

# Backqualität bei Dinkel und der Zusammenhang zu indirekten Bestimmungsmethoden

PD Dr. Friedrich Longin und M. Sc Matthias Rapp, Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim, <https://lsa-weizen.uni-hohenheim.de>

## Abstract

Spelt receives more and more popularity in Germany and Europe. The trading and product development of spelt is hindered by the yet still lacking description of quality traits for spelt varieties. To better understand the quality traits and their correlation among each other and to deliver a basis for future spelt quality characterisation, we performed the world's largest spelt trial. We tested at three different field locations 160 spelt varieties in yield plots. The spelt varieties comprised very old landraces up to latest breeding lines. After harvest, the nearly 600 samples were intensively analysed in a quality lab comprising farino-, extenso-, and alveogramm, sedimentation volume, protein and gluten content as well as a baking test. We confirmed a large variability for the different varieties regarding almost all quality traits. Protein as well as gluten content did not correlate with bread loaf volume and thus, both methods cannot be used as rapid test for baking quality in spelt. The correlation between extensogramm and loaf volume was highest in our study with  $r = 0.86^{***}$ . Sedimentation volume also highly correlated with loaf volume ( $r = 0.76^{***}$ ). As this test is much faster to realize than an extensogramm we recommend the sedimentation volume as rapid test for baking quality in spelt. Whether spelt breeding will focus more on quality in future depends mainly on the traders, millers and bakers, which need to clearly define their future quality traits for spelt.

## Zusammenfassung

Dinkel erfreut sich in und außerhalb Deutschlands immer größerer Beliebtheit. Allerdings gibt es bei den Dinkelsorten bisher keine Qualitätsbeschreibung, bzw. – klassifizierung wie beispielsweise beim Weizen, was vor allem den Handel und Verarbeitung komplizierter macht. Um Qualitätseigenschaften und deren Zusammenhänge untereinander im Dinkel besser zu verstehen und die Basis für mögliche Qualitätskriterien bei Dinkel zu schaffen, haben wir den größten Dinkelversuch aller Zeiten realisiert. An drei Standorten wurden jeweils 160 Dinkelsorten in Ertragsparzellen angebaut. Das Spektrum der Sorten reichte von ganz alten Landrassen bis hin zu modernsten Sorten. Die knapp 600 Erntemuster wurden dann im Qualitätslabor getestet, u.a. wurden Farino-, Extenso-, und Alveogramm, Sedimentationswert, Rohprotein- und Feuchtklebergehalt sowie ein Backversuch gemacht. Es bestätigte sich, dass trotz der deutlich geringeren Sortenanzahl im Dinkel verglichen mit dem Weizen, die Teig- und Backeigenschaften der einzelnen Sorten sehr unterschiedlich sind. Sowohl Rohprotein- als auch Feuchtklebergehalt korrelieren nur sehr gering mit dem Backvolumen und eignen sich folglich nicht, um Dinkelbackqualität schnell abzuschätzen. Der Energiewert des Extensogramms korrelierte mit  $r = 0.86^{***}$  am höchsten mit dem Backvolumen. Der Sedimentationswert erzielte ebenfalls eine hohe Korrelation mit dem Backvolumen ( $r = 0,76^{***}$ ), ist aber wesentlich einfacher und schneller durchführbar als ein Extensogramm und wird deswegen als Schnellmethode der Wahl zur groben Abschätzung der Backqualität einer Dinkelsorte empfohlen. Ob die Dinkelzüchtung in Zukunft mehr auf Qualität achtet wird v.a. davon abhängen, ob sich die Dinkelbranche auf eindeutige Qualitätskriterien festlegen will.

Dinkel (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) erfreut sich seit einigen Jahren immer größerer Beliebtheit. Angefangen vor einigen Jahrzehnten in Baden-Württemberg wird Dinkel mittlerweile nicht nur in ganz Deutschland sondern auch immer mehr in weiteren europäischen Ländern sowie USA und Australien angebaut. Ganz grob geschätzt liegt seine Anbaufläche bei 80 - 100 000 ha in Deutschland und etwa nochmal so viel außerhalb Deutschlands. Über die gesamte Produktionskette ergibt dies ein jährliches Marktvolumen von deutlich mehr als einer Milliarde €. Die Gründe dieses kontinuierlichen Wachstums sind mannigfaltig, der Konsument will Diversität, Gesundes, Schmackhaftes, Traditionelles und „Unverändertes“ und all dies scheint der Dinkel gut zu kombinieren (Longin und Würschum 2016). Allerdings ist der Markt beim Dinkel ein ganz anderer als beim verwandten Weizen. Weizen wird international gehandelt, die einzelnen Weizensorten sind je nach Land in klare Qualitätsklassen unterteilt und der Handel orientiert sich entweder an diesen Sorteneinteilungen oder viel mehr noch anhand einzelner Schnellmethoden, mit denen versucht wird beim Wareneingang der Körner /Mehle die Backqualität abzuschätzen. Hier wird beim Weizen insbesondere der Rohproteingehalt genommen, bei genaueren Untersuchungen noch ein Maß zur Proteinqualität, z.B. Sedimentationswert, oder Extensogramm.

In Deutschland gibt es schon lange eine Wertprüfung für Dinkelsorten, in der das Bundessortenamt nur diejenigen Sorten auch für marktfähig erklärt (zulässt), die in der Gesamtheit ihrer Eigenschaften die bisherig vorhandenen Dinkelsorten übertreffen. Diese Beurteilung konzentriert sich allerdings fast ausschließlich auf die Agronomie, weil die Dinkelbranche sich bisher nicht auf standardisierte Backtests zur Sortenbeschreibung einigen konnte. Dies erschwert natürlich den Handel und die Verarbeitung, da bei jeder neuen Sorte jeder einzelne Marktteilnehmer für sich selbst die Qualitätseigenschaften erarbeiten muss. Und die Erfahrung zeigt eindeutig, dass es sehr große Qualitätsunterschiede zwischen den Dinkelsorten gibt. Dabei möchten wir hier nicht von schlecht und gut reden, sondern es gibt einfach Sorten, die eher für das Spezialgebäck „Dinkelseele“ geeignet sind und andere, die für die klassischen Gebäcke besser sind.

Um etwas mehr Licht ins Dunkel der Backqualitäten beim Dinkel zu bringen und um zu überprüfen, ob man die Backqualität auch mittels schnellerer indirekter Labormethoden abschätzen kann, haben wir an der Universität Hohenheim zusammen mit der Südwestdeutschen Saatzucht GmbH in Rastatt und der Pflanzenzucht Oberlimpurg den weltweit größten Dinkelversuch aller Zeiten realisiert. Die umfangreichen Backanalysen wurden im Labor Aberham gemacht, was durch die großzügige Finanzierung der Universität Hohenheim ermöglicht wurde.

### **Versuchsaufbau**

In jahrelanger mühsamer Arbeit haben wir aus verschiedenen Genbanken Saatgut uralter Dinkelsorten (sog. Landrassen) zusammengetragen, aufgereinigt und vermehrt. Zudem haben wir uns Dinkelsorten, die in den 70-90iger Jahren gezüchtet wurden (im Folgenden bezeichnet als 1. Generation Dinkelsorten) sowie moderne Sorten und neueste Zuchtstämme der wenigen aktiven Dinkelzüchter (moderne Sorten) besorgt. Am Ende kamen 160 Sorten zusammen, die wir dann in Ertragsversuchen an folgenden drei Standorten im Jahr 2015 geprüft haben: Stuttgart-Hohenheim, Rastatt, Schwäbisch Hall. Um die Versuchsgenauigkeit zu verbessern, wurde ein Teil der Sorten an jedem Standort wiederholt, der Spezialist nennt dies p-rep Design, so dass letztendlich je Ort 200 Feldparzellen standen. Da sehr lageranfällige alte Sorten dabei waren, haben wir nur 70-120 kg Stickstoff gedüngt, zweifach Halmverkürzer eingesetzt und zudem Fungizide verwendet. Alle Erntemuster wurden dann in Hohenheim entspelzt, gereinigt und zum Backlabor Aberham gesendet. Neben klassischen Bestimmungen zu Rohproteingehalt (NIRS, ICC Standardmethode 159), Feuchtklebergehalt (ICC Standardmethode 137/1), Sedimentationswert (mit Natriumdodecylsulfat; ICC Standardmethode 151), wurden dann noch Farino- (ICC Standardmethode 115/1), Extensio- (ICC Standardmethode 114/1), Alveogramm (ICC Standardmethode 121) sowie das Backvolumen unter Verwendung von 40ppm Ascorbinsäure bei freigeschobenen Brötchen ermittelt (sog. 10-Punkte Schema des Backlabor

Aberhams). Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistikpaket R unter Nutzung des Paketes ASREML gemacht.

### **Agronomische Eigenschaften**

Auch wenn der Fokus dieses Artikels auf der Qualität liegt, sei ein kurzer Schwenk zur Agronomie erlaubt. Hier gab es wenige Überraschungen. Die modernen Sorten erzielten auch unter den eher extensiven Anbaubedingungen > 10 dt/ha höhere Erträge als die alten Landrassen. Durch die deutlich reduzierte Wuchshöhe der modernen Sorten können diese natürlich mit noch mehr Dünger angebaut werden, was den Ertragsvorsprung zu den Landrassen im Durchschnitt auf 20 % und mehr anwachsen lässt – ein für den Landwirt sehr relevanter Unterschied vor allem in Zeiten, in denen auch die Dinkelpreise nicht mehr so üppig sind wie früher.

Interessant war aber auch, dass es in den Landrassen große Unterschiede im Ertrag gab. So schwankten die Erträge von 55 dt/ha bei der alten Landrasse Kippenhauser Roter Spelz bis 72 dt/ha bei der alten Landrasse Kippenhauser Weisser Spelz. Gerade die Landrassen mit hohem Ertrag sind natürlich sehr interessant für die weitere Dinkelzüchtung.

### **Vielfalt der Backeigenschaften ist auch beim Dinkel groß**

Auch wenn es im Vergleich zum Weizen beim Dinkel deutlich weniger Sorten gibt, unterscheiden sich diese Sorten doch erheblich in ihren Qualitätseigenschaften. So schwankte das Backvolumen beispielsweise zwischen 500 und 700 ml (Tab. 1, Fig. 3) und die Gebäcke hatten sehr unterschiedliche Formen (Fig. 1). Gleiches gilt für die Teigeigenschaften, die von sehr kurzen Klebern bis hin zu gut dehnbaren oder dann auch wieder sehr klebrig fließenden Klebern reichten. Übrigens schwankten diese Qualitätseigenschaften durchaus erheblich an den einzelnen Testorten, was ja vom Weizen auch bekannt ist. Insofern muss aber auch für die Qualitätseigenschaften bei Dinkel gelten, dass diese für die einzelnen Sorten anhand Muster verschiedener Anbauorte untersucht werden.

Aufgrund dieser Variabilität ist eine genauere Beschreibung der Teig- und Backeigenschaften bei Dinkelsorten sehr wichtig, damit der Müller und Bäcker jeweils die geeigneten Sorten für das jeweilige Endprodukt auswählen können, die wiederum dann eine konstante und hohe Qualität garantieren. Insofern wäre es wünschenswert wenn eine derartige Beschreibung von zentraler Stelle erfolgen würde, sei es nun beim Bundessortenamt oder bei den Landessortenversuchen oder woanders.

Ein paar generelle Unterschiede im Vergleich zu Weizen konnten wir auch feststellen. So ist beispielsweise die Wasseraufnahme im Farinogramm beim Dinkel geringer als beim Weizen, was eine Erklärung sein könnte für das Phänomen, dass Dinkelbrote gerne zum Trockenbacken neigen. Auch sind die Dinkelteige eher etwas fließender, können aber durch aufschlagen und/oder die Verwendung von Ascorbinsäure oder Acerolakirschaftpulver stabilisiert werden. Der Rohproteingehalt schwankte bei den Dinkelsorten zwischen 12,6 und 17,3 % (Tab. 1), was erheblich höher ist als beim Weizen. Bei einer genaueren Untersuchung der Kleberproteinzusammensetzung ist uns auch etwas aufgefallen. Der Kleber wird ja ganz grob in die Glutenine und Gliadine unterteilt, wobei beides Gruppen darstellen, mit jeweils mehreren Unterproteinen. Bei den Gluteninen fehlen dem Dinkel die Gene/Proteine, die im Weizen für beste Backqualität stehen. Ganz konkret sind das beim Glutenin-B1 Gen die Allele 7+8 sowie 7+9 (Würschum et al. 2016).

### **Welche indirekten Methoden eignen sich für eine schnelle Bestimmung der Backqualität bei Dinkel?**

Idealerweise bestimmt man die Backeigenschaften natürlich mit einem Backtest, wobei sich dann sofort die Frage stellt, welcher Backtest für welche Produktpalette am besten geeignet ist. Uns ging es in dieser Studie um ein Standardverfahren, welches das Backvolumen und die Formstabilität eines freigeschobenes Gebäckes in einer Art Hochdurchsatz bestimmt. Wir haben uns am Rapid-Mix-Test orientiert nur dass 2% mehr Ascorbinsäure hinzugefügt wurde. Das verbessert zwar etwas die Teige und Backergebnisse, uns ging es aber darum, dass wir die Unterschiede zwischen den Sorten deutlich

abbilden konnten und nicht das Risiko eingingen, dass im Nachhinein alle sehr wenig Volumen haben und sich fast nicht unterscheiden. Das Backlabor Aberham hat diesen an Dinkel angepassten Test intensiv entwickelt und führt ihn erfolgreich seit langem durch und unsere Ergebnisse mit guter Varianz zwischen den Sorten und relativ guter Umweltstabilität (hohe Heritabilität) untermauern die Qualität dieses Testes (Tab. 1).

Nicht jeder Müller, Bäcker, Züchter und Händler kann aber bei jeder Handelspartie Backversuche durchführen. Insofern benötigt man hier indirekte Methoden, die idealerweise sehr schnell und an wenig Probematerial Ergebnisse erzielen, die eng mit dem Backergebnis zusammen hängen, wir sprechen hier von einer hohen positiven Korrelation. Im Weizen wird hierfür zu allererst der Rohproteingehalt herangezogen. Im Dinkel korreliert der Rohproteingehalt aber fast gar nicht mit dem Backvolumen (Fig. 2). Zur Verdeutlichung, wenn man in Fig.2 eine willkürliche Grenze bei 14% Rohproteingehalt setzt, dann schwanken die Backvolumen der Sorten fast identisch zwischen gut 500 und knapp 700ml unterhalb wie oberhalb des fiktives Grenzwertes. Der Rohproteingehalt ist somit völlig ungeeignet, um die Backqualität einer Dinkelsorte zu beschreiben! Auch die Feuchtklebermenge, die häufig in der Dinkelbranche betrachtet wird, korrelierte kaum mit dem Backvolumen und eignet sich somit auch nicht als Schnellmethode zur Backqualitätbestimmung bei Dinkel. Übrigens korreliert der Rohproteingehalt sehr hoch mit dem Feuchtklebergehalt ( $r > 0,86^{***}$ ), was auch im Weizen so ist. Insofern kann man sich vermutlich die deutlich aufwendigere Bestimmung des Feuchtklebers sparen, wenn man sowieso den Rohproteingehalt bestimmt.

Die einzelnen Analysewerte des Farinogramms sagen wenig über das Backvolumen beim Dinkel aus. Während Wasseraufnahme und Teigstabilität überhaupt nicht mit dem Backvolumen korrelierte, wurde die höchste Korrelation aller Farinogrammmesswerte für die Teigerweichung gefunden von  $r = -0,65^{***}$  gefunden (Fig. 3). Diese Korrelation ist aber deutlich geringer als beim Extensogramm (s.u.) und wir sehen deswegen das Farinogramm als weniger hilfreich an, die Backqualität von Dinkel einzuschätzen. Dinkel neigt zum Trockenbacken, es gibt aber Sorten, die deutlich mehr Wasser als andere Dinkelsorten aufnehmen können. Insofern sollte man über die Bestimmung der Wasseraufnahme nachdenken, wobei man dies beim Extensogramm ja auch machen muss, zwar mit Salz, dieser Wert korrelierte bei uns aber ziemlich gut mit der Wasseraufnahme des Farinogramms ( $r = 0.70^{***}$ ).

Die höchste Korrelation zum Backvolumen erzielte der Energiewert des Extensogramms mit  $r = 0.86^{***}$  (Fig. 4). Diese Korrelation war auch sehr stabil an den einzelnen Orten und wir möchten somit vorschlagen, dass dieser Wert am geeignetsten ist, das Backvolumen von verschiedenen Dinkelsorten abzuschätzen. Wir haben diesen Wert nach 90 Minuten Teigruhe bestimmt, die Bestimmung nach 135 Minuten Teigruhe korrelierte aber ähnlich gut mit dem Backvolumen. Im Gegensatz dazu korrelierte der Energiewert gemessen an einem Teigstrang, der nur 45 Minuten Teigruhe hatte, deutlich weniger mit dem Backvolumen.

Im Ausland wird häufig alternativ zum Extensogramm das Alveogramm gemacht. Ganz grob sind beides Teigdehnungsversuche, wobei beim Extensogramm die Dehnung ja nur in eine Richtung erfolgt, während beim Alveogramm ein Teigstück wie ein Luftballon aufgeblasen wird, also eine mehrdimensionale Dehnung durchgeführt wird. Das Alveogramm hat das Backvolumen auch relativ gut beschrieben, die Korrelation war bei etwa  $r = 0.77^{***}$  für den L- und G-Wert. Anhand unserer Ergebnisse würden wir allerdings das Extensogramm vorziehen!

Beim Extenso- und Alveogramm muss zwar nicht gebacken werden, bei beiden müssen aber erst standardisierte Teige hergestellt werden und somit sind beide Methoden noch sehr zeitaufwendig. Anders ist dies beim Sedimentationswert, bei dem man nur eine mehlig wässrige Lösung herstellen muss und gerade die Pflanzzüchter Mini-Schnellmethoden entwickelt haben, die sehr schnell durchführbar sind. Im Gegensatz zu Weizen wird beim Dinkel nicht der Sedimentationswert nach Zeleny bestimmt, sondern der mit Natriumdodecylsulfat (ICC 151). Letzterer differenziert die Dinkelsorten viel besser, was u.a. Rapp et al. 2016 schön aufgezeigt haben. Die Korrelation des

Sedimentationswertes mit dem Backvolumen war auch sehr gut mit  $r = 0,76^{***}$  (Fig. 5). Dies überrascht nicht, da dieser Test auch beim Hart- und Weichweizen sehr gut mit der finalen Produktqualität korreliert, und ältere Studien dies auch aus dem Dinkel berichten (Schober et al. 2002). Natürlich gilt zu bedenken, dass die Korrelation um 0.1 geringer ist als beim Extensogramm, allerdings ist der methodische Aufwand um so viel geringer, dass sich unserer Meinung nach vollkommen rechtfertigen lässt, den Sedimentationswert als die Methode der Wahl darzustellen, um die Backvolumen bei Dinkelsorten grob, aber schnell abzuschätzen.

### **Kann die Dinkelzüchtung auf Qualität selektieren?**

Wie oben beschrieben, gibt es sehr große Unterschiede in den Teig- und Backeigenschaften der Dinkelsorten. Diese großen Unterschiede, die wir Züchter sprechen hier von der genetischen Varianz, würden uns ermöglichen, auch auf eine bestimmte Qualitätsrichtung zu selektieren. Die Erfolgsaussichten dieser Selektion hängen nun von mehreren Dingen ab. Zunächst können wir Züchter nur Merkmale verbessern, die hauptsächlich von der Genetik der Sorte und weniger von den Umweltbedingungen am jeweiligen Anbauort abhängen, die wir Züchter reden hier von Merkmalen mit hoher Heritabilität. Sowohl das Backvolumen wie zahlreiche Teigeigenschaften hatten in unserem Versuch eine hohe Heritabilität (Tab. 1), was eine effiziente Selektion ermöglicht. Darüber hinaus muss in der Züchtung immer eine große Anzahl an Sortenkandidaten, die jeweils noch an mehreren Umwelten angebaut wurden, untersucht werden, um eine robuste Selektionsentscheidung zu treffen. Insofern können nur Merkmale verbessert werden, die sich sehr schnell an möglichst wenig Probematerial durchführen lassen. Hier scheiden sofort Backversuche und Teigversuche wie Farino-, Extenso- und Alveogramm aus, ein Sedimentationswert liegt aber im Bereich des Möglichen.

Die Grundvoraussetzungen für eine Qualitätselektion im Dinkel wären also gegeben, allerdings kostet Selektion auf neue Merkmale immer Aufwand und Geld. Es lohnt sich für einen Züchter also erst hierin zu investieren, wenn seine Sorten dadurch auch einen Marktvorteil erlangen. Durch fehlende Qualitätseinstufungen in der Sortenprüfung und -beschreibung bei Dinkel sehen wir aber genau diese Grundlage noch als fehlend an. Zudem muss diese Sortenbeurteilung bzw. -beschreibung in erster Linie auf klaren Anforderungen des Marktes basieren. Es ist somit dringend erforderlich, dass sich die Dinkelbranche auf klare Qualitätskriterien und deren Beschreibung einigt. Dies vereinfacht nicht nur die Züchtung vielmehr die gesamte Handels- und Produktionskette, weil es schon bei der Sortenzulassung zu einer klaren Beschreibung der Qualitäten käme und dies die Branche nachher nicht erst selbständig und mühevoll erarbeiten muss.

### **Danksagung**

Dieses Projekt wurde maßgeblich von der Universität Hohenheim finanziert aus Lizenzeinnahmen der Hohenheimer Dinkelzüchtung. Wir danken den Pflanzenzüchtern Südwestdeutsche Saatzucht und Pflanzenzucht Oberlimpurg für die Durchführung der Feldversuche an jeweils einem Ort.

### **Literatur**

Longin, C.F.H. and T. Würschum. 2016. Back to the future – tapping into ancient grains for food diversity. *Trends in Plant Science*, 21:731-737

Rapp, M, et al. 2016. Spelt: Agronomy, Quality, and Flavor of Its Breads from 30 Varieties Tested across Multiple Environments. *Crop Science* 57: 739-747

Schober et al. 2002. Characterization of functional properties of gluten proteins in spelt cultivars using rheological and quality factor measurements. *Cereal Chemistry* 79: 408-417

Würschum, T., et al. 2016. Genetic control of protein content and sedimentation volume in European winter wheat cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 129: 1685-1696.

WICHTIG: alle Bildrechte verbleiben beim Autor!

Fig. 1: Brötchen aus dem Standardbackversuch von zwei verschiedenen Dinkelsorten, die am selben Standort gewachsen sind. Die unterschiedliche Backqualität in diesem Beispiel beruht also auf der Genetik (Foto: Universität Hohenheim).



Fig. 2: Mittlere Backvolumen in Relation zum Rohproteingehalt bei 160 Dinkelsorten (gemittelt über drei Anbauorte) und der Pearson'sche Korrelationskoeffizient  $r = 0,34$ .

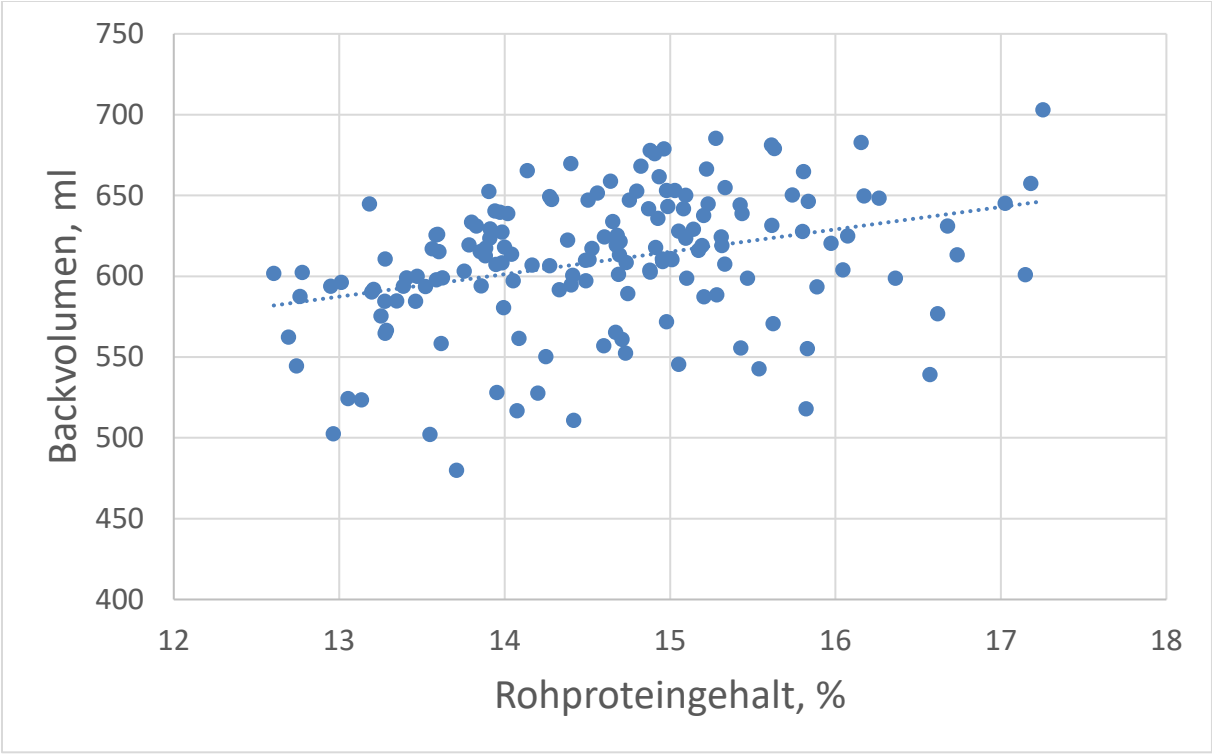


Fig. 3: Mittlere Backvolumen in Relation zur Teigerweichung des Farinogramms bei 160 Dinkelsorten (gemittelt über drei Anbauorte) und der Pearson'sche Korrelationskoeffizient  $r = -0,65$ .

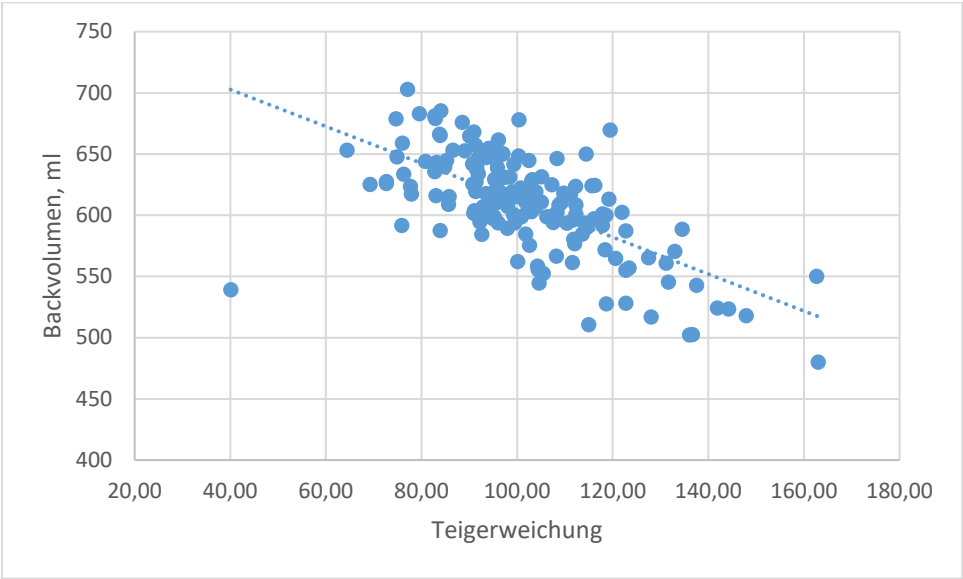




Fig. 4: Mittlere Backvolumen in Relation zum Energiewert des Extensogramms bei 160 Dinkelsorten (gemittelt über drei Anbauorte) und der Pearson'sche Korrelationskoeffizient  $r = 0,86$ .

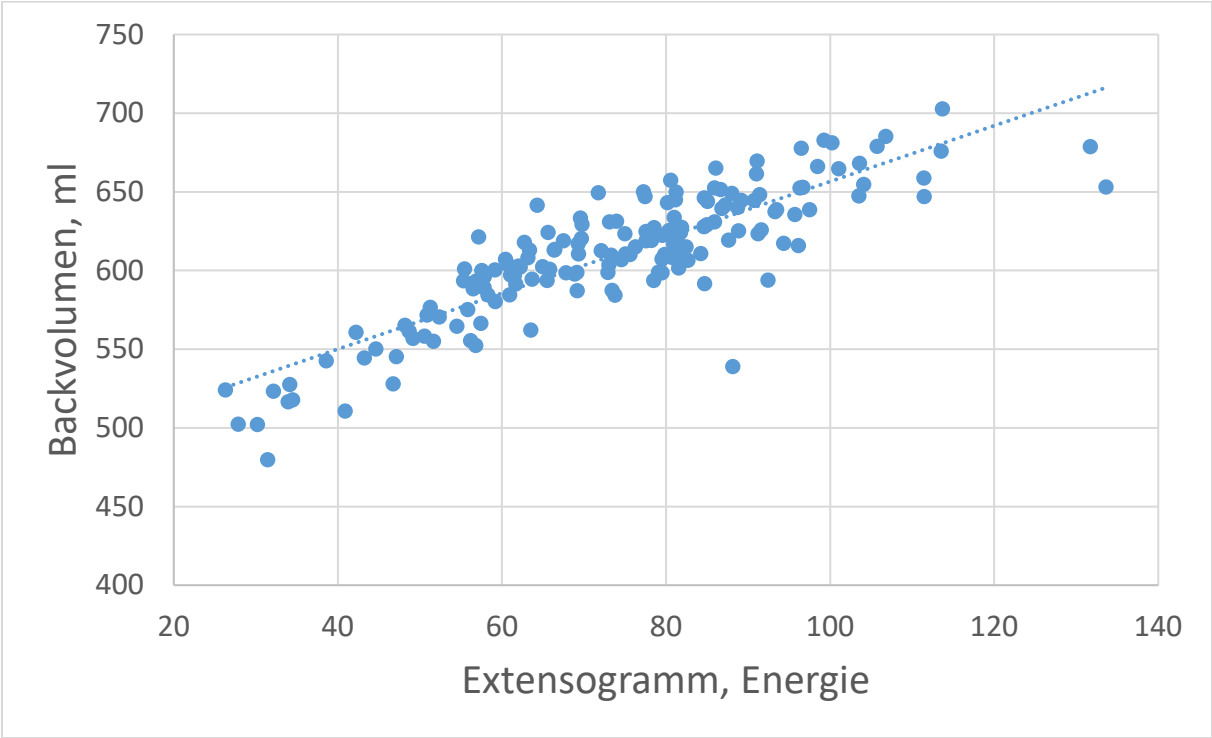
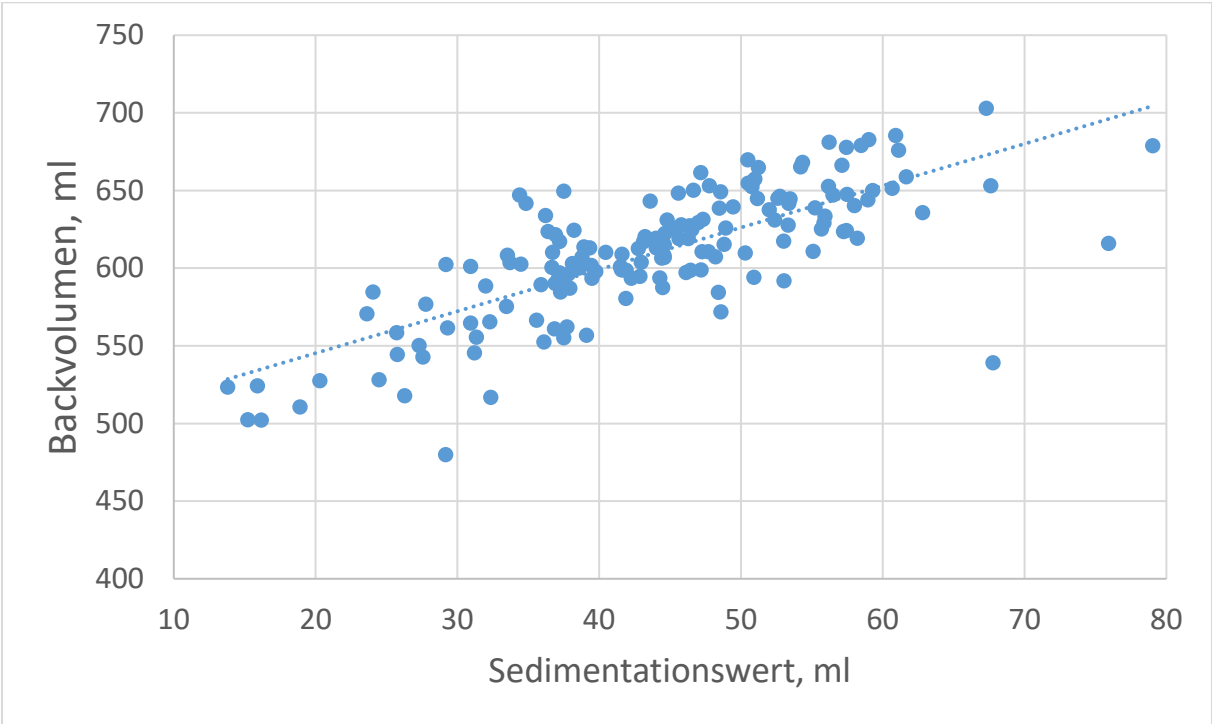


Fig. 5: Mittlere Backvolumen in Relation zum Sedimentationswert bei 160 Dinkelsorten (gemittelt über drei Anbauorte) und der Pearson'sche Korrelationskoeffizient  $r = 0,76$ .



Tab. 1: Varianzkomponenten ( $\sigma^2_G$  = genetische Varianz,  $\sigma^2_{G \times L}$  = Varianz der Genotyp x Ortsinteraktion,  $\sigma^2_e$  = Fehlervarianz), Heritabilität ( $h^2$ ), least significant difference am 5% Wahrscheinlichkeitsniveau (LSD), und Schwankungsbreite (Minimal-, Mittel-, Maximalwert) der 160 Dinkelsorten gemittelt über drei Anbauorte

	Vesenertrag (dt/ha)	Proteingehalt (%)	SDS (ml)	Extensogramm, Energie	Backvolumen (ml)
Minimalwert	54,49	12,59	13,98	26,29	479,90
Mittelwert	70,52	14,60	43,87	73,56	609,60
Maximalwert	81,30	17,27	78,98	133,63	702,90
$\sigma^2_G$	16,77***	0,88***	127,68***	365,59***	1422,01***
$\sigma^2_{G \times L}$	21,52***	0,20***	15,74***	42,62***	0,00
$\sigma^2_e$	13,70	0,18	4,85	73,59	950,10
$h^2$	58,72	0,88	0,95	0,91	0,84
LSD	9,84	1,00	7,44	17,15	46,84

\*, \*\*, \*\*\* signifikant beim 0,05, 0,01 und 0,001 Wahrscheinlichkeitsniveau