

Verarbeitungseigenschaften sowie bio- und technofunktionelle Inhaltsstoffe der alten Weizenarten Einkorn, Emmer und Dinkel – Anwendungsorientierte Grundlagen zur intensiveren Nutzung dieser Getreide

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstellen:	<p>Universität Hohenheim Landessaatzuchtanstalt (LSA) Prof. Dr. Tobias Würschum/Prof. Dr. Friedrich Longin</p> <p>Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Freising (bis 29.02.2016) Prof. Dr. Dr. Peter Schieberle/Prof. Dr. Peter Köhler</p> <p>Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW) Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik Prof. Dr. Thomas Hofmann</p> <p>Leibniz-Institut für Lebensmittel-Systembiologie (LSB) an der Technischen Universität München, Freising (ab 01.03.2016) Prof. Dr. Thomas Hofmann/Prof. Dr. Katharina Scherf</p>
Industriegruppen:	<p>Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft e.V. (VGMS), Berlin</p> <p>Landesinnungsverband für das Württembergische Bäckerhandwerk e.V., Stuttgart/Baden-Württembergischer Müllerbund, Stuttgart</p> <p>Verein der Förderer des Hans-Dieter-Belitz-Instituts für Mehl- und Eiweißforschung e.V. Freising</p> <p>Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPI), Bonn</p> <p>Projektkoordinator: Carolin Keßler SchapfenMühle GmbH & Co. KG, Ulm-Jungingen</p>
Laufzeit:	2015 – 2018
Zuwendungssumme:	€ 318.124,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Weizen ist eine der wichtigsten Kulturpflanzen der Welt. Über 90 % der heute jährlich angebauten 700 Mio.t Weizen sind Weichweizen (*Triticum aestivum* L.), während der Rest fast vollständig auf Hartweizen (*T. durum* DESF.) entfällt. Die alten Weizenarten Einkorn (*T. monococcum* L.), Emmer (*T. dicoccum* SCHRANK.) und Dinkel (*T. spelta* L.) besitzen weltweit eine untergeordnete wirtschaftliche Bedeutung. In Deutschland jedoch gewinnt Dinkel seit den 1980er Jahren immer mehr an

Bedeutung. Die alten Getreidearten weisen ersten Studien zufolge einen hohen Gehalt an Mikronährstoffen auf. Die wichtigsten Vertreter sind Carotinoide, wie Lutein und Zeaxanthin, sowie weitere lipophile Antioxidantien, insbesondere Tocopherole und -trienole (Vitamin E), Alk(en)ylresorcinole und Sterylferulate. Zudem wurden in Einkorn bislang keine α -Amylase Trypsin-Inhibitoren (ATI) nachgewiesen. Diese Proteinklasse wird als Auslöser des Bäcker-Asthmas angesehen und wurde kürzlich als Verstärkungsfaktor in der Pathogenese der Zöliakie („Sprue“) und der Auslösung der Weizensensi-

tivität („Non Celiac Gluten Sensitivity“, NCGS) postuliert. Ein umfassendes Screening dieser Pflanzeninhaltsstoffe in großer Sortenzahl wurde bislang nur bei Weichweizen durchgeführt, während deren Gehalt in alten Arten bislang nur wenig auch hinsichtlich der Beeinflussung durch genotypische und umweltbedingte Faktoren charakterisiert wurde.

Die Backqualität ist eine der wesentlichsten Eigenschaften für die Anbauwürdigkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Weizen. So ist neben der Menge an Rohprotein auch der Gehalt an Gluteninmakropolymeren (GMP) für die Backeigenschaften von großer Bedeutung. Innerhalb der Kleberproteine haben v.a. auch sortenabhängige Strukturunterschiede bei den HMW (High-Molecular-Weight)-Untereinheiten der GMP Auswirkungen auf das Backverhalten. Über die quantitative Proteinzusammensetzung und die Teig- und Backeigenschaften von Emmer und Einkorn liegen ebenfalls bisher nur wenige Untersuchungen vor.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, anwendungsorientierte und ernährungsphysiologische Grundlagen zu erarbeiten, um eine intensivere Nutzung der alten Weizenarten Einkorn, Emmer und Dinkel zu erreichen. Dabei sollten Handlungsempfehlungen zu Züchtung, Anbau und Verarbeitung dieser Getreide erstellt und ernährungsphysiologische Alleinstellungsmerkmale für eine verbesserte Vermarktungsgrundlage identifiziert werden.

Forschungsergebnis:

Von Weichweizen, Hartweizen, Dinkel, Emmer und Einkorn wurden durch Forschungsstelle 1 15 Sorten an jeweils vier Standorten angebaut, geerntet und anbaurelevante Daten erfasst und veröffentlicht. Die 600 Probenmuster wurden gereinigt und dienten als zentrales gemeinsames Probenmaterial für Inhaltsstoffanalysen. Die Weizenarten unterschieden sich bezüglich ihrer agronomischen Leistungen. So war der Kornertrag pro Fläche bei Dinkel, Emmer und Einkorn um ca. 30 % bzw. 50 % und 70 % geringer als der von Weichweizen. Während Dinkel, Emmer und Einkorn einen deutlich höheren Gehalt an Rohproteinen haben als Weichweizen, ist die Proteinqualität eine andere. Die Fallzahlen waren bei allen Kulturarten auf einem vergleichbar guten Niveau. Die Glasigkeit und

somit die Griesausbeute unterschied sich aber sehr zwischen den Arten. Die Mineralstoffmengen schwankten auch zwischen den Arten und den einzelnen Sorten, tendenziell aber hatte Einkorn am meisten Mineralstoffe.

An Forschungsstelle 5 wurde der Gliadin- und Glutenin-Gehalt (Summe = Gluten) aller 300 Proben mittels des schnellen BRADFORD-Assays bestimmt. Es zeigte sich, dass unabhängig vom Anbaubereich der Gliadinegehalt von Einkorn, Emmer und Dinkel signifikant höher war als von Weichweizen. In Einkorn und Emmer war der Gluteningehalt bei drei der vier Anbaubereiche signifikant niedriger als in Weichweizen. Anhand einer Auswahl der Proben (n = 40) wurde bestätigt, dass Weichweizen signifikant höhere Brotvolumina hatte als Einkorn und Emmer. Durch Korrelationsanalysen wurden der Gluteningehalt und das Verhältnis Gliadin/Glutenin als zuverlässige Parameter zur Vorhersage des Brotvolumens der fünf Weizenarten identifiziert. Beide Parameter können schnell, einfach und kostengünstig mit dem BRADFORD-Assay bestimmt werden.

Der ATI-Gehalt wurde anhand einer neu entwickelten Massenspektrometrie (MS)-Methode unter Einsatz isotoopenmarkierter Markerpeptide quantifiziert. Für ein Anbaubereich stellte sich heraus, dass der ATI-Gehalt von Einkorn nur bei max. 10 % oder sogar unter der Nachweisgrenze im Vergleich zu den anderen Weizenarten lag. Dagegen war der ATI-Gehalt in Dinkel und Emmer signifikant höher als in Weichweizen.

Forschungsstelle 4 erarbeitete Unterschiede in lipidlöslichen Inhaltsstoffen durch einen holistischen Metabolomics-Ansatz (Lipidomics) mittels Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC)-Electrospray Ionization (ESI)-Time of Flight (TOF) MS aus. Eine möglichst einfache und schnelle Probenvorbereitung für die 300 Proben wurde etabliert, die in der UPLC-ESI-TOF-MS-Analyse ein möglichst breites Metabolitenspektrum aufzeigte. 31 Marker Massen wurden mittels statistischer Auswerteverfahren (PCA, OPLS-DA) zur Unterscheidung der Proben ermittelt. Durch Messung der akkuraten Masse/Ladungsverhältnisse, der Bestimmung von Fragmenten, der Doppelbindungsäquivalente (DBE), dem Abgleich mit der Literatur und dem Aufbau einer eigenen Datenbank konnten 12 Substanzen als wahrscheinliche

Marker identifiziert werden. Mit Referenzsubstanzen wurden 8 Markerverbindungen eindeutig identifiziert und diese mittels UPLC-MS/MS quantifiziert. Die Konzentrationen an mehrfach ungesättigten, essentiellen Di- und Triglyceriden sind in Dinkel, Emmer und Einkorn am höchsten. Das beste Anbaugebiet, bezogen auf die höchste Konzentration der Galactosyldiacylglyceride (GDG), war Hohenheim, gefolgt von Seligenstadt und Eckartsweier; das Gebiet Oberer Lindenhof fiel zurück. Die Hartweizen-Proben wiesen mit Abstand die niedrigsten Konzentrationen auf. Grundsätzlich beeinflussen diese Glycolipide positiv die Backeigenschaften von Brot in Bezug auf Textur, Alterung und Volumen. Die Konzentration dieser Analyten gibt somit einen wichtigen Einblick in die Backeigenschaften der Mehle.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Ein Viertel der jährlich in Deutschland angebauten Weizen (22 Mio. t) werden in über 500 Mühlen vermahlen und u.a. in 14.000 Bäckereien weiterverarbeitet. Der Umsatz der getreideverarbeitenden Industrie liegt bei über 20 Mrd. € p.a. Während seit Jahren das sog. „Bäckereien-Sterben“ anhält, setzt sich bei handwerklichen Betrieben eine Orientierung ins Premiumsegment immer stärker durch. Diese Betriebe produzieren v.a. auch Spezialitäten-Gebäcke, die ein deutlich höheres Preisniveau gegenüber dem Standardsortiment aufweisen. Ein wichtiges Element sind dabei Dinkelerzeugnisse, die seit einigen Jahren immer mehr an Bedeutung gewinnen. In den nächsten Jahren ist die Fortsetzung dieses wirtschaftlichen Erfolgs zu erwarten, insbesondere wenn weitere „Spezialitäten-Weizen“, wie Einkorn und Emmer, an Popularität gewinnen könnten. Ein Marktanteil vergleichbar dem heutigen Dinkelanteil scheint erreichbar, sofern die Voraussetzungen für eine intensivere Nutzung geschaffen werden. Hierzu legte das vorliegende Forschungsvorhaben die Grundlagen. Das Projekt umfasste den kompletten Produktionsablauf von der Empfehlung für den Anbau neuer Weizensorten über Verarbeitungsempfehlungen bis zum verzehrfähigen Produkt und dessen Vermarktungsmöglichkeiten („from farm to fork“).

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2018.
2. Geisslitz, S., Longin, C.F.H., Koehler, P. und Scherf, K.A.: Comparative quantitative LC-MS/MS analysis of 13 amylase/trypsin inhibitors in ancient and modern Triticum species. *Sci. Rep.* 10, 14570, doi: [10.1038/s41598-020-71413-z](https://doi.org/10.1038/s41598-020-71413-z) (2020).
3. Stark, T.D., Weiss, P., Friedrich, L. und Hofmann, T.: The wheat species profiling by non-targeted UPLC-ESI-TOF-MS analysis. *Eur. Food Res. Technol.* DOI: [10.1007/s00217-020-03517-9](https://doi.org/10.1007/s00217-020-03517-9) (2020).
4. Geisslitz, S., America, A.H.P. und Scherf, K.A.: Mass spectrometry of in-gel digests reveals differences in amino acid sequences of high-molecular-weight glutenin subunits in spelt and emmer compared to common wheat. *Anal. Bioanal. Chem.* 412, 1277-1289 (2020).
5. Geißlitz, S.: Proteins of einkorn, emmer and spelt: Influence on baking quality and role in wheat-related hypersensitivities. Dissertation TU München 2019.
6. Geißlitz, S., Longin, C.F.H., Scherf, K.A. und Köhler, P.: Comparative study on gluten protein composition of ancient (einkorn, emmer and spelt) and modern wheat species (durum and common wheat). *Foods* 8, 409 doi.org/10.3390/foods8090409 (2019).
7. Geißlitz, S., Scherf, K.A. und Köhler, P.: Proteine im Getreide und die Backeigenschaften. *Nachrichten a. d. Chemie* 67, 38-40 (2019).
8. Geißlitz, S., Wieser, H., Scherf, K.A. und Köhler, P.: Gluten protein composition and aggregation properties as predictors for bread volume of common wheat, spelt, durum wheat, emmer and einkorn. *J. Cer. Sci.* 83, 204-212 <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.08.012> (2018).
9. Geißlitz, S., Ludwig, C., Scherf, K.A. und Köhler, P.: Targeted LC-MS/MS Reveals Similar Contents of α -Amylase/Trypsin-Inhibitors as Putative Triggers of Nonceliac Gluten Sensitivity in All Wheat Species except Einkorn. *J. Agric. Food Chem.* 66, 12395-12403 (2018).
10. Miedaner, T. und Longin, C.F.H.: *Unterschätzte Getreidearten - Einkorn, Emmer, Dinkel & Co.* Agrimedia Verl. (2. Aufl.), ISBN 978-3-86263-079-0 (2017).
11. Geißlitz, S., Scherf, K. und Köhler, P.: Korrelationen zwischen Proteinverteilung, Glutenaggregation und Backfähigkeit verschiedener

Weizenarten. Jahresb. LSB München 2017, 48-50, ISBN 978-3-00-058295-0 (2017).

12. Longin, C.F.H., Ziegler, J., Schweiggert, R., Koehler, P., Carle, R. und Würschum, T.: Comparative study of hulled (einkorn, emmer and spelt) and naked wheats (durum and bread wheat): Agronomic performance and quality traits. Crop Sci. 56, 302-311 (2016).
13. Miedaner, T. und Longin, C.F.H.: Neglected cereals - Einkorn, Emmer, Dinkel & Co. Agri-media Verl., ISBN 978-3-86263-079-0 (2016).
14. Longin, C.F.H.: Einkorn & Emmer - die Wiederentdeckung alter Kulturarten. Cer. Technol. 4 (2016).

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn

Tel.: +49 228 3079699-0

Fax: +49 228 3079699-9

E-Mail: fei@fei-bonn.de

Weiteres Informationsmaterial:

Universität Hohenheim
Landessaatzuchtanstalt (LSA)
Fruwirthstr. 21, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-23846
Fax: +49 711 459-23841
E-Mail: friedrich.longin@uni-hohenheim.de

Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW)
Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und
Molekulare Sensorik
Lise-Meitner-Str. 34, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-2901
Fax: +49 8161 71-2949
E-Mail: thomas.hofmann@tum.de

Leibniz-Institut für Lebensmittel-
Systembiologie (LSB) an der Technischen
Universität München
Lise-Meitner-Straße 34, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-2927
Fax: +49 8161 71-2970
E-Mail: k.scherf.leibniz-lsb@tum.de

... ein Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)

Gefördert durch:



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.