen, Verband Deutscher Mühlen e.V.

Nahrungsmittelmaschinen, VDMA Fachverband Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen

Naturdarm, Zentralverband Naturdarm e.V.

Nüsse, Nucis e.V. Deutschland

Obst-, gemüse- und kartoffelverarbeitende Industrie, Bundesverband der obst-, gemüse- und kartoffelverarbeitenden Industrie e.V. (BOGK)

Öl- und Proteinpflanzen, Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP)

Ölsaaten, Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e.V. (OVID)

Pektin, Fachverband Pektin e.V.

Sektellereien, Verband Deutscher Sektellereien e.V.

Stärke-Industrie, Fachverband der Stärke-Industrie e.V.

Süßstoff, Süßstoff-Verband e.V.

Süßwarenindustrie, Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e.V. (BDSI)

Tee, Deutscher Teeverband e.V.

Teigwarenhersteller, Verband der Teigwarenhersteller und Hartweizenmühlen Deutschlands e.V.

Tiefkühlinstitut, Deutsches Tiefkühlinstitut e.V. (dti)

Verfahrenstechnik, Kompetenznetz Verfahrenstechnik Pro3 e.V.

Weinbau, Deutscher Weinbauverband e.V. (dvw)

Zuckerindustrie, Verein der Zuckerindustrie e.V. (VdZ)

Mitgliedsunternehmen

aevotis GmbH, Potsdam
The Lorenz Bahlsen Snack-World GmbH & Co. KG Germany, Neu-Isenburg
Bayerische Milchindustrie eG (Bmi), Landshut
Ernst Böcker GmbH & Co. KG, Minden
Brandt Zwieback-Schokoladen GmbH & Co. KG, Hagen
Martin Braun Backmittel und Essenzen KG, Hannover
Bühler AG, CH-Uzwil
Coca-Cola GmbH, Berlin
Cremilk GmbH, Kappeln
Norbert Deiters & Ulrich Florin GbR, Hamburg
DLG e.V. (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.), Frankfurt
durakult Gesellschaft für biologische Technologien mbH, Berlin
Eckes-Granini Group GmbH, Nieder-Olm
Ferrero Deutschland GmbH, Frankfurt
FRoSTA AG, Bremerhaven
Frutarom Savory Solutions GmbH, Korntal-Münchingen
GEA Westfalia Separator Group GmbH, Oelde
General Mills GmbH, Hamburg
GfL - Gesellschaft für Lebensmittel-Forschung mbH, Berlin
Givaudan Nederland BV, NL-Naarden
GNT Europa GmbH, Aachen
G. C. HAHN & Co. Stabilisierungstechnik GmbH, Lübeck
Rich. Hengstenberg GmbH & Co. KG, Esslingen
Herbstreith & Fox KG, Neuenbürg
isolab GmbH - Laboratorium für Stabilisotopenanalytik, Hemmingen
Jäckering Mühlen und Nahrungsmittelwerke GmbH, Hamm
Kampffmeyer Mühlen GmbH, Hamburg
Peter Kölln KGaA Köllnflockenwerke, Elmshorn
Kräuter Mix GmbH, Abtswind
Kraft Foods R & D Inc., Zweigniederlassung München
Krüger GmbH & Co. KG, Bergisch Gladbach
Carl Kühne KG (GmbH & Co.), Hamburg

Chocoladefabriken Lindt & Sprüngli GmbH, Aachen
Mars GmbH, Verden
Molkerei Meggle Wasserburg GmbH & Co. KG, Wasserburg/Inn
Milupa GmbH, Friedrichsdorf/Ts.
Privatmolkerei Naarmann GmbH, Neuenkirchen
Nano Holding GmbH, Chemnitz
Nestlé Deutschland AG, Frankfurt
Nordzucker AG, Braunschweig
Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG, Bielefeld
Pfeifer & Langen Kommanditgesellschaft, Köln
Adalbert-Raps-Lebensmittelforschung gGmbH, Kulmbach
Reimelt FoodTechnologie GmbH, Rödermark
Schwartauer Werke GmbH & Co., Bad Schwartau
SciNuTec GmbH, Münzenberg
Südzucker AG Mannheim/Ochsenfurt, Grünstadt
SYMRISE GmbH & Co. KG, Holzminden
Tchibo GmbH, Hamburg
Unilever Deutschland GmbH, Werk Heilbronn
Rudolf Wild GmbH & Co. KG, Heidelberg/Eppelheim
Yakult Deutschland GmbH, Neuss
Zentis GmbH & Co. KG, Aachen

Forschungsinstitute

Forschungsinstitute der Hochschulen

Hochschule Anhalt (FH)

- Fachbereich Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung,
- Professur für Lebensmittellehre, Bernburg
- Fachbereich Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik,
- FG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie, Köthen

Universität Bayreuth

- Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität
Laboratorium für Biochemie

Freie Universität Berlin

- Wissenschaftliche Einrichtungen Veterinary Public Health,
- Institut für Lebensmittelhygiene

Technische Universität Berlin

- Institut für Biotechnologie, FG Brauwesen
- FG Brauwesen
- Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie:
- FG Lebensmittelchemie/Lebensmittelanalytik
 - FG Lebensmittelbiotechnologie und -prozesstechnik
 - FG Getreidetechnologie
 - FG Lebensmittelverfahrenstechnik

Universität Bochum

- BGFA – Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Institut für Thermo- und Fluidodynamik
- Lehrstuhl Verfahrenstechnische Transportprozesse

Universität Bonn

- Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften
- FG Humanernährung
 - FG Lebensmittelchemie
 - FG Bioanalytik/Lebensmittelchemie IIFG Lebensmitteltechnologie und -mikrobiologie

Technische Universität Braunschweig

- Institut für Pflanzenbiologie, Arbeitsbereich Angewandte Pflanzenbiologie
Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, Abt. Angewandte Physikalische Chemie
Institut für Lebensmittelchemie
Institut für Nachrichtentechnik
Institut für Pharmazeutische Biologie (IPB)

Technische Universität Dortmund

Lehrstuhl für Physikalische Chemie II

Technische Universität Dresden

Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik

Institut für Lebensmittelchemie

– Professur für Lebensmittelchemie

– Professur für Spezielle Lebensmittelchemie/Lebensmittelproduktion

Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik

AG Mechanische Verfahrenstechnik

Universität Erlangen-Nürnberg

Department für Chemie- und Bioingenieurwesen:

– Lehrstuhl für Feststoff- und Grenzflächenverfahrenstechnik

– Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Department für Chemie und Pharmazie

– Lehrstuhl für Lebensmittelchemie

Department Informatik

Lehrstuhl für Systemsimulation

Hochschule Fulda

Fachbereich Lebensmitteltechnologie, Professur für pflanzliche Lebensmitteltechnologie

Universität Gießen

Institut für Ernährungswissenschaft

Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft

Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmittelbiotechnologie

Institut für Tierernährung und Ernährungsphysiologie

Universität Göttingen

Department für Nutzpflanzenwissenschaften:

– Abteilung Qualität Pflanzlicher Erzeugnisse

– Abteilung Agrartechnik

Universität Halle/Wittenberg

Institut für Pharmazie: Pharmazeutische Technologie und Biopharmazie

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Tierzucht

Zentrum für Ingenieurwissenschaften

– Institut für Verfahrenstechnik/TVT

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Sciences, Department Ökotoxikologie

Universität Hamburg

Department Biologie:

– Biozentrum Klein Flottbek und Botanischer Garten, Abteilung Pflanzenökologie und Nutzpflanzenbiologie

Department Chemie:

- Institut für Lebensmittelchemie
- Institut für Organische Chemie
- Institut für Physikalische Chemie
- Institut für Technische und Makromolekulare Chemie, Abt. Polymeranalytik und Rheologie

Technische Universität Hamburg-Harburg

Institut für thermische Verfahrenstechnik, Arbeitsgruppe Wärme- und Stofftransport

Universität Hannover

Institut für Lebensmittelchemie

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Ökotrophologie, Abt. Ernährungsphysiologie und Humanernährung

Institut für Technische Chemie

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Zentrum für Infektionsmedizin:

- Institut für Mikrobiologie

Zentrum für Lebensmittelwissenschaften:

- Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit
- Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik, Abt. Chemische Analytik

Universität Hohenheim

Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie:

- FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
- FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
- FG Lebensmittelmikrobiologie
- FG Lebensmittel tierischer Herkunft
- FG Biotechnologie
- FG Gärungstechnologie
- FG Lebensmittelanalytik
- FG Lebensmittelverfahrenstechnik
- FG Technologie funktioneller Lebensmittel

Universität Jena

Institut für Ernährungswissenschaften:

- Lehrbereich Biochemie der Ernährung
- Lehrstuhl Ernährungsphysiologie
- Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie
- Lehrstuhl Humanernährung

Technische Universität Kaiserslautern

Fachbereich Chemie, Fachrichtung Lebensmittelchemie und Toxikologie

Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik:

- Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik
- Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institut für Angewandte Biowissenschaften, Abt. für Lebensmitteltoxikologie

Institut für Thermische Verfahrenstechnik

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik:

- Lehrstuhl Angewandte Mechanik (AME)
- Lehrstuhl Verfahrenstechnische Maschinen (VM)

Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik, Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik

Universität Kiel

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde:

- Abteilung Humanernährung
- Abteilung Molekulare Prävention
- Abteilung Lebensmittelwissenschaft
- Abteilung Lebensmitteltechnologie

Universität Leipzig

Veterinärmedizinische Fakultät, Zentrum für Veterinary Public Health

- Institut für Lebensmittelhygiene
- Institut für Tierhygiene und Öffentliches Veterinärwesen

Universität Mainz

Institut für Mikrobiologie und Weinforschung

Technische Universität München

Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW):

Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe:

- Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik
- Lehrstuhl für Verfahrenstechnik disperser Systeme
- Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie
- Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
- Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik

Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften:

- FG Biotechnologie der Naturstoffe
- Lehrstuhl für Allgemeine Lebensmitteltechnologie
- Lehrstuhl für Chemisch-Technische Analyse und Chemische Lebensmitteltechnologie
- Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik
- Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

Department Tierwissenschaften:

- Lehrstuhl für Tierhygiene
- Lehrstuhl für Tierernährung

Technische Universität München

Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung:

- Abteilung Mikrobiologie
- Abteilung Biofunktionalität
- Abteilung Technologie

Department Chemie:

- Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie
 - Lehrstuhl für Lebensmittelchemie
- Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie am Biederstein

Universität München

Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch

Universität Münster

Institut für Lebensmittelchemie

Hochschule Niederrhein

FB Oecotrophologie, Labor Mikrobiologie und Lebensmittelhygiene

Fachhochschule Osnabrück

Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur: Labor für Lebensmittelphysik und Lebensmitteltechnik

Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Lemgo

Fachbereich Life Science Technologies:

- Labor Mikrobiologie
- Labor Verfahrenstechnik
- Labor Fleischtechnologie
- Labor Getränketechnologie

Fachhochschule Stralsund

Fachbereich Maschinenbau, FG Strömungslehre und Strömungsmaschinen

Medizinische Universitätsklinik Tübingen

Medizinische Klinik und Poliklinik, Abt. Innere Medizin IV

Universität Tübingen

Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie
Institut für Pharmazie, Abt. Pharmakologie und Toxikologie

Universität Wien

Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie
Forschungsplattform Molekulare Lebensmittelwissenschaften

Veterinärmedizinische Universität Wien

Klinik für Wiederkäuer, Abt. Lebensmittelmikrobiologie

Universität Wuppertal

Institut für Lebensmittelchemie

Universität Würzburg

Institut für Pharmazie und Lebensmittelchemie
– Lehrstuhl für Lebensmittelchemie

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

- Institut für Lebensmittelwissenschaften, Ernährung und Gesundheit:
- Labor für Lebensmittelmikrobiologie
 - Labor für Lebensmittelverfahrenstechnik

Forschungsinstitute des Bundes und der Länder

Julius-Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

- Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin
Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

- FG Oberflächentechnologien

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit K2, Erlangen

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel

- Arbeitsgruppe Analytik, Standort Kulmbach
Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, Standort Karlsruhe
Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Standorte Kiel/Kulmbach
Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, Standort Karlsruhe
Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Standort Kulmbach
Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Standorte Detmold/Münster
Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Standorte Hamburg/Kiel

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Freising-Weihenstephan

Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben

Forschungsanstalt Geisenheim (FAG), Geisenheim

- Institut für Önologie und Getränkeforschung:
- FG Weinanalytik und Getränkeforschung
 - FG Mikrobiologie und Biochemie
- Institut für Weinbau und Rebenzüchtung:
- FG Kellerwirtschaft

Institut für Hygiene und Umwelt, Hamburg

- Abteilung Mikrobiologischer Verbraucherschutz

Paul-Ehrlich-Institut, Bundesinstitut für Impfstoffe und biomedizinische Arzneimittel, Langen

- Abteilung Allergologie

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL), Leipzig

- Geschäftsbereich 6 (Labore Landwirtschaft)

*Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz, Neustadt an der Weinstraße
Abteilung Weinbau und Oenologie*

Deutsches Institut für Ernährungsforschung (DIFE) Potsdam-Rehbrücke, Nuthetal

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Potsdam

Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing

*Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, Weinsberg
Abt. Analytik*

Forschungsinstitute diverser Rechtsträger

*Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie, Aachen/
Schmallenberg*

GfL - Gesellschaft für Lebensmittel-Forschung mbH, Berlin

Fraunhofer-Institut für Holzforschung - Wilhelm-Klauditz-Institut, Braunschweig

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Braunschweig

*Forschungsinstitut Futtermitteltechnik der Internationalen Forschungsgemeinschaft
Futtermitteltechnik e.V. (IFF), Braunschweig*

Institut Nehring GmbH, Institut für Konserventechnologie, Braunschweig

Institut für Innovationen im Lebensmittel- und Umweltbereich e.V., Bremen

Quality Services International GmbH, Institut für Honiganalytik, Bremen

ttz Bremerhaven, BILB-EIBT, Bremerhaven

Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), Bremerhaven

*Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik,
Dresden*

*Institut für Fleischforschung, Fleischtechnologie und Qualitätssicherung e.V. (IFF),
Frankfurt*

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V., Freising-Weihenstephan

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (IIS), Entwicklungszentrum Röntgentechnik (EZRT), Fürth

Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen

Institut für angewandte Biotechnologie der Tropen an der Universität Göttingen

FGK Forschungsinstitut für Anorganische Werkstoffe – Glas/Keramik, Höhr-Grenzhausen

Institut Prof. Dr. Georg Kurz GmbH, Köln

Lebensmittelchemisches Institut (LCI) des Bundesverbandes der Deutschen Süßwarenindustrie e.V., Köln

PPM - Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e.V.

IGV - Institut für Getreideverarbeitung GmbH, Nuthetal

ILU - Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V., Nuthetal

Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Abt. Grenzflächen, Potsdam

Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP), Potsdam

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL), Quakenbrück

Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe e.V. (IFW), Remscheid

Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg

FEI-Kurzprofil

FEI-Kurzprofil

Vorsitzender

Dr. Jürgen Kohnke

Geschäftsführer

Dr. Volker Häusser

Zweck

Förderung der Forschung auf dem Gebiet der Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaft

Gründung

1953 – als eingetragener, gemeinnütziger Verein

Mitglieder

- 60 Industrieunternehmen
- 55 Fachverbände/Organisationen der deutschen Lebensmittelwirtschaft
- 120 Forschungsinstitute

Aktivitäten

- Förderung von Projekten der Industriellen Gemeinschaftsforschung (jährlich rund 80 laufende Projekte)
- Vermittlung von Kontakten und Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft
- Durchführung von Tagungen
- Herausgabe von Publikationen

Veranstaltungen

- FEI-Jahrestagung (1x jährlich)
- FEI-Kooperationsforum (1x jährlich)
- FEI-Themenworkshop (unregelmäßig)
- Sitzungen des Wissenschaftlichen Ausschusses (3x jährlich)
- Sitzungen der Projektbegleitenden Ausschüsse (80-90x jährlich)
- Gremiensitzungen

Publikationen

- Dokumentationsband der FEI-Jahrestagung
- FEI-Handbuch
- Newsletter „FEI im Fokus“
- IGF-Branchenfolder
- FEI-Imagebroschüre
- F&E-Dokumentationen (Projektberichte)
- Forschungsreport (im Internet)

Dachorganisation

AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V.), Köln

www.aif.de



Der **Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)** ist die zentrale Forschungsorganisation der deutschen Lebensmittelwirtschaft und Mitglied der AiF. Selbstverständnis und Tätigkeit des FEI basieren auf der Idee, die Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie zu fördern und praxisrelevante Forschung über die Grenzen des Wettbewerbs einzelner Unternehmen hinaus gemeinsam, d.h. auf Branchenebene, zu organisieren.

Der FEI fördert in Zusammenarbeit mit 120 Instituten jährlich über **80 Projekte der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**, organisiert Tagungen und veröffentlicht Fachpublikationen. Im Fokus der FEI-Projekte stehen die Themenfelder Lebensmittelqualität, Lebensmittelproduktion, Lebensmittel & Gesundheit und Lebensmittelsicherheit.

Über 600 Unternehmen sind als direkte Mitglieder des FEI oder als Mitglieder der Projektbegleitenden Ausschüsse unmittelbar in seine Aktivitäten einbezogen.

Das Innovationsnetzwerk des FEI und seine Forschungsprojekte werden im Rahmen des Programms zur Förderung der IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) finanziell unterstützt.

