

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Entwicklung von Material und Strategien für eine nachhaltige Qualitätszüchtung von Winter-Emmer (*Triticum dicoccum*) für den ökologischen Landbau in Deutschland

Development of germplasm and strategies for sustainable breeding of Emmer (*triticum dicoccum*)
for organic farming in Germany

FKZ: 10OE059, FKZ 10OE118, FKZ 10OE119, FKZ 10OE120

Projektnehmer (Koordination des Verbundvorhabens):

Universität Hohenheim, Landessaatzuchtanstalt
Fruwirthstraße 21, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 45923846
Fax: +49 711 45932841
E-Mail: friedrich.longin@uni-hohenheim.de
Internet: www.uni-hohenheim.de/lisa/

Autoren:

Longin, Friedrich; Ringer, Linda; Lösche, Klaus; Starck, Norbert; Römer, Peter

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere
Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse
und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam.
Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer
Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Schlussbericht

Vorhabensbezeichnung

Entwicklung von Material und Strategien für eine nachhaltige Züchtung von Qualitäts-Emmer (*Triticum dicoccum*) für den ökologischen Landbau in Deutschland

Zuwendungsempfänger

1. Universität Hohenheim, Landessaatzuchtanstalt (LSA), Fruwirthstr. 21, 70593 Stuttgart (Koordination), Förderkennzeichen 28100E059
2. Technologie Transferzentrum an der Hochschule Bremerhaven e.V., Bremerhavener Institut für Lebensmitteltechnologie und Bioverfahrenstechnik (ttz-BILB/EIBT), Am Lunedeich 12, 27572 Bremerhaven, Förderkennzeichen 28100E118
3. Pflanzenzucht Oberlimpurg (PZO), Oberlimpurg 2, 74523 Schwäbisch Hall, Förderkennzeichen 28100E119
4. Südwestdeutsche Saatzucht GmbH & Co. KG (SWS), Im Rheinfeld 1 – 13, 76437 Rastatt, Förderkennzeichen 28100E120

Laufzeit des Vorhabens

01.10.2011 – 31.12.2014

Berichtszeitraum

01.10.2011 – 31.12.2014

Projektleitung

Dr. Friedrich Longin
Universität Hohenheim,
Landessaatzuchtanstalt (LSA),
Fruwirthstr. 21, 70593 Stuttgart
Tel.: 0711/459 23846
Email: friedrich.longin@uni-hohenheim.de

Kurzfassung

47 Emmersorten wurden gemeinsam mit den im ökologischen Landbau wichtigsten Weizen- und Dinkelsorten an 8 Öko- und 7 konventionellen Standorten getestet. In den Projektversuchen wurden 10 Merkmale genauer bestimmt. Für alle Merkmale konnten signifikante genetische Varianzen festgestellt werden. Die Heritabilität der Merkmale Wuchshöhe, Ährenschieben, Gelbrost, Frost und Sedimentationsvolumen waren sehr hoch. Dahingegen wurden geringere Heritabilitäten für Ertrag, Proteingehalt sowie Resistenz gegenüber Blattflecken festgestellt. Es bietet sich also an, in den frühen Züchtungsgenerationen vor allem auf Standfestigkeit und Frosttoleranz zu selektieren. Ertrag und Proteingehalt sollten erst anhand mehrortiger Parzellenversuche bestimmt und selektiert werden. Es wurde eine hohe Korrelation bei allen Merkmalen zwischen den beiden Anbaualternativen ökologisch und extensiv konventionell festgestellt. Somit bietet sich an, das Emmerzuchtprogramm nur unter einer Anbaualternative zu führen und dabei indirekt auf die andere mit zu selektieren. Die besten Emmersorten sind vom Ertragsniveau, der Standfestigkeit sowie der Krankheitsresistenzen vergleichbar mit der alten aber sehr populären Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn. In der Qualitätsanalytik fielen insbesondere die Verfahren, die auf der Analyse der Glutenstruktur bzw. -qualität und dessen Kohäsivität zielen als schwierig bei Emmer-Mehlen auf. Diese Eigenschaften können möglicherweise auf die Abwesenheit der Puroindoline in dieser Art zurückgeführt werden. Zur weitergehenden Charakterisierung konnte ein Mikro-Backversuch speziell für Emmer-Mehle entwickelt werden. Anhand der Ergebnisse wurden 10 Emmer-Sorten mit guten bis sehr guten Backeigenschaften identifiziert. Alle Sorten sprechen auf eine eher schonende Teigbereitung positiv an. Die Teigbereitung sollte daher empfehlenswert bei Temperaturen um +20°C mit geringem mechanischem Energieeintrag erfolgen. Durch ein gering ausgeprägtes Gashaltevermögen und die vorliegende geringe Kohäsivität des Emmer-Glutens sollte auch die Gärzeit kurz gewählt werden.

Summary

47 Emmer varieties were tested together with the most important wheat and spelt varieties for organic farming at 8 organic and 7 conventional locations. The ten most important agronomic traits for Emmer were recorded across locations. For all traits, we determined highly significant genetic variances. Heritability was high for heading, plant height, frost tolerance, sedimentation volume and b value. In contrast, only moderately high heritabilities were estimated for yield and protein content. We recommend selection in early generations of Emmer against lodging and frost and postpone selection for the other traits to multi-location yield plots. A high correlation between the results for organic and conventional farming was determined suggesting the possibility to use one breeding program for both cropping systems. The best Emmer varieties had a similar yield, lodging susceptibility and disease resistance like the old but popular spelt variety Oberkulmer Rotkorn. In the quality analyses we determined that procedures analyzing gluten structure and quality were difficult to perform with Emmer flour. These problems might be caused by the absence of the puroindolines in Emmer. We developed a micro baking test specifically for Emmer flour. With this test, ten Emmer varieties could be identified with good and very good baking properties. All Emmer varieties responded positively to a rather gently dough processing. Therefore, the dough processing should be achieved by temperatures around 20 degrees with a low mechanically energy input and a short fermentation process.

Inhaltsverzeichnis

1.	Abkürzungsverzeichnis	6
2.	Einführung.....	6
2.1	Gegenstand des Vorhabens	6
2.2	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen (http://www.bundesprogramm.de/forschung.html).	6
2.2.1	Emmerqualität und Verarbeitungseigenschaften	6
2.2.2	Verbesserung der Methodik	6
2.2.3	Nutzung der natürlichen Variation von Emmer in der Pflanzenzüchtung	6
2.3	Planung und Ablauf des Projektes	7
2.3.1	Produktion von Mehlproben für Qualitätsuntersuchungen (Verantwortlich: Dr. Longin).....	7
2.3.2	Feldversuche – Leistungsprüfungen unter ökologischen und konventionellen Bedingungen (Verantwortlich: Dr. Longin)	7
2.3.3	Feldversuche – Resistenztest der Sorten gegen <i>Tilletia caries</i> (Verantwortlich: Dr. Longin)	8
2.3.4	Qualitätsuntersuchungen (Verantwortlich: Prof. Lösche).....	8
2.3.5	Öffentlichkeitsarbeit (Verantwortlich: Dr. Longin).....	8
3.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	8
4.	Material und Methoden	9
4.1	Feldversuche.....	9
4.1.1	Mehlproduktion.....	9
4.1.2	Feldversuche auf agronomische Eignung verschiedener Emmersorten	10
4.1.2.1	Sortenwahl	10
4.1.2.2	Ökologische Standorte	11
4.1.2.3	Konventionelle Standorte	12
4.1.2.4	Feldversuchsanlage	13
4.2	Resistenztest gegen <i>Tilletia</i> -Arten	13
4.2.1	Resistenztest gegenüber <i>Tilletia caries</i>	13
4.2.2	Resistenztest gegenüber <i>Tilletia controversa</i>	13
4.3	Qualitätsuntersuchungen.....	14
4.3.1	Feuchtigkeitsbestimmung nach ICC Standard Nr. 110/1	14
4.3.2	Wasseraufnahmefähigkeit nach ICC Standard Nr. 115/1	14
4.3.3	Farinogramm nach ICC Standard Nr. 115/1	15
4.3.4	Viskositätsbestimmung in Anlehnung an ICC-Standard Nr. 169	16
4.3.5	Fallzahl nach ICC-Standard 107/1.....	17
4.3.6	Feucht- und Trockenkleber und Glutenindex nach ICC Standard Nr. 155	17
4.3.7	Aschegehalt nach ICC-Standard Nr. 104/1.....	18
4.3.8	Partikelladungsmessung nach ttz-BILB-Methode	19
4.3.9	Rohproteinbestimmung in Anlehnung an die Standardmethoden L 06.00-7 und L 17.00-15	20
4.3.10	SDS-Sedimentationswert in Anlehnung an ICC-Standard Nr. 151	21
4.3.11	Partikelgrößenmessung.....	22
4.3.12	Mikro-Backversuche V1 und V2 nach ttz-BILB-Methode.....	22
4.3.13	Charakterisierung der Backfähigkeit von Mehlen durch Bestimmung des spezifischen Volumens von Gebäcken mit Hilfe des Volscan-Profilers von Stable Micro Systems	23

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

4.3.14	Charakterisierung von Gebäcken durch Bestimmung des Verhältnisses von Höhe zu Breite eines Gebäckes nach ttz-BILB-Methode.....	24
4.3.15	Charakterisierung von Gebäcken durch Bestimmung der Porenverteilung in der Gebäckkrume mit Hilfe des C-Cell Imaging Systems von Calibre Control International	25
4.3.16	Charakterisierung der Teigkonsistenz durch einen Mikro-Zugversuch nach Kieffer	27
5.	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	28
5.1	Feldversuche auf agronomische Eignung verschiedener Emmersorten	28
5.2	Resistenztest gegenüber <i>Tilletia</i> -Arten.....	30
5.3	Qualitätsbestimmungen.....	31
5.4	Backeigenschaften.....	42
6.	Diskussion der Ergebnisse	47
6.1	Anbaupotential von Emmer	47
6.2	Züchtung von Emmer.....	48
6.3	Qualitätsuntersuchungen von Emmer	50
6.4	Verarbeitungseigenschaften und Nutzungspotential von Emmer.....	53
6.5	Öffentlichkeitsarbeit	55
7.	Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse. Wurden im Projekt praxisrelevante Ergebnisse erzielt? Falls nein, bitte begründen, falls ja: erläutern, inwiefern diese Ergebnisse direkt praktisch anwendbar sind. Sofern praxisrelevante Erkenntnisse gewonnen wurden, Erstellung eines Merkblatts zwecks Transfer dieser Ergebnisse in die Praxis (s. III.).....	55
8.	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	56
9.	Zusammenfassung	58
10.	Literaturverzeichnis	61
11.	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt (Printmedien, Newsletter usw.), bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse	63

1. Abkürzungsverzeichnis

2. Einführung

2.1 Gegenstand des Vorhabens

Hauptanliegen des Projektes war es, den Anbau der Urgetreideart Emmer für den Ökologischen Landbau in Deutschland durch Beschreibung und Nutzung der natürlichen Variation wichtiger agronomischer und qualitativer Eigenschaften zu forcieren. Wir haben großangelegte Sortenversuche mit Emmer gemacht um

- Anbaupotential der Kulturart Emmer für den ökologischen sowie den nachhaltig konventionellen Landbau zu erarbeiten und von Weizen und Dinkel abzugrenzen,
- Emmerlinien zu identifizieren, die sich durch gute Backeigenschaften sowie eine an den ökologischen Landbau angepasste Anbauform (Standfestigkeit, Ertrag sowie Resistenzen u.a. Steinbrand) auszeichnen,
- die Variabilität der Backqualität des Emmers zu beschreiben und geeignete Schnelltest zu erarbeiten,
- zuchtmethodische Parameter für die Optimierung von ökologischer Emmerzucht zu schätzen.

2.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen (<http://www.bundesprogramm.de/forschung.html>).

Aus dem Gegenstand des Vorhabens ergaben sich folgende konkrete Ziele und Aufgabenstellungen:

2.2.1 *Emmerqualität und Verarbeitungseigenschaften*

- Wie groß sind die Unterschiede zwischen verschiedenen Emmersorten/-typen in Bezug auf Qualität und Ausbeute bei der Herstellung von Bäckereiprodukten?
- Für welche Nutzungsrichtung, z.B. Gebäckarten, eignet sich Emmer am besten?
- Wo liegt das Alleinstellungsmerkmal von Emmer im Vergleich zu Weichweizen und Dinkel?

2.2.2 *Verbesserung der Methodik*

- Wie kann man die Weiterverarbeitung von Emmermehl vereinfachen?
- Kann man kostengünstige Schnelltests für die Bestimmung der Backqualitäten des Emmers entwickeln, deren Ergebnisse eng mit denen der Standardverfahren korrelieren?
- An welchen Schritten innerhalb der natürlichen Auslese lassen sich Schnelltests effizient in ein Züchtungsprogramm integrieren?

2.2.3 *Nutzung der natürlichen Variation von Emmer in der Pflanzenzüchtung*

- Wie groß ist die Heritabilität agronomisch wichtiger Eigenschaften des Emmers im ökologischen Landbau?
- Wie groß ist die Heritabilität für die Resistenz gegen *Tilletia caries* im ökologischen Landbau?
- Wie sind die agronomischen Merkmale (Standfestigkeit, Krankheitsresistenzen, Ertrag, Ertragsparameter) untereinander und mit der Qualität assoziiert?
- Was für Schlüsse lassen sich aus den Merkmalsbeziehungen für eine optimale Nutzung der natürlichen Variation in Emmerzuchtprogrammen ableiten?
- Welche aktuellen Emmerherkünfte eignen sich am besten für den ökologischen Anbau in Deutschland?
- Wie groß ist die Heritabilität agronomisch wichtiger Eigenschaften des Emmers im extensiv-konventionellen Landbau und inwiefern korrelieren diese Ergebnisse mit denen des ökologischen Landbaus?
- Was für Schlüsse lassen sich aus den Beziehungen der Ergebnisse des ökologischen Landbaus und denen des extensiv-konventionellen Landbaus für eine optimierte Pflanzenzüchtung ziehen? Ist es möglich aus dem bisherigen konventionellen Zuchtprogramm hervorragende Sorten für den ökologischen Landbau zu selektieren oder muss dafür ein separates Zuchtprogramm auf ökologischen Flächen erfolgen (gfls. mit gesondertem *Tilletia caries* Screening)?

Das Projekt leistete einen wichtigen Beitrag, um das Sorten- und Artenspektrum der Nutzpflanzen für den Ökologischen Landbau zu erweitern sowie die ökologische Pflanzenzüchtung zu optimieren. Zudem wurden spezifische Fragestellungen des ökologischen Landbaues, wie Resistenz gegenüber samen- und bodenbürtigen Erregern sowie Qualitätseigenschaften bei dem Getreide Emmer untersucht. Alle diese Punkte waren als Hauptziele, der Bekanntmachung Nr. 05/10/51 des Bundesprogramms Ökologischer Landbau definiert.

2.3 Planung und Ablauf des Projektes

Kern des Projektes war ein Emmerfeldversuch von insgesamt 47 diversen Emmersorten aus dem Zuchtmaterial der LSA, die auf zertifizierten Öko- sowie konventionellen Flächen in verschiedenen Regionen Deutschlands auf entscheidende agronomische Eigenschaften (Ertrag, Standfestigkeit, Krankheitsresistenz, Beikrautkonkurrenzfähigkeit, ...) mit Weichweizen und Dinkel Standards des ökologischen Landbaues geprüft wurden. Dieser Versuch diente für die (1) Abschätzung des Anbaupotentials der Art Emmer an sich, (2) Schätzung wichtiger zuchtmethodische Parameter, (3) Auswahl besser angepasster Emmersorten sowie (4) als Produktionsort für Probemuster der Qualitätsanalytik.

Der Verzicht von Saatgutbeizungen im ökologischen Landbau führt zu erhöhtem Befall von Steinbrand (*Tilletia caries*; Abschlussbericht des BÖL-Projektes 02OE086). Resistente Sorten stellen die einfachste und effektivste Gegenmaßnahme dar. Deswegen wurden in einem Spezialversuch alle Emmer mit Steinbrand inokuliert und auf deren Resistenz getestet. Zusammen mit dem Vergleich der Sorten unter ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung erlaubt dieser Versuch die Optimierung der Emmerzüchtung für den ökologischen Landbau.

Ein weiterer Schwerpunkt war die Bestimmung der Produktqualität des Emmers im Vergleich zu anderen Weizenarten (Weichweizen, Dinkel) und die Charakterisierung der Variabilität dieser Eigenschaften im Emmer. Zum Einen wurden aus der Weichweizen Mehlanalytik bekannte, traditionelle Messmethoden als Basis herangezogen (Rohprotein, ICC106/2 + 137/1-Feuchtkleber, ICC 107/1-Fallzahl, ICC 155-Gluten-Index, ICC 114/1-Extensogramm, ICC 115/1-Farinogramm, ICC126/1-Amylogramm, weitere), deren Eignung kritisch überprüft und Emmer-spezifisch modifiziert (cf. Linnemann 2010). Spezielle und neuartige Analysemethoden wie der Gluten-Aggregationstest, Zentrifugationstest-Verfahren (vgl. Gelprotein), die Dynamische Differenz-Kalorimetrie oder die Bestimmung der Gesamtpartikelladung ermöglichen es dabei neuartige Wege zu beschreiten.

Folgende Arbeitsaufteilung zwischen den einzelnen Projektpartner wurde realisiert: Die LSA koordinierte das Gesamtprojekt, leistete den größten Anteil der Mehl- und Saatgutproduktion, organisierte die gesamten Feldversuche (Saatgutaufarbeitung, Aussaatvorbereitung, Versand Saatgut, Versuchsanlagendesign) und wertete diese auch aus (Datenzusammenstellung, statistische Verrechnung, wissenschaftliche Aufarbeitung). Zudem betreute die LSA fünf Versuchsstandorte und war federführend in der Öffentlichkeitsarbeit. Das ttz-BILB/EIBT leistete sämtliche Qualitätsanalytik, Methoden- und Rezeptentwicklung. Die KWS, PZO, und SWS übernahmen Teile der Saatgutproduktion im Weizen, Dinkel, und Emmer. Zudem haben die KWS und PZO Feldversuche und die SWS eine Genotypisierung der Emmer durchgeführt. Naturland half bei der Organisation und Durchführung der Öffentlichkeitsarbeit mit und unterstützte die Projektdurchführung beratend. Zur Vereinfachung der Koordination des Projektes wurde das Gesamtprojekt in folgende Teilprojekte untergliedert:

2.3.1 *Produktion von Mehlproben für Qualitätsuntersuchungen (Verantwortlich: Dr. Longin)*

Vermehrung von 30 Emmerherkünften durch LSA vor dem Projekt, auf zertifizierten ökologischen Flächen. Somit konnten bereits zum Projektstart dem ttz-BILB erste Probemuster zur Verfügung gestellt werden. Entspelzen und Vermahlung der verschiedenen Herkünfte sowie Versand erfolgte durch LSA an das ttz. Die zweite große Mehllieferung wurde aus der Ernte der Projektversuche 2012 durch die LSA realisiert. In diesem Arbeitspaket wurde auch von der SWS eine Genotypisierung der Emmerherkünfte durchgeführt.

2.3.2 *Feldversuche – Leistungsprüfungen unter ökologischen und konventionellen Bedingungen (Verantwortlich: Dr. Longin)*

Agronomische Prüfung einer großen Anzahl genetisch diverser Emmer mit je 2-3 für den ökologischen Landbau repräsentativen Weizen- und Dinkelsorten an vier verschiedenen Öko-Standorten über 3 Jahre durch LSA, PZO und KWS sowie drei konventionellen Standorten durch die LSA im Jahr 2012/13 und 2013/14.

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

2.3.3 Feldversuche – Resistenztest der Sorten gegen *Tilletia caries* (Verantwortlich: Dr. Longin)

Für diesen Spezialversuch wurde Saatgut aller im Projekt verwendeter Emmersorten mit Sporen von *Tilletia caries* inokuliert und in Kleinparzellen in drei Wiederholungen an zwei Orten auf Resistenz durch die LSA bonitiert. Alle Emmersorten wurden jeweils mit und ohne Spelzen inokuliert, um den Effekt des Spelzensystems genau zu untersuchen.

2.3.4 Qualitätsuntersuchungen (Verantwortlich: Prof. Lösche)

Entwicklung und Evaluation spezifischer (Schnell-)Tests zur Charakterisierung von kleinsten Mengen Mehl, Aufklärung der Zusammenhänge zwischen Rohstoffzusammensetzung und funktionellen Eigenschaften, Ableiten von Abhängigkeiten, Empfehlung von Produkt- und Rezepturzusammensetzung für spezielle Emmerklassen durch ttz. Alle Analysen wurden an dem durch die LSA bereit gestellten Mehlmustern unternommen.

2.3.5 Öffentlichkeitsarbeit (Verantwortlich: Dr. Longin)

Durchführung von Feldtagen an Prüfstandorten für interessierte Öffentlichkeit, eines Praktikerworkshops für Landwirte, Bäcker, Müller, sowie Veröffentlichung der Ergebnisse.

3. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Emmer (*Triticum dicoccum*) wurde bereits vor 10.000 Jahren im Vorderen Orient nachgewiesen (Nevo et al 2002) und war bis ins Mittelalter eine der wichtigsten Brotgetreidearten in unseren Breiten (Marino et al 2009). Später wurde Emmer nahezu vollständig durch Dinkel (*Triticum spelta*) und Weichweizen (*Triticum aestivum*) abgelöst. Erst seit wenigen Jahren wird Emmer wieder in geringem Umfang in Deutschland angebaut (<200 ha). In der Wissenschaft hat Emmer ebenso eine sehr untergeordnete Bedeutung. Die wenigen veröffentlichten Studien zu Emmer bearbeiten meist ausschließlich Fragestellungen der effizienten Nutzung guter agronomischer Eigenschaften des Emmers für die Weich- oder Hartweizenzüchtung (cf. Chen et al. 2007). Die Wiedereinführung des Emmers als Kulturart liefert einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der genetischen Vielfalt von Kulturpflanzen in der Landwirtschaft. Dies steht im Einklang mit der Konvention über Biologische Vielfalt (Rio 1992) und dem damit verbundenen „Global Plan of Action“ (Anonym 1997). Nicht zuletzt ermöglicht es der Landwirtschaft, Zusatzeinkommen über hoch-qualitative Nischenprodukte zu erwirtschaften.

Emmer hat einige für den ökologischen Landbau sehr wichtige Eigenschaften. Er ist konkurrenzstark gegen Beikräuter und das Korn ist fest in der Spelze eingeschlossen, was einen natürlichen Schutz gegen bodenbürtige und andere Krankheitserreger darstellt. Zudem gibt es im Emmer im Unterschied zu den meisten anderen Weizenarten natürlich wirksame Resistenzen gegenüber Ährenfusariosen (Kling et al 2006). Ernährungsphysiologisch ist Emmer dem Weichweizen mindestens ebenbürtig. Zudem scheint er eine ökonomische Alternative für den ökologischen Landbau darzustellen (Jantsch und Trautz 2003, Seidl et al 2003, Kling et al 2006).

Die Untersuchung vieler Genbankakzessionen des Emmers zeigte eine große genetische Variabilität im Ertrag und somit ein großes Potential zur züchterischen Verbesserung (Kling et al 2006). Dahingegen sind viele Emmerherkünfte stark lageranfällig. Für die Resistenz gegen Braunrost im ökologischen Landbau wurde eine züchterisch nutzbare Variation gefunden, auf die gut in Sortenversuchen selektiert werden kann (Lind 2003, Abschlussbericht des BÖL-Projektes 02OE028). Es ist somit von entscheidender Bedeutung, die Standfestigkeit (bei Beibehaltung der Konkurrenzkraft) sowie die Krankheitstoleranz des Emmers für den ökologischen Landbau züchterisch zu bearbeiten. An der LSA wird seit 13 Jahren in dem deutschlandweit einzigen Zuchtprogramm für Winter-Emmer die Verbesserung der Standfestigkeit und Krankheitstoleranz verfolgt. Erste Erfolge spiegeln sich in den zwei einzigen in Deutschland eingetragenen Sorten wieder, RAMSES und HEUHOLZER KOLBEN, die vom Projektpartner PZO vermarktet werden. Zudem ist es der LSA gelungen, weiteres Zuchtmaterial mit einer wesentlich erhöhten Standfestigkeit im Vergleich zu den aktuell angebauten Sorten zu entwickeln. Dieses einzigartige Material war Grundlage des Projektes. Trotz des Züchtungserfolges ist es nicht klar, wie ein Emmerzuchtprogramm effizient zu führen ist. Entscheidende Parameter wie Varianzkomponenten, Heritabilitäten sowie Korrelation zwischen den Merkmalen sind völlig unbekannt. Es stellt sich auch die Frage, ob man mit einem Zuchtprogramm parallel neue Sorten für den konventionellen und den Ökolandbau züchten kann, oder ob dazu zwei Zuchtprogramme mit deutlich gesteigertem Aufwand notwendig sind.

Neben der Anbaueignung für den ökologischen Landbau ist es wichtig, die natürliche Variation der Qualitätseigenschaften des Emmers zu charakterisieren und für die Herstellung von Brot, Gebäck, oder extrudierten Produkten (wie Frühstückscerealien) zu nutzen. Dabei steht die Funktionalität dreier Stoffgruppen im Vordergrund, (1) die der kleberbildenden Proteine, (2) die Verkleisterungseigenschaften der Stärke und anderer polymerer

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Kohlenhydrate sowie (3) die relevanten Enzymaktivitäten (α - und β -Amylasen, Protease). Die Funktionalität dieser Stoffgruppen wird seit langem durch verschiedenste Verfahren beim Weichweizen beschrieben. Erste Ergebnisse dieser Standardverfahren zeigen, dass Emmer im Schnitt mehr Rohprotein als Weichweizen enthält und dass sich die verschiedenen Emmerherkünfte erheblich in der Volumenausbeute unterscheiden (Kling et al 2006).

Allerdings können diese Standardmethoden und Kennzahlen für konventionell produzierten Weichweizen nur bedingt bis gar nicht für andere Getreidearten eingesetzt und auf ökologisch produziertes Getreide übertragen werden (Linnemann 2010). Zudem ist nichts über die Auswirkung der drei verschiedenen Spelztypen des Emmers, weiß, braun und schwarz, auf die Backqualität bekannt. Im verwandten Durumweizen ist die braune Spelzenfarbe eng mit ungünstiger Nudelqualität gekoppelt (cf. Yupsanis and Moustakas 1988).

Dabei ist eine aussagekräftige Bestimmung der Qualitätseigenschaften des Emmers von zentraler Bedeutung damit Ämter (z.B. Bundessortenamt), Händler, Landwirte, Züchter, Müller und Bäcker gleichermaßen in die Lage versetzt werden, schnell und vor allem zuverlässig ein Urteil über die technologische Veranlagung einer Sorte oder einer Handelspartie zu fällen. Dabei kommt es vor allem auf einfache und schnelle Methoden an, die anhand kleinster Probemengen präzise Ergebnisse liefern. Hierfür fehlt aber jegliche wissenschaftliche Untersuchung.

4. Material und Methoden

4.1 Feldversuche

4.1.1 Mehlproduktion

Das ttz-BILB hat für seine Qualitätsbestimmungen drei große Mehl-Lieferungen von der LSA erhalten. Wie geplant wurde als erste Lieferung Ende 2011 jeweils über 10 kg Mehl der beiden Emmersorten Osiris und Ramses bereitgestellt. Die Erntemuster stammten von der PZO und wurden an der LSA entspelzt, gereinigt und gemüllert. Die zweite und dritte Mehl-Lieferung erfolgte in Intervallen angepasst an die Laborkapazitäten des ttz-BILB. Für die zweite Mehllieferung hatte die LSA als Vorleistung für das Projekt im Jahr 2010/11 auf dem Ökostandort Kleinhohenheim 33 verschiedene Emmersorten angebaut und geerntet. Mit Projektstart wurden diese Proben aufgereinigt, entspelzt, gemüllert und bis Mitte 2012 an das ttz-BILB versandt. Für die dritte Mehlproduktion wurde der Versuchsanbau des Standortes Sirchingen 2011/12 herangenommen. Im Winter 2012/13 wurde dieses Erntegut in Hohenheim aufgereinigt, entspelzt, gemüllert und bis Mitte 2013 an das ttz-BILB versandt. Die Milestones und Deadlines wurden alle eingehalten, die Abstimmung und Übergabe zwischen LSA und ttz hat hervorragend funktioniert und somit konnten für die Basis aller Qualitätsuntersuchungen hervorragende Muster bereitgestellt werden. Hiermit sind alle Punkte dieses Arbeitspaketes erfüllt und berichtet und wir verzichten darauf, in den Ergebnissen und der Diskussion die Mehlproduktion noch aufzuführen.

Das ttz-BILB hat die eingegangenen Mehlproben neu chiffriert. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 4.1.1 und wird für die Beschriftung der Proben im Teil „Qualitätsanalysen“ herangezogen.

Tabelle 4.1.1: Übersicht der untersuchten Emmerproben (Chiffre ttz-BILB)

Chiffre	Name	Anb.Nr. Hohenheim	Eigenschaften	weitere Infos
E03	9.002/03	9128+29	Braun	begrannt
E04	9.089/08	9130+31	Weiß	begrannt
E05	9.093/08	9132+33	Weiß	begrannt
E06	9.099/08	9134+35	Schwarz	begrannt
E07	9.112/06	9138+39	Braun	pelzig, schwarze Grannen
E08	9.200/06	9142+43	Weiß	begrannt
E09	9.105/06	9136+37	Schwarz	begrannt
E10	9.199/06	9140+41	Weiß	begrannt
E11	9.015/99	9123	Braun	begrannt
E12	9.004/03	9122	Braun	begrannt
E13	Ramses	9126+27	Schwarz	begrannt
E14	Osiris	9124+25	Weiß	begrannt
E15	9.005/02	9121	Braun	begrannt
E16	9.003/02	9120	Weiß	begrannt
E17	9.013/99	9119	Schwarz	begrannt

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

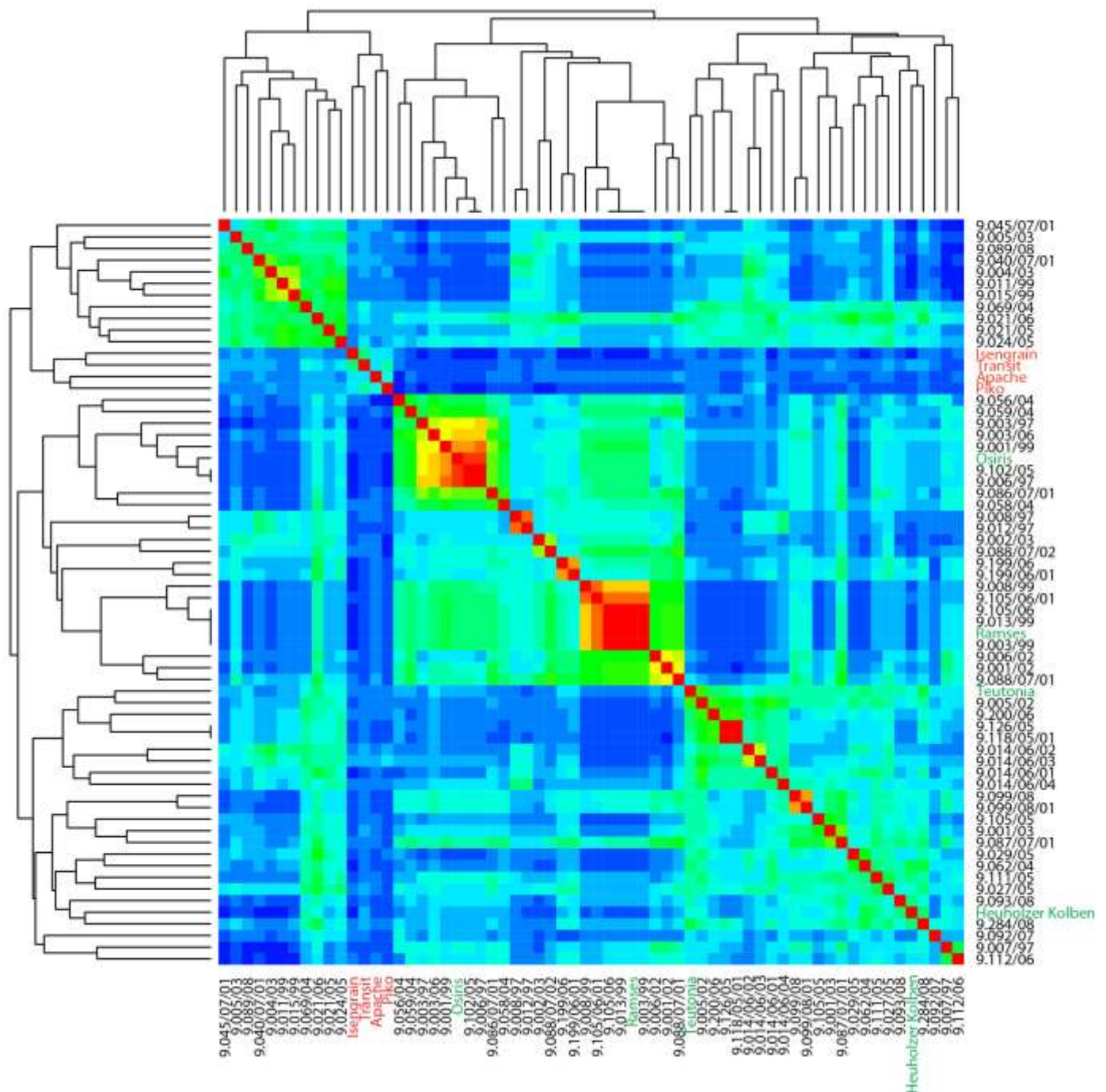
E18	9.011/99	9118	Braun	begrannt	
E19	9.004/99	9117	Braun	begrannt	nicht in 2013
E20	9.007/97	9116	Braun	pelzig, begrannt	
E21	9.005/97	9115	Braun	begrannt	nicht in 2013
E22	9.006/02	9114	schwarz	begrannt	
E23	9.010/99	9113	Weiß	schwarz begrannt	nicht in 2013
E24	9.008/99	9112	schwarz	begrannt	
E25	9.001/99	9111	Weiß	begrannt	
E26	9.003/99	9110	schwarz	begrannt	
E27	9.006/97	9109	Weiß	begrannt	
E28	9.001/02	9108	schwarz	begrannt	
E29	9.001/03	9107	Weiß	begrannt	
E30	9.131/05	9106	Weiß	begrannt	
E31	9.111/05	9104	Weiß	begrannt	
E32	9.105/05	9103	Weiß	ohne Grannen	
E33	9.005/03	9101	Weiß	begrannt	
E34	9.126/05	9105	Weiß	begrannt	
E35	9.102/05	9102	Weiß	begrannt	
E36	9.121/05	?	braun	begrannt	nicht in 2012
Di01-13			Dinkel - Oberkulmer Rotkorn		nicht in 2012
Di02-13			Dinkel - Filderstolz		nicht in 2012
Di03-13			Dinkel - Zollernspelz		nicht in 2012
W01-13			Weizen - Bussard		nicht in 2012

4.1.2 Feldversuche auf agronomische Eignung verschiedener Emmersorten

4.1.2.1 Sortenwahl

Insgesamt wurden im Projektverlauf 47 verschiedene Emmersorten getestet. Hierbei wurden die wenigen bereits geschützten Sorten aus Europa als Vergleichsorten verwendet: Ramses, Osiris, Teutonia, Heuholzer Kolben und Mv Heyges. Darüber hinaus hat die LSA ihre aktuellsten Emmer-Neuzüchtungen für dieses Projekt bereitgestellt. Für das erste Versuchsjahr 2011/12 wurden vor Projektstart 25 Emmerzuchstämme mit möglichst diversen Stammbäumen ausgesucht und von der LSA als Vorleistung ausreichend Saatgut für mehrortige Versuche produziert. Zu Beginn des Projektes wurde zudem von der SWS eine Analyse mit molekularen Markern an 60 Emmergenotypen durchgeführt. 25 sogenannte Mikrosatelliten-Marker (SSR) wurden je Genotyp untersucht und die Rohdaten von der LSA ausgewertet. Dabei wurden genetische Distanzen bestimmt und grafisch in einem Cluster-Heat-Plot dargestellt (Grafik 4.1.1). Je geringer die genetische Distanz ist, umso genetisch ähnlicher, also verwandter, sind die Genotypen. Anhand dieser Ergebnisse wurden die Emmergenotypen 9.001/99 und 9.102/05 wegen zu enger Verwandtschaft zur Sorte Osiris von den weiteren Feldversuchen ausgeschlossen. Dafür wurden 14 Neuzüchtungen mit ausreichender genetischer Distanz zum Rest der Sorten für die weiteren Feldversuche hinzugenommen. Somit waren die Aufgaben der SWS und des gesamten Arbeitspaktes erfolgreich abgeschlossen und wir verzichten auf weiteren Bericht im Ergebnis und Diskussionsteil.

Um Emmer als Kulturart besser einschätzen zu können, wurde parallel zu diesem Emmersortenversuch ein kleiner Extraversuch mit den für den ökologischen Landbau wichtigsten Weizensorten Naturastar und Bussard sowie der Dinkelsorten Franckenkorn, Zollernspelz und Oberkulmer Rotkorn durchgeführt.



Grafik 4.1.1: Cluster-Heat-plot der 60 mit SSR-Markern untersuchten Emmertypen und der daraus abgeleiteten genetischen Distanzen. Eng verwandte Genotypen werden dabei benachbart gruppiert und bilden im heat-plot ein gemeinsames rotes Quadrat. Die bekannten Emmersorten wurden in grüner Schrift markiert, zum Vergleich wurden vier Weichweizen mit genotypisiert (rote Schrift).

4.1.2.2 Ökologische Standorte

In den drei Versuchsjahren wurden der Emmerversuch und der Weizen-Dinkel-Vergleichstest an je vier ökologisch bewirtschafteten Standorten mit jeweils zwei Wiederholungen pro Ort angebaut. Die Standorte waren Kleinhohenheim (KLH) – 70599 Stuttgart (betreut durch die LSA), Sirchingen (SIR)- 72574 Bad Urach (Betreut durch die LSA), Schwäbisch Hall (SHA) – 74523 Schwäbisch Hall (betreut durch die PZO) sowie Wiebrechtshausen (KWS) – 37154 Northeim (kostenfrei betreut durch die KWS Saat AG). Alle Standorte sind ökologisch zertifizierte Flächen gewesen. Es wurde ungebeiztes Saatgut verwendet, an jedem Standort die Kulturart dann betriebsspezifisch angebaut, wobei an allen Standorten aber mindestens einmal je Jahr gestriegelt wurde und kein Dünger verwendet wurde. Im Jahr 2013/14

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

war es nicht möglich, im Raum Schwäbisch Hall eine versuchstauglich homogene Ökofläche zu bekommen. Wir haben deswegen diesen Standort 2013/14 dann konventionell getestet.



Grafik 4.1.2: Beispielhaft das Versuchsfeld KLH12 mitten in der Vegetationsperiode

4.1.2.3 Konventionelle Standorte

Zum Vergleich wurden die Projektversuche zusätzlich im Jahr 2012/13 und 2013/14 noch auf je drei konventionellen Standorten geprüft. Diese Standorte waren: Heidfeldhof (HOH) - 70599 Stuttgart, Oberer Lindenhof (OLI) – 72813 St. Johann, sowie Eckartsweier (EWE) – 77731 Willstätt. Alle Standorte wurden von der LSA betreut und sehr extensiv bewirtschaftet. Es wurde lediglich ein Herbizid verwendet aber auf Düngung und den Einsatz von Fungiziden, Insektiziden und Wachstumsreglern verzichtet. Die Merkmalerfassung an den einzelnen Orten ist in Tabelle 4.1.2 zusammengefasst.

Tabelle 4.1.2: Zusammenfassung der Merkmalerfassung in den Feldversuchen

Merkmal	Einheit	Anzahl Ökoorte	Anzahl konv. Orte
Ertrag	dt/ha	8	7
Ährenschieben	Tage im Jahr	3	5
Wuchshöhe	cm	6	6
Frosthärte	1 = gut, 9 = schlecht	2	0
Lager vor Reife	1 = gut, 9 = schlecht	6	7
Blattfleckenkrankheit	1 = gut, 9 = schlecht	4	4
Gelbrost	1 = gut, 9 = schlecht	2	4
Rohproteingehalt	%, ICC 159	3	2
Sedimentationsvolumen	ml, ICC 151	3	2
B-Wert	Wert, Minolta	3	2

Zusätzlich zu den im Antrag versprochenen Arbeiten hat die LSA an 420 Probemustern der Standorte KLH13, SIR13, KWS13, HOH13 sowie OLI13 Qualitätsanalysen durchgeführt. Es wurde der Rohproteingehalt mittels Nahinfrarotspektroskopie (ICC 159), das Sedimentationsvolumen per Natriumdodecylsulfat-Extraktion (ICC 151) sowie der b-Wert mittels Minolta-Chromameter (DIN CEN/TS 15465:2008-11) bestimmt.

4.1.2.4 Feldversuchsanlage

Als Versuchsdesign wurde ein α -Gitter gewählt, welches über alle Standorte und Produktionsstufen hinweg randomisiert wurde. Der kleine Extraversuch mit Dinkel- und Weizensorten wurde als vollständig randomisierter **Blockversuch angelegt. Die Randomisation und Feldplan wurde mittels der open source software „PlabPlan“ erstellt.** Damit Felddaten einheitlich erfasst wurden, hat die LSA zu Projektbeginn ein Merkmalserfassungsblatt entwickelt und allen Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse der Einzelorte wurden kurz nach der Ernte an die LSA übermittelt.

Die Auswertung der Versuchsdaten erfolgte standardgemäß in einer sogenannten Zweistufenanalyse. Zunächst wurden alle Einzelorte separat ausgewertet und die Qualität der Ergebnisse jedes Einzelortes streng geprüft. Nach Sicherstellung der Einzelortqualität wurden alle Orte zusammen in der Serienverrechnung ausgewertet. In dieser Serienverrechnung konnten für die Züchtung relevante Parameter wie die Varianzkomponenten und die Heritabilität bestimmt werden. Zudem wurden die adjustierten Mittelwerte der Emmergenotypen über alle Orte hinweg bestimmt. Zusätzlich wurden dann noch zwei separate Serien berechnet, eine nur mit den Ökoorten und eine nur mit den konventionellen Orten. Die gesamte statistische Auswertung erfolgte im open source Statistikpaket R (www.r-project.org) mithilfe von ASREML.

4.2 Resistenztest gegen *Tilletia*-Arten

4.2.1 Resistenztest gegenüber *Tilletia caries*

Für eine exakte Untersuchung von Resistenzen müssen Versuche unter inokulierten Bedingungen durchgeführt werden. Dies garantiert einen hohen und möglichst homogenen Befall, führt häufig aber zu hohen Schädigungen der Pflanzen. Somit wurden die Resistenzversuche zu *Tilletia* nicht an den oben genannten Feldversuchen sondern in speziell inokulierten und isolierten Versuchen durchgeführt. Um eine Kontamination von Ökoflächen zu verhindern, wurden die Versuche auf konventionellen Flächen durchgeführt.

Zur Vorbereitung des Resistenztest der Emmer-Sorten gegen *Tilletia caries* wurde im Oktober 2011 ein kleiner Vorversuch (fünf Sorten, je be- und entspelzt in je 2 Wiederholungen) angelegt. Dabei stellte sich die Inokulation nach dem von Naturland vorgeschlagenen Standardprotokoll als problematisch heraus. Eine Sporenmenge von 2g Sporen/kg Saatgut wurde in eine Plastiktüte gefüllt, die Körner einer Sorte dazugegeben, die Tüte verschlossen und intensiv geschüttelt. Durch die Elektrostatik klebten aber die Sporen primär an der Tüte, eine Inokulation des Saatgutes mit einer definierten Menge an Sporen war dadurch nicht zu gewährleisten. Die Ergebnisse auf dem Feld zeigten auch fast keinen Befall.

Deswegen wurde für den Hauptversuch im Jahr 2012/13 das Inokulationsprotokoll insofern geändert, dass anstelle der Plastiktüten kleine Einweggläser verwendet wurden. Als Inokulum wurden zwei verschiedene *Tilletia caries*-Stämme in einer Mischung 1:1 in der vorgesehenen Konzentration von 2g Sporen/kg Saatgut verwendet. Zur Berechnungsgrundlage diente das TKG des entspelzten Saatguts. Die 47 Emmersorten aus dem Feldversuch plus 18 weitere Emmersorten und einem Weichweizen Differentialsortiment von 15 alten Sorten wurden dann gemäß Protokoll inokuliert, je be- und entspelzt. Die Aussaat erfolgte von Hand Ende Oktober in Reihen zu je 20 Körnern in drei Wiederholungen an zwei Standorten in einem α -Gitter. Die Versuchsplanung und Auswertung wurde mit den gleichen Programmen durchgeführt wie unter 4.1.2.4 beschrieben.

Entgegen der Beschreibung einiger Ökozüchter konnte man dem intensiv mit *Tilletia caries* inokulierten Emmerversuch bis zur Überreife von außen keinerlei Symptome ansehen. Somit entscheiden wir uns, bei jeder Prüfparzelle, 10 repräsentative Ähren von Hand mittels Schere aufzuschneiden, um dann erkennen zu können, ob in den Hüllspelzen Körner oder Pilzsporen waren. Dabei wurde der Befall in einer Notenskala von 1-9 bonitiert, wobei 1 = völlig gesund und 9 = völlig krank bedeutet. Mit dieser Methode konnten sehr gute und aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden (siehe Ergebnisteil). Entgegen des Antrages wurde dieser Versuch nach dem ersten erfolgreichen Jahr nicht noch einmal durchgeführt. Der notwendige Einsatz von Handarbeit und Scheren zur Krankheitserfassung war zu aufwendig und die durchführenden Personen zogen sich dabei größere Verletzungen zu. Alternativ haben wir dann aber im Jahr 2013/14 den Emmerversuch noch auf Resistenz gegenüber *Tilletia controversa* geprüft

4.2.2 Resistenztest gegenüber *Tilletia controversa*

Tilletia controversa ist ein bodenbürtiger Pilz, als Versuchsfeld wurde deswegen ein Außenstandort bei einem Landwirt in Hausen ob Urspring gewählt. An diesem Standort war von jahrelanger Versuchsdurchführung ein hoher Belastungsdruck von *Tilletia controversa* bekannt. Alle Emmersorten des Projektes wurden mit den wichtigsten Dinkel-

und Weizensorten in dreifacher Wiederholung in Mikroparzellenversuchen mit je 2 m² Fläche getestet. Das Versuchsdesign war ein α -Gitter. Zur Steigerung des Krankheitsdruckes wurde kurz nach Feldaufgang der Versuch mit einem Vlies bedeckt, welches erst im März wieder vom Feld heruntergenommen wurde. Dadurch sollten die „Lieblingsbedingungen“ des Pilzes geschaffen werden, i.e. diffuses Licht und nicht zu kalt an der Bodenoberfläche. Die Versuchsplanung und Auswertung wurde mit den gleichen Programmen durchgeführt wie unter 4.1.2.4 beschrieben.

4.3 Qualitätsuntersuchungen

4.3.1 Feuchtigkeitsbestimmung nach ICC Standard Nr. 110/1

Prinzip der Methode und Grundlagen

Der Wassergehalt beeinflusst die Lagerfähigkeit von Mehlen und wird weiterhin für verschiedene Analysen benötigt. Analytikmethoden und Backversuche werden mit Mehlen mit einem Wassergehalt von 14 % durchgeführt. Liegt der Wassergehalt darüber oder darunter werden die Mehleinwaagen korrigiert. So wird erreicht, dass der Feststoffgehalt, der maßgebend für die Eigenschaften eines Mehls ist, konstant ist. [Freund 2007]

Material

- Glaspetrischalen
- Trockenschrank, T = 130 °C
- Analysenwaage (Messgenauigkeit: 0,0001g)
- Exsikkator

Durchführung

Die Bestimmung der Mehlfuchtigkeit erfolgt nach ICC Standard 110/1. 5 g Mehl werden in vorgetrocknete Glasschalen eingewogen, die Einwaage wird auf 1 mg genau notiert. Es erfolgt eine Dreifachbestimmung. Die Mehlproben werden bei 130 °C mit geöffnetem Deckel für 120 min getrocknet. Nach Abkühlen im Exsikkator für circa eine Stunde erfolgt die Bestimmung der Auswaage. Die Probe wird wieder in den Trockenschrank gebracht und nach einer Stunde in den Exsikkator zum Abkühlen gestellt. Die Auswaage wird bestimmt. Dieses wird bis zur Massenkonstanz bzw. Erhöhung der Auswaage durchgeführt.

Auswertung

Mittelwert und Standardabweichung werden berechnet, der Feuchtigkeitsgehalt wird in Prozent mit zwei Nachkommastellen angegeben.

$$\text{Trockensubstanz TS} = \frac{m(\text{Schale} + \text{getrocknete Mehlprobe}) - m(\text{Schale leer})}{m(\text{Mehleinwaage})} \cdot 100$$

$$[\text{TS}] = \%$$

$$\text{Mehlfuchtigkeit} = 100 \% - \text{TS}$$

$$[\text{Mehlfuchtigkeit}] = \%$$

4.3.2 Wasseraufnahmefähigkeit nach ICC Standard Nr. 115/1

Prinzip der Methode und Grundlagen

Die Wasseraufnahmefähigkeit eines Mehls wird mit einem Farinographen bestimmt. Sie zeigt die mit einem Mehl zu erzielende Teigausbeute. Laut ICC-Standard Nr. 115/1 ist die Farinograph-Wasseraufnahme die Menge an Wasser, die einem Mehl zugesetzt werden muss, um einen Teig mit einer maximalen Konsistenz von 500 FE zu erhalten. Die Wasseraufnahme wird in ml/ 100 g Mehl mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 14 % ausgedrückt. Sie ist temperaturabhängig. [Kirsch, 1999]

Zu einer definierten Menge Mehl wird Wasser gegeben. Es wird ein Teig gebildet, wobei der gegen das Knetwerkzeug wirkende Widerstand kontinuierlich gemessen und angezeigt wird. Die Teigkonsistenz wird in Farinograph-Einheiten (FE) angegeben. Wird eine festgelegte Teigkonsistenz erreicht (500 FE), wird die zugegebene Wassermenge abgelesen. 500 FE entsprechen der durchschnittlichen Konsistenz von Teigen. Die Wasserzugabe muss schnell

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

erfolgen, damit keine Teigerweichung durch den Knetprozess auftritt. Die Wasseraufnahmefähigkeit ist in hohem Maße abhängig von Glutengehalt und –qualität. [Freund, 2007]

Material

- Farinograph, Brabender, mit Zubehör
- Analysenwaage (Messgenauigkeit: 0,1g)

Durchführung

300 g Mehl mit einem Wassergehalt von 14 % werden in den Farinographen gegeben. Weicht die Feuchtigkeit von 14 % ab, wird die Einwaage entsprechend korrigiert. Es wird 1 min auf Stufe 2 auf 30 °C temperiert. Über eine Bürette bzw. die automatische Dosierung des Gerätes wird in kurzer Zeit Wasser zugegeben, bis 500 FE erreicht werden. Ist die Konsistenz zu hoch oder zu weich, wird der Versuch wiederholt und die Wassermenge angepasst. Ein Richtwert wird hierfür von der Farinograph-Software berechnet. Die benötigte Wassermenge wird an der Bürette in Mehlprozent abgelesen bzw. bei automatischer Dosierung von der Software des Gerätes angezeigt.

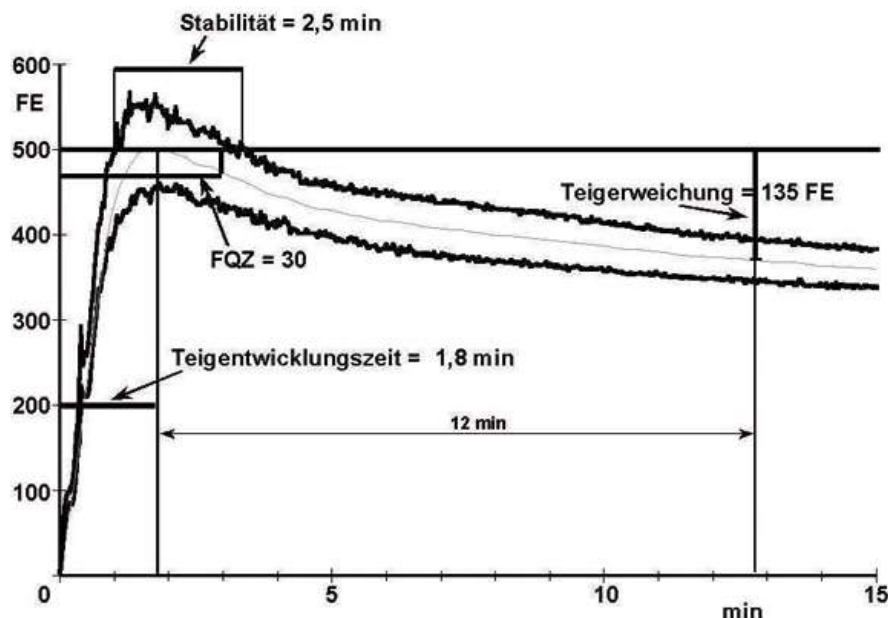
Auswertung

Die ermittelte Wasseraufnahmefähigkeit wird in Prozent mit einer Nachkommastelle angegeben und für die Erstellung von Extensogrammen benötigt. Weiterhin wird die Wasseraufnahmefähigkeit für die Festlegung von Rezepturen für Backversuche benötigt.

4.3.3 Farinogrammm nach ICC Standard Nr. 115/1

Prinzip der Methode und Grundlagen

Mithilfe eines Farinographen können Kneteigenschaften, Wasseraufnahmefähigkeit und eine Teigerweichung durch den Knetprozess charakterisiert werden [Bundesamt für Gesundheit, 2004]. Nach Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit (siehe Methode Wasseraufnahmefähigkeit) kann eine Farinograph-Kurve aufgenommen werden. Die bestimmte Wassermenge wird zum Mehl gegeben. Der gebildete Teig wird 20 min geknetet. Aus der aufgenommenen Kurve der Teigkonsistenz können Teigentwicklungszeit, Stabilität und Teigerweichung abgelesen werden (siehe Grafik 4.3.1) [Freund, 2007].



Grafik 4.3.1: Schematische Darstellung eines Farinogramms [Brabender, 2010]

Die Teigentwicklungszeit ist die Zeit in Minuten vom Beginn der Teigknetung bis zum Erreichen des Maximums (500 FE) eines Farinogramms. Sie lässt Rückschlüsse auf Klebermenge und –qualität des Mehls zu sowie auf die Quellungsgeschwindigkeit. Die ICC-Teigerweichung ist die Differenz zwischen dem Maximum und der Kurve nach 10 min, sie wird in FE angegeben und lässt Rückschlüsse auf die Mehlqualität zu. Weiterhin erfolgt die Bestimmung der

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Teigerweichung 12 min nach Beginn der Messung. Die Teigstabilität ist die Zeit in Minuten zwischen dem ersten und zweiten Schnittpunkt der Diagrammoberkante mit der Linie bei 500 FE. Der Verlauf der Farinogrammkurve wird durch die Klebereigenschaften des untersuchten Mehls bestimmt. [Freund, 2007]

Geräte und Hilfsmittel

- Farinograph, Brabender, mit Zubehör
- Analysenwaage (Messgenauigkeit: 0,1g)

Durchführung

300 g Mehl mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 14 % werden in den Farinographen-Knetter gegeben. Weicht die Feuchtigkeit von 14 % ab, wird die Einwaage entsprechend korrigiert. Das Mehl wird 1 min auf Stufe 2 auf 30 °C temperiert. Die ermittelte Wassermenge der Wasseraufnahmefähigkeit wird schnell über eine Bürette zum Mehl gegeben. Mehlpartikel, die an den Wandungen des Knetraums haften, werden mit einem Schaber dem Teig beigemischt. Der Knetraum wird abgedeckt. Der Teig wird 20 min auf Stufe 2 geknetet. Es erfolgt eine Dreifachbestimmung.

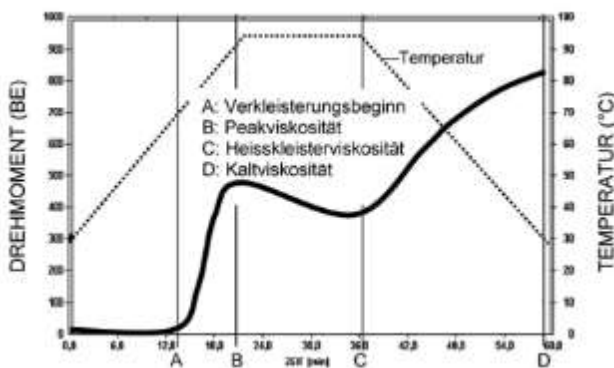
Auswertung

Die oben genannten charakteristischen Punkte des Farinogramms werden von der Farinograph-Software ausgegeben. Es erfolgt die Berechnung von Mittelwerten und Standardabweichungen.

4.3.4 Viskositätsbestimmung in Anlehnung an ICC-Standard Nr. 169

Prinzip der Methode und Grundlagen

Micro Visco-Amylo-Graphen® kommen sowohl in der Lebensmittelindustrie als auch in der Papier- oder chemischen Industrie zum Einsatz. Hauptsächlich werden durch das Gerät die Viskosität verschiedener Flüssigkeiten und Suspensionen sowie die Verkleisterungseigenschaften von Stärken und stärkehaltigen Produkten bestimmt. Es kommt jedoch auch bei der Messung von Enzymaktivitäten z.B. in Mehl (v.a. in Roggenmehl) zur Anwendung. Der Micro Visco-Amylo-Graph® besteht aus einem rotierenden Probenkopf, der kontrolliert ein vorgegebenes Temperaturprofil durchläuft. In diesem Probenkopf wird eine Mehl-Wasser-Suspension mit einem bestimmten Temperaturverlauf, vergleichbar mit dem Temperaturverlauf im Innern der Brotkrume während des Backens, erwärmt. Dabei werden Temperatur und Viskosität der Suspension über die Zeit aufgezeichnet.



Grafik 4.3.2: Verkleisterungsverlauf von Stärke [Klinger]

Material

- Micro Visco-Amylo-Graph® von Brabender
- bidest. Wasser

Durchführung

Die bei Mehlfeuchteeingabe korrigierte Mehlmenge (15 g Mehl bei 14% Feuchtegehalt) in einer Metallschale mit temperiertem bidest. Wasser (20 °C) mit einem Schneebesen homogenisieren. Die homogenisierte Probe möglichst rückstandslos in das tarierte Probengefäß überführen und dabei die Hilfsmittel mit bidest. Wasser abspülen. Auffüllen auf 115 g und das Probengefäß in den Micro Visco-Amylo-Graph® einspannen. Die Rührvorrichtung in die Probe einführen und die Messung starten.

Auswertung

Im Rahmen dieser Arbeit sind bei dieser Messung die Temperatur bei Verkleisterungsbeginn der Stärke sowie die maximale Heißviskosität (Peakviskosität) von Bedeutung (siehe Grafik 4.3.2).

4.3.5 Fallzahl nach ICC-Standard 107/1

Prinzip der Methode und Grundlagen

Die Fallzahl erlaubt eine Aussage u.a. über die α -Amylaseaktivität eines Mehls. Sie wird in Sekunden angegeben. Aus Mehl und Wasser wird durch Temperatureinwirkung ein Stärkegel hergestellt. Die Messung beruht auf der Stärkeverflüssigung in einer Mehlsuspension. Es wird die Zeit gemessen, die ein Rührstab benötigt, um durch das Gel auf den Boden zu sinken. Die Fallzahl ist die Summe aus Rühr- und Sinkzeit. Hohe Enzymaktivitäten führen zum Stärkeabbau, wodurch die Fallzahl gering ist.

Material

- Falling Number 1310, Perten Instruments AB, mit Zubehör
- Analysenwaage (Messgenauigkeit: 0,1g)

Durchführung

Das Fallzahlmessgerät wird temperiert. Hierzu wird destilliertes Wasser im Wasserbad des Messgerätes zum Sieden gebracht. Der Deckel wird durchgehend gekühlt. 7 g Mehl, korrigiert auf 14 % Mehlfeuchte, werden mit 25 ml destilliertem Wasser ($T = 22 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$) in einer Viskosimeterrohre vermengt, sodass eine homogene Suspension erhalten wird. Hierzu wird 40-mal sehr schnell und kräftig geschüttelt. Mit einem Viskosimeter-Umrührer wird an der Wandung haftende Suspension herabgeschoben werden. Die Probe wird in das Messgerät gestellt. Über 60 Sekunden wird die Probe automatisiert gerührt und aus der obersten Position losgelassen. Ist der Stab bis auf den Boden abgesunken, erfolgt ein Signalton. Es wird eine Sechsfachbestimmung durchgeführt.

Auswertung

Es werden Mittelwert und Standardabweichung aus der Sechsfachbestimmung berechnet. Die Fallzahl wird ohne Nachkommastellen angegeben.

4.3.6 Feucht- und Trockenkleber und Glutenindex nach ICC Standard Nr. 155

Prinzip der Methode und Grundlagen

Als Feuchtkleber wird aus Weizenmehl isoliertes gequollenes Gluten bezeichnet. Der Weizenkleber Gluten setzt sich aus Glutenin und Gliadin zusammen und beeinflusst die Backfähigkeit eines Weizenmehls. Zur Bestimmung des Feuchtklebergehaltes wird Mehl mit einer Salzlösung versetzt, ein Teig hergestellt und dieser mit Natriumchlorid-Lösung ausgewaschen um Stärke und wasserlösliche Bestandteile des Mehls vom Gluten zu trennen. [Freund 2007] Das gewaschene Gluten wird gewogen und der Feuchtklebergehalt in Prozent des Mehlgewichtes angegeben.

Zur Bestimmung des Glutenindex wird ausgewaschener Feuchtkleber in eine Zentrifuge gegeben. In dieser befindet sich ein Sieb, das während des Zentrifugierens von der Probe überwunden werden muss. Der Anteil des Feuchtklebers, der das Sieb nicht überwinden konnte, ist per Definition der Glutenindex. Verbleibt viel vom Feuchtkleber im Sieb, so wird von einem kleberstarken Mehl ausgegangen. Verbleibt wenig, handelt es sich um ein kleberschwaches Mehl

Durch Trocknung des Feuchtklebers mit anschließender Auswaagebestimmung erhält man den Trockenklebergehalt. [Freund 2007]

Material

- Natriumchlorid, p.a.
- Bidestilliertes Wasser
- Glutomatic 2200, Zentrifuge 2015 und Glutork 2020 mit Zubehör, Perten Instruments AB

Durchführung

Die Bestimmung von Feucht- und Trockenklebergehalt erfolgt mit einer „Glutomatic“ nach ICC Standard Nr. 155. Anteil- und Auswaschlösung ist eine 2 %ige Natriumchlorid-Lösung ($c = 20 \text{ g/l}$). Die Temperatur der Lösung soll $22 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ betragen. Ein Feinsieb ($88 \text{ }\mu\text{m}$) wird zwischen einem Siebring und einem Plexiglasbehälter arretiert. Dieses

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Waschgefäß wird unter fließendem Wasser gespült, um eine Wasserbrücke zwischen Sieb und Siebboden zu erhalten. Die Gefäßwände werden mit einem Tuch getrocknet. 10,00 g Mehl werden in das Waschgefäß gegeben. Durch Schütteln wird das Mehl im Gefäß gleichmäßig verteilt. 4,8 ml Anteilwasser werden über den Gefäßrand auf die Mehlprobe gegeben und gleichmäßig auf der Mehloberfläche verteilt. Das Waschgefäß wird in die Glutomatic eingesetzt, Teigbereitung und Auswaschung erfolgen automatisiert. Gelingt das Auswaschen des Klebers nicht (Überlaufen des Waschgefäßes), wird weniger Anteilwasser eingesetzt (bis 4,2 ml). Wenn bei der Durchführung mit weniger Anteilwasser der Gluten nicht ausgewaschen werden kann, wird der Gluten mit der Hand und einem Sieb ausgewaschen. Da der Kleber von Emmer und Dinkel weicher und klebriger als der Kleber von Weizen ist, ist es sehr häufig notwendig den Kleber per Hand auszuwaschen. Der ausgewaschene Kleberballen wird in einen Gluten-Index-Siebeinsatz überführt. Nach dem Zentrifugieren wird der durchgedrungene Kleber vom Sieb entnommen und die Masse des Durchgangs bestimmt. Der restliche Kleber wird hinzugefügt und die Feuchtklebermasse notiert. Dieses entspricht dem Gesamtkleber. Zur Trockenkleberbestimmung wird der Feuchtkleber in einem Glutork bei 150 °C in 4 min getrocknet und die Auswaage des getrockneten Klebers bestimmt.

Auswertung

Die Berechnung des Feuchtklebergehaltes erfolgt nach Gleichung 1.

$$\text{Feuchtklebergehalt} = \frac{\text{Gesamtkleber} \cdot 100 \%}{\text{Mehleinwaage}} \quad \text{Gleichung 1}$$

mit Feuchtklebergehalt in %
Gesamtkleber in g
Mehleinwaage in g

Weicht die Mehlfuchte von 14 % ab, wird gemäß Gleichung 2 korrigiert.

$$\text{Feuchtklebergehalt (14 \%)} = \frac{\text{Feuchtklebergehalt} \cdot (100 - 14) \%}{100 \% - \text{Mehlfuchte}} \quad \text{Gleichung 2}$$

mit Feuchtklebergehalt (14 %) in %
Mehlfuchte in %

Ergebnis ist das arithmetische Mittel von zwei Bestimmungen mit einer Nachkommastelle.

Die maximale Abweichung darf 0,5 % nicht überschreiten, die maximale Standardabweichung der Wiederholung $s(r)$ ist kleiner 0,56.

Der Trockenklebergehalt berechnet sich nach Gleichung 3.

$$\text{Trockenklebergehalt} = \frac{\text{getrockneter Kleber} \cdot 100 \%}{\text{Mehleinwaage}} \quad \text{Gleichung 3}$$

mit Trockenklebergehalt in %
Getrockneter Kleber in g
Mehleinwaage in g

$$\text{Trockenklebergehalt (14 \%)} = \frac{\text{Trockenklebergehalt} \cdot (100 - 14) \%}{100 \% - \text{Mehlfuchte}} \quad \text{Gleichung 4}$$

mit Trockenklebergehalt (14 %) in %
Mehlfuchte in %

Der Gluten Index berechnet sich nach Gleichung 5.

$$\text{Gluten Index} = \frac{(\text{Gesamtkleber} - \text{durchgedrungener Kleber}) \cdot 100}{\text{Gesamtkleber}} \quad \text{Gleichung 5}$$

mit Gluten Index [-]
Gesamtkleber in g
durchgedrungener Kleber in g

Der Mittelwert aus zwei Bestimmungen wird aufgerundet zu einer ganzen Zahl. Die Differenz der Doppelbestimmung darf im Bereich 70 – 100, 11 Einheiten und im Bereich unter 70, 15 Einheiten betragen. $s(r)$ ist kleiner 5,2.

Prinzip der Methode und Grundlagen

Die Bestimmung des Aschegehaltes ist ein Standardverfahren, das zur Mehltypisierung verwendet wird. Als Asche wird diejenige Menge an Mineralstoffen bezeichnet, die nach Veraschung der Probe bei sehr hohen Temperaturen als Rückstand zurückbleibt. Der Aschegehalt steht im direkten Zusammenhang mit dem Ausmahlungsgrad, da in den Schalenanteilen des Korns mehr Mineralstoffe zu finden sind als im Endosperm. [Klinger]

Material

- Muffelofen
- Exsikkator
- Analysenwaage (Messgenauigkeit: 0,0001 g)
- Ethanol

Durchführung

Zunächst die Aschetiegel im auf 900 °C vorgeheizten Muffelofen ca. 15 Min. ausglühen, im Exsikkator für eine Stunde abkühlen und anschließend auf einer Analysenwaage auf 0,1 mg genau auswiegen. In die vorbereiteten Tiegel 5 – 6 g der jeweiligen Mehlprobe auf 0,1 mg genau einwiegen. Kurz vor Beginn der Veraschung 1 - 2 ml Ethanol auf die Mehlproben geben. Die Aschetiegel zur Vorveraschung am Eingang des Ofens abstellen und bei offener Ofentür warten, bis die Substanz vollständig verbrannt ist. Anschließend die Tiegel zur Veraschung in den Muffelofen schieben und etwa vier Stunden bei 900 °C veraschen. Nach der Veraschung die Proben eine Stunde lang im Exsikkator abkühlen und auf 0,1 mg genau auswiegen. Da die Asche sehr hygroskopisch ist, muss auf eine schnelle Durchführung des Auswiegens geachtet werden.

Auswertung

Die Berechnung des Aschegehaltes erfolgt nach folgender Formel:

$$\text{Aschegehalt in \%} = \frac{100 \times (b - a)}{M} \times \frac{100}{100 - F}$$

- a = Gewicht der leeren Veraschungsschale in g
- b = Gewicht der Veraschungsschale mit dem Glührückstand in g
- M = Gewicht des eingewogenen Testmusters in g
- F = Feuchtigkeitsgehalt des Testmusters in %

Der Mittelwert aus der Doppelbestimmung wird auf 0,01% abgerundet angegeben.

Die Doppelbestimmungen dürfen bei einem Aschegehalt von bis zu 1 % um nichtmehr als 0,02 Einheiten des Aschegehaltes, bei einem Aschegehalt von mehr als 1% um nicht mehr als 2% des Aschegehaltes abweichen. Bei größeren Abweichungen muss das ganze Verfahren wiederholt werden. [Kluver]

4.3.8 Partikelladungsmessung nach ttz-BILB-Methode

Prinzip der Methode und Grundlagen

Die Partikelladungsmessung von Weizenmehl erfolgt mit einem Particle Charge Detector (PCD) und liefert die Nettopartikelladung in Coulomb je Gramm Mehl. Das Mehl wird in destilliertem Wasser suspendiert. Nach einer definierten Quellzeit wird eine Polyelektrolyttitration durchgeführt, bei der das Titriermittel eine der Nettoladung der Mehlsuspension entgegengesetzte Ladung hat (anionisch bzw. kationisch). Als kationisches Titriermittel dient Poly-DADMAC, als anionisches Titriermittel wird Pes-Na eingesetzt. Es wird bis zur Ladungsneutralität titriert.

Material

- Bidestilliertes Wasser
- Poly-DADMAC (kationisches Titriermittel)
- Pes-Na (anionisches Titriermittel)
- Wasserbad
- Magnetrührer
- PCD 03 Partikelladungsdetektor mit Titrator
- Analysenwaage (Messgenauigkeit: 0,0001 g)
- 200 ml Messkolben
- 250 ml Becherglas

Durchführung

Ein 200 ml-Messkolben wird mit bidest. Wasser gefüllt und im Wasserbad auf 25 °C temperiert. 2,0000 g ± 0,0001 g Mehl werden in ein hohes 250 ml-Becherglas eingewogen und mit einem Rührfisch versehen. Das Becherglas wird auf einen Magnetrührer gestellt. Unter leichtem Rühren wird das temperierte Wasser hinzugegeben und gleichzeitig eine Stoppuhr gestartet. Nach starkem Rühren zum Homogenisieren der Probe wird das Becherglas mit Aluminiumfolie abgedeckt und in ein Wasserbad gestellt (T = 25 °C). Nach 3 min 20 s wird das Becherglas auf den Rührer gestellt und die Suspension aufgerührt. Mit einer Vollpipette werden 20 ml entnommen und gleichzeitig die Temperatur der Suspension gemessen. Die Probe wird in die Messzelle des PCD überführt. Die Messzelle wird in das Gerät eingebaut und der Motor gestartet (t = 4 min). In Abhängigkeit vom ausgebildeten Potential (kationisch oder anionisch) wird das Titriermittel ausgewählt. Bei anionischer Probe wird Poly-DADMAC und bei kationischer Probe Pes-Na als Titriermittel verwendet. Nach 7 min wird die Titration über die PCD-Software gestartet. Das bis zum Ladungsneutralpunkt verbrauchte Volumen an Titriermittel wird notiert und die spezifische Ladungsmenge berechnet.

Auswertung

$q = V \cdot c$	mit	q	Gesamtladungsmenge [mol]	
		V	Volumen des verbrauchten Titrationsmittels [l]	
		c	Konzentration des Titrationsmittels [mol/l]	
$Q = q \cdot F$	mit	Q	Gesamtladungsmenge [C]	
		F	Faraday-Konstante = 96,486 C/mol	
$Q_M = Q / m$	mit	Q_M	Gesamtladungsmenge [C/g]	
		m	Mehleinwaage [g]	[Müller, 1996]

4.3.9 Rohproteinbestimmung in Anlehnung an die Standardmethoden L 06.00-7 und L 17.00-15

Prinzip der Methode und Grundlagen

Der Rohproteingehalt von Mehlen wird mit der Methode nach Kjeldahl über den Stickstoffgehalt bestimmt. Proteine sind die einzigen stickstoffhaltigen, organischen Verbindungen in Mehl. Das Verhältnis von Proteingehalt und Stickstoffgehalt kann als konstant angesehen werden. Die Rohproteinbestimmung wird in Anlehnung an die Standardmethoden L 06.00-7 und L 17.00-15 durchgeführt.

Material

- Bidestilliertes Wasser
- Kjeldahlkatalysatortabletten
- Tashiro-Indikator
- Konz. Schwefelsäure
- Selenreaktionsgemisch nach Wieninger
- Natronlauge
- wässrige Borsäurevorlage
- Wägeschiffchen, aus stickstofffreiem Pergamentpapier
- Kjeldahl-Kolben
- Bürette
- Siedeperlen

Durchführung

Die Proteinbestimmung erfolgt in drei Schritten: Aufschluss, Wasserdampfdestillation und Titration. Für den Aufschluss wird 1 g Mehl auf 1 mg genau abgewogen und in einen Aufschlusskolben überführt. 3 g Selenreaktionsgemisch nach Wieninger werden hinzugefügt und mit dem Mehl vermischt. Es folgen die Zugabe von 20 ml konzentrierter Schwefelsäure und Mischen der Suspension. Die Kochbirne wird aufgesetzt. Es wird 30 – 40 min stark gekocht, bis die Flüssigkeit grünlich ist. Es wird weitere 30 min gekocht. Nach Abkühlen werden 100 ml dest. Wasser zugegeben und die Suspension in einen 1000 ml-Kolben überführt. Es wird viermal mit 50 ml dest. Wasser nachgespült. In einen Erlenmeyerkolben werden 50 ml Schwefelsäure (0,1 N) gefüllt. Dieses wird unter dem Destillationsauslauf platziert. Zur Verhinderung eines Siedeverzuges werden in den Destillationskolben Siedesteine gegeben. 80 ml 33 %ige Natronlauge werden zugesetzt und der Kolben mit der Destillationseinrichtung verbunden. Der Kolben wird solange erhitzt, bis nach 30-45 min ca. 150 – 200 ml Flüssigkeit überdestilliert sind und das Ammoniak vollständig in die Vorlage

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

überführt ist. Für die Titration werden 3 – 5 Tropfen Mischindikator zum Destillat gegeben. Es wird mit 0,1 N Natronlauge bis zum Farbumschlag von violett nach grün titriert.

Auswertung

Die Berechnung des Gesamtstickstoffgehaltes ω_N in g/100g der Probe erfolgt nach der Formel:

$$\omega_N = \frac{\alpha \times 0,14007}{m} \quad \text{mit} \quad \alpha = \text{Verbrauch an 0,1 M Salzsäure-Maßlösung in ml}$$

$m = \text{Einwaage in g}$

Die Berechnung des Rohproteingehaltes ω_E in g/100g erfolgt folgendermaßen:

$$\omega_E = \omega_N \times 5,7$$

(Der Faktor 5,7 ist nach L 15.00-3 in Anlehnung an Weizen und Hartweizen festgelegt)

Für Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit werden in Anlehnung an L 17.00-15 für

Wiederholbarkeit (r) $r = 0,221\text{g}/100\text{g}$; $s(r) = \pm 0,078\text{g}/100\text{g}$
für Vergleichbarkeit (R) $R = 0,507\text{g}/100\text{g}$; $s(R) = \pm 0,179\text{g}/100\text{g}$ angesetzt.

Wird bei der durchgeführten Doppelbestimmung der Wert $r = 0,221\text{g}/100\text{g}$ überschritten, so wird die Analyse in einer weiteren Doppelbestimmung wiederholt.

4.3.10 SDS-Sedimentationswert in Anlehnung an ICC-Standard Nr. 151

Prinzip der Methode und Grundlagen

Bei einem Sedimentationstest wird das Sedimentationsvolumen einer sauren Mehlsuspension bestimmt. Mehl wird mit einer Sedimentationslösung aus SDS (Natriumdodecylsulfat) und Milchsäure versetzt. Die Mehlpartikel quellen auf, wobei Gliadin in Lösung geht. Nur Glutenin ist zur Quellung befähigt, wie durch Eckert et al. (1993) gezeigt werden konnte. Der Grad der Quellung ist von Klebergehalt und –qualität abhängig. SDS bewirkt eine stärkere Quellung als das in der ICC Standard-Methode (Nr. 116/1) verwendete Isopropanol.

Die entstehenden Komplexe weisen eine negative Nettoladung auf. Diese ist proportional zur Molekülgröße und unabhängig von der Ladung des Proteins. Die SDS-Protein-Komplexe stoßen sich ab. Durch Zugabe einer Säure werden die Komplexe neutralisiert. Durch Flockung entstehen größere Partikel, es wird ein Sediment gebildet (Oelofse, 2008). Nur Glutenin ist zur Quellung befähigt, Gliadin geht in Lösung (Eckert, 1993).

Je höher das Sedimentationsvolumen ist, umso besser ist die Backfähigkeit einer Weizensorte (Eckert, 1993).

Material

- Bidestilliertes Wasser
- Milchsäure-Stammlösung
Aus ICC Nr. 116/1 (250 ml 85%iger Milchsäure, p.a. werden mit destilliertem Wasser auf 1 l aufgefüllt. Die verdünnte Säure lässt man 6 Stunden am Rückflusskühler kochen.)
- SDS reinst (Dodecylsulfat-Natriumsalz bzw. Natriumdodecylsulfat, sodium dodecyl sulfate)
- Sedimentationslösung
20 g SDS werden in bidest. Wasser gelöst, mit 3 ml Milchsäure-Stammlösung gemischt und mit bidest. Wasser auf 1000 ml aufgefüllt. Die Konzentration an SDS beträgt 2 %, die Konzentration an Milchsäure ~ 0,01 mol/l.

Durchführung

5,00 g Mehl, korrigiert auf 14 % Feuchtigkeit (Gleichung 1), werden abgewogen und in einen 100 ml-Messzylinder überführt. 50 ml bidest. Wasser werden hinzugefügt und gleichzeitig eine Stoppuhr, gestellt auf 5 min, gestartet. Das Mehl wird vollständig suspendiert. Hierzu wird der Zylinder fest verschlossen und waagrecht zwölfmal innerhalb von 5 s über 18 cm Entfernung nach links und rechts geschüttelt. Der Zylinder wird auf den Schüttelapparat gebracht.

Sobald die Zeit abgelaufen ist, wird die Stoppuhr sofort neu gestartet (5 min). Der Zylinder wird vom Schüttelapparat entnommen. Es werden 50 ml SDS-Lösung in den Zylinder gefüllt, dieser wieder fest verschlossen und auf den Schüttelapparat gestellt.

Nach Ablauf der 5 min wird der Zylinder vom Schüttelapparat genommen und bewegungsfrei aufgestellt. Mit dem Zeitpunkt des Aufstellens des Zylinders wird eine Stoppuhr (von 0 s an) gestartet.

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Nach genau 5 min, 10 min, 15 min und 20 min wird das Volumen des Mehlsediments abgelesen, wobei die Nachkommastelle geschätzt wird. Zum genaueren Erkennen der Sedimentgrenze im Zylinder dient eine Taschenlampe. Der SDS-Sedimentationswert entspricht dem nach 20 min Stehzeit abgelesenen Volumen. Es erfolgt eine Doppelbestimmung.

$$\text{Korrigierte Einwaage} = 5,0 \text{ g} \cdot \frac{(100 \% - 14 \%)}{(100 \% - \text{Mehlfeuchte})} \quad (\text{Gleichung 1})$$

Auswertung

Die Angabe des SDS-Sedimentationswertes erfolgt mit einer Nachkommastelle. Bei einer Standardabweichung der zwei Messwerte > 1,0 ml wird die Messung wiederholt.

Der SDS-Sedimentationswert kann in Bezug auf 5 g Mehl angegeben oder auf 1 g umgerechnet werden.

4.3.11 Partikelgrößenmessung

Prinzip der Methode und Grundlagen

Es wird die Größe der einzelnen Mehlkörner mittels Laserbeugung gemessen. Dabei durchleuchtet ein Laser die zu untersuchenden Partikel (Mehlpartikel). Dadurch wird der Laser gebeugt und es entsteht eine charakteristische Intensitätsverteilung. Bei dem Trockenverfahren wird das Probenmaterial mithilfe eines Luftstroms durch die Messzelle geleitet und wieder abtransportiert.

Material

- Mastersizer

Durchführung

Stromleister, Mastersizer und PC anschalten und Druckluftzufuhr öffnen. Nach einer 15 minütigen Aufwärmphase ist der Mastersizer betriebsbereit. In den Messeinstellungen wird die Messdauer auf 45 gestellt. Es werden dabei 45000 in der eigentlichen Messungen gemacht. Für die Messung des Hintergrundrauschens 450000. Desweiteren befinden sich die Messgrenzen der feed rate zwischen 0,60% und 5,00%.

Vor jeder Messung muss das Hintergrundrauschen gemessen werden. Bei der Messung des Hintergrundrauschens muss der Airflow (grüner Balken) ganz rechts sein, dann kann die Messung gestartet werden. Ist diese erfolgreich, kann vier Löffel des Mehles in die Probenvorrichtung gegeben werden. Die feed rate, mit der die Probe dem Luftstrom (airflow) zugeführt wird (blauer Balken), sollte in der Mitte des grünen Bereichs sein, aber die 5% nicht übersteigen.

Auswertung

Die Messungen werden grafisch aufgetragen. Gemessen wird in μm .

4.3.12 Mikro-Backversuche V1 und V2 nach ttz-BILB-Methode

Prinzip der Methode und Grundlagen

Innerhalb des Projektes wurde ein Mikrobackversuch für Emmer-Mehle innerhalb einer Studentearbeit entwickelt. In dieser Arbeit wird die Entwicklung des Testes dargestellt. Dieser Mikro-Backversuche wird als V1 bezeichnet. Im weiteren Verlauf des Projektes wurde dieser Test auf Basis der Erkenntnisse aus dem ersten Versuchsjahr adaptiert und als V2 bezeichnet. Im V2 sind sowohl Teigtemperatur als auch mechanischer Energieeintrag deutlich reduziert worden. Somit konnten die Gebäckqualitäten deutlich gesteigert werden.

Mit Hilfe eines Backversuches, welcher immer mit demselben Vorgehen durchgeführt wird, kann die Backfähigkeit eines Mehles bestimmt werden. Für Weizenmehlen existieren Standardbackversuchsvorschriften in denen das Vorgehen und die zu verwendenden Gerätschaften genau festgelegt und beschrieben sind. Anhand der Analyse des Gebäckvolumens kann dann auf die Backfähigkeit eines Mehles geschlossen werden. In diesem Projekt wurden zwei Mikrobackversuche (speziell auf die Eigenheiten von Emmermehlen angepasst) entwickelt.

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

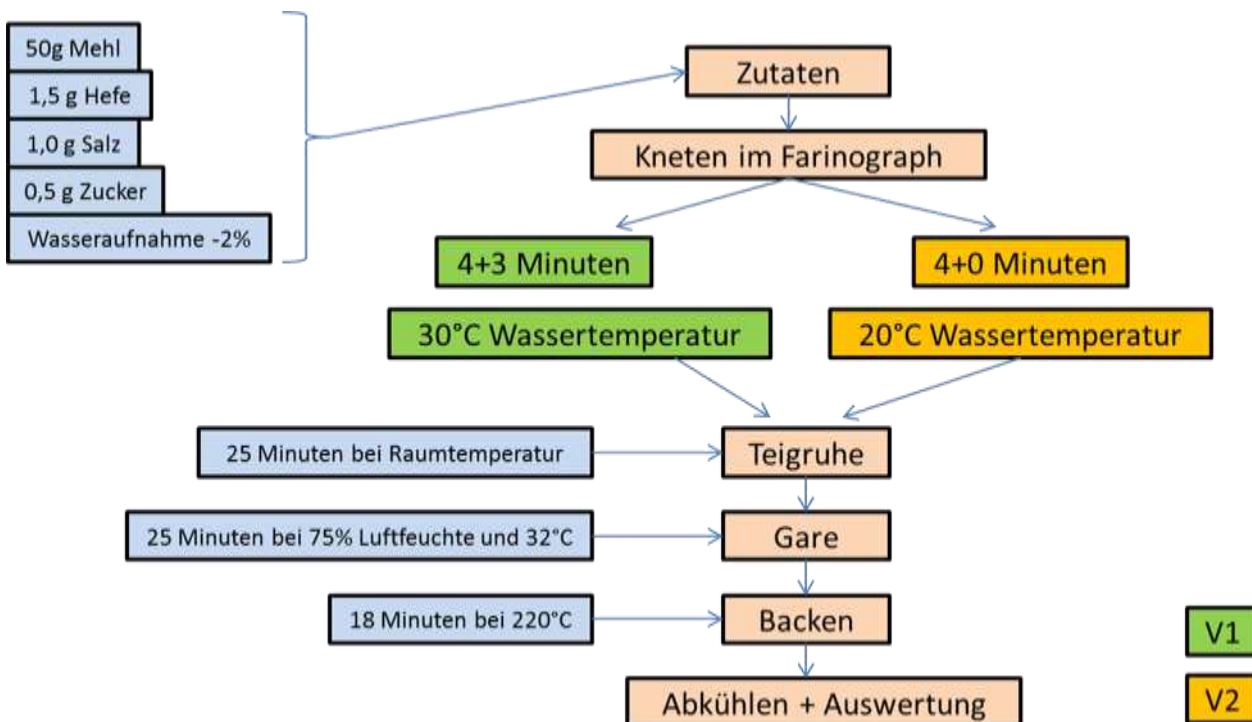
Es wurde bewusst auf die Zugabe von stabilisierenden Zutaten (z.B. Ascorbinsäure via Acerolakirschlorpulver) verzichtet. Dieser Backversuch soll die grundlegende Backfähigkeit einer Sorte wiedergeben und dient nicht zur Herstellung optimal ausgeprägter Gebäckqualität.

Material

- Farinograph 50 g - Knetter (Brabender)
- Waage (Genauigkeit +/- 0,05 g)
- MIWE Aeromat (Gärschrank und Backofen)

Durchführung

Die Durchführung der Mikrobackversuche ist in Grafik 4.3.3 als Fließschema dargestellt.



Grafik 4.3.3: Fließschema der Backversuche V1 und V2

Auswertung

Die Auswertung der Backversuche bzw. der Gebäcke erfolgt mit den in den Kapiteln 4.3.13, 4.3.14 und 4.3.15 beschriebenen Methoden.

4.3.13 Charakterisierung der Backfähigkeit von Mehlen durch Bestimmung des spezifischen Volumens von Gebäcken mit Hilfe des Volscan-Profilers von Stable Micro Systems

Prinzip der Methode und Grundlagen

Das spezifische Volumen von Backwaren wie Brot und Brötchen, kann mit Hilfe eines kontaktfreien laserbasierten Scanners ermittelt werden. Dieser Scanner (Volscan-Profiler) kann das Volumen der Backwaren bis zu einer maximalen Höhe von 600mm und einem Durchmesser von 380mm messen. Zeitgleich wird die Probe gewogen.

Material

- Volscan-Profiler von Stable Micro Systems

Durchführung

Probe in Messhalterung einsetzen und Messung starten. Der Volscan-Profiler misst Masse und Volumen der Probe und gibt die Daten aus.

Auswertung

Die Software des Gerätes gibt automatisch die Kenndaten (u.a. Höhe und Breite des Gebäckes) an und berechnet nach Gleichung 1 das spezifische Volumen des Gebäckes.

$$\text{Spezifisches Volumen in ml/g} = \frac{\text{Volumen in ml}}{\text{Masse kastenbrot in g}} \quad \text{Gleichung 1}$$

4.3.14 Charakterisierung von Gebäcken durch Bestimmung des Verhältnisses von Höhe zu Breite eines Gebäckes nach ttz-BILB-Methode

Prinzip der Methode und Grundlagen

Die Backfähigkeit eines Mehles wird in der Regel über das spezifische Volumen des aus dem Mehl hergestellten Gebäckes bestimmt (vgl. Kapitel 4.3.13). Das spezifische Volumen sagt jedoch bei freigeschobenen Produkten (ohne Kasten) weniger **über die „Qualität“ des Gebäckes aus. Entscheidend für die Qualität eines** solchen Gebäckes ist auch, ob das Gebäck breit gelaufen ist oder nicht. Um Kennzahlen für die Qualität der Gebäcke zu generieren, wird deshalb eine Verhältniszahl aus Höhe und Breite eines Gebäckes gebildet. Es handelt sich um eine interne ttz-Methode.

Material

- Volscan-Profiler
- Messschieber

Durchführung

Die maximale Höhe und maximale Breite eines Gebäckes wird mit Hilfe eines Messschiebers ermittelt und der Quotient Höhe / Breite berechnet. Diese Vorgehensweise wurde in der Analysenphase 2012 genutzt. In der Analysenphase 2013 wurden die Werte für die maximale Höhe und maximale Breite aus den Messwerten, die der Volscan-Profiler liefert, entnommen und ebenso der Quotient Höhe / Breite gebildet.

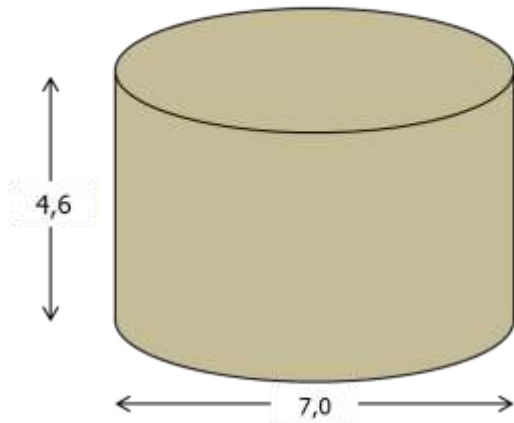
Auswertung

Eine grafische Übersicht zur Ermittlung der Verhältniszahl Höhe / Breite ist in Grafik 4.3.4 dargestellt. Je kleiner die Verhältniszahl ist, desto flacher ist das Gebäck und damit auch desto schlechter ist die Backfähigkeit des Mehles.

Definition Verhältniszahl:

Höhe / Breite

$$VZ_B = 4,6 \text{ zu } 7,0 \text{ cm} = 0,66$$



Je kleiner die VZ, desto flacher das Gebäck

Grafik 4.3.4: Grafische Darstellung zur Bestimmung der Verhältniszahl von Höhe / Breite eines Gebäckes

4.3.15 Charakterisierung von Gebäcken durch Bestimmung der Porenverteilung in der Gebäckkrume mit Hilfe des C-Cell Imaging Systems von Calibre Control International

Prinzip der Methode und Grundlagen

Die Bestimmung der Porenverteilung in der Gebäckkrume wird in einem C-Cell-Analyzer durchgeführt. Durch sensorische Methoden ist keine objektive Beurteilung der Krumenstruktur sichergestellt. Mit Hilfe einer optischen, digitalen Bilderfassungsmethode ist es möglich Gebäckstrukturen und Formen von ganzen Gebäckscheiben zu analysieren. Durch diese Art der Gebäckbeurteilung erhält man neuartige Informationen über die Wirkungsweise von Rohstoffen und den Herstellungsprozess der Gebäcke bzw. unter welchen Umständen diese produziert wurden. Es handelt sich hiermit um eine objektive und vergleichbare Messung der Produktqualität.

C-Cell zeigt die Reflektion der Produkte auf einer Helligkeitsskala von 0 bis 255. Schwarz entspricht der Helligkeit 0. Eine Referenz ist definiert durch die Graukalibrierungskarte mit einem spezifischen Helligkeitswert.

Das C-Cell Imaging System erstellt eine digitale Aufnahme des Gebäckausschnittes bzw. der Brotscheibe. Diese Bildaufnahme dient der visuellen Information der Zellstruktur und Form. Die Daten sind zu speichern und können jederzeit zu vergleichenden Analysen herangezogen werden. Analyseparameter sind Gebäckabmessungen, Helligkeit, Form, Zell-/ Porenstruktur und Form.

Die Parameter dienen zur Beurteilung der Gebäckstruktur, Krumenfarbe und Gebäckform.

Material

- Calibre Control International C-Cell Imaging System
- Gebäckschneidevorrichtung zur Bereitung der Gebäckscheiben

Durchführung

Für die exakte Analyse ist es nötig vor der Messung zu kalibrieren. Das Kalibrieren dient der optimalen Einstellung der **konstanten Helligkeit**. Hierzu wird eine Standard „Graukarte“ durch die Kamera erfasst und gemessen.

Das zu messende Gebäck, bzw. eine Scheibe eines Brötchens aus dem Mikrobackversuch (ca. 1,5 cm dick), wird auf den Probenträger gelegt. Diese Schublade wird geschlossen und platziert so die zu messende Scheibe unter die Kamera. Das Bild wird erstellt und kann jetzt entsprechend gespeichert werden. Durch Anwahl der Bildanalyse werden alle relevanten Parameter berechnet und ausgewertet.

Auswertung

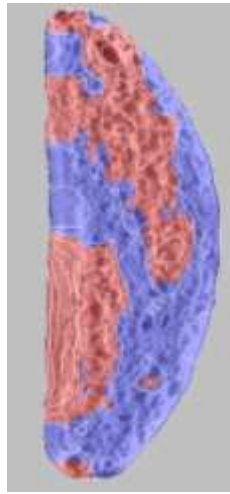
C-Cell Messungen eignen sich zur vergleichenden Beurteilung von Gebäcken und Broten mit Zellstrukturen. Besonders geeignet ist diese Methode z.B. für Toast oder Sandwichbrote die sich durch eine gleichmäßige Krumenstruktur auszeichnen.

Am Beispiel von Kastenweissbrot können folgende Aspekte gemessen werden:

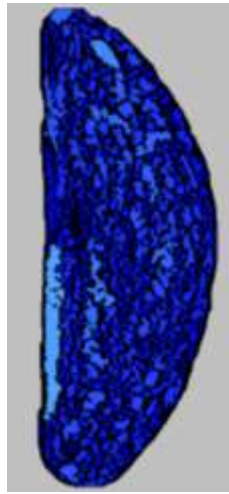
Messung der Scheibendimension bzw. Form z.B. zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Form für die entsprechende Verpackung oder zur Beurteilung des Einfallens der Brote. Messung der Porenzahl, Krumenhöhlräume, Porenfläche und Porenwanddicke dienen zur Beurteilung der ausgebildeten Krumenstruktur und damit auch die Beurteilung der Gasblasenstabilisierung (Grenzflächenstabilisierung). Die Visualisierung der groben und feinen Porenverteilung der Krume. Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf den Herstellungsprozess auf die Gasblasenstabilisierung (Grenzflächenstabilisierung) der Teige ziehen z.B. Formung oder Inhaltsstoffe. Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Aspekte der Bildauswertung. Diese Parameter dienen auch zur Abschätzung der Esseigenschaften bezüglich des Kauverhaltens.



Grafik 4.3.5: Foto einer Gebäckscheibe zur weiteren Beurteilung



Grafik 4.3.6: Ermittlung des Porenvolumens



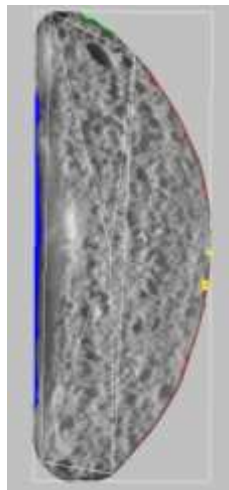
Grafik 4.3.7: Ermittlung der Krumenstruktur und Anzahl der Krumenlöcher



Grafik 4.3.8: Ermittlung der Porenausrichtung



Grafik 4.3.9: Ermittlung der Krumenfarbe



Grafik 4.3.10: Ermittlung der Gebäckform

4.3.16 Charakterisierung der Teigkonsistenz durch einen Mikro-Zugversuch nach Kieffer

Prinzip der Methode und Grundlagen

Die Charakterisierung der rheologischen Teigeigenschaften, erfolgt durch die Bestimmung der elastischen und plastischen Teigeigenschaften. Hierfür werden Zug-Kraft-Messungen mit einer Zwick Materialprüfmaschine auf Basis eines Mikrozugversuches durchgeführt (Kieffer 1981).

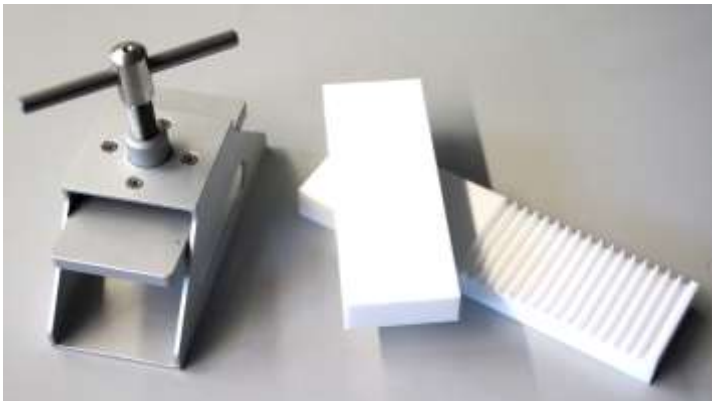
Material

- Zwicki-line Materialprüfmaschine
- Messvorrichtung für Mikrozugversuch mit Zubehör
- Trockenschrank 30 °C
- Farinograph (Teigherstellung)

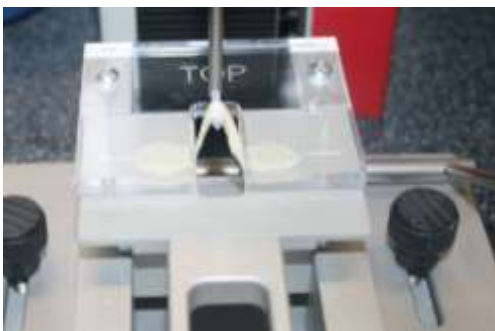
Durchführung

Der Teig für die Untersuchung der Teigkonsistenz wird im 50 g-Knetter des Farinographen hergestellt. Für einen Teig werden 50 g Mehl eingesetzt. Von der ermittelten Wasseraufnahmefähigkeit des Mehles werden 7 % abgezogen und zur Teigbereitung zugegeben. Zusätzlich wird dem Mehl 1 g Salz (2 % auf Mehl bezogen) zugegeben. Nach dem Kneten des Teiges werden ca. 50 g in einer kleinen Schüssel für 30 min bei 30 °C ruhen gelassen. Danach werden 50 g +/- 1 g eingewogen und im Extensograph rund und lang gewirkt. Der Teigstrang wird dann in die PTFE-Form für den Mikrozugversuch (s. Grafik 4.3.11) gepresst.

Diese Form wird für 20 min wieder bei 30 °C temperiert. Anschließend werden die Teigstreifen nacheinander aus der Form genommen und mit der Mikrozugvorrichtung der Zwicki-Line Materialprüfmaschine gemessen (siehe Grafik 4.3.12).



Grafik 4.3.11: PTFE-Form und Schraubzwinde zur Herstellung von Teigstreifen für den Mikrozugversuch



Grafik 4.3.12: Mikrozugvorrichtung mit gezogenem Teigstreifen

Auswertung

Ähnlich wie beim Extensogramm werden Kraft-Weg-Kurven aufgenommen. Aus diesen werden charakteristische Größen entnommen. Die charakteristischen Größen sind Kraft bei einer Teigdehnung von 20 mm (F_{20} [N]), maximale Kraft (F_{\max} [N]) und Dehnung, bei der die maximale Kraft erreicht wird (lF_{\max} [mm]). Ausreiser werden durch einen Grubbs-Test aussortiert. Dann werden Mittelwert gebildet und die Fehlerindikatoren berechnet (Vertrauensbereich 95%).

5. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

5.1 Feldversuche auf agronomische Eignung verschiedener Emmersorten

Der ungewöhnlich starke Frost in der ersten Februarhälfte 2012 schädigte die Versuche in SHA12 und KWS12 derart, dass eine weitere Auswertung unmöglich wurde. Ein starkes Gewitter mit Hagel im Juli zerstörte zudem den Versuch KLH12. Somit konnte im ersten Versuchsjahr nur der Ort SIR12 regulär geerntet und ausgewertet werden. Alle anderen Versuche im Jahr 2012/13 und 2013/14 wurden aber erfolgreich ausgeführt. Die Einzelortanalyse ergab gute bis sehr gute Versuchsqualitäten an allen Orten. So standen für die agronomische Gesamtauswertung des Projektes die Ergebnisse von 8 ökologisch und 7 konventionell bewirtschafteten Feldern zur Verfügung – eine bisher weltweit einmalig exzellente Datenbasis im Emmer.

Für neun Merkmale konnten wichtige statistische Werte wie die Verteilung der Genotypen, die Varianzkomponenten und die Heritabilität geschätzt werden für die konventionelle (Tabelle 5.1.1) sowie die ökologische Bewirtschaftungsweise (Tabelle 5.1.2). So schwankte der Ertrag der 47 Emmersorten zwischen 20,22 – 54,89 dt/ha in der konventionellen Bewirtschaftungsweise was zu einer hoch signifikanten und großen genetischen Varianz von $\sigma^2_G = 37,66^{***}$ führte. Dahingegen war der Ertrag in der ökologischen Bewirtschaftungsweise doch knapp 10 % geringer (Tab. 5.1.2). Dieser Unterschied schlug sich auch in der Wuchshöhe nieder, die Emmer waren unter konventioneller Bewirtschaftung im Schnitt 7 cm höher. Beim Rest der Merkmale wurden aber ähnliche Merkmalswerte zwischen beiden Anbaualternativen festgestellt. Für alle Merkmale konnten große und signifikante genetische Varianzen festgestellt werden, einer der Grundvoraussetzungen erfolgreicher Pflanzenzüchtung.

Für alle Merkmale wurden zudem signifikante und zum Teil sehr große Varianzen der Genotyp x Umweltinteraktion (σ^2_{GxE}) festgestellt. Das bedeutet, dass die einzelnen Emmersorten sehr unterschiedlich auf die einzelnen Ortsbedingungen reagiert haben und die Sortenrankierungen an den einzelnen Orten zum Teil erheblich verschieden waren. Dies ist bekannt von anderen Getreidearten und zeigt deutlich die Notwendigkeit mehrortiger Feldversuche und Qualitätsanalysen zur korrekten Einschätzung des Anbau-Potentials der einzelnen Sorten.

Tabelle 5.1.1: *Ergebnisse der Serienanalyse über 7 konventionelle Orte der 47 Emmersorten (σ^2_G = genetische Varianz, σ^2_{GxE} = Varianz der Genotyp x Umweltinteraktion, σ^2_e = Fehlervarianz, h^2 = Heritabilität, LSD = least significant difference at 0.05 probability level)*

	Ertrag	Lager	Ährenschieben	Höhe	Blattflecken	Gelbrost	Protein	SDS	B-Wert
min	20,22	3,15	149,01	120,17	1,99	2,17	10,83	15,16	12,25
mean	43,97	5,74	153,82	140,23	3,08	4,76	12,47	27,36	15,85
max	54,89	7,09	158,06	157,72	4,02	7,62	14,74	37,81	17,73
σ^2_G	37,66***	0,87***	3,62***	69,26***	0,16***	1,62***	0,77***	14,50***	0,98***
σ^2_{GxE}	18,89***	0,6***	1,17***	14,35***	0,26***	0,29***	0,21***	4,83*	0,37***
σ^2_e	14,71	0,75	0,46	16,14	0,39	0,37	0,17	10,12	0,12
h^2	87,43	81,42	86,78	92,85	52,56	92,75	81,4	72,13	79,55
LSD	6,63	1,28	2,2	6,57	1,16	1,01	0,47	5,92	0,91

*, *** statistisch signifikant mit einem Wahrscheinlichkeitsniveau von 0,05 bzw. 0,001

Tabelle 5.1.2: *Ergebnisse der Serienanalyse über 8 ökologische Orte der 47 Emmersorten (σ^2_G = genetische Varianz, σ^2_{GxE} = Varianz der Genotyp x Umweltinteraktion, σ^2_e = Fehlervarianz, h^2 = Heritabilität, LSD = least significant difference at 0.05 probability level).*

	Ertrag	Lager	Ährenschieben	Höhe	Blattflecken	Gelbrost	Protein	SDS	B-Wert
min	16,42	2,07	155,38	114,21	1,84	2,87	11,26	14,03	12,54
mean	32,36	3,98	162,19	130,34	2,91	4,9	12,62	23,88	16,48
max	41,83	6,24	168,79	150,76	3,71	7,47	15,53	38,5	17,96
σ^2_G	23,44***	0,76***	6,79**	54,12***	0,15*	1,44***	0,54***	22,02***	1,10***

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

$\sigma^2_{G \times E}$	14,79***	0,8***	5,04***	11,83***	0,45***	0,57***	0,55***	1,19	0,33***
σ^2_e	13,05	1,39	1,95	20,16	0,32	0,27	0,15	8,35	0,22
h^2	85,02	69,49	50,73	91,28	44,18	79,79	71,08	86,17	87,32
LSD	5,79	4,67	NA	6,49	1,34	1,68	1,33	4,71	1,13

*, **, *** statistisch signifikant mit einem Wahrscheinlichkeitsniveau von 0,05, 0,01 bzw. 0,001

Die Heritabilitäten waren für die einzelnen Merkmale erwartungsgemäß sehr verschieden. So wurde für das Merkmal Befall mit Blattfleckenkrankheit nur eine Heritabilität um 50% in beiden Bewirtschaftungsweisen festgestellt, während bei der Wuchshöhe die Heritabilität über 90 % lag. Die Unterschiede zwischen beiden Bewirtschaftungsweisen lassen sich einerseits durch unterschiedliche Ortszahlen in den Behandlungsalternativen (z.B. Gelbrost, Ährenschieben, vgl. Tabelle 4.1.2) sowie eine geringere Merkmalsausprägung und somit geringerer genetischer Varianz wegen kürzerer Wuchshöhe (Lager) in der ökologischen Bewirtschaftungsweise erklären.

Die phänotypischen Korrelationen zwischen beiden Anbaualternativen waren für alle Merkmale statistisch signifikant und sehr groß (Tab. 5.1.3). So wurde für den Ertrag eine Korrelation von 0,9*** zwischen der konventionellen und der ökologischen Bewirtschaftungsweise festgestellt. Ähnlich hohe Korrelationen wurden für die Merkmale Wuchshöhe, Gelbrost, Proteingehalt und B-Wert festgestellt. Das Merkmal Resistenz gegenüber *Tilletia caries* wurde in einem Spezialversuch festgestellt und Frostschaden trat 2012 nur an zwei Ökoorten auf. Insofern kann für diese Merkmale kein Vergleich öko versuch konventionell angestellt werden.

Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Merkmalen waren in beiden Anbaualternativen ähnlich. So wurde die von anderen Getreidearten bekannte negative Korrelation zwischen Ertrag und Proteingehalt unter beiden Bewirtschaftungsweisen festgestellt (Tab. 5.1.3). Gelbrost ist eine sehr Ertragsrelevante Krankheit, was durch die signifikante negative Korrelation zwischen Ertrag und Gelbrostbefall klar auch für Emmer belegt werden konnte. Zudem wurde eine signifikante negative Korrelation zwischen Ertrag und Ährenschieben festgestellt. Dies ist überraschend, da im verwandten Weichweizen genau das Gegenteil der Fall ist (cf. Longin et al. 2013).

Tabelle 5.1.3: Phänotypische Korrelationen zwischen beiden Behandlungsvarianten (diagonale, Blau) bzw. zwischen den einzelnen Merkmalen in der konventionellen (oberhalb der Diagonale) und der ökologischen Bewirtschaftungsweise (unterhalb der Diagonale).

	Ertrag	Lager	Ährenschieben	Höhe	Blattflecken	Gelbrost	Protein	SDS	B-Wert	T.caries	Frosthärte
Ertrag	0,90***	0.05	-0,47***	0.17	-0.08	-0,54***	-0,65***	0.13	-0,31*	0.01	0.25
Lager	0.02	0,57***	0.01	0,39*	-0.2	0.01	-0.25	0.01	0.02	0.2	-0.27
Ährenschieben	-0,42*	-0.19	0,81***	0.04	-0.09	0.01	0,31*	-0.24	0.28	-0.17	-0.16
Höhe	0.11	0.28	0.02	0,93***	-0.26	0.12	-0.23	0.18	0,38*	0,32*	-0,72***
Blattflecken	-0.19	-0.02	0.06	-0,54***	0,67***	-0.11	0,33*	-0.24	0.06	0	0.35
Gelbrost	-0,47**	0.26	-0.25	0.13	-0.02	0,94***	-0.08	0.15	0.26	-0.03	-0,45*
Protein	-0,55***	-0,42**	0,49**	-0.25	0,38*	-0.14	0,89***	0.07	0.25	0.29	0.18
SDS	-0.07	-0.01	-0.03	0.25	-0.22	0.04	0.27	0,76***	0.12	0.23	-0,40*
B-Wert	-0,40**	0.05	0,45*	0.26	0.07	0.15	0,33*	0.17	0,90***	0.08	-0.32
T.caries	-0.03	0.09	-0.21	0,31*	-0.11	-0.03	0.12	0.29	-0.04	NA	-0.24
Frosthärte	0.22	-0.3	0.05	-0,77***	0,55**	-0.33	0.11	-0,46*	-0.22	-0.24	NA

*, **, *** statistisch signifikant mit einem Wahrscheinlichkeitsniveau von 0,05, 0,01 bzw. 0,001

Höhere Sorten weisen häufig eine bessere Krankheitsresistenz auf, da die Blätter und Ähren weiter voneinander entfernt sind und somit sich Pilzkrankheiten schwieriger ausbreiten können. Dies konnten wir in unserem Versuch nur zum Teil feststellen. So war die Korrelation zwischen Wuchshöhe und Befall mit Blattflecken signifikant negativ unter der ökologischen Bewirtschaftungsweise (-0,54***), aber nicht unter der konventionellen Bewirtschaftungsweise. Gelbrostbefall war sogar unter beiden Anbaualternativen nicht mit Wuchshöhe korreliert. Frostschaden war hoch negativ mit Wuchshöhe korreliert, das bedeutet, dass die kurzen standfesten Sorten weniger winterhart waren als die langen.

Bei den Merkmalskorrelationen ist auch wichtig, dass die Haupt-Merkmale, auf die vor allem selektiert werden sollen, nicht negativ miteinander korrelieren. So war Ertrag zwar negativ mit Rohproteingehalt korreliert, aber nicht mit

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Sedimentationsvolumen, Lager, Wuchshöhe und Resistenz gegenüber *Tilletia caries*. Das bedeutet, dass eine gleichzeitige Verbesserung aller dieser Merkmale geht mit Ausnahme des Proteingehaltes.

Um das Anbaupotential und –risiko von Emmer abschätzen zu können, haben wir parallel zum Emmerversuch an jedem Einzelort auch einen kleinen Ertragsversuch mit den bekanntesten Dinkel- und Weizensorten des ökologischen Landbaues gemacht (Tab. 5.1.4). Der Vergleich der Arten fiel unter beiden Anbaualternativen ähnlich aus. Die besten Emmersorten hatten erwartungsgemäß einen niedrigeren Ertrag als die Dinkel- und Weizensorten. Die Wuchshöhen bei Emmer waren zudem höher. Allerdings war die alte aber sehr populäre Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn von ähnlicher Wuchshöhe wie der Emmer. Emmer hatte ähnlich dem Dinkel einen höheren Rohproteingehalt als Weizen aber einen deutlich niedrigeres Sedimentationsvolumen. Der B-Wert war bei Emmer aber erheblich größer als bei Dinkel und Weizen.

Tabelle 5.1.4: Adjustierte Mittelwerte aus den Versuchsserien für bekannte Emmersorten im Vergleich zu sehr bekannten Weizen- und Dinkelsorten des ökologischen Landbaus (Beachte: Ertrag bei Dinkel und Emmer wurde als Vesengewicht genommen, während beim freidreschenden Weizen es das Körnergewicht darstellt; im Vergleich zum Weizen müssen bei Dinkel und Emmer also ca. 30% des Ertrages noch abgezogen werden, um zum Korngewicht zu gelangen).

Genotyp	Art	Konventionell					Öko				
		Ertrag	Höhe	Protein	SDS	B-Wert	Ertrag	Höhe	Protein	SDS	B-Wert
Franckenkorn	Dinkel	61,79	113,76	11,99	46,67	11,60	52,40	107,29	12,26	41,86	11,85
Oberkulmer	Dinkel	50,48	142,51	14,36	56,27	13,02	42,85	130,46	12,85	42,99	12,48
Zollernspelz	Dinkel	62,52	108,62	12,69	57,42	12,50	52,48	101,08	11,76	47,64	12,61
Bussard	Weizen	52,75	100,43	10,02	63,40	12,14	47,35	93,96	10,28	70,27	12,79
Naturastar	Weizen	53,35	98,76	10,47	62,97	12,60	44,99	91,87	10,36	61,14	13,32
HeuholzerKolben	Emmer	40,22	128,49	11,54	27,69	13,81	35,37	125,89	11,47	20,34	13,98
MVHeyges	Emmer	34,87	154,21	12,70	32,10	16,84	30,53	150,76	12,35	29,10	17,38
Osiris	Emmer	34,70	136,94	12,46	27,19	17,50	25,41	134,73	13,42	18,59	17,96
Ramses	Emmer	36,76	147,42	12,51	30,33	15,90	31,24	141,33	12,20	28,46	16,37
Teutonia	Emmer	45,72	138,91	11,97	25,00	15,42	40,32	134,87	12,64	19,04	16,48

5.2 Resistenztest gegenüber *Tilletia*-Arten

Der Resistenztest gegenüber *Tilletia caries* mit geändertem Inokulationsprotokoll hat sehr gut funktioniert. Bereits im Frühjahr konnte man eine deutlich verzögerte Entwicklung der befallenen Sorten bemerken. Dahingegen konnten die für eine *Tilletia caries* Infektion typisch sich öffnenden Hüllspelzen mit schwarzer Sporenmassenfüllung überhaupt nicht beobachtet werden. Die Hüllspelzen aller Emmersorten blieben fest verschlossen. Deswegen wurden je Feldparzelle 10 repräsentative Ähren mittels Schere geöffnet und dann der Befall mit schwarzer Sporenmasse bestimmt. Die Einzelortanalyse zeigte für beide Versuchsorte eine hohe Wiederholbarkeit und gute Qualität der Versuche.

*Tabelle 5.2.1: Ergebnisse der Serienanalyse des Resistenztestes gegenüber *Tilletia caries* und der zweifortigen Ergebnisse zu Frosthärte. Beim Resistenztest wurden die Emmersorten einmal als Vesensaatgut und einmal als Körnersaatgut inokuliert und mehrortig auf Resistenz bonitiert (1 = gut, 9 = schlecht; σ^2_G = genetische Varianz, $\sigma^2_{G \times E}$ = Varianz der Genotyp x Umweltinteraktion, σ^2_e = Fehlervarianz, h^2 = Heritabilität, LSD = least significant difference at 0.05 probability level).*

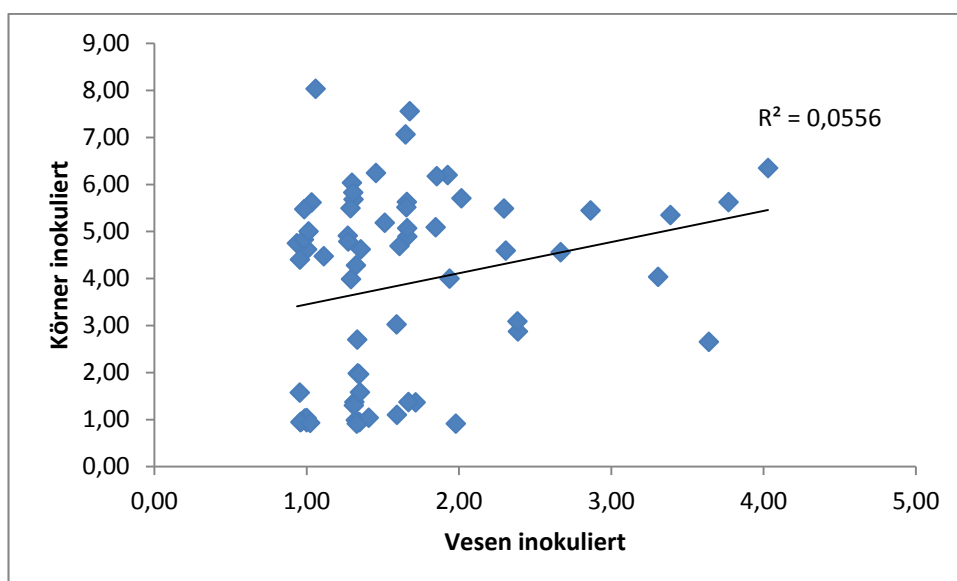
Inokulation von	Krankheitsbefall		Mangel nach Winter		Frosthärte
	Vesen	Körner	Vesen	Körner	
Min	0,94	0,91	1,46	3,89	1,75
Mean	1,64	3,88	3,19	5,93	6,74
Max	4,03	8,04	6,58	7,27	9
σ^2_G	0,29***	3,42***	0,26	0,32***	6,28***
$\sigma^2_{G \times E}$	0,09	0,43	0,38***	0,11	0,93***

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

σ^2_e	0,93	3,33	0,93	0,94	0,5
h^2	0,58	0,82	0,39	0,59	91,44
LSD	1,31	NA	1,81	1,35	2,17

*** statistisch signifikant mit einem Wahrscheinlichkeitsniveau von 0,001

Der Befallsdruck war erheblich höher in der Versuchsvariante, in der Körner inokuliert wurden im Vergleich zur Inokulation von Vesen (Tab. 5.2.1). Dies zeigte sich einerseits in deutlich größeren Mangelerscheinungen nach dem Winter. Andererseits trat in der Variante mit inokulierten Körnern die gesamte Notenskala von völlig gesund (1) bis sehr krank (8) auf, während bei der Variante mit inokulierten Vesen lediglich ein geringer bis mittlerer Befall festgestellt wurde. Dies schlägt sich auch in einer deutlich geringeren genetischen Varianz und Heritabilität in der Variante mit inokulierten Vesen nieder für die Merkmale Krankheitsbefall sowie Mangel nach Winter nieder. Für die Befallswerte der einzelnen Sorten konnte zwischen den Inokulationsvarianten nur ein sehr geringer, statistisch nicht signifikanter Zusammenhang festgestellt werden (*Grafik 5.2.1*).



Grafik 5.2.1: Vergleich der Befallsnoten der 65 Emmersorten für die zwei Saatgutbehandlungen - Inokulation von Vesen versus Inokulation von Körnern (1 = resistent, 9 = völlig krank).

Der Resistenztest gegenüber *Tilletia controversa* wurde erfolgreich im Oktober 2013 auf dem hochgradig belasteten Feld in Hausen ob Urspring angelegt. Trotz Befallsverschärfung mittels Vliesabdeckung war nur ein leichter Befall im Versuch zu sehen. Dieser Befall war zudem im kleinen Versuchsfeld lokal sehr unterschiedlich, was häufig bei bodenbürtigen Erregern festgestellt wird. Trotz des Anbaus mit drei Wiederholungen und spezieller Randomisation konnte keine statistisch haltbare Aussage zu den Sorten erzielt werden. Für zukünftige Versuche auf Resistenz gegenüber *Tilletia controversa* konnten aber wichtige Punkte erarbeitet werden. Die Wahl des Versuchsfeldes ist von zentraler Bedeutung. Es muss ein hochgradig und homogen belastetes Feld ausgewählt werden, was mittels Boden-Sporenanalyse vor dem Versuch abgetestet werden sollte. Zudem erwies sich die Feldbonitur der Krankheit als sehr schwierig, da es zu unterschiedlicher Symptomausprägung kommt. Die bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft empfiehlt deshalb unbedingt den Befall im Versuch mittels Sporenanalyse der geerntete Körner zu machen. Zudem ist wegen der großen Bodenunterschiede von der Verwendung kleiner Parzellen abzuraten.

5.3 Qualitätsbestimmungen

Im Versuchszeitraum des Jahres 2012 wurden wie vorgesehen die durch Uni Hohenheim bereitgestellten Emmer-Sorten (33 Proben) mit den definierten Analysemethoden (ZB 2011) charakterisiert. Zuvor wurden spezielle Methoden an die Probenbeschaffenheit der Emmermehle angepasst. Ein eigens standardisierter Mikro-Backversuch (vorgestellt am 27.02.12 in Stuttgart und ZB 2011) liefert diesbezüglich reproduzierbare Daten (Version 1). Ebenfalls wurde für ausgewählte Proben ein Mikro-Keksbackversuch entwickelt, evaluiert und eingesetzt (Ergebnisse in diesem Bericht nicht vorgestellt; s. Bachelorarbeit Sandra Biller). Folgende Analyse-Methoden kamen zum Einsatz: Aschegehalt (ICC

104), Trockensubstanz (ICC 110/1), Rohprotein (ICC 105/1; Kjeldahl; Faktor 5,7), Glutengehalt und Glutenqualität via Glutomatic Fa. Perten (ICC 137/1, 155, 158), SDS-Sedimentationswert (in Anlehnung an Zeleny und ICC 116/1), α -Amylase via Fallzahl Fa. Perten (ICC 107/1), Stärkeverkleisterung und Enzymaktivität via Visco-Amylogramm (ICC 126/1), **Partikelgrößenbestimmung via Mastersizer 2000, Gärstabilität via „Zylinderstandversuch“ (Hausmethode)**, Gesamtpartikelladung via PCD Fa. BTG (Hausmethode), Wasseraufnahmefähigkeit und Kneteigenschaften via Farinograph, Fa. Brabender, 50g-Z-Knetter (in Anlehnung an ICC 115/1-Farinogramm, 300g-Z-Knetter), Teigzugversuch nach Kieffer modifiziert nach ttz-BILB/EIBT (in Anlehnung an ICC 114/1-Extensogramm) und ein spezifisch weiterentwickelter o.g. Mikrobackversuch für Emmer-Mehle. An ausgewählten Proben wurde eine Proteingrößenbestimmung mittels SDS-Gelelektrophorese (Molmassen) vorgenommen und die analytische Charakterisierung energetischer Veränderung von Stärke während einer Erhitzung mittels DSC (Calorimetrie/ Stärkeverkleisterung alternativ zu Amylo-Viskograph, weitere thermisch induzierte Enthalpieänderungen). (Ergebnisse in diesem Bericht nicht vorgestellt; s. Bachelorarbeit Sandra Biller).

Im Versuchszeitraum des Jahres 2013 wurden wie vorgesehen die durch Uni Hohenheim bereitgestellten Emmer-Sorten (30 Proben), sowie 3 Dinkelsorten und eine Weizensorte mit den definierten, an die Probenbeschaffenheit der Emmermehle angepassten Analysemethoden (ZB 2012) charakterisiert. Die durch Uni Hohenheim vermahlenden Emmer-Sorten wurden direkt nach dem Vermahlungsprozess postalisch an das ttz-BILB/EIBT versendet und dort in Kunststoffgefäßen bei einer Temperatur von 20 °C (+/- 2°C) gelagert. Die Mehle wurden den in 2012 (die Sorten, welche in 2012 und 2013 untersucht werden) für jede Sorte festgelegte Nummer chiffriert. Für Sorten, welche noch nicht in 2012 untersucht wurden, wurde fortlaufend weiter nummeriert. Es wurde eine konstante Lagerungszeit zwischen Mahlprozess und Analysen von 8 Wochen eingehalten.

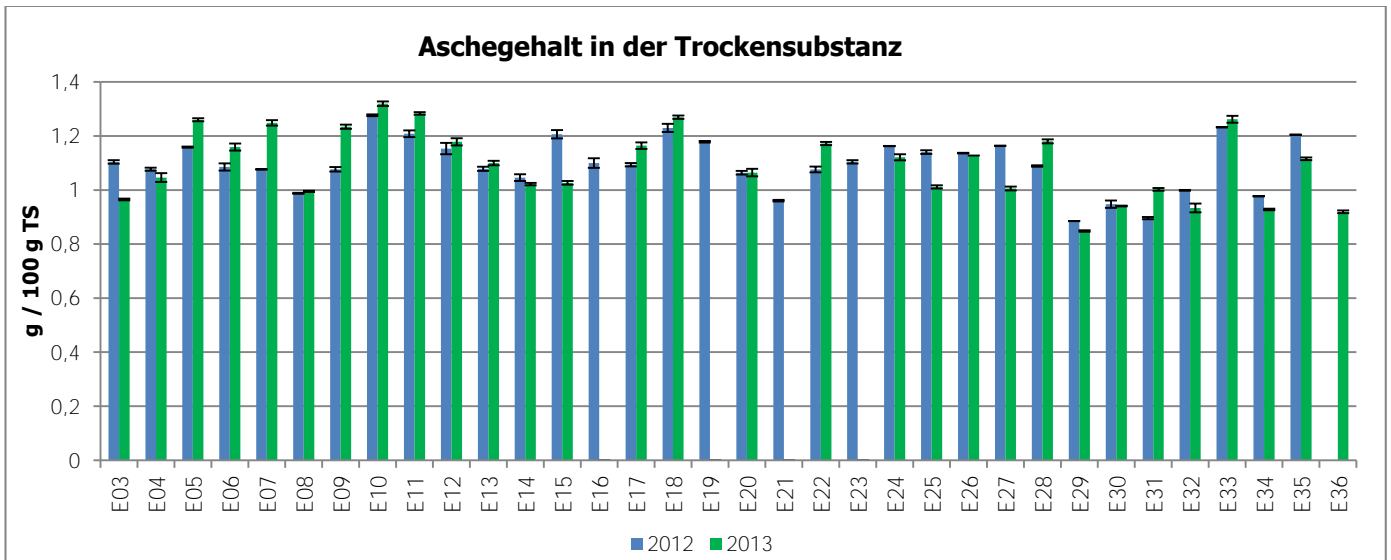
Die in 2012 durchgeführten Analysemethoden Gärkurven und Mikrokeksbackversuch wurden aufgrund wenig aussagekräftiger Differenzierungsmöglichkeiten der Emmermehle in 2013 nicht mehr durchgeführt. Der standardisierte Mikro-Backversuch (vorgestellt am 27.02.12 in Stuttgart und ZB 2011) wurde in der Analysenphase 2013 weiter optimiert bzw. an die Verarbeitungseigenschaften der Emmermehle angepasst. Alle Emmermehlproben der Analysenphase 2013 wurden einerseits mit dem standardisierten Mikrobackversuch, welcher auch in Analysenphase 2012 verwendet wurde, untersucht und andererseits wurde ein Mikrobackversuch mit veränderten Parametern (Wassertemperatur 20°C statt 30°C und 4 min langsames Kneten statt 4 min langsames und 3 min schnelles Kneten) durchgeführt.

Neben den beiden Mikrobackversuchen kamen in der Analysenphase 2013 folgende Analyse-Methoden zum Einsatz: Aschegehalt (ICC 104), Trockensubstanz (ICC 110/1), Rohprotein (ICC 105/1; Kjeldahl; Faktor 5,7), Glutengehalt und Glutenqualität via Glutomatic Fa. Perten (ICC 137/1, 155, 158), SDS-Sedimentationswert (in Anlehnung an Zeleny und ICC 116/1), α -Amylase via Fallzahl Fa. Perten (ICC 107/1), Stärkeverkleisterung und Enzymaktivität via Visco-Amylogramm (ICC 126/1), Partikelgrößenbestimmung via Mastersizer 2000, Gesamtpartikelladung via PCD Fa. BTG (Hausmethode), Wasseraufnahmefähigkeit und Kneteigenschaften via Farinograph, Fa. Brabender, 50g-Z-Knetter (in Anlehnung an ICC 115/1-Farinogramm, 300g-Z-Knetter), Teigzugversuch nach Kieffer modifiziert nach ttz-BILB/EIBT (in Anlehnung an ICC 114/1-Extensogramm).

Alle in den beiden Analysephasen erhaltenen Daten wurden einerseits innerhalb einer Analysenphase / eines Erntejahres korreliert und andererseits wurden die Daten über beide Analysenphasen / Erntejahre korreliert. Damit wurde sichergestellt, dass die Charakterisierungsmethoden nicht zufällig bei einer Ernte mit der Qualität bzw. den Verarbeitungseigenschaften oder Gebäckeeigenschaften von Emmermehlen korrelieren, sondern auch bei verschiedenen durch das Klima beeinflussten Emmermehlqualitäten zur Vorhersagbarkeit der Verarbeitungseigenschaften / Gebäckqualitäten geeignet sind. Nach Auswertung der über zwei Erntejahre gesammelten sortenspezifischen Analysedaten kann eine Bewertung der Analysemethoden erfolgen. Die Korrelationstabelle findet sich im Anhang.

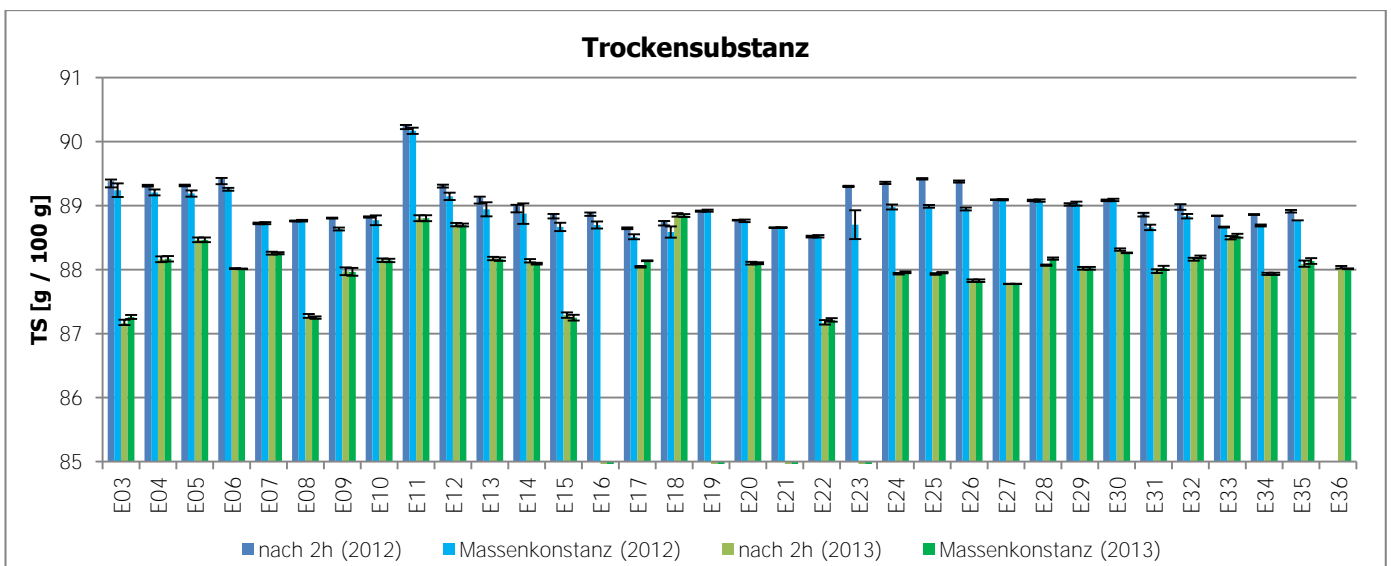
Auf Basis der Analysedaten aus 2012 und 2013 können folgende Feststellungen und Ableitungen formuliert werden:

Der ermittelte Aschegehalt der untersuchten Proben liegt in der Analysenphase 2012 / Erntejahr 2011 zwischen 0,88 und 1,28 g / 100 g TS. In der Analysephase 2013 / Erntejahr 2012 zwischen 0,85 und 1,32 g / 100 g TS. Alle Proben weisen somit in der Analysenphase 2013 vergleichsweise höhere Werte auf als ursprünglich festgelegt. Die ermittelten Aschegehalte der Emmermehle aus den Analysenphasen 2012 und 2013 sind in Grafik 5.3.1 grafisch dargestellt. Der höhere Aschegehalt der unterschiedlichen Proben wird bei der Beurteilung der weiteren qualitätsbewertenden Analysen zu berücksichtigen sein.



Grafik 5.3.1: Aschegehalte verschiedener Emmermehle aus den Analysenphasen 2012 und 2013

Die Trockensubstanzen (TS) der untersuchten Emmermehle sind entsprechend den Daten der Grafik 5.3.2 innerhalb einer Ernte / Analysenphase eher homogen über die Probensequenzen verteilt (Ausnahme E11 / 2012). Bei den Emmermehlen der Ernte 2012 (Analysenphase 2013) werden größerer Unterschiede der Trockensubstanzen innerhalb der Probensequenz festgestellt als bei den Emmermehlen der Ernte 2011 (Analysenphase 2012).

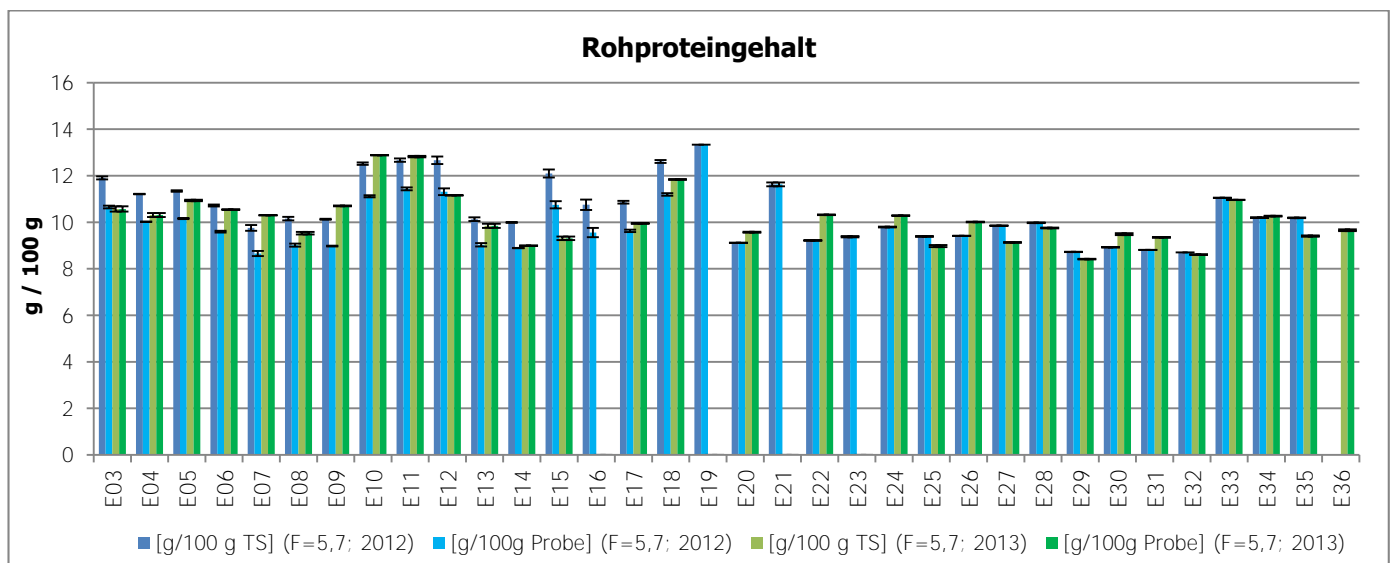


Grafik 5.3.2: Trockensubstanz verschiedener Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Trockensubstanzen der Emmermehle aus Ernte 2011 höher sind als bei den Emmermehlen aus Ernte 2012 (Ausnahme E18). Im Mittel wird bei den Emmermehlen der Ernte 2011 eine TS von 89 % festgestellt, mit Schwankungen von 88,5 bis 90,3 % und bei den Emmermehlen der Ernte 2012 eine TS von 88% mit Schwankungen von 87,2 bis 88,8 %.

Der ermittelte Rohproteingehalt der Proben aus Ernte 2011 (Analysenphase 2012) liegt etwas niedriger als vorliegende Literaturwerte. Die Probensequenz aus Ernte 2011 (Analysenphase 2012) weist einen mittleren Wert von 10,5 g Protein/100 TS mit Minimalwerten von 8,7 und Maximalwerten von 13,3 g/100gTS auf. Die Probensequenz aus Ernte 2012 (Analysenphase 2013) weist einen mittleren Wert von 11,5 g Protein/100 TS mit Minimalwerten von 9,3 und Maximalwerten von 14,6 g/100gTS auf. Die Rohproteingehalte der Emmermehle aus der Ernte 2012 weisen eine deutlich größere Streubreite auf als die Rohproteingehalte der Emmermehle aus 2011. Außerdem sind die Rohproteingehalte der Mehle aus Ernte 2012 im Mittel um 1 g / 100 g TS höher als bei den Mehlen aus der Ernte 2011. Die ermittelten Rohproteingehalte sind in Grafik 5.3.3 dargestellt. Jantsch et al. ermittelten für die Versuchsjahre

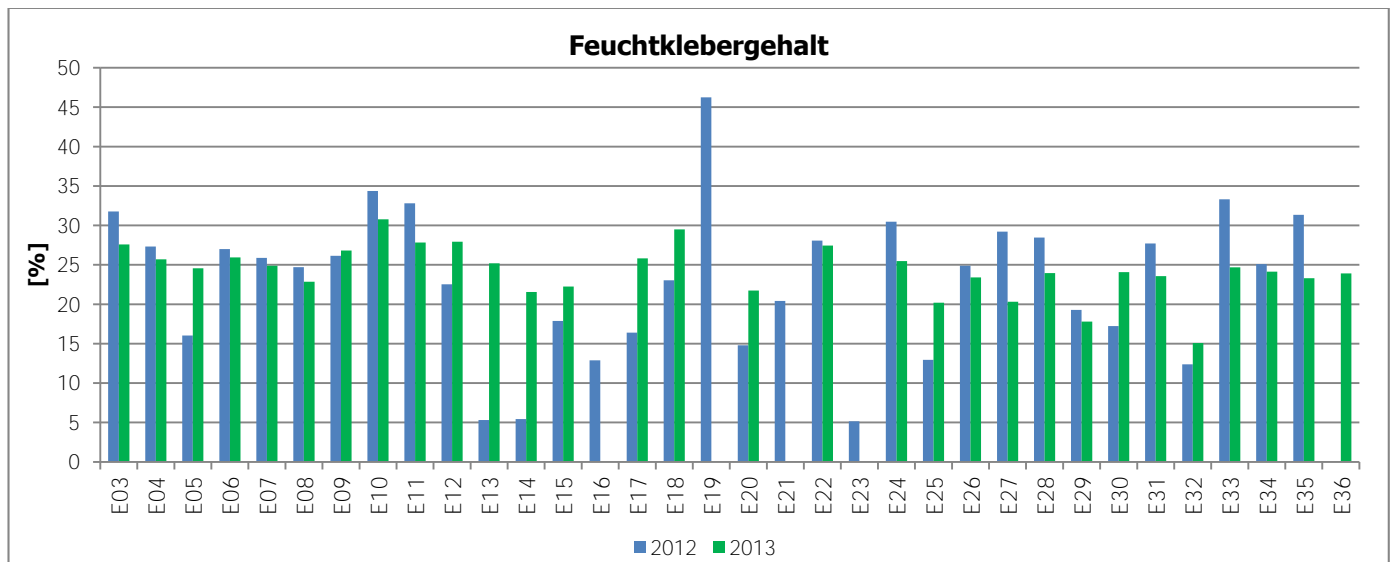
2000 bis 2002 einen mittleren Rohproteingehalt von 12,9g/100gTS (Winterernte 9,8-13,5 g/100gTS, Sommerernte 13,1-15,1 g/100gTS).



Grafik 5.3.3: Rohproteingehalte (g/100g Probe und g/100g Trockensubstanz) verschiedener Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013

Untersuchungen mittels Glutomatic der Fa. Perten (automatisierte Auswaschung) zur Ermittlung von Glutengehalt und Glutenqualität, erweisen sich als eher problematisch. Die Kleberqualitäten der unterschiedlichen Emmersorten zeigen sehr starke Schwankungen in der Glutenstärke und dem daraus abgeleiteten Feuchtklebergehalt. Der Kleber weist insgesamt eine sehr weiche Struktur auf und ist oft schlecht auswaschbar. Die Kohäsivität ist gering. Viele Proben können durch die automatische Auswaschvorrichtung daher nicht fraktioniert werden, da Standardsiebe der Glutomatic (Maschenweite 88µm) verstopften. Für den Analyseblock 2012 wird auf Handauswaschung des Glutens umgestellt (ab E11). Für den Analysenblock in 2013 werden Siebe mit unterschiedlichen Maschenbreiten (z.B. Maschenweite 80µm) und eine Anpassung der Waschparameter (Zeit, Volumen Waschlösung) für die mechanische Auswaschung des Glutens geprüft und bewertet. Jedoch kann auch durch Siebe mit einer anderen Maschenweite keine Verbesserung der Auswaschung erzielt werden und deshalb werden alle Mehle des Analysenblockes 2013 per Hand ausgewaschen. Die Detektion von sehr weichen und eher schlecht auswaschbaren Kleberstrukturen für das Getreide Emmer deckt sich mit Beobachtungen von Jantsch et al. (2002). Diese Autoren beobachteten zudem eine große genotypische Streubreite von nicht auswaschbarem Kleber bis gut ansprechendem Kleber mit Feuchtklebergehalten von über 51 % (Untersuchungszeitraum 2000 bis 2002). Die hier vorliegenden erarbeiteten Werte aus der Ernte 2011 (Analyse in 2012) bestätigen die große Varianz innerhalb der Probensequenz.

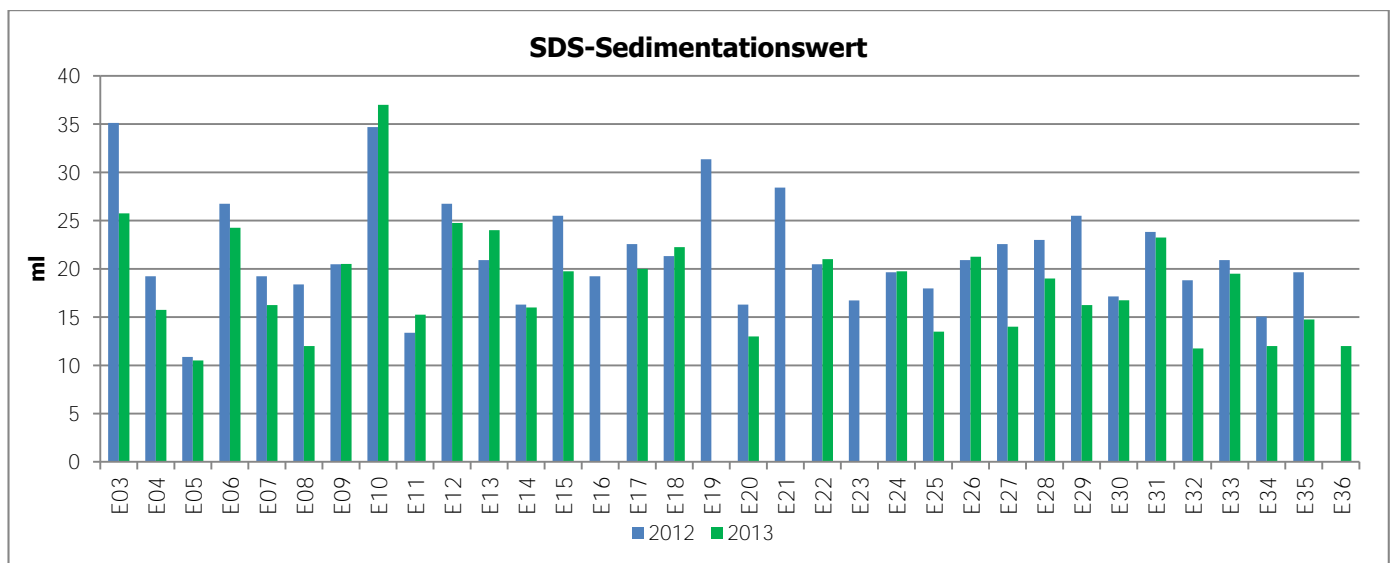
Die ermittelten Feuchtklebergehalte sind in Grafik 5.3.4 als Säulendiagramm dargestellt.



Grafik 5.3.4: Feuchtklebergehalte verschiedener Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013

Die Feuchtkleberwerte der Mehle aus Ernte 2011 liegen zwischen 5,2 und 46,2 g/100gTS, 17 der 33 Mehle (ca. 51 %) liegen unter einem Feuchtkleberwert von 25 g/100gTS. Die Feuchtkleberwerte der Mehle aus Ernte 2012 liegen zwischen 5,4 und 30,3 g/100gTS, bei E23 kann auch bei einer Handauswaschung kein Kleber ausgewaschen werden. 17 der 30 Mehle (ca. 57 %) liegen unter einem Feuchtkleberwert von 25 g/100gTS. Im Bereich von ökologisch angebaute Qualitätsweizen werden gute Feuchtklebergehalte mit 28 – 30 % definiert. Aufgrund der ungenügenden mechanischen Auswaschung und der Umstellung auf Handauswaschung kann die Bestimmung des Trockenklebers nur an den Proben E03 bis E10 der Ernte 2011 erfolgen. Die Werte liegen zwischen 5,8 und 12,2 g/100gTS und stehen erwartungsgemäß in hoher Abhängigkeit zum Feuchtkleber ($r=0,971$).

Um den Grad der Verquellung von Mahlerzeugnissen verstärkt zu erfassen wird ein modifizierter Sedimentationstest nach Zeleny (ICC 116/1) durchgeführt. In diesem Zusammenhang wird methodisch Isopropanol durch SDS (Sodium Dodecyl Sulfate) substituiert. Im Gegensatz zum Zeleny-Sedimentationswert wird der SDS-Sedimentationswert durch die Menge hydrophiler funktioneller Gruppen im Mehl dominiert. Die ermittelten SDS-Sedimentationswerte sind in Grafik 5.3.5 in einem Säulendiagramm zusammengefasst grafisch gegenübergestellt.



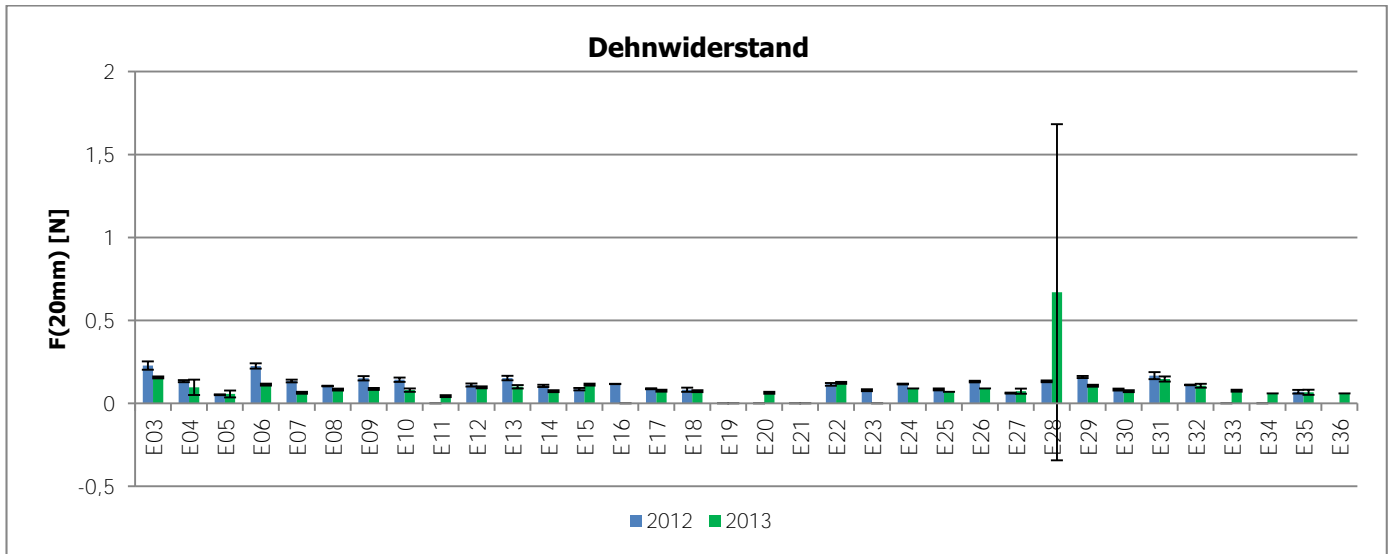
Grafik 5.3.5: SDS-Sedimentationswerte verschiedener Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013

Die SDS-Sedimentationswerte der untersuchten Proben aus dem Erntejahr 2011 liegen zwischen 10,9 und 35,1 ml / 5g Probe. In der Analysenphase 2013 (Ernte 2012) liegen die SDS-Sedimentationswerte zwischen 12 und 26 ml / 5g Probe. Die große Streubreite innerhalb der Datenreihen der Protein-charakterisierenden Kenndaten, setzt sich demzufolge auch bei dem SDS-Sedimentationswert fort, wobei die Schwankungsbreite im Erntejahr 2012 deutlich

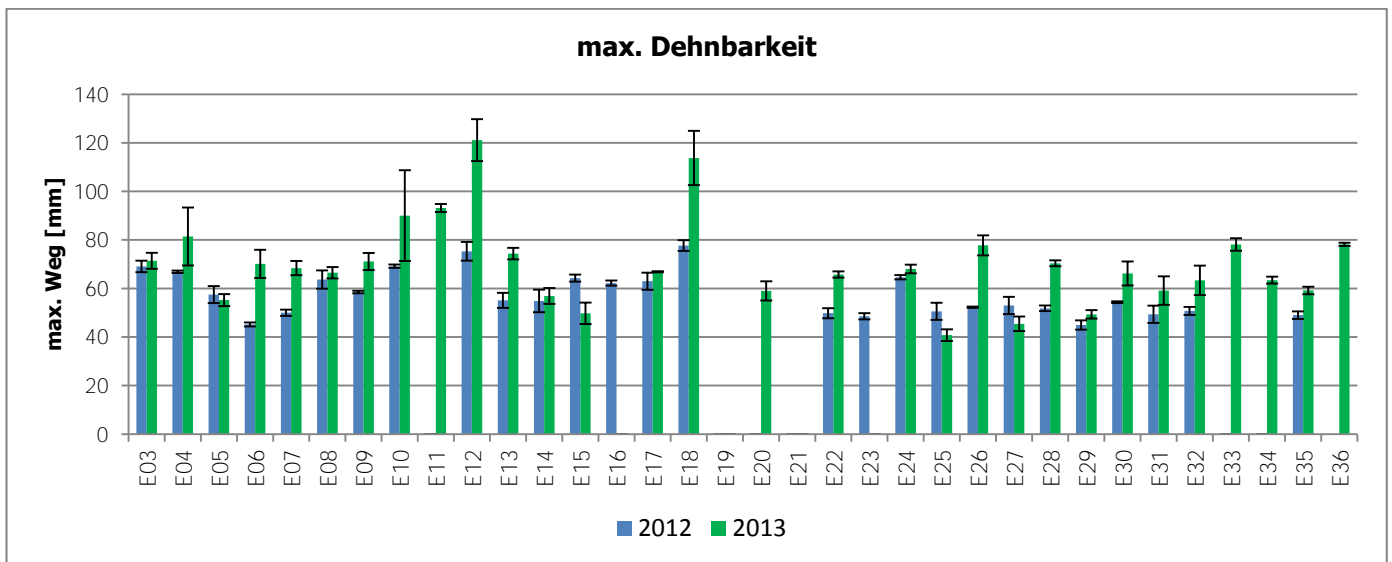
Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

geringer ist. Der Grad der Quellung in entsprechenden Lösungsmitteln ist prinzipiell von Klebergehalt und –qualität abhängig und sollte dementsprechend eine Korrelation mit Kenndaten wie Rohproteingehalt und Feuchtklebergehalt generieren.

Die Teigdehnbarkeit (Dehnwiderstand, Dehnbarkeit) erfolgt durch eine modifizierte Methode eines Mikrozugversuches nach Kieffer (orientiert an ICC 114/1-Extensogramm). Die Kenndaten des Mikrozugversuches sind in Grafik 5.3.6 und Grafik 5.3.7 grafisch dargestellt.



Grafik 5.3.6: Dehnwiderstand im Mikrozugversuch verschiedener Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013



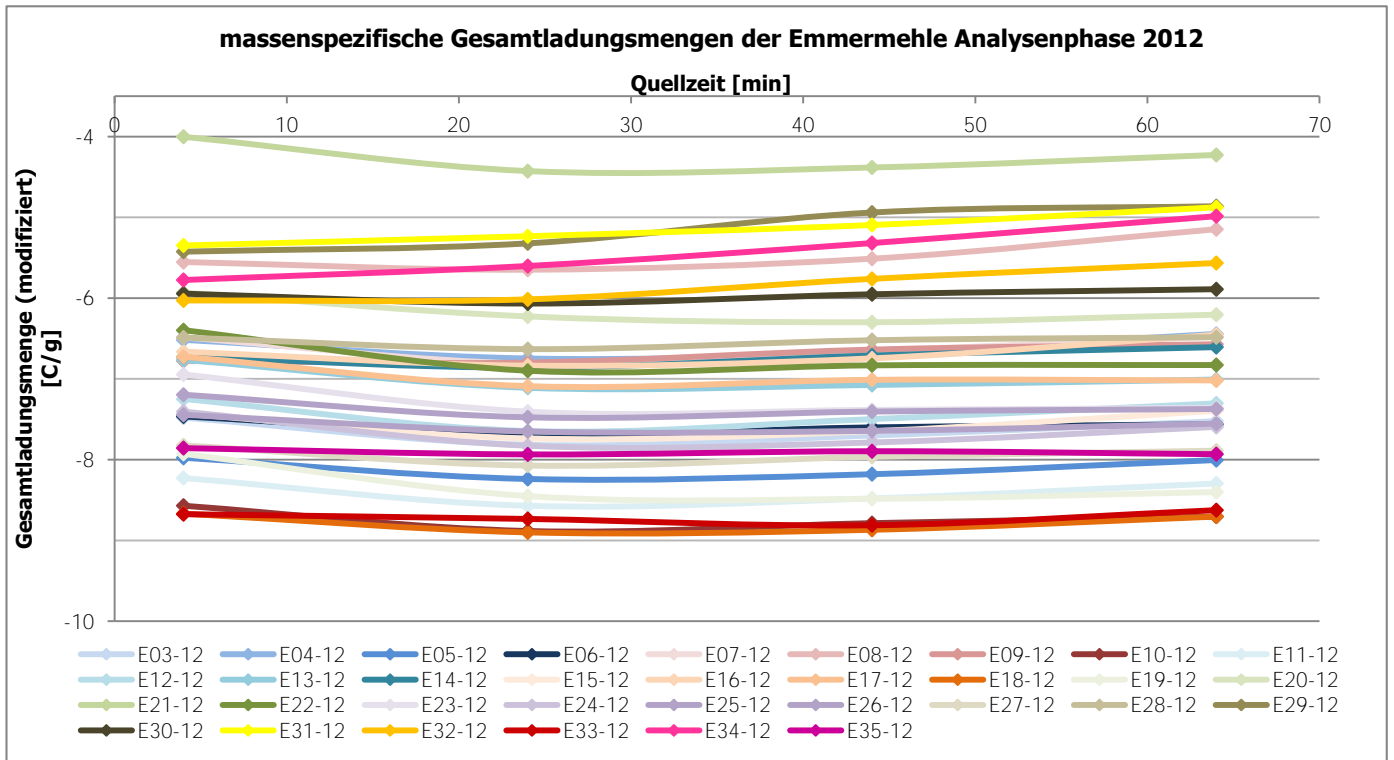
Grafik 5.3.7: Maximale Dehnbarkeit im Mikrozugversuch verschiedener Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013

Die ermittelten Werte unterliegen auch hier einer breiten, sortenspezifischen Streuung. Die Mehle E11, E19, E20, E21, E33 und E34 können in der Analysenphase 2012 (Ernte 2011) mit der definierten Methode (evaluiert an den Sorten Ramses und Osiris) nicht untersucht werden. Die Teige sind sehr viskos und können nach Teigbereitung und Ruhezeit nicht weiter mechanisch beansprucht bzw. analytisch untersucht werden. Die übrigen Proben weisen bei den Proben der Ernte 2011 einen Dehnwiderstand von 0,05 bis 0,23 N und maximale Dehnbarkeiten von 44,9 bis 77,8 mm auf (Vergleich Weichweizen: Dehnwiderstand: 0,25 – 0,35 N; Dehnbarkeiten: 50 – 60 mm; jedoch anderer Parameter zur Teigaufarbeitung). In Analysenphase 2013 (Ernte 2012) können alle Proben mit der definierten Methode untersucht werden. Jedoch sind die Abweichungen bei drei untersuchten Teigen je Mehl (3 x 17 Messwerte) sehr hoch. Beim Dehnwiderstand liegen die relativen Fehler bei den Proben E04, E05, E07, E10, E11, E13, E27, E28, E31, E35 über

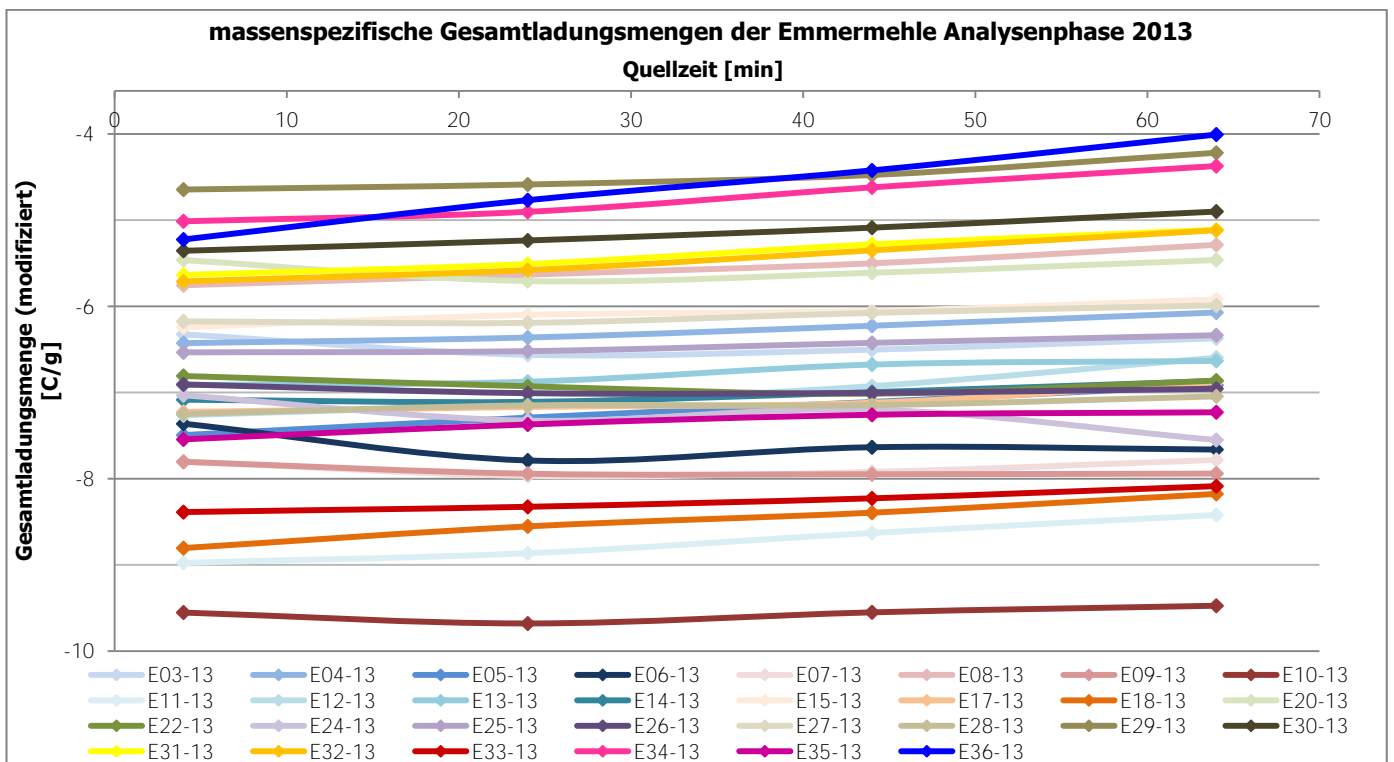
10 %. Bei Probe E28 liegt der relative Fehler sogar bei ~ 150 %. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Dehnwiderstände sehr gering sind und Abweichungen in den Messwerten sehr schnell zu hohen relativen Fehlern führen. Die Werte der maximalen Dehnbarkeit weisen nicht so starke Abweichungen auf. Hier fallen lediglich die Proben E04 und E10 mit relativen Fehlern von 10 – 20 % auf. Die Dehnwiderstände der Proben der Ernte 2012 liegen zwischen 0,05 und 0,3 N (Proben mit großen relativen Fehlern nicht berücksichtigt) und die max. Dehnbarkeiten zwischen 40,8 und 126,8 mm.

Die Partikelladungs-Messungen (PCD = Particle Charge Detection) wird im ttz-BILB/EIBT für die Aufklärung von elektrochemischen Wechselwirkungen beispielsweise während der Verquellung von Weichweizenmehl in Wasser („Teigsystem“) genutzt. Untersuchungen des ttz-BILB/EIBT zeigen, dass eine Differenzierung von Getreide-Mehlen (verschiedener Sorten und Arten) mit Hilfe dieser Messmethode innerhalb gewisser Grenzen möglich ist. Auch Mischungsgüten und Mischungsverhältnisse von Mehlmischungen verschiedener Art können zuverlässig bestimmt werden. Die Untersuchungs-Ergebnisse zeigen außerdem, dass der Ausmahlungsgrad der Weichweizen-Mahlerzeugnisse mit der Ladungsmenge in Beziehung steht: Je höher der Schalenanteil vorliegt, umso höher wird die jeweilige massenspezifische anionische Ladungsmenge ermittelt. Die Weizenteigentwicklung ist offenbar generell mit einem Ladungswechsel (dynamische Änderung der elektrischen Ladung: Wechsel von anionisch nach kationisch) verbunden (Lösche & Schick, 2010).

In der vorliegenden Versuchsreihe mit unterschiedlichen Emmer-Sorten kann ebenfalls eine starke Abhängigkeit der massenspezifischen Gesamtladungsmenge zum Asche-/ Mineralstoffgehalt der Mehlprobe beobachtet werden (bei 4min Quellzeit in 2012: $r=0,911$; in 2013: $r=0,930$). Es kann jedoch keine weichweizentypische Quellkurve ermittelt werden (kein Ladungswechsel nach ca. 60 min Quellzeit). Unter diesem Gesichtspunkt kann vermutet werden, dass die ionischen Interaktionen in diesen Mehl-Proben keine Relevanz besitzen. Sämtliche untersuchten Mehle zeigen einen anionische Charakter, welcher über eine Quellzeit von 60 Minuten ($T=25^{\circ}\text{C}$) keine signifikanten Änderungen erfährt. Die Ladungsmenge der untersuchten Proben liegt zwischen -9,7 und -4,0 C/g Probe. Es kann im Analysenzeitraum 2012 (Ernte 2011; Grafik 5.3.8) keine Beziehung zwischen der Gesamtladungsmenge und den Parametern Backqualitäten, Proteinmenge oder Teig rheologie (Dehnung) erkannt werden. Für die Analysen der Ernte 2012 (Analyse 2013; Grafik 5.3.9) wird die Gesamtladungsmenge jedoch nochmals analytisch geprüft, um ggf. wachstumsbedingte/umweltbeeinflusste Änderungen über diese Analysenmethode ableiten zu können. Im Gegensatz zu den Analysen der Ernte 2011 können bei den Analysen der Ernte 2012 Korrelationen zwischen der massenspezifischen Gesamtladungsmenge und der Wasseraufnahme (bei z.B. 4min Quellzeit (PCD) und bezogen auf die Standardkonsistenz: $r=0,737$), des Rohproteingehaltes (bei z.B. 4min Quellzeit (PCD): $r=0,783$) und der Feuchtklebermenge (bei z.B. 4min Quellzeit (PCD): $r=0,660$) gefunden werden. Da die Diagramme mit den Quellkurven bei einer großen Probenanzahl sehr unübersichtlich sind wurden die Ergebnisse in zwei Diagrammen nach den Erntejahren dargestellt (Grafik 5.3.8, Grafik 5.3.9).



Grafik 5.3.8: Massenspezifische Gesamtladungsmengen über eine Quellzeit von 64 min von verschiedenen Emmermehlen der Analysenphase 2012



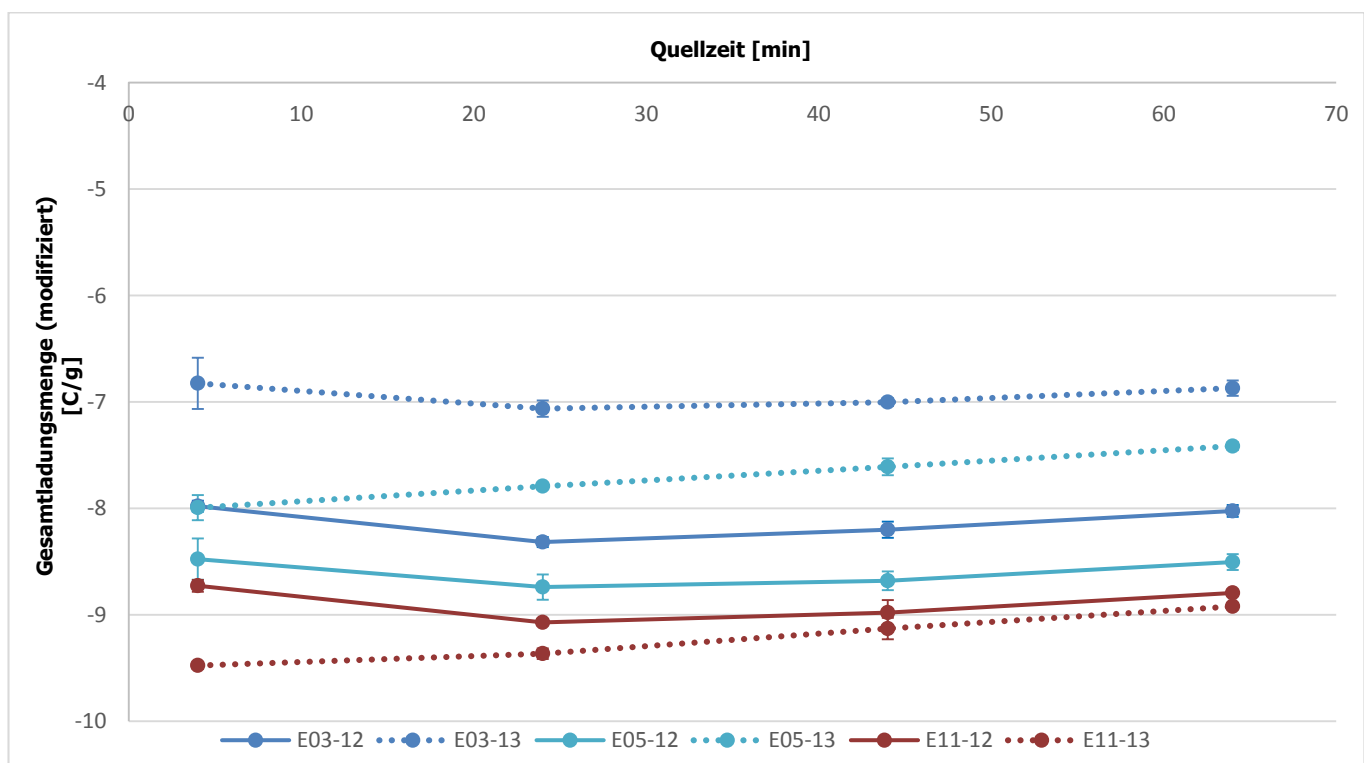
Grafik 5.3.9: Massenspezifische Gesamtladungsmengen über eine Quellzeit von 64 min von Emmermehlen der Analysenphase 2013

Den Messdaten der Grafik 5.3.8 und Grafik 5.3.9 kann entnommen werden, dass die massenspezifischen Gesamtladungsmengen der untersuchten Emmermehle aus der Analysenphase 2012 zwischen -4 und -9 C / g und die massenspezifischen Gesamtladungsmengen der Emmermehle aus der Analysenphase 2013 zwischen -4 und -10 C / g

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

liegen. Diese unterschiedlichen erfassten Messdaten der verschiedenen Emmeraufwüchse legen die Vermutung nahe, dass klimatische bzw. erntebedingte Schwankungen in der Emmermehlqualität auch auf die massenspezifische Gesamtladungsmenge wirksam sind. Die beiden o.g. Grafiken zeigen vor allem, dass jedes untersuchte Emmermehl eine massenspezifische Gesamtladungsmenge aufweist, welche über eine Quellzeit von 64 min. konstant im anionischen Bereich bleibt. Im Gegensatz dazu belegen eigene Untersuchungen (hier nicht dargestellt) an tetraploiden Weizen (*T. aestivum* und *T. spelta*), dass die massenspezifischen Gesamtladungsmengen dieser Aufwüchse im Verlauf einer Quellzeit von anionischen zu kationischen Eigenschaften wechseln (Schick, Lösche 2010). Die feststellbare und gute Korrelierbarkeit dieser Ladungssituation mit Backeigenschaften bei diesen Weichweizen, legt die Vermutung nahe, dass kationische Reaktanten (Reaktionen) eine Relevanz besitzen um „Backfähigkeit“ zu generieren bzw. zu beschreiben. Vor diesem Hintergrund kann ein möglicher Zusammenhang zwischen kationischen (basischen und hydrophoben) Puroindolinen in Weizenmahlerzeugnissen und Ladungsmenge erkannt werden. Untersuchungen von Gautier et al. belegen, dass Emmer – anders als z.B. Dinkel oder andere Weichweizen- nicht in der Lage ist Puroindoline zu generieren. Der Umstand, dass unsere Untersuchungen andererseits klar belegen, dass Emmer im Verlauf der Quellphase mehr oder weniger konstant anionische Eigenschaften zeigt, belegt nicht nur entsprechende Unterschiede zu anderen Weizen, sondern es legt nahe, dass kationische Proteine oder kationische Reaktionen offenbar nicht wirksam werden können. Da Puroindoline u.a. die Grenzflächenstabilität von Gaskernen in einem Teig stabilisieren und damit Porosität und auch -innerhalb gewisser Grenzen- das Volumen eines Gebäckes beeinflussen, liegt es nahe anzunehmen, dass die Abwesenheit von Puroindolinen in Emmermehlen die beobachteten, eher ungünstigen Backeigenschaften begründet (Gan 1994).

Um zu zeigen, dass die PCD-Methoden auch erntebedingte bzw. klimatische Einflüsse charakterisieren können sind in Grafik 5.3.10 die Quellkurven von drei Emmersorten beider Erntejahre gegenüber gestellt.



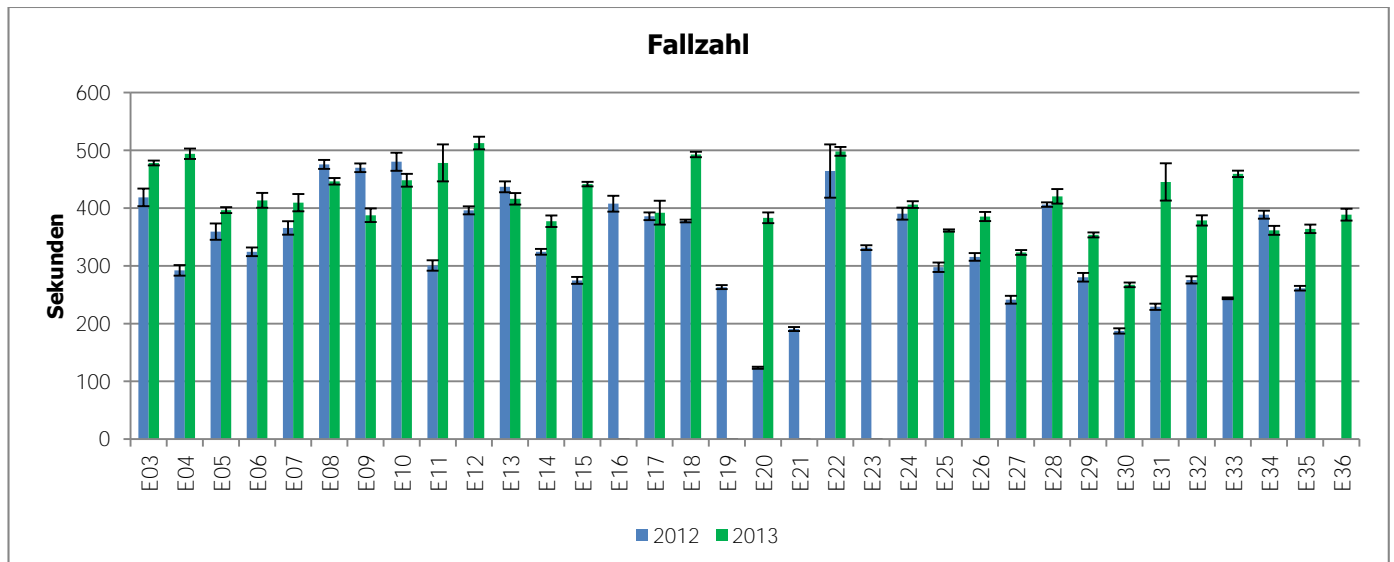
Grafik 5.3.10: Massenspezifische Gesamtladungsmengen über eine Quellzeit von 64 min von ausgewählten Emmermehlen der Analysenphase 2012 und 2013

Grafik 5.3.10 zeigt, dass die massenspezifischen Gesamtladungsmengen der beispielhaft ausgewählten Emmermehlproben E03, E05 und E11 in den beiden Analysephasen 2012 und 2013 unterscheiden. Die Gesamtladungsmengen der Proben E03 und E05 ist in der Analysephase 2013 weniger anionisch als in der Analysephase 2012. Die Gesamtladungsmengen der Probe E11 ist hingegen in der Analysephase 2012 weniger anionisch als in der Analysephase 2013.

Die ermittelte Fallzahl der Proben liegt in der Analysephase 2012 zwischen 123,5 und 480,2 Sekunden und spiegelt deutlich unterschiedliche Viskositäten der Mehl-Wasser-Suspensionen wider. In der Analysephase 2013 liegen die Fallzahlen der Proben zwischen 267,2 und 512,6 Sekunden und damit höher als die Fallzahlen in der Analysephase 2012. Laut der Ernteberichte aus dem Jahr 2011 führten im Jahr 2011 ein sehr trockenes Frühjahr und ständige

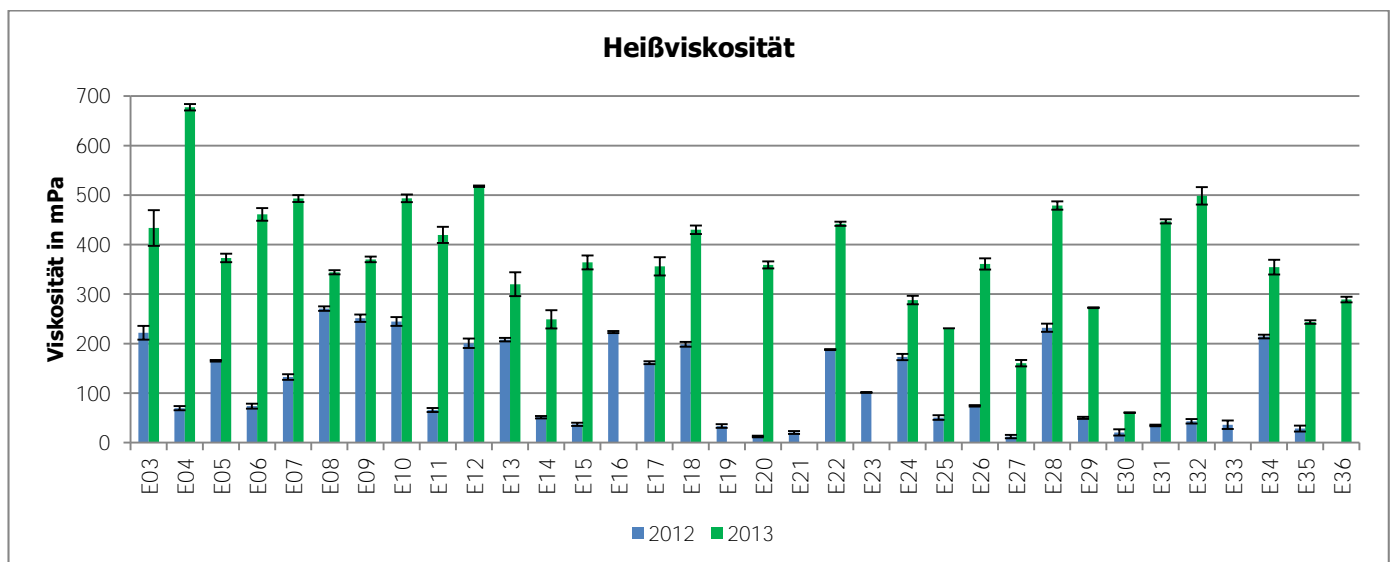
Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Regenfälle in der Ernteperiode zu sehr heterogenen Qualitäten bei der Getreideernte und zu erhöhten Enzymaktivitäten (Fallzahlen niedrig). Im Gegensatz dazu waren die klimatischen Bedingungen im Jahr 2012 günstiger, sodass die Fallzahlen von Getreide in Deutschland im Vergleich zum Vorjahr höher lagen. Dies kann durch die hier vorliegende Versuchsreihe bestätigt werden. Die Daten können der Grafik 5.3.11 entnommen werden.

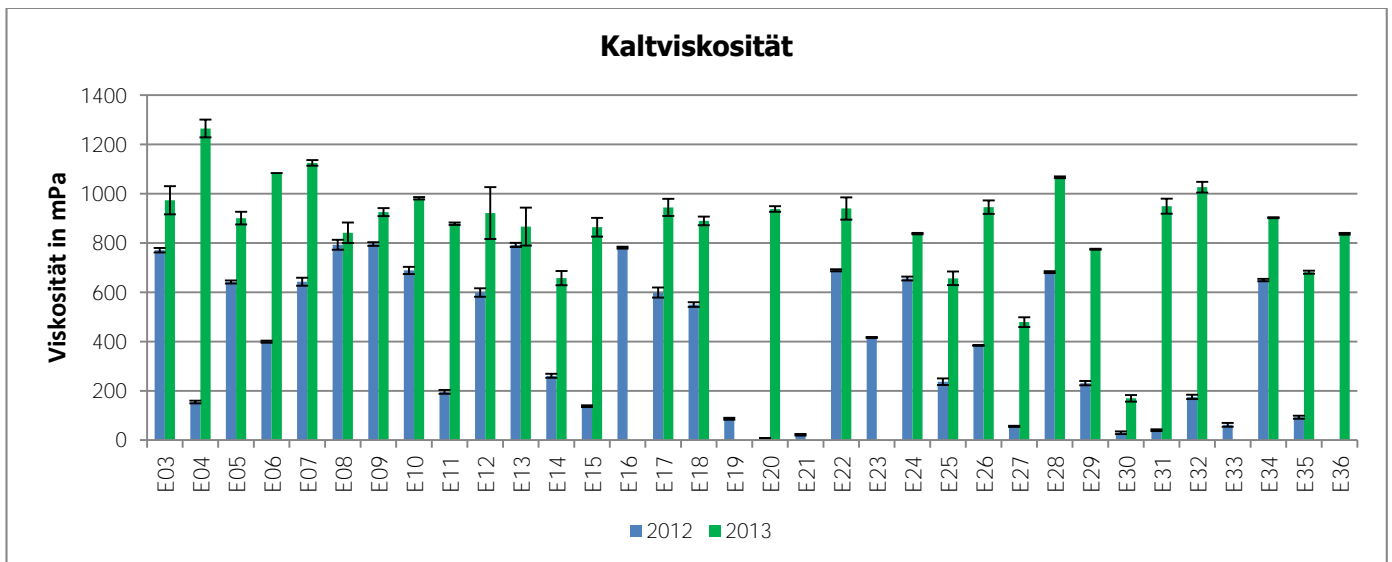


Grafik 5.3.11: Fallzahlen der Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013

Die Werte der Heiß- und Kaltviskosität stehen wie erwartet in enger Beziehung zur Fallzahl (2012: Heißviskosität $r=0,932$, Kaltviskosität $r=0,942$; 2013: Heißviskosität $r=0,780$, Kaltviskosität $r=0,665$; beide Jahre: Heißviskosität $r=0,805$, Kaltviskosität $r=0,873$). Es werden Heißviskositäten zwischen 12,2 und 270,8 mPas und Kaltviskositäten zwischen 7,0 und 795,7 mPas bei den Proben aus der Ernte 2011 detektiert. Bei den Proben der Ernte 2012 werden Heißviskositäten zwischen 60,5 und 677,5 mPas und Kaltviskositäten zwischen 169,5 und 1264,5 mPas gemessen. Die Heiß- und Kaltviskositäten liegen bei der Ernte 2011 somit etwas unter den Werten für Weichweizen (Heißviskosität ca. 300 und Kaltviskosität ca. 1000 mPas) und bei der Ernte 2012 auf ähnlichem Niveau wie Weichweizen.

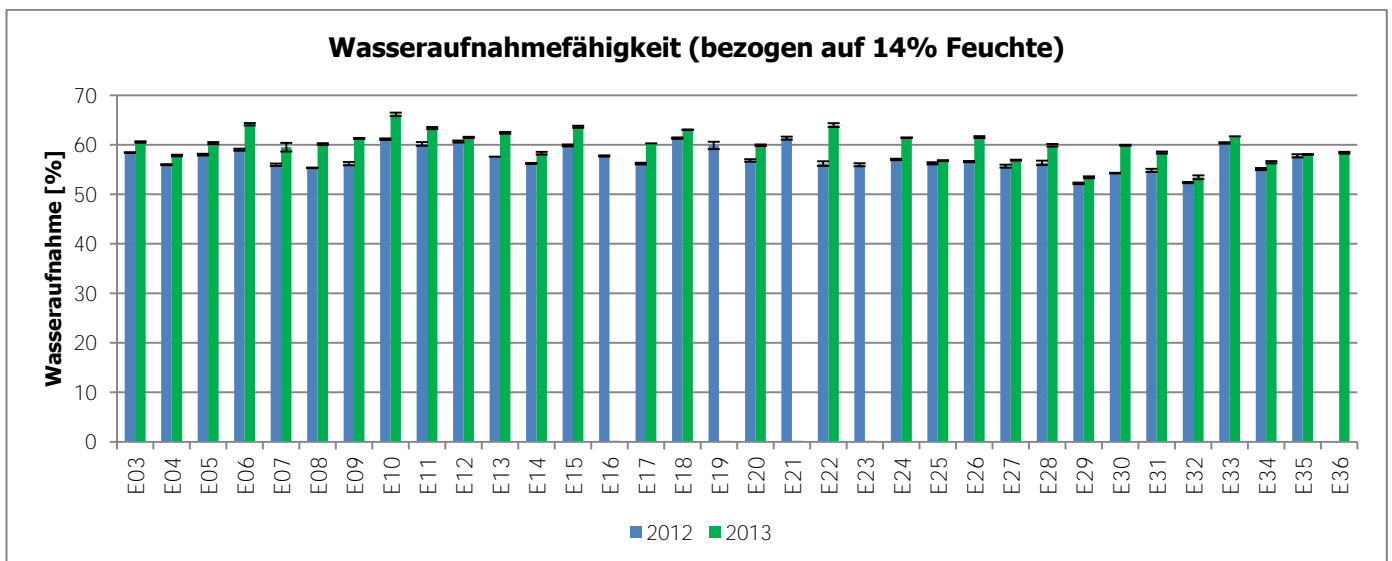


Grafik 5.3.12: Heißviskositäten der Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013



Grafik 5.3.13: Kaltviskositäten verschiedener Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013

Im Farinographen werden Wasseraufnahmefähigkeiten (korrigiert auf 14 % Mehlfuchte) bei den Proben der Ernte 2011 zwischen 52,2 und 61,3 % und bei den Proben der Ernte 2012 zwischen 53,4 und 66,2 ermittelt. Auch die Wasseraufnahmefähigkeiten werden stark durch die klimatischen Bedingungen während des Aufwuchses beeinflusst, da es dadurch zu Stärkebeschädigungen kommen kann. Beschädigte Stärke kann 5-mal mehr Wasser aufnehmen als intakte Stärke.¹ Die Wasseraufnahmefähigkeit zeigt eine mäßige Korrelation zum ermittelten Aschegehalt der Proben (Ernte 2011: $r=0,694$; Ernte 2012: $r=0,710$) und ist dementsprechend nicht allein auf die Anwesenheit von verquellbaren Ballaststoffen oder beschädigter Stärke zurückzuführen. Die ermittelten Wasseraufnahmefähigkeiten sind in Grafik 5.3.14 dargestellt.



Grafik 5.3.14: Wasseraufnahmefähigkeiten der Emmermehle aus den Analysephasen 2012 und 2013

Die Kneteigenschaften der untersuchten Emmermehle zeigen im Vergleich zu Weizenmehl Type 550 und Dinkelmehl der Type 630 sehr viel kürzere Teigstabilitäten. Einige Emmerproben weisen einen extremen Konsistenzverlust direkt nach ihrer maximalen Konsistenz auf. Aufgrund der ermittelten Daten kann abgeleitet werden, dass das Gluten extrem scherempfindlich zu reagieren scheint. Es kann eine Einteilung der Farinogramm-Kurven in drei Kategorien vorgenommen werden (basiert auf einer optischen Auswertung): 1) weizenähnlich 2) nachlassend 3) spitz/viskos. Diese Einteilung und ebenfalls die Nutzung anderer Kennzahlen zur Beurteilung der Kneteigenschaften (Teigerweichung, Qualitätszahl), können mit der derzeit vorliegenden Datenmenge nicht in Beziehung zu Ergebnissen aus Mikrobackversuchen gesetzt werden. Die sehr unterschiedlichen Kneteigenschaften werden in der Versuchsreihe

¹ Quelle: <http://www.agfdt.de/loads/mt06/muenzabb.pdf> (25.04.2014)

2012 des Mikro-Backversuches nicht berücksichtigt (konstante Knetzeiten von 4 Min langsam und 3 Minuten schnell für alle Mehle). Eine Beziehung zwischen Backergebnis (Breiten zu Höhen-Verhältnis) und Kneteigenschaften kann somit durch die Beanspruchung der Teigstruktur (ggf. Zerstörung) maskiert werden. Für die Analysen in 2013 werden im Vergleich zu Standardknetparametern auch Knetparameter gewählt, die weniger Scherung in das System einbringen.

Die Analysemethoden „Aggregationstest“ und „Zentrifugationstest“ konnten in 2012 nicht abschließend durchgeführt und bewertet werden (siehe Nachtrag zum ZB 2012). In Analysenphase 2013 werden diese zwei Analysemethoden angewendet und auf ihre Eignung zur Charakterisierung der Qualität von Emmermehlen überprüft. Es wird ein Aggregationstest einerseits in einem handelsüblichen Mixer mit einem angeschlossenen Strommesser und andererseits mit einem Rotationsrheometer durchgeführt. Außerdem wird ein Zentrifugationstest durchgeführt. Ein Aggregationstest liefert Informationen zu der Fähigkeit eines Mehles eine Kleberstruktur auszubilden und der Stabilität dieser Struktur. Beim Knetvorgang wird durch die mechanische Energieeintragung eine Kleberstruktur ausgebildet, welche später im Gebäck für die Gashaltung verantwortlich ist. Zu Beginn eines Aggregationstests werden Mehl und Wasser in einem 1:1-Verhältnis vermischt. Diese anfängliche flüssige Suspension wird durch Energieeintrag zunehmend viskos bis schließlich eine elastische Masse entsteht, um dann durch weiteren Energieeintrag wieder zu erweichen, da die Kleberstruktur zerstört wird. Im Rotationsrheometer werden zwölf verschiedene Parameter-Einstellungen auf ihre Eignung für einen Aggregationstest überprüft. Hierbei wird vor allem die Rührergeschwindigkeit variiert, wobei die Temperatur des Reaktionsgefäßes konstant auf 25°C temperiert wird. Es werden sowohl konstante Rührergeschwindigkeiten als auch Geschwindigkeitsrampen (linear und logarithmische Beschleunigung des Rührers) getestet. Beim Aggregationstest im handelsüblichen Mixer wird ein Amperemeter an den Mixer angeschlossen, um die benötigte Energie während der Aggregation mit Hilfe einer entsprechenden Software aufzunehmen. Der Aggregationstest im Haushaltsmischer wird mit einem Weizenmehl und einem Emmermehl durchgeführt. Beim Weizenmehl kann eine Aggregationskurve aufgenommen werden, jedoch ist die Messung nicht gut reproduzierbar. Bei der Untersuchung des Emmermehles in dem handelsüblichen Mixer kann auch nach mehrfachen Versuchen mit unterschiedlichen Geschwindigkeitseinstellungen des Mixers keine Aggregationskurve aufgenommen werden. Damit ist der Aggregationstest sowohl im Rheometer als auch im Haushaltsmischer zur Bewertung der Qualität von Emmermehlen weniger geeignet und wird im weiteren Verlauf der Versuchsreihe nicht weiter verfolgt. Jedoch ist mittlerweile ein neues Analysegerät (Glutopeak) der Firma Brabender auf dem Markt erhältlich, mit dem Aggregationstests sehr gut reproduzierbar durchgeführt werden können. Auch kleberschwache Mehle wie Dinkelmehle können damit untersucht werden. Bei weiteren Untersuchungen von Emmermehlen sollte diese Methode Berücksichtigung finden, da die Emmermehle auch zu einer eher geringen Kohärenz des Glutens / des Teiges neigen.

Ein Zentrifugentest wird durchgeführt, um die Phasenstabilität von Teigen zu untersuchen. Hierzu wird eine definierte Menge Teig in einer Zentrifuge unter definierten Bedingungen zentrifugiert und nach dem Zentrifugieren zunächst die Phasentrennung durch Photographien dokumentiert und dann der Überstand aus den Zentrifugengläsern abgegossen und ausgewogen. Da von den Emmermehlen nur geringe Mengen für die Untersuchungen zur Verfügung stehen, wird der Zentrifugentest etwas abgewandelt durchgeführt. Um einen Teig für diesen Test zu kneten, werden mindestens 50 g Mehl (im Farinograph-Kneiter) benötigt. Soll eine Doppelbestimmung durchgeführt werden, werden 100 g Mehl benötigt. Deshalb wird der Zentrifugationstest mit einer Mehl-Wasser-Suspension (5 g Mehl und 5 g Wasser) durchgeführt. In Anlehnung einer weiteren Analyseverfahren, der Solvent-Retention-Capacity-Methode (SRC) wird erwartet, dass es möglich ist durch die Zentrifugation einer Mehl-Wasser-Suspension Unterschiede in dem Wasseraufnahme / Wasserbindungsvermögen von Mehlen zu detektieren und mit den Verarbeitungsqualitäten zu korrelieren. Die Auswaagen des Zentrifugationstests liegen zwischen 2,61 und 8,95 g und zeigen daher große Unterschiede bei den verschiedenen Emmersorten. Beziehungen zu den anderen Emmereigenschaften können jedoch bei aktueller Datenlage nicht ermittelt werden.

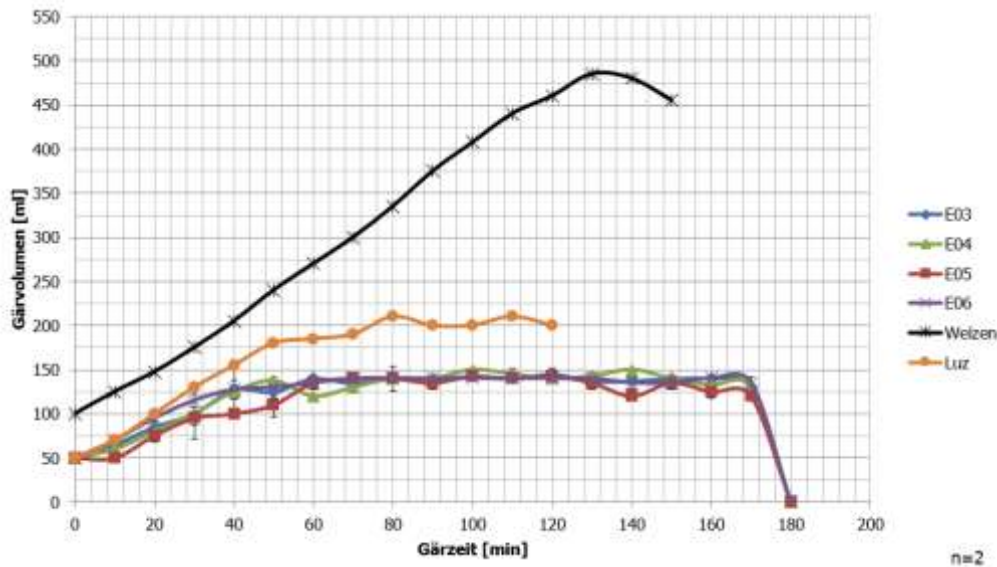
5.4 Backeigenschaften

Mithilfe der spezifisch erarbeiteten Mikro-Backversuche können klare Differenzierungen der unterschiedlichen Emmersorten erfolgen. Es kann deutlich zwischen **Mehlen mit „guten“ und „schlechten“ Backeigenschaften (als Summenparameter)** unterschieden werden. Als wesentliche Beurteilungskriterien werden in der vorliegenden Versuchsreihe das Verhältnis von Höhe zu Breite (HzB = je kleiner die Zahl, desto flacher das Gebäck), die Oberflächenstruktur der Kruste (offene Poren = geringe Gärtoleranz) und die Krustenfarbe herangezogen.

Während der Durchführung der Backversuche in Analysenphase 2011 (Backversuch V1) mit den Emmermehle E03 bis E10 zeigt sich, dass die Ermittlung einer optimalen Gärzeit (3/4 Gare) nicht, bzw. nur sehr bedingt aussagekräftig ist. Anhand von ermittelten Gärkurven (Zylinderstandversuch), soll zielgemäß eine optimale Gärzeit der Teiglinge ermittelt, abgeleitet und diese für die Mikro-Backversuche herangezogen werden (ursprüngliche Version 0, entwickelt an den Sorten Ramses und Osiris). Die Gärkurven der Mehle (E03 bis E10) fallen jedoch sehr flach aus und lassen nur sehr

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

schwer die Ermittlung einer sog. $\frac{3}{4}$ Gare zu. Dies führt zu teilweise sehr nachlassenden, flachen Teiglingen mit einem sehr geringen Gashaltevermögen.



Grafik 5.4.1: Beispielhafte Darstellung von Gärkurven mit Teigen aus verschiedenen Emmersmehlen der Ernte 2011 / Untersuchung 2012

Da die Gärzeit nicht mittels Zylinderstandversuch detektiert werden kann, wird die Gärzeit der Teiglinge auf maximal 35 Minuten Gärzeit limitiert. Dies führt zwar in Summe zu besser bewerteten Endprodukten, jedoch zeigt sich anhand der Charakterisierung der Krustenstruktur, dass viele der Emmer-Sorten klare Anzeichen von nachlassender Gärstabilität aufweisen (Poren an der Oberfläche, vergleiche auch dazu Grafik 5.4.2). Weitere Modifikationen des o.g. Mikrobackversuches sind in 2012 nicht erfolgt.

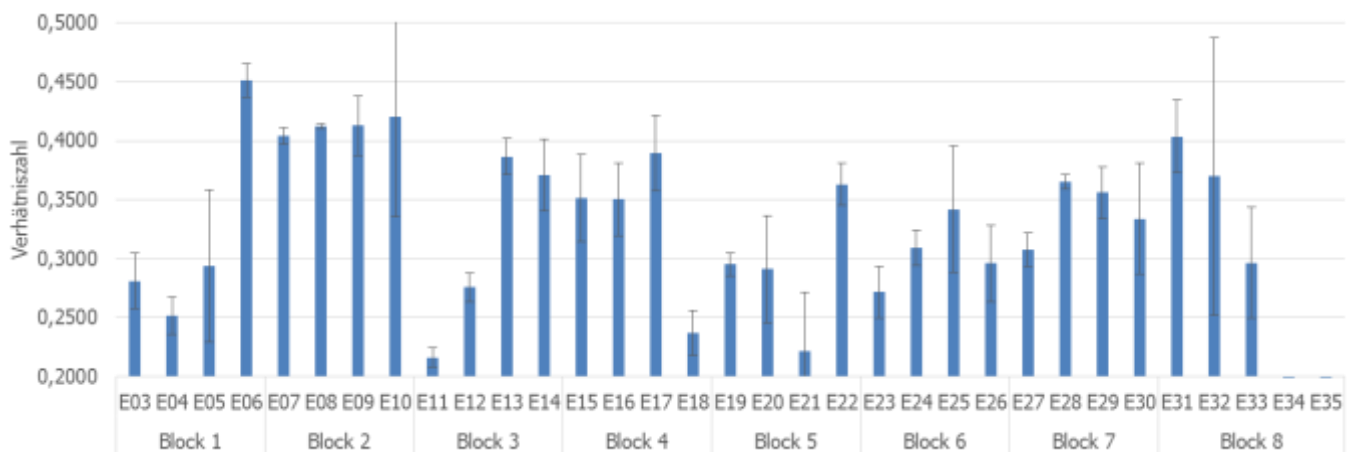


Grafik 5.4.2: Beispiel für ein Gebäck mit offenporiger Kruste (rechts) und eines Produktes ohne nachlassende Gärstabilität (links).

Die beobachteten Daten lassen den Schluss zu, dass das Gashaltevermögen bzw. die Grenzflächenstabilisierung bei Emmer nur unzureichend entwickelt werden kann (vgl. Grafik 5.4.1 und 5.4.2), da bei vielen Emmer- Aufwüchsen ein nur geringes Teig -Volumen als Folge der Gärung eintritt (Zylinderstandversuche). Im Zusammenhang mit den erarbeiteten chemischen bzw. funktionellen Eigenschaften der Mehlsproben kann vermutet werden, dass dem Emmer-Endosperm möglicherweise wichtige Bausteine zur Steigerung der Emulgierfähigkeit bzw. der Grenzflächenstabilisierung fehlen, da wir die o.g. Beobachtungen machen.

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

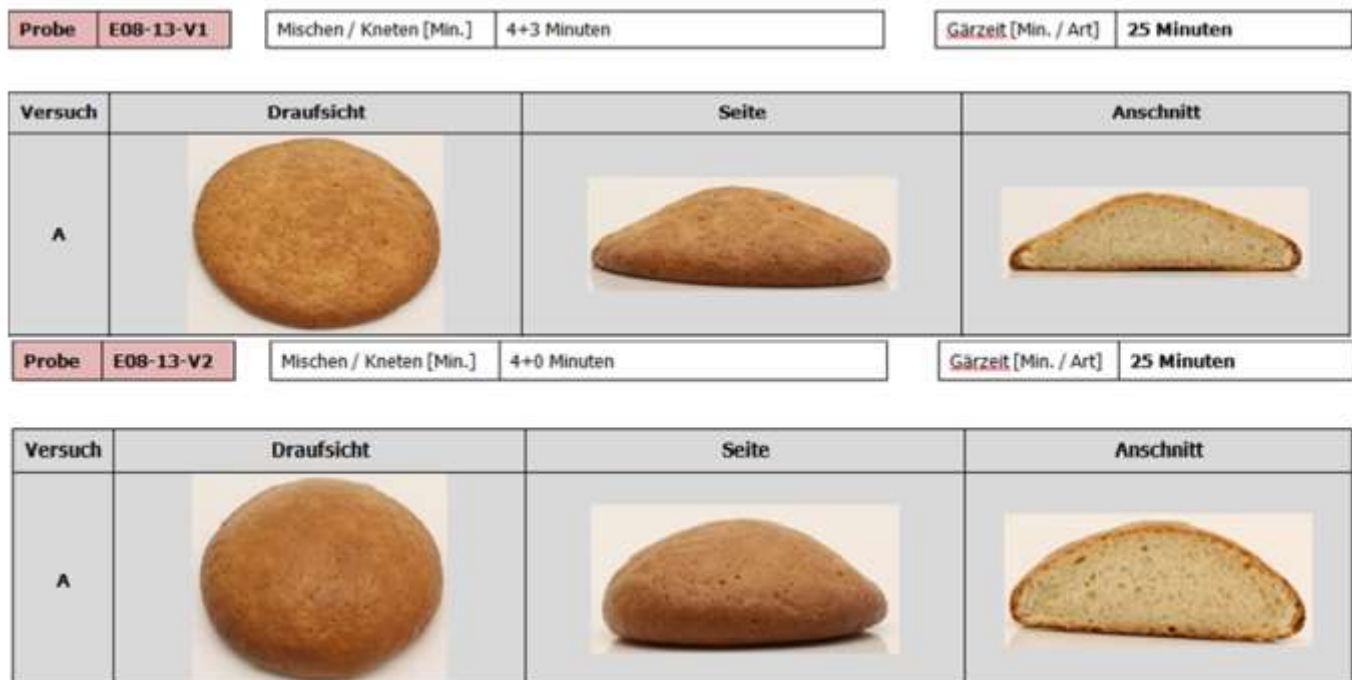
Untersuchungen zur Backfähigkeit verschiedener Emmer -Proben (Grafik 5.4.3) mithilfe von Standardbackversuchen mit Mehlen aus der Ernte 2011 / Untersuchung 2012 sind entsprechend gegenübergestellt. Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt anhand der Verhältniszahl Höhe zu Breite (je kleiner VZ, desto flacher das Gebäck). Eine gute Backqualität kann somit in erster Annäherung mit einer hohen VZ in Verbindung gebracht werden. Es können deutliche Differenzierungen der Emmer-Qualitäten mithilfe dieses Backversuches detektiert und durchgeführt werden. Bei einigen Emmersorten werden sehr nachlassende Teige mit daraus resultierenden sehr flachen Gebäcken beobachtet (z.B. E11, E34, E35). Sorten wie E06 bis E10 haben demgegenüber ein deutlich höheres Volumen. Jedoch ist die Gesamtbeurteilung der Gebäcke durch die teilweise sehr flache Gebäckausprägung als eher negativ zu bewerten, was wiederum mit einem sehr geringen Gashaltevermögen der Matrix in Verbindung gebracht werden kann. Eine mangelnde Grenzflächenstabilisierung und offensichtlich eine etwas differente, aber prinzipiell (sehr) gering ausgeprägte Kohäsivität des Emmer-Gluten bzw. des Emmer-Teiges können in diesem Zusammenlag ursächlich angenommen werden.



Grafik 5.4.3: Darstellung der Verhältniszahl (Ausdruck für die Backqualität bzw. das Gashaltevermögen und die Standfestigkeit des Teiges) aller untersuchten Emmer-Proben aus dem Erntejahr 2011, n=3

Für entsprechende Versuchsreihen in 2013 werden neben der Version 1 auch eine weitergehend optimierte Version 2 eines Backversuches eingesetzt. Die Untersuchungs-Daten des Jahres 2012 lassen den Schluss zu, dass insbesondere das Gluten sehr anfällig für mechanischen Energieeintrag und/oder erhöhte Teigtemperatur ist. Der Backversuch V2 ergänzt den Mikrobackversuch dahingehend und kann die Backqualitäten der untersuchten Proben bei weniger mechanischem Energieeintrag und bei tieferen Teigtemperaturen darstellen. Eine klassische Gärkurve wie bei Weichweizen generell bekannt, lässt sich bei den Emmermehlen nicht aufnehmen (vgl. Grafik 5.4.1), da ein nur gering **ausgebildetes Gashaltevermögen ein „Aufgehen“ des Teiges minimiert**. Die Gärzeit wird nach empirischer Ermittlung auf 25 Minuten festgelegt, um eingeschränkte, aber noch in Teilen ausreichende Backeigenschaften zu generieren (Volumen, Porosität etc.).

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

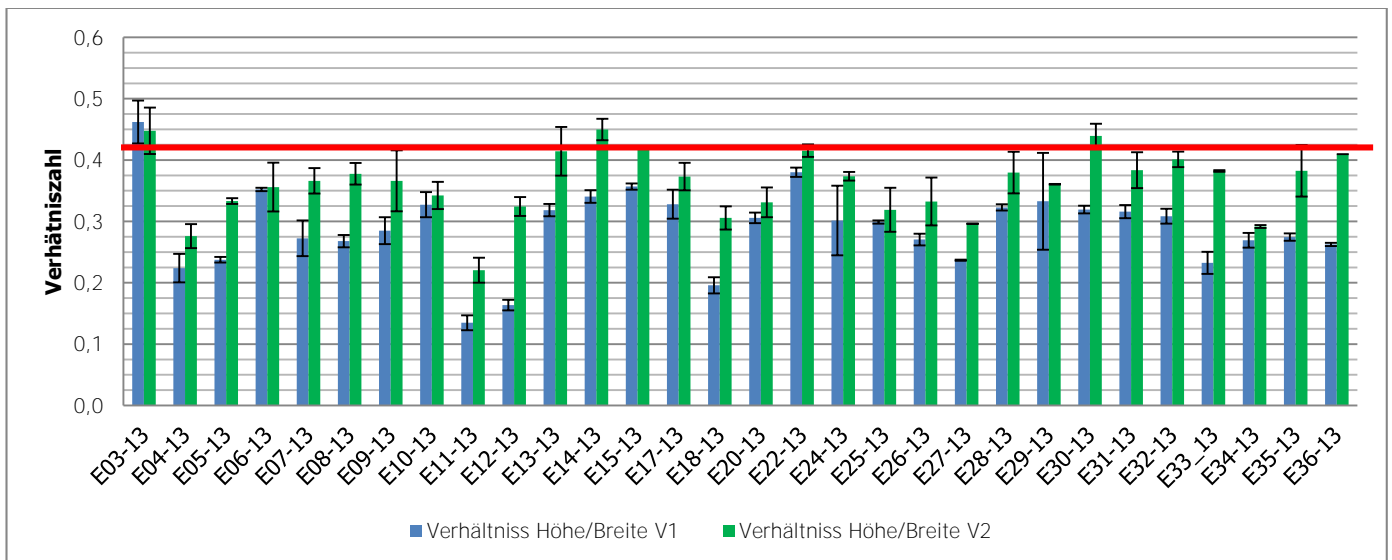


Grafik 5.4.4: Einfluss der Knetzeit und der Teigtemperatur ($V1 = 30^{\circ}\text{C}$, $V2 = 20^{\circ}\text{C}$) auf das Verhältnis Höhe / Breite von Brötchen, exemplarisch gezeigt an Emmer-Probe E08 der Ernte 2012

Die Grafik 5.4.4 zeigt die Wirkung eines verminderten mechanischen und thermischen Energieeintrages auf die Gebäckstruktur eines Produktes aus Emmermehl. Durch die schonendere Bearbeitung kann das Volumen erhöht werden. Bei einigen Mehlen **lassen sich aber die typischen „offenen Poren“ an der Gebäckoberfläche auch durch die geringe Gärzeit nicht minimieren.**

Mit allen Mehlen der Ernte 2012 (Analysenphase 2013) werden beide Backversuche mit unterschiedlichen Versuchsparametern durchgeführt. Dadurch kann ermittelt werden, ob alle Emmerproben auf mechanischen und thermischen Stress gleichermaßen reagieren. Backversuch „**Version 1**“ wird mit denselben Parametern wie bei den Versuchen in Analysenphase 2012 durchgeführt: 4+3 min Kneten, 30°C Wassertemperatur, 25 min Teigruhe bei Raumtemperatur, 25 min Gare bei 75 % Luftfeuchte und 32°C , 18 min bei 220°C backen. Backversuch „**Version 2**“ wird mit folgenden Parametern durchgeführt: 4+0 min Kneten, 20°C Wassertemperatur, 25 min Teigruhe bei Raumtemperatur, 25 min Gare bei 75 % Luftfeuchte und 32°C , 18 min bei 220°C backen.

Grafik 5.4.5 zeigt die Verhältniszahlen der Proben aus Ernte 2012 im Vergleich der beiden Backversuche ($V1$ und $V2$).



Grafik 5.4.5: Darstellung der Verhältniszahl (ein Ausdruck für die Backqualität bzw. das Gashaltevermögen und die Standfestigkeit des Teiges) aller untersuchten Emmer-Proben aus dem Erntejahr 2012 für den Standardbackversuch (V1) und einen modifizierten Backversuch mit reduzierter Teigtemperatur sowie reduzierterer mechanischer Beanspruchung des Teiges (V2); der rote Balken gibt eine mittlere Verhältniszahl V1 für Produkte aus konventionellem Weichweizen wieder

Beide Backversuche liefern aussagekräftige Backergebnisse. Die Produkte zeigen dann eine etwas erhöhte Gärstabilität, ein verbessertes Gashaltevermögen, wenn der mechanische Energieeintrag beim Kneten minimiert ist (4 Minuten) und die Teigtemperatur mit nur +20°C eher kühl eingehalten werden. Beide Einflussgrößen bilden offenbar eine relevante Voraussetzung dafür, um nach einem Backprozess eine gewisse Volumenausbeute und eine gewisse Krumenporosität zu generieren (s.o.).

Die **Verhältniszahl** gibt die „Backfähigkeit“ als Verhältnis der Höhe zur Breite wieder. Die Grafik 5.4.5 zeigt anhand der Verhältniszahl deutlich, dass die generelle Backfähigkeit von beiden Backversuchen (V1 und V2) mit dieser Methode wiedergegeben werden kann. Der V2 (schonenderes Verfahren) führt bei fast allen Produkten zu verbesserter Standfestigkeit der freigeschobenen Produkte (Verhältniszahl) bzw. Volumen. In Summe werden die Gebäcke aus dem V2 als ansprechender bewertet. Wenn annehmbar die Eigenschaft zur Grenzflächenstabilisierung bei Mahlerzeugnissen aus Emmer-Aufwüchsen nicht stark ausgeprägt ist (geringe Gärstabilität und geringes Gashaltevermögen), kann die damit zusammenhängende mangelnde Kohäsivität der Teige einerseits durch moderate Temperaturen (z.B. 20 °C) verstärkt bzw. optimiert werden, so dass hydrophile Interaktionen (auch Redoxreaktionen) eher ablaufen. Bekanntlich favorisieren kühle (z.B. 10 °C) bzw. kühlere Temperaturen Wasserstoffbrücken-Bindungen, die u.a. die notwendige Teig-Kohäsivität generieren, z.T. werden auch Redoxreaktionen eintreten, die elastische Teig-Eigenschaften hervorbringen (Kieffer 2007). Die Einhaltung eher moderater mechanischer Energieeinträge (kürzere Knetzeiten), minimiert die Scherbelastung der scherempfindlichen Teige, gleichermaßen werden Schädigungen der Gluten-Struktur (Schädigungen an den sensitiven, wenig stabilisierten Grenzflächen-Membranen) minimiert, was endlich zu rel. akzeptablen Gebäck-Qualitätsmerkmalen geführt werden kann (Volumen, Porosität, Elastizität, etc.)

Einige Emmer-Mehle weisen ähnliche Gebäck-Geometrien auf (Breite zu Höhe, Volumen) wie Back-Produkte aus Weizenmehl (mit gleicher Methode hergestellt). Dazu zählen die Proben E03, E13, E14, E15, E22 und E30.

6. Diskussion der Ergebnisse

Emmer erfährt gerade in der Öffentlichkeit ein breites Interesse – große Zeitungen und überregionales Fernsehen bringen immer wieder Beiträge zu diesem alten Getreide. Aber lässt sich Emmer denn auch landwirtschaftlich erfolgreich anbauen und von Müllern, Bäckern, und anderen Endproduktherstellern gut verarbeiten? Um dies wissenschaftlich zu untersuchen und Ratschläge für die Praxis abzuleiten, haben wir dieses mehrgeteilte Projekt unternommen. Im ersten Teil wurden mehrortige Feldversuche unternommen, um das Anbaupotential für den Landwirt zu erarbeiten. In einem zweiten Teil wurden spezielle Fragestellungen des ökologischen Landbaues genauer betrachtet, die Resistenz gegenüber Tilletia-Arten. Im letzten Projektteil wurden Erntemuster der Feldversuche intensiv auf deren Qualitätseigenschaften für die verarbeitende Industrie untersucht. Mit klarem Ergebnis: Emmer stellt eine sehr interessante Produktalternative für die gesamte Wertschöpfungskette dar, sei es ökologisch oder extensiv konventionell produziert. Aber genaueres nun thematisch gruppiert.

6.1 Anbaupotential von Emmer

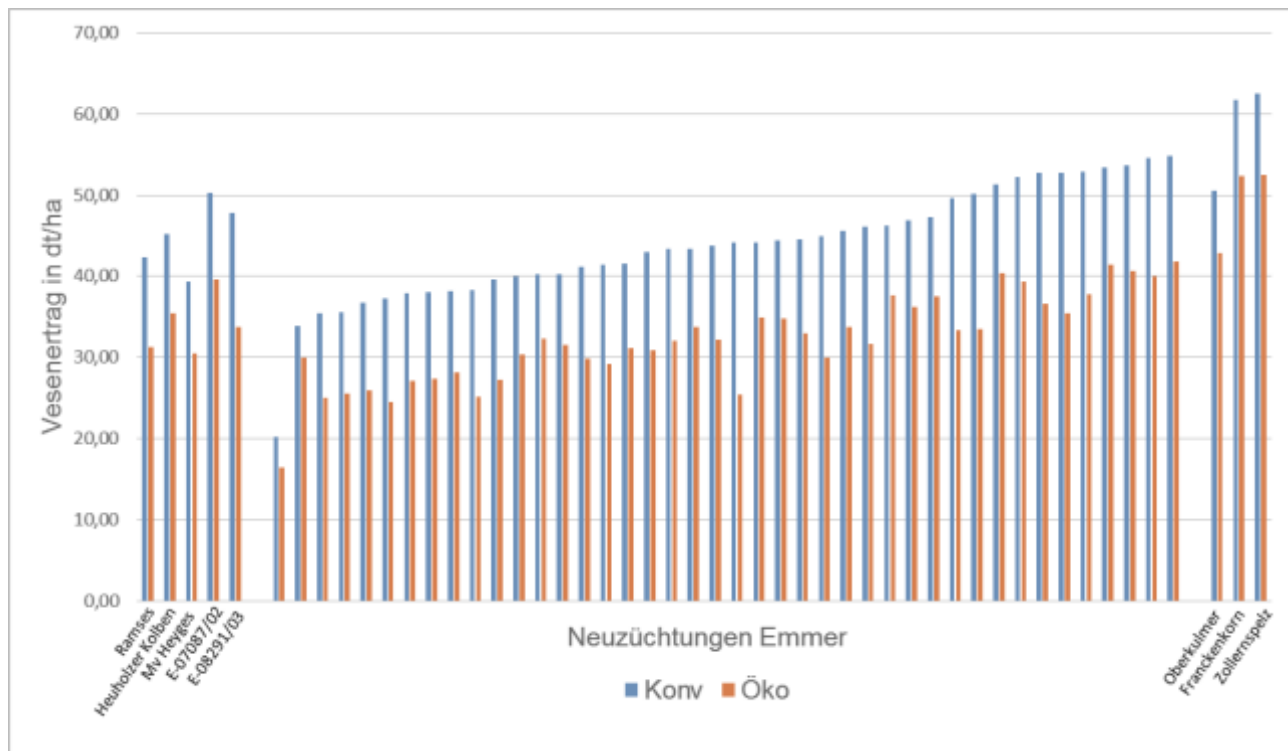
Von alten Getreidearten bzw. -sorten erwartet man im Vergleich zu modernem Hochleistungsweizen vor allem zwei Dinge: wenig Ertrag und eine hohe Wuchshöhe und somit große Lageranfälligkeit. Das liegt daran, dass diese alten Arten seit Jahrhunderten in Genbanken schlummern und noch nicht an die moderne Hochleistungslandwirtschaft angepasst wurden. Früher war neben einer deutlich geringeren Bodenfruchtbarkeit und Handernte ein hoher Strohertrag wichtig. Insofern überrascht es nicht, dass alle getesteten Emmersorten eine sehr hohe Wuchshöhe hatten (cf. Tab. 5.1.1-4). Damit einhergehend wurde auch ein hohes Risiko zur Lagerneigung festgestellt. Dies konnten wir auch schmerzhaft am Versuchsort KLH12 erleben, an dem ein heftiger Sturm den gesamten Versuch vernichtete (Grafik 6.1.1). Lagernde Bestände können zwar meistens noch geerntet werden, der Ertrag und vor allem die Qualität ist aber deutlich reduziert durch das kompakte Liegen nahe des Bodens mit hoher Feuchtigkeit. Insofern sind wir der Meinung, dass die Standfestigkeit die oberste Priorität im Anbau haben sollte. Dies kann der Landwirt durch mehrere Sachen erreichen. Bei der Sortenwahl gibt es aktuell wenig Auswahl in diesem Punkt, aber mit reduzierter Düngung, späterem Fruchtfolgeplatz, dünner Aussaat und damit einhergehender Anregung der Bestockung sowie dem Einsatz von Wachstumsreglern gibt es zahlreiche Möglichkeiten, die mangelnde Standfestigkeit zu verbessern. Zudem konnten wir in unserem Versuch klar herausarbeiten, dass der heutige Emmer von der Wuchshöhe und Standfestigkeit bereits das Niveau der alten aber vor allem im Ökobereich sehr populären Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn hat.



Grafik 6.1.1: Versuchsfeld KLH12 mit vollständigem Lager nach einem heftigen Sommergewitter

Ein ebenso wichtiger Punkt für den Landwirt ist das Ertragspotential des Emmer, um abschätzen zu können, wie hoch der Preis der Ernteware sein muss für eine rentable Produktion. Im Mittel aller Sorten, hatte Emmer einen ca. 25% geringeren Ertrag als der Dinkel (Tab. 5.1.4). Allerdings schwankte der Ertrag der einzelnen Emmersorten in beiden Anbaualternativen erheblich, von katastrophalen 16 dt/ha bis weit über gute 40 dt/ha. Auch für uns sehr überraschend konnte im Projektversuch aber gezeigt werden, dass die besten Emmer-Neuzüchtungen der LSA bereits das Ertragspotential der alten populären Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn haben (Grafik 6.1.2). Ein Landwirt, der sich also

für den Anbau der Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn entscheidet, kann genauso gut und erfolgreich Emmer anbauen. Wenn er zudem einen kleinen Preisaufschlag im Vergleich zu Oberkulmer Rotkorn aushandeln kann, macht er ein gutes Geschäft.



Grafik 6.1.2: Adjustierte Mittelwerte für Vesenertrag der 47 Emmersorten im Vergleich mit drei bekannten Dinkelsorten unter extensiv konventioneller (blau – 7 Orte) und ökologischer Bewirtschaftungsweise (rot - 8 Orte).

Stellt Emmer nun eine interessante Produktionsalternative für den Öko- oder konventionellen Landbau dar? Wir denken ja, für beide Produktionsalternativen sofern die Ratschläge zu Standfestigkeit und Ertrag von oben beherzigt werden. Unterschiede zwischen der ökologischen und extensiv konventionellen Bewirtschaftungsweise unseres Versuches konnten wir nur wenige feststellen. Der Ertrag war bei allen Sorten ca. 10% und die Wuchshöhe ca. 8 cm höher unter konventioneller Bewirtschaftung. Beim Rest der Merkmale, also Resistenzen und Qualitäten, konnten keine großen Unterschiede festgestellt werden. Da für Ökoware aber generell etwas mehr gezahlt wird, dürfte der Ertragsverlust im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft aber ausgeglichen sein. Gerade für den Ökoanbau wäre für die Landwirte zu prüfen, ob Emmer nicht eine interessante Alternative für einen späten Fruchtfolgeplatz sein könnte.

6.2 Züchtung von Emmer

Für eine erfolgreiche Emmerzüchtung sind folgende Kennzahlen von absoluter Notwendigkeit: Varianzkomponenten, Heritabilität und die Korrelation zwischen den Zielmerkmalen, die es zu verbessern gilt. Alle diese Kenngrößen waren vor diesem Projekt unbekannt und konnten dank des Projektes nun mit einer großen Genauigkeit für konventionellen und Ökologischen Landbau geschätzt werden.

Bei den Varianzkomponenten sind vor allem zwei Schätzwerte von Bedeutung, die genetische Varianz (σ^2_G) sowie die Varianz der Genotyp x Umweltinteraktion (σ^2_{GxE}). In der Züchtung kann nur selektiert werden, wenn es auch natürliche Merkmalsunterschiede gibt, wenn also eine signifikante und möglichst große genetische Varianz vorhanden ist. Für alle Merkmale konnten signifikante und große genetische Varianzen unter beiden Bewirtschaftungsweisen festgestellt werden (Tab. 5.1.1 und Tab. 5.1.2).

Die Genotyp x Umweltinteraktion ist dahingegen ein Maß, ob und wie stark die Sortenrankierungen an den einzelnen Versuchsorten schwanken. Für alle Merkmale wurde in unserem Versuch eine signifikante Varianz der Genotyp x Umweltinteraktion (σ^2_{GxE}) festgestellt. Diese war aber in den meisten Fällen deutlich kleiner als die genetische Varianz (σ^2_G). Somit sind mehrortige Versuche nötig, um möglichst genau das generelle Leistungspotential der Emmersorten abzutesten.

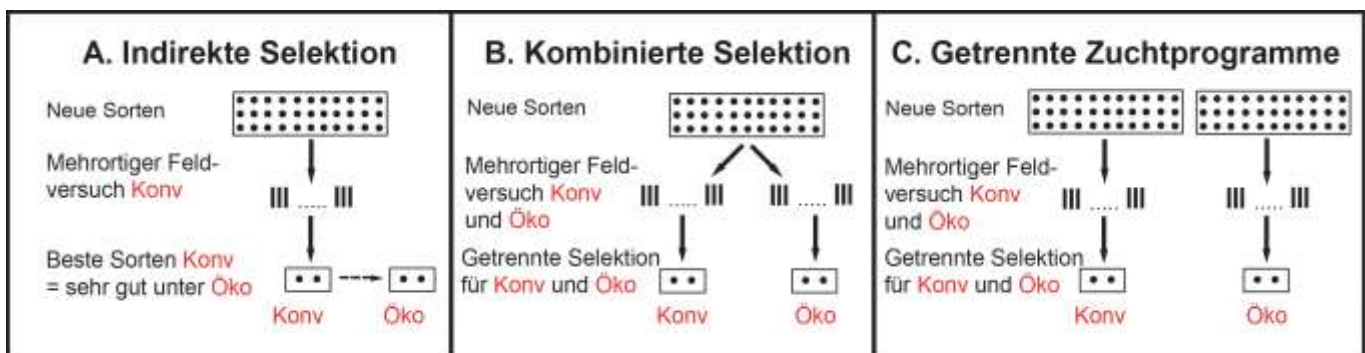
Wie sehr die einzelnen Merkmalsausprägungen aber nun von der Sorte bestimmt sind im Vergleich zu spezifischen Umwelteinflüssen, wie z.B. Bodenfaktoren, quantifiziert die sogenannte Heritabilität. Sie misst die Einflußgröße der genetischen Varianz relativ zur Einflußgröße Umwelt in Prozent. Das bedeutet, je näher die Heritabilität am Wert 100

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

ist, umso weniger bedeutsam sind Umwelteinflüsse bei der Merkmalsausprägung. Merkmale wie Wuchshöhe, Ährenschieben, Sedimentationsvolumen und B-Wert weisen hohe Heritabilitäten im Weizen oder Dinkel auf (cf. Longin et al 2013, Longin et al. 2014), während Ertrag, Krankheitsresistenzen sowie Proteingehalt eher Heritabilitäten mittlerer Größe haben. Die hier im Projekt für Emmer erzielten Schätzwerte bestätigen dies, sind aber tendenziell größer als Berichte bei Weizen und Dinkel (Tab. 5.1.1 und Tab. 5.1.2). Dies liegt sicher zu einem großen Teil an der sehr großen Ortszahl, die diesem Projektversuch zu Grunde liegt und der die zitierten Studien deutlich übertrifft. Das bedeutet, dass im Generellen die Feldversuche sehr gut mit hoher Versuchsgenauigkeit durchgeführt wurden und die daraus resultierenden Ergebnisse eine qualitativ sehr hochwertige Datenbasis darstellen. Zum anderen können generelle Schlüsse abgeleitet werden. Wuchshöhe, Ährenschieben, Sedimentationsvolumen, B-Wert und Gelbrost weisen eine hohe Heritabilität und eine eher kleine Genotyp x Umweltinteraktion ($\sigma^2_{G \times E}$) auf und können somit mit geringer Ortszahl bestimmt und selektiert werden. Es bietet sich also für diese Merkmale eine Selektion in den frühen Züchtungsgenerationen an. Dahingegen wird der Ertrag, Proteingehalt und Blattfleckenbefall stärker von der Umwelt mit beeinflusst und es sind größere Ortszahlen zum Testen potentieller Neuzüchtungen nötig. Das geht im Züchtungsprozeß erst in den späteren Generationen, in denen genügend Saatgut für mehrortige Versuch zur Verfügung steht.

Die letzte wichtige Kennzahl für eine erfolgreiche Züchtung sind die Korrelationen zwischen den Merkmalen, die verbessert werden sollen. Hierbei sind insbesondere negative Korrelationen zwischen Merkmalen, die gleichzeitig gesteigert werden sollen, sehr hinderlich. In unserem Emmerversuch fallen zwei negative Korrelationen auf. Erstens sind Ertrag und Proteingehalt (Tab. 5.1.3) auch bei Dinkel und Weizen negativ korreliert (cf. Longin et al. 2013, Longin et al. 2014). So ist es auch im Emmer schwierig, Sorten mit hohem Ertrag und hohem Proteingehalt zu züchten. Allerdings konnte bei den Untersuchungen des ttz-BILB festgestellt werden, dass die Verarbeitungseigenschaften von Emmermehlen bzw. die Qualitäten der Gebäcke aus den Emmermehlen nur in einem geringen Maße auf den Proteingehalt zurückgeführt werden können (Verhältnis Höhe/Breite der Gebäcke und Rohproteingehalt hat einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,46$). Sodass überdacht werden sollte, ob überhaupt auf den Proteingehalt gezüchtet werden sollte. Zweitens war Frostschaden und Wuchshöhe hoch negativ korreliert. Das bedeutet, dass die kürzeren Sorten, die für den Anbau gewollt sind, scheinbar weniger winterhart sind. Dieser Zusammenhang würde den Zuchtfortschritt in zwei für den aktuellen Emmeranbau wichtigen Größen bremsen. Weitere Studien sind nötig, um die kausalen Zusammenhänge besser herauszuarbeiten. Für das Zuchtschema bedeutet dies, dass möglichst früh parallel, die Wuchshöhe und Winterhärte abgeprüft werden sollten. Zudem sollte keine Selektion auf Proteingehalt erfolgen, solange es dazu parallel keine Ertragswerte gibt. Sonst läuft man Gefahr, die ertragsstärksten Sorten wegen mangelnden Proteingehaltes aus zu selektieren. Alle anderen Merkmalszusammenhänge sind derart, dass eine zielgerichtete Selektion möglich ist.

Wir denken, dass der Emmer sowohl im ökologischen sowie im konventionellen Landbau erfolgsversprechend angebaut werden kann. Wie kann nun aber ein Emmerzuchtprogramm möglichst effizient für beide Bewirtschaftungsweisen beste Sorten züchten? Es gibt theoretisch drei Möglichkeiten, die in Grafik 6.2.1 dargestellt sind. Ein Extrem wäre, dass man ein Zuchtprogramm z.B. für konventionellen Landbau hat und davon ausgeht, dass die darin selektierten automatisch auch für den Ökolandbau gut sind, also klassische indirekte Selektion (Grafik 6.2.1.A). Das andere Extrem wären zwei völlig getrennte Zuchtprogramme, mit unterschiedlichen Zuchtstämmen und separaten Feldprüfungen (Grafik 6.2.1.C), was aber dann auch das doppelte Budget kostet. Als Kompromiss könnte man ein Zuchtprogramm fahren und die gleichen Sorten nur unter den zwei Anbaualternativen testen (Grafik 6.2.1.B).



Grafik 6.2.1: Mögliche Züchtungsschemen für eine gleichzeitige Sortenzüchtung für Öko- und konventionellen Landbau

Alternative A ist die billigste und logistisch einfachste Lösung, aber wie hoch ist das Risiko, dass man die besten Sorten für den ökologischen Landbau nicht findet, weil man nur unter konventionellen Anbaubedingungen testet? Dafür kann

man mehrere Kennzahlen unseres Emmerversuches zu Rate ziehen. Als erste Kennzahl kann man die Korrelation des Ertrages der Emmersorten unter beiden Anbaubedingungen zu Rate ziehen. Diese war mit 0.9^{***} sehr hoch. Gleiches gilt für die Merkmale Wuchshöhe, Ährenschieben, Gelbrost, Proteingehalt und B-Wert. Zudem kann man sich die Sortenrankierungen unter beiden Anbaualternativen genauer betrachten. Von den zehn unter konventionellen Anbaubedingungen besten Sorten, gehörten acht auch zu den Top Ten unter Ökobedingungen. Daraus ergibt sich für uns der Schluss, dass Zuchtschema A für Emmer effektiv funktionieren sollte. Da die meisten genetischen Varianzen und Heritabilitäten größer waren unter konventioneller als unter ökologischer Bewirtschaftung (Tab. 5.1.1, Tab. 5.1.2) wird der erwartete Selektionsgewinn mit einem konventionellen Zuchtprogramm und ausschließlich indirekter Selektion für den Ökolandbau maximiert.

Allerdings muss überlegt werden, ob und wenn ja in welcher Form auf für den Ökolandbau spezielle Fragestellungen trotzdem geachtet werden muss. Durch den Verzicht auf die Saatgutbeizung stellen die Erreger *Tilletia caries* und *Tilletia controversa* ein sehr großes Anbauproblem ausschließlich für den Ökolandbau dar. Wir haben in diesem Projekt Resistenztests gegenüber beiden *Tilletia* Arten gemacht. Während *Tilletia caries* ein samenbürtiger Erreger ist, den man leicht für Selektionsversuche inokulieren kann, ist *Tilletia controversa* bodenbürtig. Für einen erfolgreichen Versuch benötigt man bei Letzterem eine hochgradig und sehr homogen belastete Fläche. Trotz intensivem und sehr genauem Testen ist es uns nicht gelungen, statistisch abgesicherte Werte der Resistenz gegenüber *Tilletia controversa* zu erzielen. Dies ist im Einklang mit mittlerweile dreijähriger Versuchserfahrung des Antragstellers im Dinkel (Longin, unveröffentlicht). Züchtung auf Resistenz gegenüber *Tilletia controversa* ist somit sehr aufwendig mit hohem Versuchsfehler. Somit lassen sich von der Züchtung nur wenig Fortschritt bezüglich Resistenz gegenüber *Tilletia controversa* erwarten und die Forschung zu pflanzenbaulichen Lösungen, z.B. ökologische Beizmittel, sollte intensiviert werden.

Der Resistenztest gegenüber *Tilletia caries* lieferte dahingegen differenzierte Ergebnisse. Prinzipiell kann man mit Versuchen, bei denen das Saatgut als Körner (nicht als Vese) künstlich stark mit *Tilletia caries* inokuliert wird, aussagekräftige Ergebnisse mit hoher Heritabilität erzielen. Es gibt große Sortenunterschiede und das Merkmal Resistenz gegenüber *Tilletia caries* korreliert nicht negativ mit anderen wichtigen agronomischen Eigenschaften wie Ertrag. Somit sind alle Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Selektion gegeben. Nur hat die Sache einen Haken. Die Bestimmung der Krankheit im Feld wird durch den engen Spelzenschluss des Emmers sehr erschwert. So mussten zur Befallsbeurteilung die Ähren der verschiedenen Sorten von Hand aufgeschnitten werden, eine sehr zeitraubende und anstrengende Arbeit. Als Kompromiss bietet sich an, diesen Resistenztest erst sehr spät im Zuchtprogramm zu machen, wenn nur noch eine kleine Anzahl vorselektierter Emmersorten zur Auswahl steht.

6.3 Qualitätsuntersuchungen von Emmer

Zielkriterium war zu Beginn des Projektes die Generierung eines Auszugsmehles mit vergleichsweise geringen Mengen an Schalen- und Randbereichen des Getreidekorns. Beispielsweise wird bei Weizen das Analogon zur Mehltyp 550, im Dinkelbereich bei einer Mehltyp von ca. 630 festgelegt. Eine vergleichbare Type sollte zielgemäß auch für die Emmer-Mehle erzeugt werden. Der ermittelte Aschegehalt der untersuchten Proben liegt in der Analysenphase 2012 / Erntejahr 2011 zwischen 0,88 und 1,28 g / 100 g TS. In der Analysephase 2013 / Erntejahr 2012 zwischen 0,85 und 1,32 g / 100 g TS. Die generell kleineren und im Vergleich zur gesamten Probencharge eher unterschiedliche Korngröße und Sprödigkeit der Probematerialien kann als eine Ursache für die festgestellten höheren Aschegehalte angesehen werden, welche insbesondere zu Inhomogenität innerhalb der Versuchsreihen führen (unterschiedliche Sorte = unterschiedliche Größe und Sprödigkeit). Ebenfalls kann ein generell höherer Mineralstoffgehalt des Korns zu einem höheren Aschegehalt führen.

Auf Basis der Daten aus Ernte 2011 (Analyse 2012) kann keine Korrelation zwischen Rohproteingehalt und Feuchtklebergehalt ($r=0,431$) und Trockenkleber ($r=0,270$; basiert auf 8 Mehlen) festgestellt werden. Dies muss möglicherweise auf die schlechte Reproduzierbarkeit der Hand-Auswaschung und damit auf die größere Streuung in der Analysenwiederholung und die kleine Probenanzahl zurückgeführt werden. Auf Basis der Daten der Ernte 2012 (Analyse 2013) kann hingegen eine sehr gute Korrelation zwischen Rohproteingehalt und Feuchtkleber ($r=-0,865$) ermittelt werden. In Analysenphase 2013 ist die Probenanzahl allerdings auch deutlich höher als in Analysenphase 2012. Auffällig in der Analysenphase 2012 (Ernte 2011) ist eine sehr gute Korrelation zwischen dem Trockenkleber und der Teigerweichung im Farinogramm ($r=0,834$; basiert auf 8 Mehlen). Der max. Dehnwiderstand zeigt eine mäßige Korrelation ($r=0,644$, basiert auf 8 Mehlen). Eine Verbindung zum Aschegehalt konnte nicht detektiert werden ($r=0,218$). In Analysenphase 2013 (Ernte 2012) können Korrelationen des Feuchtklebergehaltes mit dem Aschegehalt ($r = 0,678$), der Wasseraufnahme (bez. auf 14 % Feuchte: $r = 0,801$; bez. auf Standardkonsistenz: $r = 0,819$), dem SDS-Sedi-Wert ($r = 0,638$), der Dehnbarkeit ($r = 0,692$), PCD ($r \sim 0,65$ bei allen vier Messpunkten) und Partikelgröße ($d 0,1$: $r = 0,724$; $d 0,5$: $r = 0,638$; $d 0,9$: $r = 0,581$) gefunden werden. Die Korrelationstabellen finden sich im Anhang.

Die Bestimmung des Glutenindex ist nur sehr bedingt realisierbar und reproduzierbar. Verstärkt wird die geringe Wiederholbarkeit durch die händisch-mechanische und somit eher unpräzise Beanspruchung des Gluten durch die Handauswaschung. In der Folge und generell durch die eher geringe Kohärenz (Zusammenhalt) der Kleberstruktur vieler Proben, werden sehr inhomogene Analysedaten generiert. Der Glutenindex wird daher nur für die ersten 8 Proben (E03 bis E10 der Ernte 2011) ermittelt und für die weiteren Proben sowie auch für die Analysenphase 2013 (Ernte 2012) ausgesetzt. Es werden Werte zwischen 30 und 0 detektiert. Die Kohärenz und Kohäsivität wird vor allem durch hohe Glutamingehalte der Kleberstruktur definiert. Offensichtlich enthalten bestimmte Emmersorten einen vergleichsweise geringen Anteil an Glutamin und entwickeln dementsprechend Kleberstrukturen mit eher geringem Zusammenhalt.

Die SDS-Sedimentationswerte der untersuchten Proben aus dem Erntejahr 2011 liegen zwischen 10,9 und 35,1 ml / 5g Probe. In der Analysenphase 2013 (Ernte 2012) liegen die SDS-Sedimentationswerte zwischen 12 und 26 ml / 5 g Probe. Die große Streubreite innerhalb der Datenreihen der Protein-charakterisierenden Kenndaten, setzt sich demzufolge auch bei dem SDS-Sedimentationswert fort, wobei die Schwankungsbreite im Erntejahr 2012 deutlich geringer ist. Der Grad der Quellung in entsprechenden Lösungsmitteln ist prinzipiell von Klebergehalt und –qualität abhängig und sollte dementsprechend eine Korrelation mit Kenndaten wie Rohproteingehalt und Feuchtklebergehalt generieren. Bei der Auswertung der Daten aus der Analysenphase 2012 (Ernte 2011) kann jedoch nur eine geringe Korrelation zwischen SDS-Sedi-Wert und Feuchtkleber ($r=0,453$) sowie Rohprotein ($r=0,429$) nachgewiesen werden. Auch bei der Auswertung der Daten über beide Analysenphasen kann nur eine geringe Korrelation zwischen SDS-Sedi-Wert und Feuchtkleber ($r=0,405$) sowie Rohprotein ($r=0,432$) nachgewiesen werden. Dieser Umstand verdeutlicht, dass u.a. hydrophobe Wechselwirkungen durch Emmerproteine offenbar nur sehr gering eintreten, da wir in Gegenwart von Seifen (SDS) keine Beziehungen zu Backeigenschaften ermitteln können. Trockenkleber und SDS-Sedi-Wert können hingegen in Beziehung zueinander gesetzt werden ($r=0,867$, Messwerte von 8 Mehlen). Korrelationen des Trockenklebers mit der Teigerweichung, dem max. Dehnwiderstand und den SDS-Sedi-Werten sind auf Basis der schwachen Datenlage schwer interpretierbar, verdeutlichen aber zunächst die Komplexität der Zusammenhänge. Zu berücksichtigen ist hier insbesondere die geringe Anzahl an untersuchten Mehlen. In Analysenphase 2013 (Ernte 2012) können hingegen Korrelationen zwischen SDS-Sedi-Wert und Wasseraufnahme ($r=0,659$) und Feuchtkleber ($r=0,638$) gefunden werden. Trockenkleber und SDS-Sedi-Wert korrelieren bei der Ernte 2012 nicht ($r=0,249$). Betrachtet man die Daten über beide Erntejahre zusammen können keine Korrelationen des SDS-Sedi-Wertes mit den anderen Analysedaten gefunden werden ($r<0,6$). Zurückzuführen ist dieses wahrscheinlich auf die wenig hydrophobe Interaktionen innerhalb der Emmerteige.

In der Analysenphase 2013 liegen die Fallzahlen der Proben zwischen 267,2 und 512,6 Sekunden und damit höher als die Fallzahlen in der Analysenphase 2012. Laut der Ernteberichte aus dem Jahr 2011 führten im Jahr 2011 ein sehr trockenes Frühjahr und ständige Regenfälle in der Ernteperiode zu sehr heterogenen Qualitäten bei der Getreideernte und zu erhöhten Enzymaktivitäten (Fallzahlen niedrig). Im Gegensatz dazu waren die klimatischen Bedingungen im Jahr 2012 günstiger, sodass die Fallzahlen von Getreide in Deutschland im Vergleich zum Vorjahr höher lagen. Dies kann durch die hier vorliegende Versuchsreihe bestätigt werden.

Die Werte der Heiß- und Kaltviskosität stehen wie erwartet in enger Beziehung zur Fallzahl (2012: Heißviskosität $r=0,932$, Kaltviskosität $r=0,942$; 2013: Heißviskosität $r=0,780$, Kaltviskosität $r=0,665$; beide Jahre: Heißviskosität $r=0,805$, Kaltviskosität $r=0,873$). Es werden Heißviskositäten zwischen 12,2 und 270,8 mPas und Kaltviskositäten zwischen 7,0 und 795,7 mPas bei den Proben aus der Ernte 2011 detektiert. Bei den Proben der Ernte 2012 werden Heißviskositäten zwischen 60,5 und 677,5 mPas und Kaltviskositäten zwischen 169,5 und 1264,5 mPas gemessen. Die Heiß- und Kaltviskositäten liegen bei der Ernte 2011 somit etwas unter den Werten für Weichweizen (Heißviskosität ca. 300 und Kaltviskosität ca. 1000 mPas) und bei der Ernte 2012 auf ähnlichem Niveau wie Weichweizen. Auf Basis dieser Daten kann festgestellt werden, dass die Stärkequalität der Emmerproben in etwa der Qualität von Weichweizen entspricht. Die Unterschiede der Viskositäten der Proben beider Erntejahre sind wie bei der Fallzahl auf die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen und damit auch auf unterschiedlichen Enzymaktivitäten zurückzuführen. Es können keine weiteren Korrelationen detektiert bzw. erkannt werden.

Die Ergebnisse der zahlreichen Qualitätsuntersuchungen des ttz wurden neben der backtechnischen Analyse (siehe Abschnitt 6.3) auch züchterisch ausgewertet (*Tabelle 6.3.1*). Die zentrale Zielgröße aus züchterischer Sicht ist die Backqualität der einzelnen Emmersorten, hier im Projekt ausgedrückt als Volumenzahl. Es konnte eine große Spannweite der Volumenzahlen der einzelnen Emmersorten festgestellt werden von 0,18 – 0,4, was zu einer signifikanten genetischen Varianz führte. Das bedeutet, dass auch im Emmer eine natürliche Varianz der Backqualität vorhanden ist, auf die auch selektiert werden kann. Die Heritabilität der Volumenzahl war mit 67,26 relativ gering. Das liegt einerseits an der zu geringen Anzahl an Proben von nur zwei Orten, die untersucht worden sind. Zum anderen spiegelt sich wieder, dass die Backqualität ein Merkmal ist, welches gleichermaßen von der Genetik und der Umwelt

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

(hier v.a. Stickstoffverfügbarkeit) beeinflusst wird. Gleiches gilt für die anderen untersuchten Qualitätsmerkmale, zum Teil aber in abgeschwächter Form (vgl. TKG oder PCD4). Weitere Studien sind nötig, um eine genauere Quantifizierung des Umwelteffektes auf die Backqualität bei Emmer zu erarbeiten.

Tabelle 6.3.1: Ergebnisse der Serienanalyse über 2 ökologische Orte der Emmersorten, die auf Qualität vom ttz untersucht wurden (σ^2_G = genetische Varianz, $\sigma^2_{G \times E}$ = Varianz der Genotyp x Umweltinteraktion, σ^2_e = Fehlervarianz, h^2 = Heritabilität, LSD = least significant difference at 0.05 probability level).

	Volumenzahl	Klebergehalt	TKG	Aschegehalt	Fallzahl	F max	Max weg	PCD 4
Min	0,18	5,15	33,54	0,87	227,08	0,05	45,67	-9,06
Mean	0,31	23,43	47,57	1,09	369,97	0,1	64	-6,81
Max	0,4	46,24	61,57	1,3	481,17	0,19	98,21	-4
σ^2_G	0,0023**	25,12*	59,64***	0,0087***	2241,93*	0,0007***	107,49**	1,08**
σ^2_e	0,002	27,74	4,75	0,0039	3539,16	0,0005	92,5	0,25
h^2	67,26	61,92	84,4	79,86	53,3	66,43	62,24	88,32
LSD	0,096	10,57	4,29	0,13	127,48	0,048	20,76	1,07

*, **, *** statistisch signifikant mit einem Wahrscheinlichkeitsniveau von 0,05, 0,01 bzw. 0,001

In der Züchtung müssen zahlreiche Proben, von denen es nur geringe Mengen an Körnern gibt, in sehr kurzer Zeit auf die Backqualität getestet werden. Somit ist es in der Züchtung nicht möglich, Backversuche durchzuführen. Ein großes Ziel dieses Projektes war es, eine Vielzahl an alternativen Qualitätsuntersuchungen zu überprüfen, ob diese geeignet sind, die Backqualität anhand kleinster Probenmengen indirekt abschätzen zu können. Hierfür konnte das ttz neueste innovative Methodiken mit alt bewährter Routineanalytik bereitstellen und passte die Analytik zudem an kleine Mehlmengen an. Bei allen indirekten Methoden wurden große Schwankungen zwischen den einzelnen Emmersorten festgestellt, die jeweils zu signifikanten genetischen Varianzen und z.T. sehr guten Heritabilitäten führten (Tabelle 6.3.1). Allerdings konnten für die meisten indirekten Qualitätsmethoden keine oder nur sehr geringe Korrelationen zum Zielmerkmal Volumenzahl festgestellt werden. Die höchste Korrelation mit der Volumenzahl wurde für den Wert F max des Extensogrammes festgestellt. Allerdings war die Korrelation mit 0,59*** noch relativ gering und zudem überschätzt (Grafik 6.3.1). Diese Korrelation wird vor allem von den drei Sorten rechts oben in der Grafik 6.3.1 bestimmt, bei denen eine hohe Volumenzahl und ein hoher F Max-Wert auftritt. Im Bereich des F Max-Wertes von 0,10-0,15 lässt sich aber kein Zusammenhang zwischen beiden Merkmalen feststellen. Somit muss aus züchterischer Sicht festgestellt werden, dass trotz intensiver Bemühungen des ttz kein geeigneter indirekter Schnelltest für Backqualität in diesem Projekt erarbeitet werden konnte. Neben möglicher fehlender Zusammenhänge im Emmer im Generellen, kann dies aber auch methodische Gründe haben. Vor allem die kleine Probenanzahl ist kritisch zu sehen. Im Weizen bzw. Dinkel konnten solch methodische Zusammenhänge nur an deutlich größeren Sortenkollektionen (N >> 100), die an mehreren Orten getestet wurden, erarbeitet werden.

Betrachtet man die backtechnologischen Veranlagungen von Emmer-Aufwüchsen, so wird deutlich, dass aufgrund der vorhandenen eher geringen Kohäsivität der Teige, des geringen Gashaltevermögens, der geringen Gebäck-Volumenausbildung usw. die Backeigenschaften nur als eingeschränkt bezeichnet werden können. Auffällig ist es diesbezüglich, dass Emmer die peptidische Stoffgruppe der Puroindoline fehlt (hydrophobe, stark kationische, stark schäumende Peptide mit ca. 13 kDa), die bekanntlich u.a. Protein-Lipid-Interaktionen in Teigen anderer Weizenarten (*T. aestivum*, *T. spelta* etc. bilden Puroindoline) vollzieht und namentlich eine ausgeprägte Grenzflächenstabilisierung um Gasblasen in einem Teig vollzieht (Gan 1994), die u.a. Teig-Kohäsivität, Gebäck-Volumen, Porosität der Krumenstruktur etc. generiert.

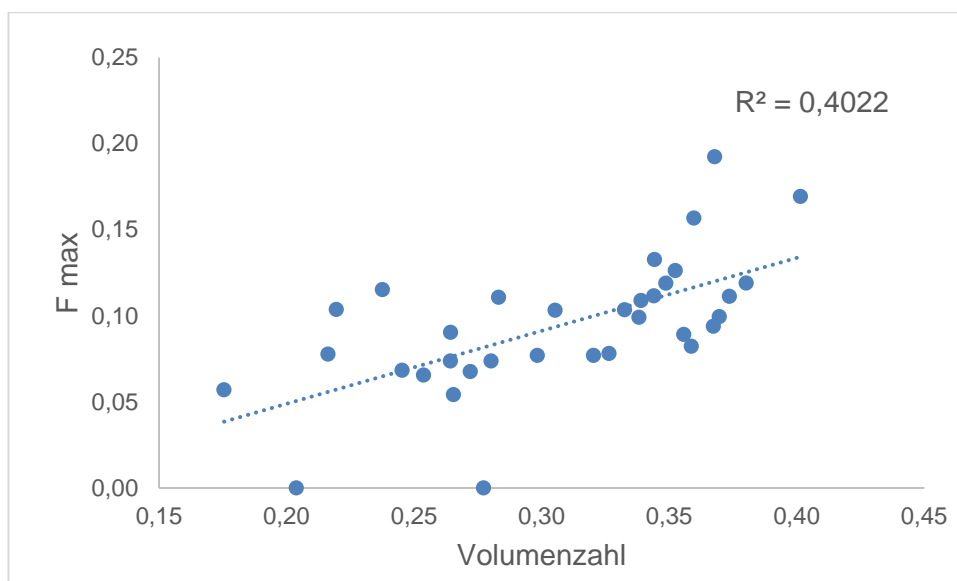
Die erarbeiteten Daten belegen, dass etablierte Methoden zur Charakterisierung von Teig- und Backeigenschaften etwa im Weichweizenbereich die o.g. Grenzflächenaktivität bzw. Kohärenz eines Teigsystems voraussetzen (Glutenindex, Teigdehnung, Aggregationstest), um bestimmte Operationen (Messungen) am Teig überhaupt durchführen zu können. Offensichtlich spielen hydrophobe Interaktionen bei der Kleber- bzw. Teigbildung eine spezifische und relevante Rolle (Puroindoline induzieren u.a. hydrophobe Reaktionen bei anderen Weizenarten wie Dinkel), so dass vor diesem Hintergrund angenommen werden kann, dass die backtechnischen Eigenschaften von Emmermehlen im Vergleich zu Weichweizen u.a. deswegen eher schwach ausgeprägt sind (vergl. Ergebnisse des SDS-Sedi-Wertes), weil Emmer aufgrund seiner genetischen Disposition nachweislich keine Puroindoline synthetisieren kann (Gautier et al.).

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Emmersorten, die mithilfe üblicher Untersuchungs-Methoden charakterisierbar sind (also Teige ausbilden (Kohäsivität), die dehnbar sind, eine gewisse Elastizität bzw. Plastizität aufweisen), können in erster Annäherung als vielversprechend **in Bezug auf „Backqualität“ bewertet werden.**

Das wiederum bedeutet, dass in erster Annäherung Emmersorten ausgewählt werden sollten, die zumindest weniger sensitiv gegenüber einem mechanischen Energieeintrag und somit auf die Aggregation des Klebers reagieren. Die hier untersuchten Methoden zur Bestimmung der Aggregation wurden mittels Haushaltsmixer oder im klassischen Rheometer durchgeführt und weisen einige methodische Schwachstellen auf.

Ggf. ist die Charakterisierung **mittels „GlutoPeak“ (Firma Brabender) in der Lage, geeignete Kennzahlen zu liefern.** Das Gerät ist relativ neu auf dem Markt (die Methodik als Aggregationstest schon länger bekannt) und kann mit guten Korrelationen zur Backeigenschaften für Dinkelproben eingesetzt werden (eigen Daten, ttz-intern). Dinkel weist bekanntlich ebenfalls eine schwache Kleberaggregation auf, er generiert aber doch eine höhere Kohäsivität, eine stärkere Grenzflächenstabilisierung (Volumen, Porosität) etc. als der Emmer. Die sog. GlutoPeak-Methode scheint daher geeignet zu sein, auch schwache Kohärenz in Teigsystemen reproduzierbar darzustellen.



Grafik 6.3.1: Zusammenhang der adjustierten Mittelwerte von 34 Emmersorten zwischen dem Wert F max des Extensogrammes und dem Zielmerkmal Volumenzahl

Aus den ganzen Projektversuchen konnten fünf neue Emmerzuchtstämme identifiziert werden, die sowohl im Ertrag, Standfestigkeit als auch den Resistenzeigenschaften relevante, reproduzierbare Verbesserungen zu den bereits vorhandenen Sorten darstellen (siehe Grafik 6.1.2). Diese Zuchtstämme wurden an mehrere Züchter abgegeben sind aktuell in Züchturvorbereitungen bzw. dem Zulassungsverfahren des Bundessortenamtes. Zudem hilft die breite Datenbasis gezielt neue Kreuzungen zu machen, um den Emmer mittelfristig winterhärter, standfester, resistenter und ertragreicher zu machen.

6.4 Verarbeitungseigenschaften und Nutzungspotential von Emmer

In 2013 wurde eine Einstufung der untersuchten Emmersorten in Backqualitäts-Stufen vorgenommen. Es konnten Emmermehle mit rel. guten Backeigenschaften identifiziert werden. Basis für eine solche Einteilung sind die in Kapitel 5.4 dargestellten Ergebnisse der Backversuche aus 2012 (V1) sowie die Ergebnisse aus 2013 (V1 und V2).

Die backtechnologischen Ergebnisse (vergleiche Kapitel 5.4) wurden in drei Backqualitäten unterteilt:

- Uneingeschränkte Empfehlung
- Eingeschränkte Empfehlung
- Für Backwaren nicht zu empfehlen

Konkrete Backergebnisse als Beispiele zeigt die Grafik 6.4.1.

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer



Grafik 6.4.1: Beispiele für eine getroffene Einteilung in Backqualitäten verschiedener Emmeraufwüchse

Zur Auswertung und Übersicht wurden alle Proben (Ernte 2011 und 2012) zusammenfassend in Tabelle 6.4.1 nach „Qualität“ eingeteilt.

Tabelle 6.4.1: Bewertung der Backqualität der Emmersorten

Sortiert nach "Qualität"						Sortiert nach Nummer / Chiffre						
Chiffre	2012	2013	2013-opt			Chiffre	2012	2013	2013-opt			
Uneingeschränkt empfehlenswert:						E03					braun	begrannt
E06				schwarz	begrannt	E04					weiß	begrannt
E15				braun	begrannt	E05					weiß	begrannt
E22				schwarz	begrannt	E06					schwarz	begrannt
E03	?			braun	begrannt	E07					braun	pelzig, schwarze Grannen
E08				weiß	begrannt	E08					weiß	begrannt
E13				schwarz	begrannt	E09					schwarz	begrannt
E14				weiß	begrannt	E10					weiß	begrannt
E17				schwarz	begrannt	Ramses					braun	begrannt
E28				schwarz	begrannt	Ostis					braun	begrannt
E29				weiß	begrannt	E13					schwarz	begrannt
E31				weiß	begrannt	E14					weiß	begrannt
E32				weiß	ohne Grannen	E15					braun	begrannt
Eingeschränkt empfehlenswert (ggf. weitere Proben):						E16		◇	◇		weiß	begrannt
E07				braun	pelzig, schwarze Grannen	E17					schwarz	begrannt
E09				schwarz	begrannt	E18					braun	begrannt
E10				weiß	begrannt	E19		◇	◇		braun	begrannt
E24				schwarz	begrannt	E20					braun	pelzig, begrannt
Flachgebäcke/spezielle Anwendungen (ggf. weitere Proben):						E21		◇	◇		braun	begrannt
E33				weiß	begrannt	E22					schwarz	begrannt
E34				weiß	begrannt	E23		◇	◇		weiß	schwarz begrannt
E35				weiß	begrannt	E24					schwarz	begrannt
E36	◇			braun	begrannt	E25					weiß	begrannt
E20				braun	pelzig, begrannt	E26					schwarz	begrannt
E25				weiß	begrannt	E27					weiß	begrannt
E30				weiß	begrannt	E28					schwarz	begrannt
E27				weiß	begrannt	E29					weiß	begrannt
Zu wenig Daten für eine Einschätzung:						E30					weiß	begrannt
E16		◇	◇	weiß	begrannt	E31					weiß	begrannt
E19		◇	◇	braun	begrannt	E32					weiß	ohne Grannen
E21		◇	◇	braun	begrannt	E33					weiß	begrannt
E23		◇	◇	weiß	schwarz begrannt	E34					weiß	begrannt
Für Backwaren nicht zu empfehlen:						E35					weiß	begrannt
E04				weiß	begrannt	E36		◇			braun	begrannt
E05				weiß	begrannt	Di01-13		◇				
E11				braun	begrannt	Di02-13		◇				
E12				braun	begrannt	Di03-13		◇				
E18				braun	begrannt	W01-13		◇				
E26				schwarz	begrannt							
Di01-13	◇					Legende:						
Di02-13	◇					◇	keine Proben Vorhanden					
Di03-13	◇						Uneingeschränkte Empfehlung					
W01-13	◇						Eingeschränkte Empfehlung					
							Für Backwaren nicht zu empfehlen					

Folgende Sorten sind sowohl im V1 als auch im V2 als rel. gut backfähig eingestuft worden: 9.099/08, 9.005/02, 9.006/02, 9.002/03. Die Sorten 9.200/06, 9.013/99, 9.001/02, 9.001/03, 9.111/05 und 9.105/05, sowie die amtlich anerkannten Sorten Ramses und Osiris, zeigen gute Backeigenschaften im V2, sind jedoch im V1 etwas nachlassend zu bewerten. Die anderen Sorten sind zum Teil eingeschränkt zu empfehlen oder scheiden aufgrund sehr weicher, fließender Teige für die Produktion von ansprechenden Backwaren (freigeschoben Brote, Kleinbackwaren z.B. Brötchen) aus.

Die charakterisierenden Untersuchungen zeigen, dass die verschiedenen Sorten Unterschiede sowohl in der stofflichen als auch in funktionalen Komponenten bzw. Eigenschaften aufweisen. Es können Sorten identifiziert werden, die durch eine rel. gute Backeigenschaften charakterisiert werden können. Diese Sorten sollen zukünftig näher betrachtet werden in Verbindung mit der Frage, welche stofflichen Strukturen und Interaktionen in Teig und Gebäck ursächlich diese unterschiedlichen Backeigenschaften erklären können. Namentlich hydrophobe Interaktionen, die Reaktivität z.B. polarer Lipide mit Kleberproteinen. Die spezifische Bedeutung und Reaktivität z.B. der Puroindoline erscheint im Kontext dieser und neuartiger anderer Untersuchungen relevant und kann Gegenstand weitergehender Maßnahmen werden. Da offensichtlich die Grenzflächenstabilisierungen entsprechender Kleber- bzw. Teigstrukturen bei Emmer eine Problemstellung darstellt, kann der Einfluss von grenzflächenaktiven Stoffen (z.B. Phospholipide) in diesen Probenmaterialien untersucht und geprüft werden. Einkreuzungen von Puroindolinen in Emmeraufwüchse kann möglicherweise die problematischen Backeigenschaften dieser Weizenarten relevant verbessern helfen und so den Nutzwert dieser Sorten entscheidend anheben.

6.5 Öffentlichkeitsarbeit

Großes Interesse der Landwirtschaft, Müllerei, verarbeitenden Industrie sowie der breiten Öffentlichkeit begleiteten das Projekt von Beginn an. So wurden deutlich mehr Feldtage als geplant durchgeführt: am 1.7.2012, 5.7.2012, 10.7.2012, 5.7.2013 sowie 8.7.2014 jeweils in Hohenheim und am 18.6.2013 bei der KWS in Wiebrechtshausen. Insgesamt kamen zu allen Veranstaltungen mehr als 300 Personen, Landwirte, Bäcker, Müller, Züchter, und Vertreter relevanter Ökoverbände, Landwirtschaftsämter sowie der Ministerien. Zudem war die Resonanz in der Presse enorm (Bauernblatt, Ökozeitschriften, Internetportals, große Tageszeitungen, sowie Fernsehen).

Der letzte Feldtag stellte einen deutlich größeren Praktikerworkshop dar. Auf dem Versuchsstandort Heidfeldhof wurden am 8.7.2014 Vorträge, Feldführung und Backproduktvorstellungen zu Emmer realisiert. Mehrere größere Bäckereien und ein Nudelfabrikant stellten ihre Emmerprodukte vor. Dieses Treffen wurde vor allem auch als Kennenlern-Event beworben und auch intensiv genutzt. Darüberhinaus hat die LSA eine Austauschplattform im Internet geschaffen, in der sich interessierte der Produktionskette Emmer austauschen und kennenlernen können (<https://www.xing.com/net/emmer/>).

Am Zwergsteinbrandversuchsfeld in Haussen ob Urspring wurde zudem ein kleiner Feldtag für Landwirte, Züchter und Landratsamt durchgeführt. 20 Besucher betrachteten hochinteressiert den Versuch am 22.07.2014. Herr Longin präsentierte zudem die Ergebnisse des Projektes auf der Bäckermesse „Südback“ am 20. und 21.10.2014.

7. **Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse. Wurden im Projekt praxisrelevante Ergebnisse erzielt? Falls nein, bitte begründen, falls ja: erläutern, inwiefern diese Ergebnisse direkt praktisch anwendbar sind. Sofern praxisrelevante Erkenntnisse gewonnen wurden, Erstellung eines Merkblatts zwecks Transfer dieser Ergebnisse in die Praxis (s. III.)**

In diesem Projekt wurden praxisrelevante Ergebnisse erzielt. So konnte klar herausgearbeitet werden, dass Emmer eine attraktive Alternative im ökologisch wie im konventionellen Landbau ist. Es wurden klar die Stärken und Schwächen sowie mögliche Lösungsansätze für den erfolgreichen Anbau erarbeitet und bereits während des Projektes mehrfach publiziert. So werden diese Erkenntnisse bereits in der Landwirtschaft genutzt und umgesetzt. Zudem konnten für die Emmerzüchtung relevante Kennzahlen erarbeitet werden, die das beispielhafte Design eines Musterzuchtsschemas erlauben (siehe Merkblatt 1). Die Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Resistenz gegenüber *Tilletia caries* und *Tilletia controversa* werden zudem in einer weiteren Publikation kommuniziert.

Ableitungen für die Bäcker-Praxis können anhand dieser Ergebnisse erfolgen. Generell sollten die Teige sehr schonend und mit kalten Temperaturen hergestellt werden. Es konnten einige Sorten als besonders gut backfähig identifiziert

werden (auf Basis der Backversuche V1 und V2). Jedoch ist keine Emmersorte durch besonders robuste Eigenschaften aufgefallen (thermisch wie mechanisch beanspruchbar; Merkblatt 2).

Es konnten Einstufung der untersuchten Emmersorten in Backqualitäts-Stufen vorgenommen werden. Es konnten Emmermehle mit sehr guten Backeigenschaften gefunden werden. Die anderen Sorten sind zum Teil eingeschränkt zu empfehlen oder scheiden aufgrund sehr weicher, fließender Teige für die Produktion von Backwaren (freigeschoben Brote, Kleinbackwaren z.B. Brötchen) aus.

Die Untersuchungen belegen darüber hinaus, dass vor allem die grenzflächenaktiven Eigenschaften in den Emmerproben nur gering ausgeprägt sind. Analysemethoden, die auf die Qualität und die Kohäsivität des Glutens ausgerichtet sind, konnten nur bedingt angewendet werden. Das Fehlen von Puroindolinen in dieser Getreideart lässt viele der Standardmessmethoden zur Vorhersage der Backeigenschaften als ungeeignet erscheinen. Betrachtet man die Ergebnisse **dieser Studie im Kontext aktueller Untersuchungsberichte im Zusammenhang „Backfähigkeit und Puroindoline“** verschiedener Getreidearten und Sorten, wird deutlich, dass namentlich die Grenzflächenaktivität der Puroindoline in Weichweizen von hoher Bedeutung ist und dominant durch Puroindoline generiert wird (Gan 1994).

Die Ergebnisse dieser Studie sind daher auch geeignet, die Relevanz hydrophober Interaktionen in Teigen - z.B. von spezifischen Protein-Lipid- Interaktionen- als einen relevanten Mechanismus zur Teigentwicklung und Teigbildung zu untermauern. In diesem Zusammenhang kann klarer werden, warum Emmer, der erwartungsgemäß eine verminderte hydrophobe Interaktion vollziehen kann (keine oder wenig Puroindoline), tatsächlich auch derartige Eigenschaften - wie beschrieben- generiert (Problematik Kohäsivität, Grenzflächenstabilisierung).

8. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Der Großteil der Ziele dieses Projektes konnten erfolgreich erreicht werden. So wurden alle zuchtmethodisch relevanten Parameter mit deutlich besserer Genauigkeit als erwartet geschätzt. Die Heritabilitäten aller relevanten Zuchtmerkmale des Emmers wurden im öko- sowie konventionellen Landbau geschätzt. Dabei konnten entgegen des Antrages deutlich mehr Merkmale bestimmt werden. Zum einen ermöglichte der Jahrhundertkahlrost Februar 2012 eine gute Schätzung der Winterhärte des Emmers. Zum anderen analysierte die LSA an 420 Proben drei weitere Qualitätskriterien. Die Beziehungen zwischen den Merkmalen wurden erarbeitet und lassen wichtige Schlüsse für die erfolgreiche Züchtung zu. Potentielle Resistenzen gegenüber *Tilletia caries* sowie verbesserte Inokulationsprotokolle konnten erarbeitet werden. Der vergleichende Anbau des Emmers unter öko- sowie konventionellem Landbau ermöglichte zudem die Erarbeitung eines für beide Anbauvarianten angepassten Zuchtschemas. Zu guter Letzt konnten das Anbaupotential des Emmers an sich sowie neue Sortenempfehlung herausgearbeitet werden.

Trotz einer Vielzahl bewährter und neuer innovativer Qualitätstests des ttz konnte kein Schnelltest erarbeitet werden, um an kleinen Mengen Mehl schnell die Backqualität abschätzen zu können. Hierfür ist weiterer Forschungsaufwand notwendig, um mit deutlich höherer Probenanzahl in der Qualitätsanalytik mögliche Schnelltest für Emmer zu finden. Weitere größere Studien sind zudem notwendig, um die Merkmalskorrelationen zwischen Proteingehalt und Ertrag sowie Frost und Wuchshöhe genauer zu untersuchen. Hier wäre vor allem spannend der Frage der Vererbung dieser Merkmale auf die Spur zu gehen, z.B. ob die Korrelationen auf gekoppelten Genen oder Pleiotropie liegt oder physiologisch andere Ursachen hat.

Einige Fragestellungen aus dem Antrag konnten daher mit Abschluss dieses Vorhabens nicht vollständig beantwortet werden. Zur Beantwortung der noch offenen Fragen ist ein Aufstockungsantrag an das BÖLN gestellt worden und genehmigt worden.

Um Alleinstellungsmerkmale, und damit Auslobung, für den ökologischen Landbau zu identifizieren, wurden in der Antragsergänzung Feldversuche an drei konventionellen Standorten ergänzt. Die agronomischen Kenndaten wurden auch in diesem Vorhaben aufgenommen und ausgewertet. Jedoch wurden die analytischen Arbeiten des ttz-BILB nicht an die gestiegene Probenanzahl angepasst, bzw. wurde eine Untersuchung von konventionell angebauten Emmer nicht vorgesehen. Durch die fehlenden Untersuchungen können die Fragestellungen des Antrages zu **Emmerqualität und Verarbeitungseigenschaften** nicht gänzlich beantwortet werden.

Auflistung der Fragen aus dem Antrag, bereits erarbeitet Erkenntnisse und noch offene Fragen:

Wie groß sind die Unterschiede zwischen verschiedenen Emmersorten/-typen in Bezug auf Qualität und Ausbeute bei der Herstellung von Bäckereiprodukten?

- Unterschiede extrem, Tabelle 6.4.1 zeigt die Einteilung der Sorten und Backqualitäten.

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

- Es konnten Sorten identifiziert werden die sowohl auf technologischer, als auch auf agronomischer Ebene als sehr gut geeignet eingestuft werden können.
- Backqualität über die untersuchten zwei Erntejahre unterschiedlich (Ernte 2012 generell geringer), jedoch die Abstufung der Sorten untereinander über beide Jahre gleich.
- **OFFEN: Wie reagiert Emmer auf unterschiedliche Anbaubedingungen? Wie ändern sich die funktionellen Eigenschaften?**

Für welche Nutzungsrichtung, z.B. Gebäckarten, eignet sich Emmer am besten?

- Sorten mit hoher VZ für Brötchen / Brot / auch freigeschoben
- Sorten mit niedriger VZ für Kekse / Nudeln oder auch Kastenbrote

Wo liegt das Alleinstellungsmerkmal von Emmer im Vergleich zu Weichweizen und Dinkel?

- Verarbeitungseigenschaften anspruchsvoller als konventioneller Weizen
- Weichere Teige, jedoch auch freigeschobenen Produkte möglich
- Empfehlung: Geringere Temperaturen bei der Teigbereitung
- **OFFEN: Wie reagiert Emmer auf unterschiedliche Anbaubedingungen? Sind die Auswirkungen einer Stickstoffdüngung ähnlich wie bei Weizen oder Dinkel? Welche Anbaubedingungen können besonders ausgelobt werden um ein optimales Mehl für Gebäcke zu ermitteln.**

Ebenfalls kann die Erweiterung/Ergänzung der Datenlage auch zu einer verbesserten Aussagekraft in Bezug auf die Fragestellungen rund um die **Verbesserung der Methodik** beitragen:

Wie kann man die Weiterverarbeitung von Emmermehl vereinfachen?

- Knetparameter anpassen; sehr langsames Mischen statt schnelles Kneten nutzen
- Teigführung anpassen, Gärzeit verkürzen
- Niedrigere Teigtemperaturen wählen

Kann man kostengünstige Schnelltests für die Bestimmung der Backqualitäten des Emmers entwickeln, deren Ergebnisse eng mit denen der Standardverfahren korrelieren?

- Unter Berücksichtigung der derzeitigen Datenlage ist noch keine konkrete Methode identifiziert, Korrelationen sind vorhanden, jedoch noch nicht ausreichend statistisch abgesichert:
 - Vielversprechend sind Teigdehnversuche
 - Vielversprechend sind Untersuchungen mittels Glutopeak
- **Die Erweiterung des Analysedaten auf insgesamt 4 Orte (2 ökologisch, 2 konventionell) erhöht die Datenmenge drastisch und ermöglicht so weitere und verbesserte Bewertungen der Korrelationen ausgewählter Analysemethoden**

An welchen Schritten innerhalb der natürlichen Auslese lassen sich Schnelltests effizient in ein Züchtungsprogramm integrieren?

- Noch offen

9. Zusammenfassung

47 Emmersorten wurden gemeinsam mit den im ökologischen Landbau wichtigen Weizensorten Bussard und Naturastar sowie den im ökologischen Landbau marktführenden Dinkelsorten Oberkulmer Rotkorn, Franckenkorn und Zollernspelz intensiv getestet. Wegen Jahrhundertfrost im Februar 2012 und Starkgewittern fielen drei Standorte aus, allerdings konnten sehr gute Ergebnisse von 8 Öko- und 7 konventionellen Standorten im Laufe des Projektes erzielt werden. Anhand dieser bisher einmalig großen Datenbasis für den Emmer können wichtige grundlegende Aussagen zu Emmer abgeleitet werden.

Emmer ist eine Kulturart, die durch langes Stroh, geringe Standfestigkeit und zum Teil schwache Winterhärte gekennzeichnet ist. Im Vergleich zu modernen Sorten des Weizens und Dinkels hat Emmer einen um ca. 25% geringeren Ertrag. Allerdings sind die besten Emmersorten bereits auf einem Ertragsniveau wie die alte aber vor allem im Ökolandbau sehr populäre Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn. Mittels des Projektversuches konnte zudem gezeigt werden, dass Emmer in etwa die gleichen Werte für Lageranfälligkeit und Krankheitsresistenz wie der Oberkulmer Rotkorn hat. Landwirte, die also diese alte Dinkelsorte anbauen, können problemlos auch Emmer anbauen. Sie sollten ihr Hauptaugenmerk auf die Erhaltung der Standfestigkeit legen, also lieber extensiv anbauen bzw. auch spät in der Fruchtfolge. Züchterische Verbesserungen sind aber nötig, vor allem in der Standfestigkeit und Winterhärte, um die Art Emmer langfristig konkurrenzfähig zu machen.

Basierte unsere Emmerzucht bisher auf Ableitungen aus der Kulturart Dinkel, können nun konkrete Änderungen der Zuchtmethodik spezifisch für Emmer dank den Ergebnissen dieses Projektes erfolgen. Für alle Merkmale konnten signifikante und große genetische Varianzen meistens gekoppelt mit kleinen Varianzen der Genotyp x Umwelt-Interaktion festgestellt werden. Die Heritabilität der Merkmale Wuchshöhe, Ährenschieben, Gelbrost, Frost, und Sedimentationsvolumen waren sehr hoch. Dahingegen wurden geringere Heritabilitäten für Ertrag, Proteingehalt sowie Resistenz gegenüber Blattflecken festgestellt. Es bietet sich also an, in den frühen Züchtungsgenerationen vor allem auf Standfestigkeit und Frosttoleranz zu selektieren. Ertrag und Proteingehalt sollten erst anhand mehrortiger Parzellenversuche bestimmt und selektiert werden.

Für den Emmeranbau unter konventioneller sowie ökologischer Bewirtschaftungsweise wurden ähnlich große genetische Varianzen, Heritabilitäten und Merkmalszusammenhänge festgestellt. Zudem war die Reihenfolge der Sorten unter beiden Anbaualternativen sehr ähnlich. Somit bietet sich an, das Emmerzuchtprogramm nur unter einer Anbaualternative zu führen und dabei indirekt auf die andere mit zu selektieren.

Allerdings müssen Besonderheiten des ökologischen Landbaues beachtet werden. Vor allem die Resistenz gegenüber *Tilletia caries* und *controversa* sind wichtige Zielmerkmale für den Ökolandbau, dank der Saatgutbeizung im konventionellen Landbau aber gar kein Thema. In unseren Spezialversuchen zur Resistenz gegenüber beiden Pilzen mussten wir sehr unterschiedliche Erfahrungen sammeln. *Tilletia controversa* ist ein bodenbürtiger Erreger, so ist für Resistenztests ein hochgradig homogen belastetes Feld von Nöten. Leider ist aber gerade die inhomogene Verteilung in den Felder ein typisches Merkmal für bodenbürtige Erreger. So konnten trotz dreifacher Wiederholung und der Verwendung von großen 2 m² Parzellen keine wiederholbaren Ergebnisse erzielt werden. Dies erging anderen Wissenschaftlern bei dieser Fragestellung ähnlich. Fazit: eine erfolgreiche Selektion gegenüber *Tilletia controversa* ist sehr schwierig wegen der schwierigen ungenauen Beobachtungsmöglichkeiten im Feld. Bei diesem Erreger sollte also lieber eine pflanzenbauliche Lösung entwickelt werden.

Emmer weist eine große Schwankungsbreite in der Resistenz gegenüber *Tilletia caries* auf. Es gibt völlig resistente Sorten. Die Heritabilität und die genetische Varianz für Resistenz gegenüber *Tilletia caries* ist sehr groß im Emmer. Somit kann erfolgreich darauf gezüchtet werden. Allerdings hindert der starke Spelzenschluss des Emmers die Symptombesichtigung im Feld. Somit ist ein Resistenztest gegenüber *Tilletia caries* nur relativ spät im Zuchtprogramm realisierbar. Für die Inokulation mit Sporen von *Tilletia caries* empfehlen wir unbedingt die Verwendung von Gläsern sowie das Vermeiden von Maschinenbenutzung und das Verbannen des Versuches auf abseitsliegende Flächen, um „cross contaminations“ zu verhindern.

Die Feldversuche dienten neben der Bestimmung agronomischer Eigenschaften auch zur Produktion von Qualitätsproben, die im ttz auf zahlreiche Qualitätseigenschaften überprüft wurden. Das ttz hat 33 Emmersorten aus zwei unterschiedlichen Erntejahren untersucht. Für alle Qualitätsmerkmale konnte eine große Varianz der Emmersorten beobachtet werden.

Statistisch relevante Korrelationen zwischen den zahlreichen indirekten Qualitätseigenschaften und den konkreten Backqualitäten konnten nicht gefunden werden. Die verschiedenen Spelzenfarben der Emmersorten ergaben keinen Hinweis auf die Verarbeitungseigenschaften.

Auf Basis der durchgeführten analytischen Untersuchungen erfolgte eine Bewertung der angewendeten Methoden. Die Teigdehnungsversuche sind vielversprechend, jedoch ist der finanzielle (Gerätekauf) als auch der präparative Aufwand als eher hoch zu bewerten. Abgeleitet von den Ergebnissen der Gluten-Aggregation kann eine Untersuchung mittels Glutopeak (neues Gerät am Markt verfügbar) als vielversprechend und als möglicher Schnelltest eingestuft werden. Alle untersuchten Methoden können zur Charakterisierung von Emmermehlen eingesetzt werden. Insbesondere

Methoden zur techno-funktionellen Charakterisierung der Proteine sind jedoch eher schwierig aus dem Weizenbereich zu übersetzen.

Im Weichweizen bestimmen die Stoffgruppe der Puroindoline a und b (PIN a+b) u.a. die Kornhärte und damit die müllereitechnischen und backtechnischen Verarbeitungseigenschaften.² So verfügt Hartweizen (*T. durum*) über keine Puroindoline, die demzufolge eine sehr spröde Materialreaktion bei Trockenvermahlungen zur Folge haben. Der Anteil an beschädigter Stärke ist daher in diesen Mahlmustern aus Hartweizen erheblich und vergleichsweise zu Weichweizen signifikant erhöht. Aufgrund ihrer ausgeprägt kationischen Eigenschaften (pH 10), ihrer Hydrophobie und den entsprechenden, reaktiven Interaktionen (Protein-Lipid Interaktionen) im Teig beeinflussen diese Peptide maßgeblich u.a. die Teigentwicklungszeit, die erheblich die Hydratationsfähigkeit der Mehlinhaltsstoffe verbessert und z.B. verkürzt (Gan 1994). Die Ausbildung von stabilisierten Grenzflächenstrukturen unterstützt die Kohärenz eines Teiges, respektive des Glutens. Das Gashaltevermögen eines Teiges ist ein Summenparameter dieser Grenzflächenstrukturen und deren Eigenschaften und lässt somit Rückschlüsse auf ein entsprechendes Teigsystem zu. Die Ergebnisse dieser Studie in diesem Kontext betrachtet zeigen, dass alle Emmerproben ein eher geringes Gashaltevermögen aufweisen und die Glutenstrukturen sehr nachlassend und eher inkohärent sind. Dies legt logischerweise den Schluss nahe, dass vor allem die grenzflächenaktiven Eigenschaften in den Emmerproben nur gering vorhanden und ausgeprägt sind. Diese Eigenschaften können möglicherweise und u. a. auf die Abwesenheit von Puroindolinen in dieser Getreideart zurückgeführt werden, da bekanntlich Emmer keine derartigen emulgierend wirkenden Peptide generiert. Die Daten belegen weiterhin, dass viele etablierte Mess-Methoden zur rheologischen und backtechnischen Charakterisierung von Weichweizen eine hohe Grenzflächenaktivität bzw. Kohärenz des Teigsystems voraussetzen. Sind diese nicht gegeben, kann in den meisten Fällen keine entsprechende Untersuchung erfolgreich durchgeführt werden. Die Beobachtungen untermauern im Einzelnen, dass hydrophobe Eigenschaften von Emmermehlen im Vergleich zu Weichweizen eher schwach ausgeprägt sind (vergl. Ergebnisse des SDS-Sedi-Wertes), was die o.g. Überlegungen unterstützen kann.

Diese Überlegungen, Ableitungen und Schlussfolgerung führen zu der Forderung, dass die unterschiedlichen Emmersorten auch spezifisch auf Unterschiede in der Präsenz und Eigenschaften polarer Lipide geprüft werden sollten. Zudem sollte der Einfluss von grenzflächenaktiven Stoffen in diesen Probematerialien untersucht werden (Puroindoline etc.). Ggf. sind durch Einkreuzungen von Puroindolinen in einigen Emmersorten hilfreich für weitere Maßnahmen. Möglicherweise sind die feststellbaren und durchaus differenten Backeigenschaften verschiedener Emmersorten auch auf die Ausbildung derartiger Puroindoline oder ähnlicher Stoffgruppen zurückzuführen, die möglicherweise in vergleichsweise gering aber doch anteilig vorhanden sein mögen.

Ebenfalls war die Evaluation und Optimierung eines Mikrobackversuches Gegenstand dieses Vorhabens. Nach Optimierung der Parameter wurde die Teigtemperatur auf 20°C reduziert und der mechanische Energieeintrag herabgesenkt (4 Min. mischen, 0 Min. kneten). Viele Emmersorten haben positiv auf die Reduzierung der Beanspruchung (thermisch, mechanisch) reagiert. Die untersuchten Emmersorten weisen extrem unterschiedliche Backqualitäten auf. Der Einfluss der Witterung zwischen Ernte 2011 und Ernte 2012 muss auf Basis dieser Daten als zum Teil sehr stark beurteilt werden. Die Proben aus Ernte 2012 weisen generell nachlassender Teige auf.

Ableitungen für die Praxis können anhand dieser Ergebnisse erfolgen. Generell sollten die Teige sehr schonend und mit kalten Temperaturen hergestellt werden. Es konnten einige Sorten als besonders gut backfähig identifiziert werden (auf Basis der Backversuche V1 und V2). Jedoch ist keine Emmersorte durch besonders robuste Eigenschaften aufgefallen (thermisch wie mechanisch beanspruchbar).

Es konnte eine Einstufung der untersuchten Emmersorten in Backqualitäts-Stufen vorgenommen werden. Es konnten Emmermehle mit sehr guten Backeigenschaften gefunden werden. Basis für diese Einteilung sind die Backergebnisse aus 2012 (V1) sowie die Ergebnisse aus 2013 (V1 und V2). Folgende Sorten sind sowohl im V1 als auch im V2 als sehr gut backfähig eingestuft worden: 9.099/08, 9.005/02, 9.006/02, 9.002/03. Die Sorten 9.200/06, 9.013/99, 9.001/02, 9.001/03, 9.111/05 und 9.105/05, sowie die amtlich anerkannten Sorten Ramses und Osiris, zeigen gute Backeigenschaften im V2, sind jedoch im V1 etwas nachlassend zu bewerten. Die anderen Sorten sind zum Teil eingeschränkt zu empfehlen oder scheiden aufgrund sehr weicher, fließender Teige für die Produktion von Backwaren (freigeschoben Brote, Kleinbackwaren z.B. Brötchen) aus.

Zusammenfassend kann nach derzeitigem Wissenstand gesagt werden, dass die untersuchten Emmer-Aufwüchse starke sortenspezifische Unterschiede sowohl in der stofflichen als auch in funktionalen Komponenten bzw. Eigenschaften aufweisen. Es können Sorten identifiziert werden, die durch rel. gute Backeigenschaften beschrieben werden können.

Trotz einer Vielzahl bewährter und neuer innovativer Qualitätstests des ttz-BILB konnte kein Schnelltest erarbeitet werden, um bei kleinen Mengen Mehl relativ schnell die Backqualität abschätzen zu können. Zur Umsetzung eines derartigen Zieles sind daher weitere Untersuchungen notwendig, um etwa mit deutlich höherer Probenanzahl in der

² http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/startseite/dateien/lfl-jahresbericht_2012_webversion.pdf (03.12.2014)

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Qualitätsbeschreibung mithilfe spezifischer Schnelltest für Emmer zu erarbeiten. Weitere größere Studien sind zudem notwendig, um die Merkmalskorrelationen zwischen Proteingehalt und Ertrag sowie Frost und Wuchshöhe genauer zu untersuchen.

Die technologischen Untersuchungsergebnisse dieser Studie lassen vermuten, dass der Einfluss von grenzflächenaktiven Substanzen (z.B. der Puroindoline) und/oder die hydrophober Wechselwirkungen im Emmer schwach ausgeprägt sind, so dass die bewertenden Prüfmethode an ihre Grenzen stoßen und für diese Weizenart als unspezifisch gelten müssen. Dies bedeuten aber auch, sobald die Methoden aus dem Weichweizen bei bestimmten Emmerproben angewendet werden können, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass diese Emmermehle auch eine bessere Backfähigkeit aufweisen. Im Jahr 2015 werden daher nochmals Emmerproben analysiert, die in den beiden vergangenen Jahren gute Backeigenschaften aufgewiesen haben. Die Proben werden mit einer kleineren Anzahl an Analysemethoden charakterisiert. Durch die Berücksichtigung von mehreren Standorten wird die Stichprobenanzahl größer und es wird erwartet, dass dadurch eindeutiger Zusammenhänge ermittelt werden können.

10. Literaturverzeichnis

- Anonym (1997): Globaler Aktionsplan für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): 4. Internationale Technische Konferenz der FAO über Pflanzengenetische Ressourcen. 17-81
- Brabender, 2010. Extensograph®-E. [online] Verfügbar auf: <http://www.brabender.de/deutsch/nahrungsmittel/anwendungen/backindustrie/rheologie/extensograph-e.html> [Aufgerufen am 20.04.12]
- Bellaloui N., J. R. Smith, J.D. Ray, A.M. Gillen. 2009. Effect of maturity on seed composition in the early soybean production system as measured on near isogenic soybean lines. *Crop Sci.* 49, 608-620.
- Eckert, B., Amend, T., Belitz, H.-D., 1993. The course of the SDS and Zeleny sedimentation tests for gluten quality and related phenomena studied using the light microscope. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung* **196**, S. 122-125.
- Gautier M-F, Cosson P, Guirao A, Alary R, Joudrier P (2000) Puroindoline genes are highly conserved in diploid ancestor wheats and related species but absent in tetraploid *Triticum* species. *Plant Sci* 153, 81-91.
- Fischer, K., C.C. Schön, T. Miedaner. 2002. Chancen der Resistenzzüchtung gegen Brandpilze bei Weizen für den ökologischen Pflanzenbau. Hohenheimer Veröffentlichungsreihe, 2002
- Freund, W., Kim, M.-Y., 2007. *Determining the Baking Quality of Wheat and Rye Flour. Future of Flour* (ed.: Popper, L., Schäfer, W., Freund, W.), Verlag Agrimedia. [pdf-Dokument] Verfügbar auf: http://www.muehlenchemie.de/downloads-future-of-flour/FoF_Kap_12.pdf
- Funatsuki H, H Kurosaki, T Murakami, S Matsuba, K Kawaguchi S Yumoto Y Sato, 2003. Deficiency of a cytosolic ascorbate peroxidase associated with chilling tolerance in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 106, 494-502.
- Chen, X., J. D. Faris, J. Hu, R.W. Stack, T. Adhikari, E.M. Elias, S.F. Kianian, X. Cai. 2007. Saturation and comparative mapping of a major *Fusarium* head blight resistance QTL in tetraploid wheat. *Molecular breeding*, 19: 113-124
- Gan, Z., Ellis, P. R., Schofield, J. D., 1994. Mini Review, Gas Cell Stabilisation and Gas Retention in Wheat Bread Dough, *Journal of Cereal Science* 21 (1995) 215-230
- Gluzczynski, M., Brümmer, J.-M. und M.G. Lindhauer. 2001. Glutenaggregationstest, Weizentypenmehle für die Flachwaffelherstellung, Merkblatt der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V., Detmold
- Jantsch, P., D. Trautz. 2003. Die Einführung von Einkorn (*Triticum monococcum*) und Emmer (*Triticum dicoccum*) in den Ökologischen Landbau- Anbau, Ertrag, Qualität. ISBN-Nummer.3-00-010869-6
- Kieffer, R., Belitz, H.-D., Zweier, M., Ipfelkofer, R., Fischbeck. 1993. Der Rapid-Mix-Test als 10-g-Mikrobackversuch, *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 197:134-136
- Kieffer, R. et al.: Beurteilung von Teigeigenschaften durch Zugversuche im Mikromaßstab, *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung*, J.F. Bergmann Verlag 1981
- Kieffer, R., 2007. *The Role of Gluten Elasticity in the Baking Quality of Wheat. Future of Flour* (ed.: Popper, L., Schäfer, W., Freund, W.), Verlag Agrimedia. [pdf-Dokument] Verfügbar auf: http://www.muehlenchemie.de/downloads-future-of-flour/FoF_Kap_14.pdf
- Kling, C.I., J. Breuer, K. Münzing. 2006. Eignung alter Weizenkulturen für heutige Anforderungen. *Getreidetechnologie*, 60: 55-60
- Kling, C.I. 2009. Spelzweizenzüchtung in Deutschland. *Getreidetechnologie*, 63:37-47
- Klinger, R. W. (Hrsg.), 2010: *Grundlagen der Getreidetechnologie*, **Behr's Verlag, Hamburg, 2.Auflage**
- Kluver, M., 1978: *Standard-Methoden für Getreide Mehl und Brot*, Verlag Moritz Schafer, Detmold, 6.Auflage
- Lind, V. 2003. Verbesserung der Resistenz gegen den Erreger des Braunrostes (*Puccinia triticina*) in Weizenformen des ökologischen Landbaus, Einkorn (*Triticum monococcum*), Emmer (*Triticum dicoccum*) und Dinkel (*Triticum spelta*). Abschlußbericht des Forschungsvorhabens 02OE028, <http://www.orgprints.org/7830>
- Linnemann. Zur Backqualität von Öko-Winterweizensorten aus biologisch-dynamischer Züchtung, Vortrag am IBDF, (08.02.2010)
- Longin, C.F.H., and T. Würschum. 2014. Genetic variability, heritability and correlation among agronomic and disease resistance traits in a diversity panel and elite breeding material of spelt wheat. *Plant breeding*, 133:459-464
- Longin, C.F.H., M. Gowda, J. Mühleisen, E.Ebmeyer, E. Kazman, R. Schachsneider, J. Schacht, Y. Zhao, and J.C. Reif. 2013. Hybrid breeding in wheat: Heterosis, relevance of general and specific combining ability effects and consequences for optimum breeding strategies. *Theoretical and Applied Genetics*, 126: 2791-2801
- Marino, S., R. Tognetti, A. Alvino. 2009. Crop yield and grain quality of emmer populations grown in central Italy as affected by nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*, 31: 233-240.
- Müller, R. H. 1996. Zetapotential und Partikelladung in der Laborpraxis. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH
- Nevo, E., A.B. Korol, A. Beiles, T. Fahima. 2002. Evolution of wild emmer and wheat improvement population **genetics, genetic resources, and genome organization of wheat's progenitor Tr. Dicoccoides**. Springer

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

- Oelofse, R.M., 2008. *The relationship of sodium dodecyl sedimentation test values to breadmaking quality of early generation dryland wheat lines*. Doktorarbeit (doctor of philosophy), Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State Bloemfontein.
- Schick, J. und Lösche, K., 2010. Charakterisierung von Getreidemahlerzeugnissen durch eine Partikelladungsmessung (PCD: Particle Charge Detector). *Getreidetechnologie* 1/2010, S. 42-47.
- Seidl, I. O. Schelske, J. Joshi und M. Jenny. 2003. Entrepreneurship in biodiversity conservation and regional development, *Entrepreneurship & regional development* 15, 333-350
- Waldow, F., und M. Jahn. 2003. Strategien zur Regulierung von Steinbrand an Weizen (*Tilletia caries*, *Tilletia controversa*) unter besonderer Berücksichtigung von Befallstoleranzgrenzen und direkten Bekämpfungsmaßnahmen. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 02OE086, <http://www.orgprints.org/11388>
- Webseite der bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft
http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/startseite/dateien/lfl-jahresbericht_2012_webversion.pdf (03.12.2014)
- Webseite des Messgerateherstellers Brabender. URL:
http://www.brabender.de/fileadmin/dateien/de/download/nahrungsmittel/download/broschueren/qualitaetskontrolle/Micro-Visco-Amylo-Graph_de.pdf Produktprospekt Micro Visco-Amylo-GraphR von Brabender (Stand: 18.08.2012)
- Werner, S., 2010, Carotinoide und Vitamin E in Hartweizen und daraus hergestellten Teigwaren – analytische, technologische und ernährungsphysiologische Aspekte, Dissertation, Jena
- Yupsanis, T., M. Moustakas. 1988. Relationship between quality, colour of glume and gliadin electrophoregrams in Durum wheat. *Plant breeding* 101: 30-35

11. **Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt (Printmedien, Newsletter usw.), bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse**

Internet

- B. Habeck, F. Longin. Emmer erfolgreich in den Markt einführen. https://www.uni-hohenheim.de/uploads/media/Emmer-Studie_Auswertung_Habeck_Longin_2014.pdf
- F. Longin, L. Ringer. Emmer – Qualität und Agronomie im Vergleich zu Dinkel. https://www.uni-hohenheim.de/uploads/media/Publikation_Vergleich_Emmer_Dinkel_2014.pdf

Fachzeitschriften

- B. Habeck, F. Longin. Emmer erfolgreich in den Markt einführen. Cereal technology 3, 2014
- B. Habeck, F. Longin. Von Spezialisten für Spezialisten. BW Agrar-17/2014, 18-21
- B. Habeck und F. Longin. Wissenschaftler entdecken interessante Nische. Agrarzeitung, 28.3.2014, S.9
- B. Habeck und F. Longin. Emmer erfolgreich in den Markt einführen? Mühle+Mischfutter 13
- F. Longin. Emmer erfolgreich anbauen. Naturland Nachrichten 4, 2014

Ausgesuchte Pressebeiträge

- F. Longin – Emmer in Alles Wissen. HR-Fernsehen. 8.10.2014
- F. Longin – Emmeranbau und Züchtung. ARD-Mittagsbuffet. 27.5.2014
- F. Longin, T. Miedaner. Spelzweizen für Marktnischen. Mehreport. Ausgabe 22: 3
- F. Longin, T. Miedaner. Verborgene Schätze. Mittelbadische Presse. 19.02.2013
- F. Longin, T. Miedaner. Das letzte Einkorn. Stuttgarter Zeitung. 15.01.2013
- F. Longin. Emmer? Emmer!. Filder Wochenblatt -23.04.2014

Vorträge

- Longin, F. Einkorn, Emmer und Dinkel – erfolgreich anbauen und verarbeiten. Webinar der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V., Dezember 2014
- Longin, F. Alte Getreidearten – mehr Biodiversität aber wie etablieren? 45. Pflanzenbauliche Vortragstagung Sindelfingen, Nov. 2013
- Longin, F. Einkorn und Emmer - Alte Arten, neues Brot? 12. DGE-BW-Forum Brot am 14. März 2013, Stuttgart
- Longin, F. Potential und Züchtung unterschätzter Getreidearten. MLR Fachtagung zur Ökoforschung, Hohenheim, 10.7.2012
- Ringer, L.: Identifizierung von backtechnisch geeigneten Emmer-Zuchtlinien aus einer an den ökologischen Landbau angepasste Anbauform; GDL – Kongress Lebensmitteltechnologie 2012, 27. – 29. September 2012, Technische Universität Dresden

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

Anhang – Korrelationstabelle der Qualitätsuntersuchungen (N = Anzahl untersuchte Emmersorten; weitere Abkürzungen, siehe Endbericht)

		TS nach 2h [g/100g]	TS Massen- konstanz [g/100g]	Asche TS [g/100gTS]	Asche Probe [g/100g]	VZ Höhe/Breite	Fallzahl [s]	Wasser- aufnahme 14%Feuchte	Wasser- aufnahme 500BE	Rohprotein TS [g/100 g TS] (F=5,7)	Rohprotein [g/100g Probe] (F=5,7)
TS nach 2h [g/100g]	Korrelation nach Pearson	1	,982**	,211	,271	-,118	-,391**	-,355**	-,120	-,145	,095
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,097	,292	,357	,002	,004	,348	,257	,460
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
TS Massenkonstanz [g/100g]	Korrelation nach Pearson	,982**	1	,217	,073	-,145	-,380**	-,332**	-,101	-,089	,138
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,088	,779	,258	,002	,008	,433	,489	,282
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
Asche TS [g/100gTS]	Korrelation nach Pearson	,211	,217	1	1,000**	-,312*	,258*	,621**	,712**	,639**	,674**
	Signifikanz (2-seitig)	,097	,088		,000	,013	,041	,000	,000	,000	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
Asche Probe [g/100g]	Korrelation nach Pearson	,271	,073	1,000**	1	-,365	,166	,549*	,585*	,442	,442
	Signifikanz (2-seitig)	,292	,779	,000		,150	,525	,023	,014	,076	,076
	N	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
VZ Höhe/Breite	Korrelation nach Pearson	-,118	-,145	-,312*	-,365	1	,037	-,237	-,286*	-,417**	-,483**
	Signifikanz (2-seitig)	,357	,258	,013	,150		,772	,061	,023	,001	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
Fallzahl [s]	Korrelation nach Pearson	-,391**	-,380**	,258*	,166	,037	1	,414**	,338**	,437**	,184
	Signifikanz (2-seitig)	,002	,002	,041	,525	,772		,001	,007	,000	,148
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
Wasseraufnahme 14%Feuchte	Korrelation nach Pearson	-,355**	-,332**	,621**	,549*	-,237	,414**	1	,970**	,816**	,706**
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,008	,000	,023	,061	,001		,000	,000	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
Wasseraufnahme 500BE	Korrelation nach Pearson	-,120	-,101	,712**	,585*	-,286*	,338**	,970**	1	,829**	,777**
	Signifikanz (2-seitig)	,348	,433	,000	,014	,023	,007	,000		,000	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
Rohprotein TS [g/100 g TS] (F=5,7)	Korrelation nach Pearson	-,145	-,089	,639**	,442	-,417**	,437**	,816**	,829**	1	,898**
	Signifikanz (2-seitig)	,257	,489	,000	,076	,001	,000	,000	,000		,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		Feucht- kleber [%]	SDS-Sedi- mentation [%]	Fmax - maximale Dehnung [N]	max. Weg [mm]	maximale Viskosität	Viskosität am Ende der Kühlzeit	Temperatur bei Verkleister- ungsbeginn	Temperatur bei max. Viskosität	Viskosität bei Start der Kühlzeit	PCD 4min [C/g]	PCD 24min [C/g]
TS nach 2h [g/100g]	Korrelation nach Pearson	-,036	,160	,260	-,124	-,622**	-,576**	,256	,161	-,629**	-,274	-,333**
	Signifikanz (2-seitig)	,778	,210	,051	,357	,000	,000	,150	,371	,000	,030	,008
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
TS Massenkonstanz [g/100g]	Korrelation nach Pearson	,034	,174	,253	-,074	-,584**	-,556**	,239	,048	-,596**	-,276*	-,329**
	Signifikanz (2-seitig)	,791	,174	,057	,582	,000	,000	,180	,791	,000	,029	,008
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
Asche TS [g/100gTS]	Korrelation nach Pearson	,364**	,276*	-,245	,457**	,165	,136	,150	,257	,185	-,918**	-,916**
	Signifikanz (2-seitig)	,003	,029	,066	,000	,200	,293	,405	,150	,151	,000	,000
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
Asche Probe [g/100g]	Korrelation nach Pearson	,406	-,037	-,635*	,375	,012	,072	-,136	,239	,081	-,903**	-,938**
	Signifikanz (2-seitig)	,106	,887	,027	,230	,963	,783	,602	,356	,757	,000	,000
	N	17	17	12	12	17	17	17	17	17	17	17
VZ Höhe/Breite	Korrelation nach Pearson	-,155	,266*	,563**	-,515**	-,155	-,021	-,172	,229	-,130	,239	,185
	Signifikanz (2-seitig)	,225	,035	,000	,000	,230	,873	,338	,200	,315	,060	,147
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
Fallzahl [s]	Korrelation nach Pearson	,170	,069	,053	,569**	,805**	,873**	,166	,812**	,800**	-,232	-,184
	Signifikanz (2-seitig)	,184	,590	,693	,000	,000	,000	,356	,000	,000	,067	,148
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
Wasseraufnahme 14%Feuchte	Korrelation nach Pearson	,399**	,321*	-,195	,620**	,464**	,385**	,166	-,039	,505**	-,519**	-,492**
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,010	,147	,000	,000	,002	,355	,831	,000	,000	,000
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
Wasseraufnahme 500BE	Korrelation nach Pearson	,420**	,382**	-,143	,637**	,330**	,256*	,203	-,020	,370**	-,621**	-,607**
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,002	,288	,000	,009	,045	,257	,914	,003	,000	,000
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
Rohprotein TS [g/100 g TS] (F=5,7)	Korrelation nach Pearson	,486**	,318*	-,238	,764**	,469**	,373**	,250	,060	,480**	-,585**	-,557**
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,011	,075	,000	,000	,003	,161	,739	,000	,000	,000
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		PCD 44min [C/g]	PCD 64min [C/g]	d (0,1) Partikel- messung	d (0,5) Partikel- messung	d (0,9) Partikel- messung	spezi- fisches Volumen [mg/g]	SH- Gruppen	3/4 Gare	Vollgare
TS nach 2h [g/100g]	Korrelation nach Pearson	-,322**	-,304*	-,381**	-,112	-,047	,493**	-,421*	-,275	-,273
	Signifikanz (2-seitig)	,010	,015	,005	,430	,740	,000	,026	,127	,130
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
TS Massenkonstanz [g/100g]	Korrelation nach Pearson	-,315*	-,296*	-,333*	-,061	,002	,496**	-,381*	-,268	-,268
	Signifikanz (2-seitig)	,012	,018	,016	,666	,987	,000	,045	,137	,138
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
Asche TS [g/100gTS]	Korrelation nach Pearson	-,916**	-,907**	,672**	,658**	,593**	,361**	-,034	-,184	-,183
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,004	,863	,313	,317
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
Asche Probe [g/100g]	Korrelation nach Pearson	-,949**	-,948**	,525*	,506*	,446	,414	,041	-,234	-,231
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,031	,038	,073	,098	,900	,383	,389
	N	17	17	17	17	17	17	12	16	16
VZ Höhe/Breite	Korrelation nach Pearson	,167	,148	-,441**	-,510**	-,478**	-,025	-,160	,031	,029
	Signifikanz (2-seitig)	,192	,246	,001	,000	,000	,844	,417	,868	,873
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
Fallzahl [s]	Korrelation nach Pearson	-,162	-,152	,322*	,140	,075	-,321*	-,223	-,062	-,061
	Signifikanz (2-seitig)	,204	,234	,020	,321	,597	,010	,255	,737	,739
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
Wasseraufnahme 14%Feuchte	Korrelation nach Pearson	-,497**	-,496**	,899**	,764**	,683**	,130	,126	-,120	-,120
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,310	,523	,513	,512
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
Wasseraufnahme 500BE	Korrelation nach Pearson	-,608**	-,603**	,849**	,774**	,704**	,269*	,057	-,157	-,157
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,033	,775	,391	,391
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
Rohprotein TS [g/100 g TS] (F=5,7)	Korrelation nach Pearson	-,540**	-,519**	,777**	,721**	,642**	,221	-,121	-,214	-,216
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,082	,540	,239	,234
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		TS nach 2h [g/100g]	TS Massen- konstanz [g/100g]	Asche TS [g/100gTS]	Asche Probe [g/100g]	VZ Höhe/Breite	Fallzahl [s]	Wasser- aufnahme 14%Feuchte	Wasser- aufnahme 500BE	Rohprotein TS [g/100 g TS] (F=5,7)	Rohprotein [g/100g Probe] (F=5,7)
Rohprotein [g/100g Probe] (F=5,7)	Korrelation nach Pearson	,095	,138	,674**	,442	-,483**	,184	,706**	,777**	,898**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,460	,282	,000	,076	,000	,148	,000	,000	,000	
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
Feuchtkleber [%]	Korrelation nach Pearson	-,036	,034	,364**	,406	-,155	,170	,399**	,420**	,486**	,584**
	Signifikanz (2-seitig)	,778	,791	,003	,106	,225	,184	,001	,001	,000	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
SDS-Sedimentation [%]	Korrelation nach Pearson	,160	,174	,276*	-,037	,266*	,069	,321*	,382**	,318*	,432**
	Signifikanz (2-seitig)	,210	,174	,029	,887	,035	,590	,010	,002	,011	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
Fmax - maximale Dehnung [N]	Korrelation nach Pearson	,260	,253	-,245	-,635*	,563**	,053	-,195	-,143	-,238	-,230
	Signifikanz (2-seitig)	,051	,057	,066	,027	,000	,693	,147	,288	,075	,085
	N	57	57	57	12	57	57	57	57	57	57
max. Weg [mm]	Korrelation nach Pearson	-,124	-,074	,457**	,375	-,515**	,569**	,620**	,637**	,764**	,732**
	Signifikanz (2-seitig)	,357	,582	,000	,230	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	57	57	57	12	57	57	57	57	57	57
maximale Viskosität	Korrelation nach Pearson	-,622**	-,584**	,165	,012	-,155	,805**	,464**	,330**	,469**	,203
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,200	,963	,230	,000	,000	,009	,000	,113
	N	62	62	62	17	62	62	62	62	62	62
Viskosität am Ende der Kühlzeit	Korrelation nach Pearson	-,576**	-,556**	,136	,072	-,021	,873**	,385**	,256*	,373**	,076
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,293	,783	,873	,000	,002	,045	,003	,555
	N	62	62	62	17	62	62	62	62	62	62
Temperatur bei Verkleisterungsbe- ginn	Korrelation nach Pearson	,256	,239	,150	-,136	-,172	,166	,166	,203	,250	,099
	Signifikanz (2-seitig)	,150	,180	,405	,602	,338	,356	,355	,257	,161	,582
	N	33	33	33	17	33	33	33	33	33	33
Temperatur bei max. Viskosität	Korrelation nach Pearson	,161	,048	,257	,239	,229	,812**	-,039	-,020	,060	-,162
	Signifikanz (2-seitig)	,371	,791	,150	,356	,200	,000	,831	,914	,739	,368
	N	33	33	33	17	33	33	33	33	33	33

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		Feuchtkleber [%]	SDS-Sedimentation [%]	Fmax - maximale Dehnung [N]	max. Weg [mm]	maximale Viskosität	Viskosität am Ende der Kühlzeit	Temperatur bei Verkleisterungsbeginn	Temperatur bei max. Viskosität	Viskosität bei Start der Kühlzeit	PCD 4min [C/g]	PCD 24min [C/g]
Rohprotein [g/100g Probe] (F=5,7)	Korrelation nach Pearson	,584**	,432**	-,230	,732**	,203	,076	,099	-,162	,221	-,618**	-,615**
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,085	,000	,113	,555	,582	,368	,084	,000	,000
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
Feuchtkleber [%]	Korrelation nach Pearson	1	,405**	,136	,364**	,146	,066	,028	-,120	,159	-,369**	-,353**
	Signifikanz (2-seitig)		,001	,312	,005	,257	,613	,877	,505	,218	,003	,005
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
SDS-Sedimentation [%]	Korrelation nach Pearson	,405**	1	,593**	,239	-,075	-,105	-,271	-,030	-,062	-,297*	-,353**
	Signifikanz (2-seitig)	,001		,000	,073	,564	,415	,127	,868	,635	,018	,005
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
Fmax - maximale Dehnung [N]	Korrelation nach Pearson	,136	,593**	1	-,220	-,172	-,097	,110	,060	-,161	,169	,104
	Signifikanz (2-seitig)	,312	,000		,101	,205	,475	,585	,764	,235	,210	,441
	N	57	57	57	57	56	56	27	27	56	57	57
max. Weg [mm]	Korrelation nach Pearson	,364**	,239	-,220	1	,598**	,473**	,403*	,123	,602**	-,434**	-,361**
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,073	,101		,000	,000	,037	,542	,000	,001	,006
	N	57	57	57	57	56	56	27	27	56	57	57
maximale Viskosität	Korrelation nach Pearson	,146	-,075	-,172	,598**	1	,940**	,241	,668**	,986**	-,094	-,022
	Signifikanz (2-seitig)	,257	,564	,205	,000		,000	,177	,000	,000	,466	,862
	N	62	62	56	56	62	62	33	33	62	62	62
Viskosität am Ende der Kühlzeit	Korrelation nach Pearson	,066	-,105	-,097	,473**	,940**	1	,228	,765**	,930**	-,070	-,018
	Signifikanz (2-seitig)	,613	,415	,475	,000	,000		,201	,000	,000	,588	,889
	N	62	62	56	56	62	62	33	33	62	62	62
Temperatur bei Verkleisterungsbeginn	Korrelation nach Pearson	,028	-,271	,110	,403*	,241	,228	1	,076	,187	-,201	-,198
	Signifikanz (2-seitig)	,877	,127	,585	,037	,177	,201		,673	,299	,261	,269
	N	33	33	27	27	33	33	33	33	33	33	33
Temperatur bei max. Viskosität	Korrelation nach Pearson	-,120	-,030	,060	,123	,668**	,765**	,076	1	,695**	-,287	-,278
	Signifikanz (2-seitig)	,505	,868	,764	,542	,000	,000	,673		,000	,105	,117
	N	33	33	27	27	33	33	33	33	33	33	33

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		PCD 44min [C/g]	PCD 64min [C/g]	d (0,1) Partikel- messung	d (0,5) Partikel- messung	d (0,9) Partikel- messung	spezi- fisches Volumen [mg/g]	SH- Gruppen	3/4 Gare	Vollgare
Rohprotein [g/100g Probe] (F=5,7)	Korrelation nach Pearson	-,603**	-,584**	,728**	,779**	,714**	,406**	,061	-,113	-,114
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,757	,539	,533
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
Feuchtkleber [%]	Korrelation nach Pearson	-,347**	-,339**	,393**	,468**	,434**	,165	,071	-,024	-,024
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,007	,004	,000	,001	,196	,718	,894	,896
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
SDS-Sedimentation [%]	Korrelation nach Pearson	-,355**	-,362**	,210	,204	,181	,324**	-,109	-,172	-,172
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,004	,136	,147	,198	,010	,582	,348	,347
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
Fmax - maximale Dehnung [N]	Korrelation nach Pearson	,097	,089	-,431**	-,434**	-,377**	,006	-,251	-,088	-,087
	Signifikanz (2-seitig)	,471	,508	,003	,003	,010	,965	,236	,671	,672
	N	57	57	46	46	46	57	24	26	26
max. Weg [mm]	Korrelation nach Pearson	-,335*	-,302*	,612**	,580**	,535**	,073	,044	-,116	-,118
	Signifikanz (2-seitig)	,011	,022	,000	,000	,000	,589	,838	,572	,566
	N	57	57	46	46	46	57	24	26	26
maximale Viskosität	Korrelation nach Pearson	-,004	,002	,495**	,227	,146	-,514**	-,094	,006	,005
	Signifikanz (2-seitig)	,978	,987	,000	,106	,301	,000	,636	,974	,977
	N	62	62	52	52	52	62	28	32	32
Viskosität am Ende der Kühlzeit	Korrelation nach Pearson	,001	,002	,384**	,104	,031	-,500**	-,164	,001	,001
	Signifikanz (2-seitig)	,994	,987	,005	,463	,826	,000	,405	,998	,995
	N	62	62	52	52	52	62	28	32	32
Temperatur bei Verkleisterungsbe- ginn	Korrelation nach Pearson	-,185	-,145	-,080	-,081	-,098	-,078	,178	,141	,141
	Signifikanz (2-seitig)	,304	,422	,659	,654	,589	,668	,364	,440	,442
	N	33	33	33	33	33	33	28	32	32
Temperatur bei max. Viskosität	Korrelation nach Pearson	-,241	-,241	-,013	-,149	-,213	-,393*	-,428*	-,259	-,258
	Signifikanz (2-seitig)	,177	,176	,943	,409	,235	,024	,023	,152	,155
	N	33	33	33	33	33	33	28	32	32

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		TS nach 2h [g/100g]	TS Massen- konstanz [g/100g]	Asche TS [g/100gTS]	Asche Probe [g/100g]	VZ Höhe/Breite	Fallzahl [s]	Wasser- aufnahme 14%Feuchte	Wasser- aufnahme 500BE	Rohprotein TS [g/100 g TS] (F=5,7)	Rohprotein [g/100g Probe] (F=5,7)
Viskosität bei Start der Kühlzeit	Korrelation nach Pearson	-,629**	-,596**	,185	,081	-,130	,800**	,505**	,370**	,480**	,221
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,151	,757	,315	,000	,000	,003	,000	,084
	N	62	62	62	17	62	62	62	62	62	62
PCD 4min [C/g]	Korrelation nach Pearson	-,274*	-,276*	-,918**	-,903**	,239	-,232	-,519**	-,621**	-,585**	-,618**
	Signifikanz (2-seitig)	,030	,029	,000	,000	,060	,067	,000	,000	,000	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
PCD 24min [C/g]	Korrelation nach Pearson	-,333**	-,329**	-,916**	-,938**	,185	-,184	-,492**	-,607**	-,557**	-,615**
	Signifikanz (2-seitig)	,008	,008	,000	,000	,147	,148	,000	,000	,000	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
PCD 44min [C/g]	Korrelation nach Pearson	-,322**	-,315*	-,916**	-,949**	,167	-,162	-,497**	-,608**	-,540**	-,603**
	Signifikanz (2-seitig)	,010	,012	,000	,000	,192	,204	,000	,000	,000	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
PCD 64min [C/g]	Korrelation nach Pearson	-,304*	-,296*	-,907**	-,948**	,148	-,152	-,496**	-,603**	-,519**	-,584**
	Signifikanz (2-seitig)	,015	,018	,000	,000	,246	,234	,000	,000	,000	,000
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63
d (0,1) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	-,381**	-,333*	,672**	,525*	-,441**	,322*	,899**	,849**	,777**	,728**
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,016	,000	,031	,001	,020	,000	,000	,000	,000
	N	52	52	52	17	52	52	52	52	52	52
d (0,5) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	-,112	-,061	,658**	,506*	-,510**	,140	,764**	,774**	,721**	,779**
	Signifikanz (2-seitig)	,430	,666	,000	,038	,000	,321	,000	,000	,000	,000
	N	52	52	52	17	52	52	52	52	52	52
d (0,9) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	-,047	,002	,593**	,446	-,478**	,075	,683**	,704**	,642**	,714**
	Signifikanz (2-seitig)	,740	,987	,000	,073	,000	,597	,000	,000	,000	,000
	N	52	52	52	17	52	52	52	52	52	52
spezifisches Volumen [mg/g]	Korrelation nach Pearson	,493**	,496**	,361**	,414	-,025	-,321*	,130	,269*	,221	,406**
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,004	,098	,844	,010	,310	,033	,082	,001
	N	63	63	63	17	63	63	63	63	63	63

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		Feucht- kleber [%]	SDS-Sedi- mentation [%]	Fmax - maximale Dehnung [N]	max. Weg [mm]	maximale Viskosität	Viskosität am Ende der Kühlzeit	Temperatur bei Verkleister- ungsbeginn	Temperatur bei max. Viskosität	Viskosität bei Start der Kühlzeit	PCD 4min [C/g]	PCD 24min [C/g]
Viskosität bei Start der Kühlzeit	Korrelation nach Pearson	,159	-,062	-,161	,602**	,986**	,930**	,187	,695**	1	-,105	-,036
	Signifikanz (2-seitig)	,218	,635	,235	,000	,000	,000	,299	,000		,419	,782
	N	62	62	56	56	62	62	33	33	62	62	62
PCD 4min [C/g]	Korrelation nach Pearson	-,369**	-,297*	,169	-,434**	-,094	-,070	-,201	-,287	-,105	1	,985**
	Signifikanz (2-seitig)	,003	,018	,210	,001	,466	,588	,261	,105	,419		,000
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
PCD 24min [C/g]	Korrelation nach Pearson	-,353**	-,353**	,104	-,361**	-,022	-,018	-,198	-,278	-,036	,985**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,005	,441	,006	,862	,889	,269	,117	,782	,000	
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
PCD 44min [C/g]	Korrelation nach Pearson	-,347**	-,355**	,097	-,335*	-,004	,001	-,185	-,241	-,017	,976**	,997**
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,004	,471	,011	,978	,994	,304	,177	,894	,000	,000
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
PCD 64min [C/g]	Korrelation nach Pearson	-,339**	-,362**	,089	-,302*	,002	,002	-,145	-,241	-,014	,965**	,992**
	Signifikanz (2-seitig)	,007	,004	,508	,022	,987	,987	,422	,176	,911	,000	,000
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63
d (0,1) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	,393**	,210	-,431**	,612**	,495**	,384**	-,080	-,013	,498**	-,543**	-,498**
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,136	,003	,000	,000	,005	,659	,943	,000	,000	,000
	N	52	52	46	46	52	52	33	33	52	52	52
d (0,5) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	,468**	,204	-,434**	,580**	,227	,104	-,081	-,149	,237	-,542**	-,510**
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,147	,003	,000	,106	,463	,654	,409	,091	,000	,000
	N	52	52	46	46	52	52	33	33	52	52	52
d (0,9) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	,434**	,181	-,377**	,535**	,146	,031	-,098	-,213	,173	-,481**	-,453**
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,198	,010	,000	,301	,826	,589	,235	,219	,000	,001
	N	52	52	46	46	52	52	33	33	52	52	52
spezifisches Volumen [mg/g]	Korrelation nach Pearson	,165	,324**	,006	,073	-,514**	-,500**	-,078	-,393*	-,479**	-,342**	-,398**
	Signifikanz (2-seitig)	,196	,010	,965	,589	,000	,000	,668	,024	,000	,006	,001
	N	63	63	57	57	62	62	33	33	62	63	63

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		PCD 44min [C/g]	PCD 64min [C/g]	d (0,1) Partikel- messung	d (0,5) Partikel- messung	d (0,9) Partikel- messung	spezi- fisches Volumen [mg/g]	SH- Gruppen	3/4 Gare	Vollgare
Viskosität bei Start der Kühlzeit	Korrelation nach Pearson	-,017	-,014	,498**	,237	,173	-,479**	-,135	,009	,009
	Signifikanz (2-seitig)	,894	,911	,000	,091	,219	,000	,493	,960	,961
	N	62	62	52	52	52	62	28	32	32
PCD 4min [C/g]	Korrelation nach Pearson	,976**	,965**	-,543**	-,542**	-,481**	-,342**	,297	,225	,225
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,006	,124	,215	,216
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
PCD 24min [C/g]	Korrelation nach Pearson	,997**	,992**	-,498**	-,510**	-,453**	-,398**	,233	,206	,205
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,001	,001	,233	,258	,261
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
PCD 44min [C/g]	Korrelation nach Pearson	1	,996**	-,487**	-,504**	-,448**	-,410**	,190	,185	,184
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,000	,000	,001	,001	,333	,311	,315
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
PCD 64min [C/g]	Korrelation nach Pearson	,996**	1	-,483**	-,490**	-,434**	-,391**	,181	,196	,194
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,000	,000	,001	,002	,358	,283	,286
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32
d (0,1) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	-,487**	-,483**	1	,863**	,767**	,079	,140	-,191	-,192
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000		,000	,000	,578	,479	,295	,292
	N	52	52	52	52	52	52	28	32	32
d (0,5) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	-,504**	-,490**	,863**	1	,973**	,301*	,136	-,096	-,097
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000		,000	,030	,491	,603	,597
	N	52	52	52	52	52	52	28	32	32
d (0,9) Partikelmessung	Korrelation nach Pearson	-,448**	-,434**	,767**	,973**	1	,336*	,146	-,088	-,089
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,001	,000	,000		,015	,460	,633	,627
	N	52	52	52	52	52	52	28	32	32
spezifisches Volumen [mg/g]	Korrelation nach Pearson	-,410**	-,391**	,079	,301*	,336*	1	,302	,089	,091
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,002	,578	,030	,015		,118	,627	,620
	N	63	63	52	52	52	63	28	32	32

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		TS nach 2h [g/100g]	TS Massen- konstanz [g/100g]	Asche TS [g/100gTS]	Asche Probe [g/100g]	VZ Höhe/Breite	Fallzahl [s]	Wasser- aufnahme 14%Feuchte	Wasser- aufnahme 500BE	Rohprotein TS [g/100 g TS] (F=5,7)	Rohprotein [g/100g Probe] (F=5,7)
SH-Gruppen	Korrelation nach Pearson	-,421*	-,381*	-,034	,041	-,160	-,223	,126	,057	-,121	,061
	Signifikanz (2-seitig)	,026	,045	,863	,900	,417	,255	,523	,775	,540	,757
	N	28	28	28	12	28	28	28	28	28	28
3/4 Gare	Korrelation nach Pearson	-,275	-,268	-,184	-,234	,031	-,062	-,120	-,157	-,214	-,113
	Signifikanz (2-seitig)	,127	,137	,313	,383	,868	,737	,513	,391	,239	,539
	N	32	32	32	16	32	32	32	32	32	32
Vollgare	Korrelation nach Pearson	-,273	-,268	-,183	-,231	,029	-,061	-,120	-,157	-,216	-,114
	Signifikanz (2-seitig)	,130	,138	,317	,389	,873	,739	,512	,391	,234	,533
	N	32	32	32	16	32	32	32	32	32	32

		Feucht- kleber [%]	SDS-Sedi- mentation [%]	Fmax - maximale Dehnung [N]	max. Weg [mm]	maximale Viskosität	Viskosität am Ende der Kühlzeit	Temperatur bei Verkleister- ungsbeginn	Temperatur bei max. Viskosität	Viskosität bei Start der Kühlzeit	PCD 4min [C/g]	PCD 24min [C/g]
SH-Gruppen	Korrelation nach Pearson	,071	-,109	-,251	,044	-,094	-,164	,178	-,428*	-,135	,297	,233
	Signifikanz (2-seitig)	,718	,582	,236	,838	,636	,405	,364	,023	,493	,124	,233
	N	28	28	24	24	28	28	28	28	28	28	28
3/4 Gare	Korrelation nach Pearson	-,024	-,172	-,088	-,116	,006	,001	,141	-,259	,009	,225	,206
	Signifikanz (2-seitig)	,894	,348	,671	,572	,974	,998	,440	,152	,960	,215	,258
	N	32	32	26	26	32	32	32	32	32	32	32
Vollgare	Korrelation nach Pearson	-,024	-,172	-,087	-,118	,005	,001	,141	-,258	,009	,225	,205
	Signifikanz (2-seitig)	,896	,347	,672	,566	,977	,995	,442	,155	,961	,216	,261
	N	32	32	26	26	32	32	32	32	32	32	32

Schlussbericht – Projekt QualiEmmer

		PCD 44min [C/g]	PCD 64min [C/g]	d (0,1) Partikel- messung	d (0,5) Partikel- messung	d (0,9) Partikel- messung	spezi- fisches Volumen [mg/g]	SH- Gruppen	3/4 Gare	Vollgare
SH-Gruppen	Korrelation nach Pearson	,190	,181	,140	,136	,146	,302	1	,557**	,558**
	Signifikanz (2-seitig)	,333	,358	,479	,491	,460	,118		,002	,002
	N	28	28	28	28	28	28	28	28	28
3/4 Gare	Korrelation nach Pearson	,185	,196	-,191	-,096	-,088	,089	,557**	1	1,000**
	Signifikanz (2-seitig)	,311	,283	,295	,603	,633	,627	,002		,000
	N	32	32	32	32	32	32	28	32	32
Vollgare	Korrelation nach Pearson	,184	,194	-,192	-,097	-,089	,091	,558**	1,000**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,315	,286	,292	,597	,627	,620	,002	,000	
	N	32	32	32	32	32	32	28	32	32

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

c. Kann nicht berechnet werden, da mindestens eine der Variablen konstant ist.