



Agronomie und Verarbeitungseigenschaften von 148 verschiedenen Einkornsorten im Vergleich zu Weizen

Muhammad Afzal, Prof. Dr. Friedrich Longin, Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart; Email: friedrich.longin@uni-hohenheim.de;

Franz Pflieger, Norbert Huintjes, Melanie Ruhrländer, Detmolder Institut für Getreide- und Fettanalytik, 32756 Detmold;

Dr. Wessam Akel, Regina Koch, Strube Research GmbH & Co. KG

Summary

Consumers are increasingly interested in products made with ancient grains. We therefore investigated 148 varieties of einkorn and two leading varieties from common wheat as reference for comparison. A central project outcome was the development of a standard milling and baking trial for einkorn. We determined a large variation across the different einkorn varieties for agronomic and quality traits. For instance, raw yield varied between the einkorn varieties from 38-61 dt/ha. Compared to common wheat, einkorn has on average a lower yield, higher protein content, lower sedimentation volume, lower dough stability, lower extensibility and similar water uptake. These different dough properties of einkorn must be considered for baking trials for einkorn and the judgment of baking quality should include loaf volume and height/width ratio of the bread. Sedimentation volume correlated quite well with baking quality, while protein content did not. However, good bakery products can be made with the existing quality attributes of einkorn doughs as long as bakers adjust their recipes towards lower kneading energy using additional longer dough rest and/or sourdough. Future establishment of einkorn mainly depends on plant breeding to deliver varieties with higher yield and lower risk of lodging.

Zusammenfassung

Produkte aus alten Getreidearten gelangen wieder mehr ins Interesse der Verbraucher. Wir haben deswegen 148 Einkornsorten mit zwei Vergleichsorten aus Weizen in mehrortigen Versuchen auf Agronomie und Verarbeitungseigenschaften untersucht. Ein zentraler Punkt war die Etablierung eines Standardmahl- und -backversuchs für Einkorn. Die getesteten Einkornsorten unterschieden sich erheblich in den agronomischen Eigenschaften sowie der Verarbeitungsqualität. So schwankte beispielsweise der Rohertrag von 38 – 61 dt/ha. Die Sortenwahl ist somit auch bei Einkorn von besonders wichtiger Bedeutung für eine erfolgreiche Etablierung der Kulturart. Im Vergleich zu Weizen fällt besonders der geringere Ertrag, der höhere Proteingehalt, die kleineren Körner sowie die geringe Teigstabilität von Einkorn auf. Der Proteingehalt von Einkornsorten korreliert nicht mit der Backqualität, der Sedimentationswert oder der Energiewert des Extensogramms schon. Allerdings schätzen wir die Verarbeitungsqualität von Einkornsorten aktuell als weniger wichtig ein wie die verbesserte Agronomie. Bäcker können bereits durch Rezeptanpassung mit Einkorn gute, schmackhafte und lange frischhaltende Backwaren erzielen. Hierbei ist vor allem eine vorsichtige Knetung, längere Teigführung und die Stabilisierung der Teige wichtig. Inwieweit Einkorn zukünftig an Anbaufläche gewinnt wird unter anderem davon abhängen, dass die Einkornzüchtung den Ertragsnachteil und die Schwächen der Standfestigkeit gegenüber Weizen schnell verbessert.



Einkorn – „das“ Getreide mit Tradition

Einkorn (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) ist eine der ältesten Getreidearten überhaupt. Wie Emmer oder Dinkel gehört er botanisch zur großen Familie der Weizen und stammt ursprünglich aus dem fruchtbaren Halbmond, der Gegend zwischen Euphrat und Tigris im heutigen Syrien und Iran. Einkorn war schon Bestandteil der menschlichen Nahrung als wir noch Jäger und Sammler waren, so hatte z.B. die Gletschermumie Ötzi Einkorn als Proviant dabei. Danach verlor Einkorn aber immer mehr an Bedeutung und wird heute weltweit nur noch auf sehr wenigen Hektar angebaut. Die heute noch verfügbaren Einkornsorten aus Genbanken sind allerdings maximal 100 Jahre alt, eher deutlich jünger.

Wie Dinkel ist Einkorn ein Spelzweizen, das bedeutet, dass das Korn in der Spelze fest eingeschlossen ist und bei der Ernte auch darin verbleibt. Die Kombination aus Korn und Hüllspelze wird Vese genannt. Erst in einem weiteren Arbeitsschritt in der Mühle werden die Körner freigelegt, dem sogenannten Gerbgang. Aktuell wird Einkorn nur in einem geringen Umfang angebaut, aber die Nachfrage nach urigen Produkten und Rohstoffalternativen zu Weizen steigt, im Hobbybackbereich fast schneller als bei den Profis. In ersten Feldstudien konnten wir herausarbeiten, dass Einkorn gut in unseren Breiten angebaut werden kann allerdings mit geringerem Ertrag als Weizen (Longin et al. 2016). Diese Studie zeigte auch, dass Einkorn einen höheren Protein- und Glutengehalt aber eine andere Glutenzusammensetzung als Weizen hat (Geisslitz et al. 2019). Zudem berichten experimentierfreudige Bäcker, dass Produkte mit Einkorn nur gelingen, wenn Rezeptanpassungen im Vergleich zu Weizen oder Dinkel vorgenommen werden.

Diese Untersuchungen beruhen alle auf einer geringen Anzahl an Einkornsorten, obwohl in den Genbanken der Welt einige hundert davon lagern. Deswegen haben wir zusammen mit der Strube Research GmbH & Co. KG und dem Detmolder Institut für Getreide- und Fettanalytik (DIGeFa) ein für Einkorn einmalig großes Forschungsprojekt gestartet. Aus verschiedenen Genbanken haben wir mehrere hundert Einkornsorten zusammengetragen und mehrjährig vermehrt. In den Vermehrungen haben wir dann die agronomisch besseren Sorten ausgewählt und zusätzlich mehrere dutzend Einkornneuzüchtungen aus dem Markt hinzugenommen, um insgesamt 148 Einkornsorten mehrjährig im Feld und Qualitätslabor zu testen. Anhand dieser umfangreichen Versuche wollten wir (1) die Variabilität von Einkornsorten in agronomischen Eigenschaften sowie wichtigen Qualitätsmerkmalen erfassen, (2) geeignete Mahl- und Backversuche für Einkorn entwickeln, (3) mögliche Schnellverfahren zur Qualitätsbestimmung bei Einkorn untersuchen sowie (4) Tipps zur Verarbeitung von Einkorn zu Premiumprodukten erarbeiten.

Material und Methoden

148 einmalige Einkornsorten wurden mit zwei Weizensorten (Genius und Julius) in einem partiell wiederholten Versuch an insgesamt fünf diversen Anbauorten in Ertragsparzellen im Jahr 2019, 2020 und 2021 (Fig. 1) angebaut. Die konventionell extensiv bewirtschafteten Standorte waren: Stuttgart-Hohenheim (HOH) im Jahr 2020, 2021 sowie Strube 2019 (2 Orte) und 2020. In diesen Versuchen wurde neben Roh-Ertrag (dt/ha) noch das Ährenschieben (EC Stadium), die Wuchshöhe (cm) sowie die Neigung zu Lager (Boniturnote 1 = wenig, 9 = viel) erfasst. Die Ernte dieser Parzellen diente zudem als Muster für die Qualitätsanalytik.



Alle Erntemuster der Orte Strube 1 – 2019, Strube 2 – 2019 und HOH 21 wurden dann einer intensiven Qualitätsanalyse unterzogen. Diese Erntemuster wurden zunächst entspelzt, gereinigt und der Rohproteingehalt (NIRS, ICC Standardmethode 159), das Hektolitergewicht (kg,hl), die Kernaussbeute (Gewicht nach Entspelzen und Reinigen in % zu Ernterohgewicht) sowie die Tausendkornmasse (TKG, g) erfasst. Zudem wurde der Sedimentationswert (mit Natriumdodecylsulfat; ICC Standardmethode 151) und die Fallzahl (ICC Standardmethode 107/1) bestimmt. Die DiGeFa entwickelte zunächst einen Standardmahlversuch für Einkornvollkornmehl. Umfangreiche Analysen an Vormustern mit dem Bühler-Mahlautomaten zeigten, dass man mit einer Netzung von 16% und dem Nutzen des Bühler-Mahlautomaten akzeptable Stärkebeschädigung ähnlich wie bei Weizen erzielt. Um dem Anspruch eines Vollkornmehles gerecht zu werden, wurden die Kleiefractionen des Bühler-Mahlautomaten auf der Retschmühle nachvermahlen, bevor diese mit dem Passagenmehl zu einem Vollkornmehl aufgemischt wurden. Diese Vermahlung wurde dann als Standard bei allen Probemustern verwendet. Mit diesen Mehlen wurden dann zunächst verschiedene Teigeigenschaften erarbeitet unter Zuhilfenahme des Mixolabs (ICC Standardmethode 173) und des Extensogramms (ICC Standardmethode 114/1).

An Vormustern von mehreren Einkornsorten wurde zudem ein Standardbackversuch für Einkorn entwickelt. An den Mixolab-Knetkurven war abzulesen, dass Einkorn kürzer geknetet werden sollte als Dinkel oder Weizen. Eine Überknetung des Teiges ist bei Einkorn auf jeden Fall zu vermeiden, weil dies zu sehr schlechten Backergebnissen führt (Fig. 2). Als Grundlage für die Wasserdosierung bei der Teigherstellung für die Backversuche wurde die Wasseraufnahme aus den rheologischen Untersuchungen herangezogen. Die Knetzeit jedes Teiges wurde individuell anhand der Knetkurve bestimmt. Nach Erreichen des Knetmaximums wurde die Knetung beendet.

Als finales Rezept wurde folgendes verwendet (Prozentzahlen auf Mehl bezogen):

- Mehl + Wasser = 75g; Wassermenge wurde anhand Mehlwasseraufnahme korrigiert
- 1,5% Salz
- 1% Zucker
- 1% Sonnenblumenöl
- 2% Hefe
- 0,01% Ascorbinsäure

Der Teig wurde bei 24°C angesetzt und dann 20 Minuten bei 32°C und 80% Luftfeuchte im Gärschrank ruhen gelassen. Darauf wurde er von Hand zu Brötchen aufgearbeitet, kam nochmals für 50 Minuten in den Gärschrank (32°C, 80% Luftfeuchte) und wurde dann 22 Minuten bei 230°C Ober- und 220°C Unterhitze gebacken. Die Bewertung des Backergebnisses erfolgte eine Stunde nach dem Backen. Der etablierte Test unterscheidet sich von Backtests mit Weizen vor allem durch Nutzung von Vollkornmehl, deutlich reduzierte Knetenergie, Handaufarbeitung sowie dem Nutzen von weniger Hefe und mehr Stückgare. Alle Projektprobemuster wurden dann anhand dieses Mahl- und Backversuches untersucht.

In einem weiteren Feldversuch wurde an drei Standorten die Frosthärte und der Vernalisationsbedarf getestet. Dabei kommt es beim Frosttest darauf an, dass auch wirklich starker Frost herrscht und Schneebedeckung vermieden wird, was wir mittels Weihenstephaner Kastenanlagen realisierten. In dieser Anlage wird der Frostschaden nach



dem Winter anhand abgestorbener Blätter begutachtet (1 = kein Frostschaden, 9 = hoher Frostschaden). Beim Vernalisationstest ist es wichtig, dass jeglicher Kältereiz ausgeschlossen wird. Dies wurde durch eine Aussaat Ende April abgesichert. Im Sommer wurde dann begutachtet, inwiefern diese Sorten Ähren gebildet haben (1 = kein Vernalisationsbedarf = alle Ähren da; 9 = hoher Vernalisationsbedarf = keine Ähren da).

Die Ergebnisse wurden final nach gemischt linearen Modellen ausgewertet. Hierzu wurde das Statistikprogramm R (R Core Team 2018) unter zu Hilfenahme des Paketes ASREML (Gilmour et al. 2009) verwendet.

Ergebnisse & Diskussion

In diesem Projekt wurden insgesamt über 100 Merkmale an 148 Einkornsorten und zwei Vergleichssorten aus Weizen an bis zu fünf unterschiedlichen Standorten erfasst. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass in diesem Projekt die wichtigsten Eigenschaften für alle Partner entlang der gesamten Wertschöpfungskette erfasst wurden, also eine Forschung „from farm to fork“. So sind agronomische Merkmale wie Ertrag, Standfestigkeit und Winterhärte wichtig für LandwirtInnen, Merkmale wie Korngröße und Kernaussbeute für MüllerInnen sowie Wasseraufnahme, Teigstabilität und Gebäckvolumen für Bäcker- und VerbraucherInnen.

Agronomische Eigenschaften von Einkorn

Aus Vorversuchen war bekannt, dass Einkorn sehr langstrohig ist und somit auch bei Starkregen zum Lager neigt. Deswegen wurde der Anbauversuch mit einem Drittel der Stickstoffdüngungsmenge von Weizen gefahren sowie einer Wachstumsreglergabe. Dies stellt eine extensive konventionelle Bewirtschaftung dar, was auch in der landwirtschaftlichen Praxis so üblich ist.

Unter diesen Bedingungen hatte Einkorn im Vergleich zu Weizen im Durchschnitt einen deutlich geringeren Roh-Ertrag bei höherer Wuchshöhe und Lagerneigung und deutlich späterer Blüte (Tab. 1 und Fig. 3). Die spätere Blüte ist auf eine sehr verzögerte Bestandesentwicklung im Frühjahr zurückzuführen, der Einkornanbau erfordert somit ein gutes Beikrautmanagement. Das bestätigt Studien aus der Literatur (Longin et al. 2016). Die Frosthärte dahingegen war deutlich besser als bei den getesteten frostharten Winterweizensorten Julius und Genius. Interessanterweise, war die bessere Frosthärte bei vielen Einkornsorten nicht an den Vernalisationsbedarf gekoppelt, wie es bisher in allen Wintergetreiden der Fall ist. Die Korrelation beider Merkmale war sogar mit $-0,48$ leicht negativ (Fig. 5). So konnten wir zahlreiche sehr frostharte Einkornsorten identifizieren, die gar keinen Vernalisationsbedarf hatten. Die LandwirtIn könnte somit die gleiche Sorte vor oder nach dem Winter aussäen, was ein großer Vorteil bei komplexer werdenden Fruchtfolgen ist. Eine kleine Genetikstudie dieser Merkmale bei Einkorn zeigte auch auf, dass die aus dem Weizen sehr einflussreichen Genorte für Vernalisation und Frosthärte bei Einkorn keine Rolle spielten. Zusammenfassend konnten wir eine große Schwankungsbreite zwischen den einzelnen Sorten bei allen getesteten Merkmalen festzustellen.



Diese Erkenntnisse zeigen mehreres auf. Erstens, auch bei alten Arten gibt es in Genbanken Sorten mit sehr unterschiedlichen Merkmalseigenschaften, die es (wieder) zu erarbeiten gilt. Zweitens, Selektion und Züchtung kann mit relativ wenig Aufwand auch in alternativen Arten viel bewegen, um das Anbaurisiko und die Ertragssicherheit in aktuellen Anbausystemen zu verbessern und somit die Wettbewerbsfähigkeit der neuen Kulturart nachhaltig zu steigern. Und drittens, ist die Etablierung einer (alten) Art kein Selbstläufer, sondern erfordert eben Kenntnis zu wichtigsten Kennzahlen entlang der Wertschöpfungskette, was allesamt Ergebnisse aus Dinkel (Longin und Rapp 2017) und Emmer (Afzal et al. 2021) bestätigt. So kann in der Kulturart Einkorn durch Sortenwahl alleine auf der agronomischen Seite der Ertrag um > 30% gesteigert und das Anbaurisiko (v.a. Lager) um > 100% reduziert werden. Die im Anbau wichtigen Einkornsorten Monomax und LDPhi sind bei diesen Merkmalen deutlich besser als die meisten getesteten Einkornsorten. Ein wichtiger Knackpunkt für den zukünftigen Einkornanbau wird die weitere Züchtung auf weniger Lagerrisiko, möglichst schnelle Jugendentwicklung und deutlich mehr Ertrag sein.

Wichtige Eigenschaften für die Müllerei

Hier haben wir uns auf die Kernaussbeute und Korngröße konzentriert. Einkorn ist ein Spelzweizen, das bedeutet, dass die Körner in der Ernte fest von den Hüllspelzen umschlossen bleiben und Kerne erst in einem weiteren Arbeitsschritt gewonnen werden, dem sog. Gerbgang. Die Kernaussbeute wurde hier ermittelt als der prozentuale Gewichtsanteil der Körner nach Entspelzung und Reinigung im Vergleich zur rohen Mähdrescherware. Die Kernaussbeute, schwankte zwischen den Einkornsorten von 59-73% (Fig. 3) und ist somit geringer als in Dinkel und Emmer (Longin et al. 2016, Afzal et al. 2021).

Einkorn hat zudem ein deutlich kleineres TKG als Weizen (Tab. 1, Fig. 3), im Durchschnitt nur 60% vom Weizen, und auch die größten Einkornkörner sind noch deutlich kleiner als Weizenkörner. Insofern macht es ökonomisch keinen Sinn, aus Einkorn Auszugsmehl herzustellen, bei dem auch die positiven Inhaltsstoffe des Einkorns nicht genutzt werden würden (Ziegler et al. 2016). Was weniger aus den Daten als aus dem praktischen Umgang mit der Einkornvermahlung erkannt wurde, ist die Eigenschaft von Einkorn, die Siebe in den Mühlen mit feinen, leicht klebrigen Partikeln zu verstopfen. Die Vermahlung von Einkorn erfordert somit mehr Aufmerksamkeit von der MüllerIn.

Zusammenfassend zeigen die Unterschiede zwischen den 148 Einkornsorten, dass es sich erheblich lohnt für die MüllerIn, Einkornsorten mit besserer Kernaussbeute und Korngröße auszuwählen. Die im Anbau wichtigen Einkornsorten Monomax und LDPhi sind dabei leicht überdurchschnittlich im Vergleich aller getesteter Einkornsorten.

Teig- und Backeigenschaften von Einkorn

Die Wasseraufnahme von Mehl hat gleich zwei wichtige positive Eigenschaften. Einerseits halten Gebäcke mit höherer Wassermenge länger frisch und andererseits ist Wasser eine günstige Zutat im Rezept. Die Wasseraufnahme der Einkornsorten schwankte nur leicht von 60 – 66ml/100g, und war im Durchschnitt leicht unter der von Weizen. Die Wasseraufnahme im Anteigen von Mehl wird vereinfacht von zwei Faktoren bestimmt: je mehr Protein bzw. je



höher die Stärkebeschädigung/Kornhärte, desto mehr Wasser nimmt der Teig im kühlen Zustand auf. Einkorn hat einen höheren Proteingehalt als Weizen und dieser war auch positiv mit der Wasseraufnahme korreliert (Fig. 5). Warum trotzdem die Wasseraufnahme bei Einkorn geringer als bei Weizen war müssen weitere Untersuchungen zeigen, die Kornhärte und Stärkebeschädigung hatten wir nicht gemessen.

Dank des neu entwickelten Backversuches der DIGeFa konnten wir eine breite Varianz zwischen den Einkornsorten bei der Backqualität feststellen. So schwankte die Volumenausbeute zwischen 260 und 314 ml/100g und das Höhe/Breite-Verhältnis zwischen 0,36 - 0,59 (Tab. 1, Fig. 4). Wie im Weizen und Emmer auch korrelieren dabei die Kennzahlen Volumenausbeute und Höhe/Breite-Verhältnis nicht gut mit einem Korrelationskoeffizient bei Einkorn nahe null. Unserer Meinung nach sollte man beide Kennzahlen parallel betrachten, grafisch wie in Fig. 4 oder in einem standardisierten Index (Backqualitätsindex, Fig. 5), da keine der beiden Kennzahlen alleine eine ausreichende Aussagekraft hat. So sagt eine hohe Volumenausbeute nichts über die Form aus, auch ein Fladenbrot kann ein großes Volumen haben. Die gewünschte ovale Brotform wird besser durch das Höhe/Breite-Verhältnis des Brotes widerspiegelt, ohne hierbei aber das Volumen genauer zu benennen.

Während wenige Einkornsorten ein ähnliches Höhe/Breite-Verhältnis hatten wie die E-Weizensorte Genius und die A-Weizensorte Julius, hatten alle Einkornsorten eine deutlich geringere Volumenausbeute. Dabei gilt sogar noch zu bedenken, dass die Backqualität der Weizensorten vermutlich unterschätzt ist. Der Einkornbackversuch war gekennzeichnet durch eine sehr vorsichtige und kurze Knetung, dem Verwenden von weniger Hefe und verlängerter Teigführung und einen höheren Einsatz von Ascorbinsäure. Dies kommt vor allem Teigen mit geringer Knetstabilität und fließenden Teigen entgegen.

Anhand der Teigeigenschaften aus dem Mixolab oder Extensogramm kann man deutlich die höhere Verarbeitungstoleranz der Weizensorten Genius und Julius gekoppelt mit höher zu erwartetem Backvolumen bei intensiverer und längerer Knetung erkennen. Im Mixolab geben die Drehmoment Messungen zum Zeitpunkt CS und C2 wichtige Informationen zur Teigstabilität und Knettoleranz (CS) bzw. zur Toleranz gegenüber mechanischem Stress und Hitze (C2). Je höher diese Werte, umso besser für die Verarbeitung und hier sind die Weizensorten Genius und Julius deutlich besser als die getesteten Einkornsorten (Tab. 1, Fig. 3).

Die größte Anzahl Einkornsorten hat eher einen kleinen Energiewert gekoppelt mit kleiner Verhältniszahl, was bei Weizen, Dinkel und Emmer kleinere Backvolumen und fließende Teige bedeutet (Longin und Rapp 2017, Afzal et al. 2022). Dahingegen waren die Weizensorten Julius und Genius mit deutlichem Abstand im positiven Bereich, also mit hohem Energiewert und mittlerer Verhältniszahl. Allerdings konnte bei allen Teig- und Backeigenschaften wenige Einkornsorten mit sehr guten Eigenschaften gefunden werden. Diese sind aber sowohl im Ertrag wie in der Standfestigkeit schlecht. Zusammenfassend hilft der neuentwickelte Backtest, anhand Volumenausbeute und Höhe/Breite-Verhältnis Einkornsorten untereinander in ihrer Backqualität zu testen. Dieser Backversuch ist aber nicht geeignet, um Einkornsorten mit Weizensorten in der Backqualität zu vergleichen.

Um Einkornsorten mit besseren Backeigenschaften auszulesen bzw. zu züchten kommt es unserer Meinung nach auf zwei Dinge an. Zum einen sollten diese gut im neuentwickelten



Backtest abschneiden und zwar möglichst eine hohe Volumenausbeute und hohes Höhe/Breite-Verhältnis haben. Zum anderen sollte aber mittel – bis langfristig auf eine Verbesserung der Knettoleranz und der Energiewerte im Extensogramm gezüchtet werden. Teig- und Backversuche sind sehr aufwendig und erfordern zudem eine große Menge an Körnern, die es im Zuchtprozess erst in späten Generationen hat. Somit stellt sich die Frage, inwiefern anhand einfachster Laborversuche diese Eigenschaften mit hoher Korrelation abgeschätzt werden können. Im Weizen nimmt man hierzu den Proteingehalt und den Sedimentationswert. Der Proteingehalt korrelierte mit $r = 0,35$ und $r = -0,16$ mit der Volumenausbeute bzw. dem Höhe/Breite-Verhältnis (Fig. 5). Der Sedimentationswert korrelierte mit $r = -0,04$ und $r = 0,63$ mit der Volumenausbeute bzw. dem Höhe/Breite-Verhältnis. Der Sedimentationswert korrelierte zudem mit $r > 0,85$ mit dem Energiewert des Extensogramms und der Teigstabilität (Mixolab: Drehmoment im Zeitpunkt CS). Insofern schätzen wir den Sedimentationswert und das Extensogramm als die Methode der Wahl ein, um mittelfristig in der Einkornzüchtung etwas auf Backqualität zu testen, was Ergebnisse aus Weizen, Dinkel und Emmer bestätigt (Longin und Rapp 2017, Afzal et al. 2022). Auch wenn Methoden wie Sedimentationswert, Mixolab oder Extensogramm für den Handel von Einkorn an der „Gosse“ zu langsam erscheinen mögen, sollte nicht auf den Proteingehalt zurückgegriffen werden. Dieser sagt bei Einkorn nichts zur Backqualität aus. Ein Hilfsmerkmal wäre der Sortenname, hier lassen sich größere Unterschiede feststellen (Tab. 1).

Premiumbackwaren mit Einkorn erfordern angepasste Rezepte und gute Bäcker

Für die Backpraxis lassen sich aus diesem Projekt wichtige Erkenntnisse ableiten. Wir bestätigen erste Erfahrungen aus der Praxis, dass die Rezeptur angepasst werden muss, wenn man Brot oder Brötchen mit einem hohen Anteil Einkorn herstellen will. Die noch niedrigere Knettoleranz wie bei Dinkel erfordert unbedingt eine starke Reduktion der Knetenergie, die dem Teig zugeführt wird, lieber nur mischen und wenig kneten. Die Teige sind noch fließender und v.a. klebriger als beim Dinkel, es muss also stabilisierend eingegriffen werden, z.B. durch mehrfache Faltung des Teiges oder eben durch Nutzung von Brotbackformen. Zudem steigern lange Teigführung, Reduktion der Hefemenge, Nutzung von Quell/Brühstücken sowie Vorteigen oder Sauerteigen die Backqualität erheblich. Wenn dies beachtet wird, kann man schöne Gebäcke mit tollem Geschmack und langer Frischhaltung erzielen. Trotzdem ist es ratsam, diese Produkte besonders in den Ablagen zu präsentieren und lieber neue Gebäckvarianten zu erfinden, als unbedingt eine Einkornbrezel zu machen, die immer „anders“ als eine Weizenbrezel aussehen wird. Es bieten sich Brottypen wie urige Wurzeln oder klassische Vollkornbrote in Kastenform an. Alternativ eignet sich Einkorn wegen seiner gelben Farbe und dem attraktiv nussigen Geschmack sehr für Waffeln, Kekse, Obstsnitten und weiteres Süßgebäck an.

Literatur

Afzal, M., F. Longin – Emmer: die erfolgreiche Etablierung einer neuen Art erfordert intensives Screening und züchterische Arbeit. Mühle + Mischfutter, Febr 2021, 66-70, Getreide, Mehl und Brot, 02/2021 (https://weizen.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/Isa-weizen/Bilder/Longin/Emmer_MLR_Agro.pdf)



- Afzal, M., F. Pfleger, N. Huintjes, F. Longin - Mahl-, Teig- und Backeigenschaften von 143 Emmersorten; Mühle und Mischfutter 2022 (https://weizen.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/lisa-weizen/Dateien/Emmer_MLR_Quali1_final.pdf)
- Gilmour, A. R., B.J. Gogel, B.R. Cullis, R. Thompson. 2009. ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK
- Longin, C.F.H., J. Ziegler, R. Schweiggert, P. Koehler, R. Carle, and T. Würschum. 2016. Comparative study of hulled (einkorn, emmer and spelt) and naked wheats (durum and bread wheat): Agronomic performance and quality traits. *Crop Science*, 56: 302-311
- Longin, F., M. Rapp – Backqualität bei Dinkel und der Zusammenhang zu indirekten Bestimmungsmethoden; Getreide, Mehl und Brot 2017 (https://weizen.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/lisa-weizen/Dateien/Dinkel_Backtest.pdf)
- R Core Team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Ziegler, J.U., R.M. Schweiggert, T. Würschum, C.F. Longin, R. Carle. 2016. Lipophilic antioxidants in wheat (*Triticum* spp.): A target for breeding new varieties for future functional cereal products. *Journal of functional foods* 20: 594-605

Danksagung

Diese Arbeit wurde gefördert durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages (FKZ16KN068825, 16KN068826, 16KN068827).



Alle Foto- und Abbildungsrechte verbleiben bei den Autoren.



Fig. 1: Verschiedene Einkornsorten im Feldversuch Stuttgart-Hohenheim 2021

Mögliche Auswirkung von Überknetung bei Einkorn

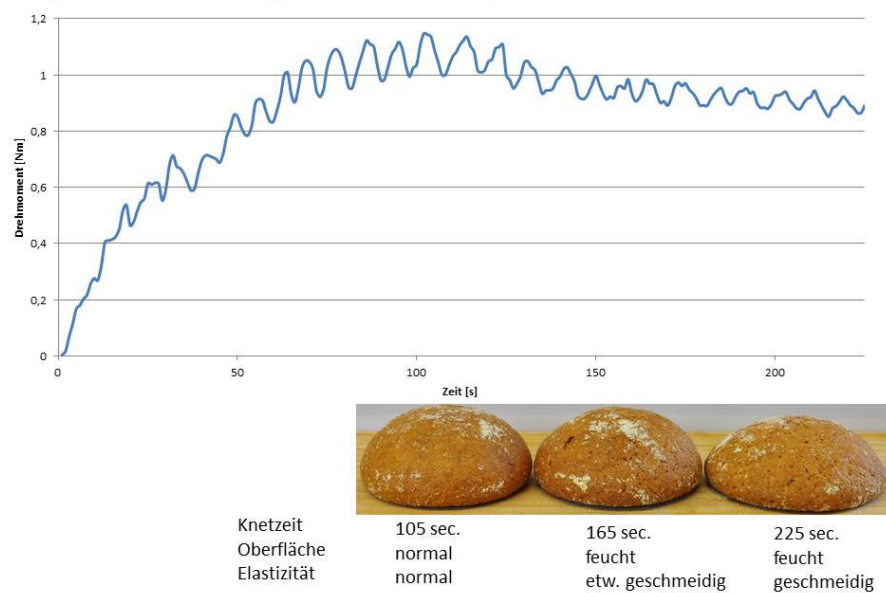


Fig. 2: Backversuche mit einer Einkornsorte, die unterschiedlich lange im Mixolab geknetet wurde (siehe Knetkurve oben).

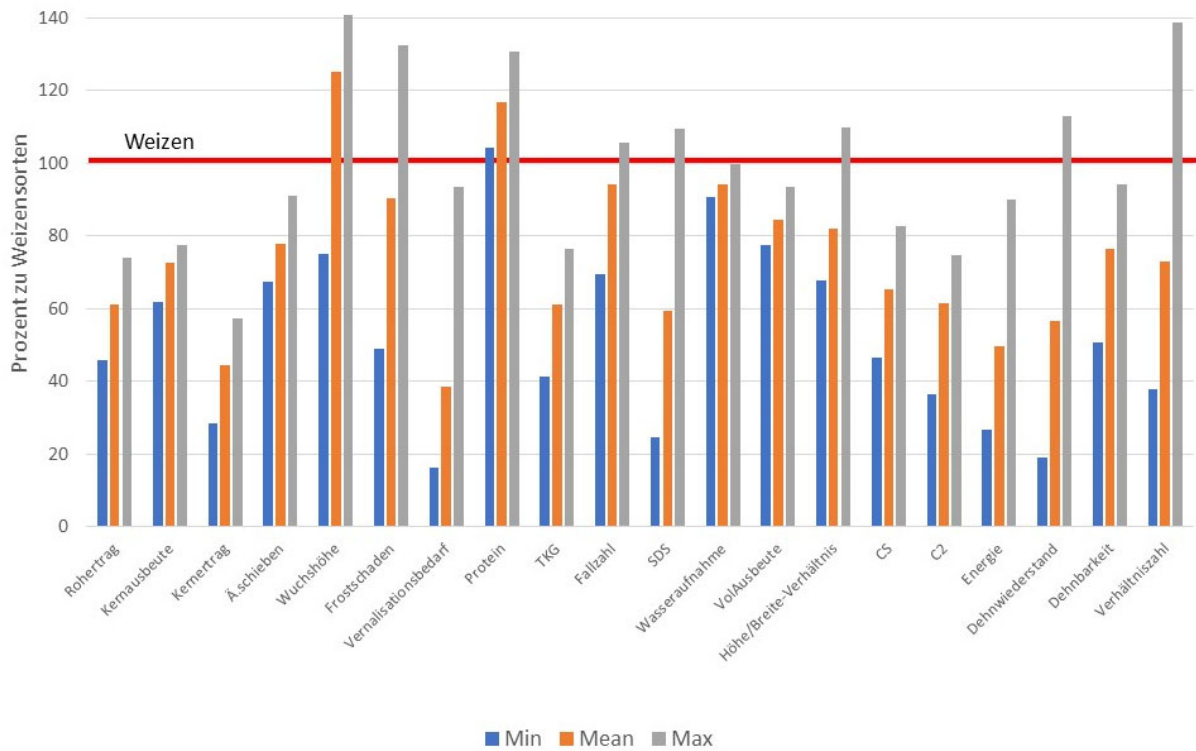


Fig. 3: Schwankungsbreite (Min, Mean, Max = kleinster, mittlerer und maximaler Merkmalswert) der 148 Einkornsorten gemittelt über mehrere Anbauorte im Vergleich zum Mittelwert zweier Weizensorten (Ä.schieben = Ährenschieben in EC Stadium, TKG = Tausendkornmasse, SDS = Sedimentationswert, Vol.Ausbeute = Volumenausbeute, C5 und C2 = Drehmoment des Mixolabs zum jeweiligen Zeitpunkt; Extensogrammergebnisse für 45 Minuten Teigruhe gezeigt)

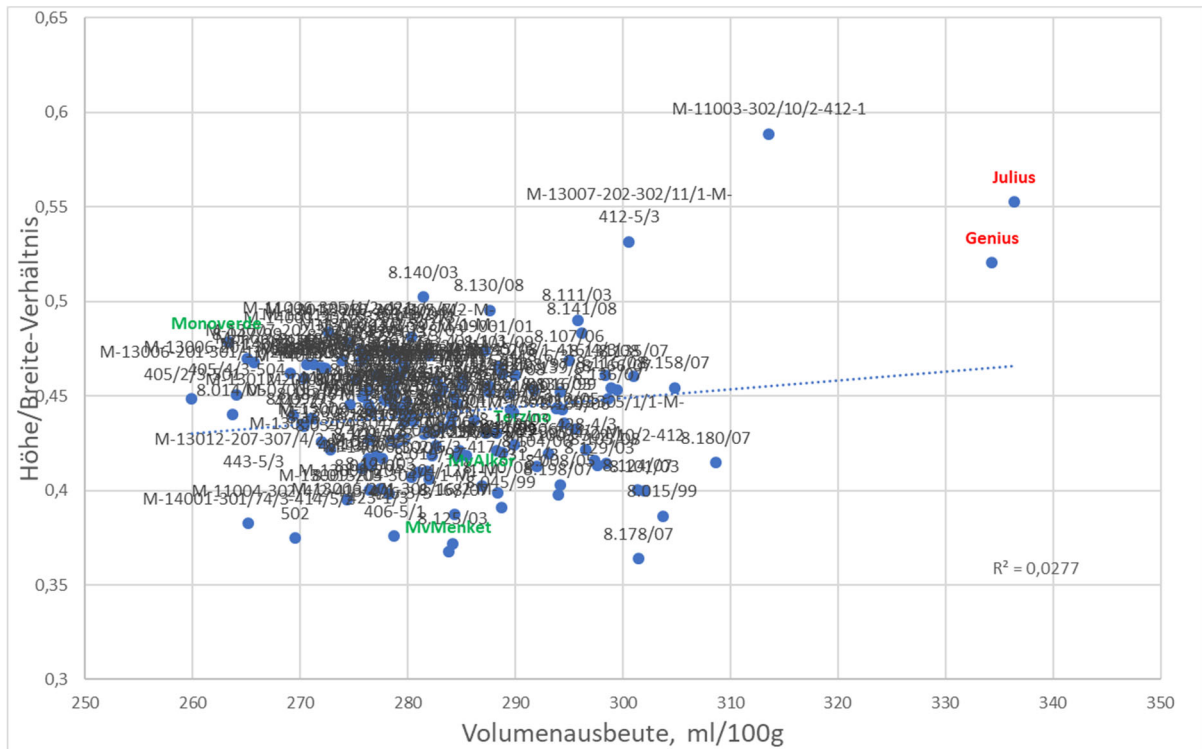


Fig. 4: Mittelwert aus dem Backversuch für die Volumenausbeute und das Höhe/Breite (H/B)-Verhältnis der Testbrote gemittelt über drei Anbauorte. Wichtige Einkornsorten sind grün markiert, die zwei Weizenvergleichsorten rot.

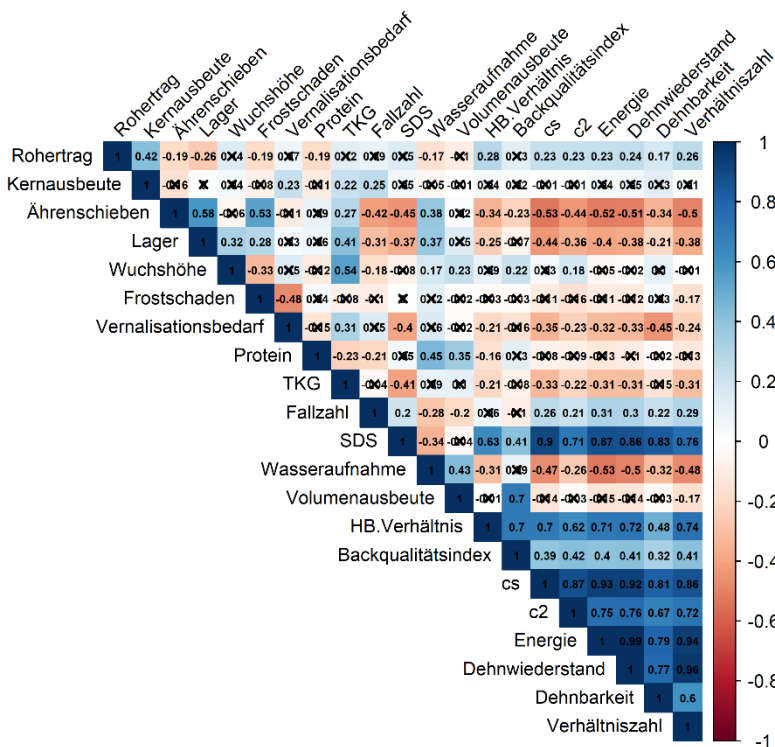


Fig. 5: Korrelationskoeffizient nach Pearson zwischen wichtigen Merkmalen aus Agronomie und Verarbeitung (Nicht durchgestrichene Koeffizienten sind signifikant am Wahrscheinlichkeitsniveau von $p < 0.05$; Ä.schieben = Ährenschieben in EC Stadium, TKG =



Tausendkornmasse, SDS = Sedimentationswert, Vol.Ausbeute = Volumenausbeute, CS und C2 = Drehmoment des Mixolabs zum jeweiligen Zeitpunkt; Extensogrammergebnisse für 45 Minuten Teigruhe gezeigt)

Tab. 1: Varianzkomponenten und Sortenmittelwerte aus der Serienverrechnung über alle verfügbaren Anbauorte bei ausgewählten Merkmalen (Min, Mean, Max = kleinster, mittlerer und maximaler Merkmalswert bei den 148 Einkornsorten; LSD = least significant difference am 5% Wahrscheinlichkeitsniveau, σ^2_G = genetische Varianz, $\sigma^2_{G \times L}$ = Varianz der Genotyp x Umweltinteraktion, σ^2_e = Varianz des Restfehlers; h^2 = Heritabilität; Ä.schieben = Ährenschieben in EC Stadium, Frost = Frostscha den, Vernalisation = Vernalisationsbedarf, TKG = Tausendkornmasse, SDS = Sedimentationswert, WA = Wasseraufnahme, Vol.Ausbeute = Volumenausbeute; H/B-Verhältnis = Höhe/Breite-Verhältnis; CS und C2 = Drehmoment des Mixolabs zum jeweiligen Zeitpunkt; Extensogrammergebnisse für 45 Minuten Teigruhe gezeigt, *, **, *** signifikant beim 0,05, 0,01 und 0,001 Wahrscheinlichkeitsniveau)

	Lager (1-9)	Ä.schieben EC Stadium	W.höhe cm	Rohertrag dt/ha	Frost (1-9)	Vernali- sation (1-9)	Protein %	TKG g	Fallzahl sec	SDS ml	WA ml/100g	Vol.Ausbeute ml/100g	H/B- Verhältnis	CS Drehmoment in Nm	C2	Energie cm ²	Dehnwieder- stand (BE)	Dehnbar- keim (mm)	Verhältnis- zahl
Weizensorte Julius	1,09	71,30	87,42	84,64	5,81	8,99	14,34	43,99	381,76	50,18	65,13	336,42	0,55	1,05	0,56	33,48	202,48	107,16	1,97
Weizensorte Genius	1,58	71,39	83,02	81,71	7,29	8,84	14,90	38,45	406,14	52,65	66,59	334,34	0,52	1,10	0,58	62,31	317,60	122,55	2,56
Monoverde	1,44	54,22	106,41	47,68	6,17	2,21	16,41	25,48	398,35	27,15	61,85	263,38	0,48	0,72	0,39	24,49	158,18	84,14	1,88
Monomax	2,26	58,85	110,04	59,15	7,90	4,03	15,98	27,15	354,77	44,46	60,92	265,69	0,47	0,82	0,42	31,24	192,70	100,04	1,94
Terzino	1,90	55,87	115,47	52,79	3,49	3,05	17,36	25,57	340,61	17,52	62,43	288,29	0,43	0,66	0,37	19,33	120,03	80,52	1,47
Einkorn: Min	1,44	48,02	64,09	38,28	3,21	1,46	15,25	17,05	273,49	12,62	59,69	259,93	0,36	0,50	0,21	12,79	49,80	58,45	0,85
Einkorn: Mean	3,16	55,61	106,71	50,79	5,92	3,42	17,05	25,27	370,58	30,58	61,99	282,97	0,44	0,70	0,35	23,77	147,42	87,94	1,65
Einkorn: Max	7,05	65,00	120,03	61,46	8,68	8,33	19,13	31,46	416,43	56,25	65,59	313,60	0,59	0,89	0,43	43,06	293,96	108,27	3,15
LSD (5%)	1,83	3,67	8,07	10,28	2,57	1,92	1,34	2,20	36,24	7,62	1,41	20,48	0,04	0,06	0,06	5,58	37,53	11,92	0,42
σ^2_G	1,44***	9,56***	72,54***	12,01***	1,81***	3,42***	0,18***	5,19***	343,62***	93,41***	1,03***	43,08***	0,001***	0,006***	0,001***	27,42***	1616,20***	69,07***	0,11***
$\sigma^2_{G \times L}$	0,69**	3,97***	12,74***	22,68***	1,35***	1,81***	0,30***	0,06	302,14***	5,37	0,30***	69,09***	0,00	0,001***	0,00	6,20***	211,71**	21,04**	0,020*
σ^2_e	1,37	2,78	28,95	15,54	1,43	0,22	0,33	1,84	181,11	17,24	0,43	90,95	0,00	0,001	0,001	5,46	334,31	33,81	0,05
h^2	0,78	0,85	0,90	0,48	0,68	0,87	0,45	0,89	0,68	0,93	0,80	0,45	0,75	0,93	0,75	0,88	0,90	0,79	0,84