

BÖL

Bundesprogramm
Ökologischer
Landbau

Gekeimte Samen als Futtermittel - Analytik

Germinated seeds as feed - analysis

FKZ: 02OE662

Projektnehmer:

Julius Kühn-Institut - Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (JKI)

Institut für Stressphysiologie und Rohstoffqualität

Rudolf-Schick-Platz 3, 18190 Sanitz (OT Groß Lüsewitz)

Tel.: +49 38209 45-100

Fax: +49 38209 45-120

E-Mail: rs@jki.bund.de

Internet: <http://www.jki.bund.de>

Autoren:

Flamme, W.; Kurpjun, CH.; Seddig, S.; Jansen, G.; Jürgens, H.-U.

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)



Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen

Abschlussbericht

zum Forschungsprojekt (02OE662)

Gekeimte Samen als Futtermittel – Analytik

Projektleiter: Professor Dr. habil. W. Flamme

Bearbeiter: Ch. Kurpjun, Dr. S. Seddig, G. Jansen, Dr. H.-U. Jürgens

Institut für Stressphysiologie und Rohstoffqualität

Kooperationspartner: Universität Kassel
FB 11 Ökologische Agrarwissenschaften
Fachgebiet Angewandte Nutztierethologie
und Artgemäße Tierhaltung
„Einsatz von gekeimtem Getreide in der Geflügelfütterung“

OWISAN
Biotechnische Entwicklungen und Vertrieb OHG, Tübingen

Bearbeitungszeitraum: Beginn: 01.10.2002

Ende: 31.12.2003

Zusammenfassung / Kurzfassung

Bis August 2005 dürfen im ökologischen Landbau, wenn eine ausschließliche Versorgung mit ökologischen Futtermitteln nicht möglich ist, im begrenzten Umfang konventionelle zugesetzt werden. Für den Zeitraum danach ist zu klären, ob eine ausreichende Nährstoff- und Eiweißversorgung über den Einsatz von Getreidekeimlingen gewährleistet werden kann.

Die während des Keimprozesses bei Getreide auftretenden Veränderungen der für die Fütterung relevanten Inhaltsstoffe wurden untersucht. Die Keimung erfolgte sowohl unter optimierten Bedingungen in Feuchtekkammern als auch unter praxisrelevanten Bedingungen in Schalen und im Keimautomat. Dabei zeigte sich, dass mit beginnender Keimung sprunghafte Veränderungen im Enzymstatus nachweisbar sind, während stoffliche Veränderungen später einsetzen und langsamer verlaufen. Das stärkeabbauende Enzym α -Amylase konnte als sensibler Indikator für den Keimungsfortschritt verwendet werden.

Während der Keimung stiegen die Aktivitäten der stärkeabbauenden Enzyme und der Stärkegehalt wurde reduziert. Erwartungsgemäß stiegen die Zuckergehalte. Bei unverändertem Rohstickstoffgehalt kam es zu einer Abnahme des Proteinstickstoffgehaltes zu Gunsten der freien Aminosäuren. Der Rohfettgehalt stieg und es erhöhte sich der Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

Von den Aminosäuren erhöhte sich während der Keimung besonders der Gehalt von Lysin.

Die deutlichsten Veränderungen durch die Keimung wurden bei den Vitaminen beobachtet. Von den 8 untersuchten Vitaminen A, B1, B2, B6, C, D3, E und K1 stiegen 6 deutlich an. Bemerkenswert war die Verringerung der Viskosität in Roggenkeimlingen, wodurch der Einsatz dieser Getreideart in der Fütterung interessant wird.

Erwähnenswert ist, dass die Phytinsäure, die die Verdaulichkeit des Futters beeinträchtigt, während der Keimung stark abnimmt.

Aus ernährungsphysiologischer Sicht treten vorteilhafte Veränderungen während der Keimung auf, die zu einer Verbesserung des Futterwertes beitragen.

Summary

Until August of 2005 it is allowed to add conventionally produced feed to limited extend when the only supply of ecologically produced feed can not be guaranteed. For the time after it is necessary to clarify, if a sufficient nutrient and protein supply can be ensured with germinated cereals.

The improvement in nutritional composition during germination of cereals, which is relevant to feeding, were analysed. Germination occurred under controlled, optimized conditions in humid seed boxes, in dishes and in a germ appliance used in practice. While the enzyme activity was rapidly increased during germination, the changes in nutritional composition induced later and developed slowly. The starch degrading enzyme α -amylase was used as a sensitive indicator for describing the germination progress.

During germination the activities of starch degrading enzymes increased and the content of starch was reduced. As expected, the content of sugar increased. With no changes in the crude nitrogen content, the content of protein nitrogen decreased in favour of free amino acids. The amount of lipids and polyunsaturated fatty acids improved. Comparing the analysed amino acids, lysine showed the largest increase during germination.

The clearest changes during germination were observed in the vitamin content. Out of 8 analysed vitamins (A, B1, B2, B6, C, D3, E and K1) 6 increased obviously. Remarkable was the decrease in the viscosity of germinated rye seeds, which makes the use of this cereal interesting for feeding.

The phytic acid which influences the digestibility of feed negatively, decreases during germination to a great extent.

Summarized, positive changes appeared during germination of cereals, which can improve the quality of feed.

Gliederung

Einleitung

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

- 1.1 Planung und Ablauf des Projektes
- 1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

2 Material und Methoden

- 2.1 Pflanzenmaterial (Ausgangsmaterial)
- 2.2 Methoden
- 2.3 Herstellen von Keimlingen
 - 2.3.1 Keimbedingungen in Feuchtekkammern
 - 2.3.1 Keimbedingungen im Keimautomaten (BK8)

3 Ergebnisse und Diskussion

- 3.1 Untersuchung der Inhaltsstoffe während des Keimungsverlaufes in Feuchtekkammern und Vergleich mit der Keimung im Keimautomaten BK8 am Beispiel der zur Verfütterung eingesetzten Sorte Rektor
 - 3.1.1 Stärkeabbauende Enzyme und Stärkegehalt
 - 3.1.2 Gesamt-, Roh- und Proteinstickstoffgehalt
 - 3.1.3 Rohfettgehalt und Fettsäurezusammensetzung
 - 3.1.4 Vitamingehalt
 - 3.1.5 Aminosäuregehalte und Aminosäurezusammensetzung
 - 3.1.6 Nichtstärkepolysaccharide (Gesamtpentosane und lösliche Pentosane)
 - 3.1.7 Zuckergehalt
 - 3.1.8 Rheologische Untersuchungen
- 3.2 Vergleich der Futterproben aus Kassel (Schalenkeimung und Keimautomat BK2)
- 3.3 Abgleich der Keimautomaten BK8 und BK2
- 3.4 Vergleich von Weizen, Triticale und Roggen unter optimalen Keimbedingungen

4 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

5 Zusammenfassung

6 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse, Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung, insbesondere Ableitung von Vorschlägen für Maßnahmen, die durch das BMVEL weiter verwendet werden können

7 Literaturverzeichnis

Einleitung

Die EU-Verordnung 1804/1999 regelt die Einbeziehung der tierischen Erzeugung in den Geltungsbereich der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. Danach müssen im ökologischen Landbau alle Tiere nach den Grundregeln dieser Verordnung gehalten werden. Das Futter soll den ernährungsphysiologischen Bedarf der Tiere decken und aus dem ökologischen Anbau stammen. Dafür dürfen bis August 2005 im begrenzten Umfang konventionelle Futtermittel zugesetzt werden, wenn eine ausschließliche Versorgung mit Futtermitteln aus dem ökologischen Anbau nicht möglich ist. Für die Geflügelfütterung bedeutet das einen zulässigen Höchstanteil an konventionellem Futter von 20% im Jahr bzw. 25% Trockenmasse am Tag.

Bislang werden dafür besonders die konventionellen Komponenten Maiskleber und Kartoffeleiweiß, die als Nebenprodukte bei der Stärkegewinnung anfallen, eingesetzt. Vergleichbare ökologische Produkte sind zurzeit nicht verfügbar. Unter diesem Aspekt ist zu klären, ob eine ausreichende Nährstoff- und Eiweißversorgung über den Einsatz von 20% Getreidekeimlingen in der Futtermischung gewährleistet werden kann, die damit zu 100% ökologischer Herkunft ist.

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Ziel des Projektes ist es, Veränderungen der Inhaltsstoffe, Zusammensetzung und Eigenschaften von Getreidekeimlingen in Abhängigkeit von den Keimungsbedingungen und der Sorte zu analysieren. Dabei stehen Proteine, Stärken, Nichtstärkepolysaccharide, Zucker, Lipide, Fettsäuren und Vitamine als wertgebende Inhaltsstoffe sowie Auswuchs und Mykotoxine als dominierende Schadfaktoren in Getreide im Mittelpunkt des Interesses. Die notwendigen Untersuchungen umfassen die Analyse des Ausgangsmaterials, die Optimierung des Keimprozesses und der Keimlingsqualität sowie die Untersuchung der Keimlingsmuster aus dem optimierten Keimungsverfahren einer Weizensorte.

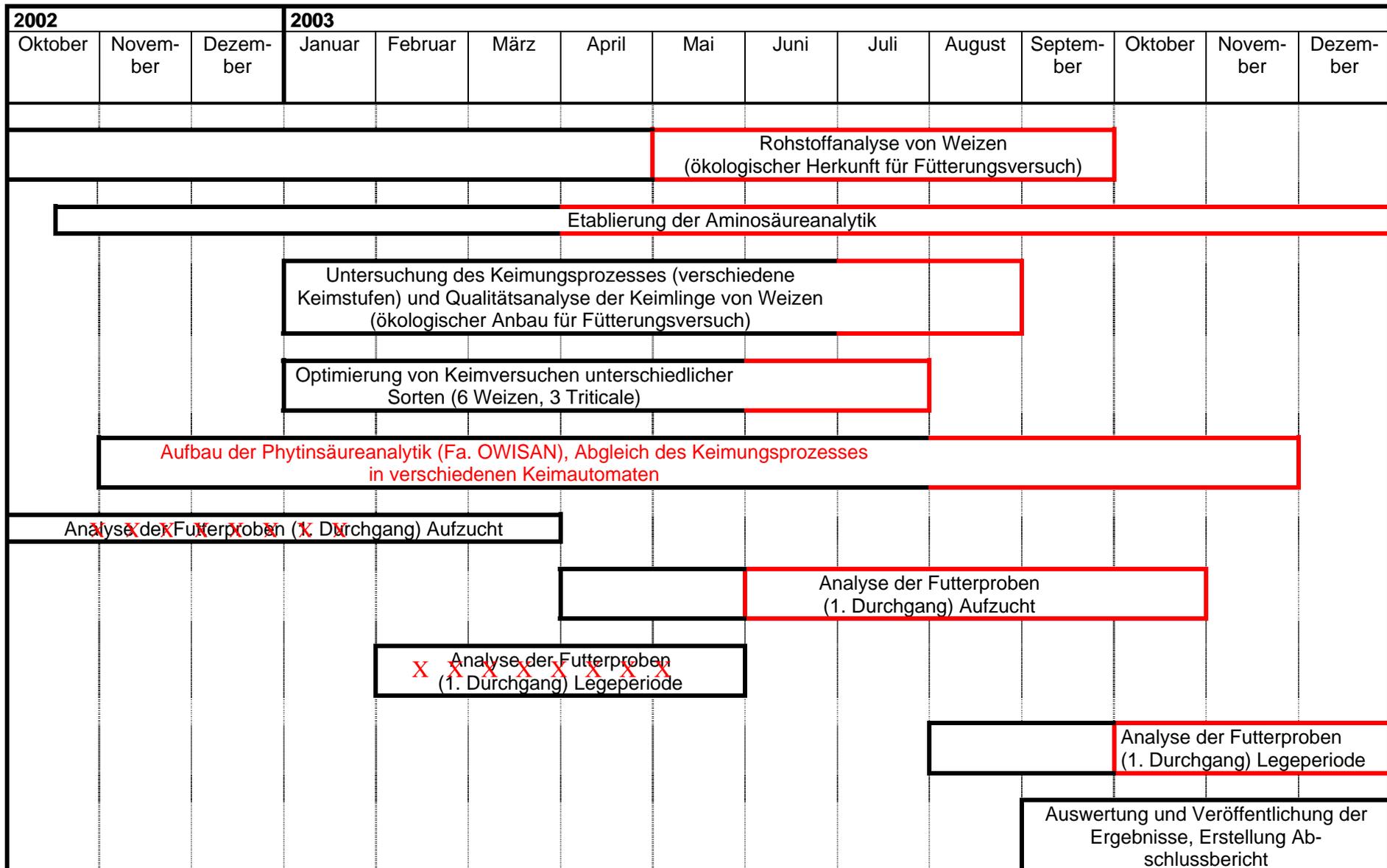
Ziel ist es, Kriterien für die optimale Prozessführung der Keimung und eine hohe Produktqualität der Keimlinge zu sichern, um eine hochwertige Futterkomponente aus dem ökologischen Landbau für die Tierernährung bereitzustellen.

1.1 Planung und Ablauf des Projektes

Aufgrund von Anlaufschwierigkeiten des Projektes (fehlende Zustimmung des Projektpartners zum Teilprojekt „Einsatz von gekeimtem Getreide in der Geflügelfütterung“; Ausscheiden des Bearbeiters; Projektstopp) hat sich der Zeitplan besonders bezüglich der Rohstoffanalyse des zu verfütternden Weizens beträchtlich verschoben. Erst mit der Bereitstellung der Sorte Rektor im Mai 2003 konnte mit den Untersuchungen zur Keimung begonnen werden. Der Abgleich der Keimautomaten BK2 (Standgerät, max. 20 kg Getreide) und BK8 (Tischgerät, max. 5,5 kg Getreide) erfolgte im August/September. Die Ergebnisse dazu und zur Phytinsäureanalytik wurden durch die Firma OWISAN in einem eigenständigen Bericht zusammengefasst.

Im folgenden Balkenplan (Tab. 1) sind die Verschiebungen im Zeitplan (rot gekennzeichnet) zu ursprünglich geplanten Arbeitsschritten (schwarz gekennzeichnet) dargestellt.

Tab. 1: aktueller Zeitplan



1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Besonders in den südostasiatischen Ländern gehören gekeimte Samen zur täglichen Nahrung (CHAVAN und KADAM, 1989). Auch der Einsatz von Keimlingen in der Tierernährung hat schon eine lange Tradition (WEINMÜLLER und VOIGT, 1933; GRIZMEK, 1937; DÜRIGEN, 1927) und wurde besonders seit Ende der achtziger Jahre ausführlich untersucht (HARMUTH-HOENE u.a., 1987; SCHÖNE u.a., 1996; JEROCH u.a., 1997).

Einbezogen wurden von den heimischen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen vor allem Getreide, Leguminosen und Raps. Gegenstand der Untersuchungen waren hauptsächlich die Veränderungen der Protein- (JAHN-DEESBACH und SCHIPPER, 1979, 1980, 1981a, 1981b, 1991) sowie der Aminosäurezusammensetzung (ULLRICH u.a., 1985; CHUMIKINA u.a., 1999; DANISOVA u.a., 1994; TIMOSHCHENKO, 2000) während der Keimung. In einer Reihe von Arbeiten wurden die, in Abhängigkeit von der Pflanzenart, steigenden Vitamingehalte (AKINLOSOTU und AKINYELE, 1991; WATZL und LEITZMANN, 1984) und dabei insbesondere die wasserlöslichen B-Vitamine (CHAVAN und KADAM, 1989) diskutiert. Im Zusammenhang mit der Veränderung der Inhaltsstoffe während der Keimung wird immer wieder auf den Masseverlust im Vergleich Korn zu Keimling hingewiesen (CHAVAN und KADAM, 1989; HARMUTH-HOENE u.a., 1987), was die Notwendigkeit einer exakten Bilanzierung unterstreicht.

Von den auch in heimischen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen vorhandenen toxischen Substanzen (BOCK, 1975) wurden während der Keimung besonders glycosidische und Esterbindungen, bedingt durch den Anstieg der Aktivität der Hydrolasen, gespalten. Auch die Minderung der proteinogenen Enzyminhibitoren bei der Keimung (Protease- und α -Amylaseinhibitoren) konnte nachgewiesen werden (TÄUFEL u.a., 1997).

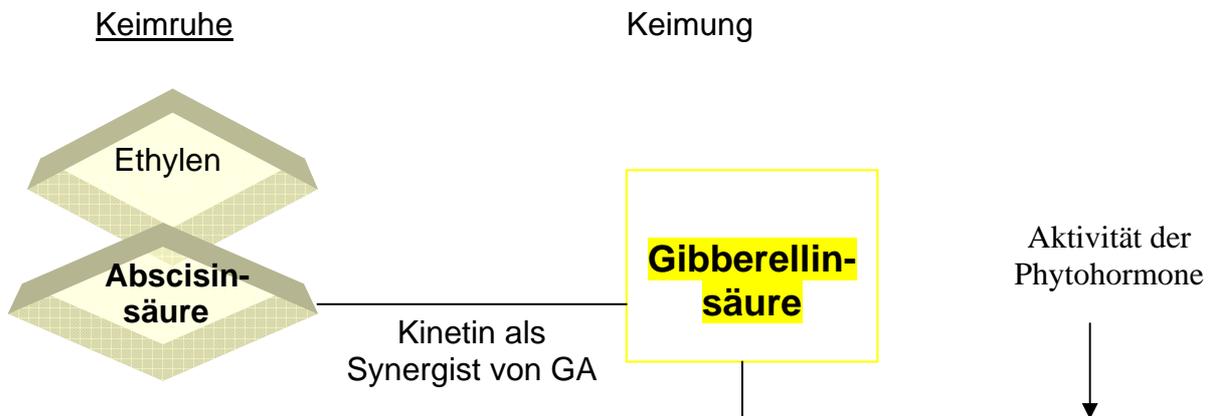
Bereits 1997 durchgeführte Fütterungsversuche mit gekeimtem Getreide bei Geflügel haben den Nachteil, dass die Versuchsdauer zu kurz war und Kontrollgruppen mit konventionellen Futtermitteln fehlten (JEROCH u.a., 1997).

Da bei Getreide der Keimvorgang für die Qualität eine vielschichtige Bedeutung hat, wurde im Institut für Stressphysiologie und Rohstoffqualität der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen eine komplexe Analytik etabliert, die es gestattet, Teilkomponenten des Keimungs- und Auswuchsgeschehens (unerwünschte Keimung auf dem Halm) zu erfassen (Abb. 1). In den Phasen der Entwicklung, Reifung und Keimung von Samen spielen Stärkesynthesen und die amylolytischen Enzyme α -Amylase, β -Amylase und Limit-Dextrinase eine wichtige Rolle. Bei unseren einheimischen Getreidearten und besonders bei Triticale sind diese Enzyme neben den agronomischen Merkmalen, wie Standfestigkeit, Struktur und Zusammensetzung von Ähre und Korn, entscheidend für Auswuchsschäden bei Schlechtwetterbedingungen im Erntezeitraum. Die Zusammenhänge zwischen Keimruhe, Enzymstatus und Stärkeabbau bilden die Grundlage für die Forschungsarbeiten und die Selektion von Triticale, Roggen, Weizen und Gerste.

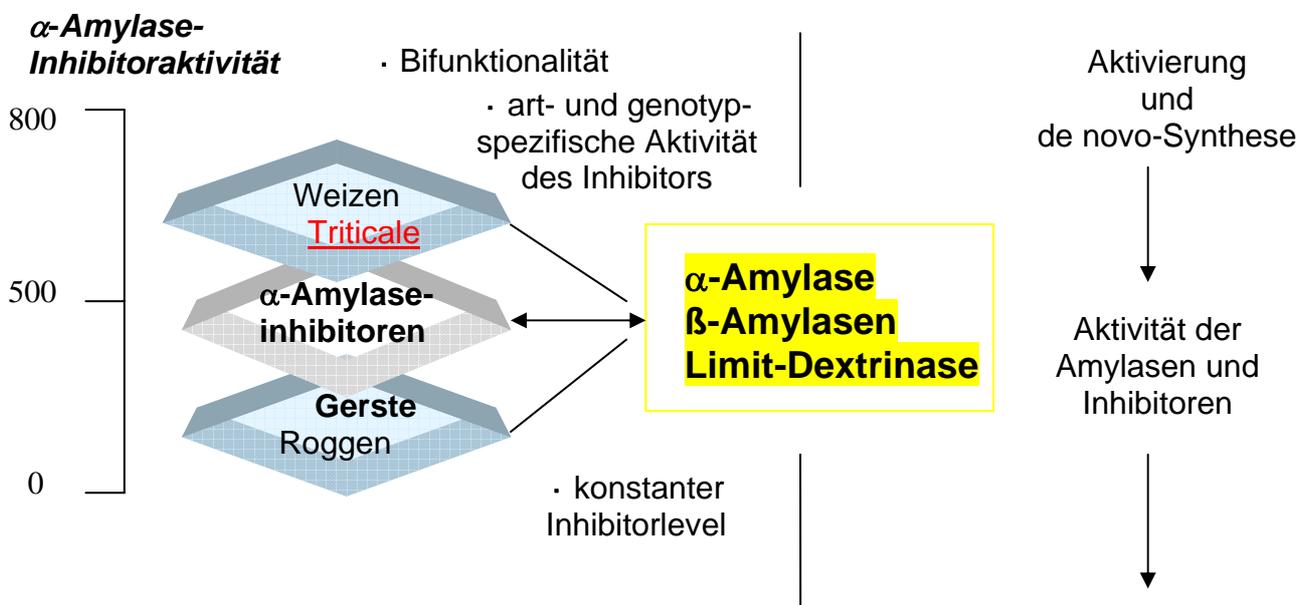
Methoden zur gradientenfreien Provokation im Beregnungsfeld, im Rollshelter mit Beregnung, in der Klimakammer, in Feuchtekkammern und im Keimautomat ermöglichen, art- und genotypische Besonderheiten im Auswuchs- bzw. Keimverhalten zu analysieren und darüber hinaus reproduzierbare Keimlinge zu erzeugen.

Außer den aktuellen biochemischen Methoden wurden züchtungsrelevante rheologische und NIR-Methoden entwickelt und zur Selektion von Basismaterial eingesetzt.

Phytohormonstatus



Enzymstatus



2

Korrosionsfestigkeit der Biopolymeren

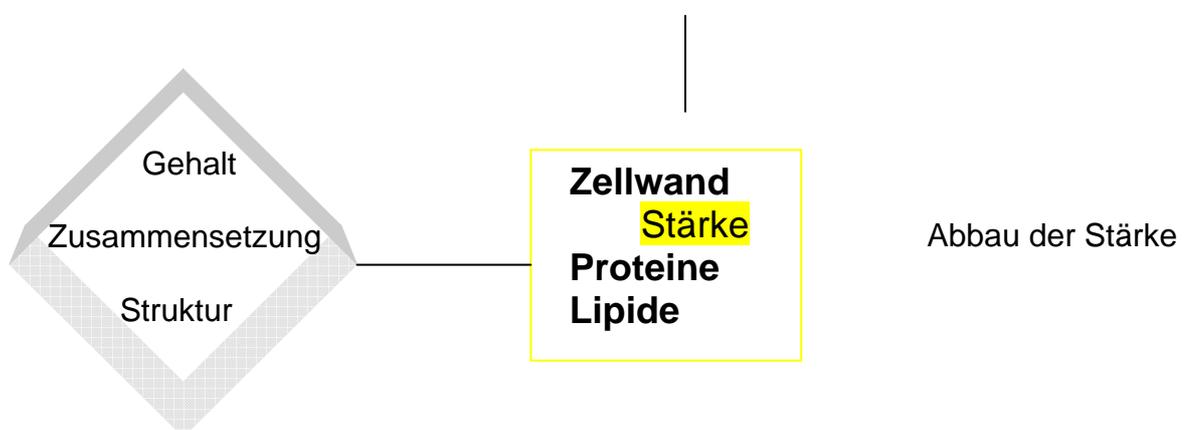


Abb. 1: Teilkomponenten des Auswuchs- bzw. Keimverhaltens von Getreide

Mit der Möglichkeit der Erfassung der getreidetypischen Mykotoxine DON, ZEA und Ochratoxin durch kommerzielle Immunoassays sind auch die Voraussetzungen gegeben, gesundheitlich unbedenkliche Keimlinge zu garantieren.

2 Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial (Ausgangsmaterial)

4 Winterweizen (Rektor, Drifter, Bussard, Pegassos), 3 Sommerweizen (Triso, Thasos, Passat) und 3 Triticale (Alamo, Lamberto, Lupus) aus dem ökologischen Anbau bilden den Gegenstand der analytischen Untersuchungen. Ergänzend zum Sortiment wurden 1 Palerbse (Santana), 4 Spelzweizen (Schwarzwinter Emmer, Weißer Sommeremmer, Terzino, Frankenkorn), 3 Roggen (Hacada, Amilo, Caroass) und eine Gerste (Thuringia) zur Prüfung der Futterwerteigenschaften mit einbezogen.

2.2 Methoden

Folgende Inhaltsstoffe und Eigenschaften wurden ermittelt:

- Rohstickstoff- und Proteinstickstoffgehalt (nach Fällung mit Trichloressigsäure) nach KJELDAHL
- Gesamtstickstoffgehalt mit dem C-N-S Analysator
- Stärkegehalt polarimetrisch nach EWERS (1908)
- Pentosane (Nichtstärkepolysaccharide) nach Hydrolyse und Messung von Arabinose und Xylose mittels HPLC (JÜRGENS u.a., 2002)
- Fettgehalt gravimetrisch nach DGF-Einheitsmethode (B-II 4b (87) mit dem Soxtec System HF, 1043 Extraction Unit der Fa. Tecator
- Fettsäurezusammensetzung nach Umesterung der Triglyceride zu Fettsäuremethylestern mit dem GC (ARENS u.a., 1994)
- Zuckergehalt nach Oximierung und anschließender Veresterung mit dem GC (VARMA u.a., 1973)
- α -Amylaseaktivität mit der Ceralpha-Methode (MCCLEARY UND SHEEHAN, 1987)
- β -Amylase mittels Betamyl-Methode (MATHEWSON UND SEABOURN, 1983; MCCLEARY UND CODD, 1989)
- Limit-Dextrinase mit der Limit-Dextrizym-Methode (MCCLEARY, 1992)
- Mykotoxine mit dem ELISA-Test (NEOGEN Veratox® Testkit der Fa. BAG)
- Verkleisterungskurve mittels modifiziertem Rheometer (FLAMME UND JANSEN, 1997)
- Einzelkorngewicht, Tausendkorngewicht, Kornhärte und –durchmesser mit dem Single Kernel Characterization System 4100 der Fa. Perten (SKCS)
- Hektolitergewicht des Ausgangsmaterials mit dem Gerät SINAR der Fa. Tecator
- Fallzahl mit dem Fallzahlgerät der Fa. Perten
- die Erstellung von Rheogrammen mittels eines modifizierten Rotationsviskosimeters nach FLAMME u.a. (1985)
- Feuchte von Korn und Schrot mit dem Absolutbestimmer (Typ mytron)
- Kinematische Viskosität mit einem Ubbelohde-Mikroviskosimeter (Kapillare II) (AVS 360) der Fa. Schott
- Farbe von Korn und Schrot mit dem Farbspektralphotometer für Feststoffe (LUCI 100) der Fa. Dr. Lange

2.3 Herstellen von Keimlingen

Voraussetzung für die Herstellung gesunder Keimlinge sind auswuchsfreie Körner mit einer hohen Keimfähigkeit und Triebkraft und ohne Mykotoxinbelastung. Um eine störungsfreie und reproduzierbare Keimung der Körner zu gewährleisten, hat die Firma OWISAN Keimautomaten (BK8, BK2) bereitgestellt. Die Einstellungen in den Prozessbedingungen sind jedoch begrenzt variabel.

Zur genauen Untersuchung des Keimungsverlaufs unter einstellbaren definierten Bedingungen (Temperatur, Licht und Keimdauer) wurde die Keimung in Feuchtekammern durchgeführt. Anschließend wurden beide Verfahren miteinander verglichen.

2.3.1 Keimbedingungen in Feuchtekammern

Reife gesunde Körner (ohne visuellen Auswuchs) wurden in Feuchtekammern ausgelegt. Die Keimung der Körner erfolgte unter definierten Bedingungen im Inkubator (20 °C, 25 °C und 30 °C; 20 °C unter Einwirkung von Licht; 0 h – 144 h Keimdauer). Die Weizensorte Rektor, welche zur Verfütterung ausgewählt wurde, ist bei 20 °C und 25 °C gekeimt worden. Anschließend wurden die Keimlinge bei –20 °C eingefroren, 48 h gefriergetrocknet und zu Schrot vermahlen. In einem Vorversuch ist diese Probenaufbereitung als optimal ermittelt worden.

2.3.2 Keimbedingungen im Keimautomaten (BK8)

Im Keimautomat wurden jeweils 3 kg des Ausgangsmaterials eingewogen und unter definierten Bedingungen (48 h bei 27 °C, Feuchtigkeitsstufe 0) gekeimt (Abb. 2), bei –20 °C eingefroren, 48 h gefriergetrocknet und zu Schrot vermahlen. Die Herstellung von Keimlingen im Keimautomaten war reproduzierbar. Nach 48 h erhielt man die in Abb. 3 dargestellten Keimlinge.

Für die Untersuchungen wurde eine repräsentative Mischprobe gezogen. Die Vorgehensweise wurde in Vorversuchen getestet.



Abb. 2: Keimautomat (KA) der Firma Berghof Elektronik und Umwelttechnik GmbH Nfg KG Keimautomat



Abb. 3: Weizen (Drifter) 48 h im Keimautomat gekeimt

3 Ergebnisse und Diskussion

Um den Verlauf des Keimungsprozesses mit den auftretenden quantitativen Veränderungen der Inhaltsstoffe detailliert zu charakterisieren, wurden zunächst 4 Sorten Alamo (Triticale), Drifter (Weizen), Rektor (Weizen) und Amilo (Roggen) ausgewählt. Die Qualitätsanalyse des Getreides umfasste die Untersuchung der stärkeabbauenden Enzyme, die Bestimmung des Stärke-, Protein- und Zuckergehaltes sowie die Charakterisierung der Nichtstärkepolysaccharide, Lipide und Fettsäurezusammensetzung. Ausgewählte Proben wurden auf Vitamingehalt und Aminosäurezusammensetzung untersucht. Für die Fütterung wurde die Sorte Rektor eingesetzt. Damit der Energiebedarf des Keimlings gedeckt werden kann, ist der Abbau von Reservestoffen notwendig. In diesem Zusammenhang wird der Verlust an Trockensubstanz erklärt (HARMUTH-HOENE ET AL, 1987). Der ermittelte Verlust an Trockenmasse für die Sorte Rektor (Weizen) ist der Tab. 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Verlust an Trockenmasse während der Keimung (0 – 144 h bei 20 °C, Weizen (Rektor))

Keimdauer [h]	Trockenmasse [%]
0	100
24	100
48	99,3
72	95,4
96	92,2
120	86,4
144	81,4

3.1 Untersuchung der Inhaltsstoffe während des Keimungsverlaufes in Feuchteammern und Vergleich mit der Keimung im Keimautomaten BK8 am Beispiel der zur Verfütterung eingesetzten Sorte Rektor

3.1.1 Stärkeabbauende Enzyme und Stärkegehalt

Die stärkeabbauenden Enzyme (α + β -Amylase, Limit-Dextrinase), die weitgehend die Eignung des Getreides für unterschiedliche Verwendungszwecke, wie Backen, Mälzen und Brauen, bestimmen, gelten als Schlüsselenzyme des Keimverhaltens. Mit Beginn der Keimung reagieren sie sehr schnell und ermöglichen damit die darauf einsetzenden Stoffumsetzungen. Während der Keimung bildet sich α -Amylase (Abb. 4), deren Aktivität in den ersten Tagen drastisch steigt und in 4-5 Tage alten Keimlingen ihr Maximum erreicht. Die Limit-Dextrinase zeigt einen der α -Amylase identischen Verlauf. Die β -Amylase bleibt relativ konstant und nimmt erst in 4-5 Tage alten Keimlingen leicht ab (SEDDIG u.a., 2002).

Durch den schnellen Anstieg der α -Amylaseaktivität während der Keimung wird Stärke zunächst geschädigt und dann mit Hilfe der vorhandenen β -Amylase und Limit-Dextrinase zu niedermolekularen Zuckern abgebaut. Innerhalb einer Keimungsdauer von 144 h treten Stärkeverluste von 42% (20 °C) bzw. 62% (25 °C) auf. Bis zu einer Keimzeit von 48 h ist nur ein minimaler Stärkeabbau von 0,9-6,3%, abhängig von der Temperatur, zu beobachten (Abb. 5).

Die Keimung im Keimautomat verläuft, trotz Anpassung (53 h Keimzeit), (Tab. A 17, Tab. A 29) noch nicht so schnell, wie unter optimierten Bedingungen in den Feuchteammern.

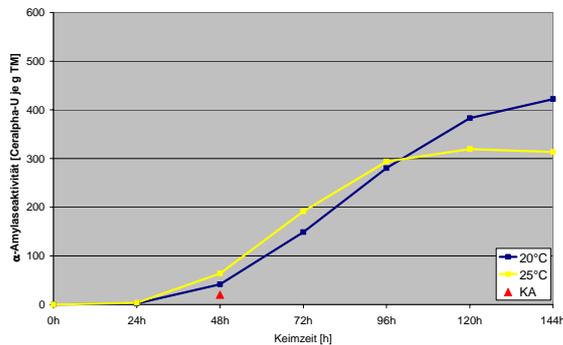


Abb. 4: Veränderung der α -Amylaseaktivität während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchteammern (20 °C, 25 °C) bzw. im Keimautomaten (KA)

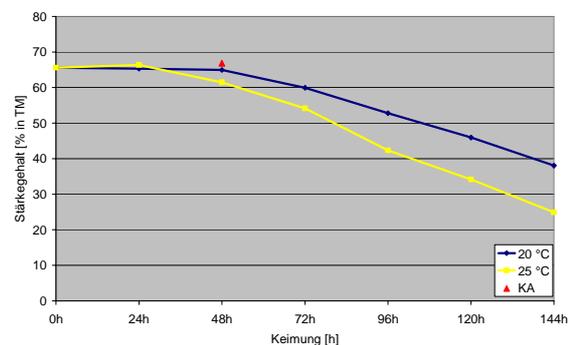


Abb. 5: Veränderung des Stärkegehaltes während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchteammern (20 °C, 25 °C) bzw. im Keimautomaten (KA)

3.1.2 Gesamt-, Roh- und Proteinstickstoffgehalt

Über eine Keimzeit von 0 – 144 h wurden sowohl Veränderungen im Gesamt-, Roh- als auch im Proteinstickstoffgehalt erfasst. Während die ersten beiden Fraktionen mit fortschreitender Keimung leicht anstiegen, sank der Proteinstickstoffgehalt um ca. 19%. Bei Berücksichtigung der Trockenmasseverluste (Atmungsverluste), die mit höheren Keimtemperaturen und längerer Keimungsdauer (CHAVAN UND KADAM, 1989) steigen, ergab sich, dass die Zunahmen an Gesamt- und Rohstickstoff allein mit diesem Effekt zu erklären sind. Das bestätigen auch Untersuchungen von JAHN-DEESBACH UND SCHIPPER (1991). Bis zu einer Keimzeit von 48 h waren in keiner Fraktion merkliche Änderungen zu beobachten (Abb. 6, Abb. 7). Entsprechend konnte bei der Keimung im Keimautomaten kein Unterschied zur Keimung in der Feuchteammer festgestellt werden.

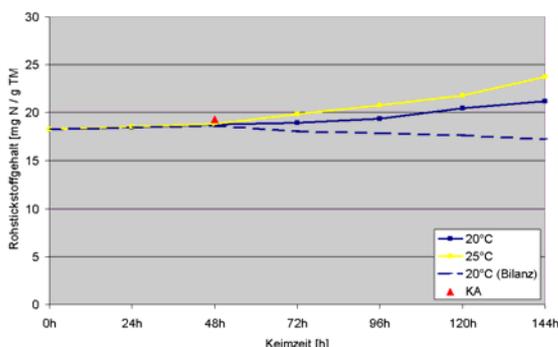


Abb. 6: Veränderung des Rohstickstoffgehaltes während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchteammern (20 °C, 25 °C) bzw. im Keimautomat (KA)

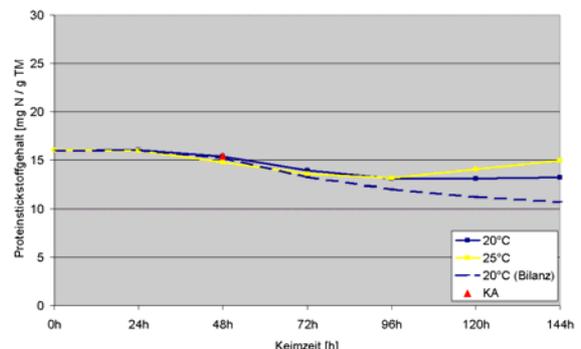


Abb. 7: Veränderung des Proteinstickstoffgehaltes während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchteammern (20 °C, 25 °C) bzw. im Keimautomat (KA)

3.1.3 Rohfettgehalt und Fettsäurezusammensetzung

Mit fortschreitender Keimung kommt es zu einer Erhöhung des Rohfettgehaltes. Nach 144 h Keimdauer war der Rohfettgehalt bei 25 °C um 41% angestiegen. HARMUTH-HOENE u.a. (1987) fanden nach 96 h Keimung einen Anstieg beim Gesamtfett um 53%. Auch CHAVAN und KADAM (1989) bestätigen einen Anstieg im Fettgehalt während der Keimung. Des Weiteren wird über einen möglichen Verbrauch von Kohlenhydraten für die Fettsynthese berichtet. Der Anstieg des Gesamtfettgehaltes wird im Wesentlichen im Zusammenhang mit den Zunahmen der gesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren gesehen (HARMUTH-HOENE u.a., 1987). Der Anstieg der Linolensäure um 112% nach 144 h war besonders auffällig. Schon nach 48 h konnte ein Anstieg um 10% verzeichnet werden (Abb. 8). Geringe Abnahmen bei der Ölsäure und der Linolsäure traten erst ab 72 – 96 h auf. Der Gehalt an Erucasäure sank mit steigender Keimtemperatur und –dauer. Da dies an nur zwei Weizensorten nachgewiesen wurde, bleibt zu prüfen inwieweit sortenspezifische Unterschiede bestehen.

Hinsichtlich der Fettsäurezusammensetzung konnten im Keimautomaten ähnliche Ergebnisse wie in den Feuchtekammern erzielt werden (Abb. 8).

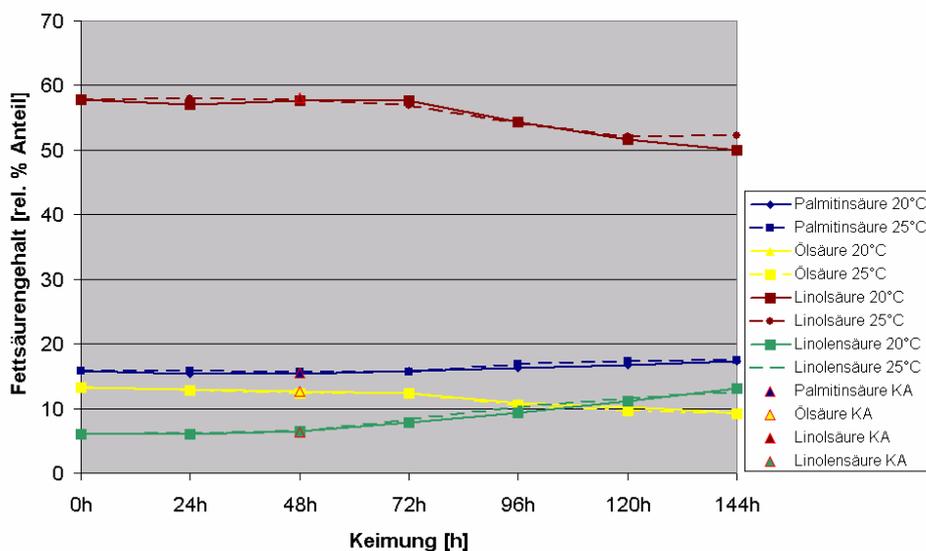


Abb. 8: Veränderung des Fettsäuregehaltes während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchtekammern (20 °C, 25 °C) bzw. im Keimautomaten (KA)

3.1.4 Vitamingehalt

Die Bestimmungen der Vitamingehalte und der Aminosäurezusammensetzung wurden als Auftrag an die LUFA Kiel übergeben (Untersuchungsbefunde s. Anhang). Über eine Keimungsdauer von 0 – 96 h wurden Weizenkeimlinge (Rektor) bezüglich ihres Vitamingehaltes (A, B1, B2, B6, C, D3, E und K1) untersucht.

Die Vitamine A (Nachweisgrenze <1000 IE/kg) und D₃ (Nachweisgrenze <250 IE/kg) konnten über die gesamte Keimdauer nicht nachgewiesen werden. Die übrigen 6 Vitamine nahmen während der Keimung zu (Abb. 9). Dabei waren der Anstieg von K1 (+ 0,15 mg = 1133%) und C (+ 47,6 mg) nach 4tägiger Keimung am auffälligsten. Der gesamte Gehalt an Ascorbinsäure wurde während der Keimung synthetisiert, im ungekeimten Korn war sie nicht nachweisbar. Im Fall der wasserlöslichen B-Vitamine

konnten nach 96 h Keimzeit Erhöhungen um 262% (B2), 100% (B6) und 24% (B1) nachgewiesen werden, während das fettlösliche Vitamin E um 27% zunahm. Nach nur 48stündiger Keimung, wie sie auch im Keimautomaten vorgenommen wird, sind die Effekte entsprechend geringer. Hier fiel besonders das Vitamin C auf, das nach dieser kurzen Zeit schon um 30 mg gestiegen war (Tab. A 32).

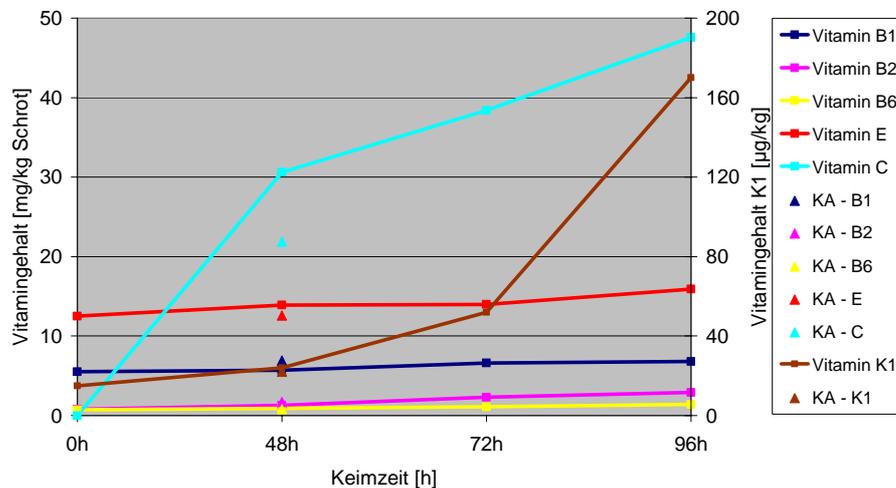


Abb. 9: Veränderung des Vitamingehaltes während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchtekammern (20 °C , 0 h – 96 h) bzw. im Keimautomaten (KA)

3.1.5 Aminosäuregehalte und Aminosäurezusammensetzung

Über eine Keimungsdauer von 96 h wurden auch die Weizenkeimlinge (Rektor) bezüglich der Aminosäuren Lysin, Methionin, Threonin und Cystein untersucht. Eine deutliche Zunahme wurde bei Lysin (37%) und Threonin (9%) beobachtet, während Cystein zurückging (10%). Methionin zeigte keine nennenswerten Veränderungen. Bei einer kurzen Keimdauer von nur 48 h traten kaum Veränderungen auf (Abb. 10).

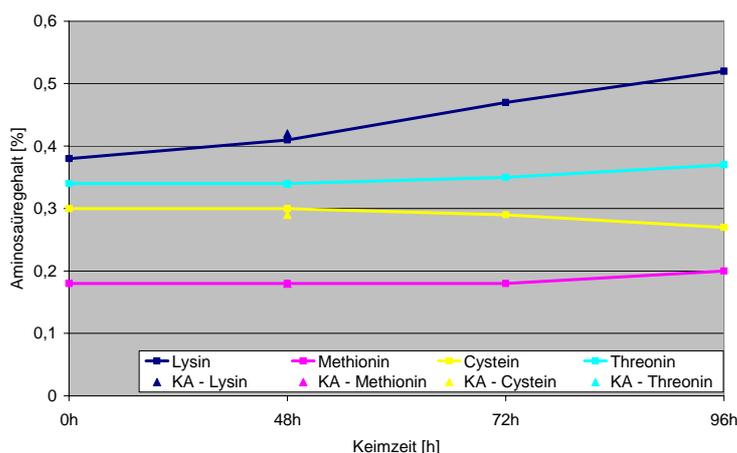


Abb. 10: Veränderung des Aminosäuregehaltes während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchtekammern (20 °C , 0 h – 96 h) bzw. im Keimautomaten (KA)

3.1.6 Nichtstärkepolysaccharide (Gesamtpentosane und lösliche Pentosane)

Im Unterschied zu den anderen Getreidearten besitzen sowohl die konventionellen als auch die Hybridsorten des Roggens einen hohen Pentosangehalt (Amando 10%; Basismaterial 13,5%) und einen relativ hohen Gehalt an löslichen Pentosanen (Schleimstoffen), die der löslichen (im Dickdarm) verdaulichen Rohfaser zugerechnet werden. Die Schleimstoffe liegen nicht nur im Gehalt (Maximalwerte 3,9%), sondern auch in der Viskosität (des Wasserextraktes von Roggenschrot) deutlich über den anderen Getreidearten. In den letzten Jahren wurden auch Triticale mit roggennähnlichen Pentosangehalten und Viskositäten unter den aktuellen Sorten gefunden.

Die ausgewählten Sorten von Winterweizen (Rektor-E; Drifter-B), Triticale (Alamo), Roggen (auswuchsfeste Populationssorte Amilo) lassen deutliche Unterschiede im Gehalt und in der Viskosität zwischen Roggen auf der einen Seite und Weizen bzw. Triticale auf der anderen Seite erkennen (Abb. 11). Weizen und Triticale liegen in der Ausgangsviskosität zwischen 1,01 cSt und 1,10 cSt, Roggen hingegen bei 3,69 cSt. Bei der optimalen Keimungsvariante in Feuchtekammern (Dunkelkeimung 144 h; 20 °C) sinkt die Viskosität von Amilo auf 1,60 cSt. Bei den Weizen bleibt die Viskosität bei allen Keimungsvarianten zwischen 0,94 und 1,34 cSt (Wasser: 30 °C : 0,81 cSt; 20 °C : 1,01 cSt). Temperaturen von 30 °C reduzieren den hydrolytischen Abbau der Pentosane des Roggen deutlich (Endpunkt 2,75 cSt), hervorgerufen durch die Temperaturempfindlichkeit der Pentosanasen. Entscheidend für den Einsatz von Roggenkeimlingen in der Fütterung ist der Abbau der Schleimstoffe und damit auch der Viskosität der verdaulichen Rohfaser im Colon. Die durchgeführten Keimungsversuche dazu sind positiv in Hinblick auf den Toxizitätsabbau zu bewerten.

Der Gehalt der löslichen Pentosane steigt während der Keimung, erklärlich aus dem Abbau der unlöslichen Pentosane (Quellstoffe) zu wasserlöslichen Hydrolyseprodukten (Abb. 12). Das Maximum dieser Hydrolyse liegt arten- und sortenbedingt je nach Keimungsversuch zwischen 96 h und 144 h.

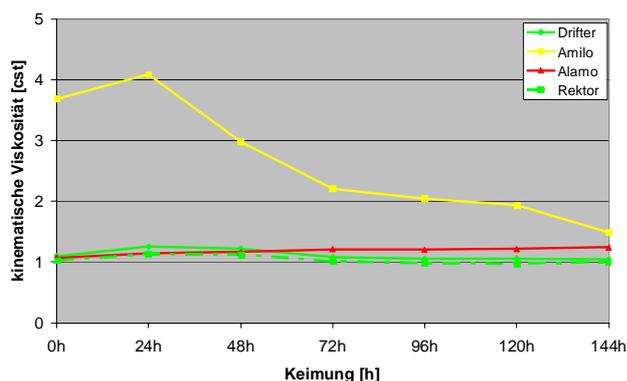


Abb. 11: Veränderung der kinematischen Viskosität während der Keimung in Feuchtekammern bei 25 °C – Drifter, Rektor (Weizen), Amilo (Roggen), Alamo (Triticale)

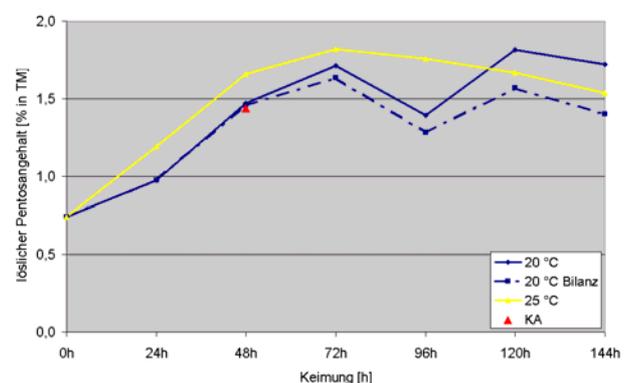


Abb. 12: Veränderung der löslichen Pentosane während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchtekammern (20 °C, 25 °C) bzw. im Keimautomaten (KA)

3.1.7 Zuckergehalt

Erwartungsgemäß sind die Zuckergehalte (Maltose [Abb. 13, 14], Glucose, Fructose) während der Keimung signifikant gestiegen. Für die Saccharose konnte keine signifikante Zunahme ermittelt werden. Die im Getreidekorn vorhandene Stärke wird durch die stärkespaltenden Enzyme während des Keimungsprozesses zu niedermolekularen Zuckern abgebaut, was durch höhere Keimtemperaturen noch beschleunigt wurde. Unter Einfluss von Licht und 20 °C Keimtemperatur setzte die Zuckerbildung etwas später ein (Abb. 13).

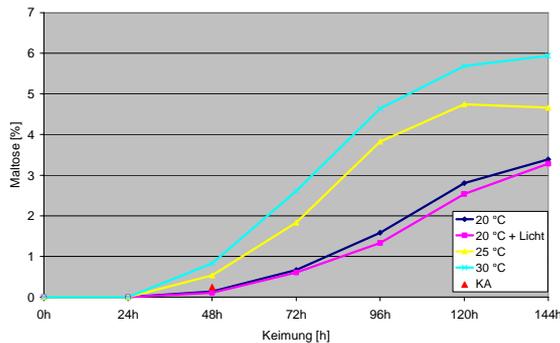


Abb. 13: Veränderung des Maltosegehaltes während der Keimung von Weizen (Drifter) in Feuchtekammern bei unterschiedlichen Temperaturen bzw. im Keimautomaten (KA)

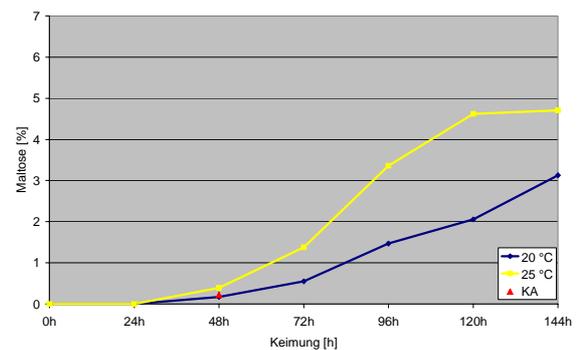


Abb. 14: Veränderung des Maltosegehaltes während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchtekammern (20 °C, 25 °C) bzw. im Keimautomaten (KA)

3.1.8 Rheologische Untersuchungen

Rheologische Methoden dienen zum einen der Erfassung technologisch wichtiger Parameter, wie Quell-, Verkleisterungs- und Fließeigenschaften und werden zum anderen für die indirekte Bestimmung der α -Amylaseaktivität im Getreideschrot eingesetzt.

Zur Untersuchung des Ausgangsmaterials und der gekeimten Proben wurde zunächst ein Fallzahlmessgerät genutzt, was aber zur Differenzierung von Proben mit hoher α -Amylaseaktivität ungeeignet ist, da relativ schnell die Bestimmungsgrenze des Gerätes erreicht wird.

Die weiteren Untersuchungen erfolgten mit Hilfe eines Rotationsviskosimeters der Fa. Physika mit genutetem Zylinder (Flamme, Jansen 1997), mit dem Verkleisterungs- und Pasteneigenschaften von Getreide-Schrot-Suspensionen an geringen Probenmengen bestimmt werden können. Der Einsatz von 0,21%iger Milchsäure zur Inaktivierung der korneigenen Enzyme ermöglicht Aussagen darüber, zu welchem Zeitpunkt es während des Keimungsverlaufs bereits zu Stärkeschäden kommt.

In Abb. 15 wird deutlich, dass die Viskosität mit zunehmender Keimdauer abnimmt und bei einer Keimdauer von 72 h bereits eine merkliche Stärkeschädigung vorliegt.

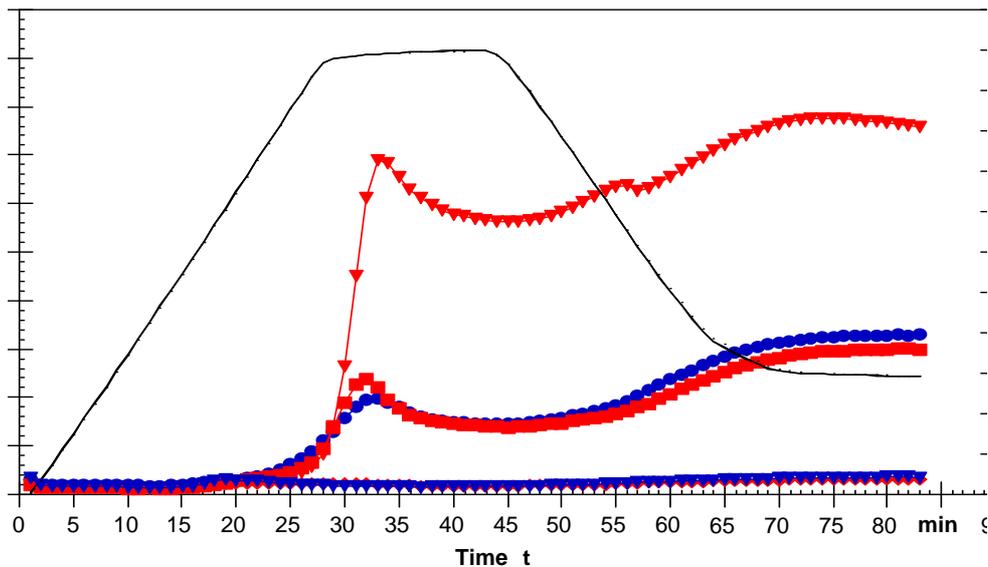


Abb. 15: Veränderung der Verkleisterungseigenschaften in Abhängigkeit von der Keimdauer – Rektor (Weizen) Verkleisterungskurven bei 40 °C – 95 °C – 55 °C

- Rektor (Ausgangsmaterial)
- ▼ Rektor 24 h bei 25 °C gekeimt
- ▼ (rot) Rektor 24 h bei 25 °C gekeimt, versetzt mit 0,21%iger Milchsäure
- (rot) Rektor 48 h bei 25 °C gekeimt, versetzt mit 0,21%iger Milchsäure
- ◆ (rot) Rektor 72 h bei 25 °C gekeimt, versetzt mit 0,21%iger Milchsäure
- Temperaturkurve

3.2 Vergleich der Futterproben aus Kassel (Schalenkeimung und Keimautomat BK2)

Die Fütterung der Hühner in Neu-Ulrichstein erfolgte in der Aufzuchtphase mit Keimlingen, welche in Schalen gekeimt wurden. Die Körner wurden 24 h eingeweicht und anschließend in perforierten Schalen 48 h bei Raumtemperatur gekeimt und zweimal täglich befeuchtet. Der Keimautomat kam erst im August 2003 zum Einsatz. Hier wurden die Körner 47 h gekeimt.

Die eingesetzten Keimlinge, gekeimt in Schalen und im Keimautomaten, wurden in Groß Lüsewitz analysiert.

Obwohl der Keimungsfortschritt, gemessen an der Höhe der α -Amylaseaktivität, in den Schalen und im Keimautomaten nicht identisch ist, treten in den untersuchten Inhaltsstoffen innerhalb der Fehlergrenzen keine wesentlichen Unterschiede auf (Tab. A 28).

3.3 Abgleich der Keimautomaten BK8 und BK2

Bedingt durch Aufbau und Wirkungsprinzip des Keimautomaten BK8 (stationäre Schichtung der Keimlinge) sind besonders in der unteren Schicht keine optimalen Bedingungen (geringe Luftzufuhr, erhöhter Feuchtegehalt) gewährleistet. Dies ist ein Nachteil für Keimautomaten mit verhältnismäßig geringen Füllmengen. Bei Keimautomaten, die für größere Füllmengen konzipiert wurden, konnte dieses Problem durch Luftumwälzung gelöst werden.

Das stärkeabbauende Enzym α -Amylase ist ein sensibler Indikator für die Beschreibung des Keimungsverlaufes, welcher stark temperaturabhängig ist (Abb. 16) und eine gute Reproduzierbarkeit zeigt. Die α -Amylase wurde als maßgeblicher Faktor für den Abgleich der beiden Keimautomaten herangezogen. Die Werte, ermittelt in den Feuchtekkammern, repräsentieren die α -Amylaseaktivität unter optimalen Keimbedingungen. In Vorversuchen wurde die Aktivität der α -Amylase in Abhängigkeit von der eingestellten Feuchtigkeitsstufe im Keimautomaten bestimmt. Dabei wurde deutlich, dass eine zu hohe Feuchtigkeit den Keimungsfortschritt verzögert (Abb. 16).

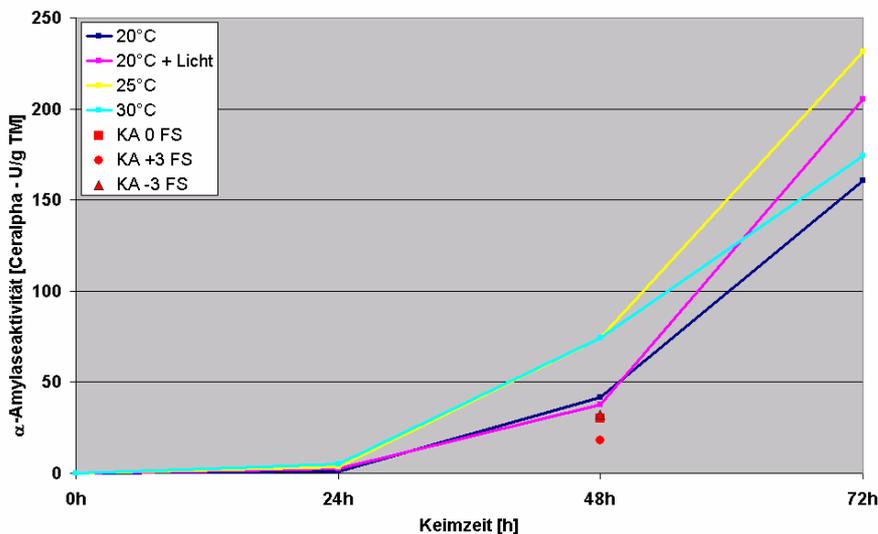


Abb. 16: Vergleich der α -Amylaseaktivität in Weizenkeimlingen (Drifter) bei unterschiedlichen Keimungsbedingungen in Feuchtekkammern (20 °C, 20 °C + Licht, 25 °C, 30 °C) und bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsstufen (FS) im Keimautomaten (KA)

Der große Einfluss veränderter Keimbedingungen auf die Aktivität der α -Amylase ist noch einmal deutlich in Abb. 17 zu sehen. Damit in den Keimautomaten BK8 und BK2 Keimlinge gleicher Qualität hergestellt werden können, wurden sie untereinander abgeglichen. Die Ergebnisse der Vergleichsanalysen sind in Tab. A 29 zusammengefasst. Mit den so programmierten Keimautomaten ist es möglich, nahezu identische Keimlinge zu erhalten.

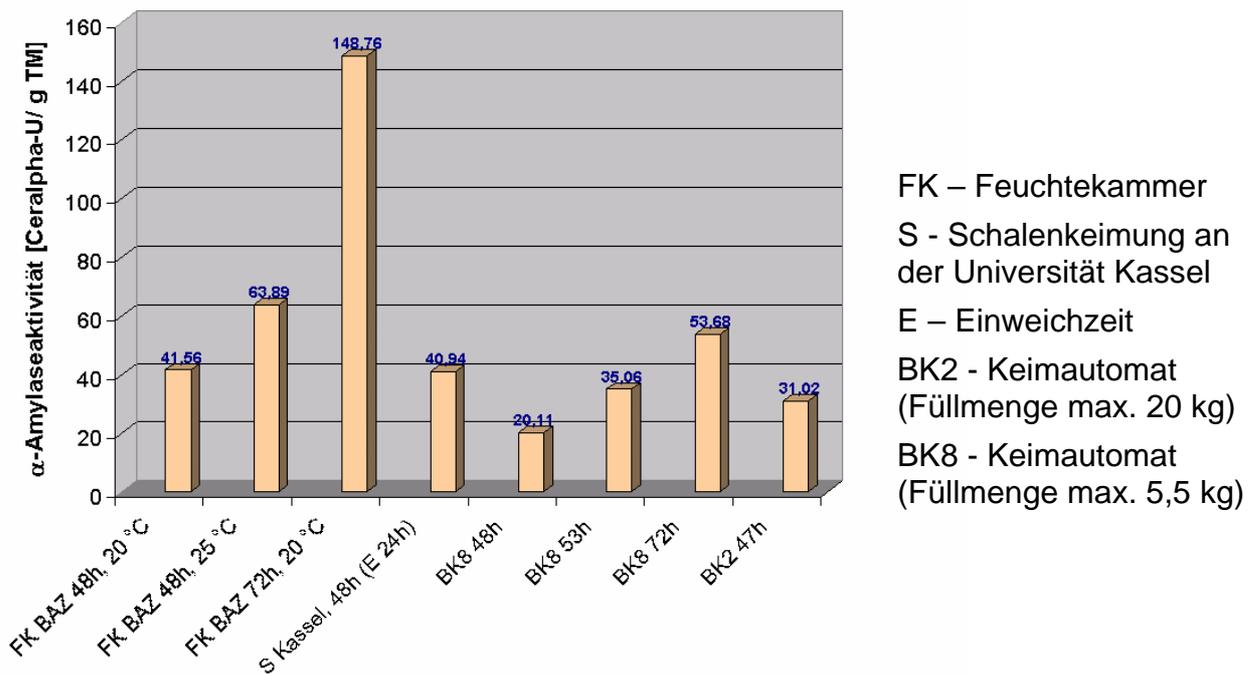


Abb. 17: Vergleich der α -Amylaseaktivität bei unterschiedlichen Keimungsbedingungen - Weizen (Rektor)

Ausführliche Untersuchungen hinsichtlich der Homogenität der Keimlinge (Spross- und Wurzellänge) erfolgten durch den Verbundpartner Fa. OWISAN.

3.4 Vergleich von Weizen, Triticale und Roggen unter optimalen Keimungsbedingungen

Im Verlauf der Keimung kommt es zu enzymatischen und stofflichen Veränderungen, für die bei allen untersuchten Sorten die gleichen Tendenzen nachgewiesen werden konnten. Die ausgewählten Weizen-, Roggen- und Triticalesorten zeichneten sich durch relativ hohe Stärkegehalte in ungekeimten Körnern aus, wobei die Unterschiede zwischen den Sorten gering waren (Drifter 71% in TM, Rektor 68% in TM, Alamo 69% in TM und Amilo 65% in TM). Während der Keimung wurde bei allen 3 Getreidearten nach etwa 48 h noch kein merklicher Stärkeabbau festgestellt (Abb. 18), obwohl zum gleichen Zeitpunkt bereits ein deutlicher Anstieg der α -Amylaseaktivität einsetzte. Triticale zeigte die höchsten α -Amylaseaktivitäten, gefolgt von Weizen und Roggen (Abb. 19). In Triticale wurde auch das bei Weizen höchste Potential an β -Amylase gefunden. Insgesamt veränderte sich die β -Amylaseaktivität während der Keimung jedoch kaum (Abb. 20).

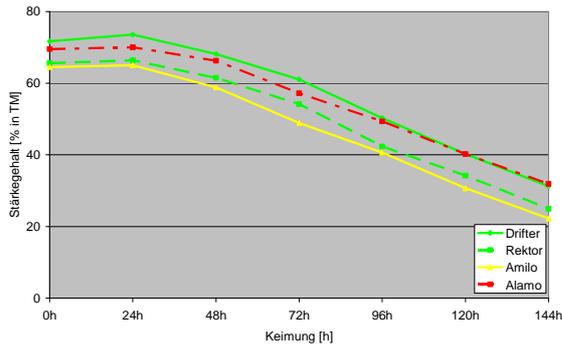


Abb. 18: Veränderung des Stärkegehaltes während der Keimung bei 25 °C in Feuchtekammern - Drifter, Rektor (Weizen), Amilo (Roggen), Alamo (Triticale)

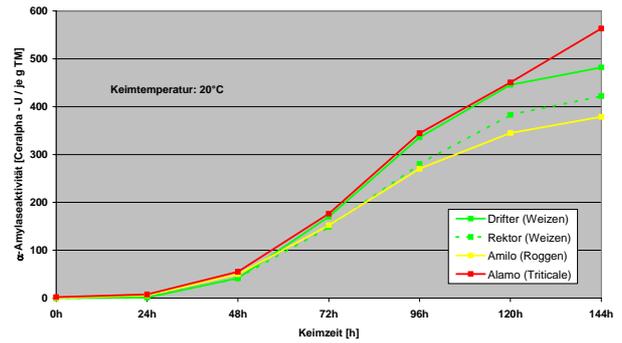


Abb. 19: Veränderung der α -Amylaseaktivität während der Keimung bei 25 °C in Feuchtekammern - Drifter, Rektor (Weizen), Amilo (Roggen), Alamo (Triticale)

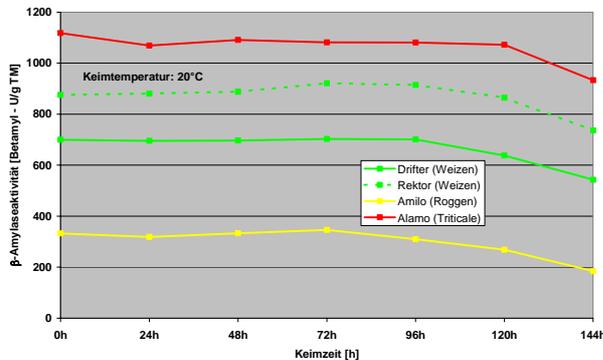


Abb. 20: Veränderung der β -Amylaseaktivität während der Keimung bei 25 °C in Feuchtekammern - Drifter, Rektor (Weizen), Amilo (Roggen), Alamo (Triticale)

Von Interesse ist der Proteingehalt beim Einsatz von ökologischen Futtermitteln in der Tierernährung. Der Rohstickstoffgehalt von Roggen, Weizen und Triticale lag zwischen 15 und 20 mg N/g TM, wobei der Roggen die geringsten Werte aufwies. Nach einer Keimung von 48 h kam es im Gesamt- und Rohstickstoffgehalt bei allen 3 Kulturarten zu keinen deutlichen Erhöhungen gegenüber dem Ausgangsmaterial. Besonders auffällig ist der hohe Rohstickstoffgehalt beim Spelzweizen, welcher im ungekeimten Korn bei 20 – 27 mg N/g TM liegt. Aufgrund des hohen Anteils an Rohstickstoff wäre er für den Einsatz in der Geflügelfütterung prädestiniert. Schwierigkeiten werden im Zusammenhang mit der Entspelzung gesehen. Dabei kann es schnell zur Beschädigung des Embryos kommen, was zur Einschränkung der Keimfähigkeit führt.

Bei der Charakterisierung des Ausgangsmaterials scheint der Roggen auf Grund seines niedrigen Protein- und Stärkegehaltes und seines hohen Anteils an löslichen und unlöslichen Pentosanen am wenigsten geeignet für den Futtereinsatz. Während der Keimung kommt es jedoch durch den Abbau von löslichen Pentosanen zu positiven Effekten (s. Kap. 3.1.6), die den Einsatz von Roggen wiederum interessant machen. Vergleicht man Roggen, Weizen und Triticale hinsichtlich des Zuckergehaltes, so sind im Ausgangsmaterial kaum Unterschiede zu finden. Nach 48 h Keimdauer findet

man im Roggen deutlich höhere Anteile an Glucose und Fructose im Vergleich zu Weizen und Triticale.

Erwähnt werden soll ebenfalls noch, dass bereits im Roggenausgangsmaterial höhere Werte an der aus ernährungsphysiologischer Sicht bedeutenden Linolensäure gegenüber Triticale und Weizen nachgewiesen wurde. Die höheren Werte ließen sich auch nach 48 h Keimung bestätigen.

4 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Geplante Ziele

Komplexe Rohstoffanalyse des zur Keimung eingesetzten Winterweizens Sorte Rektor – Eliteweizen

Optimierung des Keimprozesses

Untersuchung der Keimlingsmuster aus dem optimierten Keimungsverfahren

Erreichte Ziele

Neben der Sorte Rektor wurden zusätzlich Winterweizen (3), Sommerweizen (3), Wintertriticale (3), Spelzweizen (4), Winterroggen (3), Wintergerste (1) und Futtererbsen (1) umfassend charakterisiert, um für den praktischen Einsatz von Keimlingen ein breiteres Inhaltsstoffspektrum zu besitzen.

Der Keimautomat BK8 mit der werkseitigen Einstellung für Weizenkeimlinge lieferte unbefriedigende Ergebnisse – die Bildung der gewünschten Nähr- und Wirkstoffe war zu gering. Mit frei gestaltbaren Feuchtekkammern (bis 144 h Keimdauer und 20°, 25° und 30 °C und Licht- und Dunkelkeimung) wurden optimale Bedingungen, gemessen an der Bildung von wertvollen Wirk- und Inhaltsstoffen, ermittelt und die Keimautomaten abgeglichen. Für den Praxisbetrieb der Keimautomaten ist es unbedingt erforderlich, eine komplette Einstellung des Keimungsprogramms vor Ort selbständig durchführen zu können, um agroklimatische sowie sorten- und artenspezifische Eigenschaften der Rohstoffe berücksichtigen zu können. Die Homogenität der Keimlingsqualität, besonders innerhalb eines Keimungsansatzes, sollte erhöht werden.

Die unter optimalen Keimbedingungen in Feuchtekkammern erhaltenen Keimlinge wurden hinsichtlich Proteine, Stärken, Nichtstärkepolysaccharide, Zucker und Fette als wertgebende Inhaltsstoffe untersucht. Es wurden Auswuchs und Mykotoxine als dominierende Schadfaktoren in Getreide berücksichtigt. Ausgewählte Proben wurden auf Vitamine und Aminosäurezusammensetzung untersucht.

5 Zusammenfassung

Noch bis August 2005 dürfen im ökologischen Landbau, wenn eine ausschließliche Versorgung mit ökologischen Futtermitteln nicht möglich ist, im begrenzten Umfang konventionelle zugesetzt werden. Unter diesem Aspekt war zu klären, ob eine ausreichende Nährstoff- und Eiweißversorgung über den Einsatz von Getreidekeimlingen gewährleistet werden kann.

Die während des Keimprozesses bei Getreide auftretenden Veränderungen der für die Fütterung relevanten Inhaltsstoffe wurden untersucht. Die Keimung erfolgte sowohl unter optimierten Bedingungen in Feuchtekammern als auch unter praxisrelevanten Bedingungen in Schalen und im Keimautomat. Dabei zeigte sich, dass mit beginnender Keimung sprunghafte Veränderungen im Enzymstatus nachweisbar sind, während stoffliche Veränderungen später einsetzen und langsamer verlaufen. Das stärkeabbauende Enzym α -Amylase konnte somit als sensibler Indikator für den Keimungsfortschritt verwendet werden.

Während der Keimung stiegen die Aktivitäten der stärkeabbauenden Enzyme und der Stärkegehalt wurde reduziert. Erwartungsgemäß stiegen die Zuckergehalte. Bei unverändertem Rohstickstoffgehalt kam es zu einer Abnahme des Proteinstickstoffgehaltes zu Gunsten der freien Aminosäuren. Der Rohfettgehalt stieg und es erhöhte sich der Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

Von den Aminosäuren erhöhte sich während der Keimung besonders der Gehalt von Lysin.

Die deutlichsten Veränderungen durch die Keimung wurden bei den Vitaminen beobachtet. Von den 8 untersuchten Vitaminen A, B1, B2, B6, C, D3, E und K1 stiegen 6 zum Teil sehr beträchtlich an, während A und D3 nicht nachgewiesen werden konnten. Bemerkenswert war die Verringerung der Viskosität in Roggenkeimlingen, wodurch der Einsatz dieser Getreideart in der Fütterung interessant wird.

Erwähnenswert ist, dass die Phytinsäure, die chemische Komplexe mit lebenswichtigen Mineralstoffen, wie Calcium, Eisen, Magnesium und Zink und darüber hinaus mit Proteinen eingeht, wodurch die Verdaulichkeit des Futters beeinträchtigt wird, während der Keimung stark abnimmt (s. separater Abschlussbericht der Fa. OWISAN).

Aus ernährungsphysiologischer Sicht treten eine Reihe vorteilhafter Veränderungen während der Keimung auf, die zu einer Verbesserung des Futterwertes beitragen.

6 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse, Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung, insbesondere Ableitung von Vorschlägen für Maßnahmen, die durch das BMVEL weiter verwendet werden können

Gegenwärtig ist es nicht möglich, alle Futterkomponenten nach der EU-Tierhaltungsverordnung aus dem ökologischen Landbau zu beschaffen.

Frühere Untersuchungen haben ergeben, dass ernährungsphysiologisch wichtige Inhaltsstoffe bei der Keimung von Samen gebildet werden. In dem vorliegenden Bericht wurden dazu folgende praxisrelevante Ergebnisse erzielt:

Keimversuche mit Getreide in Klimakammern bis zu 6 Tagen bei 20 °C, 25 °C und 30 °C ermöglichen eine Optimierung der Zusammensetzung der Keimlinge und auf der Basis dieser Arbeiten eine Programmierung kommerzieller Keimautomaten.

Mit erarbeiteten bzw. adaptierten Untersuchungsmethoden können der Aktivitätslevel der Amylasen und die stofflichen Veränderungen der Keimlinge exakt beschrieben werden. Für den Einsatz von Getreidekeimlingen in der Geflügelfütterung sollten in Auswertung der Ergebnisse, wenn keine fütterungstechnischen Probleme auftreten, Keimlinge, die ca. 72 h gekeimt sind, verwendet werden. Nach dieser Keimzeit sind Änderungen in den wertgebenden Inhaltsstoffen signifikant und der Stärke- und Proteinabbau halten sich noch in vertretbaren Grenzen. Man sollte arten- und sortenspezifische Unterschiede detailliert untersuchen und gezielt nutzen.

Für die Gewährleistung von Futtrationen mit hohen Proteingehalten sollte eine Kombination von Getreidekeimlingen und Leguminosen geprüft werden.

Der Einsatz der Futtermittel muss mit relevanten aussagekräftigen Fütterungsversuchen gekoppelt sein, da die Gesamtheit der Haltungs- und Fütterungsbedingungen beachtet werden muss. Es ist durchaus möglich, dass nicht allein stoffliche Veränderungen, die während der Keimung auftreten, Auswirkungen auf Aufzucht und Legeverhalten von Geflügel haben, sondern auch Verbesserungen des natürlichen Futter-suchverhaltens durch den Einsatz von Keimlingen auftreten. Das gleiche gilt auch für bisher wenig beachtete Faktoren, wie z. B. die arten- und sortenspezifische Helligkeit/Farbigkeit der Keimlinge.

Bedarf besteht darüber hinaus in zuverlässigeren analytischen Methoden, wie z. B. für die Erfassung der Vitamine und der Aminosäurezusammensetzung, da häufig noch von Fehlern um 25% ausgegangen werden muss.

Neben der Erhöhung des Gehaltes an wertvollen Vitaminen, Proteinen und essentiellen Aminosäuren können sorten- und artspezifische Besonderheiten bei der Gewinnung von Keimlingen genutzt werden. So lassen sich beim Roggen die hochviskosen Schleimstoffe (lösliche Pentosane) durch einen optimierten Keimverlauf (20 °C, 144 h) zu niedermolekularen Komponenten abbauen, die denen des Weizens gleichen. Damit wird die Toxizität, die Roggenschleimstoffe besonders auf Geflügel und Jungtiere allgemein ausüben, beseitigt.

Aus den derzeit noch fehlenden Informationen aus den Fütterungsversuchen könnte über die gezielt veränderte Zusammensetzung der Keimlinge (z. B. des Zuckergehaltes) Einfluss auf die Futteraufnahme, den Gesundheitszustand der Tiere und die Eiqualität genommen werden.

Die Ausweitung der Analyse der Keimlinge z. B. auf Spurenelemente dürfte weitere gute Möglichkeiten für einen Einsatz von Keimlingen geben – z. B. über die Erhöhung des Calciumgehaltes eine Verbesserung der Festigkeit (Dicke) der Schalen von Hühnereiern.

Im Rahmen des Projektes sind im Institut für Stressphysiologie und Rohstoffqualität der BAZ die zur Herstellung und Analyse von Keimlingen notwendigen Geräte und Methoden etabliert worden. Notwendig für die Einführung in die Praxis sind einfache Keimungsautomaten, die eine kontinuierliche Versorgung der Tiere mit Keimlingen guter Qualität sichern.

Aus den Untersuchungen kann abgeleitet werden, dass Sorten- und Artenmischungen von Keimlingen (Mischung getrennt gekeimter Muster) Vorteile bringen könnten.

Beispiele:

- Weizensorten mit vergleichsweise mit hohen Proteingehalten auch in den Keimlingen
- Abbau der toxischen Schleimstoffe des Roggens bei der Keimung
- Reduzierung der Phytinsäure

Im Konzept des Instituts für Stressphysiologie und Rohstoffqualität der BAZ zur Problematik „Keimung“ von Samen landwirtschaftlich genutzter Pflanzen werden

weitere Forschungsfelder ausgewiesen, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Keimungsverhalten stehen. Erwähnt werden sollen hier nur proteinogene α -Amylaseinhibitoren, bei denen es deutliche Unterschiede der Aktivität und Substratspezifität gibt.

Bei einer Praxisnutzung der Keimlinge sollten einfache und aussagefähige Methoden bereitstehen, um die Rohstoffqualität, den Keimungsverlauf und die Keimlingsqualität zu bestimmen. Proteingehalt, Stärkegehalt und α -Amylase sind aus der gegenwärtigen Sicht gut bestimmbare und aussagefähige Größen. Hinzu kommen artenspezifische Größen, wie z. B. die Schleimstoffviskosität beim Roggen.

7 Literaturverzeichnis

AKINLOSOTU, A.; AKINYELE, I.O (1991): The effect of germination on the oligosaccharide and nutrient content of cowpeas (*Vigna unguiculata*). Food Chemistry 39, 157-165

ANONYMUS: DGF-Einheitmethoden B-II 4b (87), Rohfett

ARENS, M.; SCHULTE, E.; WEBER, K. (1994): Fettsäuremethylester, Umesterung mit Trimethylsulfoniumhydroxid (Schnellverfahren) – Gemeinschaftsarbeiten der DGF, 138. Mitteilung: Deutsche Einheitmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen, 105. Mitt.: Analyse von Fetten XXXI. Fat Science Technology, 96. Jahrgang Nr. 2

BOCK, H.-D. (1975): Über natürliche, antinutritiv wirkende, vorwiegend die Proteinverwertung beeinträchtigende Inhaltsstoffe pflanzlicher Futtermittel. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Band 13 (6), 1-56

CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. (1989): Nutritional Improvement of Cereals by Sprouting. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28, Issue 5, 401 - 437

CHUMIKINA, L.V.; SOLOV'ÉVA, N.A.; ARABOVA, L.I.; SIDEL'NIKOVA, L.I.; SHAPOSHNIKOV, G.L.; MALIKOV, V.F.; EVSTIGNEEVA, Z.G.; SHATILOV, V.R. (1999): Changes in the composition of proteins and free amino acids and the activities of enzymes responsible for the metabolism of glutamine and malate in germinating triticale seeds. Applied Biochemistry and Microbiology 35 (6), 621-629

DANIVOVA, C.; HOLOTNAKOVA, E.; HOZOVA, B.; BUCHTOVA, V. (1994): Effect of germination on a range of nutrients of selected grains and legumes. Acta Alimentaria 23 (3), 287-298

DÜRIGEN, B. (1927): Die Geflügelzucht –Haltung, Züchtung und Nutzung des Geflügels. 2. Band, Paul Parey Verlag, Berlin

EWERS, E. (1908): Zeitschrift für öffentliche Chemie 14, 150-157

FLAMME, W.; JANSEN, G. (1997): A new method to measure gelatinization and pasting properties with low amounts of cereal meal and starch. Nahrung 41 (4), 241-242

FLAMME, W.; STÖLKEN, B.; PASSENHEIM, M.; FLAMME, E.; RICHTER, G.; MÜLLER, E. (1985): Bestimmung der Verkleisterungseigenschaften von Roggenschrot, -mehl oder -stärke mit dem modifizierten Rotationsviskosimeter Rheotest. 2. Information der ZG Winterroggen 10, 327-329

GRIZMEK, B. (1937): Geflügel richtig füttern. Verlag der Geflügelbörse (2. Auflage), Leipzig

HARMUTH-HOENE, A.-E.; BOGNAR, A. E.; KORNEMANN, U.; DIEHL, J. F. (1987): Der Einfluss der Keimung auf den Nährwert von Weizen, Mungbohnen und Kichererbsen. Z: Lebensm: Unters: Forsch: 185, 386-393

JAHN-DEESBACH, W. (1979): Neuere Untersuchungen über den Thiamin-(Vitamin B1-) Gehalt des Getreidekorns. *Getreide, Mehl und Brot* 33, 256-264

JAHN-DEESBACH, W.; SCHIPPER, A. (1979): Veränderungen der Proteinzusammensetzung im Weizenkorn während der Keimung. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 148, 165-187

JAHN-DEESBACH, W.; SCHIPPER, A. (1980): Protein-Fractionen und Aminosäuren in ungekeimten und gekeimten Körnern von Weizen, Gerste, Roggen und Hafer. *Getreide, Mehl und Brot* 34, 281-287

JAHN-DEESBACH, W.; SCHIPPER, A. (1981a): Untersuchungen über die Proteinzusammensetzung in den Spross- und Wurzel-Keimen von Gerste und Mais. *Angew. Botanik* 55, 477-484

JAHN-DEESBACH, W.; SCHIPPER, A. (1981b): Einfluss von exogener N-Zufuhr und Belichtung auf die Veränderungen der Protein-Fractionen im keimenden Getreide. *Angew. Botanik* 55, 485-493

JAHN-DEESBACH, W.; SCHIPPER, A. (1991): Proteinqualität von Keimgetreide. *Getreide, Mehl und Brot* 45, 3-5

JEROCH, H.; STROBEL, E.; ZACHMANN, R.; MATZKE, W (1997): Futterwert von gekeimtem Getreide beim Hühnergeflügel, Versuchsbericht zum Forschungsprojekt, Martin-Luther-Universität Halle – Wittenberg

JÜRGENS, H.-U.; FLAMME, W.; JANSEN, G. (2002): Content, Composition and Characteristics of Pentosans (Arabinoxylans) in Rye Grain. Hannover: DGQ, pp 81-86, XXXVII Vortragstagung

KURPJUN, CH.; SEDDIG, S.; JANSEN, G.; JÜRGENS, H.-U. (2003): Gekeimte Samen als Futtermittel – Analytik, Zwischenbericht zum Forschungsprojekt (02OE662)

MATHEWSON, P. R.; SEABOURN, B. W. (1983): A new procedure for specific determination of β -amylase in cereals. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 31, 1322-1326

MCCLEARY, B. V. (1992): Measurement of the content of limit-dextrinase in cereal flours. *Carbohydrate Research* 227, 257-268

MCCLEARY, B. V.; CODD, R. (1989): Measurement of β -amylase in cereal flours and commercial enzyme preparations. *Journal of Cereal Science* 9, 17-33

MCCLEARY, B. V.; SHEEHAN, H. (1987): Measurement of Cereal α -Amylase: A New Assay Procedure. *Journal of Cereal Science* 6, 237-251

SCHÖNE, F.; TISCHENDORF, U.; KINAST, C.; KIRCHHEIM, U.; JAHREIS, G.; LÜDKE, H. (1996): Prüfung von Keimgetreide und gekeimtem Raps an wachsenden Schweinen. Abschlussbericht, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Sachgebiet Ernährung und Produktqualität

SEDDIG, S.; SCHMIDT, R.; FLAMME, W. (2002): Bestimmung der Aktivität stärkeabbauender Enzyme im Getreide. XXXVII. Vortragstagung der DGQ „Qualität und Pflanzenzüchtung“, Hannover, 67-74

TÄUFEL, A.; BÖHM, H.; FLAMME, W. (1997): Protein inhibitors of alpha-amylase in mature and germinating grain of rye (*secale cereale*). *Journal of Cereal Science* 25, 267-273

TIMOSHCHENKO, A.S.; SEMIKHOV, V.F.; RAKITIN, L.YU. (2000): Intensification of the initial stage in amino acid metabolism in germinating cereal seeds with exogenous glutamine and proline. *Applied Biochemistry and Microbiology* 36 (3), 292-295

ULLRICH, I.; JAHN-DEESBACH, W.; PALLAUF, J. (1985): Zum Einfluss der Keimung auf die Proteinzusammensetzung und den ernährungsphysiologischen Wert des Weizenkorns. *Z. Tierphysiol. Tierernährung und Futtermittelkunde* 53, 91-103

VARMA, R.; VARMA, R. S.; WARDI, A. H. (1973): Separation of aldonitrile acetates of neutral sugars by gas-liquid chromatography and its application to polysaccharides. *Journal of Chromatography*, 77, 222-227

WATZL, B.; LEITZMANN, CL. (1984): Vitamingehalt in Getreidekeimlingen und Frischkornbrei. *Getreide, Mehl und Brot*, 38, 220-222

WEINMÜLLER, L.; VOIGT, K. (1933): Hafer und Keimhafer als Hühnerfutter. *Archiv für Geflügelkunde* 7, 302-309

Anhang

Tab. A 1: Charakterisierung des Ausgangsmaterials (Korn)

Labor Nr.	Sorte	Korn					
		Einzelkorngewicht [mg]	Härte	Korndurchmesser [mm]	Tausendkorngewicht [g]	Feuchte Korn [%]	Hektolitergewicht [kg/hl]
	Spelzweizen (entspelzt)						
1	Schwarzwinter Emmer	38,51	56	2,65	41,12	13,1	80,1
2A	Weißer Sommeremmer	30,55	89	2,36	31,74	15,1	72,7
3	Frankenkorn	34,29	12	2,19	36,54	13,5	73,8
4	Terzino	27,85	7	1,76	26,92	13,8	81,8
	Palerbse						
5	Santana	n. b.	n. b.	n. b.	272,66	15,1	n. b.
	Roggen						
6	Hacada	31,36	23	2,14	30,08	13,2	73,4
7	Amilo	32,67	37	2,29	32,41	12,8	75,5
8	Caroass	34,86	49	2,32	34,27	13,2	77,5
	Winterweizen						
9	Pegassos	44,62	45	3,01	46,13	12,6	80,9
10	Drifter	40,46	58	2,86	40,60	11,8	76,6
11	Bussard	46,36	49	3,00	47,28	11,7	83,0
	Sommerweizen						
12	Thasos	36,08	48	2,74	34,09	10,2	77,2
13	Passat	39,91	68	2,86	40,11	12,6	77,8
14	Triso	40,96	76	2,94	41,06	12,6	81,2
	Triticale						
15	Alamo	46,95	29	2,84	48,63	11,3	74,2
16	Lamberto	41,82	23	2,77	42,72	11,1	70,6
17	Lupus	37,40	22	2,61	36,55	12,0	69,5
	Sommergerste						
18	Thuringia	n. b.	n. b.	n. b.	40,00	14,8	63,7
	Proben Uni Kassel						
19	Mischung Uni Kassel				38,47	14,1	
20	Kapo				40,08	8,6	
21	Mischung OWISAN				46,35	11,4	
22	Astron				42,82	14,3	
24	Dottenfelder Rufus				42,68	12,9	
25	Rektor	38,72	53	2,84	42,82	13,9	78,1

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 2: Charakterisierung des Ausgangsmaterials (Schrot)

		Schrot												
Labor Nr.	Sorte	Feuchte Schrot [%]	Fallzahl [s]	Fallzahl Milchsäure [s]	Rheogramm [mm]	Rheogramm Milchsäure [mm]	Stärkegehalt (polarimetrisch) [% in TM]	α -Amylase [Ceralpha-U/g TM]	Gesamt β -Amylase [Betamyl-U/g TM]	lösliche β -Amylase [Betamyl-U/g TM]	Limit-Dextrinase [mU/g TM]	Gesamtstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rohstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Proteinstickstoffgehalt [mg N/g TM]
	Spelzweizen (entspelzt)													
1	Schwarzwinter Emmer	12,1	326	324	143	151	71,10	0,44	1801,3	1284,1	116,0	24,22	22,59	19,78
2A	Weißer Sommeremmer	11,9	462	368	81	141	66,28	0,10	1778,2	1261,2	115,4	29,70	27,81	25,15
3	Frankenkorn	12,4	274	302	129	156	69,35	0,97	1618,3	962,3	116,7	22,53	20,68	18,33
4	Terzino	12,3	281	295	147	170	70,56	0,49	538,5	366,0	117,0	20,86	18,93	16,93
	Palerbse													
5	Santana	9,0	n.b.	n.b.	14	15	57,57	0,21	n.b.	n.b.	37,5	35,63	17,19	32,12
	Roggen													
6	Hacada	11,7	117	113	64	154	65,14	3,12	340,2	279,8	69,0	17,20	15,43	13,07
7	Amilo	11,2	298	247	128	152	64,84	0,47	313,6	251,8	58,0	16,89	15,16	12,74
8	Caroass	12,0	210	180	105	146	64,84	0,91	346,3	263,1	64,0	17,01	15,10	12,75
	Winterweizen													
9	Pegassos	11,7	224	282	124	172	72,00	0,82	966,7	660,5	91,7	18,26	16,46	14,21
10	Drifter	11,7	415	376	163	171	71,10	0,29	675,6	437,3	74,3	18,67	16,81	14,70
11	Bussard	11,4	464	346	163	158	70,77	0,12	720,5	416,9	86,1	21,24	19,38	17,18
	Sommerweizen													
12	Thasos	12,3	248	286	143	169	72,08	0,91	823,3	477,1	98,6	17,55	15,79	13,91
13	Passat	11,3	469	381	98	178	68,68	0,16	1303,9	981,2	139,5	20,46	18,75	16,16
14	Triso	11,1	412	329	152	152	68,35	0,10	1155,2	734,1	120,8	23,46	21,55	19,08
	Triticale													
15	Alamo	11,5	66	72	79	187	68,78	7,17	1120,9	858,3	108,3	22,06	20,16	17,69
16	Lamberto	11,0	62	62	45	140	69,86	22,83	1081,0	882,9	91,7	21,22	19,52	16,72
17	Lupus	11,1	102	115	149	221	71,34	2,22	968,3	723,7	109,1	16,92	14,95	12,88
	Sommergerste													
18	Thuringia	11,3	328	426	81	97	61,90	0,40	865,8	217,4	56,6	18,24	16,80	15,01
	Proben Uni Kassel													
19	Mischung Uni Kassel	13,9	-	-	-	-	71,06	0,08	1337,0	936,8	92,1	21,93	20,63	18,49
20	Kapo	8,8	-	-	78	150	69,09	1,31	1331,3	870,5	108,3	21,04	20,44	18,13
21	Mischung OWISAN	11,4	-	-	-	-	70,10	0,12	1354,3	938,7	92,5	24,44	23,93	21,03
22	Astron	13,6	-	-	140	165	71,15	0,11	955,0	564,6	91,8	20,56	19,48	17,52
24	Dottenfelder Rufus	11,4	-	-	130	162	71,67	0,27	1013,2	651,4	94,0	20,74	19,73	17,37
25	Rektor	12,6	393	355	118	158	68,21	0,22	897,5	543,9	98,3	20,88	19,00	16,64

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze
 - keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

Tab. A 3: Charakterisierung des Ausgangsmaterials (Rohfettgehalt und Fettsäurezusammensetzung)

Labor Nr.	Sorte	Rohfettgehalt [mg/g TM]	Fettsäurezusammensetzung [rel. % Anteil]									
			C16:0 (Palmitinsäure)	C18:0 (Stearinsäure)	C18:1 (Ölsäure)	C18:1 Stellungsisomere	C18:2 (Linolsäure)	C18:3 (Linolensäure)	C20:0 (Arachinsäure)	C20:1 (Eicosensäure)	C22:0 (Behensäure)	C22:1 (Erucasäure)
1	Schwarzwinter Emmer (entspelzt)	20,9	14,03	1,09	21,02	0,89	55,30	3,72	0,22	0,61	0,20	1,60
2A	Weißer Sommeremmer (entspelzt)	27,2	13,86	0,98	23,75	0,99	51,12	4,75	0,25	1,67	0,27	1,60
3	Frankenkorn (entspelzt)	27,0	12,64	0,98	21,87	0,94	54,83	3,83	0,23	1,39	0,19	2,26
4	Terzino (entspelzt)	65,8	11,26	0,71	29,36	1,01	46,98	3,91	0,21	1,97	0,21	2,83
5	Santana	8,7	7,75	3,16	21,57	0,65	46,29	14,43	0,73	0,67	n. b.	2,97
6	Hacada	17,3	12,85	0,81	16,60	1,30	54,29	9,24	0,14	0,93	0,21	1,73
7	Amilo	19,5	12,66	0,78	17,36	1,36	55,09	8,15	0,24	0,77	0,30	1,46
8	Caroass	14,5	13,19	0,72	15,35	1,20	57,17	7,94	n. b.	0,81	0,47	0,83
9	Pegassos	15,9	15,42	0,87	12,45	1,01	62,03	4,88	0,12	0,90	0,31	0,80
10	Drifter	17,3	15,31	0,77	13,88	1,07	59,36	4,75	0,21	0,56	0,33	1,87
11	Bussard	8,7	13,27	1,30	19,48	1,08	56,13	4,07	n. b.	0,63	0,30	1,43
12	Thasos	17,5	15,44	0,77	16,66	0,96	59,46	4,72	0,12	1,02	n. b.	n. b.
13	Passat	22,2	14,63	0,86	15,46	0,94	60,35	5,26	n. b.	0,42	n. b.	0,45
14	Triso	21,0	16,57	0,90	15,35	0,99	59,33	4,99	0,10	0,82	n. b.	n. b.
15	Alamo	13,1	16,45	0,84	11,53	0,88	59,95	7,05	n. b.	0,60	0,19	0,80
16	Lamberto	11,7	15,25	0,90	13,27	1,01	59,72	6,49	n. b.	0,65	0,18	0,78
17	Lupus	9,2	13,18	1,18	17,41	0,89	58,39	4,85	n. b.	0,96	n. b.	n. b.
18	Thuringia	17,8	17,70	1,04	13,82	0,78	56,43	6,94	0,21	0,60	0,15	0,50
19	Mischung Uni Kassel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Kapo	13,8	16,46	0,99	12,07	1,02	62,52	4,73	n. b.	0,89	n. b.	n. b.
21	Mischung OWISAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Astron	18,1	15,47	1,10	14,38	0,98	61,81	4,42	n. b.	0,94	n. b.	n. b.
24	Dottenfelder Rufus	18,3	15,63	0,86	13,38	1,07	63,10	4,07	n. b.	0,93	n. b.	n. b.
25	Rektor	16,1	17,32	0,95	12,21	1,00	61,63	5,54	n. b.	0,79	-	-

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

Tab. A 4: Bestimmung des Gehaltes an Nichtstärkepolysacchariden im Ausgangsmaterial

Labor Nr.	Sorte	lösliche Pentosane			Gesamtpentosane			kinematische Viskosität [cSt]
		Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	
1	Schwarzwinter Emmer (entspelzt)	0,24	0,28	0,52	3,05	1,93	4,97	0,958
2A	Weißer Sommeremmer (entspelzt)	0,16	0,36	0,51	3,09	2,10	5,19	0,948
3	Frankenkorn (entspelzt)	0,27	0,34	0,61	4,06	2,38	6,45	0,971
4	Terzino (entspelzt)	0,71	0,57	1,28	4,07	2,59	6,66	1,429
5	Santana	n. b.	0,15	0,15	1,18	4,27	5,44	1,241
6	Hacada	1,26	1,00	2,26	6,45	4,26	10,71	4,913
7	Amilo	1,27	0,93	2,20	6,38	4,15	10,53	3,666
8	Caroass	1,34	1,02	2,36	6,27	4,32	10,59	3,902
9	Pegassos	0,43	0,38	0,80	4,65	3,02	7,67	1,036
10	Drifter	0,47	0,43	0,90	4,58	3,14	7,72	1,092
11	Bussard	0,39	0,35	0,74	4,40	2,96	7,36	1,047
12	Thasos	0,47	0,38	0,85	4,52	2,90	7,42	1,012
13	Passat	0,61	0,49	1,10	5,08	2,98	8,06	1,020
14	Triso	0,39	0,35	0,74	4,80	3,10	7,90	1,040
15	Alamo	0,43	0,42	0,85	4,04	3,10	7,14	1,079
16	Lamberto	0,45	0,49	0,93	4,41	3,48	7,89	1,146
17	Lupus	0,48	0,43	0,91	4,37	3,11	7,48	1,101
18	Thuringia	0,22	0,21	0,43	5,80	3,08	8,89	0,946
19	Mischung Uni Kassel	-	-	-	4,98	3,23	8,21	-
20	Kapo	-	-	-	4,85	3,07	7,91	-
21	Mischung OWISAN	-	-	-	4,36	2,83	7,19	-
22	Astron	-	-	-	5,43	3,22	8,66	-
24	Dottenfelder Rufus	-	-	-	4,24	3,11	7,35	-
25	Rektor	0,35	0,37	0,72	5,02	3,40	8,42	1,025

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

*) Σ Xylose + Arabinose

Tab. A 5: Bestimmung des Zuckergehaltes im Ausgangsmaterial

Labor Nr.	Sorte	Zucker			
		Glucose [%]	Fructose [%]	Maltose [%]	Saccharose [%]
1	Schwarzwinter Emmer (entspelzt)	n. b.	0,15	n. b.	1,05
2A	Weißer Sommeremmer (entspelzt)	n. b.	0,17	n. b.	0,91
3	Frankenkorn (entspelzt)	n. b.	0,13	n. b.	1,09
4	Terzino (entspelzt)	n. b.	0,19	n. b.	1,12
5	Santana	n. b.	0,11	n. b.	1,89
6	Hacada	n. b.	0,14	n. b.	1,61
7	Amilo	n. b.	0,14	n. b.	1,41
8	Caroass	n. b.	0,14	n. b.	1,37
9	Pegassos	n. b.	0,12	n. b.	1,21
10	Drifter	n. b.	0,15	n. b.	1,00
11	Bussard	n. b.	0,15	n. b.	0,94
12	Thasos	n. b.	0,14	n. b.	1,29
13	Passat	n. b.	0,16	n. b.	1,15
14	Triso	n. b.	0,15	n. b.	1,02
15	Alamo	n. b.	0,17	n. b.	1,31
16	Lamberto	0,08	0,15	n. b.	1,45
17	Lupus	n. b.	0,22	n. b.	1,44
18	Thuringia	n. b.	0,17	n. b.	1,46
19	Mischung Uni Kassel	-	-	-	-
20	Kapo	n. b.	0,12	n. b.	0,89
21	Mischung OWISAN	-	-	-	-
22	Astron	n. b.	0,12	n. b.	0,97
24	Dottenfelder Rufus	n. b.	0,11	n. b.	0,89
25	Rektor	n. b.	0,11	n. b.	0,89

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial
- n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 6: Untersuchungen zum Verkleisterungsverhalten von Schrot
(Ausgangsmaterial), Verkleisterungskurven bei 40 – 95 – 55 °C

Labor Nr.	Sorte	1. Maximum (Verkleisterung)			2. Maximum (Abkühlung)		
		Zeit [min]	Temperatur im Max [°C]	Viskosität im Max [Pa]	Zeit [min]	Temperatur im Max [°C]	Viskosität im Max [Pa]
	Spelzweizen (entspelzt)						
1	Schwarzwinter Emmer	33	94,9	86,9	73	55,0	135,0
2A	Weißer Sommeremmer	34	95,0	117,0	65	56,1	150,0
3	Frankenkorn	33	94,7	56,3	78	54,9	99,1
4	Terzino	33	94,8	105,0	80	54,8	146,0
	Erbse						
5	Satana	33	94,7	25,2	83	54,8	64,1
	Roggen						
6	Hacada	18	73,8	31,0	80	54,8	13,9
6	Hacada (Milchsäure)	31	94,3	145,0	81	54,7	171,0
7	Amilo	27	91,8	58,8	83	54,8	86,7
7	Amilo (Milchsäure)	33	94,6	199,0	72	55,0	206,0
8	Caroass	23	83,8	39,7	83	54,8	34,7
8	Caroass (Milchsäure)	32	94,5	182,0	82	54,8	199,0
	Winterweizen						
9	Pegassos	28	93,7	21,6	83	54,8	29,8
10	Drifter	32	94,7	122,0	72	55,0	145,0
11	Bussard	32	94,7	142,0	68	55,3	158,0
	Sommerweizen						
12	Thasos	31	94,5	44,0	83	54,8	63,5
13	Passat	33	94,7	146,0	67	55,5	161,0
14	Triso	34	94,9	124,0	67	55,7	159,0
	Triticale						
15	Alamo	19	75,7	7,0	82	54,8	3,3
15	Alamo (Milchsäure)	31	94,3	62,3	82	54,8	62,0
16	Lamberto	18	73,7	4,4	83	54,8	3,4
16	Lamberto (Milchsäure)	29	94,4	20,1	81	54,8	26,1
17	Lupus	21	79,8	13,4	82	54,8	5,3
17	Lupus (Milchsäure)	32	94,5	203,0	69	55,3	159,0
	Sommergerste						
18	Thuringia	33	94,7	46,7	76	54,9	102,0
	Proben Uni Kassel						
19	Mischung Uni Kassel	-	-	-	-	-	-
20	Kapo	24	14,6	85,8	82	9,8	54,8
21	Mischung OWISAN	-	-	-	-	-	-
22	Astron	32	137,0	94,6	72	150,0	55,0
24	Dottenfelder Rufus	32	68,5	94,6	78	85,6	54,8
25	Rektor	33	43,6	94,7	81	77,4	54,8

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

Tab. A 7: Bestimmung des Mykotoxingehaltes im Ausgangsmaterial

Labor Nr.	Sorte	DON [ppm]	Zearalenon [ppb]	Ochratoxin [ppb]
1	Schwarzwinter Emmer	< 0,25	< 50	< 2
2A	Weißer Sommeremmer	< 0,25	< 50	< 2
3	Frankenkorn	< 0,25	< 50	< 2
4	Terzino	< 0,25	< 50	< 2
5	Santana	< 0,25	< 50	< 2
6	Hacada	< 0,25	< 50	< 2
7	Amilo	< 0,25	< 50	< 2
8	Caroass	< 0,25	< 50	< 2
9	Pegassos	< 0,25	< 50	< 2
10	Drifter	0,29	< 50	< 2
11	Bussard	< 0,25	< 50	< 2
12	Thasos	< 0,25	< 50	< 2
13	Passat	< 0,25	< 50	< 2
14	Triso	< 0,25	< 50	< 2
15	Alamo	< 0,25	< 50	< 2
16	Lamberto	0,39	< 50	< 2
17	Lupus	< 0,25	< 50	< 2
18	Thuringia	< 0,25	< 50	< 2
19	Mischung Uni Kassel	< 0,25	< 50	< 2
20	Kapo	< 0,25	< 50	< 2
21	Mischung OWISAN	< 0,25	< 50	< 2
22	Astron	< 0,25	< 50	< 2
24	Dottenfelder Rufus	< 0,25	< 50	< 2
25	Rektor	< 0,25	< 50	< 2

Quantifizierungslimit: DON 0,25 ppm
 Zearalenon 50 ppb
 Ochratoxin 2 ppb

Tab. A 8: Bestimmung der Farbwerte im Ausgangsmaterial

Labor Nr.	Sorte	Korn			Schrot		
		L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)	L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)
	Spelzweizen (entspelzt)						
1	Schwarzwinter Emmer	52,15	6,44	14,31	76,61	2,42	10,22
2A	Weißer Sommeremmer	46,89	5,01	9,82	69,96	2,64	13,22
3	Frankenkorn	50,94	6,43	14,38	71,47	3,33	11,66
4	Terzino	51,58	6,77	16,15	78,24	2,16	9,14
	Palerbse						
5	Santana	n. b.	n. b.	n. b.	79,69	1,47	10,86
	Roggen						
6	Hacada	49,85	2,73	10,95	75,92	1,04	7,25
7	Amilo	49,75	2,16	10,60	77,48	0,77	6,99
8	Caroass	50,03	3,015	11,77	76,72	0,82	7,29
	Winterweizen						
9	Pegassos	51,05	5,90	14,23	76,57	2,24	9,92
10	Drifter	50,47	5,44	13,77	76,11	2,39	10,28
11	Bussard	51,78	6,36	15,35	76,34	2,67	9,87
	Sommerweizen						
12	Thasos	47,47	4,84	11,68	76,50	1,88	9,85
13	Passat	50,66	5,07	13,51	74,04	2,53	10,46
14	Triso	51,70	5,18	14,18	74,96	2,45	10,89
	Triticale						
15	Alamo	51,11	5,22	13,67	78,58	1,83	8,63
16	Lamberto	50,65	5,40	13,53	77,64	1,96	8,89
17	Lupus	54,06	5,57	14,70	79,03	1,78	8,79
	Sommergerste						
18	Thuringia	52,35	5,48	14,11	75,10	1,91	9,52
	Proben Uni Kassel						
19	Mischung Uni Kassel	49,56	5,01	12,04	76,02	2,19	10,75
20	Kapo	50,22	5,71	13,00	75,86	2,40	9,28
21	Mischung OWISAN	49,56	5,01	12,04	75,89	2,26	9,30
22	Astron	50,41	5,27	12,75	76,52	2,04	8,47
24	Dottenfelder Rufus	51,29	6,07	14,09	79,51	1,53	6,86
25	Rektor	49,79	5,71	12,90	75,93	2,53	9,84

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 9: Charakterisierung der Getreidekeimlinge (Keimapparat BK8)

Labor Nr.	Sorte	Rheogramm [mm]	Rheogramm MS [mm]	Stärkegehalt (polarimetrisch) [% in TM]	α -Amylaseaktivität [Ceralpha-U/g TM]	Gesamtstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rohstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Proteinstickstoffgehalt [mg N/g TM]
	Schwarzwinter Emmer							
	Weißer Sommeremmer							
	Frankenkorn							
	Terzino							
k209/k210	Santana	-	38	51,96	0,62	37,20	36,07	30,58
k159/k160	Hacada	9	91	60,81	47,15	17,42	15,74	11,77
k191/k192	Amilo	10	111	63,72	33,89	16,22	14,91	11,57
k179/k180	Caroass	9	106	61,96	29,13	16,25	15,17	11,75
k146/k147	Pegassos	29	153	70,13	20,53	18,57	16,39	13,16
k148/k149	Drifter	22	145	68,84	28,24	19,16	17,11	13,77
k157/k158	Bussard	22	148	70,68	22,44	21,55	19,80	16,23
k153/k154	Thasos	20	143	68,18	27,95	17,61	15,61	12,72
k195/k196	Passat	10	153	66,00	27,13	19,36	18,99	15,76
k155/k156	Triso	11	105	66,31	38,76	24,39	22,43	18,65
k185/k186	Alamo	20	151	67,48	28,41	21,35	20,56	16,69
k203/k204	Lamberto	15	73	66,16	51,04	20,08	19,41	15,18
k205/k206	Lupus	32	192	68,31	23,41	15,53	14,97	11,72
k197/k198	Thuringia	40	189	63,51	8,02	16,69	16,28	13,83
M1/M2	Mischung Uni Kassel	-	-	66,91	11,90	22,95	20,74	17,46
	Kapo	-	-	-	-	-	-	-
k201/k202	Mischung OWISAN	-	-	66,76	21,89	24,26	23,67	20,09
	Astron	-	-	-	-	-	-	-
	Dottenfelder Rufus	-	-	-	-	-	-	-
k211/k212	Rektor	18	138	65,72	20,11	20,23	19,28	15,45

Die Spelzweizen (Schwarzwinter Emmer, Weißer Sommeremmer, Frankenkorn, Terzino) wurden nicht im Keimautomaten gekeimt, da die Entspelzung die Keimfähigkeit stark beeinträchtigte.

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

Tab. A 10: Bestimmung des Rohfettgehaltes und der Fettsäurezusammensetzung in Getreidekeimlingen (Keimapparat BK8)

Labor Nr.	Sorte	Rohfettgehalt [mg/g TM]	Fettsäurezusammensetzung [rel. % Anteil]										
			C16:0 (Palmitinsäure)	C18:0 (Stearinsäure)	C18:1 (Ölsäure)	C18:1 Stellungsisomere	C18:2 (Linsäure)	C18:3 (Linolensäure)	C20:0 (Arachinsäure)	C20:1 (Eicosensäure)	C22:0 (Behensäure)	C22:1 (Erucasäure)	
	Schwarzwinter Emmer												
	Weißer Sommeremmer												
	Frankenkorn												
	Terzino												
k209/k210	Santana	14,3	6,80	2,94	18,82	0,56	50,00	13,02	0,70	0,76	0,47	3,05	
k159/k160	Hacada	13,1	12,94	0,80	14,13	1,17	54,98	10,19	0,17	0,84	0,39	2,12	
k191/k192	Amilo	10,8	13,46	0,75	13,48	1,18	59,48	8,08	n. b.	1,56	n. b.	0,73	
k179/k180	Caroass	14,2	13,56	0,73	13,07	1,09	58,76	8,56	n. b.	1,52	0,35	1,03	
k146/k147	Pegassos	19,1	15,69	0,91	11,12	0,97	63,65	5,45	n. b.	0,44	0,16	0,42	
k148/k149	Drifter	17,8	15,14	0,73	11,82	0,98	63,82	5,85	n. b.	0,87	n. b.	n. b.	
k157/k158	Bussard	17,7	15,31	1,08	14,32	0,90	61,94	4,73	n. b.	0,80	n. b.	n. b.	
k153/k154	Thasos	19,0	15,45	0,77	14,55	0,87	60,50	5,47	n. b.	0,45	n. b.	0,64	
k195/k196	Passat	19,5	14,70	0,92	14,30	0,88	60,76	5,87	n. b.	0,40	n. b.	0,61	
k155/k156	Triso	20,4	15,83	0,93	14,23	0,95	60,16	5,91	0,18	0,80	0,19	n. b.	
k185/k186	Alamo	12,8	16,10	0,88	10,41	0,86	60,38	7,84	n. b.	0,57	n. b.	1,27	
k203/k204	Lamberto	13,7	15,43	0,86	10,10	0,92	61,72	7,49	n. b.	1,18	n. b.	1,11	
k205/k206	Lupus	16,0	13,96	1,03	14,85	0,83	59,89	5,81	n. b.	1,42	n. b.	1,03	
k197/k198	Thuringia	17,7	17,38	1,15	13,79	0,76	56,71	6,65	0,23	0,61	0,15	0,66	
M1/M2	Mischung Uni Kassel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kapo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
k201/k202	Mischung OWISAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Astron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Dottenfelder Rufus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
k211/k212	Rektor	16,9	15,49	1,02	12,72	1,00	58,11	6,34	0,25	0,56	0,25	2,69	

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 11: Bestimmung des Gehaltes an Nichtstärkepolysacchariden in Getreidekeimlingen (Keimapparat BK8)

Labor Nr.	Sorte	lösliche Pentosane			Gesamtpentosane			kinematische Viskosität [cSt]
		Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	
	Schwarzwinter Emmer							
	Weißer Sommeremmer							
	Frankenkorn							
	Terzino							
k209/k210	Santana	0,03	0,13	0,16	1,07	4,06	5,12	0,975
k159/k160	Hacada	1,98	1,60	3,58	6,90	4,55	11,45	4,577
k191/k192	Amilo	1,79	1,33	3,12	6,88	4,48	11,35	4,518
k179/k180	Caroass	2,01	1,56	3,57	6,74	4,59	11,34	3,494
k146/k147	Pegassos	0,84	0,63	1,47	5,31	3,47	8,79	1,261
k148/k149	Drifter	0,96	0,79	1,75	4,96	3,46	8,42	1,437
k157/k158	Bussard	0,84	0,67	1,52	4,71	3,27	7,98	1,263
k153/k154	Thasos	0,83	0,64	1,47	5,01	3,24	8,26	1,201
k195/k196	Passat	0,90	0,63	1,53	5,38	3,10	8,48	1,327
k155/k156	Triso	0,74	0,60	1,34	5,16	3,34	8,50	1,240
k185/k186	Alamo	0,75	0,69	1,45	4,61	3,43	8,04	1,510
k203/k204	Lamberto	0,78	0,78	1,57	4,67	3,82	8,49	1,555
k205/k206	Lupus	0,77	0,64	1,41	4,57	3,26	7,83	1,389
k197/k198	Thuringia	0,19	0,19	0,37	5,85	3,06	8,91	0,934
M1/M2	Mischung Uni Kassel	0,75	0,60	1,35	4,67	3,18	7,85	1,243
	Kapo	-	-	-	-	-	-	-
k201/k202	Mischung OWISAN	0,77	0,58	1,35	4,28	2,85	7,13	1,210
	Astron	-	-	-	-	-	-	-
	Dottenfelder Rufus	-	-	-	-	-	-	-
k211/k212	Rektor	0,71	0,60	1,31	4,59	3,17	7,75	1,232

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

*) Σ Xylose + Arabinose

Tab. A 12: Bestimmung des Zuckergehaltes in Getreidekeimlingen
(Keimapparat BK8)

Labor Nr.	Sorte	Zucker			
		Glucose [%]	Fructose [%]	Maltose [%]	Saccharose [%]
	Schwarzwinter Emmer				
	Weißer Sommeremmer				
	Frankenkorn				
	Terzino				
k209/k210	Santana	n. b.	0,20	n. b.	4,93
k159/k160	Hacada	1,19	0,78	0,47	1,33
k191/k192	Amilo	1,17	0,34	0,43	1,47
k179/k180	Caroass	1,03	0,61	0,47	1,42
k146/k147	Pegassos	0,54	0,40	0,11	1,15
k148/k149	Drifter	0,56	0,23	0,24	1,22
k157/k158	Bussard	0,33	0,32	0,12	1,19
k153/k154	Thasos	0,93	0,29	0,46	1,70
k195/k196	Passat	0,52	0,45	0,25	1,68
k155/k156	Triso	0,61	0,55	0,26	1,61
k185/k186	Alamo	0,78	0,42	0,45	1,17
k203/k204	Lamberto	0,53	0,36	0,25	0,88
k205/k206	Lupus	0,75	0,53	0,41	1,47
k197/k198	Thuringia	0,15	0,15	n. b.	0,93
M1/M2	Mischung Uni Kassel	-	-	-	-
	Kapo	-	-	-	-
k201/k202	Mischung OWISAN	-	-	-	-
	Astron	-	-	-	-
	Dottenfelder Rufus	-	-	-	-
k211/k212	Rektor	0,59	0,23	0,22	1,28

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial
n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 13: Bestimmung des Zuckergehaltes in Getreidekeimlingen bei
unterschiedlicher Keimdauer (Keimapparat BK8 und BK2)

Labor Nr.	Sorte	Variante	Zucker			
			Glucose [%]	Fructose [%]	Maltose [%]	Saccharose [%]
266	Rektor	53 h im BK8	0,86	0,70	0,15	1,51
269	Rektor	53 h im BK8	0,90	0,70	0,24	1,49
272	Rektor	72 h im BK8	1,83	1,54	0,61	1,92
299	Rektor	47 h im BK2	0,56	0,53	0,14	1,16

Tab. A 14: Untersuchungen zum Verkleisterungsverhalten von Schrot (Keimapparat BK8), Verkleisterungskurven bei 40 – 95 – 55 °C

Labor Nr.	Sorte	1. Maximum (Verkleisterung)			2. Maximum (Abkühlung)		
		Zeit [min]	Temperatur im Max [°C]	Viskosität im Max [Pa]	Zeit [min]	Temperatur im Max [°C]	Viskosität im Max [Pa]
	Schwarzwinter Emmer						
	Weißer Sommeremmer						
	Frankenkorn						
	Terzino						
k209/k210	Santana	36	94,8	68,0	74	54,9	106,0
k159/k160	Hacada (Milchsäure)	19	75,5	43,3	83	54,7	32,0
k191/k192	Amilo (Milchsäure)	21	79,6	53,4	83	54,7	56,8
k179/k180	Caroass (Milchsäure)	28	93,6	53,0	83	54,8	68,1
k146/k147	Pegassos	18	73,6	4,3	83	54,8	3,6
k146/k147	Pegassos (Milchsäure)	30	94,3	35,2	82	54,8	42,5
k148/k149	Drifter (Milchsäure)	31	94,5	70,5	81	54,8	75,5
k157/k158	Bussard (Milchsäure)	32	94,6	122,0	74	54,9	112,0
k153/k154	Thasos (Milchsäure)	32	94,6	147,0	71	55,1	109,0
k195/k196	Passat (Milchsäure)	32	94,6	117,0	78	54,8	113,0
k155/k156	Triso (Milchsäure)	31	94,4	53,9	81	54,8	73,9
k185/k186	Alamo (Milchsäure)	29	94,2	37,5	82	54,8	41,0
k203/k204	Lamberto (Milchsäure)	21	79,6	14,8	74	54,9	13,4
k205/k206	Lupus (Milchsäure)	31	94,4	133,0	75	54,9	107,0
k197/k198	Thuringia	-	-	-	-	-	-
M1/M2	Mischung Uni Kassel	-	-	-	-	-	-
	Kapo	-	-	-	-	-	-
k201/k202	Mischung OWISAN	-	-	-	-	-	-
	Astron	-	-	-	-	-	-
	Dottenfelder Rufus	-	-	-	-	-	-
k211/k212	Rektor (Milchsäure)	32	94,5	94,3	72	55,0	107,0

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

Tab. A 15: Bestimmung des Mykotoxingehaltes in Getreidekeimlingen
(Keimapparat BK8)

Labor Nr.	Sorte	DON [ppm]	Zearalenon [ppb]	Ochratoxin [ppb]
	Schwarzwinter Emmer			
	Weißer Sommeremmer			
	Frankenkorn			
	Terzino			
k209/k210	Santana	0,25	66,1	< 2
k159/k160	Hacada	< 0,25	< 50	< 2
k191/k192	Amilo	< 0,25	< 50	< 2
k179/k180	Caroass	< 0,25	< 50	< 2
k146/k147	Pegassos	< 0,25	< 50	< 2
k148/k149	Drifter	< 0,25	< 50	< 2
k157/k158	Bussard	< 0,25	< 50	< 2
k153/k154	Thasos	< 0,25	54,9	< 2
k195/k196	Passat	< 0,25	< 50	< 2
k155/k156	Triso	< 0,25	< 50	< 2
k185/k186	Alamo	< 0,25	50,8	< 2
k203/k204	Lamberto	< 0,25	59,2	< 2
k205/k206	Lupus	< 0,25	51,8	< 2
k197/k198	Thuringia	< 0,25	61,9	< 2
M1/M2	Mischung Uni Kassel	-	< 50	< 2
	Kapo	-	-	-
k201/k202	Mischung OWISAN	-	< 50	< 2
	Astron	-	-	-
	Dottenfelder Rufus	-	-	-
k211/k212	Rektor	< 0,25	< 50	< 2

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

Tab. A 16: Bestimmung der Farbwerte in Getreidekeimlingen (Keimapparat BK8)

Labor Nr.	Sorte	Korn			Schrot		
		L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)	L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)
	Schwarzwinter Emmer						
	Weißer Sommeremmer						
	Frankenkorn						
	Terzino						
k209/k210	Santana						
k159/k160	Hacada	56,47	2,26	12,48	75,72	1,14	8,15
k191/k192	Amilo	56,07	2,46	12,65	76,24	0,98	8,36
k179/k180	Caroass	56,31	2,68	12,77	76,05	1,11	8,94
k146/k147	Pegassos	55,33	4,96	14,75	77,43	1,85	8,91
k148/k149	Drifter	55,01	4,39	14,64	76,52	1,82	9,39
k157/k158	Bussard	53,44	5,44	14,43	78,18	1,87	8,73
k153/k154	Thasos	54,68	4,11	14,46	76,39	1,75	9,33
k195/k196	Passat	54,81	3,70	13,04	76,39	1,64	9,07
k155/k156	Triso	55,62	3,55	13,44	76,55	1,81	10,12
k185/k186	Alamo	53,89	5,09	14,75	77,78	1,66	8,71
k203/k204	Lamberto	53,40	4,86	13,81	76,96	1,75	9,39
k205/k206	Lupus	53,57	5,52	15,02	77,68	1,76	9,11
k197/k198	Thuringia	53,66	3,42	15,62	75,25	1,64	9,06
M1/M2	Mischung Uni Kassel	51,19	5,15	14,04	76,46	1,70	9,09
	Kapo	-	-	-	-	-	-
k201/k202	Mischung OWISAN	54,11	4,28	13,53	76,81	1,76	9,18
	Astron	-	-	-	-	-	-
	Dottenfelder Rufus	-	-	-	-	-	-
k211/k212	Rektor	55,98	4,61	14,03	75,69	1,94	9,74

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

Tab. A 17: Veränderung der Inhaltsstoffe während der Keimung in Feuchteammern bei Variation der Bedingungen (0 h – 144 h bei 20 °C, 20 °C + Licht, 25 °C, 30 °C)

Labor Nr.	Sorte	Variante	α -Amylaseaktivität [Ceralpha-U/g TM]	Gesamt β -Amylase [Betamyl-U/g TM]	Limit-Dextrinase [mU/g TM]	Stärkegehalt (polarimetrisch) [% in TM]	Gesamtstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rohstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Proteinstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rheogramm [mm]	Rheogramm Milchsäure [mm]
80a	Drifter	0 h	0,20	699,98	94,29	71,66	17,79	16,48	14,13	151	162
81		24 h / 20 °C	1,16	695,28	88,92	72,05	18,23	16,73	14,43	118	168
82		48 h / 20 °C	41,69	696,76	130,37	71,54	18,58	16,96	13,72	18	150
83		72 h / 20 °C	169,96	703,20	243,29	68,49	18,67	17,13	12,56	9	52
84		96 h / 20 °C	335,83	701,22	388,53	60,61	18,93	17,11	12,17	5	18
85		120 h / 20 °C	445,57	637,83	449,61	52,10	19,50	17,74	11,88	5	11
86		144 h / 20 °C	481,74	543,25	484,13	42,57	20,80	19,11	12,10	7	6
87		24 h / 20 °C + Licht	1,74	676,46	97,12	70,54	17,75	16,42	13,89	67	167
88		48 h / 20 °C + Licht	39,35	730,68	124,27	68,52	18,39	16,90	13,57	16	147
89		72 h / 20 °C + Licht	161,08	700,23	230,31	63,85	17,79	16,24	12,32	8	65
90		96 h / 20 °C + Licht	325,77	696,02	367,73	59,31	18,40	17,10	11,89	4	17
91		120 h / 20 °C + Licht	449,65	668,29	453,90	48,37	19,44	18,14	12,49	5	10
92		144 h / 20 °C + Licht	458,21	605,64	489,40	40,95	19,88	18,64	13,06	5	7
93		24 h / 25 °C	4,96	737,37	94,95	73,53	18,62	17,02	14,95	63	165
94		48 h / 25 °C	85,70	708,65	179,18	68,13	18,62	16,84	13,01	11	103
95		72 h / 25 °C	240,87	676,95	289,63	61,06	18,62	17,02	12,16	5	28
96		96 h / 25 °C	327,63	592,27	386,01	50,27	18,96	17,19	11,84	6	12
97		120 h / 25 °C	379,29	509,08	436,62	40,24	20,77	19,01	12,71	8	6
98		144 h / 25 °C	339,12	429,35	418,75	31,24	22,21	20,42	13,61	n.a.	n.a.
99		24 h / 30 °C	5,40	721,03	94,41	72,63	17,94	16,54	14,37	65	167
100		48 h / 30 °C	79,74	687,35	170,73	66,85	17,97	16,45	12,86	11	114
101		72 h / 30 °C	149,79	649,72	234,80	55,92	18,78	17,56	12,81	8	42
102		96 h / 30 °C	160,45	569,00	272,54	44,61	19,79	18,63	13,19	7	23
103		120 h / 30 °C	209,02	447,18	305,45	32,87	21,95	20,23	13,65	9	8
104		144 h / 30 °C	189,21	410,53	306,58	26,48	22,67	21,36	14,34	13	5

n.a. nicht auswertbar

Fortsetzung der Tab. A 17

Labor Nr.	Sorte	Variante	α -Amylaseaktivität [Ceralpha-U/g TM]	Gesamt β -Amylase [Betamyl-U/g TM]	Limit-Dextrinase [mU/g TM]	Stärkegehalt (polarimetrisch) [% in TM]	Gesamtstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rohstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Proteinstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rheogramm [mm]	Rheogramm Milchsäure [mm]
105a	Amilo	0 h	0,28	332,29	52,78	64,49	16,41	15,25	12,72	150	137
106		24 h / 20 °C	6,06	318,42	55,57	64,49	16,82	15,35	12,56	54	152
107		48 h / 20 °C	49,79	332,53	132,23	63,08	17,08	15,52	12,00	15	82
108		72 h / 20 °C	152,25	346,15	267,16	58,60	17,29	15,65	10,81	6	102
109		96 h / 20 °C	270,31	309,26	413,12	49,90	17,91	16,14	10,93	5	7
110		120 h / 20 °C	344,90	268,65	459,96	40,43	18,30	16,56	11,45	5	4
111		144 h / 20 °C	378,74	184,22	477,34	29,43	19,19	17,90	12,75	7	2
112		24 h / 20 °C + Licht	5,57	357,29	55,06	65,00	16,51	15,26	12,48	51	135
113		48 h / 20 °C + Licht	48,78	358,53	131,15	61,29	16,47	15,02	11,70	11	97
114		72 h / 20 °C + Licht	144,09	356,06	246,40	55,92	16,69	15,14	10,71	5	22
115		96 h / 20 °C + Licht	259,33	333,52	413,73	48,49	17,28	15,95	10,83	4	9
116		120 h / 20 °C + Licht	328,03	289,20	449,83	37,62	17,67	15,94	11,32	3	4
117		144 h / 20 °C + Licht	315,03	221,36	434,79	27,89	18,57	17,52	12,64	3	3
118		24 h / 25 °C	16,97	326,10	65,94	65,00	17,19	15,43	12,30	30	135
119		48 h / 25 °C	88,15	326,34	181,18	58,84	17,11	15,40	11,29	7	45
120		72 h / 25 °C	197,49	329,07	290,55	48,91	17,59	15,92	10,91	5	10
121		96 h / 25 °C	250,50	263,45	382,77	40,63	18,23	16,48	11,59	5	6
122		120 h / 25 °C	272,17	206,01	389,68	30,69	18,55	17,87	12,69	5	4
123		144 h / 25 °C	235,48	166,39	333,01	22,29	19,98	19,30	14,29	n.a.	2
124		24 h / 30 °C	17,54	336,74	66,63	64,32	16,66	15,28	12,61	25	123
125		48 h / 30 °C	67,24	330,31	157,41	56,67	16,82	15,37	11,75	8	67
126		72 h / 30 °C	117,46	295,39	211,41	47,25	17,56	16,20	11,46	6	19
127		96 h / 30 °C	118,22	248,60	249,50	39,23	18,32	17,14	12,64	9	15
128		120 h / 30 °C	113,46	180,01	285,22	30,60	19,41	18,63	13,56	n.a.	12
129		144 h / 30 °C	85,81	126,53	246,79	24,17	21,22	19,95	14,65	n.a.	1

n.a. nicht auswertbar

Fortsetzung der Tab. A 17

Labor Nr.	Sorte	Variante	α -Amylaseaktivität [Ceralpha-U/g TM]	Gesamt β -Amylase [Betamyl-U/g TM]	Limit-Dextrinase [mU/g TM]	Stärkegehalt (polarimetrisch) [% in TM]	Gesamtstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rohstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Proteinstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rheogramm [mm]	Rheogramm Milchsäure [mm]
130a	Alamo	0 h	2,19	1118,19	79,52	69,52	20,87	19,75	17,06	129	157
131		24 h / 20 °C	7,63	1069,66	74,29	68,77	21,94	20,13	17,41	90	163
132		48 h / 20 °C	55,05	1091,45	89,40	69,52	22,15	20,29	16,59	29	132
133		72 h / 20 °C	176,49	1082,04	305,16	64,77	22,72	20,97	15,44	20	38
134		96 h / 20 °C	344,43	1081,54	444,44	58,14	23,23	21,39	14,73	10	12
135		120 h / 20 °C	450,72	1072,13	554,58	51,01	23,40	21,77	14,45	10	8
136		144 h / 20 °C	563,35	933,47	564,88	41,26	24,67	22,76	14,92	11	6
137		24 h / 20 °C + Licht	5,01	1105,81	78,73	71,53	21,60	19,96	17,17	72	158
138		48 h / 20 °C + Licht	42,92	1101,84	83,62	68,97	21,10	19,41	15,71	25	162
139		72 h / 20 °C + Licht	149,83	1098,38	277,53	66,15	21,97	20,00	15,13	12	44
140		96 h / 20 °C + Licht	310,32	1047,37	449,14	64,23	22,68	20,93	14,23	8	15
141		120 h / 20 °C + Licht	424,22	1048,86	532,58	46,70	22,62	21,26	14,02	10	11
142		144 h / 20 °C + Licht	481,03	933,47	556,28	37,23	23,65	22,68	15,47	6	8
143		24 h / 25 °C	13,22	1075,10	76,51	70,02	22,16	20,30	17,51	72	156
144		48 h / 25 °C	92,74	1071,64	167,96	66,27	22,26	20,60	16,18	19	76
145		72 h / 25 °C	244,12	1077,58	402,39	57,17	22,73	20,99	14,57	10	13
146		96 h / 25 °C	346,57	1015,18	499,35	49,33	23,55	21,79	14,59	10	7
147		120 h / 25 °C	445,29	912,67	568,05	40,22	24,55	22,71	15,16	11	4
148		144 h / 25 °C	426,67	833,44	547,37	31,87	27,18	23,61	15,78	n.a.	n.a.
149		24 h / 30 °C	12,36	1093,92	76,76	69,94	22,10	19,76	16,81	64	160
150		48 h / 30 °C	88,61	1058,76	137,45	63,24	22,64	20,63	15,77	12	79
151		72 h / 30 °C	177,05	919,61	339,52	54,13	22,46	21,05	14,28	7	19
152		96 h / 30 °C	212,98	852,75	311,83	44,52	23,90	21,99	15,60	11	10
153		120 h / 30 °C	241,66	745,29	386,87	36,55	24,33	23,04	15,98	5	6
154		144 h / 30 °C	247,45	611,09	365,62	27,19	25,70	24,74	16,76	n.a.	2
191	Rektor	0 h	0,11	875,78	96,01	65,59	20,50	18,26	15,99	132	-
192		24 h / 20 °C	2,29	880,98	97,21	65,30	20,51	18,42	16,02	71	160
193		48 h / 20 °C	41,56	887,91	89,67	64,97	20,73	18,76	15,34	12	-
194		72 h / 20 °C	148,76	921,34	140,03	59,97	20,99	18,92	13,89	8	-
195		96 h / 20 °C	280,37	914,90	278,49	52,78	21,52	19,32	13,10	4	-
196		120 h / 20 °C	383,02	864,64	347,11	45,97	22,33	20,42	13,06	<4	7
197		144 h / 20 °C	422,08	736,38	360,34	38,04	23,08	21,15	13,16	<4	2
198		24 h / 25 °C	3,61	870,33	91,25	66,35	20,07	18,48	15,98	55	160
199		48 h / 25 °C	63,89	902,77	94,56	61,47	20,58	18,78	14,78	8	121
200		72 h / 25 °C	191,39	884,94	153,87	54,15	21,39	19,87	13,54	<5	30
201		96 h / 25 °C	293,60	857,95	310,94	42,32	22,25	20,76	13,11	<2	10
202		120 h / 25 °C	319,39	695,77	333,36	34,15	23,40	21,81	14,05	5	7
203		144 h / 25 °C	313,13	660,12	355,34	24,90	25,60	23,72	14,93	<5	2

n.a. nicht auswertbar

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

Tab. A 18: Veränderung des Rohfettgehaltes und der Fettsäurezusammensetzung während der Keimung in Feuchtekammern bei Variation der Bedingungen (0 h – 144 h bei 20 °C, 20 °C + Licht, 25 °C, 30 °C)

Labor Nr.	Sorte	Variante	Rohfettgehalt [mg/g TM]	Fettsäurezusammensetzung [rel. % Anteil]									
				C16:0 (Palmitinsäure)	C18:0 (Stearinsäure)	C18:1 (Ölsäure)	C18:1 Stellungsisomere	C18:2 (Linolsäure)	C18:3 (Linolensäure)	C20:0 (Arachinsäure)	C20:1 (Eicosensäure)	C22:0 (Behensäure)	C22:1 (Erucasäure)
80a	Drifter	0h	14,3	14,33	0,79	15,00	1,10	59,33	5,45	n. b.	0,61	n. b.	1,48
81		24h / 20 °C	16,6	14,15	0,78	14,45	1,08	60,56	5,73	0,13	0,49	n. b.	1,25
82		48h / 20 °C	20,9	14,02	0,85	13,72	1,04	58,85	6,22	0,14	0,69	0,15	2,80
83		72h / 20 °C	19,1	14,32	0,83	12,71	1,01	58,73	6,96	0,24	0,64	0,27	2,59
84		96h / 20 °C	20,3	14,87	0,81	11,64	0,96	56,86	8,39	0,24	1,25	0,34	2,45
85		120h / 20 °C	21,7	15,20	0,83	11,07	0,95	54,92	9,73	0,26	1,23	0,48	2,50
86		144h / 20 °C	20,4	15,86	0,84	10,21	0,92	52,23	11,99	0,28	1,17	0,56	2,46
87		24h / 20 °C + Licht	21,1	14,10	0,75	13,96	1,07	58,83	6,04	0,22	0,65	0,09	2,72
88		48h / 20 °C + Licht	16,6	14,55	0,82	14,00	1,08	60,51	6,31	0,12	0,49	n. b.	0,83
89		72h / 20 °C + Licht	17,9	15,09	0,87	14,56	1,11	57,35	6,99	n. b.	0,49	0,53	0,83
90		96h / 20 °C + Licht	17,7	15,48	0,87	13,53	1,05	54,27	9,01	n. b.	0,46	0,52	0,85
91		120h / 20 °C + Licht	20,4	15,94	0,91	13,03	1,02	48,74	13,33	n. b.	0,42	0,47	0,87
92		144h / 20 °C + Licht	23,6	14,89	0,91	13,77	1,06	46,31	15,77	0,12	0,84	0,58	0,74
93		24h / 25 °C	17,7	13,86	0,83	15,45	1,12	59,55	5,77	n. b.	0,30	n. b.	1,02
94		48h / 25 °C	11,5	14,19	0,81	15,05	1,10	58,96	6,45	0,21	0,58	0,12	1,07
95		72h / 25 °C	17,0	15,08	0,81	13,32	1,03	56,95	7,75	0,24	1,09	0,31	1,10
96		96h / 25 °C	19,5	16,43	0,84	11,49	0,98	55,62	8,70	0,25	0,41	0,44	1,11
97		120h / 25 °C	20,2	16,58	0,92	11,77	1,02	53,01	10,13	0,29	0,43	0,51	1,11
98		144h / 25 °C	24,8	17,01	0,87	10,65	0,98	53,19	11,26	0,26	0,83	0,47	0,95
99		24h / 30 °C	18,0	13,53	0,82	15,78	1,12	59,68	5,85	0,15	0,49	n. b.	1,29
100		48h / 30 °C	14,4	14,70	0,80	13,15	1,01	60,82	6,13	0,15	0,51	n. b.	1,25
101		72h / 30 °C	19,3	15,43	0,77	11,46	0,95	58,92	7,54	0,22	0,44	0,32	1,09
102		96h / 30 °C	20,9	16,27	0,82	10,87	0,95	57,58	8,31	0,23	0,89	0,39	1,04
103		120h / 30 °C	23,3	16,52	0,84	9,91	0,93	56,22	9,69	0,27	0,88	0,46	1,01
104		144h / 30 °C	25,5	16,70	0,81	9,44	0,48	56,86	9,61	0,26	0,83	0,41	0,93

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Fortsetzung der Tab. A 18

Labor Nr.	Sorte	Variante	Rohfettgehalt [mg/g TM]	Fettsäurezusammensetzung [rel. % Anteil]									
				C16:0 (Palmitinsäure)	C18:0 (Stearinsäure)	C18:1 (Ölsäure)	C18:1 Stellungsisomere	C18:2 (Linolsäure)	C18:3 (Linolensäure)	C20:0 (Arachinsäure)	C20:1 (Eicosensäure)	C22:0 (Behensäure)	C22:1 (Erucasäure)
191	Rektor	0h	18,1	15,80	0,93	13,31	1,06	57,79	5,95	0,22	0,59	0,12	2,66
192		24h / 20 °C	20,6	15,34	0,95	12,93	1,04	57,01	6,02	0,22	0,58	0,13	2,71
193		48h / 20 °C	23,2	15,35	0,99	12,68	1,01	57,72	6,55	0,24	1,24	0,25	2,84
194		72h / 20 °C	17,1	15,79	0,97	12,29	0,99	57,68	7,87	0,25	0,48	0,37	1,47
195		96h / 20 °C	18,1	16,28	1,04	10,81	0,91	54,30	9,27	0,28	0,63	0,42	2,57
196		120h / 20 °C	19,1	16,67	0,97	10,28	0,89	51,68	11,12	0,35	0,70	0,70	2,55
197		144h / 20 °C	21,0	17,25	0,94	9,38	0,90	49,99	13,04	0,34	0,56	0,72	2,29
198		24h / 25 °C	15,2	15,75	0,95	12,79	1,06	57,98	6,22	0,24	0,60	0,23	2,72
199		48h / 25 °C	17,1	15,62	1,00	12,37	0,97	57,75	6,53	0,27	0,63	0,31	2,76
200		72h / 25 °C	15,5	15,70	1,02	12,31	1,00	56,86	8,26	0,30	0,51	0,46	1,52
201		96h / 25 °C	20,4	16,90	0,95	10,54	0,94	54,15	10,19	0,29	0,43	0,54	1,22
202		120h / 25 °C	24,4	17,32	0,95	9,66	0,48	52,15	11,56	0,35	0,82	0,55	1,12
203		144h / 25 °C	25,5	17,45	0,95	9,16	0,96	52,19	12,63	0,28	0,80	0,59	1,10

Tab. A 19: Veränderung des Gehaltes an Nichtstärkepolysacchariden während der Keimung in Feuchtekammern bei Variation der Bedingungen (0 h – 144 h bei 20 °C, 20 °C + Licht, 25 °C, 30 °C)

Labor Nr.	Sorte	Variante	lösliche Pentosane			Gesamtpentosane			kinematische Viskosität [cSt]
			Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	
80a	Drifter	0 h	0,43	0,42	0,85	4,59	3,22	7,80	1,095
81		24 h / 20 °C	0,62	0,56	1,18	4,81	3,34	8,15	1,217
82		48 h / 20 °C	0,91	0,78	1,70	5,09	3,58	8,67	1,287
83		72 h / 20 °C	1,12	0,93	2,04	5,01	3,62	8,63	1,100
84		96 h / 20 °C	1,18	1,01	2,19	5,65	4,08	9,73	1,009
85		120 h / 20 °C	1,09	0,97	2,06	6,08	4,36	10,44	1,008
86		144 h / 20 °C	0,90	0,84	1,74	6,92	4,82	11,74	1,002
87		24 h / 20 °C + Licht	0,62	0,56	1,18	4,83	3,29	8,12	1,291
88		48 h / 20 °C + Licht	0,89	0,75	1,65	4,64	3,13	7,76	1,319
89		72 h / 20 °C + Licht	1,01	0,85	1,86	4,88	3,38	8,27	1,092
90		96 h / 20 °C + Licht	1,09	0,94	2,03	5,56	3,98	9,54	1,055
91		120 h / 20 °C + Licht	0,99	0,89	1,88	5,54	3,78	9,32	1,037
92		144 h / 20 °C + Licht	0,92	0,86	1,78	6,86	4,69	11,54	1,051
93		24 h / 25 °C	0,71	0,64	1,35	4,77	3,29	8,06	1,254
94		48 h / 25 °C	0,98	0,84	1,82	5,27	3,67	8,94	1,226
95		72 h / 25 °C	1,12	0,94	2,06	5,34	3,90	9,24	1,086
96		96 h / 25 °C	1,07	0,93	2,00	6,05	4,44	10,49	1,056
97		120 h / 25 °C	0,98	0,90	1,88	6,88	4,81	11,69	1,060
98		144 h / 25 °C	0,86	0,80	1,66	7,80	5,11	12,91	1,046
99		24 h / 30 °C	0,80	0,67	1,47	4,70	3,27	7,97	1,337
100		48 h / 30 °C	1,08	0,88	1,96	5,27	3,70	8,97	1,337
101		72 h / 30 °C	1,15	0,97	2,12	5,84	4,19	10,04	1,265
102		96 h / 30 °C	1,11	0,96	2,06	6,43	4,54	10,97	1,226
103		120 h / 30 °C	1,01	0,91	1,92	7,56	5,23	12,80	1,178
104		144 h / 30 °C	1,02	0,92	1,95	8,27	5,61	13,88	1,249

*) Σ Xylose + Arabinose

Fortsetzung der Tab. A 19

Labor Nr.	Sorte	Variante	lösliche Pentosane			Gesamtpentosane			kinematische Viskosität [cSt]
			Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	
105a	Amilo	0 h	1,33	0,99	2,32	6,40	4,34	10,74	3,688
106		24 h / 20 °C	1,50	1,12	2,63	6,43	4,32	10,75	4,388
107		48 h / 20 °C	1,92	1,41	3,33	6,73	4,57	11,30	3,848
108		72 h / 20 °C	2,30	1,66	3,96	7,24	4,78	12,02	2,426
109		96 h / 20 °C	2,28	1,66	3,94	8,00	5,23	13,23	2,017
110		120 h / 20 °C	2,04	1,60	3,64	7,80	5,28	13,08	1,848
111		144 h / 20 °C	1,86	1,52	3,38	8,32	5,60	13,91	1,599
112		24 h / 20 °C + Licht	1,39	1,04	2,43	6,43	4,16	10,59	4,027
113		48 h / 20 °C + Licht	1,77	1,31	3,08	6,43	4,29	10,72	3,127
114		72 h / 20 °C + Licht	2,19	1,60	3,79	6,84	4,57	11,41	2,290
115		96 h / 20 °C + Licht	2,29	1,69	3,99	7,19	4,85	12,04	2,013
116		120 h / 20 °C + Licht	2,04	1,56	3,61	7,56	5,09	12,65	1,772
117		144 h / 20 °C + Licht	1,77	1,42	3,19	8,26	5,43	13,69	1,677
118		24 h / 25 °C	1,58	1,16	2,74	6,76	4,54	11,30	4,086
119		48 h / 25 °C	2,02	1,45	3,47	7,02	4,62	11,64	2,981
120		72 h / 25 °C	2,20	1,57	3,77	7,55	4,93	12,48	2,212
121		96 h / 25 °C	2,19	1,53	3,73	8,03	5,37	13,40	2,045
122		120 h / 25 °C	1,83	1,49	3,32	8,79	5,86	14,65	1,936
123		144 h / 25 °C	1,61	1,38	2,99	9,32	6,22	15,54	1,490
124		24 h / 30 °C	1,54	1,16	2,70	6,53	4,47	11,00	3,849
125		48 h / 30 °C	1,98	1,46	3,44	7,16	4,71	11,87	2,875
126		72 h / 30 °C	1,90	1,40	3,30	7,82	5,19	13,01	2,450
127		96 h / 30 °C	1,83	1,38	3,21	8,01	5,31	13,32	2,597
128		120 h / 30 °C	2,11	1,50	3,60	8,89	5,97	14,86	2,684
129		144 h / 30 °C	1,78	1,40	3,18	9,20	5,66	14,86	2,748

*) Σ Xylose + Arabinose

Fortsetzung der Tab. A 19

Labor Nr.	Sorte	Variante	lösliche Pentosane			Gesamtpentosane			kinematische Viskosität [cSt]
			Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane *) [% in TM]	
130a	Alamo	0 h	0,46	0,37	0,83	4,14	3,13	7,27	1,071
131		24 h / 20 °C	0,48	0,58	1,06	4,20	3,18	7,38	1,144
132		48 h / 20 °C	0,61	0,56	1,18	4,42	3,38	7,80	1,159
133		72 h / 20 °C	0,85	0,77	1,62	4,45	3,09	7,54	1,116
134		96 h / 20 °C	0,93	0,87	1,80	5,05	3,47	8,52	1,132
135		120 h / 20 °C	0,97	0,92	1,89	5,52	3,70	9,22	1,155
136		144 h / 20 °C	0,92	0,90	1,82	6,34	4,07	10,41	1,170
137		24 h / 20 °C + Licht	0,32	0,38	0,70	4,23	3,11	7,34	1,127
138		48 h / 20 °C + Licht	0,60	0,54	1,14	4,26	3,18	7,44	1,175
139		72 h / 20 °C + Licht	0,82	0,72	1,54	4,55	3,38	7,92	1,127
140		96 h / 20 °C + Licht	0,95	0,86	1,81	5,15	3,70	8,85	1,186
141		120 h / 20 °C + Licht	0,94	0,89	1,83	5,66	4,05	9,71	1,196
142		144 h / 20 °C + Licht	0,90	0,90	1,80	6,59	4,44	11,04	1,313
143		24 h / 25 °C	0,58	0,55	1,13	4,19	2,91	7,10	1,145
144		48 h / 25 °C	0,75	0,69	1,43	4,48	3,40	7,88	1,166
145		72 h / 25 °C	0,86	0,79	1,65	4,87	3,63	8,50	1,210
146		96 h / 25 °C	0,95	0,89	1,84	5,80	4,21	10,01	1,201
147		120 h / 25 °C	0,95	0,91	1,86	5,12	3,70	8,83	1,218
148		144 h / 25 °C	1,02	0,81	1,84	7,06	4,81	11,87	1,243
149		24 h / 30 °C	0,53	0,50	1,07	4,52	3,36	7,88	1,186
150		48 h / 30 °C	0,79	0,70	1,49	4,74	3,52	8,26	1,273
151		72 h / 30 °C	0,94	0,84	1,78	5,69	4,13	9,82	1,351
152		96 h / 30 °C	0,96	0,88	1,85	6,25	4,49	10,75	1,389
153		120 h / 30 °C	0,98	0,92	1,90	6,81	4,86	11,68	1,604
154		144 h / 30 °C	0,98	0,93	1,91	7,81	5,43	13,24	1,889
191	Rektor	0 h	0,36	0,39	0,74	4,67	3,13	7,80	1,025
192		24 h / 20 °C	0,49	0,48	0,97	4,67	3,15	7,81	1,080
193		48 h / 20 °C	0,78	0,69	1,47	4,83	3,23	8,06	1,143
194		72 h / 20 °C	0,92	0,80	1,71	5,30	3,52	8,82	1,026
195		96 h / 20 °C	0,74	0,65	1,39	5,50	3,75	9,25	0,944
196		120 h / 20 °C	0,95	0,87	1,82	6,42	4,27	10,69	0,965
197		144 h / 20 °C	0,89	0,83	1,72	6,92	4,57	11,49	0,975
198		24 h / 25 °C	0,63	0,57	1,19	4,70	3,18	7,88	1,133
199		48 h / 25 °C	0,89	0,77	1,66	4,90	3,30	8,20	1,124
200		72 h / 25 °C	0,98	0,84	1,82	5,85	3,90	9,75	1,015
201		96 h / 25 °C	0,93	0,83	1,76	6,52	4,30	10,83	0,986
202		120 h / 25 °C	0,87	0,80	1,67	7,41	4,82	12,24	0,976
203		144 h / 25 °C	0,80	0,74	1,54	8,27	5,37	13,64	1,003

*) Σ Xylose + Arabinose

Tab. A 20: Veränderung des Zuckergehaltes während der Keimung in Feuchtekammern bei Variation der Bedingungen (0 h – 144 h bei 20 °C, 20 °C + Licht, 25 °C, 30 °C)

Labor Nr.	Sorte	Variante	Zucker			
			Glucose [%]	Fructose [%]	Maltose [%]	Saccharose [%]
80a	Drifter	0 h	n. b.	0,15	n. b.	0,97
81		24 h / 20 °C	n. b.	0,15	n. b.	0,91
82		48 h / 20 °C	0,21	0,17	0,14	1,04
83		72 h / 20 °C	0,95	0,63	0,67	1,41
84		96 h / 20 °C	2,92	1,94	1,58	1,98
85		120 h / 20 °C	4,72	3,05	2,81	2,19
86		144 h / 20 °C	6,31	3,39	3,39	2,25
87		24 h / 20 °C + Licht	n. b.	0,12	n. b.	0,91
88		48 h / 20 °C + Licht	0,20	0,17	0,11	0,98
89		72 h / 20 °C + Licht	0,75	0,56	0,60	1,37
90		96 h / 20 °C + Licht	1,62	1,25	1,33	1,51
91		120 h / 20 °C + Licht	3,77	2,81	2,54	1,89
92		144 h / 20 °C + Licht	5,47	3,05	3,28	2,26
93		24 h / 25 °C	0,04	0,13	n. b.	0,91
94		48 h / 25 °C	0,75	0,27	0,53	1,38
95		72 h / 25 °C	2,15	1,97	1,83	1,78
96		96 h / 25 °C	4,55	3,59	3,83	2,22
97		120 h / 25 °C	6,25	3,92	4,74	2,44
98		144 h / 25 °C	7,18	3,61	4,66	2,53
99		24 h / 30 °C	0,06	0,14	n. b.	1,07
100		48 h / 30 °C	0,91	0,78	0,83	1,49
101		72 h / 30 °C	2,89	3,13	2,61	2,26
102		96 h / 30 °C	4,81	5,01	4,64	2,86
103		120 h / 30 °C	6,53	5,13	5,69	3,09
104		144 h / 30 °C	7,56	5,17	5,94	3,20
191	Rektor	0 h	n. b.	0,13	n. b.	0,92
192		24 h / 20 °C	n. b.	0,12	n. b.	0,90
193		48 h / 20 °C	0,25	0,20	0,17	1,08
194		72 h / 20 °C	1,06	1,13	0,55	1,29
195		96 h / 20 °C	2,79	2,24	1,47	1,66
196		120 h / 20 °C	3,91	2,43	2,06	1,64
197		144 h / 20 °C	5,75	2,91	3,13	1,66
198		24 h / 25 °C	n. b.	0,12	n. b.	0,90
199		48 h / 25 °C	0,56	0,27	0,39	1,20
200		72 h / 25 °C	1,88	2,03	1,38	1,53
201		96 h / 25 °C	4,19	3,53	3,36	1,74
202		120 h / 25 °C	5,86	3,49	4,62	1,78
203		144 h / 25 °C	6,98	3,15	4,71	2,03

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 21: Untersuchungen zum Verkleisterungsverhalten von Schrot während der Keimung in Feuchtekammern bei Variation der Bedingungen (0 h - 96 h bei 20 °C, 20 °C + Licht, 25 °C, 30 °C)
Verkleisterungskurven bei 40 – 95 – 55 °C

Sorte	1. Maximum (Verkleisterung)			2. Maximum (Abkühlung)		
	Zeit [min]	Temperatur im Max [°C]	Viskosität im Max [Pa]	Zeit [min]	Temperatur im Max [°C]	Viskosität im Max [Pa]
Drifter (0 h)	32	94,5	102,0	72	55,0	120,0
Keimung in Feuchtekammer 20 °C						
Drifter (24 h)	23	83,6	17,3	77	54,8	11,3
Drifter (Milchsäure) (24 h)	32	94,6	222,0	70	55,2	208,0
Drifter (Milchsäure) (48 h)	31	94,5	58,8	82	54,7	67,9
Drifter (Milchsäure) (72 h)	19	75,6	6,8	81	54,8	5,3
Drifter (Milchsäure) (96 h)	18	73,4	4,0	77	54,8	4,8
Keimung in Feuchtekammer 20 °C und Licht						
Drifter (24 h)	21	79,7	11,9	80	54,8	6,0
Drifter (Milchsäure) (24 h)	32	94,6	192,0	70	55,2	188,0
Drifter (Milchsäure) (48 h)	31	94,4	45,1	81	54,8	53,3
Drifter (Milchsäure) (72 h)	20	77,5	7,1	74	54,9	7,2
Keimung in Feuchtekammer 25 °C						
Drifter (24 h)	19	75,5	7,4	83	54,7	4,0
Drifter (Milchsäure) (24 h)	32	94,6	182,0	70	55,2	175,0
Drifter (Milchsäure) (48 h)	28	93,5	11,5	79	54,8	13,3
Drifter (Milchsäure) (72 h)	19	75,4	4,2	73	55,0	4,1
Keimung in Feuchtekammer 30 °C						
Drifter (Milchsäure) (24 h)	32	94,5	193,0	70	55,2	185,0
Drifter (Milchsäure) (48 h)	30	94,3	31,2	81	54,7	39,6
Drifter (Milchsäure) (72 h)	20	77,6	6,9	74	54,9	7,8
Rektor (0 h)	33	94,6	39,4	81	54,8	65,8
Keimung in Feuchtekammer 20 °C						
Rektor (Milchsäure) (24 h)	33	94,6	155,0	72	55,1	173,0
Rektor (Milchsäure) (48 h)	32	94,6	55,8	79	54,9	67,5
Rektor (Milchsäure) (72 h)	30	94,1	6,5	74	54,9	7,6
Keimung in Feuchtekammer 25 °C						
Rektor (24 h)	19	75,2	6,3	82	54,7	7,3
Rektor (Milchsäure) (24 h)	33	94,5	138,0	72	55,0	155,0
Rektor (Milchsäure) (48 h)	32	94,5	47,4	81	54,7	60,1
Rektor (Milchsäure) (72 h)	30	94,2	4,8	83	54,7	6,6

Tab. A 22: Bestimmung der Farbwerte während der Keimung in Feuchtekammern bei Variation der Bedingungen
(0 h – 144 h bei 20 °C, 20 °C + Licht, 25 °C, 30 °C)

Labor Nr.	Sorte	Variante	Korn			Schrot		
			L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)	L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)
80a	Drifter	0 h	50,11	6,03	14,61	76,44	2,16	9,62
81		24 h / 20 °C	53,78	6,06	14,87	78,85	1,77	7,98
82		48 h / 20 °C	57,02	5,02	15,15	78,66	1,81	8,48
83		72 h / 20 °C				78,42	1,80	9,30
84		96 h / 20 °C	63,90	3,95	14,82	77,44	1,91	10,65
85		120 h / 20 °C	64,72	3,31	12,90	75,91	2,37	13,32
86		144 h / 20 °C	66,02	3,08	13,12	77,66	2,41	14,77
87		24 h / 20 °C + Licht	52,12	6,02	14,19	78,32	1,79	8,59
88		48 h / 20 °C + Licht	54,85	5,43	14,85	78,60	1,82	9,24
89		72 h / 20 °C + Licht	59,49	2,91	15,59	78,39	0,80	10,39
90		96 h / 20 °C + Licht	55,88	-0,37	14,16	74,86	-0,15	12,11
91		120 h / 20 °C + Licht	61,99	0,27	12,73	70,26	-2,01	16,57
92		144 h / 20 °C + Licht	56,70	0,05	11,62	67,63	-3,06	17,81
93		24 h / 25 °C	52,63	5,53	14,53	78,23	1,81	8,77
94		48 h / 25 °C	58,28	4,36	14,87	78,75	1,67	9,31
95		72 h / 25 °C	66,31	2,95	16,35	77,72	1,84	10,96
96		96 h / 25 °C	72,03	2,43	16,39	77,19	2,00	13,18
97		120 h / 25 °C	70,31	2,76	15,76	75,27	2,41	14,80
98		144 h / 25 °C	67,50	2,98	15,09	72,84	3,11	16,80
99		24 h / 30 °C	53,35	5,41	14,24	78,17	1,81	8,78
100		48 h / 30 °C	58,92	4,65	15,96	77,33	2,02	10,34
101		72 h / 30 °C	64,33	3,66	16,40	76,71	2,21	12,46
102		96 h / 30 °C	70,84	2,77	16,33	75,31	2,38	14,54
103		120 h / 30 °C	64,99	3,22	16,78	74,35	2,59	16,82
104		144 h / 30 °C	63,11	2,97	15,82	72,52	3,02	18,31

Fortsetzung Tab. A 22

Labor Nr.	Sorte	Variante	Korn			Schrot		
			L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)	L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)
105a	Amilo	0 h	50,24	2,50	11,34	78,08	0,71	6,49
106		24 h / 20 °C	53,80	2,53	11,67	78,41	0,73	6,46
107		48 h / 20 °C	58,56	2,20	13,06	77,89	0,92	7,82
108		72 h / 20 °C				75,95	1,21	9,55
109		96 h / 20 °C	63,48	2,17	12,75	74,19	1,56	11,48
110		120 h / 20 °C	63,99	2,01	13,35	72,08	2,29	14,90
111		144 h / 20 °C	66,27	1,95	13,05	73,10	2,33	14,11
112		24 h / 20 °C + Licht	52,03	2,59	11,30	77,87	0,77	6,96
113		48 h / 20 °C + Licht	52,61	2,34	11,83	77,48	0,82	7,76
114		72 h / 20 °C + Licht	56,98	1,73	11,80	73,75	0,43	9,65
115		96 h / 20 °C + Licht	58,43	0,41	10,04	69,65	-0,46	11,04
116		120 h / 20 °C + Licht	58,34	0,70	8,25	64,77	-0,74	13,73
117		144 h / 20 °C + Licht	59,84	0,04	10,61	62,89	-1,08	13,33
118		24 h / 25 °C	51,60	2,81	11,36	78,03	0,81	7,23
119		48 h / 25 °C	58,23	1,88	11,97	76,43	0,98	8,49
120		72 h / 25 °C	65,49	2,24	15,10	73,88	1,52	10,97
121		96 h / 25 °C	67,50	2,49	16,17	72,93	1,84	12,40
122		120 h / 25 °C	68,31	2,60	16,16	72,23	2,03	13,27
123		144 h / 25 °C	68,49	2,81	16,42	69,23	2,64	14,98
124		24 h / 30 °C	51,67	2,48	11,19	77,60	0,90	7,57
125		48 h / 30 °C	59,92	2,05	13,42	74,89	1,26	9,64
126		72 h / 30 °C	61,49	2,88	15,42	72,76	1,71	11,73
127		96 h / 30 °C	69,84	2,45	17,89	73,19	1,84	13,59
128		120 h / 30 °C	69,23	1,97	17,50	72,01	1,94	15,26
129		144 h / 30 °C	69,53	2,21	17,69	71,30	2,29	15,85

Fortsetzung Tab. A 22

Labor Nr.	Sorte	Variante	Korn			Schrot		
			L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)	L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)
130a	Alamo	0 h	51,67	5,73	14,99	78,58	1,84	8,10
131		24 h / 20 °C	54,34	5,64	14,50	79,90	1,45	7,32
132		48 h / 20 °C	57,24	5,25	15,46	79,87	1,49	7,82
133		72 h / 20 °C				79,20	1,62	9,17
134		96 h / 20 °C	64,99	3,53	16,19	78,59	1,77	11,10
135		120 h / 20 °C	59,72	3,80	14,79	76,16	2,48	14,07
136		144 h / 20 °C	64,55	2,95	14,85	77,94	1,96	16,16
137		24 h / 20 °C + Licht	54,48	5,67	15,30	79,86	1,48	7,38
138		48 h / 20 °C + Licht	55,05	5,19	15,06	80,33	1,30	7,92
139		72 h / 20 °C + Licht	56,94	3,54	14,89	78,58	0,64	9,58
140		96 h / 20 °C + Licht	58,59	2,03	13,31	73,63	-0,58	12,17
141		120 h / 20 °C + Licht	59,09	1,71	12,33	68,78	-1,76	15,53
142		144 h / 20 °C + Licht	59,88	-0,07	12,01	65,99	-3,55	17,61
143		24 h / 25 °C	54,20	5,66	14,89	79,79	1,46	7,68
144		48 h / 25 °C	59,09	4,07	15,14	79,71	1,42	8,69
145		72 h / 25 °C	65,93	3,30	17,54	78,27	1,71	10,63
146		96 h / 25 °C	69,14	2,98	18,65	77,12	2,05	13,76
147		120 h / 25 °C	68,11	3,05	17,10	75,44	2,25	16,79
148		144 h / 25 °C	68,46	3,47	18,83	72,68	3,17	17,56
149		24 h / 30 °C	54,13	5,28	14,62	79,08	1,55	7,84
150		48 h / 30 °C	57,45	3,74	13,35	77,66	1,73	10,31
151		72 h / 30 °C	66,61	3,62	18,90	76,93	1,97	12,28
152		96 h / 30 °C	68,15	3,58	17,60	76,11	2,29	15,60
153		120 h / 30 °C	63,94	3,29	18,21	74,20	2,17	18,03
154		144 h / 30 °C	65,39	3,19	16,59	73,91	2,86	19,67

Fortsetzung Tab. A 22

			Korn			Schrot		
Labor Nr.	Sorte	Variante	L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)	L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)
191	Rektor	0h	48,54	5,63	12,49	76,85	2,08	8,27
192		24 h / 20 °C	53,22	6,41	14,62	78,14	1,99	8,18
193		48 h / 20 °C	54,34	5,02	13,55	77,84	2,15	9,07
194		72 h / 20 °C	58,27	3,84	14,34	76,69	2,39	10,11
195		96 h / 20 °C	60,64	4,34	14,94	75,25	2,84	11,99
196		120 h / 20 °C	62,50	4,28	14,84	74,50	2,87	13,67
197		144 h / 20 °C	62,58	3,83	15,26	72,13	3,15	15,97
198		24 h / 25 °C	52,81	6,53	15,02	78,54	1,82	7,77
199		48 h / 25 °C	56,40	5,27	15,05	76,97	2,29	9,71
200		72 h / 25 °C	63,12	3,77	14,71	75,75	2,52	11,90
201		96 h / 25 °C	65,34	4,10	14,89	73,62	3,24	15,30
202		120 h / 25 °C	68,80	3,66	16,13	72,84	3,22	16,68
203		144 h / 25 °C	65,42	3,99	16,60	69,78	3,83	17,82

Tab. A 23: Bestimmung der Inhaltsstoffe in Getreidekeimlingen
(48 h Feuchtekammer bei 20 °C)

Labor Nr.	Sorte	Rheogramm Milchsäure [mm]	Stärkegehalt (polarimetrisch) [% in TM]	α -Amylase [Ceralpha-U/g TM]	Gesamt β -Amylase [Betamyf-U/g TM]	Gesamtstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Rohstickstoffgehalt [mg N/g TM]	Proteinstickstoffgehalt [mg N/g TM]
172	Schwarzwinter Emmer	128	66,73	19,50	1853,57	22,16	21,52	17,57
174	Weißer Sommeremmer	89	61,66	50,82	1839,71	28,36	27,26	21,80
175	Frankenkorn	148	63,09	16,52	1693,62	21,30	20,66	17,10
176	Terzino	162	65,30	32,82	512,54	-	18,93	16,08
177	Santana	79	52,06	0,33	n. b.	35,41	34,61	30,42
178	Hacada	56	59,15	65,74	382,30	16,24	15,28	12,02
179	Amilo	82	63,08	49,79	332,53	17,08	15,52	12,00
180	Caroass	81	61,85	48,12	387,01	15,51	14,71	11,30
181	Pegassos	152	70,36	31,88	1038,95	16,80	15,81	12,63
182	Drifter	150	71,54	41,69	696,76	18,58	16,96	13,72
183	Bussard	146	68,04	29,83	730,44	19,43	18,66	15,52
184	Thasos	161	69,71	33,82	834,43	15,91	14,82	12,21
185	Passat	154	65,82	47,69	1244,47	18,97	18,25	14,79
186	Triso	110	65,56	50,15	1207,82	21,91	20,82	17,36
187	Alamo	132	69,52	55,05	1091,45	22,15	20,29	16,59
188	Lamberto	116	67,25	53,18	1203,12	20,26	19,07	15,41
189	Lupus	146	68,29	48,20	943,13	15,56	14,58	11,48
190	Thuringia	176	61,14	33,04	835,17	16,41	15,43	12,86
166	Mischung Uni Kassel	-	-	28,15	1378,17	20,61	20,85	17,95
167	Kapo	-	-	46,11	1290,02	20,45	20,20	16,77
168	Mischung OWISAN	-	-	49,26	1316,52	23,94	23,60	20,00
169	Astron	-	-	15,85	950,06	18,40	18,17	15,42
171	Dottenfelder Rufus	-	-	56,80	966,65	20,10	19,68	16,03
193	Rektor	-	64,97	41,56	887,91	20,73	18,61	15,34

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial
- n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 24: Bestimmung des Rohfettgehaltes und der Fettsäurezusammensetzung in Getreidekeimlingen
(48 h Feuchtekammer bei 20 °C)

Labor Nr.	Sorte	Rohfettgehalt [mg/g TM]	Fettsäurezusammensetzung [rel. % Anteil]									
			C16:0 (Palmitinsäure)	C18:0 (Stearinsäure)	C18:1 (Ölsäure)	C18:1 Stellungsisomere	C18:2 (Linolsäure)	C18:3 (Linolensäure)	C20:0 (Arachinsäure)	C20:1 (Eicosensäure)	C22:0 (Behensäure)	C22:1 (Erucasäure)
172	Schwarzwinter Emmer	21,7	13,51	1,07	20,39	0,95	55,21	5,06	0,24	1,21	0,21	1,11
174	Weißer Sommeremmer	28,6	14,41	0,96	22,63	n. b.	51,23	5,70	0,24	1,45	0,19	0,64
175	Frankenkorn	25,1	12,74	1,00	21,03	0,98	55,19	5,20	0,25	1,26	0,23	1,03
176	Terzino	n. a.	12,27	0,70	28,10	n. b.	49,07	4,32	n. b.	1,72	0,58	0,73
177	Santana	15,8	8,04	3,07	19,31	0,65	50,63	12,30	0,69	0,97	0,39	1,76
178	Hacada	6,4	12,64	1,07	16,27	1,17	52,06	10,24	n. b.	1,21	n. b.	2,67
179	Amilo	13,7	13,14	1,19	15,35	1,22	54,49	9,00	0,17	0,83	0,33	2,00
180	Caroass	12,9	13,49	1,35	14,64	1,14	55,29	9,01	n. b.	0,92	0,22	1,37
181	Pegassos	16,5	15,01	1,06	12,68	1,03	61,31	5,75	0,15	0,55	n. b.	1,03
182	Drifter	20,9	14,02	0,85	13,72	1,04	58,85	6,22	0,14	0,69	0,15	2,80
183	Bussard	15,0	14,84	1,14	15,71	0,98	59,44	5,10	n. b.	0,48	n. b.	1,05
184	Thasos	17,3	14,73	0,87	16,14	0,95	58,22	5,55	n. b.	1,00	0,56	0,98
185	Passat	18,0	14,47	0,97	15,56	0,97	58,61	5,92	0,23	0,47	0,13	0,84
186	Triso	15,3	14,72	1,03	16,25	1,02	57,97	5,97	0,11	0,54	n. b.	0,98
187	Alamo	11,3	14,83	0,99	13,55	0,99	55,85	8,31	0,27	0,72	0,17	2,04
188	Lamberto	13,5	14,09	0,97	13,60	1,04	57,45	7,70	0,16	0,69	0,17	1,98
189	Lupus	17,6	13,35	1,09	16,49	0,93	56,79	6,47	0,28	0,75	0,16	1,64
190	Thuringia	15,4	16,73	1,14	15,04	0,85	54,68	7,52	0,27	0,69	0,17	1,45
166	Mischung Uni Kassel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
167	Kapo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
168	Mischung OWISAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
169	Astron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
171	Dottenfelder Rufus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
193	Rektor	23,2	15,35	0,99	12,68	1,01	57,72	6,55	0,24	1,24	0,25	2,84

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

n. a. nicht auswertbar

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 25: Bestimmung des Gehaltes an Nichtstärkepolysacchariden in Getreidekeimlingen (48 h Feuchtekammer bei 20 °C)

Labor Nr.	Sorte	lösliche Pentosane			Gesamtpentosane			kinematische Viskosität [cSt]
		Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	Xylose [% in TM]	Arabinose [% in TM]	Pentosane*) [% in TM]	
172	Schwarzwinter Emmer	0,51	0,50	1,01	3,25	2,08	5,33	1,054
174	Weißer Sommeremmer	0,38	0,52	0,90	2,88	1,75	4,63	1,011
175	Frankenkorn	0,72	0,65	1,37	3,94	2,39	6,32	1,049
176	Terzino	1,03	0,79	1,82	4,32	2,79	7,12	1,384
177	Santana	0,00	0,11	0,11	1,10	3,99	5,09	0,984
178	Hacada	1,76	1,38	3,14	6,33	4,28	10,61	3,783
179	Amilo	1,92	1,41	3,33	6,73	4,57	11,30	3,848
180	Caroass	1,75	1,34	3,08	6,77	4,65	11,42	3,795
181	Pegassos	0,71	0,58	1,29	4,94	3,24	8,18	1,195
182	Drifter	0,91	0,78	1,70	5,09	3,58	8,67	1,287
183	Bussard	0,74	0,60	1,33	4,76	3,24	8,00	1,175
184	Thasos	0,75	0,59	1,33	4,67	3,07	7,74	1,060
185	Passat	0,93	0,65	1,59	5,11	2,93	8,03	1,135
186	Triso	0,69	0,57	1,27	4,64	2,94	7,58	1,123
187	Alamo	0,61	0,56	1,18	4,42	3,38	7,80	1,159
188	Lamberto	0,59	0,62	1,21	4,47	3,47	7,94	1,235
189	Lupus	0,73	0,64	1,36	4,51	3,19	7,70	1,174
190	Thuringia	0,31	0,28	0,60	5,69	3,00	8,69	0,937
166	Mischung Uni Kassel	-	-	-	-	-	-	-
167	Kapo	-	-	-	-	-	-	-
168	Mischung OWISAN	-	-	-	-	-	-	-
169	Astron	-	-	-	-	-	-	-
171	Dottenfelder Rufus	-	-	-	-	-	-	-
193	Rektor	0,78	0,69	1,47	4,83	3,23	8,06	1,143

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial

*) Σ Xylose + Arabinose

Tab. A 26: Bestimmung des Zuckergehaltes in Getreidekeimlingen
(48 h Feuchtekammer bei 20 °C)

Labor Nr.	Sorte	Variante	Zucker			
			Glucose [%]	Fructose [%]	Maltose [%]	Saccharose [%]
172	Schwarzwinter Emmer	48 h / 20 °C	0,28	0,44	0,15	0,97
174	Weißer Sommeremmer	48 h / 20 °C	0,39	0,43	0,05	1,10
175	Frankenkorn	48 h / 20 °C	0,36	0,56	0,19	1,10
176	Terzino	48 h / 20 °C	0,09	n. b.	n. b.	1,00
177	Santana	48 h / 20 °C	n. b.	0,19	n. b.	4,24
178	Hacada	48 h / 20 °C	0,73	0,80	0,39	0,96
179	Amilo	48 h / 20 °C	0,53	0,49	0,21	1,05
180	Caroass	48 h / 20 °C	0,69	0,36	0,27	0,98
181	Pegassos	48 h / 20 °C	0,19	0,18	n. b.	0,96
182	Drifter	48 h / 20 °C	0,21	0,17	0,14	1,04
183	Bussard	48 h / 20 °C	0,10	0,17	0,02	1,01
184	Thasos	48 h / 20 °C	0,23	0,00	0,08	1,09
185	Passat	48 h / 20 °C	0,29	0,41	0,15	1,09
186	Triso	48 h / 20 °C	0,18	0,40	0,06	0,98
187	Alamo	48 h / 20 °C	0,28	0,18	0,14	1,13
188	Lamberto	48 h / 20 °C	0,15	0,28	0,03	0,84
189	Lupus	48 h / 20 °C	0,28	0,19	0,16	1,08
190	Thuringia	48 h / 20 °C	0,30	0,53	0,10	0,95
166	Mischung Uni Kassel	48 h / 20 °C	-	-	-	-
167	Kapo	48 h / 20 °C	-	-	-	-
168	Mischung OWISAN	48 h / 20 °C	-	-	-	-
169	Astron	48 h / 20 °C	-	-	-	-
171	Dottenfelder Rufus	48 h / 20 °C	-	-	-	-
193	Rektor	48 h / 20 °C	0,25	0,20	0,17	1,08

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial
- n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 27: Bestimmung der Farbwerte in Getreidekeimlingen (48 h Feuchtekammer bei 20 °C)

Labor Nr.	Sorte	Korn			Schrot		
		L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)	L (Helligkeit)	a (rot-grün)	b (gelb-blau)
172	Schwarzwinter Emmer	57,56	5,47	15,74	76,84	2,21	10,00
174	Weißer Sommeremmer	57,31	4,63	15,14	71,93	3,07	11,53
175	Frankenkorn	55,42	5,97	15,73	77,73	1,98	9,04
176	Terzino	56,62	7,22	19,01	78,71	1,69	10,57
177	Santana	n. b.	n. b.	n. b.	80,60	1,19	15,22
178	Hacada	54,31	2,66	12,42	75,92	1,13	7,96
179	Amilo	58,56	2,20	13,06	77,89	0,92	7,82
180	Caroass	55,99	2,26	12,37	76,49	1,06	8,05
181	Pegassos	55,64	5,61	14,95	77,84	1,93	8,72
182	Drifter	57,02	5,02	15,15	78,66	1,81	8,48
183	Bussard	54,31	6,46	15,70	77,82	2,04	8,64
184	Thasos	53,41	5,96	15,43	77,53	1,78	8,79
185	Passat	52,77	5,37	13,82	77,42	1,91	8,80
186	Triso	54,43	4,95	14,90	77,08	2,01	9,80
187	Alamo	57,24	5,25	15,46	79,87	1,49	7,82
188	Lamberto	54,32	5,24	14,79	78,50	1,79	8,29
189	Lupus	54,35	5,50	14,64	78,52	1,66	8,28
190	Thuringia	53,99	3,29	14,61	76,98	1,47	8,43
166	Mischung Uni Kassel	54,60	4,35	13,96	76,00	2,24	10,84
167	Kapo	54,02	5,11	14,10	77,26	2,00	8,51
168	Mischung OWISAN	-	-	-	-	-	-
169	Astron	53,50	5,43	14,07	77,06	2,09	8,67
171	Dottenfelder Rufus	54,38	5,14	14,52	78,82	1,73	7,94
193	Rektor	54,34	5,02	13,55	77,84	2,15	9,07

- keine ausreichenden Mengen an Analysenmaterial
n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 28: Vergleich der Inhaltsstoffe der in Kassel erzeugten Weizenkeimlinge (Rektor) (Keimung in Schalen und im Keimapparat BK2)

Inhaltsstoffe	Schale (24 h eingeweicht + 48 h gekeimt)	Keimautomat BK2 (47 h)
α -Amylaseaktivität [Ceralpha-U/g TM]	40,94	31,02
Gesamtstickstoffgehalt [mg N/g TM]	20,27	20,38
Rohstickstoffgehalt [mg N/g TM]	19,58	
Proteinstickstoffgehalt [mg N/g TM]	15,77	
Stärkegehalt (polarimetrisch) [% in TM]	65,06	65,18
Glucose [%]	0,24	0,56
Fructose [%]	0,21	0,53
Maltose [%]	0,16	0,14
Saccharose [%]	1,24	1,16
Lösliche Pentosane [% in TM]	1,45	1,41
Gesamtpentosane [% in TM]	8,47	8,26
Rohfettgehalt [mg/g TM]	15,5	25,4
C16:0 (Palmitinsäure) [rel. % Anteil]	15,82	16,51
C18:0 (Stearinsäure) [rel. % Anteil]	1,03	0,94
C18:1 (Ölsäure) [rel. % Anteil]	14,05	12,59
C18:1 Stellungsisomere [rel. % Anteil]	1,08	1,02
C18:2 (Linolsäure) [rel. % Anteil]	57,79	59,15
C18:3 (Linolensäure) [rel. % Anteil]	6,03	6,15
C20:0 (Arachinsäure) [rel. % Anteil]	0,26	0,20
C20:1 (Eicosensäure) [rel. % Anteil]	0,50	0,93
C22:0 (Behensäure) [rel. % Anteil]	0,22	0,21
C22:1 (Erucasäure) [rel. % Anteil]	1,43	0,89
Lysin [%]	0,41	0,44
Methionin [%]	0,19	0,19
Cystein [%]	0,31	0,31
Asparaginsäure [%]	0,63	0,66
Threonin [%]	0,35	0,36
Serin [%]	0,52	0,52
Glutaminsäure [%]	3,48	3,46
Prolin [%]	1,01	1,00
Glycin [%]	0,47	0,49
Alanin [%]	0,46	0,48
Valin [%]	0,66	0,66
Isoleucin [%]	0,44	0,47
Leucin [%]	0,82	0,85
Thyrosin [%]	0,34	0,37
Phenylalanin [%]	0,58	0,59
Histidin [%]	0,44	0,46
Arginin [%]	0,54	0,57
Folsäure [mg/kg Schrot]	0,350	0,303
Vitamin B1 [mg/kg Schrot]	4,1	6,1
Vitamin B2 [mg/kg Schrot]	2,9	3,3
Vitamin B6 [mg/kg Schrot]	1,5	1,6
Vitamin E [mg/kg Schrot]	11,4	11,2
Vitamin K1 [μ g/kg Schrot]	15	23
Vitamin C [mg/kg Schrot]	n. b. < 10	24,1

Tab. A 29: Abgleich der Keimautomaten BK8 und BK2

Inhaltsstoffe	BAZ BK8 (53 h)	Kassel BK2 (47 h)
α -Amylaseaktivität [Ceralpha-U/g TM]	35,06	31,02
Gesamtstickstoffgehalt [mg N/g TM]		20,38
Rohstickstoffgehalt [mg N/g TM]		
Proteinstickstoffgehalt [mg N/g TM]		
Stärkegehalt (polarimetrisch) [% in TM]	63,35	65,18
Glucose [%]	0,90	0,56
Fructose [%]	0,70	0,53
Maltose [%]	0,24	0,14
Saccharose [%]	1,49	1,16
Lösliche Pentosane [% in TM]	1,46	1,41
Gesamtpentosane [% in TM]	8,52	8,26
Rohfettgehalt [mg/g TM]	19,0	25,4
C16:0 (Palmitinsäure) [rel. % Anteil]	16,50	16,51
C18:0 (Stearinsäure) [rel. % Anteil]	0,91	0,94
C18:1 (Ölsäure) [rel. % Anteil]	12,35	12,59
C18:1 Stellungsisomere [rel. % Anteil]	1,00	1,02
C18:2 (Linolsäure) [rel. % Anteil]	59,49	59,15
C18:3 (Linolensäure) [rel. % Anteil]	6,14	6,15
C20:0 (Arachinsäure) [rel. % Anteil]	0,19	0,20
C20:1 (Eicosensäure) [rel. % Anteil]	0,93	0,93
C22:0 (Behensäure) [rel. % Anteil]	0,19	0,21
C22:1 (Erucasäure) [rel. % Anteil]	0,97	0,89
Lysin [%]	0,45	0,44
Methionin [%]	0,20	0,19
Cystein [%]	0,31	0,31
Asparaginsäure [%]	0,70	0,66
Threonin [%]	0,38	0,36
Serin [%]	0,55	0,52
Glutaminsäure [%]	3,57	3,46
Prolin [%]	1,03	1,00
Glycin [%]	0,50	0,49
Alanin [%]	0,50	0,48
Valin [%]	0,69	0,66
Isoleucin [%]	0,48	0,47
Leucin [%]	0,87	0,85
Thyrosin [%]	0,36	0,37
Phenylalanin [%]	0,62	0,59
Histidin [%]	0,46	0,46
Arginin [%]	0,60	0,57
Folsäure [mg/kg Schrot]	0,250	0,303
Vitamin B1 [mg/kg Schrot]	5,8	6,1
Vitamin B2 [mg/kg Schrot]	2,0	3,3
Vitamin B6 [mg/kg Schrot]	2,1	1,6
Vitamin E [mg/kg Schrot]	12,9	11,2
Vitamin K1 [μ g/kg Schrot]	n.b. < 10	23
Vitamin C [mg/kg Schrot]	51,2	24,1

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 30: Aminosäurezusammensetzung, Vitamin- und Folsäuregehalt in Getreidekeimlingen (72 h, Keimautomat BK8), gefriergetrocknet bei unterschiedlichen Temperaturen (20 °C und 40 °C)

Untersuchungsparameter	Rektor 72 h gekeimt, bei 20 °C gefriergetrocknet	Rektor 72 h gekeimt, bei 40 °C gefriergetrocknet
Lysin [%]	0,51	0,5
Methionin [%]	0,2	0,2
Cystein [%]	0,31	0,31
Asparaginsäure [%]	0,81	0,79
Threonin [%]	0,39	0,38
Serin [%]	0,54	0,53
Glutaminsäure [%]	3,22	3,36
Prolin [%]	0,95	0,99
Glycin [%]	0,51	0,51
Alanin [%]	0,53	0,53
Valin [%]	0,7	0,7
Isoleucin [%]	0,46	0,49
Leucin [%]	0,88	0,89
Thyrosin [%]	0,37	0,37
Phenylalanin [%]	0,63	0,64
Histidin [%]	0,46	0,47
Arginin [%]	0,61	0,6
Folsäure [µg/kg Schrot]	350	307
Vitamin B1 [mg/kg Schrot]	6,1	9,7
Vitamin B2 [mg/kg Schrot]	3,9	2
Vitamin B6 [mg/kg Schrot]	1,8	2,3
Vitamin E [mg/kg Schrot]	12,8	12,3
Vitamin K1 [µg/kg Schrot]	35	24
Vitamin C [mg/kg Schrot]	99,2	85,6
Vitamin A [IE/kg]	n. b. < 1000	2740

n. b. nicht bestimmbar bzw. unter der Nachweisgrenze

Tab. A 31: Veränderung der Aminosäurezusammensetzung während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchtekammern (0 h, 48 h, 72 h, 96 h bei 20 °C) bzw. im Keimautomaten (BK8)

Labor Nr.	Sorte	Variante	Lysin [%]	Methionin [%]	Cystein [%]	Threonin [%]
191	Rektor	0 h	0,38	0,18	0,30	0,34
193	Rektor	48 h	0,41	0,18	0,30	0,34
194	Rektor	72 h	0,47	0,18	0,29	0,35
195	Rektor	96 h	0,52	0,2	0,27	0,37
k 211	Rektor	KA (48 h)	0,42	0,18	0,29	0,34

Tab. A 32: Veränderung des Vitamin- und Folsäuregehaltes während der Keimung von Weizen (Rektor) in Feuchtekammern (0 h, 48 h, 72 h, 96 h bei 20 °C) bzw. im Keimautomaten (BK8)

Labor Nr.	Variante	Vitamin B1 [mg/kg]	Vitamin B2 [mg/kg]	Vitamin B6 [mg/kg]	Vitamin E [mg/kg]	Vitamin K1 [µg/kg]	Vitamin C [mg/kg]	Folsäure [µg/kg]
191	0 h	5,5	0,8	0,7	12,5	15	9,9	244
193	48 h	5,7	1,3	0,9	13,9	24	30,6	182
194	72 h	6,6	2,3	1,1	14,0	52	38,4	347
195	96 h	6,8	2,9	1,4	15,9	170	47,6	559
k 211	KA (48 h)	6,9	1,7	0,8	12,6	22	21,9	

Tab. A 33: Einfluss der Feuchtigkeitsstufen im Keimautomat (BK8) auf die α -Amylaseaktivität in Weizenkeimlingen (Drifter)

Labor Nr.	Sorte	Variante	α -Amylaseaktivität [Ceralpha-U/g TM]
k73 - k90	Drifter	FS +3; 3 kg	18,32
k91 - k108	Drifter	FS -3; 3 kg	32,11
k148 - k149	Drifter	FS 0; 3 kg	28,24