

Projekt: Optimierung des Einsatzes „frischer Rüben“ in Biogasanlagen 2015-2017

Schlussbericht



Rheinischer Rübenbauer-Verband e.V.
Malteserstraße 3
53115 Bonn
www.rrvbonn.de



Gefördert durch:

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

Projekt: Optimierung des Einsatzes „frischer Rüben“ in Biogasanlagen 2015-2017

Schlussbericht

Gliederung

1. Einleitung und Zielsetzung
2. Feldversuche
 - 2.1 Beschreibung Versuchsstandorte
 - 2.2 Proberodungen
 - 2.2.1 Proberodung Neuss 2015
 - 2.2.2 Proberodung Brüggen 2015
 - 2.2.3 Proberodung Neuss 2016
 - 2.2.4 Proberodung Brüggen 2016
 - 2.3 Mietenlagerung
 - 2.3.1 Mietenanlage und allgemeiner Ablauf
 - 2.3.2 Miete Neuss 2015/2016
 - 2.3.3 Miete Brüggen 2015/2016
 - 2.3.4 Miete Neuss 2016/2017
 - 2.3.5 Miete Brüggen 2016/2017
3. Witterungsverlauf und Auswertung der Datenlogger
 - 3.1 Anbaujahr 2015/2016
 - 3.2 Anbaujahr 2016/2017
4. Innere Qualität
 - 4.1 Trockensubstanzgehalte
 - 4.2 Trockenmasseerträge
 - 4.3 Methanerträge
5. Diskussion
6. Kostenanalyse
 - 6.1 Verfahrenskosten Zuckerrübenanbau und Silomaisanbau
 - 6.2 Wirtschaftliche Betrachtung
7. Fazit und Perspektive

1. Einleitung und Zielsetzung

Nachdem im Projekt „Einsatz von Rüben in Biogasanlagen“ in den Jahren 2011 bis 2013 die ertragliche und ökonomische Konkurrenzfähigkeit der Zuckerrübe gegenüber dem Mais als Biogassubstrat bewertet wurde, behandelt dieses Folgeprojekt die Fragestellung, über welchen Zeitraum man Biogasanlagen mit „frischen“ Rüben versorgen kann. Aus den Projektjahren 2011 bis 2013 ist bekannt, dass sich Zuckerrüben über verschiedene Silierverfahren (Rübenmus, Mischsilagen, Ganzrübensilage) ganzjährig als Biogassubstrat einsetzen lassen aber hierzu teilweise hohe Investitionen zur Schaffung von zusätzlichen Lagerkapazitäten zu tätigen sind. Außerdem bedarf es spezieller Technik, mit welcher Rüben vor Ort angenommen und verarbeitet werden (Reinigung, Entsteinung, Musen und Einbringen). Lässt sich der Einsatz von „frischen Rüben“ über eine Langzeitlagerung in der Feldrandmiete optimieren, wäre der Einsatz der frischen Rübe als Biogassubstrat über den bekannten Zeitraum von ca. 4 Monaten hinaus gewährleistet, ohne die bestehenden Lagerkapazitäten erweitern zu müssen oder in zusätzliche Technik zu investieren.

Viele Biogasanlagenbetreiber suchen nach Ergänzungen im Substratmix. Der Mais als das Substrat der Wahl für den Gärprozess steht zunehmend in der Kritik. Er nimmt regional teilweise sehr hohe Fruchtfolgeanteile ein, was in der Öffentlichkeit stark diskutiert wird. Ein zu hoher Anteil von Mais in den Fruchtfolgen fördert das Aufkommen von Schädlingen wie den Maiszünsler oder den Maiswurzelbohrer. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz sieht eine Deckelung des Maisanteils im Substratmix vor. Das Interesse an Alternativen zu Mais ist also groß. Aus diesem Grund wurde das Projekt „Optimierung des Einsatzes „frischer Rüben“ in Biogasanlagen 2015-2017“ initiiert.

Durch die Optimierung des Einsatzes frischer Rüben in Biogasanlagen könnte über einen Zeitraum von sieben Monaten ein Maisanteil von 20-30 % im Substratmix durch die Zuckerrübe substituiert werden. Gleichzeitig stößt dieses Produktionsverfahren mit einem vergleichsweise geringen Investitionsvolumen auf reges Interesse seitens der Biogasanlagenbetreiber und der landwirtschaftlichen Praxis. In diesem über zwei Jahre angelegten Projekt wurden an zwei rheinischen Standorten Langzeitlagerungsversuche angelegt und die gewonnenen Ergebnisse und Daten ausgewertet. Es wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

1. Wie entwickeln sich Trockenmasse-, Zucker- und Gaserträge der Rüben von Mitte August bis Mitte März und wie stellt sich deren Einsatz bei der Frischverfütterung wirtschaftlich dar?
2. Wie lassen sich Rüben anschließend in der Langzeitmiete unter Vlies lagern und wie verändern sich Trockenmasse, Zuckergehalt und Methanbildungsvermögen?
3. Welche Verfahrenskosten entstehen im 7-Monatsmittel und wie ist deren Verlauf?

2. Feldversuche

2.1 Beschreibung Versuchsstandorte

Das Projekt „Optimierung des Einsatzes „frischer Rüben“ in Biogasanlagen 2015-2017“ war auf eine Laufzeit von zwei Jahren ausgerichtet. Zur fachlichen und statistischen Absicherung wurden Versuche an zwei Standorten im Rheinland angelegt.

Hierbei handelt es sich um zwei Rüben anbauende Betriebe, die selber Rüben in einer Biogasanlage verwerten bzw. an eine Biogasanlage liefern.

Bei der Auswahl der Rübenschläge, auf bzw. von denen die Langzeitmieten angelegt werden sollten, wurde Wert darauf gelegt, dass es sich um gesunde und gleichmäßige Rübenbestände handelt. Um dies sicher zu stellen, sind die Rübenschläge während des jeweiligen Anbaujahres regelmäßig bzgl. Auffälligkeiten kontrolliert worden.

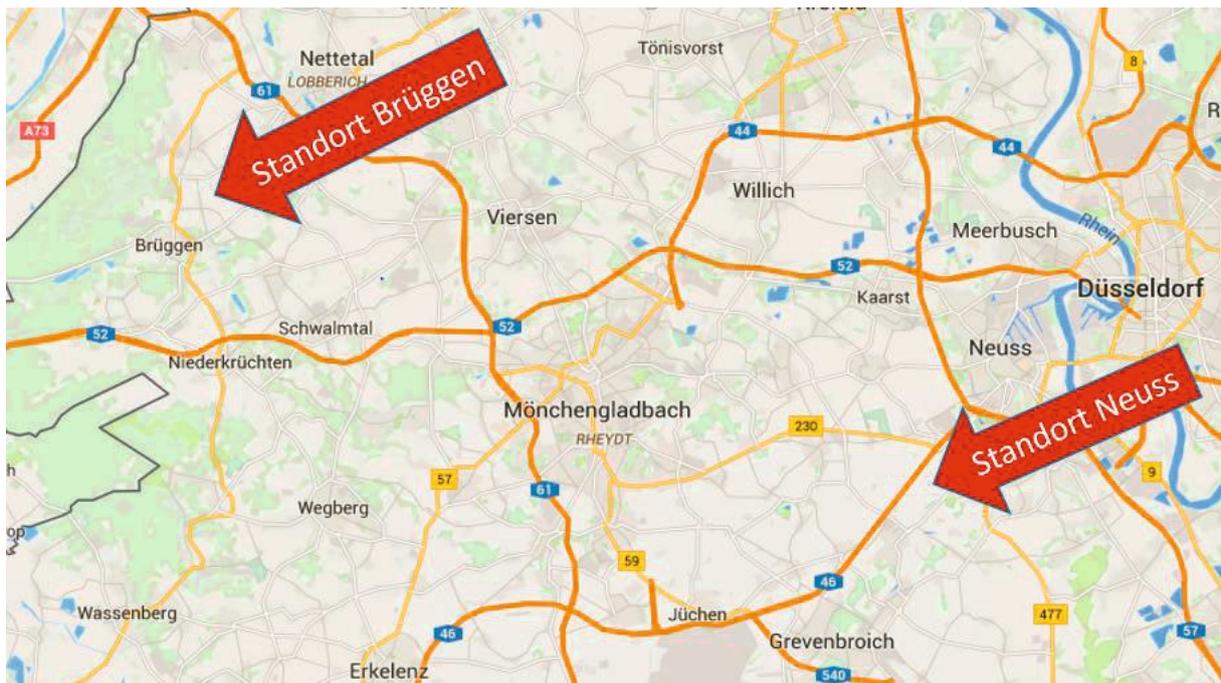


Bild 1: Die Projektstandorte

Der Standort Neuss befindet sich am nördlichen Rand der Zuckerrübenanbauregion Köln-Aachener Bucht. Die Versuchsschläge waren an der südwestlichen Stadtgrenze von Neuss in Richtung Grevenbroich gelegen. Durch seine tiefgründigen, schluffigen Lösslehmböden mit durchschnittlich 85 Bodenpunkten eignet sich der Standort in besonderer Weise für den Rübenanbau. Neuss liegt 65 m über NN.

Der Standort Brüggen liegt 56 m über NN am südwestlichen Niederrhein, nahe der Landesgrenze zu den Niederlanden. Die Böden sind sandig-lehmig. Die Bodenpunktzahl beträgt 50 bis 55.

2.2 Proberodungen

Ab Mitte August wurden bis zu den Ernteterminen Ende November bzw. Anfang Dezember im zweiwöchigen Rhythmus Proberodungen auf den Projektschlägen durchgeführt. Dabei wurden je Standort vier dem Durchschnitt des Bestandes entsprechende Stellen ausgewählt. Je Proberodungstermin wurde an jeder dieser Stellen eine Strecke von 20 hintereinander folgenden Zuckerrüben in einer Reihe abgemessen. Die jeweils 20 Rüben wurden von Hand beerntet, verwogen und bildeten die Datengrundlage des Proberodungsergebnisses. In den gleichen Reihen wurden die weiteren Proberodungen durchgeführt. Bei der Handbeerntung wurden die Rübenkörper unterhalb des lebenden Blattansatzes vom Blattapparat getrennt.



Bild 2: 20 Rüben zur Proberodung am 22.11.2016 am Standort Neuss

Das bei den Proberodungen gewonnene Rübenmaterial wurde im Labor der Zuckerfabrik Jülich auf Zuckergehalte und Inhaltsstoffe analysiert. Im Hinblick auf die dargestellten Rübenmasse- und Zuckererträge ist nochmal anzumerken, dass es sich um eine Handbeerntung handelt. Diese ermittelten Erträge sind nicht direkt mit Ergebnissen aus der Praxis vergleichbar. Bei der praxisüblichen maschinellen Beerntung entstehen erfahrungsgemäß Rodeverluste von etwa 10 %, die bei einer Handbeerntung zu berücksichtigen sind.

Auf einen nassen Januar 2015 folgten mit dem Februar und März zwei Monate mit unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen. Die Aussaat der Zuckerrüben fand bis Mitte April statt. Die Rüben sind dank überdurchschnittlicher Temperaturen rasch aufgelaufen. Der Juni war gekennzeichnet durch stark wechselnde Temperaturabschnitte bei zunehmender Trockenheit. Der Juli begünstigte das Wachstum mit hohen Temperaturen bei ausreichender Wasserversorgung.

Im Jahr 2016 litten die Keimpflanzen gegen Mitte April unter teils winterlichen Temperaturen. Sie erholten sich im wechselwarmen Mai schnell. Die weitere Entwicklung im Mai war durch zunehmende Trockenheit verzögert. Ende Mai/Anfang Juni fielen teils ergiebige Niederschlagsmengen. Im warmen und trockenen Juli erholten sich die Bestände wieder und präsentierten sich mit einem üppigen Blattapparat. Mit den temperaturbedingten hohen Verdunstungsraten ab Anfang Juli kam es zu einer kontinuierlichen Absenkung der Bodenwasservorräte.

2.2.1 Proberodung Neuss 2015

Die Rübensorte Lisanna wurde am 14.04.2015 in einem Reihenabstand von 45 cm ausgesät. Auf der Parzelle wurden im Vorjahr Gemüse-Erbsen angebaut, danach folgte Ölrettich als Winterzwischenfrucht. Die Stickstoffdüngung zu Rüben erfolgte betriebsüblich in mineralischer Form. Es wurden drei Herbizidmaßnahmen, eine Insektizidmaßnahme sowie drei Fungizidmaßnahmen durchgeführt. Des Weiteren lag der Fokus auf einer ausreichenden Versorgung mit Mikronährstoffen, die über das Blatt appliziert wurden. Auf dem Projektschlag in Neuss konnte eine durchschnittliche Bestandesdichte von 98.924 Pflanzen je Hektar festgestellt werden. Die erste Proberodung fand am 11.08.2015 statt.

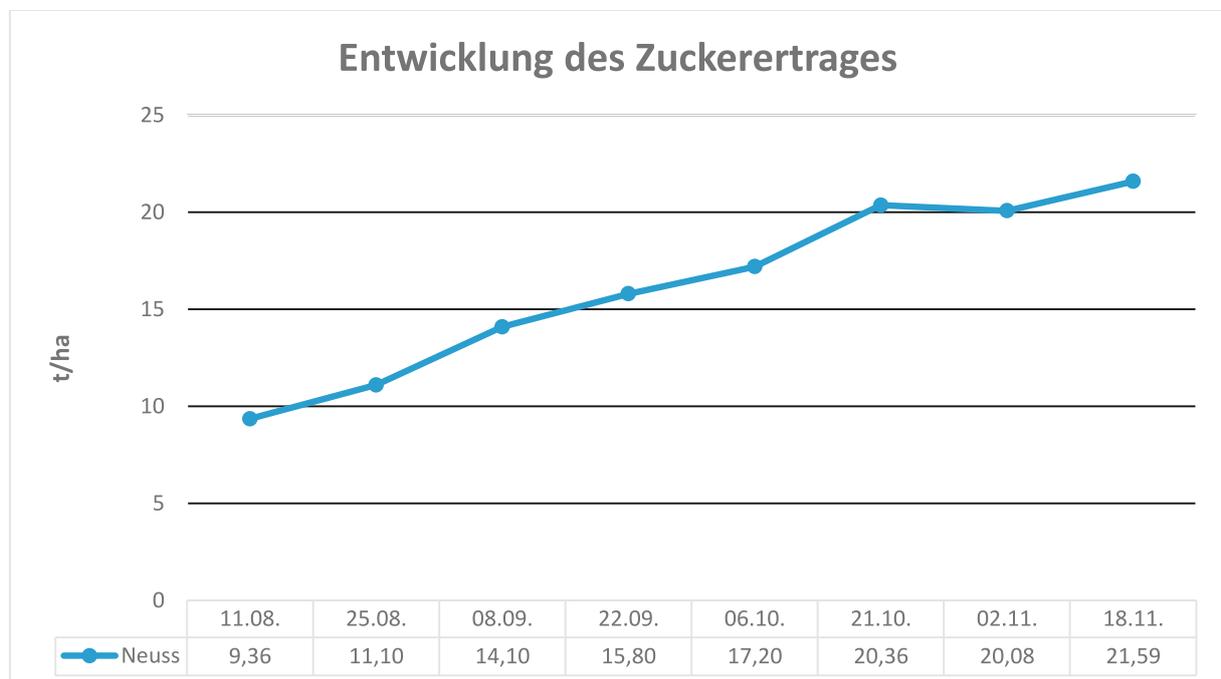


Abbildung 1: Entwicklung des Zuckerertrages am Standort Neuss im Jahr 2015

Mit einem Zuckerertrag von 9,36 t/ha (Abbildung 1) starteten die Proberodungen in Neuss auf einem hohen Niveau. Günstige Witterungsbedingungen ließen zwischen

den Proberodungsterminen kontinuierliche Zuwächse zu. Erst mit Beginn der letzten Oktoberdekade fielen die folgenden Zuwächse etwas geringer aus. Am 18.11., zum Termin der letzten Proberodung, lag der festgestellte Zuckerertrag bei 21,59 t/ha. Der Blattapparat des Versuchsschlages in Neuss zeigte sich durchgängig kräftig und vital.



Bild 3: Gesunder Blattapparat auf dem Projektschlag in Neuss am 21.10.2015

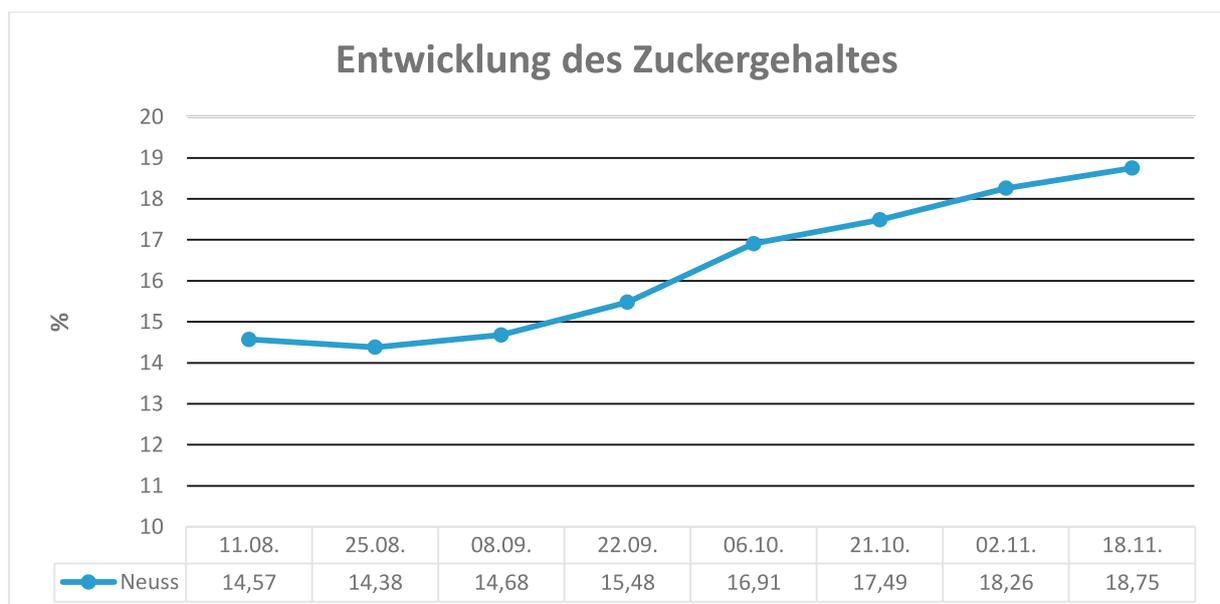


Abbildung 2: Entwicklung des Zuckergehaltes am Standort Neuss im Jahr 2015

Der auf dem Versuchsschlag bei Neuss ermittelte Zuckergehalt lag zum Zeitpunkt der ersten Proberodung am 11.08. bei 14,57 % (Abbildung 2) und veränderte sich bis zur dritten Proberodung am 08.09. nur unwesentlich. Ab Mitte September stieg der Zuckergehalt kontinuierlich an. Kurz vor dem Termin der Beerntung erreichte der Zuckergehalt am 18.11. mit 18,75 % sein Maximum.

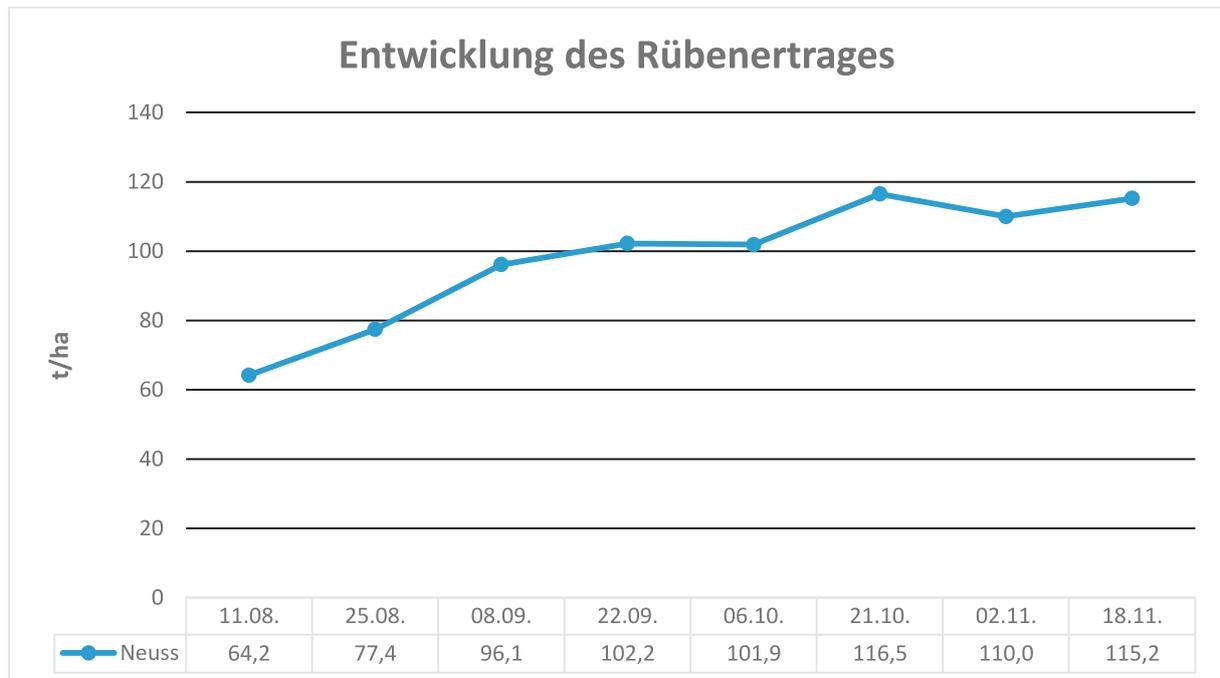


Abbildung 3: Entwicklung des Rübenenertrages am Standort Neuss im Jahr 2015

Der Rübenenertrag lag am Projektstandort Neuss am 11.08. bei 64,2 t/ha (Abbildung 3) und nahm bis zur Proberodung am 22.09. stetig zu. Nach einer witterungsbedingten Stagnation Ende September/Anfang Oktober nahm der Rübenmasseertrag nochmals zu und erreichte zur Proberodung am 21.10. mit 116,5 t/ha das Maximum. Weitere Massezuwächse konnten am Standort Neuss im November 2015 nicht mehr realisiert werden.

2.2.2 Proberodung Brüggen 2015

Auf dem Standort Brüggen wurden die Rüben der Sorte Lisanna am 23.04.2015 in einem Reihenabstand von 50 cm ausgesät. Im Jahr 2015 konnte eine Bestandesdichte von 103.575 Pflanzen/ha festgestellt werden. Die N-Düngung erfolgte betriebsüblich, hauptsächlich unter der Verwendung von Gärresten. Zum Zeitpunkt des Reihenschlusses wurde am 26.06. eine Blattdüngung durchgeführt. Die Rüben wurden mit drei Herbizidmaßnahmen, einer Insektizidmaßnahme sowie zwei Fungizidmaßnahmen behandelt. Als Vorfrucht wurde Wintergerste angebaut.

Die Proberodungen am Standort Brüggen fanden parallel zu den Proberodungen am Standort Neuss am gleichen Tag statt.

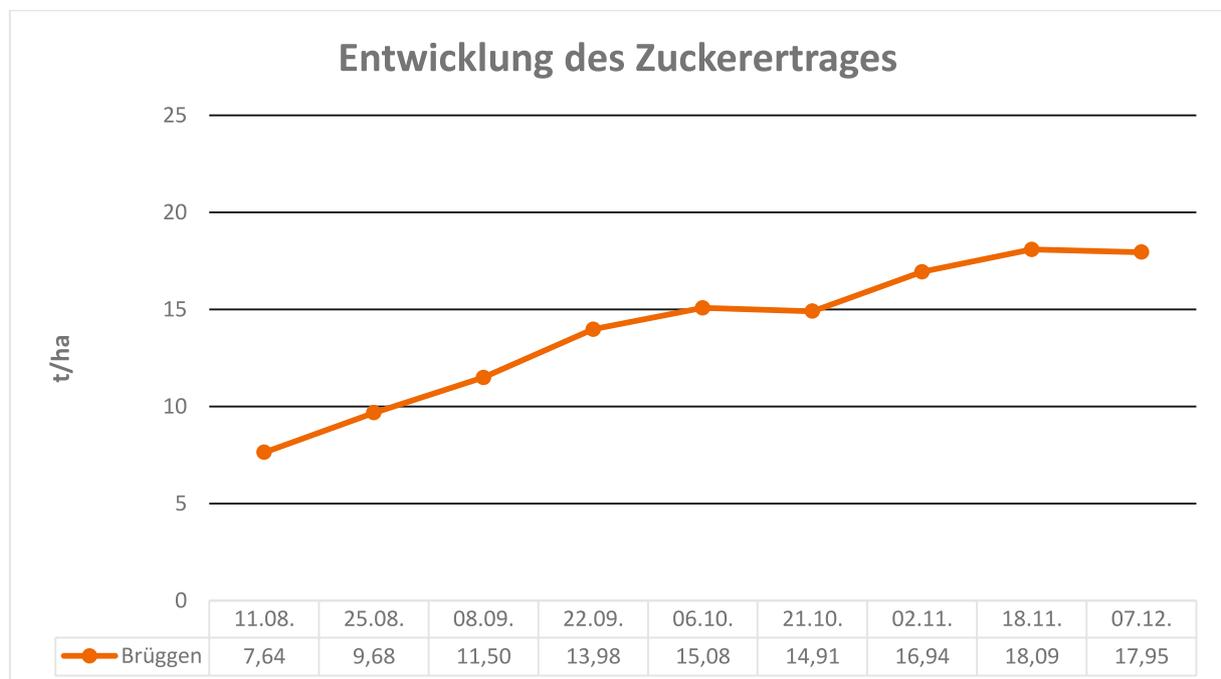


Abbildung 4: Entwicklung des Zuckerertrages am Standort Brüggen im Jahr 2015

Die erste Proberodung auf dem Versuchsschlag Brüggen am 11.08. zeigte einen Zuckerertrag von 7,64 t/ha (Abbildung 4). Die anschließenden drei Proberodungen erbrachten gleichmäßige Zuckerertragssteigerungen um jeweils rund 2 t/ha. Im Oktober blieb der Ertrag zunächst unverändert. Im Zeitabschnitt vom Beginn der letzten Oktoberdekade bis zur Proberodung am 18.11. konnte noch ein Ertragszuwachs auf 18,09 t/ha verzeichnet werden.



Bild 4: Die Rüben zur Proberodung am 02.11.2015 sind am Standort Brüggen sehr gut und gleichmäßig gewachsen

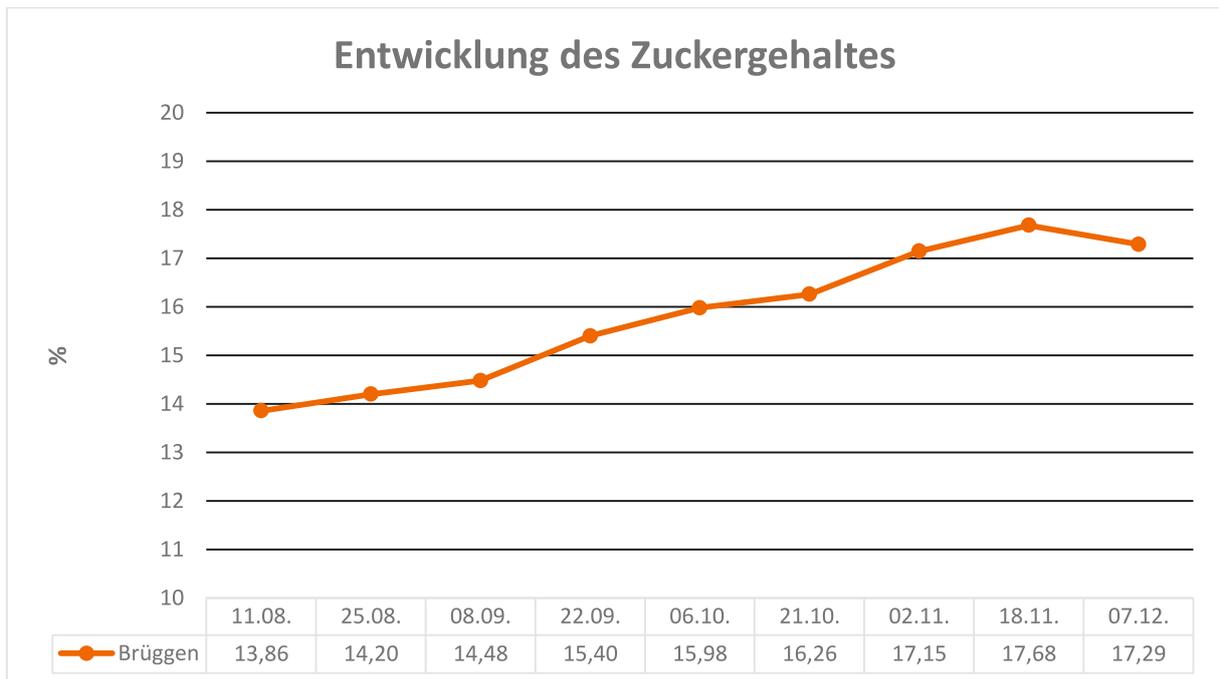


Abbildung 5: Entwicklung des Zuckergehaltes am Standort Brüggen im Jahr 2015

Der Zuckergehalt stieg auf dem Versuchsschlag Brüggen, ausgehend von 13,86 % am 11.08. (Abbildung 5), abhängig von der jeweiligen Witterungsphase mehr oder weniger stark an. Am 18.11. wurde mit 17,68 % der höchste Zuckergehalt erreicht.

Im Vergleich zum Standort Neuss lag der Zuckergehalt in Brüggen insgesamt auf einem etwas geringeren Niveau.

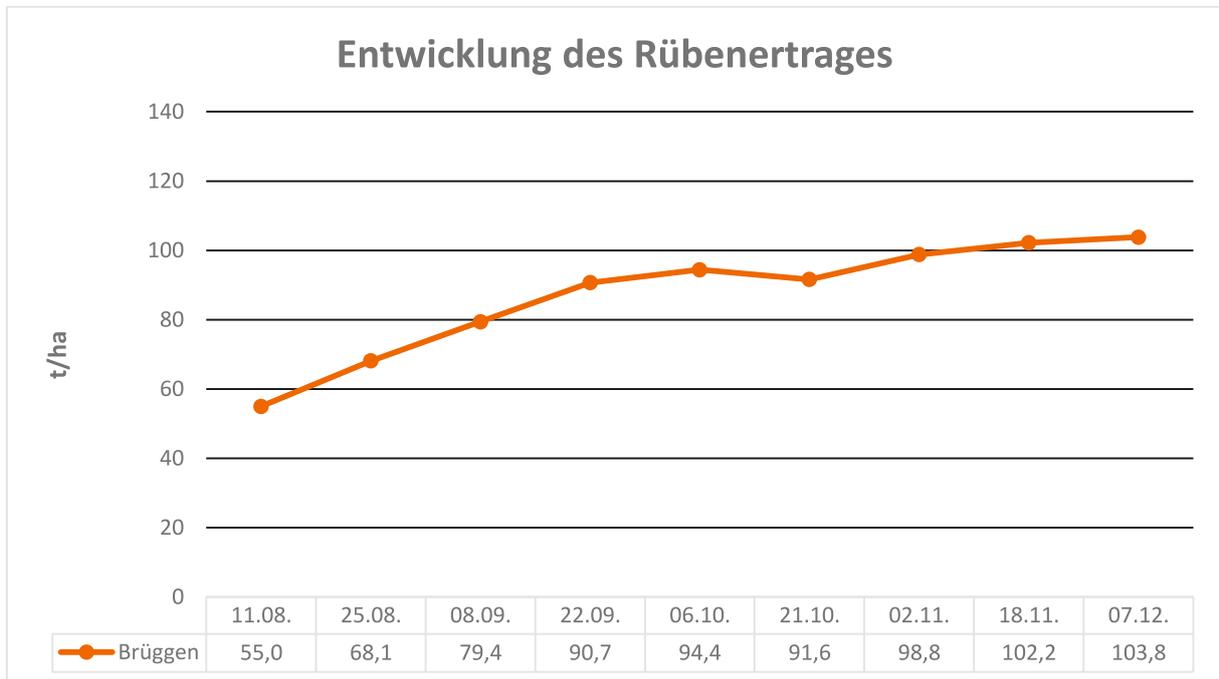


Abbildung 6: Entwicklung des Rübenenertrages am Standort Brüggen im Jahr 2015

Die am Projektstandort Brüggen festgestellten Rübenenerträge stiegen von 55,0 t/ha (Abbildung 6) zu Beginn der Proberodungen am 11.08. bis auf 94,4 t/ha am 06.10. an. Nach einer witterungsbedingten Stagnation im niederschlagsarmen Oktober 2015 nahmen die Masseerträge im November wieder leicht zu und erreichten 103,8 t/ha zum Erntetermin am 07.12.2015.

2.2.3 Proberodung Neuss 2016

Start der Proberodungsserie 2016 war am 16.08. Wie im Vorjahr wurden die Proberodungen im zweiwöchigen Rhythmus durchgeführt. Im Jahr 2016 wurde die Sorte Lisanna am 14.04. ausgesät. Als Zwischenfrucht stand Ölrettich mit anschließender Winterfurche. Die Bestandesdichte der Zuckerrüben, die wie im Vorjahr in einem Reihenabstand von 45 cm ausgesät wurden, betrug 101.792 Pflanzen je Hektar. Die N-Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgten betriebsüblich.



Bild 5: Versuchsschlag in Neuss im September 2016 mit vitalem Blattapparat

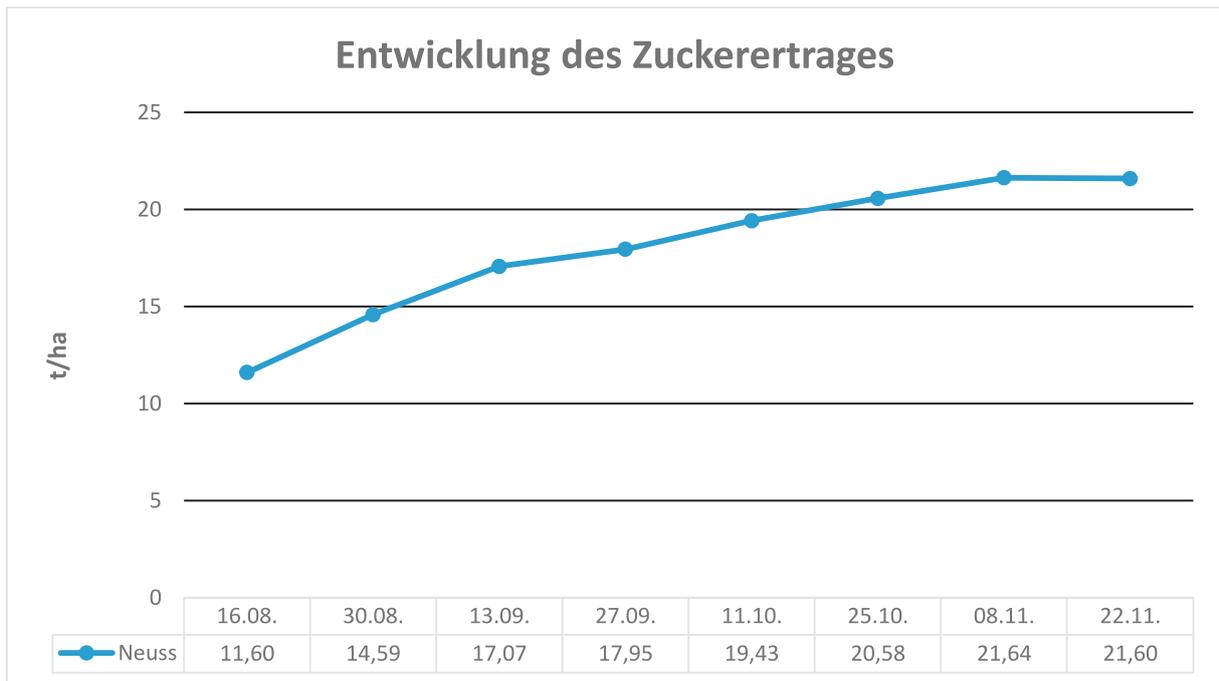


Abbildung 7: Entwicklung des Zuckerertrages am Standort Neuss im Jahr 2016

Durch einen günstigen Witterungsverlauf im Juli und in der ersten Augushälfte lag der Zuckerertrag in Neuss mit 11,60 t/ha um über 2 t/ha höher als zum Proberodungsstart im Vorjahr (Abbildung 7). Nach einer starken Zunahme im Folgemonat flachte die Zuwachskurve im weiteren Verlauf etwas ab. Schließlich lag der Zuckerertrag zum letzten Beprobungstermin am 22.11. mit 21,60 t/ha auf Vorjahresniveau.

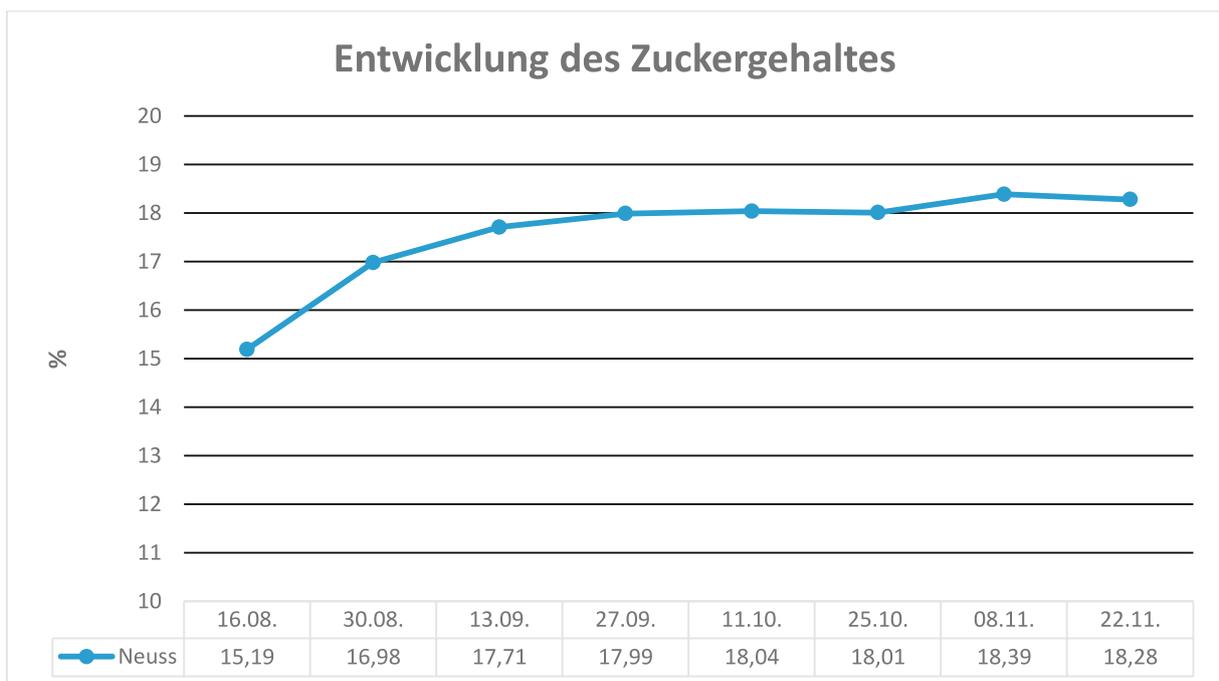


Abbildung 8: Entwicklung des Zuckergehaltes am Standort Neuss im Jahr 2016

Die Proberodungen starteten am 16.08. mit einem Zuckergehalt von 15,19 % (Abbildung 8). Infolge der anhaltend trocken-heißen Witterung in den folgenden vier Wochen stieg der Zuckergehalt auf 17,71 % an. Nachfolgend stieg der Zuckergehalt weiter leicht an und stagnierte im Oktober. Sonnenscheinreiches Wetter bis zur Ernte des Projektschlages ließ den Zuckergehalt im November nochmals ansteigen, so dass er am 22.11. bei 18,28 % lag.

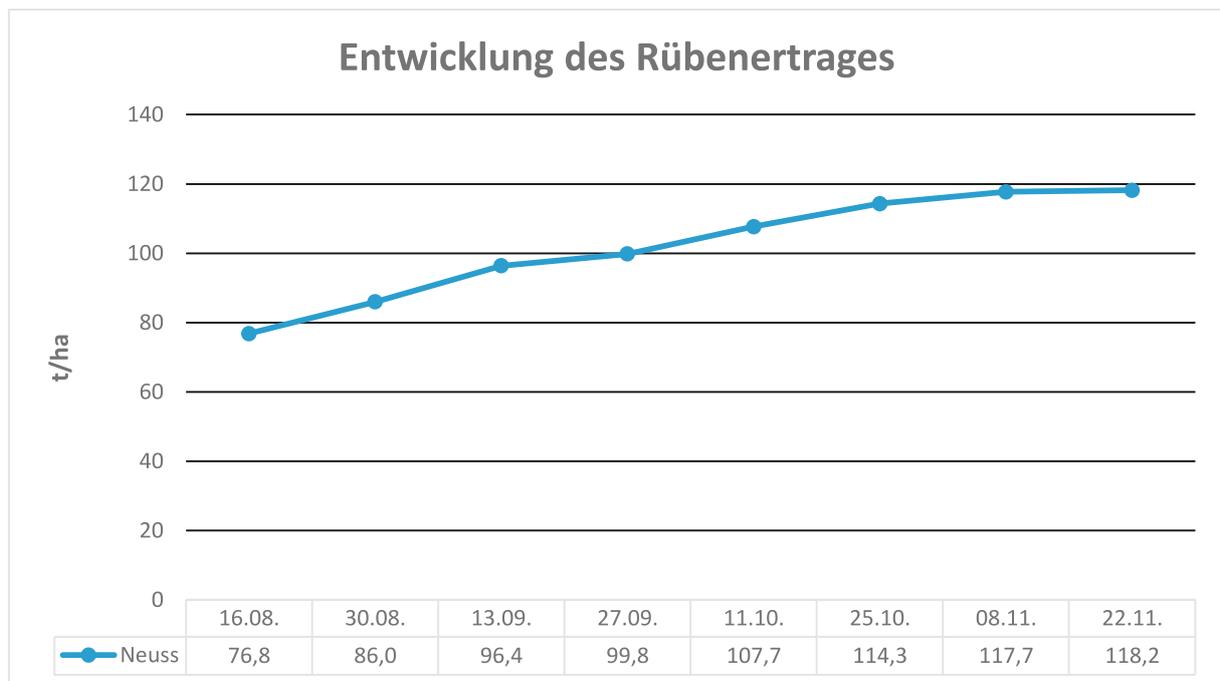


Abbildung 9: Entwicklung des Rübenenertrages am Standort Neuss im Jahr 2016

Der Rübenmasseertrag am Standort Neuss lag schon bei der ersten Proberodung am 16.08. mit 76,8 t/ha (Abbildung 9) auf einem sehr hohen Niveau. Trotz der geringen Niederschläge im Spätsommer und Frühherbst gab es einen konstanten Ertragszuwachs, der aus der guten Blattgesundheit, der ausgezeichneten Bodengüte und der Wasserverfügbarkeit aus dem Boden resultierte.

2.2.4 Proberodung Brüggen 2016

Auf dem Versuchsschlag in Brüggen wurde die Sorte Daphna am 22.03. ausgesät. Die Bestandesdichte betrug 105.376 Pflanzen/ha bei einer Reihenweite von 50 cm. Die N-Düngung erfolgte betriebsüblich. Die Blattdüngung mit Mikronährstoffen fand am 09.07. statt. Auf dem Versuchsschlag Brüggen wurden drei Herbizid- sowie zwei Fungizidmaßnahmen appliziert.

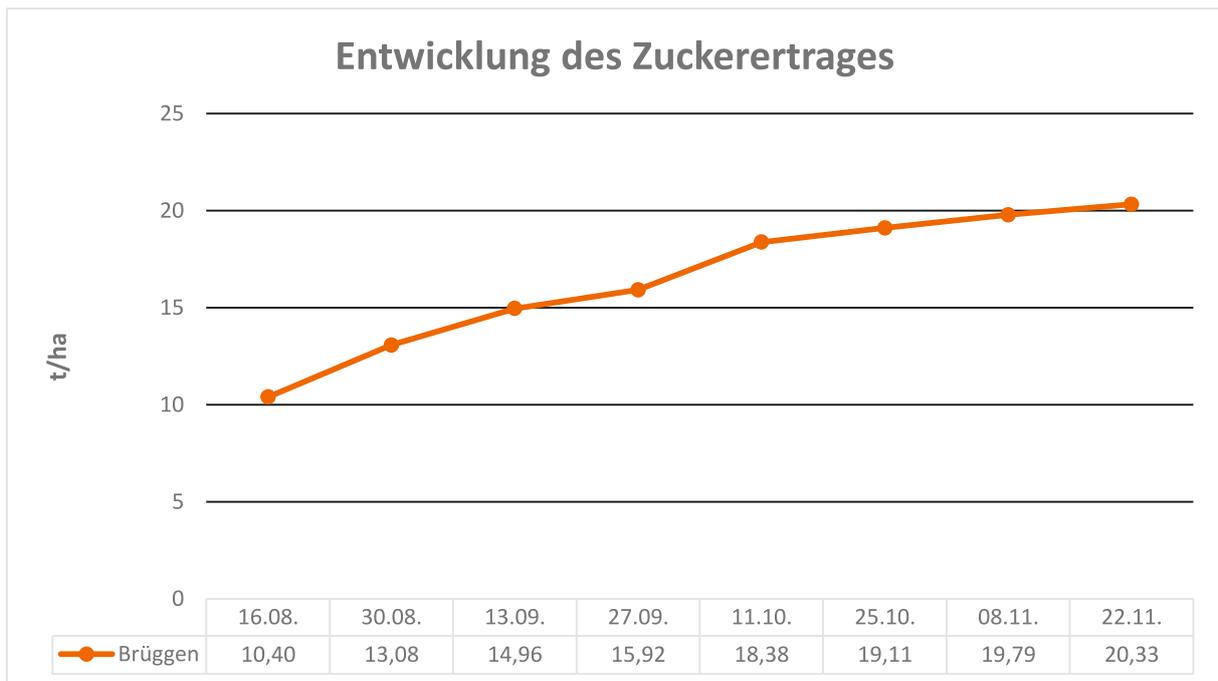


Abbildung 10: Entwicklung des Zuckerertrages am Standort Brüggen im Jahr 2016

Zum Proberodungstermin am 16.08. lag der Zuckerertrag in Brüggen bei 10,40 t/ha (Abbildung 10). Er stieg im weiteren Verlauf sehr gleichmäßig an und lag zum Beprobungstermin am 22.11. bei 20,33 t/ha. Die Entwicklung des Zuckerertrages am Standort Brüggen verlief auf einem etwa 1 t/ha geringeren Niveau fast parallel zu der am Standort Neuss.

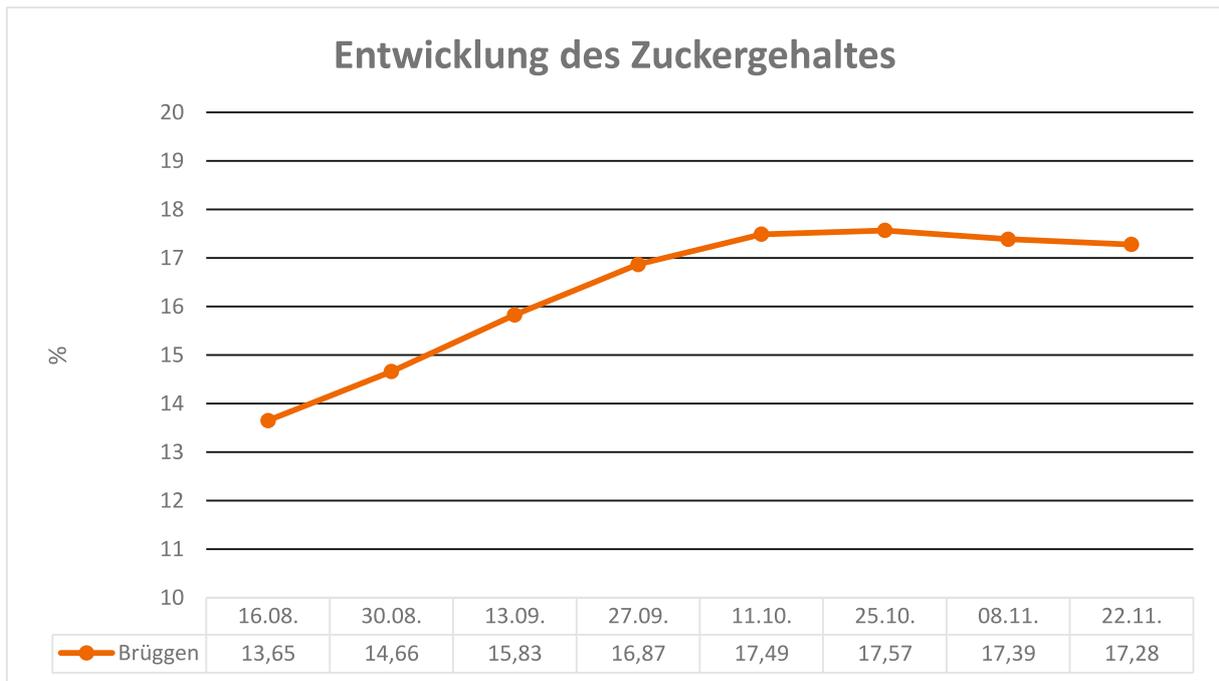


Abbildung 11: Entwicklung des Zuckergehaltes am Standort Brüggen im Jahr 2016

Der Zuckergehalt lag auf dem Versuchsschlag Brüggen am 16.08. mit 13,65 % niedriger als am Versuchsstandort in Neuss (Abbildung 11). Er stieg im weiteren Verlauf zwischen den Proberodungsterminen bis zur ersten Oktoberdekade um jeweils etwa 1 % an. Durch einsetzende Niederschläge im November trat dann bis zur Ernte ein leichter Verdünnungseffekt auf, der den Zuckergehalt minimal sinken ließ.

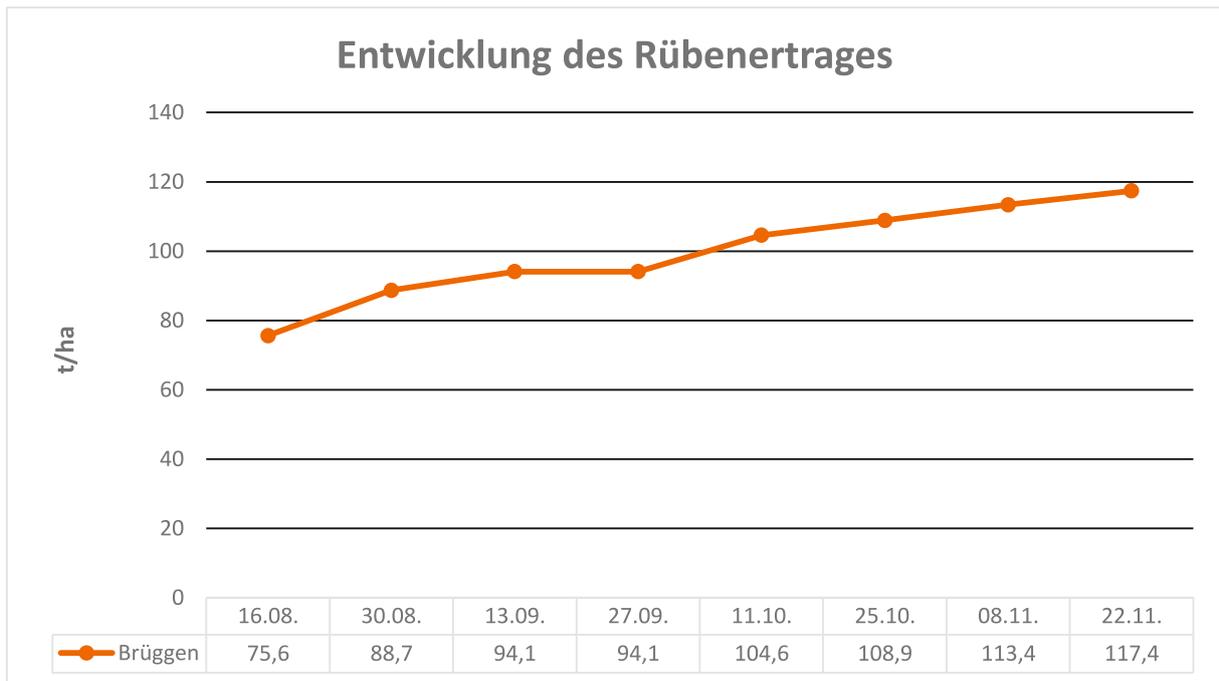


Abbildung 12: Entwicklung des Rübenenertrages am Standort Brüggen im Jahr 2016

Auch in Brüggen startete die Proberodung am 16.08. mit 75,6 t/ha auf einem hohen Niveau (Abbildung 12). Nach einer witterungsbedingten Stagnation im September konnten im Oktober weitere Zuwächse verzeichnet werden, so dass bis zur Beprobung am 22.11. ein Frischmasseertrag von 117,4 t/ha erreicht wurde.

2.3 Mietenlagerung

2.3.1 Mietenanlage und allgemeiner Ablauf

In den zwei Versuchsjahren wurden auf beiden Standorten die Rübenmieten zu einem späten Zeitpunkt Ende November/Anfang Dezember angelegt. Dieser Zeitpunkt wurde so gewählt, dass der bestmögliche Ertragszuwachs generiert werden konnte aber trotzdem noch günstige Rodebedingungen vorherrschten. Die Versuchsschläge wurden so angerodet, dass in die abzupackenden Probensäcke weder Rübenmaterial von den Vorgewenden noch aus Fahrgassen gelangte. Für eine exakte Versuchsdurchführung war es notwendig, dass durchweg homogenes Rübenmaterial für die Probensäcke verwendet wurde. Zur Mietenanlage wurden je Auslagerungstermin 30 Probensäcke benötigt. Von den 30 Probensäcken wurden jeweils 10 zusammen als sogenanntes Sackcluster an beiden Mietenflanken sowie 10 Probensäcke im Mietenkern platziert. Beim Befüllen der Probensäcke wurden diese etikettiert und verwogen.



Bild 6: Befüllen der Raschelsäcke bei der Ernte in Neuss mit gleichmäßigem Rübenmaterial



Bild 7: In Raschelsäcke abgepacktes Rübenmaterial zur Einbringung in die Langzeitmiete. Die Etikettierung gewährleistet die Zuordnung der Daten



Bild 8: Die Rübenproben als Sackcluster im Mietenkern werden bei der Mietenanlage vom Roder mit Rüben bedeckt

Innerhalb jedes Sackclusters zeichnete ein Datenlogger den Temperaturverlauf während der Lagerdauer auf. Neben den Probensäcken, welche in die Langzeitmieten eingebracht wurden, gaben Analysen von Referenzproben Aufschluss über Frischmasseerträge und Qualität des Rübenmaterials zum Zeitpunkt

der Beerntung. Nach dem Anlegen der Miete wurde diese mit einem praxisüblichen Rübenschutzvlies (110 g/m² von Huesker) abgedeckt. Während der gesamten Lagerdauer wurde regelmäßig die ordnungsgemäße Abdeckung überprüft.

Um eine Verlustermittlung in der Miete darstellen zu können, wurden im 4-Wochen-Rhythmus, beginnend von Mitte Dezember, Rübenproben aus der Miete entnommen. In Neuss kam es zu vier Auslagerungsterminen. In Brüggen wurde mit der Auslagerung im Januar begonnen, da der erste Auslagerungstermin Mitte Dezember zu nah an der Rodung am 07.12.2015 gelegen hätte.

Die zusammengehörenden Sackcluster der jeweiligen Entnahmetermine wurden in einem Abstand von 19 m platziert. Dies entspricht einer halben Vlieslänge. Damit konnte vermieden werden, dass durch das kurzzeitige Öffnen des Vlieses zur Entnahme von Rübenproben Einfluss auf die noch länger lagernden Sackcluster genommen wurde. Ebenso sind die Vlieslängen bei der Platzierung der Sackcluster berücksichtigt worden, um zu vermeiden, dass relevante Mietenbereiche doppelt abgedeckt wurden.



Bild 9: Anlage der Langzeitmiete. Die Markierungen kennzeichnen die Platzierung der Sackcluster unter Berücksichtigung der Vlieslängen

2.3.2 Miete Neuss 2015/2016

Der Versuchsschlag am Standort Neuss wurde am 27.11.2015 gerodet. Die Rüben wurden dabei minimal geköpft. Die Langzeitmiete wurde am gleichen Tag bei einer Temperatur von 6 °C angelegt. Das durchschnittliche Sackgewicht der eingelagerten Rübenproben betrug 28,16 kg. Bevor um die Monatswende November/Dezember ergiebige Niederschläge fielen, wurde die Miete am 28.11.2015 mit dem praxisüblichen Rübenvlies (110 g/m²) abgedeckt.

Zum ersten Auslagerungstermin am 16.12.2015 betrug der Zuckerertragsverlust nach 19 Tagen Lagerdauer 3,9 %, ausgehend von dem Ertrag der Referenzproben zum Erntezeitpunkt. In dem Zeitraum bis zum zweiten Auslagerungstermin am 20.01.2016, nach weiteren 35 Tagen Lagerdauer, verlor die Miete 2,5 % Zuckerertrag. Vom zweiten bis zum dritten Auslagerungstermin am 17.02.2016 – nach weiteren 28 Tagen Lagerdauer – stiegen die Lagerverluste um 0,5 %. Zwischen dem dritten und vierten Auslagerungstermin am 15.03.2016 betragen die Verluste 1,2 %. Die Zuckerertragsverluste über die gesamte Lagerdauer von 109 Tagen betragen somit 8,1 %. Dies entspricht einem durchschnittlichen täglichen Verlust von 140 g Zucker je Tonne Rüben und Tag. Der tägliche Zuckerverlust von 391 g Zucker pro t Rüben im Zeitraum bis zur ersten Auslagerung am 16.12.2015 fällt deutlich höher aus als die Verluste zu den späteren Auslagerungsterminen. Die hohen Zuckerverluste zu Beginn der Lagerdauer sind durch die Energie, die zur Wundheilung von Verletzungen aufgewendet werden muss sowie durch die milden Temperaturen im Dezember 2015 zu erklären.



Bild 10: Entnahme der Rübenproben aus dem Mietenkern am Standort Neuss im Januar 2016

Während die Verluste der Rüben im Mietenkern in etwa den Gesamtverlusten entsprochen haben bzw. leicht darunter lagen, fielen die Verluste der Rüben an der Südostseite höher aus. Hier kam es infolge von intensiver Sonneneinstrahlung zu Verdunstung von Wasser und somit zu einem Anstieg der Konzentration aller Inhaltsstoffe. Der Masseertrag der an der Südostseite lagernden Rüben sank zwischen den Auslagerungsterminen um jeweils etwa 6 %. Im Mietenkernbereich verloren die Rüben 6,4 % an Masse nach der Gesamtlagerdauer von 109 Tagen. An der Nordwestseite der Miete lagen die Masseverluste bei insgesamt 11,0 %.

Tabelle 1: Ergebnisse des Mietenversuches am Standort Neuss 2015/2016 (eigene Berechnung)

Zusammenfassung des Mietenversuches 2015/2016 (Miete Neuss)									
	Rüben- ertrag rel. ¹⁾	Zucker- ertrag rel. ²⁾	Zucker- gehalt rel. ³⁾	SMV *	Kalium	Natrium	Amino-N	Verlust g Zucker/ t Rüben und Tag	
Frische Rüben	100,0	100,0	100,0	1,50	43,1	3,0	19,4	0	
Dezember Kern	98,0	96,4	98,3	1,50	41,8	3,0	20,2	-362	
Dezember Nordwest	100,4	95,8	95,4	1,52	43,2	3,4	20,2	-418	
Dezember Südost	94,0	94,0	100,0	1,53	43,4	3,6	20,3	-597	
Januar Kern	95,6	93,5	97,8	1,56	45,7	3,1	20,6	-227	
Januar Nordwest	98,7	96,3	97,6	1,60	47,4	3,1	21,2	-128	
Januar Südost	86,8	91,3	105,3	1,73	53,2	3,6	23,5	-303	
Februar Kern	96,8	93,7	96,8	1,55	45,0	3,2	20,7	-146	
Februar Nordwest	95,0	92,3	97,2	1,56	46,5	3,2	20,4	-177	
Februar Südost	80,5	89,1	110,6	1,77	57,2	3,7	23,5	-252	
März Kern	95,5	93,6	98,0	1,58	49,1	3,6	19,4	-111	
März Nordwest	89,0	89,0	100,1	1,56	49,6	3,7	18,5	-190	
März Südost	73,9	81,2	109,9	1,73	52,2	3,6	24,3	-326	
Mittelwerte:									
Frische Rüben	100,0	100,0	100,0	1,50	43,1	3,0	19,4	0	
Dezember ⁴⁾	97,8	96,1	98,2	1,51	42,1	3,1	20,2	-391	
Januar ⁴⁾	95,0	93,6	98,5	1,58	46,6	3,2	21,0	-225	
Februar ⁴⁾	95,0	93,1	98,2	1,58	46,4	3,2	20,9	-160	
März ⁴⁾	92,7	91,9	99,4	1,59	49,5	3,6	19,8	-140	

* SMV = Standard-Melasse-Verlust ⁴⁾ gewichteter Mittelwert nach RRV-Rechenmodell

¹⁾ rel. 100 = 103,7 t/ha

²⁾ rel. 100 = 19,60 t/ha

³⁾ rel. 100 = 18,91 %

2.3.3 Miete Brüggen 2015/2016

Der Versuchsschlag am Standort Brüggen wurde am 07.12.2015 im klassischen Köpfschnitt-Verfahren gerodet, wobei die Köpfmesser auf minimalen Verlust eingestellt waren. Die Langzeitmiete wurde am 08.12.2015 angelegt. Das Durchschnittsgewicht der in Brüggen befüllten Raschelsäcke betrug 23,75 kg.

Der erste Auslagerungstermin der Rüben aus der Miete vom Standort Brüggen fand am 20.01.2016, nach 44 Tagen statt. Die Rüben in der Miete hatten bis zu diesem Zeitpunkt 2,4 % Zucker verloren. Nach weiteren 28 Tagen Lagerdauer bis zum 17.02.2016 stiegen die Verluste um 2,7 %. Bis zum letzten Auslagerungstermin am 15.03.2016 konnten keine weiteren Lagerverluste festgestellt werden. Die Gesamtverluste nach 99 Tagen Lagerdauer betragen 5,0 %.

Über die Gesamtlagerdauer wurde ein durchschnittlicher täglicher Verlust von 87 g Zucker je Tonne Rüben und Tag ermittelt.

Während der Zuckergehalt der ausgelagerten Rüben über die drei Termine nur unwesentlich von dem der analysierten Referenzproben abwich, resultieren die Gesamtlagerverluste hauptsächlich aus den Rübenmasseverlusten.



Bild 11: Sackcluster bei der Auslagerung der Rüben im März 2016

Tabelle 2: Ergebnisse des Mietenversuches am Standort Brügglen 2015/2016 (eigene Berechnung)

Zusammenfassung des Mietenversuches 2015/2016 (Miete Brügglen)									
	Rüben-ertrag rel. ¹⁾	Zucker-ertrag rel. ²⁾	Zucker-gehalt rel. ³⁾	SMV *	Kalium	Natrium	Amino-N	Verlust g Zucker/ t Rüben und Tag	
Frische Rüben	100,0	100,0	100,0	1,66	43,4	3,1	25,8	0	
Januar Kern	97,4	97,7	100,3	1,74	46,8	3,2	27,7	-92	
Januar Nordost	100,0	97,0	96,9	1,72	48,0	3,3	26,0	-119	
Januar Südwest	85,4	97,5	114,1	1,92	54,8	3,6	30,9	-100	
Februar Kern	95,6	94,7	99,1	1,75	47,3	3,1	27,6	-127	
Februar Nordost	100,0	97,3	97,3	1,66	44,7	3,1	25,1	-64	
Februar Südwest	79,5	93,9	118,1	1,94	54,8	3,6	31,5	-148	
März Kern	96,9	95,6	98,7	1,76	48,8	3,4	27,2	-77	
März Nordost	95,0	94,4	99,4	1,76	51,0	3,7	26,0	-98	
März Südwest	75,1	90,9	121,0	2,11	62,9	4,4	34,3	-159	
Mittelwerte:									
Frische Rüben	100,0	100,0	100,0	1,66	43,4	3,1	25,8	0	
Januar ⁴⁾	96,5	97,6	101,3	1,76	47,7	3,2	27,8	-95	
Februar ⁴⁾	94,4	94,9	100,8	1,76	47,8	3,2	27,8	-122	
März ⁴⁾	94,5	95,0	101,0	1,79	50,4	3,6	27,8	-87	

* SMV = Standard-Melasse-Verlust ⁴⁾ gewichteter Mittelwert nach RRV-Rechenmodell

¹⁾ rel. 100 = 90,0 t/ha

²⁾ rel. 100 = 15,62 t/ha

³⁾ rel. 100 = 17,35 %

2.3.4 Miete Neuss 2016/2017

Der Projektschlag am Standort Neuss wurde am 01.12.2016 beerntet. Die Rüben wurden dabei minimal geköpft. Die Anlage der Versuchsmiete erfolgte am gleichen Tag bei 5 °C und zu diesem Zeitpunkt optimalen Rodebedingungen. Das durchschnittliche Gewicht der Rübenprobesäcke betrug 25,61 kg.

Der erste Auslagerungstermin fand nach 14 Tagen am 15.12.2016 statt. Die Zuckerertragsverluste betragen bis zu diesem Zeitpunkt 3,5 %. In den folgenden 34 Tagen bis zur zweiten Auslagerung am 18.01.2017 verloren die Rüben in der Miete weitere 1,8 %. Bis zum Auslagerungstermin am 16.02.2017, nach weiteren 29 Tagen Lagerdauer, verlor die Miete 0,3 %. Von der dritten Auslagerung bis zur Mietenräumung am 16.03.2017 fielen die Zuckerertragsverluste mit 6,2 % deutlich höher als in den vorherigen Zeitspannen aus. Wie bereits im Vorjahr wurde direkt nach der Mietenanlage bis zur ersten Auslagerung am 15.12.2016 überproportional viel Zucker zur Wundheilung abgebaut. In dieser Phase lagen die Temperaturen innerhalb der Miete mit um 5 °C in einem für die Lagerung optimalen Bereich und waren für die Verluste, welche in diesem Zeitraum 450 g Zucker je Tonne Rüben und Tag betragen, nicht ausschlaggebend. Im Durchschnitt der Gesamtlagerdauer von 105 Tagen betragen die Zuckerverluste 202 g Zucker je Tonne Rüben und Tag. Im Mietenkern und an der Nordwest-Flanke der Miete waren die Lagerverluste nahezu identisch, auf der Südost-Seite fielen sie durch die höhere Masseverluste größer aus. Die milde Witterung in der ersten Märzhälfte ist Ursache für die hohe Veratmung der Rüben und die damit einhergehenden erhöhten Zuckerertragsverluste in den letzten vier Wochen vor der Mietenräumung.



Bild 12: Miete am Standort Neuss nach 105 Tagen Lagerdauer am 16.03.2017. Die Rüben befinden sich in einem guten Zustand

**Tabelle 3: Ergebnisse des Mietenversuches am Standort Neuss 2016/2017
(eigene Berechnung)**

Zusammenfassung des Mietenversuches 2016/2017 (Miete Neuss)									
	Rüben- ertrag rel. ¹⁾	Zucker- ertrag rel. ²⁾	Zucker- gehalt rel. ³⁾	SMV	Kalium	Natrium	Amino-N	Verlust g Zucker/ t Rüben und Tag	
Frische Rüben	100,0	100,0	100,0	1,47	41,6	2,9	19,2	0	
Dezember Kern	98,8	96,8	98,0	1,50	42,3	2,9	19,9	-406	
Dezember Nordwest	98,0	95,6	97,5	1,50	42,8	2,8	19,9	-564	
Dezember Südost	94,4	94,6	100,3	1,52	43,1	2,8	20,4	-689	
Januar Kern	98,4	94,9	96,4	1,59	48,0	2,6	20,9	-193	
Januar Nordwest	97,5	95,0	97,4	1,55	46,4	2,6	20,3	-188	
Januar Südost	89,6	93,0	103,8	1,57	48,1	2,8	20,0	-263	
Februar Kern	98,1	94,9	96,8	1,47	45,0	2,5	17,5	-119	
Februar Nordwest	96,7	93,9	97,1	1,49	44,8	2,6	18,5	-143	
Februar Südost	79,9	91,2	114,2	1,62	52,1	2,8	20,0	-206	
März Kern	94,7	89,4	94,3	1,56	47,5	2,7	20,0	-182	
März Nordwest	89,6	88,0	98,3	1,58	48,0	2,7	20,3	-205	
März Südost	71,4	79,4	111,3	1,80	59,5	3,3	23,6	-353	
Mittelwerte:									
Frische Rüben	100,0	100,0	100,0	1,47	41,6	2,9	19,2	0	
Dezember ⁴⁾	98,3	96,5	98,2	1,50	42,1	3,1	20,2	-450	
Januar ⁴⁾	97,4	94,7	97,2	1,58	46,6	3,2	21,0	-199	
Februar ⁴⁾	96,1	94,4	98,5	1,49	46,4	3,2	20,9	-130	
März ⁴⁾	91,9	88,2	96,4	1,59	49,5	3,6	19,8	-202	

* SMV = Standard-Melasse-Verlust ⁴⁾ gewichteter Mittelwert nach RRV-Rechenmodell

¹⁾ rel. 100 = 106,4 t/ha

²⁾ rel. 100 = 19,15 t/ha

³⁾ rel. 100 = 17,99 %

2.3.5 Miete Brüggen 2016/2017

Im Jahr 2016 wurde der Projektschlag in Brüggen am 30.11. gerodet und die Langzeitmiete am selben Tag angelegt. Die Rüben wurden minimal geköpft. In Brüggen lagen die Temperaturen am Morgen des 30.11. bei $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Das Rübenprobenmaterial, das in die Miete eingebracht wurde, konnte aus frostfreien Rüben gewonnen werden. Das durchschnittliche Gewicht der Rübenprobesäcke betrug 25,96 kg.

Da der Boden beim Roden teilweise oberflächlich gefroren war, gelangten auch gefrorene Erdkluten in die Rübenmiete. Außerdem fielen bei der Mietenanlage in Brüggen vereinzelt Rüben auf, die mit Rotfäule befallen waren. Aufgrund des späten Rodetermins und der Befürchtung, dass sich die Rodebedingungen weiter verschlechtern könnten, entschieden alle Projektbeteiligten vor Ort, die Beerntung des Projektschlages und die Anlage der Versuchsmiete durchzuführen.



Bild 13: Getrocknete Erde im Kern der Miete am Standort Brüggen im März 2017

Der erste Auslagerungstermin fand im Januar statt. Am 18.01.2017, nach 49 Tagen Lagerdauer betrug der Zuckerertragsverlust der untersuchten Rüben 19,3 %. Zum zweiten Auslagerungstermin am 16.02.2017, nach weiteren 29 Tagen Lagerdauer,

stiegen die Lagerverluste um weitere 14,1 %. Beim letzten Auslagerungstermin am 16.03.2017, weitere 28 Tage später, zu dem gleichzeitig die Miete geräumt wurde, erhöhten sich die Verluste nochmals um 21,6 %. Die Gesamtverluste der Brüggener Miete betragen nach 106 Tagen Lagerdauer 58,0 %.

Aufgrund der ungünstigen Lagerbedingungen durch rotfaule Rüben, Rodebeschädigungen und hohe Erdfrachten waren die Verluste der Miete vom Versuchsschlag Brügggen 2016/2017 erheblich höher als die Verluste der Miete am Standort Neuss bzw. der beiden Projektmieten des Vorjahres. Nach 49 Tagen Lagerdauer, am 18.01.2017, konnte ein durchschnittlicher Zuckerverlust von 692 g je Tonne Rüben und Tag festgestellt werden, nach 78 Tagen Lagerdauer am 16.02.2017 waren es 746 g Zucker je Tonne Rüben und Tag und nach der Gesamtlagerdauer von 106 Tagen betragen die Verluste bis zum 16.03.2017 durchschnittlich 942 g Zucker je Tonne Rüben und Tag.

Tabelle 4: Ergebnisse des Mietenversuches am Standort Brügglen 2016/2017 (eigene Berechnung)

Zusammenfassung des Mietenversuches 2016/2017 (Miete Brügglen)								
	Rüben-ertrag rel. ¹⁾	Zucker-ertrag rel. ²⁾	Zucker-gehalt rel. ³⁾	SMV *	Kalium	Natrium	Amino-N	Verlust g Zucker/ t Rüben und Jahr
Frische Rüben	100,0	100,0	100,0	1,48	47,1	2,5	17,1	0
Januar Kern	94,6	78,2	82,7	1,56	50,6	2,3	16,8	-765
Januar Nordwest	97,0	83,2	85,8	1,60	48,4	2,1	16,5	-591
Januar Südost	97,1	94,1	97,0	1,73	52,1	2,4	18,9	-206
Februar Kern	89,9	63,1	70,2	1,55	53,0	2,5	16,8	-815
Februar Nordwest	95,4	75,0	78,6	1,56	50,1	2,4	17,5	-551
Februar Südost	90,1	82,1	91,2	1,77	52,9	2,4	18,0	-394
März Kern	82,5	39,3	47,7	1,58	59,4	2,9	19,7	-985
März Nordwest	85,7	47,6	55,5	1,56	54,9	2,5	16,1	-851
März Südost	73,8	57,6	78,0	1,73	64,8	3,0	20,2	-689
Mittelwerte:								
Frische Rüben	100,0	100,0	100,0	1,48	47,1	2,5	17,1	0
Januar ⁴⁾	95,1	80,3	84,4	1,58	50,5	2,3	17,0	-692
Februar ⁴⁾	90,4	66,2	73,1	1,58	52,7	2,5	17,0	-746
März ⁴⁾	81,9	42,0	51,5	1,59	59,5	2,9	19,4	-942

* SMV = Standard-Melasse-Verlust ⁴⁾ gewichteter Mittelwert nach RRV-Rechenmodell

¹⁾ rel. 100 = 105,7 t/ha

²⁾ rel. 100 = 18,20 t/ha

³⁾ rel. 100 = 17,21 %

3 Witterungsverlauf und Auswertungen der Datenlogger

3.1 Anbaujahr 2015/2016

Zwischen jedem Sackcluster in den Projektmieten wurde ein Datenlogger platziert, der die Temperatur im jeweiligen Mietenbereich aufzeichnete. In den Abbildungen 13 und 14 sind die Temperaturverläufe aus dem Mietenkern und den Mietenflanken für beide Standorte dargestellt.



Bild 14: Die Datenlogger wurden geschützt, durch Absperrband kenntlich gemacht und zwischen dem Rübematerial positioniert



Bild 15: Die Datenlogger sind nicht größer als eine Computermouse

In der ersten Hälfte der Mietenlagerungsdauer bis zur Kälteperiode, die nach Mitte Januar begann, lagen die Temperaturen im Mietenkern und an den Mietenflanken nahe beieinander. Der sehr milde Dezember 2015 war im Rheinland überwiegend von zweistelligen Tageshöchsttemperaturen geprägt. An einzelnen Tagen erreichte die Temperatur Werte von 15°C bis 16°C. Im Dezember 2015 gab es keine Frostereignisse. Durch die Vliesabdeckung wurden die Zuckerrüben auch vor der „Dezemberwärme“ geschützt, wodurch die Mietentemperatur an wenigen sehr warmen Tagen nur leicht über 10 °C anstieg. An Tagen mit hoher Sonneneinstrahlung (08.-10.12.) stieg die Temperatur an der Südostseite unter dem Vlies leicht an, um sich danach wieder rasch in den Normalbereich anzupassen. Über die gesamte Lagerdauer befanden sich die Rüben unter dem Vlies in einem optimalen Temperaturbereich bei unter 10 °C.

Mit Beginn des Januars setzte eine kühle Witterungsphase ein, die bis Mitte des Monats anhielt. Die Tageshöchsttemperaturen blieben einstellig, Nachfröste blieben weiterhin aus. Ab dem 16.01.2016 setzte eine einwöchige kältere Witterungsphase ein. Die Tiefsttemperaturen bewegten sich in dieser Woche im leichten Minusbereich, am Morgen des 18.01. und des 19.01. wurden sogar Temperaturen von -6 °C gemessen. Die Temperatur an der Südostseite der Miete am Standort Neuss sank am Morgen des 19.01. auf -2,7 °C. Im Mietenkern und den Mietenflanken beider Mieten sank die Temperaturen beider Mieten in dieser Witterungsphase ansonsten nicht unter -0,5 °C. Die Aufzeichnungen der Datenlogger zeigten, dass die Rüben auch in dieser Zeit unter dem isolierenden Vlies geschützt lagerten. Nach einer folgenden milden Witterungsphase wurde es in der zweiten Februardekade wieder kälter und die Tageshöchsttemperaturen sanken auf Werte von etwa 5 °C. Am 16. und 17. Februar sowie am 01. März sanken die Tagestiefsttemperaturen auf Werte um -4°C bis -5,5°C, ansonsten wurden nur einzelne leichte Frostereignisse gemessen. Die nachfolgenden Temperaturen bis zur Auslagerung der letzten Rüben und Räumung der Miete blieben für die Rübenlagerung optimal.

Die Projektparzelle Brüggen konnte, nachdem zum Monatswechsel November/Dezember hohe Niederschlagsmengen gefallen waren, erst am 07.12.2015 gerodet werden. Die Temperaturverläufe der Auswertungen der Datenlogger vom Standort Brüggen waren grundsätzlich vergleichbar mit denen der Miete vom Standort Neuss. Allerdings konnten in Brüggen gerade in milderer Witterungsphasen höhere Mietentemperaturen festgestellt werden.

Über die Gesamtlagerdauer betragen die Durchschnittstemperaturen beider Mieten in allen Mietenbereichen 5,5°C bis 6 °C. Dieser Temperaturbereich trug zu einer optimalen Lagerstabilität bei.

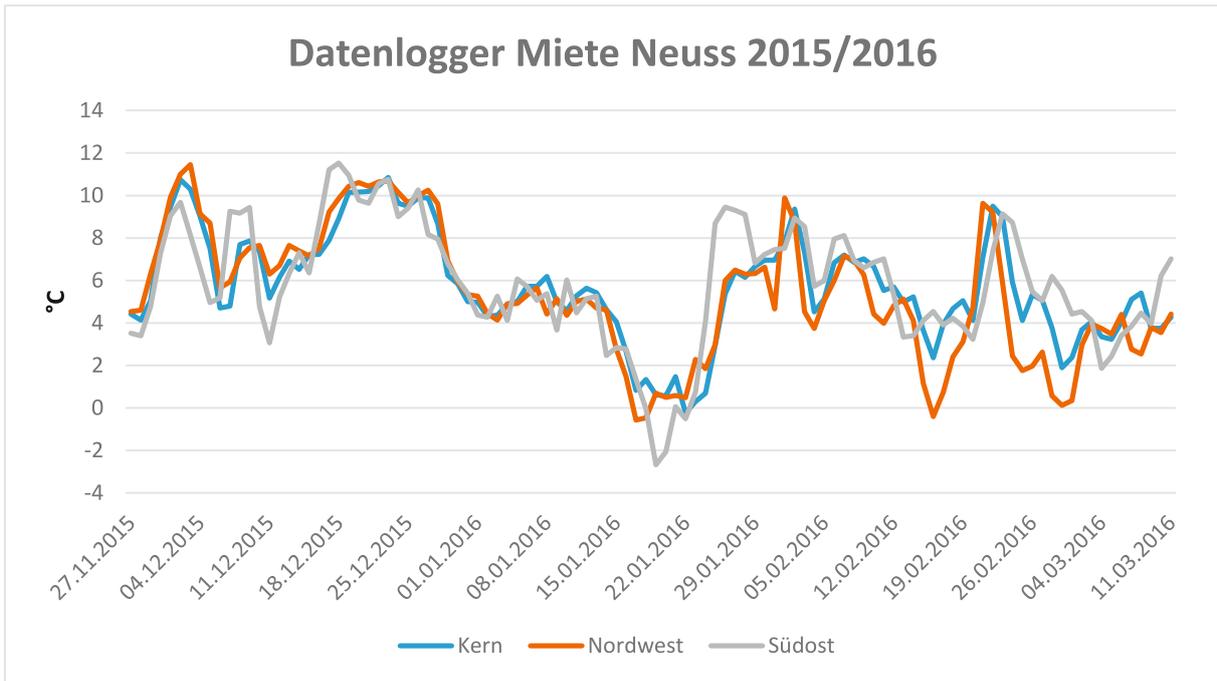


Abbildung 13: Temperaturverläufe der Datenlogger der Langzeitmiete am Standort Neuss im Jahr 2015/2016 über die gesamte Lagerdauer

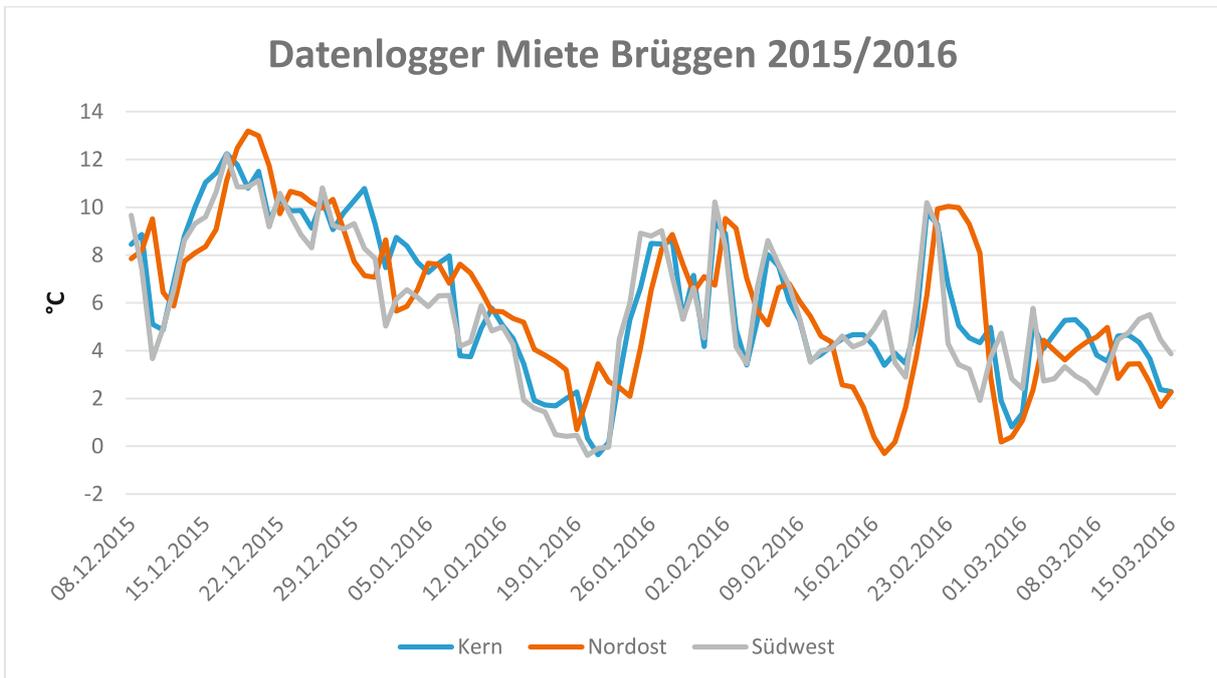


Abbildung 14: Temperaturverläufe der Datenlogger der Langzeitmiete am Standort Brüggen im Jahr 2015/2016 über die gesamte Lagerdauer

3.2 Anbaujahr 2016/2017

Anders als im Vorjahr bewegten sich die Temperaturen im gesamten Dezember 2016 im einstelligen Bereich. Neben zwei stärkeren Frostnächten am 03.12.2016 und am 04.12.2016 mit Tiefsttemperaturen von -4 °C bis -6 °C und wenigen leichten Frostereignissen blieben die Dezembernächte überwiegend frostfrei.

Im Januar stellte sich die Wetterlage nachhaltig um. An 10 Tagen sanken die Tagestiefstwerte unter -3,5 °C. Die Tageshöchsttemperaturen blieben im Januar 2017 durchweg im positiven einstelligen Bereich.

Der Februar war milder als der Januar bei Tageshöchsttemperaturen, die überwiegend im hohen einstelligen Bereich lagen. An wenigen Tagen reichten die Temperaturen bis an 15 °C. Nur am Morgen des 13.02.2017 gab es leichten Nachtfrost.

In den Märztagen bis zur Mietenräumung am 16.03.2017 und der Auslagerung der letzten Rüben lagen die Tageshöchsttemperaturen zwischen 6°C und 16 °C; Nachtfroste blieben aus.

Die Temperaturbedingungen waren für die Lagerung der Rüben in der Miete am Standort Neuss gut. Unter dem schützenden Vlies zeichneten die Datenlogger fast immer Temperaturen im stabilen Lagerbereich auf (5°C bis 6 °C). Lediglich in den stärkeren Frostnächten im Januar drang die Kälte in den Mietenkern ein. Eine Tiefsttemperatur von -1,8 °C wurde jedoch nie unterschritten. Die Temperaturschwankungen wurden durch das Vlies abgepuffert. Ein Platzen der Zellen im Rübenkörper konnte somit verhindert werden. Frostschäden an den Rüben blieben aus.

Erwartungsgemäß taute das in Brüggeln mit den Rüben eingelagerte gefrorene Erdmaterial auf und bereits drei Wochen nach Anlage der Miete lag die Temperatur im Bereich des Mietenkerns über 10 °C. Somit waren die Lagerverhältnisse nicht mehr optimal. Kurzzeitig sank die Temperatur im Mietenkern nochmals auf einstellige Werte Ende Januar/ Anfang Februar. Danach setzte eine andauernde Erwärmung der Miete ein, die bis zur Mietenräumung anhielt. Zum Zeitpunkt der Räumung lag die Temperatur im Mietenkern bei ungefähr 25 °C (Abbildung 15), was zu hohen Veratmungsverlusten an den Rüben führte.

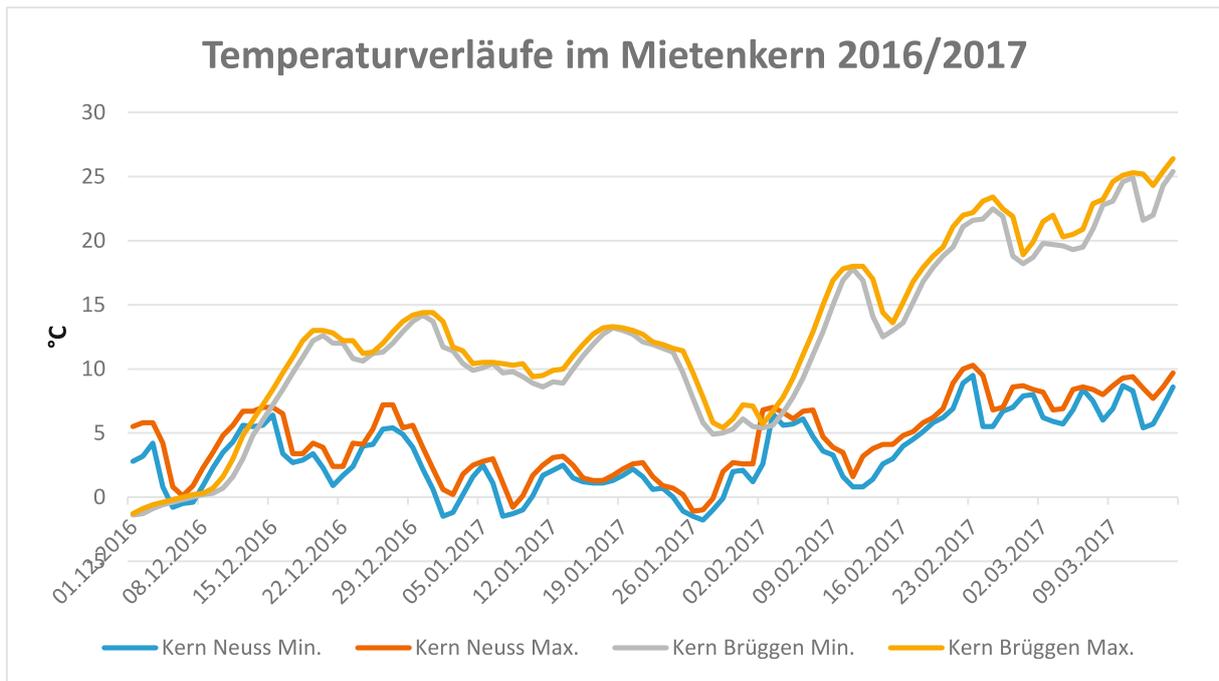


Abbildung 15: Temperaturverläufe der Datenlogger im Mietenkernbereich (Max. und Min.) der Mieten in Neuss und Brüggen 2016/2017

4 Innere Qualität

Die Zuckerrübe bildet nicht nur hohe Masseerträge sondern eignet sich besonders dadurch zum Einsatz in der Biogasanlage, dass ihre Trockenmasse zu ca. 90 % aus N-freien Extraktstoffen besteht. Diese Stoffe sind leicht fermentierbar. Zwischen dem Zuckergehalt und dem spezifischen Biogasertrag besteht eine lineare Beziehung. Somit kann eine Bewertung von Rüben für die Biogasgewinnung anhand des Zuckergehaltes erfolgen. Aufgrund des engen Zusammenhanges von Biogasertrag und Zuckerertrag erreichen Sorten mit dem höchsten Zuckerertrag auch den höchsten Biogasertrag (Nutzung von Zuckerrüben für die Biogaserzeugung, Starke 2014).

4.1 Trockensubstanzgehalte

Neben der Analyse des Rübenmaterials im Labor der Zuckerfabrik Jülich wurden von den entsprechenden Rübenproben durch das Institut für Zuckerrübenforschung in Göttingen die Trockensubstanzgehalte bestimmt. Hierzu musste der Rübenbrei wegen seiner erhöhten Feuchtigkeit zuerst bei 60 °C im Trockenschrank langsam getrocknet und später bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C für 24 bis 48 Stunden getrocknet werden.

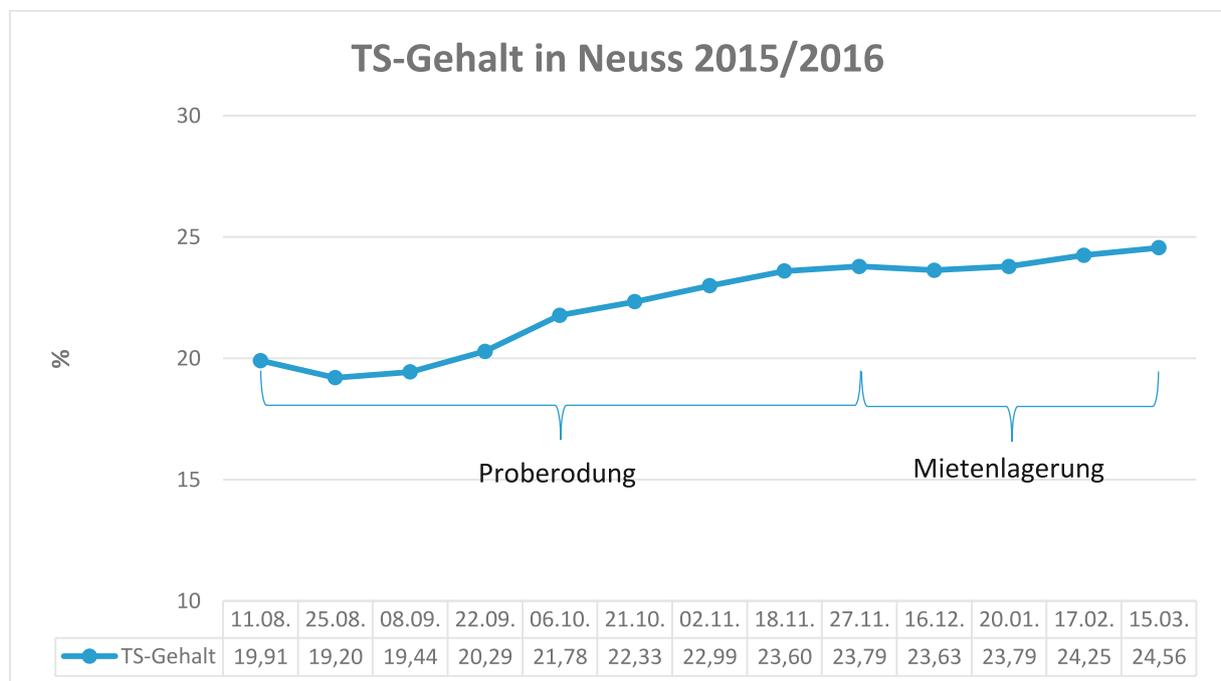


Abbildung 16: Entwicklung des Trockensubstanzgehaltes der Zuckerrüben während der Proberodung und der Mietenlagerung am Standort Neuss im Anbaujahr 2015/2016

Abbildung 16 zeigt die Entwicklung des TS-Gehaltes der Zuckerrüben am Standort Neuss von der ersten Proberodung am 11.08.2015 bis zum letzten Mieten- auslagerungstermin am 15.03.2016. Nach einem kurzen Absinken des Trockensubstanzgehaltes zwischen dem ersten und dem zweiten Proberodungstermin von 19,91 % auf 19,20 % stieg er im weiteren Verlauf der Proberodungstermine permanent an und erreichte 23,79 % bis zum Tag der Beerntung am 27.11.2015. Bis zu den ersten beiden Auslagerungsterminen veränderte sich der Trockensubstanzgehalt der Rüben nur unwesentlich. Erst als das Rübenmaterial weiter in der Miete Wasser infolge Verdunstung verlor, stieg der Trockensubstanzgehalt auf 24,25 % am 17.02.2016 und 24,56 % am 15.03.2016 an.

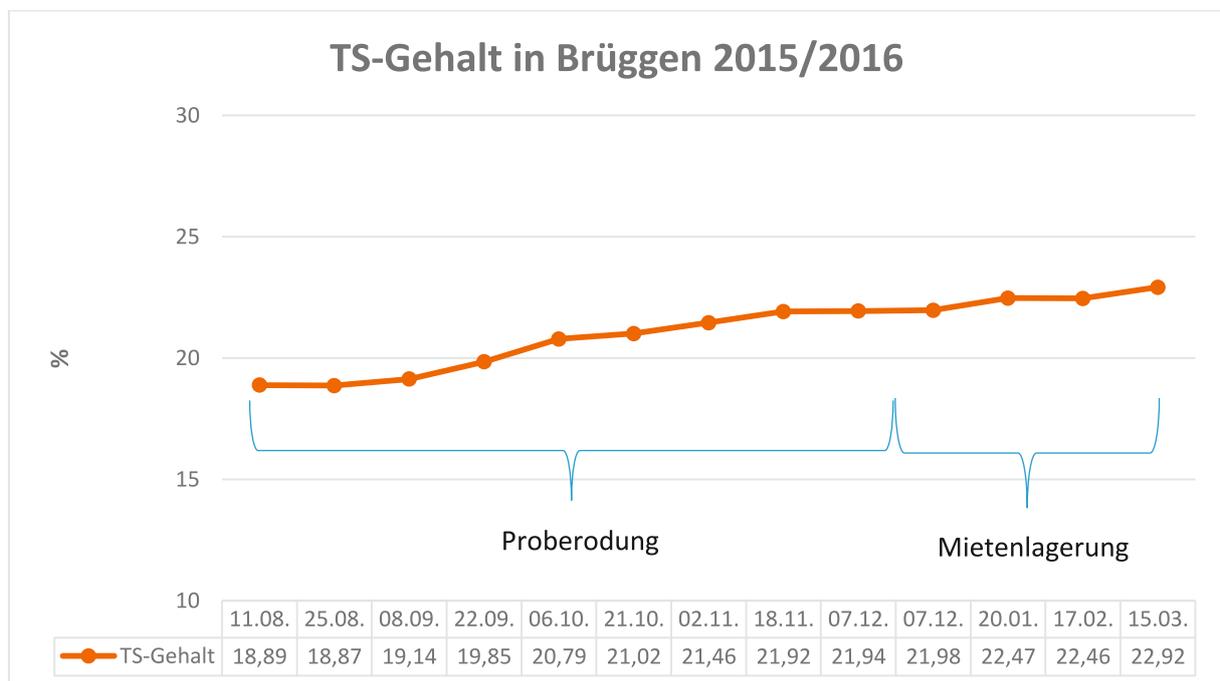


Abbildung 17: Entwicklung des Trockensubstanzgehaltes der Zuckerrüben während der Proberodung und der Mietenlagerung am Standort Brüggen im Anbaujahr 2015/2016

Der Verlauf in der Abbildung 17 zeigt eine ähnliche Entwicklung der TS-Gehalte am Versuchsschlag in Brüggen wie am Standort Neuss auf einem niedrigeren Niveau. Der TS-Gehalt lag zu Beginn der Proberodungen am 11.08.2015 bei 18,89 %. Er stieg bis zur Beerntung am 07.12.2015 auf 21,94 %. Während der Lagerung stieg der TS-Gehalt weiter an und erreichte am 15.03.2016, zum letzten Auslagerungstermin, mit 22,92 % sein Maximum.



Bild 16: Intakte Rübe nach 109 Tagen Lagerdauer aus der Langzeitmiete vom Standort Neuss

Infolge technischer Schwierigkeiten bei der Analyse konnten die Trockensubstanzgehalte 2016/2017 bis einschließlich des Proberodungstermins am 25.10.2016 analytisch nicht ermittelt werden. Die Trockensubstanzgehalte der ersten sechs Proberodungstermine wurden daher mittels einer Formel von den Zuckergehalten abgeleitet ($TSG = 1,16 \times ZG + 2,95$ nach IFZ Göttingen, Hoffmann 2014). Die Rübenproben ab dem 08.11.2016 sind nach dem eingangs beschriebenen Verfahren analysiert worden.

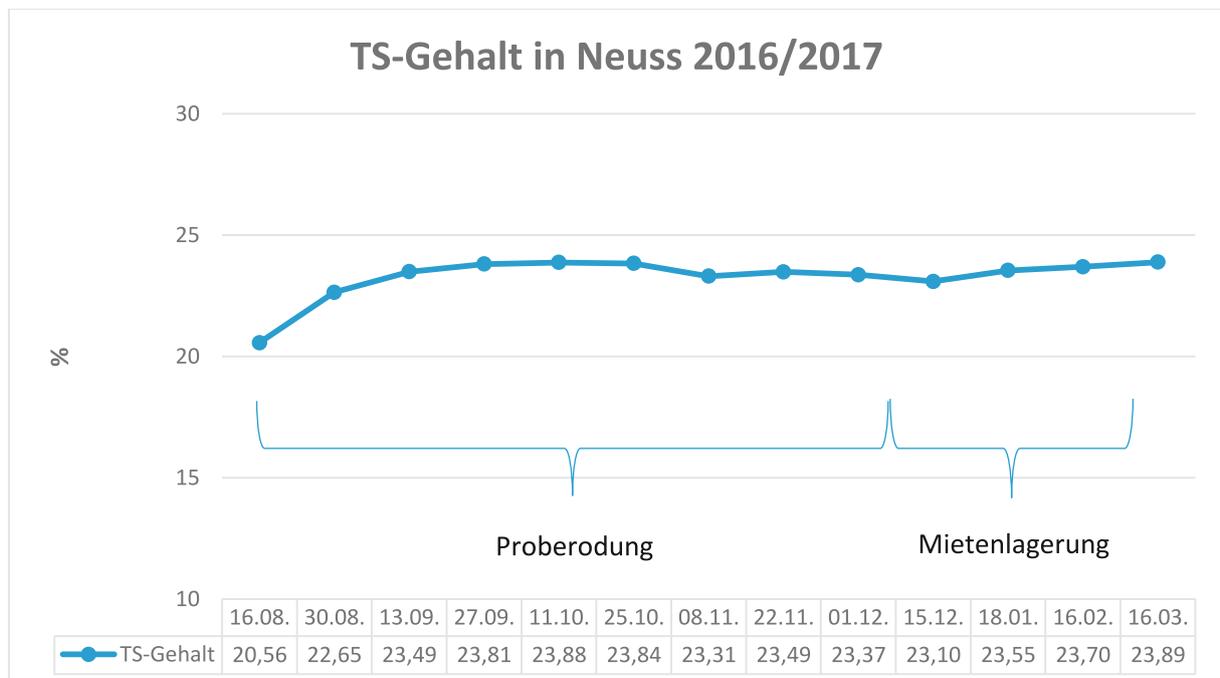


Abbildung 18: Entwicklung des Trockensubstanzgehaltes der Zuckerrüben während der Proberodung und der Mietenlagerung am Standort Neuss im Anbaujahr 2016/2017

Der Trockensubstanzgehalt lag zum Zeitpunkt der ersten Proberodung am 16.08.2016 bei 20,56 % und stieg bis zur zweiten Proberodung auf 22,65 % (Abbildung 18). Im Gegensatz zum Vorjahr veränderten sich die Trockensubstanzgehalte der Zuckerrüben ab dem dritten Proberodungstermin am 13.09.2016 bis zur letzten Mietenauslagerung am 16.03.2017 nur unwesentlich. Sie lagen relativ konstant zwischen 23 und 24 %.

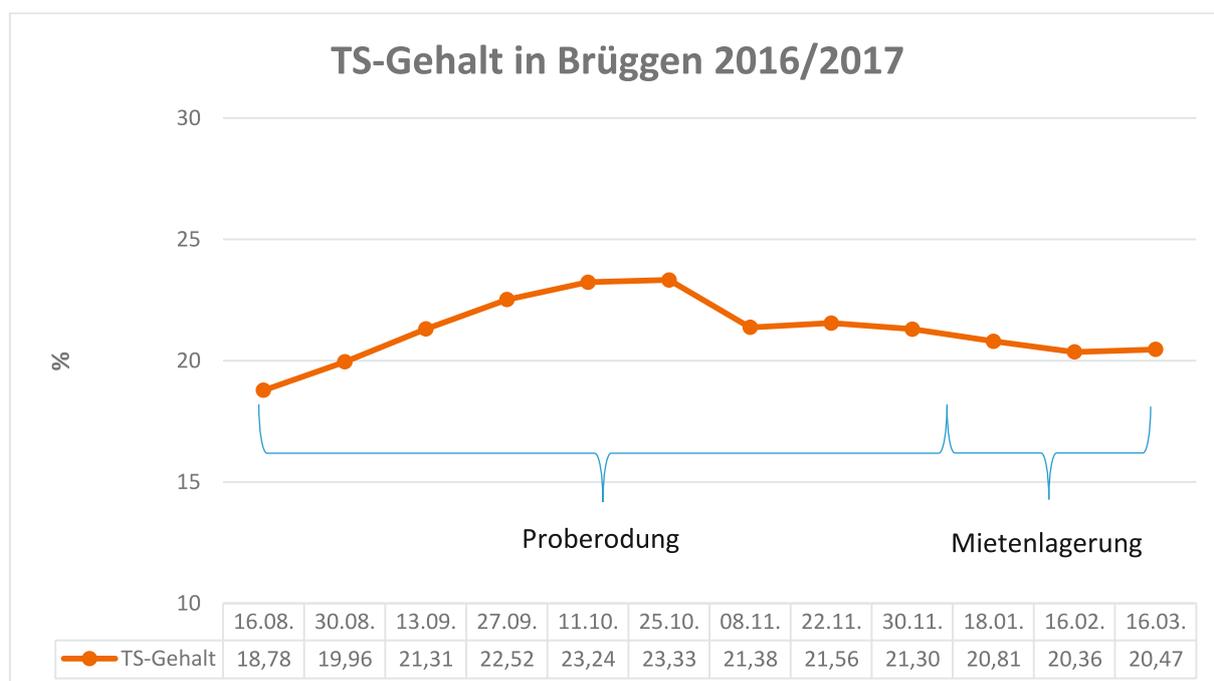


Abbildung 19: Entwicklung des Trockensubstanzgehaltes der Zuckerrüben während der Proberodung und der Mietenlagerung am Standort Brüggen im Anbaujahr 2016/2017

Der Trockensubstanzgehalt lag zur ersten Proberodung am 16.08.2016 bei 18,78 % (Abbildung 19). Zu den folgenden Proberodungsterminen stieg der TS-Gehalt konstant an. Aufgrund beschriebener analytischer Probleme konnte der TS-Gehalt der ersten sechs Proberodungstermine auch hier nur rechnerisch vom Zuckergehalt abgeleitet werden. Infolge der ungünstigen Lagerbedingungen stieg der Trockensubstanzgehalt des Rübenmaterials nicht wie im Vorjahr an, sondern sank im weiteren Verlauf auf 20,47 % zum letzten Auslagerungstermin am 16.03.2017.

4.2 Trockenmasseerträge

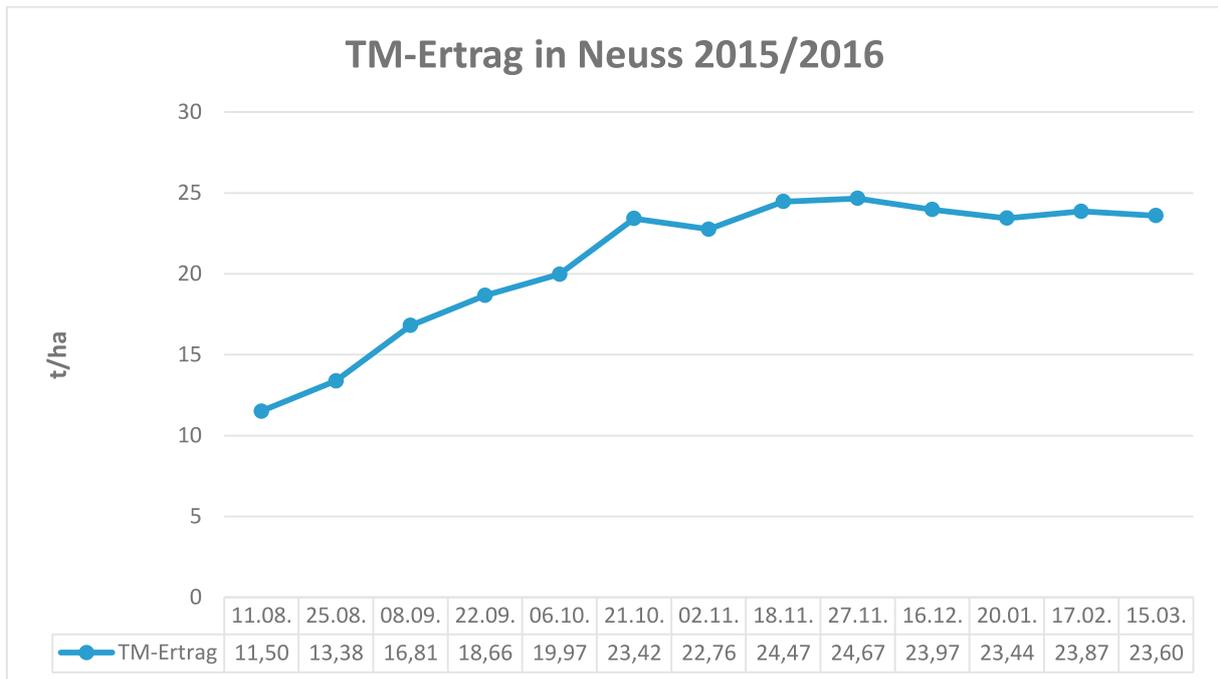


Abbildung 20: Entwicklung des Trockenmasseertrages am Standort Neuss im Jahr 2015/2016 während der Proberodung und der Mietenlagerung

Am 11.08.2015 lag der Trockenmasseertrag am Standort Neuss bei 11,50 t/ha (Abbildung 20). Bis zur sechsten Proberodung stieg er auf 23,42 t/ha am 21.10.2015 an. Die Zuwachsraten bis zum Erntetermin fielen geringer aus, so dass der TM-Ertrag am 27.11.2015 bei 24,67 t/ha lag. Während der Mietenlagerung nahm der TM-Ertrag der Rüben um etwa 1 t/ha ab und erreichte am 15.03.2016 nach 105 Tagen Lagerdauer 23,60 t/ha.

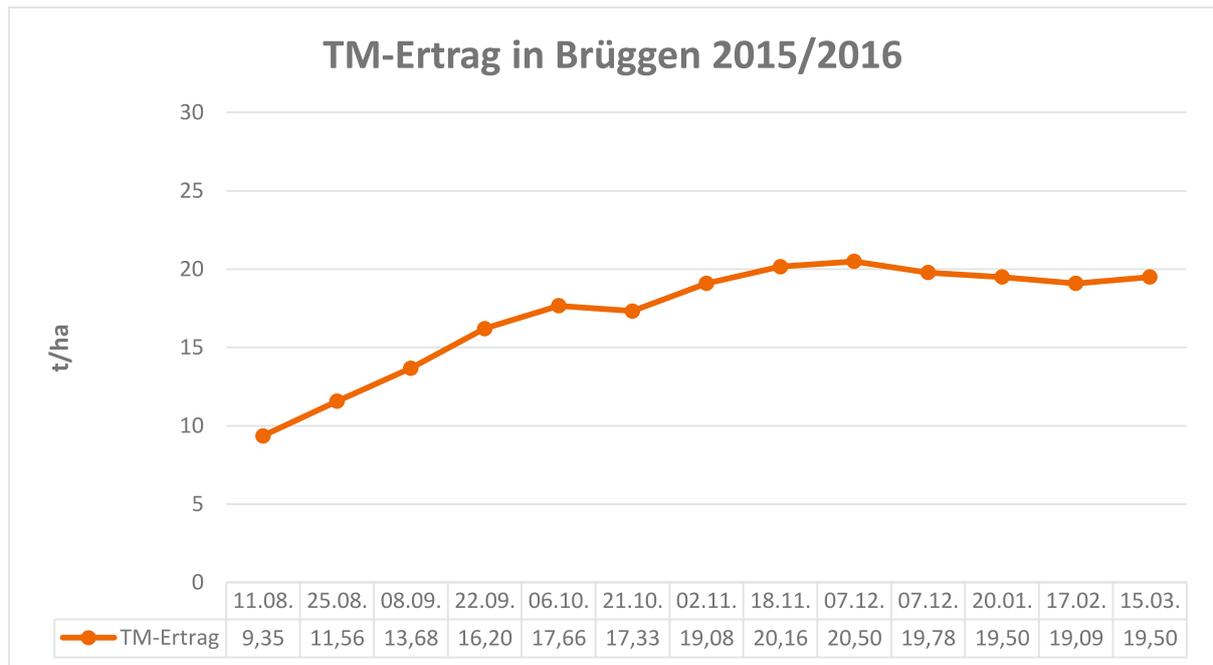


Abbildung 21: Entwicklung des Trockenmasseertrages am Standort Brüggen im Jahr 2015/2016 während der Proberodung und der Mietenlagerung

Zur ersten Proberodung am 11.08.2015 wurde ein Trockenmasseertrag von 9,35 t/ha ermittelt (Abbildung 21). Der TM-Ertrag stieg bis zum Beginn des Oktobers stetig an. Im weiteren Verlauf flachte die Zuwachskurve bis zum Erntetermin mit 20,50 t TM/ha am 07.12.2015 etwas ab. Ähnlich wie am Standort Neuss verloren die gelagerten Rüben in der Miete 1 t TM/ha und erreichten somit 19,50 t TM/ha am 15.03.2016.

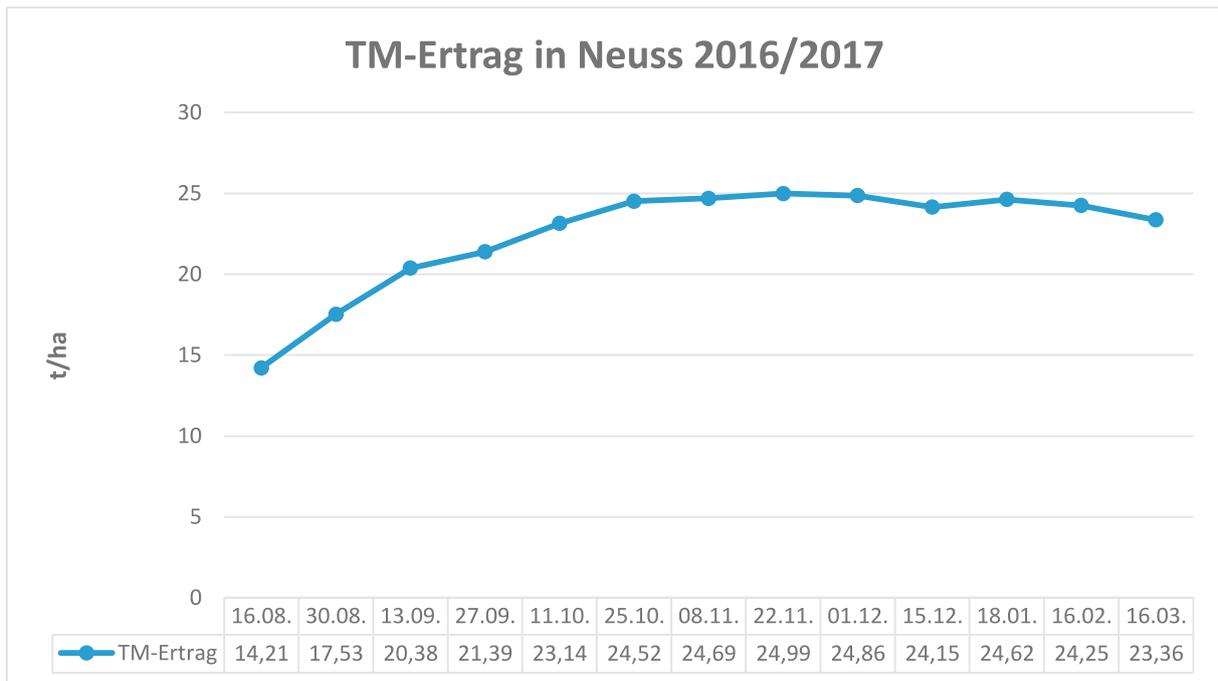


Abbildung 22: Entwicklung des Trockenmasseertrages am Standort Neuss im Jahr 2016/2017 während der Proberodung und der Mietenlagerung

Ausgehend von einem um 2,71 t/ha deutlich höheren Ertragsniveau im Vergleich zum Vorjahr lag der TM-Ertrag in Neuss am 16.08.2016 bei 14,21 t/ha (Abbildung 22). Nach einem starken Anstieg bis zur dritten Proberodung am 13.09.2016 auf 20,38 t/ha fiel der Anstieg in der Folge bis zur Proberodung am 25.10.2016 geringer aus. Der TM-Ertrag lag in der Zeitspanne vom 25.10.2016 und dem dritten Mietenauslagerungstermin am 16.02.2017 relativ konstant zwischen 24 und 25 t/ha. Erst zum letzten Auslagerungstermin am 16.03.2017 sank der TM-Ertrag auf 23,36 t/ha deutlicher.

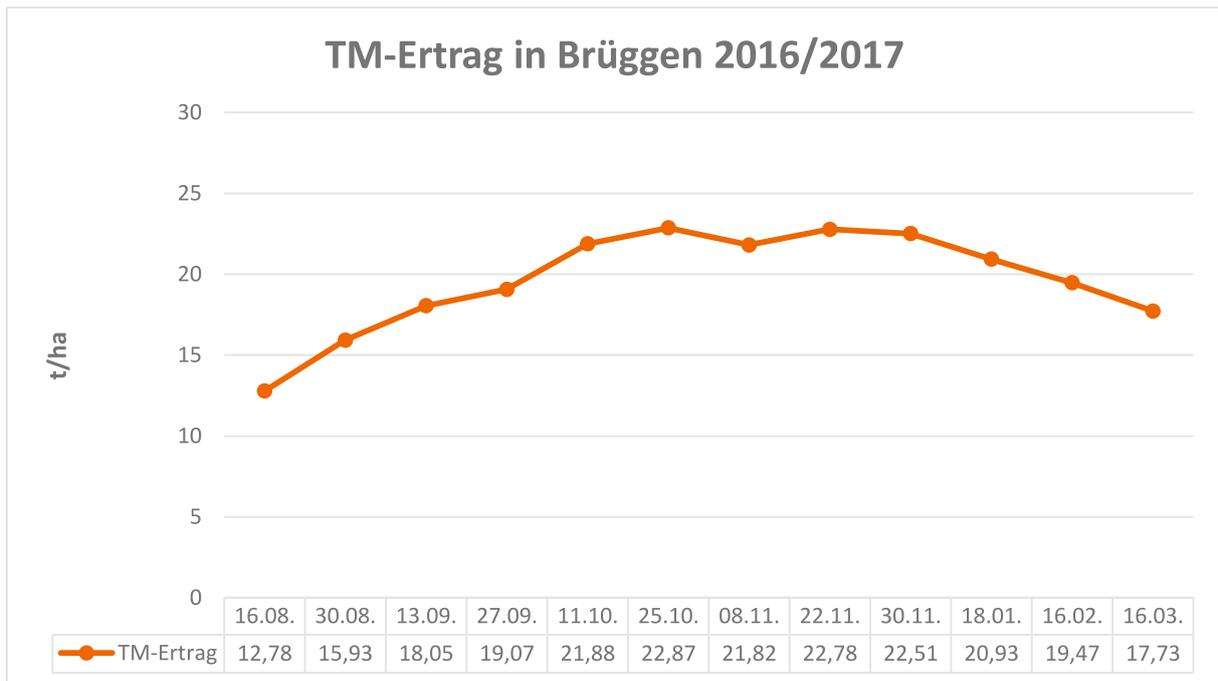


Abbildung 23: Entwicklung des Trockenmasseertrages am Standort Brüggen im Jahr 2016/2017 während der Proberodung und der Mietenlagerung

Der Trockenmasseertrag lag zur ersten Proberodung am Standort Brüggen am 16.08.2016 bei 12,78 t/ha (Abbildung 23). Nach einer kontinuierlichen Entwicklung erreichte er am 25.10.2016 mit 22,87 t/ha sein Maximum. Während der Mietenlagerung sank der TM-Ertrag durch die nicht optimalen Lagerungsbedingungen stetig und erreichte 17,73 t/ha am 16.03.2017.

4.3 Methanerträge

Die Methanerträge errechnen sich über die kalkulatorische Ableitung aus den ermittelten TS-Gehalten, unter der Annahme, dass Frischrüben einen Gasertrag von 700 L pro kg organische Trockenmasse bilden und einen Methangehalt von 53% aufweisen (nach Starke und Hoffman, IFZ Göttingen 2014).

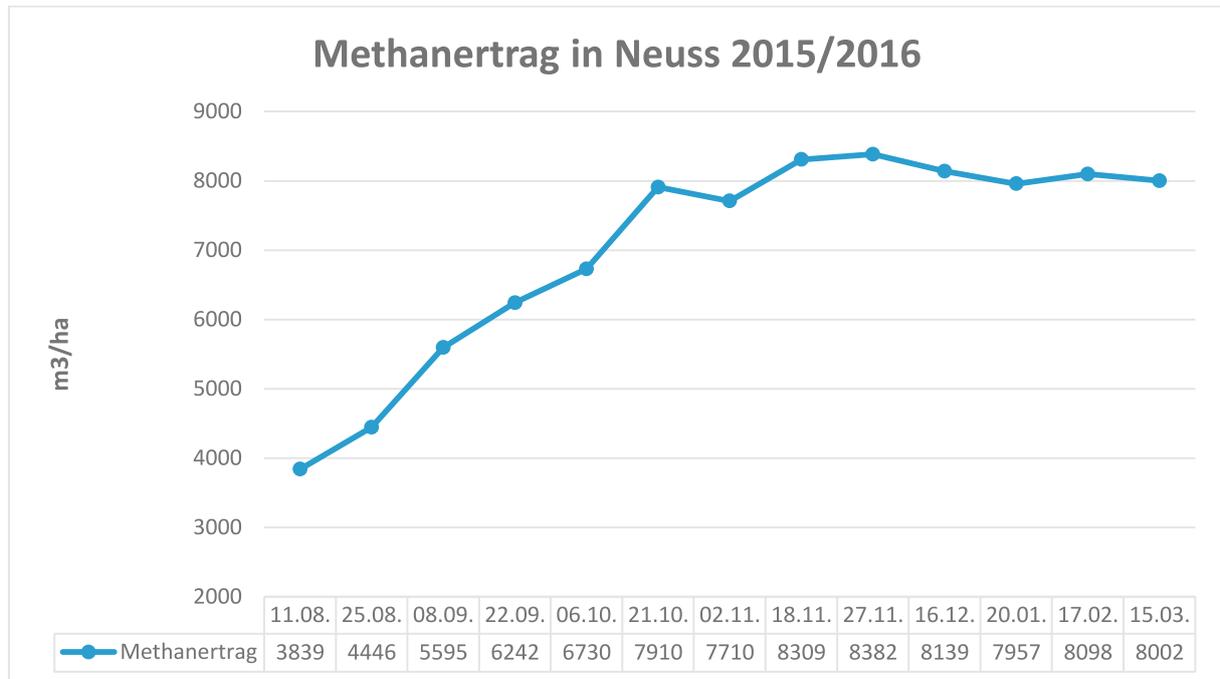


Abbildung 24: Entwicklung des Methanertrages am Standort Neuss im Jahr 2015/2016 während der Proberodung und der Mietenlagerung

Der Methanertrag am Standort Neuss lag zur ersten Proberodung am 11.08.2015 bei 3839 m³/ha (Abbildung 24). Bis zur sechsten Proberodung am 21.10.2015 stieg der Methanertrag weiter an bis auf 7910 m³/ha. Der maximale Methanertrag lag zum Zeitpunkt der Beerntung am 27.11.2015 bei 8382 m³/ha. Zu den Auslagerungsterminen im Dezember 2015, Januar 2016 sowie Februar 2016 fiel der Methanertrag nur geringfügig ab und erreichte bei der Mietenräumung am 15.03.2016 immer noch 8002 m³/ha.

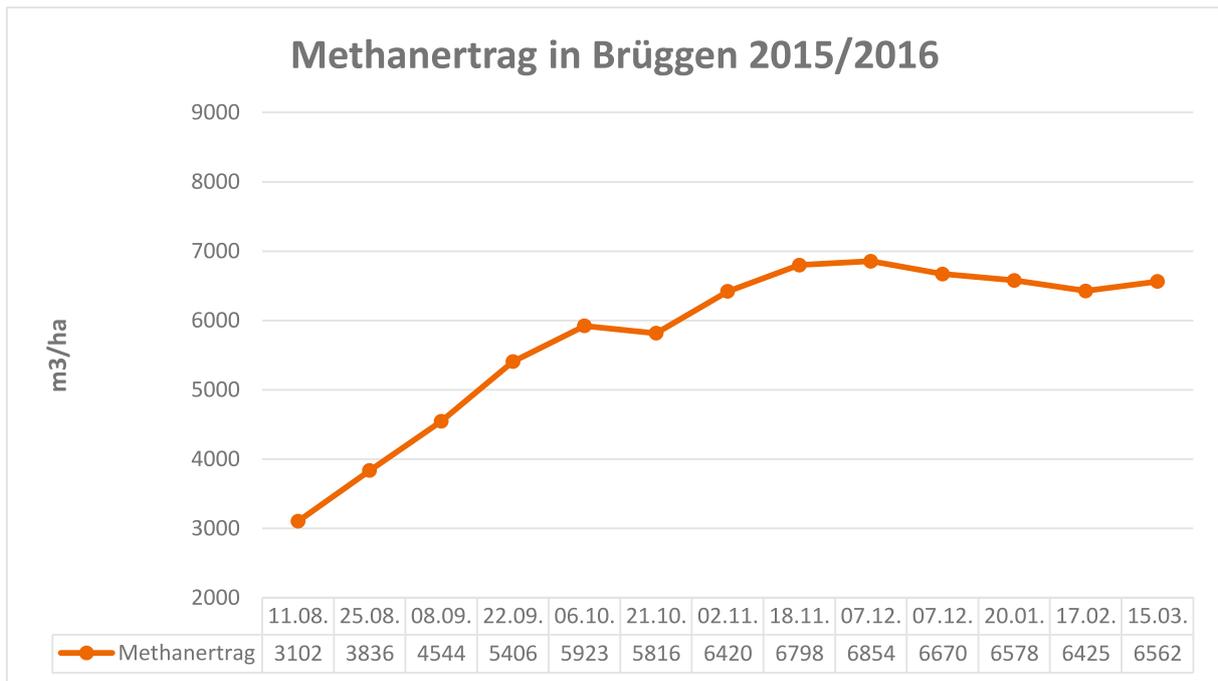


Abbildung 25: Entwicklung des Methanertrages am Standort Brüggem im Jahr 2015/2016 während der Proberodung und der Mietenlagerung

Der Methanertrag des Versuchsschlages Brüggem lag im Anbaujahr 2015/2016 zur ersten Proberodung am 11.08.2015 bei 3102 m³/ha (Abbildung 25). Im weiteren Verlauf stieg der Methanertrag bis zur Proberodung am 06.10.2015 auf 5923 m³/ha und erreichte 6854 m³/ha zum Erntetermin am 07.12.2015. Während der Langzeitlagerung der Zuckerrüben sank der Methanertrag je Hektar auf 6562 m³ am 15.03.2016 und veränderte sich damit nur unwesentlich gegenüber dem Höchstwert.

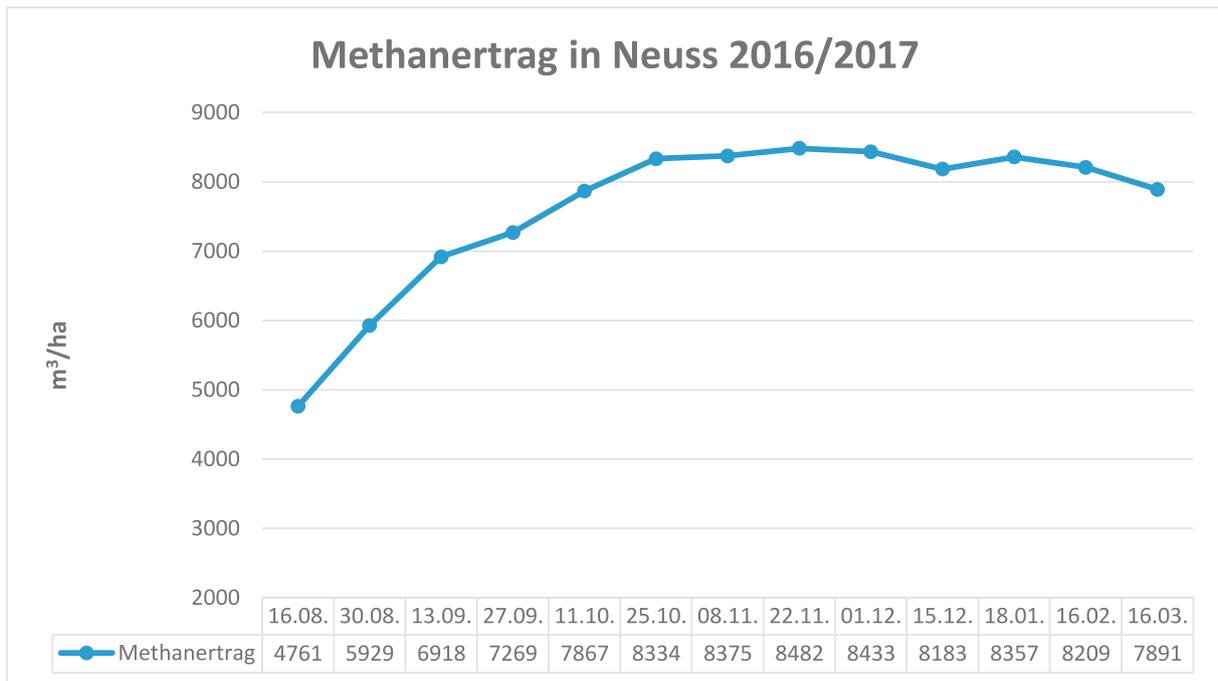


Abbildung 26: Entwicklung des Methanertrages am Standort Neuss im Jahr 2016/2017 während der Proberodung und der Mietenlagerung

Der Methanertrag des Rübenschlages am Standort Neuss lag zur ersten Proberodung am 16.08.2016 bei 4761 m³/ha, einem zu diesem Zeitpunkt hohen Wert, der aufgrund des sehr hohen Rübemasseertrages realisiert werden konnte (Abbildung 26). Bis zur dritten Proberodung am 13.09.2016 stieg der Methanertrag um über 2000 m³/ha auf 6918 m³/ha. Der höchste Methanertrag wurde zum Zeitpunkt der letzten Proberodung am 22.11.2016 mit 8482 m³/ha erreicht. Während der Lagerung über 105 Tage sank der Methanertrag um etwa 6,4 % und erreichte 7891 m³/ha am 16.03.2017.

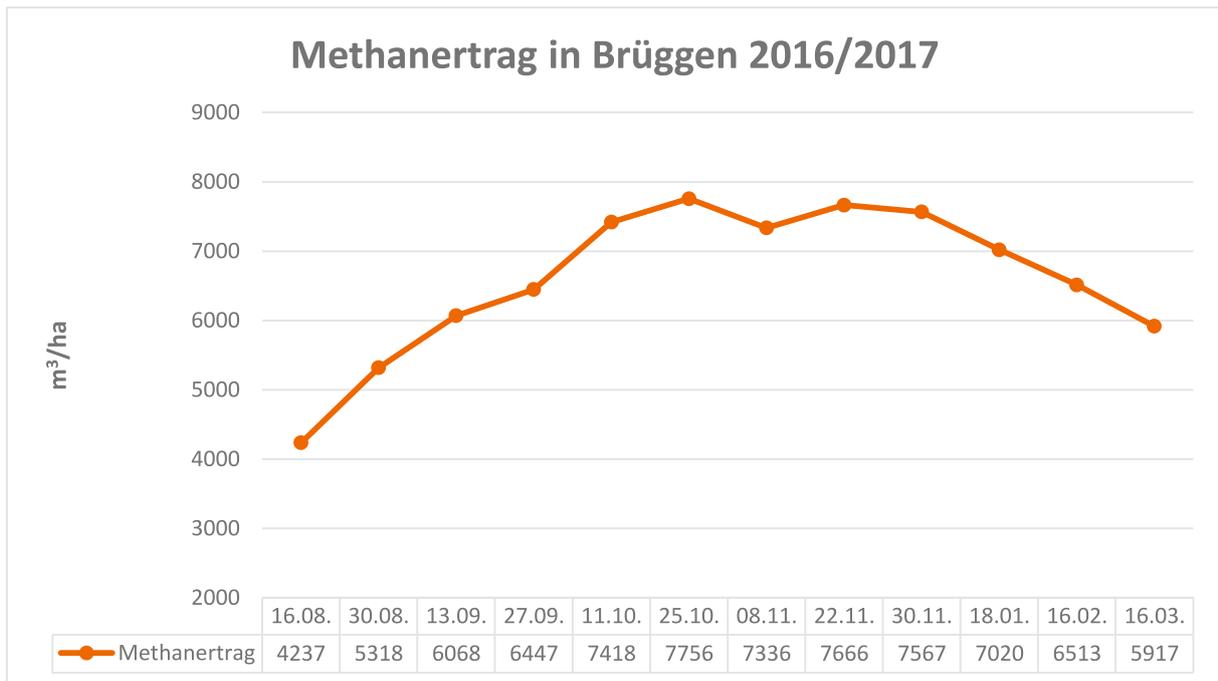


Abbildung 27: Entwicklung des Methanertrages am Standort Brüggen im Jahr 2016/2017 während der Proberodung und der Mietenlagerung

In Brüggen lag der Methanertrag zur ersten Proberodung am 16.08.2016 bei 4237 m³/ha. Am 25.10.2016 erreichte der Methanertrag mit 7756 m³/ha sein Maximum (Abbildung 27). Angesichts der hohen Lagerverluste sank der Methanertrag am Standort Brüggen von 7020 m³/ha zur ersten Auslagerung über 6513 m³/ha am 16.02.2017 bis auf 5917 m³/ha am 16.03.2017.



Bild 17: Faule und mit Schimmel überzogene Rüben in Brüggen infolge ungünstiger Lagerbedingungen

5. Diskussion

In bisherigen Veröffentlichungen zum Einsatz von Rüben in Biogasanlagen werden oft Faustzahlen genutzt, um die Ertragsleistung der Rübe zu einem fixen Erntezeitpunkt bewerten zu können (vgl. KTBL, Zuckerrüben in Biogasanlagen 2017). Diese Faustzahlen bieten Anhaltspunkte, lassen sich aber nur schwer bei der Betrachtung verschiedener Erntezeitpunkte übertragen. Die Ergebnisse dieses Projektes zeigen den dynamischen Entwicklungsverlauf über einen Zeitraum von 8 Monaten.

Die Rübenanbaujahre 2015 und 2016 sind in Bezug auf die Masseerträge in der Region Rheinland als durchschnittlich einzuordnen. Die Ergebnisse der rheinisch-westfälischen Proberodungen zeigen, dass die Ertragsleistung in den beiden Jahren unter dem Mittel der Jahre 2011 bis 2015 lag (siehe Abbildung 28).

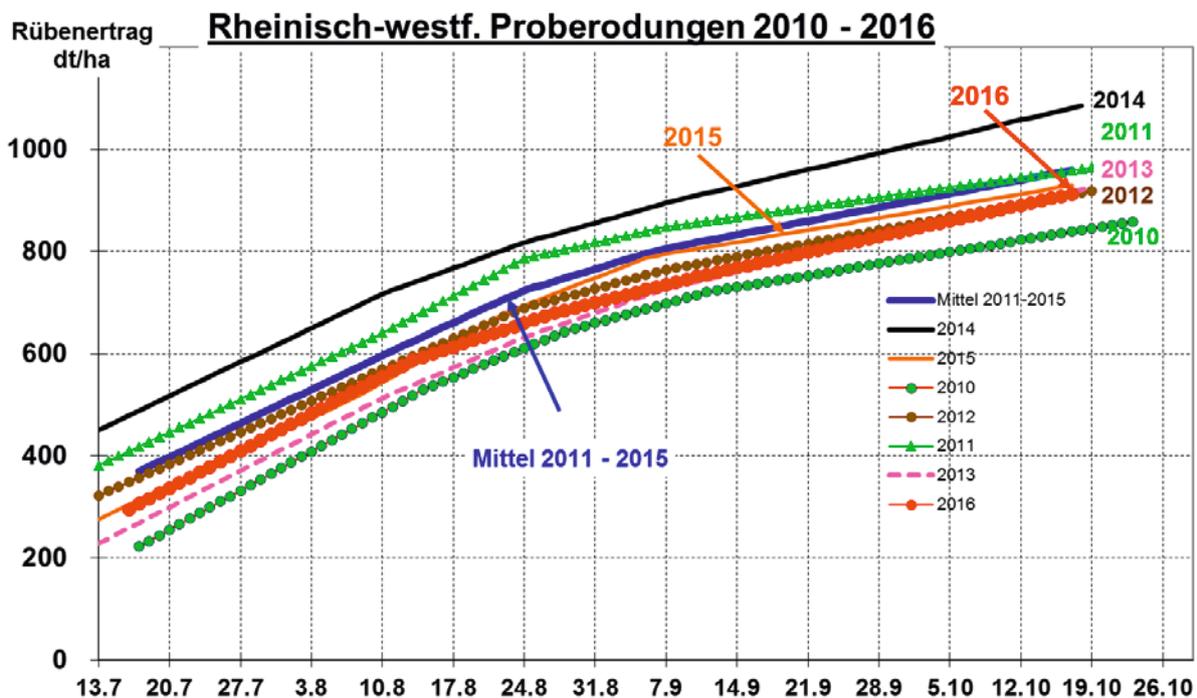


Abbildung 28: Ergebnisse der rheinisch-westfälischen Proberodungen aus den Jahren 2010 bis 2016 (RRV)

Die Standorte Neuss und Brüggen heben sich dem gegenüber im Besonderen hervor. In Neuss lag der Rübenenertrag in beiden Jahren über dem Mittel der Jahre 2011 bis 2015 auf dem Niveau des Hohertragsjahres 2014. Auch der leichtere Standort Brüggen lag beim Rübenenertrag über dem Durchschnitt, im Jahr 2016 ebenfalls auf dem Niveau des Jahres 2014. Deutlich zeigt sich, wozu moderne Rübensorten unter gegebenen Witterungsverhältnissen in der Lage sind, bei einer standort- und fruchtfolgespezifischen Abstimmung der Produktionstechnik.

Die Entwicklung der Trockenmasseerträge zeigt, insbesondere im Jahr 2016, die hohe Leistungsfähigkeit der Rübe bereits ab Mitte September in Neuss mit erreichten 20,38 t/ha bzw. Anfang Oktober in Brüggen mit 21,88 t/ha. Diese stiegen im weiteren Verlauf bis auf ca. 25 t/ha bzw. ca. 23 t/ha an und erreichten somit ein Niveau, das über dem von sehr guten Maisbeständen liegen kann (vgl. Projekt „Einsatz von Rüben in Biogasanlagen“, RRV 2014). Auch die Entwicklung der Methanerträge verdeutlicht, was die Rübe im Stande ist zu leisten. In Neuss lag der Methanertrag im Maximum in beiden Jahren zum Erntetermin bei ca. 8.400 m³/ha. In Brüggen waren es im Maximum zu den Ernteterminen ca. 6.800 m³/ha (2015) bzw. 7.600 m³/ha (2016). Diese Methanerträge lagen ebenfalls auf dem Niveau von sehr gutem Silomais (vgl. Projekt „Einsatz von Rüben in Biogasanlagen, RRV 2014).

Während der Langzeitlagerung gilt es diese hohen realisierten Erträge bestmöglich zu schützen. Das gelingt nur wenn das eingelagerte Material gesund und mit möglichst wenigen Beschädigungen in die Miete gelangt. Ist dies gewährleistet sind auch nach über 100 Tagen Lagerdauer unter Vlies geringe Verluste von 10 % und weniger möglich. Am Standort Brüggen wurde im Jahr 2016/2017 aufgezeigt, wie weit die Verluste ansteigen, wenn keine optimalen Lagerbedingungen vorherrschen. Einzelne rotfaule Rüben und schlechte Rodebedingungen in Form von beschädigten Rübenkörpern und hohen Erdfrachten führten zu einem Mietenklima, welches die Verluste bis zur Auslagerung auf über 50 % ansteigen ließ. Hier zeigen sich die Grenzen der Langzeitlagerung und die Wichtigkeit eines witterungs- und standortangepassten Erntetermins. Die Aufzeichnungen der Datenlogger belegen die Schutzwirkung des eingesetzten und praxisüblichen Rübenvlies. Durch das aufgelegte Vlies wurden die Rüben, wie in einem Kühlschranks, in einem Temperaturbereich zwischen 4°C und 6°C konserviert. Temperaturschwankungen wurden durch das Vlies abgepuffert, es entstanden keine Frostschäden an den Rübenkörpern. Extreme Frostereignisse waren in den Jahren 2015 und 2016 nicht zu verzeichnen. Die Struktur des Vlies und die Materialstärke von 110 g/m² begünstigen durch eine gewisse Luftzirkulation das Mietenklima und trugen so zur Lagerstabilität bei. In der Miete am Standort Brüggen sind im Jahr 2016/2017 aufgrund der hohen Erdfrachten und dadurch mangelnden Luftaustausch die Temperaturen in der Miete bis auf 20°C und mehr gestiegen. Diese hohen Temperaturen über eine lange Lagerungsdauer fördern enzymatische Umsetzungsprozesse, was zu hohen Zuckerverlusten führt (Schnepel, KWS 2017).

Insgesamt lässt sich das Verfahren der Langzeitlagerung von frischen Rüben, um diese über einen längeren Zeitraum in Biogasanlagen einsetzen zu können, als praktikabel einstufen. Abzustimmen wäre im Vorfeld die Möglichkeit im Frühjahr auf entsprechende Verladetechnik zugreifen zu können. Außerdem scheint die Lagerdauer nicht durch die Rübenqualität alleine begrenzt zu sein sondern durch die Verfügbarkeit von Arbeitskapazitäten bei beginnenden Frühjahrsarbeiten (Pflanzenschutz, Düngung, Bodenbearbeitung). Des Weiteren setzt die Aussaat der Folgefrucht einen geräumten Mietenplatz voraus.

6. Kostenanalyse

6.1 Verfahrenskosten Zuckerrübenanbau und Silomaisanbau

In der folgenden Tabelle 5 sind die Produktions- und Erntekosten für Zuckerrüben und Silomais bis zum Transport zur Biogasanlage aufgeführt. Die Anbaukosten der Zuckerrüben umfassen Saatgutkosten, Düngekosten (Grunddüngekosten nach Entzug), Kosten für Pflanzenschutz sowie variable Arbeits- und Maschinenkosten. Neben Erntekosten müssen bei Auslagerungsterminen, die nach dem 15.12. liegen, auch Kosten für die Mietenabdeckung berücksichtigt werden. Die Kosten zur Vliesabdeckung der Rübenmiete sind ermittelt unter der Annahme, dass die Biogasanlage eigenes Vlies vorhält und mit vorhandenen Arbeitskräften selber abdeckt. Die Anbaukosten sind aus den veröffentlichten Auswertungen der Ackerschlagkarteien des Arbeitskreises für Betriebsführung Köln-Aachener Bucht (Beeker, 2016) entnommen worden. Die Anbau- und Erntekosten für den Maisanbau stammen aus Auswertungen der Arbeitsgemeinschaften der Landwirtschaftskammer NRW aus dem Jahr 2012.

Tabelle 5: Verfahrenskosten in €/ha im Zuckerrüben- und Silomaisanbau

	Zuckerrüben	Silomais
Saatgut	266	190
Düngung	420	480
Pflanzenschutz	358	85
Variable Maschinenkosten	170	130
Variable Arbeitskosten	24	80
Erntekosten	265	260
Mietenabdeckung (ab dem 15.12.)	90	
Summe der variablen Produktions- und Erntekosten (€/ha)	1593	1225

Die Verfahrenskosten sind als Bruttobeträge aufgeführt

Die variablen Kosten liegen im Rübenanbau bei 1593 €/ha. Bei Silomais ist das Kostenniveau mit 1225 €/ha im Vergleich zur Zuckerrübe niedriger, was hauptsächlich aus den geringeren Pflanzenschutzkosten resultiert.

Die angenommenen Tarife für das Laden/Reinigen von Zuckerrüben und dem Transport sind angelehnt an die im Rheinland geltenden Tarifsätze aus den Jahren 2015/2016.

	Zuckerrüben	Silomais
Laden und Reinigen (€/t)	1,24	
Transportkosten bei 10 km Feld-Hof-Entfernung (€/t)	2,13	2,13

6.2 Wirtschaftliche Betrachtung

In den folgenden Abbildungen sind die variablen Anbaukosten der Zuckerrübe (inkl. Ernte- und Logistikkosten) zu dem jeweiligen Beprobungstermin dargestellt. Berechnungsgrundlage sind die zum jeweiligen Zeitpunkt ermittelten bereinigten Masseerträge. Bereinigt sind die Masseerträge insofern, dass sie um Ernteverluste von etwa 10 %, die durch die maschinelle Beerntung entstehen, korrigiert wurden (Beprobung fand in Handbeerntung statt). Um die Kostenentwicklung der Rübe im Vergleich zum Mais einordnen zu können, ist in den Abbildungen die Kostenstruktur des Maisanbaus eingeflossen, unter der Annahme, dass dieser zu einem optimalen Zeitpunkt mit maximalem Ertrag geerntet werden konnte. Der Silomaisenertrag am Standort Neuss ist bei der Betrachtung mit 60 t FM/ha angesetzt worden. Für den Standort Brüggen ist ein Ertrag von 55 t FM/ha angenommen worden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Kostenstrukturen endet die Betrachtung mit der Anlieferung des Erntegutes an die Biogasanlage. Die Verfahren und deren Kosten zur Annahme und Verarbeitung an der Biogasanlage unterscheiden sich für beide Substrate erheblich, so dass sich eine Bewertung an dieser Stelle schwierig darstellen lässt.

Davon ausgehend, dass Biogasanlagen in der Regel Zuckerrüben auf Basis von Tonnage bewerten, sind in den folgenden Betrachtungen die ermittelten Kosten in €/t FM aufgezeigt.

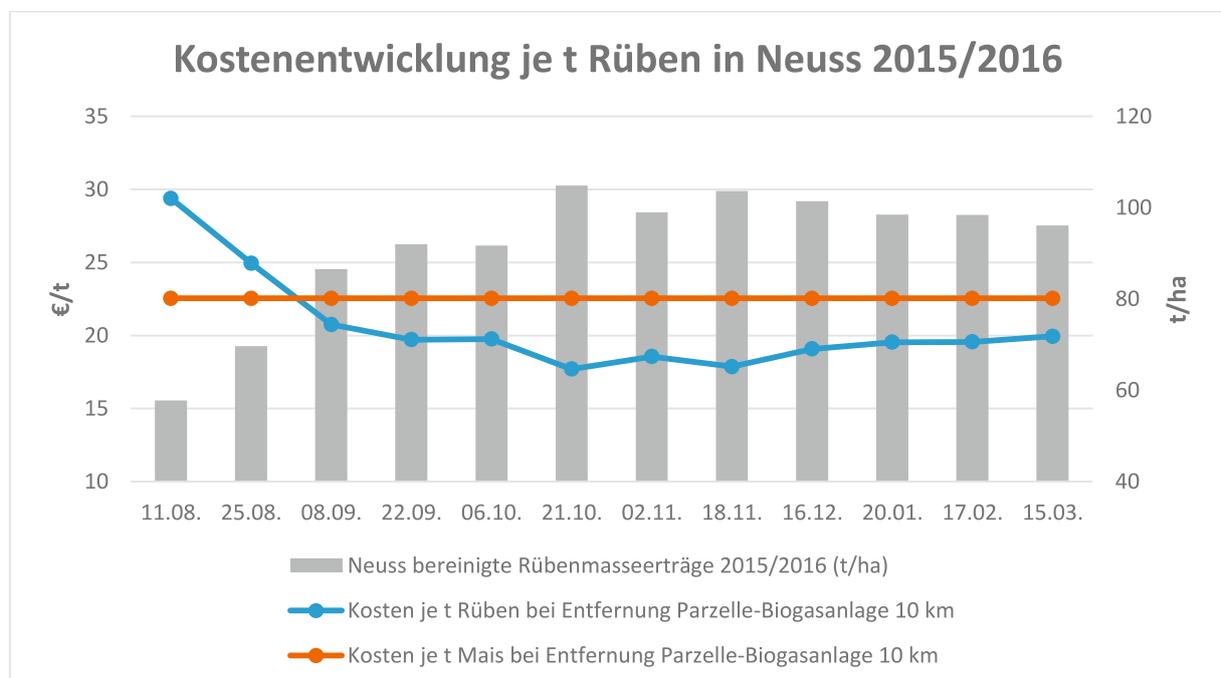


Abbildung 29: Variable Anbaukosten je t Rüben inklusive Ernte- und Logistikkosten in Neuss 2015/2016

Die grauen Säulen stellen die bereinigten Rübenmasseerträge zu den Beprobungs-terminen dar. Die blaue Kurve zeigt den Verlauf der variablen Anbaukosten je t Rüben (inklusive Ernte- und Logistikkosten) in Abhängigkeit vom jeweiligen Rübenenertrag. In Orange sind im Vergleich die variablen Anbaukosten je t Mais (inklusive Ernte- und Logistikkosten) dargestellt. Ist ein bestimmtes Ertragsniveau erreicht, liegen die variablen Kosten der Zuckerrüben unterhalb der variablen Kosten von Mais. Wann dieses beschriebene Ertragsniveau festzustellen ist, hängt von verschiedenen äußeren Faktoren ab (Witterungsverlauf, Standort, Sorte, Produktionstechnik). Da auf beiden Standorten insgesamt hohe Erträge zu verzeichnen waren, ist hier die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit bereits ab Mitte September im Jahr 2015 bzw. Anfang September im Jahr 2016 gegeben gewesen. Die zusätzlichen Kosten der Vliesabdeckung während der Langzeitlagerung in Verbindung mit den Masseverlusten wirken sich zwar auf die Kostenstruktur aus, änderten allerdings nichts an der Vorzüglichkeit der Rübe.

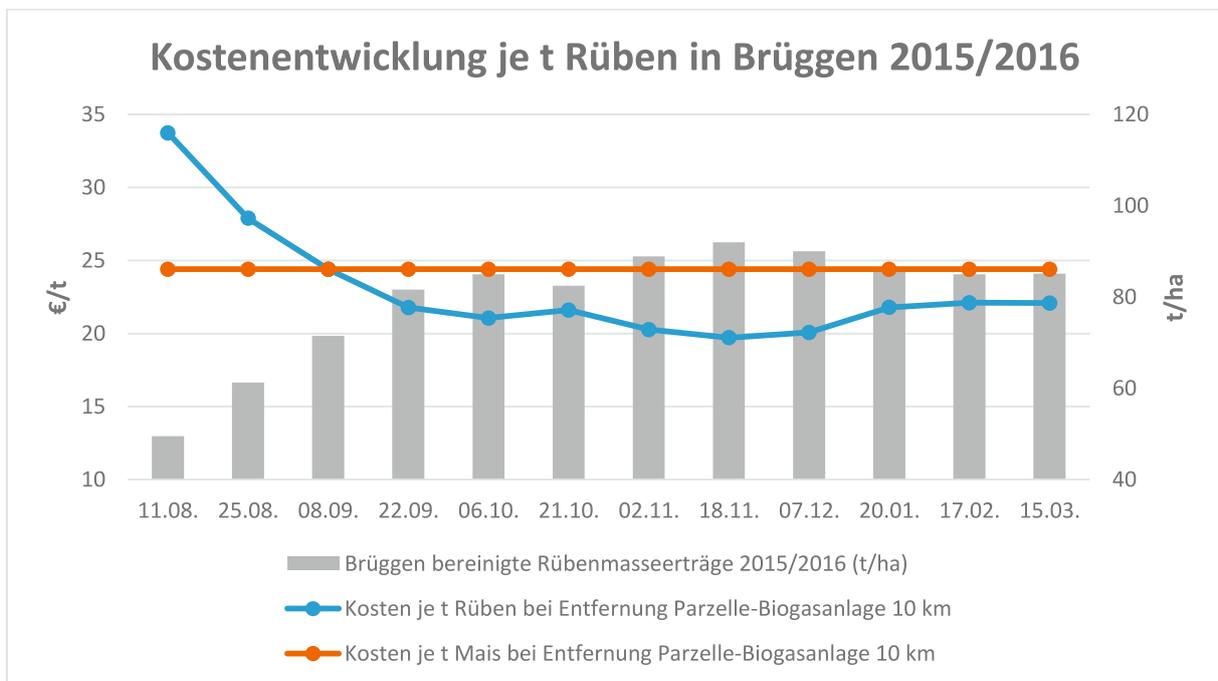


Abbildung 30: Variable Anbaukosten je t Rüben inklusive Ernte- und Logistikkosten in Brüggen 2015/2016

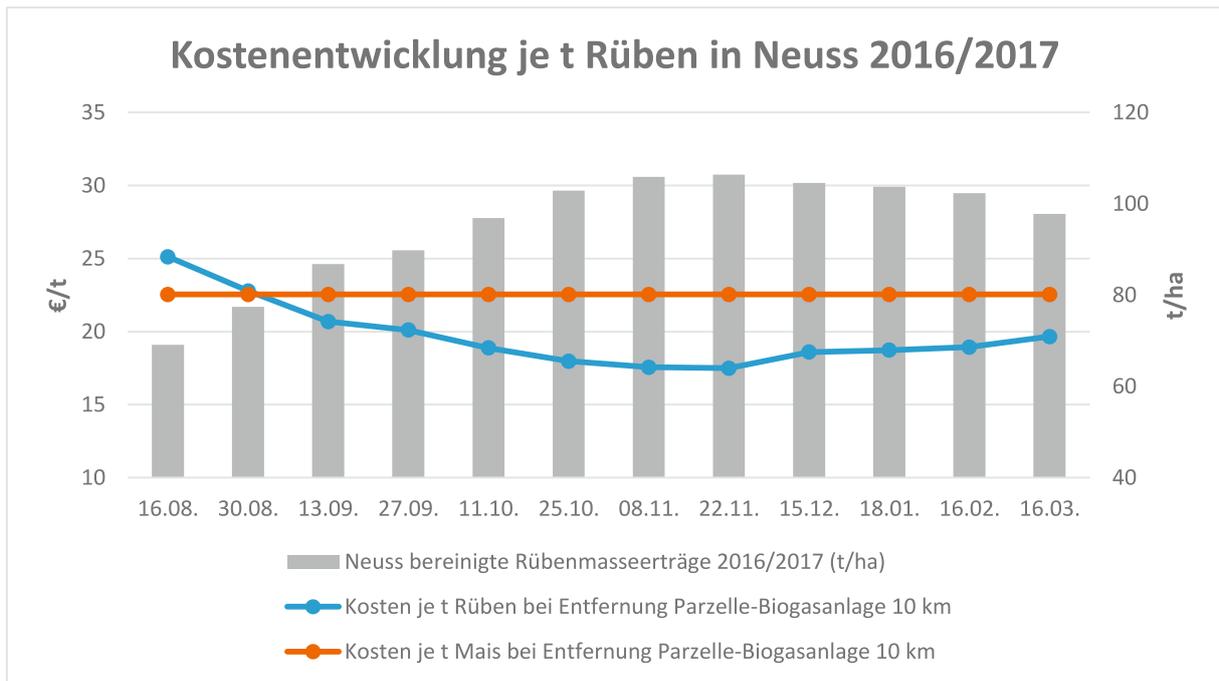


Abbildung 31: Variable Anbaukosten je t Rüben inklusive Ernte- und Logistikkosten in Neuss 2016/2017

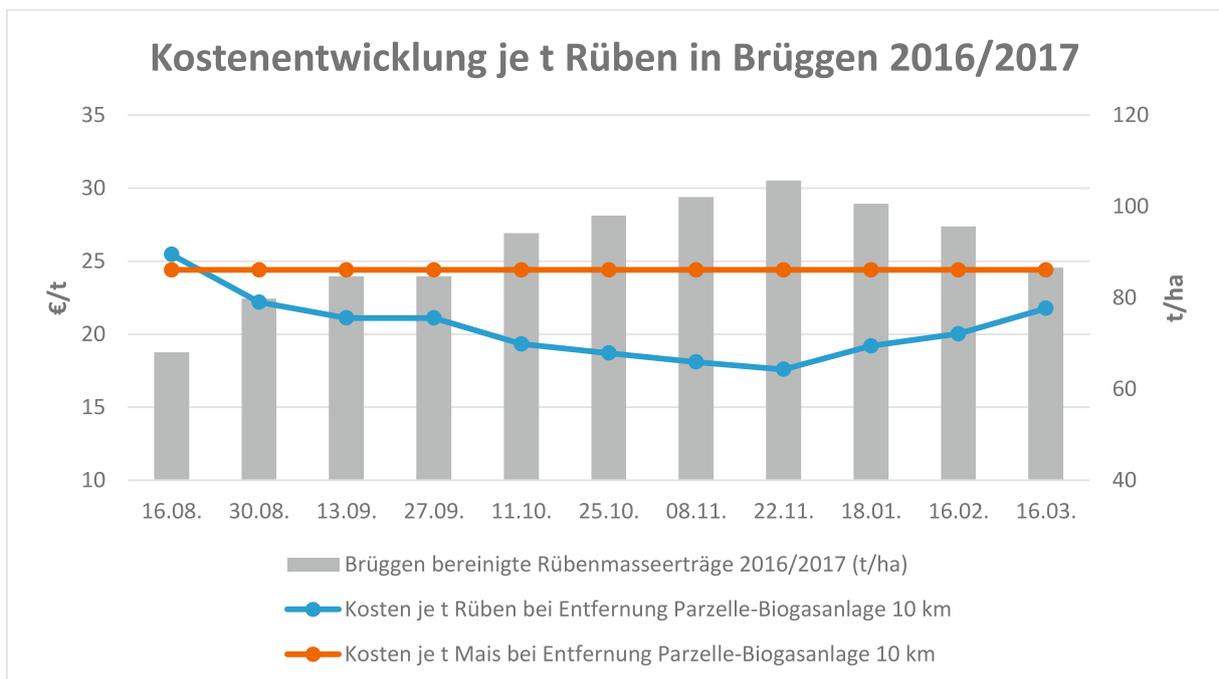


Abbildung 32: Variable Anbaukosten je t Rüben inklusive Ernte- und Logistikkosten in Brüggen 2016/2017

In den beiden Versuchsjahren und an beiden Standorten zeigen die Auswertungen, dass die Wirtschaftlichkeit des Rübenanbaus für die Biogaserübenproduktion schon zu einem frühen Zeitpunkt gegeben ist. Die sehr hohen Masseerträge auf beiden

Standorten und in beiden Versuchsjahren fördern die Vorzüglichkeit der Zuckerrübe als Biogassubstrat. Zwischen den Terminen der zweiten und dritten Proberodung befinden sich die Rübenmasseerträge auf einem Niveau, auf dem die berechneten Kosten je Tonne geernteter Rüben so weit verdünnt sind, dass sich der Einsatz der Zuckerrübe in Biogasanlagen wirtschaftlich darstellen lässt. In der Phase der Langzeitlagerung sind reduzierte Lagerverluste Garant für die Wirtschaftlichkeit der Zuckerrübe.

Je länger der Zeitraum ist, in dem Faktoren, die man nicht beeinflussen kann, während der Lagerung auf die Rüben einwirken, desto entscheidender ist die Ausgangsqualität des Rübenmaterials. Neben beeinflussbaren Faktoren, wie beispielsweise einer schonenden und verletzungsarmen Ernte, ist die rechtzeitige Abdeckung der Miete nach dem Auskühlen ein wichtiger Faktor, der dazu beiträgt, die Lagerverluste in der Langzeitmiete gering zu halten.

7. Fazit und Perspektive

Die Ergebnisse des Projektes zeigen, dass sich Zuckerrüben sehr gut über einen längeren Zeitraum als „frische Rüben“ in einer Biogasanlage einsetzen lassen. Durch die Kombination des Einsatzes der Rüben in den Herbstmonaten und der Langzeitlagerung in der Feldrandmiete über den Winter lassen sich Anteile anderer Substrate über sechs bis sieben Monate durch Rüben substituieren. Hierbei sind keine größeren Investitionen in Lagerkapazitäten zu tätigen, lediglich die Anschaffung einer Schnitzelschaufel ist zu berücksichtigen.

Die chargenweise Anlieferung von Rüben zur Biogasanlage in den Herbstmonaten bietet sich für Mengen an, die kurzfristig dem Gärprozess zugeführt werden können. Auf diese Weise kann der Großteil der für die Biogasanlage geplanten Rübenmengen den maximal möglichen Ertragszuwachs generieren. Des Weiteren wird kein zusätzlicher Lagerraum an der Biogasanlage benötigt. Ein Termin zur Anlage der Langzeitmiete ist dann so zu wählen, dass die Rodung verlust- und beschädigungsarm gewährleistet werden kann. Dies stellt die Basis für ein Gelingen der Langzeitlagerung dar. Damit eine verlust- und beschädigungsarme Ernte möglich ist, sind gesunde und homogene Rübenbestände vorauszusetzen. Somit bestimmt die Produktionstechnik bereits maßgeblich den Erfolg der Rodung und Langzeitlagerung mit. Durch standort- und fruchtfolgeangepasste Bodenbearbeitung, Sortenwahl und Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen wird ein optimaler Gesundheitsstatus des Rübenbestandes sichergestellt.

Die wirtschaftliche Betrachtung zeigt, dass die Rübe als Substrat gegenüber anderen Substraten wie dem Mais um so konkurrenzfähiger ist, je eher sich ein hohes Ertragsniveau einstellt. Diese Konkurrenzfähigkeit hält sich auch während der Langzeitlagerung mit Vliesabdeckung und bei minimalen Verlusten nach über 100 Tagen Lagerdauer.

Impressum

Herausgeber:

Rheinischer Rübenbauer-Verband e.V.

Malteserstraße 3

D-53115 Bonn

Tel: 0228-652534

Fax: 0228-652514

E-Mail: mail@rrvbonn.de

Sitz: Bonn, Amtsgericht (VR 2002)

Steuer-Nr.: 205/5782/1186

Vorsitzender: Bernhard Conzen

Geschäftsführer: Dr. Peter Kasten

Verantwortlich für den Inhalt:

Markus Kohl

Markus Heimbach

Dr. Peter Kasten

Die zitierten Quellen können auf Nachfrage zur Verfügung gestellt werden.

Projektförderung:

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes
Nordrhein-Westfalen

Bonn, Oktober 2017