

Hafer als Reis des Nordens

Oat Rice of the North

FKZ: 14OE013

Projektnehmer:

Gesellschaft für goetheanistische Forschung e.V.

Getreidezüchtungsforschung Darzau

Darzau Hof 1, 29490 Neu Darchau

Tel.: +49 5853 98098-0

Fax: +49 5853 98098-29

E-Mail: office@darzau.de

Internet: www.darzau.de

Autorin:

Pfeiffer, Tabea

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

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

Abschlussbericht:

Zum Forschungsprojekt Hafer als Reis des Nordens

Aktenzeichen: 312-06.01-2814OE013



Laufzeit und Berichtszeitraum: 01.03.2016 – 28.02.2017

**Vorgelegt von:
M.Sc. Tabea Pfeiffer
am 3. März 2017**

Anschrift:

Gesellschaft für goethenistische Forschung e.V.,
Getreidezüchtungsforschung Darzau, Dr. Karl-Josef Müller, M.Sc. Tabea
Pfeiffer, 29490 Neu Darchau, Darzau Hof 1, Fon: 05853 -98098-14,
t.pfeiffer@darzau.de, www.darzau.de

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

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Kurzfassung

Mit dieser Untersuchung wurden die Voraussetzungen geschaffen, um Nackthafer unter Anwendung eines für diese Getreideart neuen und schonenden, hydrothermischen Aufschlussverfahrens zu einem besonders gesundheitsverträglichen Kochgetreide aus inländisch ökologischer Erzeugung verarbeiten zu können. Auf Grundlage der Ergebnisse erhalten Unternehmen der Ernährungswirtschaft Hinweise, was zu beachten ist, um ausgehend von der Projektidee ein vermarktungsfähiges Produkt insbesondere für ernährungsbewusste Verbraucher zu erzeugen, die ökologische Erzeugung, Regionalität und glutenfreie Ernährung schätzen. Im Kern der Untersuchung stand die Frage nach der Ausbeute an vermarktbarer Ware unter Berücksichtigung von Sorteneigenschaften, wie Korngröße, Kornsortierung, Stärkeviskosität, Farbe nach Aufschluss, Poliergrad und Ertrag. Hierfür wurden sowohl ein Verfahren entwickelt als auch ein Probensortiment von über hundert Nackt- und Spelzhafer unter ökologischen Bedingungen angebaut und sowohl auf die Eignung im hydrothermischen Aufschlussverfahren als auch zum Anbau unter ökologischen Bedingungen getestet. Es wurden die rohstoffbezogene Ausbeute und die prozentualen Abzüge ermittelt. Voraussetzungen für eine hohe Ausbeute in der Verfahrensumsetzung sind in erster Linie Erntepartien mit wenig bespelzten Körnern und mit wenig Körner kleiner 1,8 mm. Bezüglich der Qualität können insbesondere Sortenempfehlungen ausgesprochen werden. Wird ein ökologischer Anbau angestrebt sind die Merkmale starke Beikrautunterdrückung und hohe Saatgutgesundheit mit zu berücksichtigen. Im Zusammenführen von Anbauwürdigkeit und Verarbeitungwürdigkeit ist *Talkunar*, gefolgt von *Nusso*, die am besten geeignete Hafersorte. Sie realisiert eine ausgewogene Kombination einer hohen Ausbeute und geringer Abzüge mit einer hohen Qualität. Zusätzlich verfügt sie über eine starke Beikrautunterdrückung und eine Flugbrandresistenz (*Ustilago avenae*).

Abstract

Cereals for cooking are interesting products especially for costumers, who care about a healthy nutrition with regionally and organically grown products. Additionally, more and more people are sensitive against gluten and therefore eat gluten-free cereals like rice, but rice can't be grown locally. Oat could be an interesting alternative but it's cooking time is too long for the modern kitchen. Till now there was no known procedure to parboil oat for reducing the cooking time and improving the taste. This investigation was examining the requirements to produce a hydro-thermic processed naked oat. The aim was to give cereal processing companies suggestions concerning the topic of process design as well as needed quality traits of oat row material. Questions about the degree of polishing, the grain sizes, the grain sorting, the color after the process, the starch viscosity and the yield have been discussed. For this issue, more than hundred naked and some hulled oats where grown under organic conditions to evaluate, whether they are suitable to be cultivated in the organic system, and to generate testing material for the variety tests of the parboiling process. During the project the procedure was optimized. The yield rate was calculated by determine deductions like hulled kernels, kernels smaller than 1.8 mm sized sieves, dust from polishing and lost weight during drying. In particular, the hulled grains in typical naked oat samples and those smaller than 1.8 mm in size caused major losses. Concerning these qualities there is a strong variety effect. *Talkunar* was a variety with a good quality combined with a high yielding rate. With its high potential of suppressing weeds and its resistance against loose smut (*Ustilago avenae*) it is the top choice for organically grown parboiled oat, followed by *Nusso*.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	v
1. Einführung	1
1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes	1
1.2 Planung und Ablauf des Projektes	2
1.2.1 Arbeitsteilung/Zusammenarbeit mit Dritten.....	2
2. Ausgangssituation und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	2
3. Material Methoden	4
3.1 Sortiment	4
Feldanbau/Ertragsprüfung	4
3.1.1 Standortbedingungen.....	4
3.1.2 Versuchsaufbau	4
3.1.3 Messgrößen in Bezug auf den Anbauversuch	4
3.1.4 Ernteaufbereitung	5
3.2 Hydrothermischer Aufschluss	6
3.2.1 Vorgehen Verfahrensoptimierung.....	6
3.2.2 Vorgehensweise beim Vergleich von Sorten und Linien	7
3.2.3 Bestimmung der Glasigkeit.....	7
3.2.4 Helligkeit und Poliergrad	7
3.2.5 Verkostung	7
3.2.6 Laboranalysen	8
3.2.7 Statistische Auswertung	8
4. Darstellung der wichtigsten Ergebnisse.....	9
4.1 Feldanbau	9
4.2 Verfahrensoptimierung.....	11
4.3 Sortentestungen	13
4.3.1 Abzüge.....	13
4.3.2 Ausbeute	14
4.3.3 Qualität.....	16
4.4 Laboranalysen und Zusammenhänge	18
5. Diskussion	19
5.1 Verfahrensoptimierung	19
5.2 Sortenunterschiede.....	20
5.3 Sortenempfehlung	20
5.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	22
5.5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den erreichten Zielen	23
6. Zusammenfassung	24
Literaturverzeichnis.....	25
Anhang	I

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	analysis of variance
BBCH	Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie
bzw.	beziehungsweise
dt/ha	Dezitonnen/Hektar
df	Freiheitsgrad
FM	Frischmasse
h	Stunden
min	Minuten
Mio.	Million
Mittw.	Mittelwert
P_{korr}	Pearson-Korrelationskoeffizient
std.	Standardabweichung
rvu	rapid-visco-units
TKG	Tausendkorngewicht
TKM	Tausendkornmasse
TM	Trockenmasse
ü.NN	über dem Meeresspiegel

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Vorausgesagte Mittelwerte der Brutto-FM-Erträge mit geschätztem Effekt des SPATIAL-Modells..</i>	9
<i>Abbildung 2: Zu berücksichtigende Abzüge bei der „Parboiled Oat“-Herstellung nach Sorten in %.....</i>	14
<i>Abbildung 3: Ausbeute und zu berücksichtigende Abzüge bei der „Parboiled Oat“-Herstellung in dt/ha</i>	15
<i>Abbildung 4: Qualität des Gelatinierens bei der „Parboiled Oat“-Herstellung</i>	17
<i>Abbildung 5: Übersicht über den Erfolg der Verkleisterung der Stärke.....</i>	18

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Boniturschlüssel des Anteils bespelzten Nack- und Spelzthaferkörner als auch der Abzuf für spelzenfreie Rohware in %</i>	6
<i>Tabelle 2: Klassen der Feldparameter</i>	10
<i>Tabelle 3: Variation der Wassermenge beim Einweichen</i>	11
<i>Tabelle 4: Variation der Einweichzeit in 6 Stufen</i>	11
<i>Tabelle 5: Variation der Gelatinierzeit in 8 Stufen</i>	12
<i>Tabelle 6: Variation der Trocknungszeit in 5 Stufen.....</i>	12
<i>Tabelle 7: Variation der Polierzeit in 7 Stufen</i>	12
<i>Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Abzüge in %.....</i>	13
<i>Tabelle 9: Deskriptive Statistik der Abzüge in dt/ha</i>	15
<i>Tabelle 10: Korrelation des Polierverlusts mit den Korngrößenfraktionen und der Ausbeute</i>	16
<i>Tabelle 11: Deskriptive Statistik der Qualitätsmerkmale</i>	16
<i>Tabelle 12: Klassen der Merkmal Ausbeute, glasige, mehlig, verbrannte Körner und Weißgrad der Sorten.....</i>	21
<i>Tabelle I: Ergebnis-Übersicht aller Sorten des Anbaus und im hydro-thermischen Aufschlussverfahren</i>	I
<i>Tabelle II: Merkmale der Qualität, Quantität des parboiled Hafers und der Anbaueigenschaften in Noten</i>	III
<i>Tabelle III: Deskriptive Statistik der Feldparameter</i>	V

1. Einführung

Angesichts der Nachfrage nach glutenfreien Produkten rücken Getreidearten jenseits des Weizens stark in den Fokus. Gleichzeitig legen Verbraucher immer stärkeren Wert auf eine ökologische und regionale Produktion. Nudeln sind inzwischen nicht nur aus anderen Getreidearten wie Dinkel, Hafer, Reis und Mais erhältlich, sondern auch aus Linsen und Erbsen. Erweiterungen des Kochgetreidesortiments als Alternativen zu Reis sind bisher noch deutlich unterrepräsentiert, bieten aber ein authentischeres Potential. Aufgrund seiner klimatischen Ansprüche kann Reis (*Oryza sativa*) nicht nördlich der Alpen angebaut werden, ein regionales Produkt ist hier also nicht möglich. Allerdings kann Hafer (*Avena sativa*) als Kochgetreide eine interessante Alternative sein. Ganz besonders deshalb, weil er prinzipiell auch für glutensensitive Allergiker (Weizen-, Dinkel-, Emmer-, Einkorn-, Roggen-, Gersten-Empfindsame) in Frage kommt, was ihn besonders gesundheitsverträglich macht. Umwelt- und ernährungsbewusste Verbraucher können damit angesprochen werden. Im Unterschied zum Reis ist das Haferkorn in der Konsistenz aber deutlich weicher. Daher bedarf es zur Verwendung von für die moderne Küche geeignetem Kochhafer eines neuartigen Verfahrens zur vorherigen Aufbereitung der Rohware. In diesem Projekt wurde die Entwicklung eines für den Hafer geeigneten Aufschlussverfahrens zur Reduzierung der Kochzeit, sowie Erhöhung der Produktqualität und Schmackhaftigkeit verfolgt. Ziel war hierbei auf Grundlage der Produktidee eines gesundheitsverträglichen Kochgetreides aus inländisch ökologischer Erzeugung ein für die getreideverarbeitende Industrie anwendbares hydrothermisches Aufschlussverfahren mit konkreten Umsetzungsvorschlägen zu entwickeln.

1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Unter Anwendung eines hydrothermischen Aufschlussverfahrens im Labormaßstab sollten circa einhundert ausgewählte Sorten, Zuchtstämme und genetische Ressourcen von Nackthafer untersucht werden, nachdem sie zuvor unter Ökobedingungen in Feldversuchspartellen angebaut worden waren. Im Kern der Untersuchung stand die Frage nach der Ausbeute an vermarktbarer Ware unter Berücksichtigung von Sorteneigenschaften, wie Korngröße, Kornsortierung, Stärkeviskosität, Farbe nach Aufschluss, Polierfähigkeit bzw. Poliergrad und nicht zuletzt Ertrag. Die Ergebnisse sollten getreideverarbeitenden Unternehmen Grundlagen an die Hand geben, um die Umsetzung der Produktidee "Hafer als Kochgetreide" vom Rohstoff in ein Handelsprodukt für die moderne Küche in Angriff nehmen zu können. Damit könnten insbesondere ernährungsbewusste Verbraucher angesprochen werden, die ökologische Erzeugung, Regionalität und glutenfreie Ernährung schätzen. Das Vorhaben leistet einen Beitrag zu "Besonders nachhaltige Verarbeitungs- und Vermarktungsformen für hochwertige Agrarprodukte", wie sie unter Punkt 2.2. der 'Richtlinie zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer für eine nachhaltige Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung von landwirtschaftlichen Produkten vom 04. Juni 2014 fallen.

Das Projekt befasste sich mit folgenden Fragestellungen:

1. Gibt es Sortenunterschiede im Hinblick auf die Ausbeute bzw. von welchen Parametern (Kornform, Polierbarkeit, Korngröße) ist die Ausbeute abhängig, so dass gezielt nach geeigneten Rohstoffpartien für eine Verfahrensumsetzung gesucht werden kann?
2. Kann die Farbgebung des Endproduktes durch die Sortenwahl beeinflusst werden bzw. gibt es Sortenunterschiede, welche die Farbgebung beeinflussen? Ist die Stärkeviskosität dafür von Bedeutung?
3. In welchem Verhältnis stehen mögliche Qualitätsverbesserungen durch die Sortenwahl in Relation zum Rohstoffpreis, sofern dieser durch den potentiellen Ertrag einer Sorte determiniert wird?

4. Abschließend sollte festgestellt werden, welche Nackthaferarten für die Umsetzung in eine Art Haferreis in Frage kommen bzw. welche Sorteneigenschaften insbesondere auch unter Berücksichtigung einer ökologischen Erzeugung für das Verfahren zu beachten sind?

1.2 Planung und Ablauf des Projektes

Das Projekt konnte im zeitlich gesetzten Rahmen durchgeführt werden. Der Zeitpunkt, die Reihenfolge und die Dauer der Arbeitsschritte musste gegenüber der Darstellung bei Antragstellung modifiziert werden. Zu Projektbeginn wurden von März bis Mai die Verfahrensschritte zum hydrothermischen Aufschluss optimiert und die Methoden für die Bestimmung der Gelatinierungsqualität und der Kornparameter ausgearbeitet und festgelegt. In einer Ertragsprüfung wurde sowohl das Ertragspotential des gesamten Probenspektrums getestet als auch das Probenmaterial für die Untersuchungen gewonnen. Der Versuchsanbau erfolgte von Mitte April bis Mitte August am Versuchsstandort Köhlingen der Getreidezüchtungsforschung Darzau unter Berücksichtigung aller für eine Sortendifferenzierung unter agronomischen Gesichtspunkten erforderlicher Parameter (Bodenbedeckungsgrad und Bestandeshöhe in der Jugendentwicklung, auftretende Krankheiten, Datum des Rispschiebens, Pflanzenlänge, Standfestigkeit, Flissigkeit). Die Anbauvorbereitungen wurden Anfang März durchgeführt. Im Anschluss an den Parzellendrusch wurde das Erntegut getrocknet, gewogen und für weitere Analysen gereinigt. Es folgte die Bestimmung des Tausendkorngewichts, der Trockenmasse und der Siebsortierung zur Feststellung der Korngrößenverteilung und eine Bonitur der Kornbehaarung, die im September und Oktober durchgeführt wurden. Von Ende Oktober bis Dezember wurden die Sortentestungen im hydrothermischen Aufschlussverfahren durchgeführt, sowie der Gelatinierungsgrad und die Kornfarbe des Endprodukts bewertet. Im November wurde parallel zu den Aufschlussverfahren die Stärkeviskosität und im Januar der Gehalt an löslichen Ballaststoffen bestimmt. Ende Januar wurde mit der Datenaufbereitung begonnen und im Februar der Schlussbericht geschrieben, sowie Vorbereitungen zu einer Publikation in einer Fachzeitschrift getroffen. Vom 15. bis 17. Februar 2017 wurden auf der Messe Biofach in Nürnberg an vorher vereinbarten Terminen bei in Frage kommenden Unternehmen die Ergebnisse bekannt gemacht und über eine mögliche Realisierung gesprochen.

1.2.1 Arbeitsteilung/Zusammenarbeit mit Dritten

Als Partner für Wissensaustausch und Kommunikation zwischen Wissenschaft und Praxis waren zu Beginn des Projektes zwei Firmen, welche sich die verfahrenstechnische Umsetzung hätten aufteilen können, gewonnen worden. Bei einem Treffen am 18. Mai 2016 mit dem für den hydrothermischen Aufschluss vorgesehenen Partner wurde überraschenderweise für den Hafer als Rohware sowohl ein Halal- als auch ein Koscher-Zertifikat gefordert, um Versuchsreihen fahren zu können. Da sich dieser Partner nur als Auftragnehmer und nicht als risikobereiter Entwicklungspartner sah, hing nun alles von dem anderen Partner ab, der sich um Endbearbeitung, Verpackung und Vertrieb hätte kümmern sollen. Daraufhin verabschiedete sich auch dieser Partner am 21. Juli 2016 aus dem gemeinsamen Projekt. Die Suche nach einem neuen Partner führte dann zu einer Vorstellung des Vorhabens am 31. Oktober 2016 bei einer ökogetreideverarbeitenden Firma, die mit regem Interesse die praktische Umsetzung zu einem marktfähigen Produkt in Angriff genommen hat.

2. Ausgangssituation und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Zur Verfolgung der Ausgangsidee eines Hafers als Reis des Norden ist ein Vergleich der Kornqualitäten von Reis und Hafer notwendig. Ein unbehandeltes, ohne Spelz vorliegendes Haferkorn kann im Besonderen bezüglich der Kochzeiten von knapp unter einer Stunde mit Vollkornreis verglichen werden. Vollkornprodukte sprechen sowohl mit ihren Anforderungen an die Kochzeit als auch geschmacklich nur einen kleinen Teil der Verbraucher an. Reis wird

überwiegend in verschiedenen Aufbereitungsstufen vermarktet. Bei einer Aufbereitung von Hafer fällt auf, dass im Unterschied zum Reis das Haferkorn in der Konsistenz deutlich weicher ist. Daher entstehen bei der Aufbereitung, sofern der übliche Spelzhafer dafür verwendet wird, sehr hohe Bruchverluste im Entspelzungsvorgang (Welch 1995) bzw. bei der Politur. Die sogenannten Nackthafer wären daher prinzipiell besser geeignet, da sie bereits beim Drusch aus den Spelzen herausfallen. Hafer enthält einerseits sehr viel mehr lösliche Ballaststoffe als Reis, was verdauungsfördernd ist, andererseits aber auch mehr Fettsäuren, wodurch er zu Ranzigkeit neigt, sobald die äußeren Kornschichten leicht beschädigt werden (Welch 1995). Deshalb zielt die Wärmebehandlung in der Haferflockenherstellung auf eine Denaturierung der fettspaltenden Enzyme (Heiss 1991). Wenn nun die Stärke eines Nackthafer ähnlich wie beim "Parboiled Rice" (Heiss 1991) physikalisch gelatinisiert wird, kann das Korn härter und dadurch für eine Polierung geeigneter gemacht werden. Durch die dabei zugleich stattfindende Denaturierung der Enzyme im Korn sinkt auch die Neigung zur Ranzigkeit rapide. Nach dem Polieren liegt dann ein Korn vor, das den Anforderungen moderner Kochgewohnheiten mit einer Zubereitungszeit von 15 Minuten bestens gerecht wird. Dass dies prinzipiell möglich ist, war in der Getreidezüchtungsforschung Darzau bereits in Vorversuchen erprobt worden. Ein erstes anwendbares Laborverfahren auf der Basis einer 50 g Körnerprobe zur Herstellung eines "Parboiled Oat" bis zum Endverbraucherzustand bildete somit die Ausgangssituation. Mit hydrothermischem Aufschluss von verschiedenem Getreide als auch bespelztem Hafer beschäftigte sich Klaus Werder Mitte der 80er Jahre zunächst in der Firma Bauck und anschließend in der Firma Erdmannhauser (Schrot und Korn 1997). Die unveröffentlichten, vom inzwischen verstorbenen Klaus Werder entwickelten Verfahrensabläufe, für den Aufschluss von Spelzhafer waren in der Getreidezüchtungsforschung Darzau bekannt. Nicht ohne Grund entstand aus diesem Verfahren, dem Spelzhafer zu Grunde lag, dazumal ein Hafermehlprodukt zur Ernährung "in besonderen Lebenslagen" (Produktbezeichnung: TAU wie Thermisch AUfgeschlossen). Um ein Hafermehl herzustellen, spielt die Unversehrtheit der Körner keine Rolle. Dafür kann vom kleinsten bis zum größten Bruchkorn alles verwendet werden. TAU ist ein besonders hochpreisiges Produkt, was auf die Komplexität des Verfahrensablaufs zurückzuführen ist. Selbst mit verfahrenstechnischen Optimierungen kommt dieses Verfahren für eine Art 'Parboiled Oat' für den täglichen Bedarf als Beilage nicht in Frage. Zu diesem Thema lagen sehr wenige Informationen vor und die Entwicklung eines neuen Verfahrens war demnach unumgänglich.

3. Material Methoden

3.1 Sortiment

Im Feldversuch wurden insgesamt 165 Sorten und Linien angebaut, davon 111 Nackt- und 54 Spelzhafer (Anhang Tabelle I). Das Sortiment für die Prüfung im hydrothermischen Aufschlussverfahren enthielt 108 Proben. In erster Linie bestand es aus den Nackthaferarten und -linien des Anbauversuchs. Von den 111 Nackthafersorten wurden 16 aufgrund offensichtlicher Mängel im Feldversuchsanbau ausgeschieden und allzu nahverwandte Prüfglieder wurden auf einen Vertreter reduziert. Bei Antragsstellung noch nicht in Sicht konnte ein Züchterkollege (Ben Schmehe, Dottenfelderhof, Züchtung und Forschung Landbauschule e.V.) gefunden werden, der 14 der angebauten Spelzhafer in zwei Wiederholungen mit einem Pressluftschäler der Firma Streckel & Schrader entspelzen konnte. Noch enthaltene bespelzte Körner wurden zur weiteren untersuchen von Hand entfernt. Auch wenn mit der Subtraktion der Ausputzmenge nach Entspelzung vom Rohgewicht keine direkten Schlüsse im Hinblick auf den Marktwareanteil nach dem Schälen bei industrieller Produktion möglich ist, geben sie doch Anhaltspunkte, ob ein hydrothermischer Aufschluss von Spelzhafer grundsätzlich möglich ist. Von den dann noch 92 Nackthafersorten und den 14 entspelzten Spelzhaferarten wurden über alle vorhandenen Wiederholungen gleichanteilige Mischproben aus den Wiederholungspartellen erstellt. Zusätzlich wurden für den Sortentest noch ein geschälter Spelz- und ein Nackthafer aus dem Naturkost Einzelhandel hinzugezogen. Von diesen wurde zusätzlich zu den Parametern des Verfahrens die Korngrößenverteilung bestimmt. Das Probensortiment für die Sortentestung umfasste demnach 108 Prüfglieder.

Feldanbau/Ertragsprüfung

3.1.1 Standortbedingungen

Durchgeführt wurde der Versuch auf einer Fläche der LÜBio GBR am Standort Köhlingen in der Gemeinde Tosterglope, Landkreis Lüneburg, Niedersachsen. Die Bodenart war ein humoser sandiger Lehm und verfügte über durchschnittlich 45 Bodenpunkte. Der Schlag wird seit 2000 ausschließlich ökologisch bewirtschaftet. Der pH-Wert liegt bei 5,19. Köhlingen befindet sich 81 m ü.NN und weist eine durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge von 640 mm auf. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 9,1°C. Der Versuch befand sich innerhalb einer ökologischen Fruchtfolge, wobei Kartoffel die Vorrucht darstellte.

3.1.2 Versuchsaufbau

Der Versuch wurde in einer randomisierten Blockanlage im Zeilen-Spalten-System mit drei Wiederholungen angelegt. In der ersten Wiederholung standen 165 Prüfglieder, davon 111 Nackt- und 54 Spelzhafer. In der zweiten Wiederholung standen 163 (davon 109 Nackt- und 54 Spelzhafer) und in der dritten 122 (davon 19 Spelz- und 103 Nackthafer) Sorten/Linien. Die Parzellengröße betrug 4 m². Nach dem Pflügen am 11. April 2016 fand am 16. April 2016 in Kombination mit einer Kreiselegge die Aussaat statt. Die Saatstärke lag bei Nackthafer bei 420 Körner/m² und bei Spelzhafer bei 350 Körner/m², der Drillreihenabstand betrug 20 cm. Während der Vegetationsperiode wurde auf Beikrautregulierung, wie Hacken oder Striegeln verzichtet. Die Ernte erfolgte am 14. August 2016.

3.1.3 Messgrößen in Bezug auf den Anbauversuch

Um die Anbauwürdigkeit der Haferarten und -linien im ökologischen Anbau auf dem Standort Köhlingen zu prüfen, wurden im Versuchsjahr 2016 die folgenden Parameter erhoben: Bedeckungsgrade des Hafers, Wuchstyp, Bestandeshöhen, Datum des Rispschiebens, Breite und Länge des Fahnenblattes, Flüssigkeit der Rispe und Standfestigkeit. Die Krankheiten Haferröte und der saatgutübertragene Haferflugbrand (*Ustilago avenae*) wurden ebenfalls bonitiert. Ein sehr geringfügiger Befall von Einzelpflanzen mit Haferkronenrost (*Puccinia coronata* var. *Avenae*), Helminthosporium (HTR)-Blattdürre und Mehltau (*Blumeria*

graminis) konnte aufgrund einer nur schwachen Ausprägung im Hinblick auf die Verschiedenartigkeit der Prüfglieder nicht ausreichend unterscheidbar bonitiert werden.

Der Bedeckungsgrad des Sommerhafers wurde einmal im Vegetationsverlauf mit einem 31,6 cm x 31,6 cm (0,1 m²) großen Schätzrahmen ermittelt. Dabei wurde jeweils einmal je Parzelle die Bedeckung mit Hafer geschätzt. Die Schätzungen erfolgten am 1. Juni 2016 zur Bestockung im Übergang zum Schossen (BBCH 23-32). In einer endpunktbasierter Schätzung mit neun Stufen wurde am 27. Mai zum Ende der Bestockung (BBCH 23-32) eine Bestimmung des Registermerkmals Wuchstyp in der ersten Wiederholung durchgeführt. Dieser wurde nach der Skala des Bundessortenamtes geschätzt. Dabei galt die Note eins als aufrecht und die Note neun als liegend.

Die Bestandeshöhe wurde am 25. Mai zum Ende der Bestockung (BBCH 23-32) und am 6. Juli zur Milch- bis Teigreife (BBCH 70-87) gemessen. Für die Messung wurde pro Parzelle an drei repräsentativen Stellen jeweils die höchste Pflanze am Messpunkt ihrer hochragendsten Stelle gemessen. Zwischen dem 7 und dem 19 Juni wurde das Datum des Rispschiebens erfasst. Das Auftreten der Haferröte wurde mit einer endpunktbasierter Schätzung von eins bis sechs in allen drei Wiederholungen am 7. Juli bestimmt. Am 8. Juli wurde die Fahnenblattbreite und -länge in der ersten Wiederholung an repräsentativen Pflanzen gemessen. Am 23. Juli wurde in der ersten Wiederholung des Versuches die Flissigkeit des Hafers bonitiert. Da im ganzen Versuch kein Lager auftrat, konnte die Standfestigkeit nur anhand der Widerstandskraft beim Niederdrücken mit einem Stock kurz vor der Ernte bonitiert werden. Die Ernte des Hafers erfolgte am 14. August 2016 mit dem Parzellenmähdrescher.

3.1.4 Ernteaufbereitung

Das Erntegut wurde auf einer Satz Trocknung mit Luft auf 14% nachgetrocknet und anschließend mit dem Windsichter gereinigt. Vor (Brutto) und nach (Netto) der Reinigung wurde gewogen. Für die Trockenmasse-Bestimmung (TM) des Haferertrags wurde der Feuchtegehalt des Hafers bestimmt. Hierfür wurden von den Nettoproben eine Auswahl von 85 Prüfgliedern der ersten Wiederholung ca. 10 g im Trockenschrank 48 Stunden bei 105°C getrocknet und die durchschnittliche TM ermittelt. Unter Berücksichtigung der Parzellengröße wurde der Ertrag auf dt/ha je Parzelle hochgerechnet. Daraufhin wurde statistisch der Ertrag in dt/ha ermittelt.

Für die Ermittlung des TKG wurden mit einem Körnerzählgerät 100 Körner gezählt und jeweils mit einer auf 10 mg genauen Waage gewogen. Daraus wurde das Tausendkorngewicht errechnet. Für die Bestimmung der Korngrößenverteilung wurden 60 g des Netto-Ertrags des jeweiligen Prüfgliedes 45 Sekunden von Hand durch fünf gestapelte Handsiebe geschüttelt. Die Siebe hatten die Lochgrößen 2,5 mm, 2,2 mm, 2,0 mm und 1,8 mm. Fünf Fraktionen konnten so in g bestimmt werden: >2,5 mm, >2,2 mm, >2,0 mm >1,8 mm und <1,8 mm. Dazu wurde eine bis auf 1 mg genaue Waage verwendet. Die Behaarung der Nackthaferkörner wurde mit einem Binokular (10X-30X) bestimmt. Es wurden skalierte Noten von eins bis neun vergeben, wobei eins keine Haare bedeutet und neun extrem behaart. Es wurde jeweils eine Probemenge von ca. 100 Körnern bestimmt. Die Boniturnote bezog sich auf die Gesamtprobe und nicht auf Einzelkörner.

Für die Spelzigkeit des Hafers wurden Noten von eins bis neun vergeben, wobei eins, keine bespelzten Körner und neun, alle Körner bespelzt bedeutet. In nachfolgendem Boniturschlüssel ist eine Skala dargestellt (siehe Tabelle 1). Die Prozentzahlen geben den auf Grundlage von Stichproben geschätzten Gewichtsanteil wieder. Diese wurden für die Errechnung der spelzenfreien Rohware verwandt. Hierfür wurde von den 14 geschälten Spelzhafern der exakte Ausputzwert abgezogen, wobei die von Hand ausgelesenen übrigen bespelzten Körner nicht mit einbezogen wurden. Für die restlichen Spelzhafer wurde der Mittelwert aus allen geschälten (42,83%) angenommen. Die Ausbeute des Spelzhafers kann daher nur als eingeschränkt repräsentativ für die Praxis angesehen werden.

Tabelle 1: Boniturschlüssel des Anteils bespelzten Nackt- und Spelzhaferkörner als auch der Abzug für spelzenfreie Rohware in % (*=siehe Anmerkungen im Text zum Umgang mit Spelzhafer)

Boniturnote	Boniturschlüssel	Abzug für spelzenfreie Rohware in %
1	<1%	0,1
2	1-3,4%	2,2
3	3,5-7,4%	5,54
4	7,5-14%	10,75
5	15-29%	22
6	30-49	39,5
7	50-74	62
8	75-99	87
9	100%	42,83*

3.2 Hydrothermischer Aufschluss

Der hydrothermische Aufschluss wurde im Trockenschrank vollzogen. Als Versuchsgefäße dienten Aluminiumschälchen in verschiedenen Größen.

3.2.1 Vorgehen Verfahrensoptimierung

Aus den Vorversuchen lag als Rezept für die Herstellung von Hafereise Folgendes vor:

Nackthafer wird mit 60% Wasser für 14 Stunden eingeweicht. Das Restwasser wird abgeschüttet. Bei 85°C werden die Proben dann einem Aluminiumtöpfchen, das mit Aluminiumfolie verschlossen ist vier bis fünf Stunden erhitzt und dann für fünf Stunden bei 85°C rückgetrocknet. Nach dem Abkühlen der Proben werden sie 55 Sekunden im Reispolierer (INDOSAW: Rice Polisher, OSAW INDUSTRIAL PRODUCTS PVT. LTD.) poliert.

In einer praxisorientierten Versuchsreihe wurden die vier Verfahrensschritte durch variieren je eines Faktors anhand der Sorte *Talkunar* aus dem Anbaujahr 2015 überprüft und hinsichtlich der Qualität, dem Ressourcen- und Energieverbrauch optimiert.

Ein Vorversuch hatte ergeben, dass eine verwendete Wassermenge zum Einweichen von 20 ml zu wenig ist und Wassermengen über 40 ml nicht notwendig sind, um alle Körner gleichmäßig zu durchfeuchten. In einem Versuch wurden der Unterschied des Gelatinierens und der Polierzeit in Abhängigkeit zur Wassermenge ermittelt. Hierfür wurde die Wassermenge in zwei Varianten mit 30 ml beziehungsweise 40 ml gewählt und in sechs Wiederholungen geprüft. Die Proben wurden 16 h 50 min eingeweicht, fünf Stunden hydrothermisch aufgeschlossen und sechs Stunden rückgetrocknet (siehe Tabelle 3).

Im Versuch zur Einweichzeit wurde je eine 40 g Probe mit 40 ml Wasser und die Einweichzeit in fünf Schritten von 10 h 55 min bis 20 h 40 min variiert. Daraufhin wurden die Proben fünf Stunden im Trockenschrank bei 85°C hydrothermisch aufgeschlossen und anschließend bei 75°C sechs Stunden getrocknet und 55 Sekunden poliert. Im Anschluss wurde die Glasigkeit der Körner mit dem Kornschneider nach Pohl bestimmt (siehe Tabelle 4).

Im dritten Versuch wurde die Zeit, die zum hydrothermischen Aufschluss benötigt wird stufenweise untersucht. Alle Proben je 40 g wurden mit 40 ml Wasser 16 h 20 min eingeweicht. Die Proben wurden in je zwei Wiederholungen von einer bis acht Stunden (siehe Tabelle Ergebnisse) im Trockenschrank bei 85°C gelatinisiert, sechs Stunden rückgetrocknet und 55 Sekunden poliert. Im Anschluss wurde mit dem Kornschneider nach Pohl der Anteil der glasigen Körner bestimmt (siehe Tabelle 5).

Im vierten Versuch wurden die Zeit, die zur Rücktrocknung auf einen Feuchtegehalt kleiner 12% benötigt wird ermittelt. Die Proben wurden 16 Stunden eingeweicht. Fünf Stunden

gelatiniert und vier bis acht Stunden rückgetrocknet. Im Anschluss wurde von einem Teil der Probe die Trockenmasse bestimmt, der Rest wurde 55 Sekunden poliert (siehe Tabelle 6).

In einem fünften Versuch wurde die Polierzeit variiert. Ziel war es, den Verlust soweit wie möglich zu minimieren. Die Helligkeit der polierten Körner als auch die Konsistenz nach dem Polieren und Zubereiten dienten als Qualitätsmaßstab. Der Nackthafer wurde 15 Stunden eingeweicht, fünf Stunden gelatiniert, sechs Stunden rückgetrocknet und 30 bis 60 Sekunden poliert.

Es wurde stets die vom unbehandelten Korn aufgenommene Wassermenge, das Gewicht vor und nach dem Polieren und der Prozentsatz der glasigen Körner ermittelt. Im Versuch zur Ermittlung der optimalen Trockenzeit wurde zusätzlich der Restfeuchtegehalt der Proben ermittelt. Hierfür wurden ca. 6 g des nicht polierten aber hydrothermisch aufgeschlossenen Hafers für 48 Stunden bei 105°C im Trockenschrank getrocknet. Aus der Differenz des Probengewichtes vorher und nachher wurde der Feuchtegehalt errechnet.

3.2.2 Vorgehensweise beim Vergleich von Sorten und Linien

In 18 Chargen wurden 109 Prüfglieder davon 94 Nackthafer (einer davon aus dem Naturkosthandel) und 15 entspelzte Spelzhafer (einer davon aus dem Naturkosthandel) mit zwei Wiederholungen im Trockenschrank hydrothermisch aufgeschlossen und rückgetrocknet. *Talkunar* aus dem Anbau Jahr 2015 war in jeder Charge als Standard enthalten. Aufgrund der Ergebnisse wurde das Verfahren für die Sortentests im Aufschlussverfahren wie folgt bestimmt:

40 g der jeweiligen Sorte wurde mit 40 ml Wasser für 15 h bis 17 h 30 min in einem mit Aluminiumfolie verschlossenen Versuchstöpfchen aus Aluminium eingeweicht, das Restwasser wurde abgegossen und gemessen. Daraufhin wurden die mit Aluminiumfolie abgedeckten Proben bei 85°C für fünf Stunden im Trockenschrank hydrothermisch aufgeschlossen. Die Rücktrocknungszeit wurde auf sieben Stunden bei 75°C erhöht, um einen Feuchtegehalt von kleiner 12% gewährleisten zu können. Das Gewicht der Probe wurde nach der Rücktrocknung ermittelt. 20 g der Probe wurde 35 Sekunden im Reispolierer poliert und der Staub, der sich zum Teil mit der Kornprobe vermischt, wurde mit einem 1 mm Sieb vom Poliergut separiert. Das Gewicht wurde vor und nach dem Polieren gewogen. Auf diese Weise konnte der Polierverlust ermittelt werden.

3.2.3 Bestimmung der Glasigkeit

Mit dem Kornschneider nach Pohl wurden je 50 Körner des hydrothermisch aufbereiteten, aber unpolierten Hafers geschnitten. Daraufhin wurde durch Zählung der prozentuale Anteil der mehlig, halbglasigen und ganzglasigen Körner bestimmt, wobei die Unterscheidung visuell vollzogen wurde. Dabei wurde davon ausgegangen, dass in den glasigen Körnern das Gelatinieren der Stärke stattgefunden hatte.

3.2.4 Helligkeit und Poliergrad

Der Grad der Helligkeit des hydrothermisch behandelten Hafers wurde anhand der polierten Körner mit einer endpunktbasierter Schätzung in sechs Stufen ermittelt, wobei sechs sehr hell und eins verhältnismäßig dunkel ist. Die Gleichmäßigkeit des Poliergrads wurde nach dem hydrothermischen Aufschlussverfahren in neun Stufen ermittelt.

3.2.5 Verkostung

Um einen Eindruck über die Konsistenzigenschaften des hergestellten „Parboiled Oats“ zu bekommen, wurden je 10 g des Produktes mit 15 ml Wasser für fünf Minuten in Babyfläschchen im Wasserbad gekocht und 10 Minuten ziehen gelassen. Angelehnt an Bewertungskriterien für Reis (Yau und Huang 1996) wurden die sensorischen Merkmale „glossiness, whiteness, looseness, kernelness, roughness, hardness, stickiness“ (Yau und Huang 1996), Mehligkeit und eine Präferenz in Noten von 1 (bevorzugt) bis 6 (nicht erwünscht) bestimmt. Da die Verkostungen im Rahmen des Vorhabens mangels Möglichkeit des Einsatzes eines geschulten Testpanels nur allein von der Versuchsanstellerin

durchgeführt werden konnten, sind die dabei gewonnenen Differenzierungen lediglich als Anhaltspunkte zu verstehen, weshalb auch von einer vollständigen Darstellung der Verkostungsergebnisse abgesehen wird.

3.2.6 Laboranalysen

Die Stärkeviskosität wurde an den 108 Proben des Versuches nach dem ICC Standard Nr. 162 mit dem Rapid-Visco-Analyser (Perten) in rvu (rapid-visco-units) bestimmt. Der Gehalt an Beta-Glucan wurde an den 141 Proben der Prüfglieder enzymatisch nach dem ICC Standard Nr. 168 in % der TM ermittelt. Mit dem NIR-Gerät „Finder“ der Firma Hiperscan wurde von Mehlproben des Sortiments mit Hilfe einer von der Getreidezüchtungsforschung Darzau neu durchgeführten Kalibrierung Rohfett- und Proteingehalte bestimmt.

3.2.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit GenStat (v15.2.8821, VSNi- Software for Bioscientists) und Excel (2016, Microsoft) durchgeführt. Alle Daten, mit denen statistische Tests, die eine Normalverteilung verlangen, durchgeführt wurden, sind im Vorhinein daraufhin untersucht worden und nur im eintreffenden Falle hier dargestellt. Die varianzanalytische Berechnung des Ertrags erfolgte mit SPATIAL MODEL (REML).

4. Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Feldanbau

Die Brutto-FM-Kornerträge wurden der geostatistischen Auswertung im SPATIAL MODEL zu Grunde gelegt, da die Netto-Erträge nur von den Nackthafern erhoben worden waren und eine sehr hohe Abhängigkeit zwischen den Brutto- und Nettoerträgen vorhanden war (Regression: $r^2=0,966$; $p<0,001$). Die geschätzten Mittelwerte der FM-Erträge der 165 angebauten Sorten und Linien variierten von 12,6 bis 48,9 dt/ha bei einem Mittelwert von 28 dt/ha und einer Standardabweichung von 9,4 dt/ha. Der geschätzte Effekt lag zwischen -14 dt/ha und +22,3 dt/ha bei einem Mittelwert von 1,4 dt/ha und einer Standardabweichung von 9,4 dt/ha.

Die Spelzhafer hatten mit dem Mittelwert von 40 dt/ha einen signifikant höheren Ertrag als alle Nackthafer. In einer ANOVA konnten 80,2% (r^2 ; $p<0,00$; $n=165$) der Varianz des Ertrages durch den Bespelzungsgrad erklärt werden. In Abbildung 1 ist der Ertrag eines Teilsortiments von 29 Nackthafern und drei Spelzhafern zu sehen. Die ertragsstärksten Nackthafer sind mit 29 dt/ha *Oliver*, *Lennon*, *Amant* und *DZA0804a1* (siehe Abbildung 1).

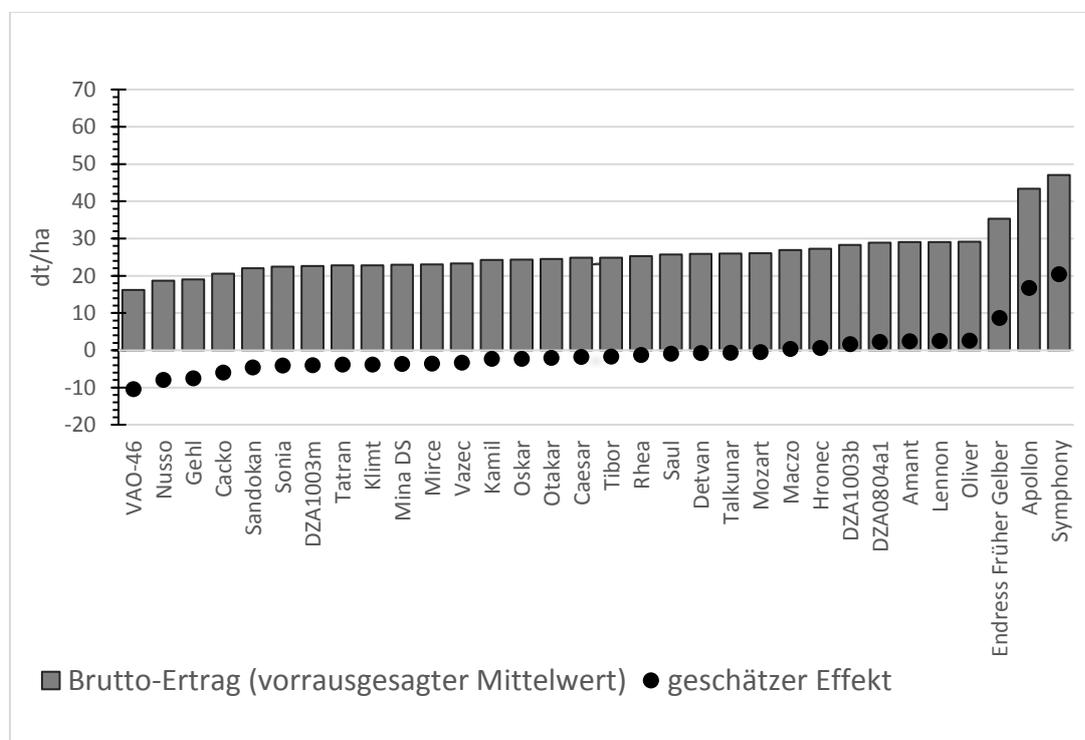


Abbildung 1: Vorausgesagte Mittelwerte der Brutto-FM-Erträge eines Teilsortiments mit geschätztem Effekt des SPATIAL-Modells

In der Getreidezüchtungsforschung Darzau wird mit der lokalen Flugbrandrasse auf Widerstandsfähigkeit gegenüber Haferflugbrand gezüchtet. Daher sind alle DZA-Linien in diesem Versuch und *Talkunar* resistent gegenüber Flugbrand. Von den Nackthafern haben ansonsten nur einige der genetischen Ressourcen aus Kanada wie zum Beispiel *Gehl* und *VAO-2* bis *VAO-68* als auch *Bul378*, *STH1011*, *Rhea* und *Pennline2005* eine Resistenz gegenüber Flugbrand (siehe Anhang, Tabelle I).

Sowohl von den Bestandeshöhen (BBCH23-32 und 70-87) als auch vom Wuchstyp und vom Bedeckungsgrad ist anzunehmen, dass sie einen Effekt auf die Beikrautunterdrückung haben. Dies ist im ökologischen Landbau als Beikrautregulierung, sowie zur Einsparung von Arbeitsgängen (Hacken, Striegeln) und Kraftstoffen wünschenswert.

Die Höhe der Hafer im Anbauversuch zum BBCH-Stadium 23 bis 32 variierte von 19,2 cm bis 31,2 cm, der Mittelwert lag bei 25 cm (n=165). Zum BBCH-Stadium 70 bis 87 unterschieden

Tabelle 2: Klassen der Merkmal Höhe (BBCH70-87), Bedeckungsgrad (BBCH23-32), Wuchstyp (BBCH23-32), Standfestigkeit und Beikrautunterdrückungs-Durchschnittsnote

Sorte/Linie	Beikraut- unterdrückungs- Note	Höhe(BBCH70-87)	Bedeckungsgrad Hafer (BBCH23-32)	Wuchstyp (BBCH 23-32)	Standfestigkeit
Endress Früher Gelber	7	6	9	9	6
Gehl	6	2	9	9	5
Mirce	6	4	8	6	5
Nusso	6	3	9	3	7
Sonia	6	7	4	9	6
DZA1003m	6	7	7	5	5
Talkunar	6	7	8	6	1
Klimt	6	3	8	5	6
Rhea	6	7	7	5	2
Mina DS	5	7	5	9	3
VAO-7	5	3	7	5	5
Kamil	5	7	3	9	4
DZA0804a1	5	1	6	7	7
Symphony	5	8	4	2	5
Caesar	5	5	6	6	4
Oskar	5	6	7	4	2
Detvan	4	9	3	7	2
Otakar	4	2	5	8	5
VAO-46	4	1	9	2	2
Mozart	4	6	6	2	4
Tibor	4	4	5	4	4
Saul	4	4	5	6	2
Hronec	4	9	5	1	2
Vazec	4	2	4	7	3
Apollon	4	8	3	2	1
DZA1003b	4	5	4	2	5
Cacko	3	5	2	4	2
Amant	3	5	1	3	3
Oliver	3	3	4	3	3
Tatran	3	7	2	1	2
Sandokan	3	1	3	6	1

nachfolgenden Gruppe. Kürzere Genotypen mit einem geringeren Bedeckungsgrad sind *Maczo*, *Lennon*, *Tatran* und *Amant*. Kürzere Genotypen mit einem höheren Bedeckungsgrad sind *Sandokan* und *Vazec*.

sich die Hafersorten und -linien deutlicher mit einem Minimum von 60 cm und einem Maximum von 115 cm (n=165, Mittelwert 91,1cm). Der Bedeckungsgrad vor dem Schossen (BBCH 23-32) lag zwischen 32,5% und 67,5% bei einem Mittelwert von 51,6% (n=165). Der Wuchstyp war von eins für „aufrecht“ bis neun für „niederliegend“ bonitiert worden und der Mittelwert lag bei 4,1 (n=165; siehe Anhang, Tabelle III).

Zur Ermöglichung eines einfachen Vergleichs der Sorten und Eigenschaften bezüglich der Beikrautunterdrückung wurden die Höhen und der Bedeckungsgrad nachträglich in neun Klassen eingeteilt, wobei neun eine starke und eins eine schwache Ausprägung aller eingeschlossenen Merkmale bedeutet. Aus Bedeckungsgrad, Wuchstyp und Standfestigkeit wurde eine Durchschnittsnote zur Beikrautunterdrückung errechnet (siehe Tabelle 2 und Anhang, Tabelle II).

In Tabelle 2 sind jene Genotypen mit ihren die Beikrautunterdrückung beeinflussenden Eigenschaften dargestellt, die im weiteren Verlauf dieses Berichtes ein Teilsortiment bezüglich der Ausbeute und Abzüge im hydrothermischen Aufschlussverfahren bilden. Von diesen hatte die Sorte *Endress Früher Gelber* mit sieben die höchste Durchschnittsnote. *Nusso*, *Sonia*, *DZA1003m*, *Talkunar* und *Klimt* lagen mit der Note sechs in der

4.2 Verfahrensoptimierung

Ein Vorversuch hatte ergeben das Wassermengen von 20 ml zu wenig und Wassermengen über 40 ml nicht notwendig sind. Bei der Prüfung, welche der übrigen Wassermengen, 30 ml oder 40 ml, eine höhere Gelatinierungsrate ergeben, deutete alles auf die Variante mit 40 ml Wasser hin, auch wenn dies nicht statistisch abgesichert werden konnte. Sie wies 6% mehr glasige Körner und 2,8% weniger Polierverlust als die 30 ml Wasser Variante auf. Bei 30 ml blieb nach dem Einweichen eine Restwassermenge von 10,8 ml und bei 40 ml Ausgangsmenge 19,7 ml (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Variation der Wassermenge beim Einweichen, glasige, halbglasige, mehlig und verbrannte Körner, Polierverlust sowie Restwasser

Wasser in ml	WDH n	glasige Körner in %	halbglasige Körner in %	mehlige Körner in %	verbrannte Körner in %	Polierverlust in %	Restwasser in ml
30	6	78	13	4	6	25,9	10,8
40	6	84	5	3	8	23,1	19,7

Zur Optimierung der Einweichzeit wurde die Anzahl der glasigen Körner über die Variation der Einweichzeit von 10 h 55 min bis 20 h 40 min bestimmt. Es gab signifikante Unterschiede in der Anzahl der glasigen Körner der Einweichzeiten (ANOVA: $r^2=,983$; $p<,001$). Die Variation der Einweichzeit zwischen 10 h 55 min und 15 h 40 min wies keine erkennbare Richtung der Auswirkung auf die Gelatinierungsrate auf. Ein zu langes Einweichen ab 19 h 40 min schien hinderlich zu sein, der Anteil der ganzglasigen Körner sank hierbei unter 40% (siehe Tabelle 4). Es bestand eine positive Pearson Korrelation ($P_{\text{kor}} = -0,685$; $p < 0,05$) zwischen der Einweichzeit und der aufgenommenen Wassermenge.

Tabelle 4: Variation der Einweichzeit in 6 Stufen, Feuchtegehalt, glasige, halbglasige, mehlig und verbrannte Körner sowie Polierverlust

Einweichzeit:	WDH n	glasige Körner in %	halbglasige Körner in %	mehlige Körner in %	verbrannte Körner in %	Polierverlust in %	Aufgenommenes Wasser
10:55	2	80	18	2	0	21,0	21,0
13:40	2	77	16	6	1	21,9	21,0
15:40	2	65	18	15	2	21,3	22,0
17:40	2	80	13	6	1	21,0	21,5
19:40	1	38	34	26	2	16,9	25,0
20:40	1	32	34	34	0	19,7	23,0

Die Zeit der Gelatinierung wurde von ein bis acht Stunden variiert. Die Prüfung des Erfolgs und die Einteilung in Gruppen mit dem Tukey-Test wurde am Anteil glasiger Körner vorgenommen. Statistisch unterschied sich aber nur die zwei-Stunden-Variante von allen anderen. Ab einer Prozessdauer von drei Stunden konnte der Anteil der Summe glasiger und halbglasigen Körner von größer 80% erreicht werden. Bei einer Prozessdauer von ein bis zwei Stunden sank der Anteil ganz- und halbglasiger Körner auf 0% bis 13%. Ab einer Prozessdauer von 4 h 30 min lag der Anteil der glasigen Körner über 68% (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Variation der Gelatinierzeit in 8 Stufen, Gruppeneinteilung anhand der glasigen Körner nach Tukey-Test, glasige, halbglasige, mehlig und verbrannte Körner sowie Polierverlust, ANOVA $r^2 = 0,929$ $p < 0,001$ für a ungleich b. *nicht in der ANOVA verwendet

Gelatinierzeit in hh:mm	WDH	glasige Körner in %	Gruppen im Tukey- Test	halbglasige Körner in %	mehlige Körner in %	verbrannte Körner in %	Polierverlust In %
1:00	1	0	*	2	98	0	28,7
2:00	2	13	a	16	70	1	27,1
3:00	2	54	b	27	19	0	22,6
4:30	2	77	b	8	10	5	15,7
5:00	2	84	b	11	5	0	19,3
6:00	2	69	b	13	16	2	22,2
7:00	2	79	b	13	4	4	16,7
7:59	2	72	b	24	3	2	18,5

Die Rücktrocknungszeit wurde von einer bis acht Stunden variiert. In einer ANOVA konnte die Rücktrocknungszeit zu 75,6% ($r^2=0,756$; $p < 0,005$) die Restfeuchte erklären. Mit einem Tukey-Test konnte eine Unterscheidung von vier Stunden gegenüber fünf bis acht Stunden festgestellt werden (siehe Tabelle 6). Bei sieben Stunden wurde ein Feuchtegehalt kleiner 12% erreicht.

Tabelle 6: Variation der Trocknungszeit in 5 Stufen, Feuchtegehalt, Gruppeneinteilung nach Tukey-Test anhand der Restfeuchte, glasige, halbglasige, mehlig und verbrannte Körner sowie Polierverlust

Trockenzeit in hh:mm	wdh	Feuchtegehalt nach Trocknen in %	Gruppen im Tukey- Test	glasige Körner in %	halbglasige Körner in %	mehlige Körner in %	verbrannte Körner in %	Polierverlust in %
4:00	3	14,71	b	73	16	11	1	17,2
5:00	3	13,48	ab	85	11	3	1	17,5
6:00	3	12,80	ab	88	9	3	0	19,2
7:00	3	11,16	a	89	9	1	0	19,4
8:00	3	9,98	a	83	13	3	0	25,3

Im Versuch zu den Polierzeiten wurde die Polierzeit von 30 bis 60 Sekunden variiert (siehe Tabelle 7). Es kam zu Polierverlusten zwischen 14,9% bis 23,4%. Bei einer Polierzeit von 35 Sekunden kann gegenüber 40 bis 60 Sekunden der Polierverlust statistisch absicherbar (ANOVA: $r^2=0,823$; $p < 0,001$) reduziert werden. Bei längerem Polieren wurde die Gleichmäßigkeit des Polierens und die Helligkeit des Korns erhöht.

Tabelle 7: Variation der Polierzeit in 7 Stufen, Polierverlust, Gruppeneinteilung nach Tukey-Test anhand des Polierverlustes, Gleichmäßigkeit des Poliergrads und Weißgrad, *nicht in ANOVA eingeschlossen

Polierzeit	Polierverlust in %	Gruppen im Tukey-Test	Gleichmäßigkeit des Poliergrads (1-9)	Weißgrad 1-6
30	16,3	*	1	1
35	14,9	a	3	1
40	17,5	ab	2	2
45	20,0	bc	5	3
50	21,6	bc	9	3
55	21,2	bc	8	4
60	23,4	c	7	4

4.3 Sortentestungen

4.3.1 Abzüge

Zur Ermittlung der Ausbeute des hydrothermischen Aufschlussverfahrens in Relation zum Ertrag wurden Abzüge für eine spelzenfreie Rohware, für den Anteil von Körnern <1,8 mm, für die Gewichtsabnahme durch die Rücktrocknung im Prozess und für den Verlust der durch das Polieren entsteht erhoben. Es wurden die Mittelwerte der Sorten für die folgende deskriptive Statistik der prozentualen Abzüge zu Grunde gelegt. Der Abzug zum Erhalt einer spelzenfreien Rohware lag zwischen 0,1% und 42,8% bei einem Mittelwert von 9,3% (n=106). Der Verlust durch Körner kleiner 1,8 mm hatte einen Mittelwert von 3,2% (n=108) mit einer Spannweite von 0,11-18,25%. Der Prozessverlust durch das Rücktrocknen hatte das Minimum bei 5,5% und das Maximum bei 21,3%, der Mittelwert lag bei 9,4% (n=108). Der Polierverlust lag zwischen 12,8% und 35,5% mit einem Mittelwert bei 22,5% (n=108) (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Abzüge in % durch Bespelzung, Körner <1,8mm, die Rücktrocknung und das Polieren

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	Varianz
Abzug spelzige Körner in %	106	0,1	42,83	9,27	15,05	226,52
Körner <1.8mm in %	108	0,11	18,25	3,20	2,70	7,27
Verlust Prozess (Rücktrocknen)	108	5,47	21,29	9,35	1,52	2,30
Polierverlust in %	108	12,75	35,50	22,54	4,46	19,91

In einer ANOVA über alle im hydrothermischen Aufschlussverfahren untersuchten Sorten, konnte der Anteil der Körner kleiner 1,8 mm zu 96,6% (r^2 ; $p < 0,001$; $n=211$) mit der Sorte/Linie begründet werden. Da die Spelzigkeit als eine Boniturnote pro Sorte erhoben wurde ist das Vorhandensein von Sortenunterschieden hier auch ohne statistische Untersuchung eindeutig. In einer ANOVA über alle Messungen im Rahmen der Testungen konnten 95,2% (r^2 ; $p < 0,001$; $n=234$) der Varianz der Prozessverlustunterschiede und 91,8% (r^2 ; $p < 0,001$; $n=234$) der Varianz der Polierverlustunterschiede durch die Sorte/Linie erklärt werden. Sich anschließende Posthoc-Tests (Tukey B) je Merkmal ergaben komplexe Abgrenzungen in mehr als 19 und mehr Untergruppen, eindeutige Ergebnisse daraus werden im Folgenden lediglich genannt.

In Abbildung 1 sind zur besseren Übersichtlichkeit nur die Abzüge eines Teilsortimentes dargestellt. Eine Tabelle mit den Abzügen der Sorte des vollständigen Probensortimentes befindet sich im Anhang (Tabelle I). Das hier dargestellte Teilsortiment besteht aus 30 Nackthafern, drei Spelzhafern und zwei Hafern aus dem Naturkosthandel und wurde unter der Berücksichtigung der Verfügbarkeit, Bekanntheit und Auffälligkeit der Sorten, Linien und genetischen Ressourcen ausgewählt. Es fällt auf, dass sowohl die Höhe des Gesamtverlustes als auch die Einzelverluste eine starke Spannbreite hatten. Besonders bespelzte Körner des Nackthafer waren für hohe Abzüge, wie zum Beispiel bei *Detvan* mit 39,5%, verantwortlich. Bei den drei Spelzhafer *Apollon*, *Symphony* und *Endress Früher Gelber* war der Verlust durch das Schälen ebenso auffallend hoch, zwischen 38,3% und 42,3%. Beim Verlust durch Körner kleiner 1,8 mm teilten sich die Sorten im Tukey B-Posthoc-Test in 25 Gruppen. *Oskar* wies mit 18,3% den statistisch absicherbar höchsten Verlust auf, gefolgt von *Caesar* der einen größeren Verlust als alle und einen kleineren als *Mirce* hatte. *Nek378*, *Klimt*, *DZA0801a1*, *Topsi*, *Aisak* und *Sonia* hatten einen höheren Verlust kleiner Körner als alle Sorten, deren Verlust bei unter 7,3% lag. Im Bereich der geringen Verluste durch zu kleine Körner waren lediglich stark überlappende Gruppen vorhanden. So konnten *Apollon*, *Symphony*, *Amant*, *DZA0804a1*, *DZA1003b*, *DZA1003m*, *Gehl*, *Kamil*, *Maczo*, *Mozart*, Handelsprobe Nackthafer, *Oliver*, *Oskar*, *Otakar*, *Sandokan*, *Saul*, *Tibor*, *VAO-46* und *Vazec* nur von Sorten mit Verlusten größer 4,4% abgegrenzt werden (siehe Abbildung 2).

Sorten mit geringeren Abzügen durch die Rücktrocknung waren *Topsi*, *Klimt* und *Amant*, sowie der Schälhafer (Handelsprobe). Die geringsten Polierverluste hatten *Caesar*, *Mirce*, der Schälhafer (Handelsprobe), *Topsi*, *DZA1003m*, *Nek378*, *Hronec*, *Mozart*, *Nusso*, *Otakar*,

Sandokan, Tibor, Apollon, Sonia, Talkunar, Klimt, DZA1003b und Oskar, wobei diese von Sorten mit Verlusten ab 20,5% abgrenzbar waren.

Mit einem Gesamtverlust von circa 30 % von der vorgereinigten Ernte musste auch bei den Sorten mit den geringsten Abzügen wie Talkunar, Saul, Nusso, Tibor sowie den Linien DZA1003b und DZA1003m gerechnet werden. Der schon als Lebensmittel abgepackte Schälhafer hatte einen Verlust von 24,8%. Apollon hatte mit 66,7% den geringsten Abzug der drei Spelzhafer.

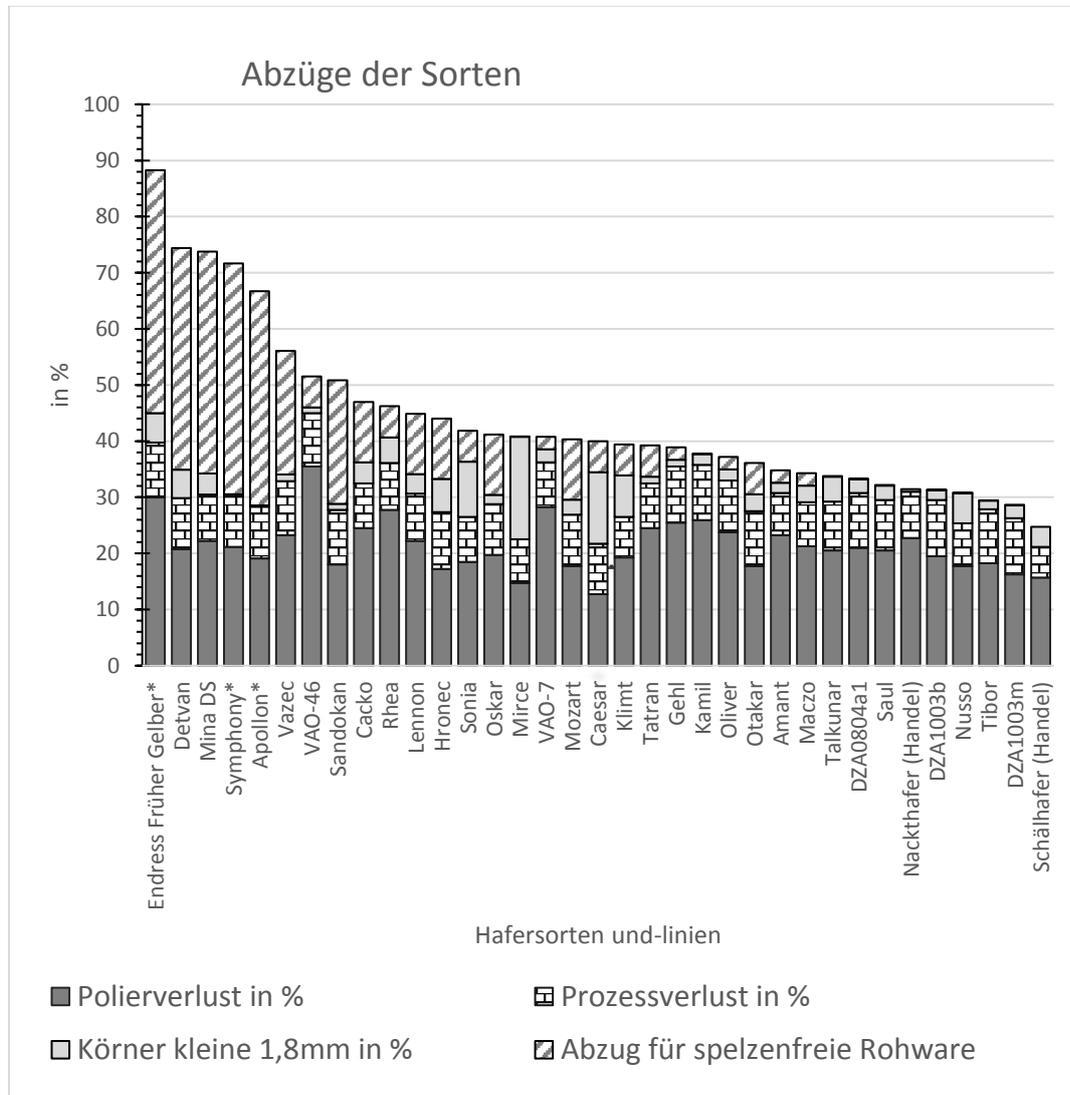


Abbildung 2: Zu berücksichtigende Abzüge bei der „Parboiled Oat“-Herstellung von Ernte bis Produkt nach Sorten in % aus Teilsortiment, *als Ausgangsmaterial wurde geschälter, ungedarrter Spelzhafer verwendet.

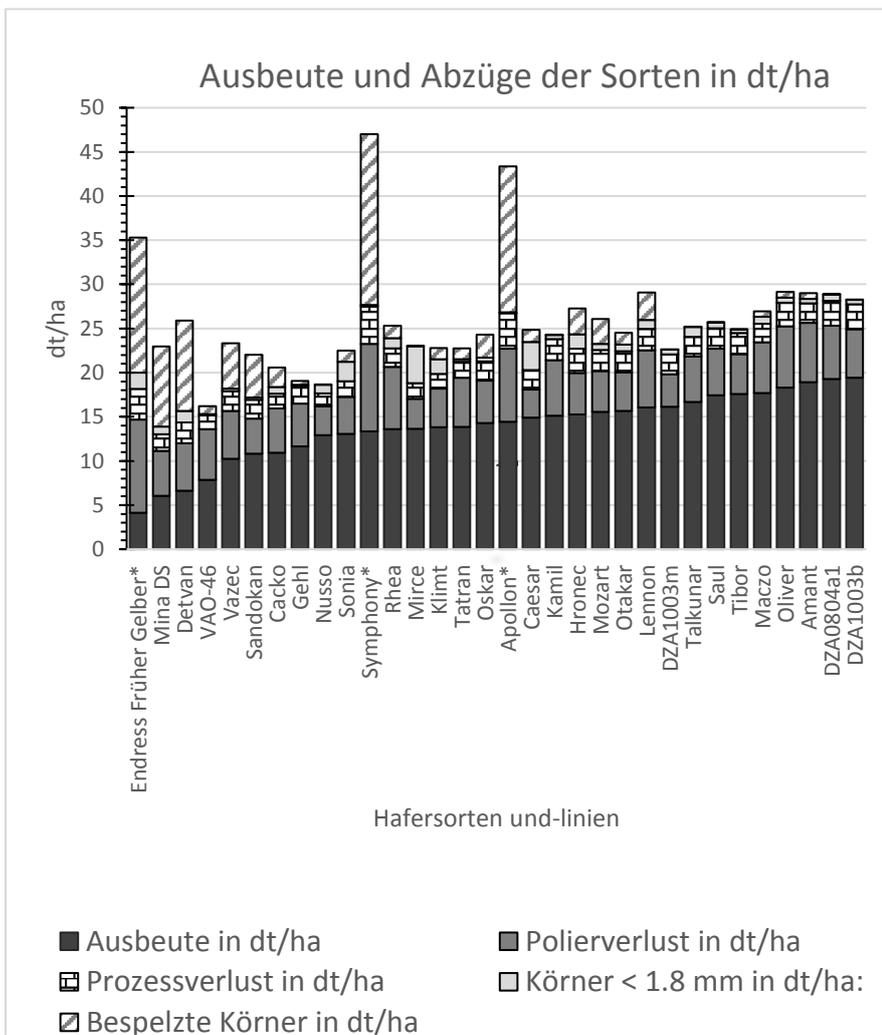
4.3.2 Ausbeute

Im Weiteren wurden die bisher prozentual gerechneten Abzüge auf den Ertrag in dt/ha umgerechnet. Es wurden die Mittelwerte der Sorten für die folgende deskriptive Statistik der verschiedenen Abzüge in dt/ha zu Grunde gelegt. Der Abzug der für bespelzte Nackthaferkörner oder für den Ausputz beim Entspelzen des Spelzhafers abgezogen werden musste, lag zwischen 0,02 und 20,14 dt/ha bei einem Mittelwert von 3,1 dt/ha (n=106). Auf Grund zu kleiner Körner musste mit Abzügen zwischen 0,05 dt/ha und 4,2 dt/ha je nach Sorte gerechnet werden (Mittw.=0,8 dt/ha; n=106). In Bezug auf das hydrothermische Aufschlussverfahren mussten Abzügen von 1,1 dt/ha bis 9,4 dt/ha für die Rücktrocknung und mit 3,2 dt/ha bis 12,7 dt/ha für das Polieren mit einbezogen werden (siehe Tabelle 9).

Von den 106 Sorten und Linien aus eigenem Anbau wurde die Ausbeute an hydrothermisch behandeltem und poliertem Hafer bezogen auf die Erntemenge in dt/ha errechnet. Tabelle 9: Deskriptive Statistik der Abzüge in dt/ha durch Bespelzung, Körner <1,8mm, die Rücktrocknung und das Polieren

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	Varianz
Abzug bespelzte Körner in dt/ha	106	0,02	20,14	3,11	5,88	34,60
Abzug Körner <1,8 mm in dt/ha	106	0,05	4,20	0,76	0,64	0,41
Abzug Prozessverlust in dt/ha	106	1,10	9,36	2,36	0,99	0,97
Abzug Polierverlust in dt/ha	106	3,17	12,70	5,54	1,78	3,16

Hierfür wurden die Abzüge in dt/ha für eine spelzenfreie Rohware, für den Anteil von Körnern <1,8 mm, für die Gewichtsabnahme durch die Rücktrocknung im Prozess und für den Verlust der durch das Polieren vom geostatistisch ermittelten Ertrag abgezogen. Eine Tabelle mit den Ergebnissen des vollständigen Probensortimentes befindet sich im Anhang (Tabelle I).



Es ist hier ganz deutlich zu sagen, dass kein statistischer Zusammenhang (Pearson Korrelation) zwischen dem Ertrag und der Ausbeute vorhanden ist. In Bezug auf die Korn- und Prozessparameter ist hier eine individuelle Betrachtung der einzelnen Sorten und Linien einer statistischen Betrachtung vorzuziehen, da besonders Ausreißer der Merkmale von besonderer Bedeutung hinsichtlich der Sortenwahl bezüglich der Verwendung im hydrothermischen Aufschlussverfahren sind. Für diese individuelle Betrachtung wurde das Sortiment zur Übersichtlichkeit auf 31 Nackthafer und drei repräsentative Spelzhafer eingeschränkt. Als Auswahlkriterium diente die Verfügbarkeit, der Bekanntheitsgrad und die Außergewöhnlichkeit einzelner Parameter. Der geostatistisch ermittelte Ertrag der dargestellten Sorten und Linien reichte von 15,1 dt/ha bis 37 dt/ha und die Ausbeute von 4,1 dt/ha bis 19,4 dt/ha.

Abbildung 3: Ausbeute und zu berücksichtigende Abzüge bei der „Parboiled Oat“-Herstellung von Ernte bis Produkt nach Sorten in dt/ha aus Teilsortiment, *als Ausgangsmaterial wurde geschälter aber nicht gedarrter Spelzhafer verwendet.

Besonders auffällig war der extreme Abzug durch einen hohen Anteil bespelzter Körner im Nackthafer. Zu sehen war dies zum Beispiel an *Detvan* und *Mina DS* die von 25,9 dt/ha bzw. 23 dt/ha Ertrag 10,2 dt/ha bzw. 9,1 dt/ha deswegen verloren (siehe Abbildung 3). Bei den Spelzhafern war der Verlust hier nachvollziehbar besonders hoch, bei *Symphony* lag er bei 19,3 dt/ha, jedoch auf Grundlage der Erhebungsart unzureichend repräsentativ für die Praxis. Während bei den Nackthafern *Nusso*, *Mirce*, *Kamil*, *Tibor*, *Talkunar*, *Saul* und drei der DZA Linien (*1003m*, *1003b*, *0804a1*) mit Abzügen kleiner 0,3 kg/ha gerechnet werden konnte. Beim Verlust durch Körner kleiner 1,8 mm Siebgröße hatten besonders *Caesar* mit 3,15 dt/ha (von 24,8 dt/ha) und *Mirce* mit 4,2 dt/ha (von 22 dt/ha) hohe Verluste, aber auch *Endress Früher Gelber*, *Sonia* und *Hronec* verloren hier mehr als 1,5 dt/ha. Sorten mit Polierverluste unter 4 dt/ha waren *Caesar*, *Nusso* und *Mirce*, sowie *DZA1003m*. Die höchste Ausbeute bezogen auf die Anbaufläche hatten *DZA0804a1* und *DZA1003b* mit 19,3 bzw. 19,4 dt/ha. *Talkunar*, *Saul*, *Tibor*, *Maczo*, *Oliver* und *Amant* lagen mit ihrer Ausbeute über 16,5 dt/ha.

Es bestand ein leicht negativer Zusammenhang zwischen dem Anteil bespelzter Körner und der Ausbeute. In einer Regression mit der Regressionsgeraden $y = -10,27x + 14,357$ konnten 27,1% (r^2 , $p < 0,001$; $n = 106$) der Varianz der Ausbeute durch den Anteil bespelzter Körner erklärt werden. Die Korngrößenverteilung hatte ebenfalls einen leichten Bezug zur Ausbeute, so hatte die Korngrößenfraktion Körner größer 2,5 mm einen Pearson-Koeffizienten von -0,378 ($n = 106$; $p < 0,001$).

Die Korngrößenfraktionen hatten ebenso leichte Korrelationen zum Polierverlust. Die Korngrößenfraktionen größer 2,5 mm und größer 2,2 mm hatten eine positive Korrelation ($> 2,5$ mm: $P_{\text{Korr}} = 0,386$; $> 2,2$ mm: $P_{\text{Korr}} = ,346$; $p < 0,001$; $n = 109$) und die Korngrößenfraktionen kleiner 2 mm eine leichte negative Korrelation (siehe Tabelle 10) zum Polierverlust. Die Varianz der Ausbeute konnte in einer Regression mit der Geradengleichung $y = -0,395x + 22,147$ zu 25,7 % (r^2 ; $p < 0,001$; $n = 106$) vom Polierverlust erklärt werden.

Tabelle 10: Pearson-Korrelation des Polierverlusts mit den Korngrößenfraktionen und der Ausbeute

		% > 2,5 mm	% > 2,2 mm	% > 2 mm	% > 1,8 mm	% < 1,8 mm	Ausbeute
Polierverlust	Pearson-Korrelation	,386	,346	-,358	-,377	-,405	-,507
	P-Wert	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
	N	109	109	109	109	108	106

4.3.3 Qualität

Der hydrothermische Aufschluss verursacht das Gelatinieren/Verkleistern der Stärke. Bei dieser wird das Korn glasig. Daher wurde die Qualität des „Parboiled Oats“ der Sorten anhand des prozentualen Anteils der glasigen Körner untersucht. Die Auswertung unterschied vier verschiedene Zustände des Korninneren: glasig, halbglasig, mehlig und verbrannt. Über alle

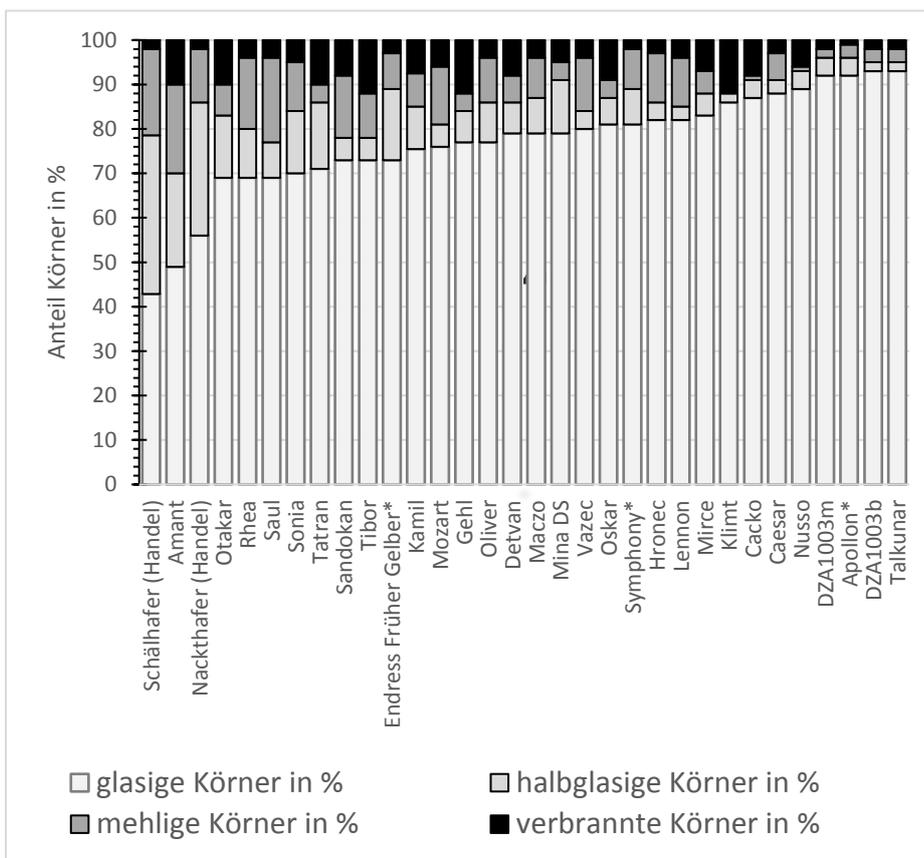
Tabelle 11: Deskriptive Statistik der Qualitätsmerkmale glasige, halbglasige, mehlig, verbrannte Körner und des Weißgrads.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Glasige Körner %	234	28,6	98,0	81,1	10,4
Halbglasig Körner %	234	0,0	42,9	7,2	6,3
Mehlige Körner in %	234	0,0	32,0	6,0	5,3
Verbrannt Körner in %	234	0,0	26,0	5,7	4,9
Weißgrad	117	1,0	6,0	4,0	1,3

im Rahmen der Sortentestungen untersuchten Proben ($n = 234$) waren im Mittel 81,1% der Körner glasig bei einer Spannweite von 28,6% bis 98%. Halbglasig Körner waren zu einem

Anteil von 0% bis 42,9% vorhanden und der Mittelwert war bei 6,3% (n=234). Der Anteil der mehligten Körner lag zwischen 0% und 32%, bei einem Mittelwert von 5,3% (n=234). Verbrannte Körner traten von nicht bis maximal 26% der Körner auf, bei einem Mittelwert von 4,9% (n=234; siehe Tabelle 11). Als weitere Qualitätskriterien galt der Weißgrad. Dieser wurde in Boniturnoten von eins bis sechs bestimmt und hatte einen Mittelwert von vier.

In einer ANOVA über den Anteil der glasigen Körner konnten 80% (p<0,001; n=234), der halbglasigen zu 79% (p<0,001; n=234), der mehligten zu 70% (p<0,001; n=234) und der verbrannten Körner zu 72% (p<0,001; n=234) durch den Faktor Sorte/Linie bestimmt werden. Es kann daraus geschlossen werden, dass Sortenunterschiede hinsichtlich der Qualität vorhanden sind. Anschließende Untersuchung der vier Kriterien mit dem Tukey-Test ergaben keine eindeutig voneinander abgrenzbaren Untergruppen. Für eine Betrachtung der einzelnen Sorten und Linien wurde das Sortiment zur Übersichtlichkeit auf 29 Nackthafer und drei Spelzhafer eingeschränkt (siehe Abbildung 4).



Spelzhafer eingeschränkt (siehe Abbildung 4). Als Auswahlkriterium diente die Verfügbarkeit, der Bekanntheitsgrad und Außergewöhnlichkeit einzelner Parameter. Zu den Spelzhafern ist hier noch einmal zu sagen, dass diese als Laborproben im Schälprozess nicht gedarrt worden waren. Beide Hafer aus dem Naturkosthandel als auch *Amant* hatten mit kleiner gleich 56% die kleinsten Anteile an glasigen Körnern. Die Linien *DZA1003m*, *DZA1003b*, *Talkunar* und *Apollon* hatten mit 92% beziehungsweise 93% größten Anteil glasiger Körner. Der Nackthafer und der Schälhafer aus dem

Abbildung 4: Qualität des Gelatinierens bei der „Parboiled Oatr“-Herstellung, *als Ausgangsmaterial wurde geschälter aber nicht gedarrter Spelzhafer verwendet

Naturkosthandel hatten mit 30% beziehungsweise 36% den höchsten, *Klimt*, *DZA1003b* und *Talkunar* mit 2% den kleinsten Anteil an halbglasigen Körnern. *Klimt*, *Cacko* sowie *Nusso* hatten mit 1% bis 2% den geringsten und *Saul*, der Schälhafer aus dem Handel sowie *Amant* hatten mit 19% bis 20% den höchsten Anteil mehligter Körner. *DZA1003m*, *DZA1003b*, *Talkunar*, *Nackthafer* (Handelsprobe) hatten mit 2% den kleinsten und *Klimt*, *Gehl* und *Tibor* mit 12% den größten Anteil verbrannter Körner. Aufgrund sowohl sehr hoher glasiger als auch geringer verbrannter, halbglasiger und mehligter Körner bietet *Talkunar* eine besonders hohe Gelatinierungsqualität.

Bei der Betrachtung des Weißgrades sind der Schälhafer (Handelsprobe) und *Symphony* am hellsten, gefolgt von *Oliver*, *Maczo*, *Saul*, *Kamil*, *Mina DS*, *Nackthafer* (Handelsprobe), *Otakar*, *Gehl*, *Oskar* und *Cacko*. *DZA1003m* hat das dunkelste Endprodukt. *Rhea*, *Sonia*, *Caesar*, *Mirce* und *Endress Früher Gelber* haben ebenfalls ein dunkleres Endprodukt (siehe Abbildung 5). Die Kornbehaarung ist zwischen eins und neun von wenig bis viel skaliert. *Gehl* ist das einzige Prüfglied mit der Boniturnote eins. *Amant*, *Mina DS* und *Sonia* sind mit acht sehr stark

behaart. *Maczo*, *Lennon*, *Nusso*, *Tatran*, *Mozart* und *Talkunar* sind mit der Note fünf mittelmäßig behaart.

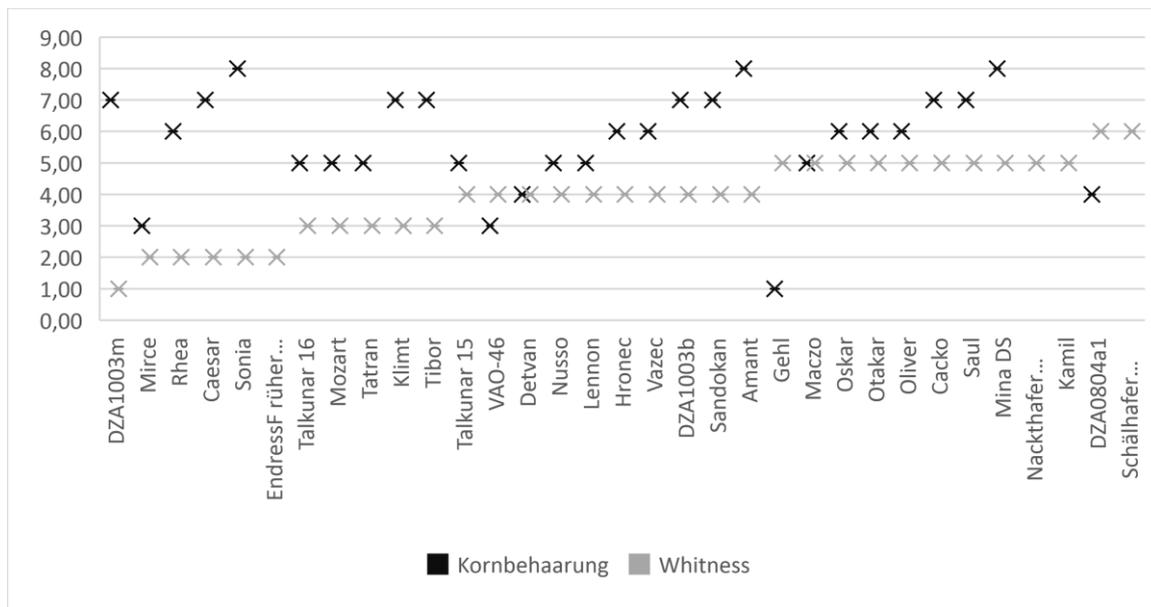


Abbildung 5: Übersicht über den Erfolg der Verkleisterung der Stärke. *als Ausgangsmaterial wurde geschälter aber nicht gedarrter Spelzhafer verwendet

4.4 Laboranalysen und Zusammenhänge

Die Viskosität wurde von 108 Hafern erhoben, die Spannbreite der Sorten lag zwischen 84-323 rvu bei einem Mittelwert von 217,5 rvu und einer Standardabweichung von 57,9 rvu. Jedoch gab es keinen statistischen Zusammenhang zwischen der Viskosität und dem Anteil glasiger, halbglasiger, mehligter Körner oder dem Weißgrad. In einer Regression mit der Geradengleichung $y = -0,03x + 13,02$ konnten 42% (r^2 ; $p < 0,001$; $n = 108$) des Anteils der verbrannten Körner durch die Viskosität erklärt werden. Der Beta-Glucan-Gehalt hatte eine Spanne von 2,9% bis 5% ($n = 111$; Mittw. = 3,8%; std. = 0,38%). In einer Regression konnte ein leichter Zusammenhang zwischen dem Beta-Glucan-Gehalt und dem erhobenen Weißgrad festgestellt werden. 23% (r^2 ; $p < 0,05$; $n = 109$) der Varianz des Weißgrad konnten durch den Beta-Glucan-Gehalt bestimmt werden

Die Proteingehalte lagen zwischen 10,2-16,3%, bei einem Mittelwert von 13,4% ($n = 111$). Die Fettgehalte hatten eine Spannweite von 4,7-10,5% und einen Mittelwert von 16,3 ($n = 111$). Die Proteingehalte ($P_{\text{korr}} = 0,45$; $p < 0,001$) als auch die Fettgehalte zeigten eine nur schwach positive Korrelation ($P_{\text{korr}} = 0,34$; $p < 0,001$) zum Anteil verbrannter Körner. Auch zwischen der Korngrößenfraktion größer 2,5 mm und dem Proteingehalt zeigte sich ein nur schwach positiver Zusammenhang ($P_{\text{korr}} = 0,289$; $p < 0,005$). Der Fettgehalt hatte eine leicht positive Korrelation mit dem Anteil der Korngrößenfraktion 1,8-2 mm ($P_{\text{korr}} = 0,37$; $p < 0,005$) und mit dem Anteil der Körner kleiner 1,8 mm ($P_{\text{korr}} = 0,33$; $p < 0,001$), sowie eine negative Korrelation mit dem Anteil der Körner größer 2,2 mm ($P_{\text{korr}} = -0,32$; $p < 0,001$). Der Fettgehalt hatte eine leichte, negative Korrelation ($P_{\text{korr}} = -0,35$; $p < 0,001$) mit dem Ertrag. Der Proteingehalt konnte in einer Regression zu 55,6% (r^2 , Geradengleichung: $y = -0,154 + 17,2$) durch den Ertrag erklärt werden. Die Ausbeute hatte eine negative Korrelation ($P_{\text{korr}} = -0,42$; $p < 0,001$) zum Proteingehalt.

Bei zehn der Nackthafer (*DZA0805d1*, *NO6287-0009*, *Talkunar*, *Nusso*, *Otakar*, *14390Cn3*, *Saul*, *VAO-7*, *DZA1003c*, *DZA1003d1* und *DZA1003k*) wurden Proben der drei Zustände „unbehandelt“, „hydrothermisch behandelt unpoliert“ und „hydrothermisch behandelt poliert“ auf ihren Beta-Glucan-Gehalt untersucht. Der Beta-Glucan-Gehalt der Proben lag zwischen 3,11% und 5,72% (Mittelw. = 3,8; $n = 30$). In einer ANOVA ($n = 30$) konnten keine Unterschiede zwischen den drei Gruppen und somit keine Auswirkung der Behandlung auf den Gehalt festgestellt werden.

5. Diskussion

Es ist zu beachten, dass die Erzeugung der Rohware für diese Untersuchung, von Vergleichsproben abgesehen, nur in einem Jahr und auf einem Standort durchgeführt wurde. Sortenspezifische Aussagen sind daher nur eingeschränkt verallgemeinerbar. Der Fokus lag auf dem Vergleich verschiedener Hafersorten im Hinblick auf die Parameter der Rohware und deren Eignung zu einem neuen hydrothermischen Aufschlussverfahren unter Berücksichtigung der Ausbeute an Konsumware. Im Folgenden werden die Ergebnisse bezüglich der Verfahrensoptimierung und der Sortenunterschiede jeweils in eigenen Unterkapiteln diskutiert. Abschließend wird eine Sortenempfehlung ausgesprochen.

Bezüglich der Laboranalysen konnten in dieser Untersuchung keine statistisch eindeutigen Zusammenhänge in Bezug auf die Qualität ermittelt werden. Das weder der Beta-Glucan-Gehalt noch die Stärkeviskosität einen Bezug zum Anteil der glasigen Körner hat ist bemerkenswert, doch scheinen andere Kornparameter einen stärkeren Einfluss zu haben. Zumindest berücksichtigungswert sind die leicht positiven Korrelationen von Protein- als auch Rohfettgehalt mit den Anteilen verbrannter Körner. Sie geben aber noch nicht hinreichend Aufschluss darüber, ob diese Inhaltsstoffe für die Verarbeitung unbedingt berücksichtigt werden sollten. Zudem lagen negative Bezüge sowohl des Fett- und des Proteingehalts mit dem Ertrag als auch des Proteingehalts mit der Ausbeute vor, so dass wenn ein niedriger Gehalt von Protein und Fett von Vorteil sein könnte. Aufgrund der vorliegenden Daten liegt die Vermutung nahe, dass kleinere Körner einen höheren Fettgehalt und größere einen höheren Proteingehalt besitzen. Für eine belastbare Aussage zu den Beziehungen zwischen den stofflichen Einzelparametern, der Qualität und der Ausbeute des Endproduktes bedarf es weiterer Untersuchungen mit einem wesentlich umfangreicheren Probenmaterial, das auch Proben von unterschiedlichen Orten, Jahren und Anbaubedingungen beinhalten sollte.

5.1 Verfahrensoptimierung

Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Herstellung von hydrothermisch aufgeschlossenem Nackthafer war in Vorversuchen der Getreidezüchtungsforschung Darzau evaluiert worden. Für die Serienuntersuchungen im Vorhaben mussten die Prozessschritte optimiert werden. Auch wenn es nicht zu allen Parametern statistische Absicherungen gab, wurden sowohl die Zeiten als auch die Wassermenge im Abwägen zwischen Ressourcenersparnis, Produktqualität und Verfahrensstabilität festgelegt. Um eine gleichmäßige Wasseraufnahme ohne Durchmischung der Proben während des Einweichens zu gewährleisten wurde die Wassermenge für den Laborsortenversuch auf 40 ml für 40 g Hafer gesetzt. Für eine industrielle Herstellung kann eine Reduzierung auf 30 ml, besonders bei guter Durchmischung der Wasser-Kornmasse, angedacht werden. Es empfiehlt sich eine Einweichzeit zwischen 11 und 16 Stunden. Der Einfluss der Wassertemperatur konnte nicht getestet werden. Sie lag in der Regel bei einer Raumtemperatur von durchschnittlich 18 °C. Bei deutlichen Abweichungen kann ein Einfluss auf die Wasseraufnahmegeschwindigkeit erwartet werden. Die gefundene positive Korrelation zwischen Einweichzeit und Wasseraufnahme ist nachvollziehbar.

Eine optimale Gelatinierung wurde in diesen Versuchen ab einer Verfahrenslänge von 4 h 30 min für die hydrothermische Behandlung erreicht. Um Verfahrensstabilität über verschiedene Sorten gewährleisten zu können, wurde für die Sortentestung eine Gelatinierungszeit von fünf Stunden bei 85°C angesetzt. Je nach Partiegröße, Herstellungsart und verwendeten Geräten kann diese Zeit variieren.

Einer der Kooperationspartner betonte die Wichtigkeit eines Feuchtgehalts von unter 12% für die Haltbarkeit des Endproduktes. Für die Rücktrocknung nach der Gelatinierung konnte kein statistischer Unterschied zwischen dem Trockenergebnis von fünf bis acht Stunden ermittelt werden. Da aber der Wert linear mit der Trocknungszeit sinkt, wurde um eine Feuchtigkeit kleiner 12% zu erreichen eine Trocknungszeit von sieben Stunden bei 75°C gewählt. Eine Erhöhung der Temperatur kann zu einem dunkleren Endprodukt führen. Der verfügbare

Trockenschrank besaß keine Möglichkeit zum Luftaustausch. In einer industriellen Herstellung empfiehlt sich während der Rücktrocknung aber eine Belüftung, um die benötigte Energie möglichst gering zu halten.

Der Polierverlust sank linear mit einer kürzeren Polierzeit, auch wenn die Parameter Helligkeit und Gleichmäßigkeit des Poliergrads bei längeren Polierzeiten höher waren, wurde hier die Polierzeit auf 35 Sekunden reduziert, um die Verluste im Herstellungsverfahren möglichst gering zu halten. In Probeverkostungen, die durch die Versuchsbetreuerin durchgeführt wurden, konnte eine hinreichende Garbarkeit des Endproduktes bei einer Zubereitungszeit von 15 Minuten (5 Minuten kochen und 10 ziehen lassen) auch bei dieser kürzeren Polierzeit gewährleistet werden. Eine weitere Verkürzung der Polierzeit und der Abriebmenge, wird voraussichtlich zur Verlängerung der Kochzeit führen.

5.2 Sortenunterschiede

Im Hinblick auf die Ausbeute wurden deutliche Sortenunterschiede festgestellt. Die maßgeblichen Parameter hierbei waren die Bespelzung, der Anteil Körner kleiner 1,8 mm und die Polierbarkeit. Geeignete Rohstoffpartien für eine Verfahrensumsetzung wären demnach Erntepartien mit einem möglichst geringen Anteil bespelzter Körner und mit wenig Körnern kleiner 1,8 mm, da diese in der weiteren Verarbeitung durch die Reinigungssiebe fallen (H. de Groot 18.5.2016 und I. Hildermann 28.01.2017, mündliche Mitteilungen). Bezüglich des Polierverlust bei einer Polierzeit von 35 Sekunden im Reispolierer hatten größere Körner einen höheren Abrieb als kleinere, was jedoch statistisch nicht hinreichend abgesichert werden konnte. Im industriellen Maßstab muss die Polierzeit ohnehin den technischen Gegebenheiten angepasst werden, da die Zeiten für die Labormenge nicht ohne betriebliche Detailkenntnisse und Erfahrung auf die Chargengröße in der Produktion skalierbar sind.

Eine Farbmessung des gekochten Endproduktes mit einem Farbmessgerät blieb aufgrund der Heterogenität der Oberfläche mehrerer Körner ohne Erfolg. Daher musste eine visuelle Bonitur des Aufschlussprodukts vorgezogen werden. Verschiedene Sorten hatten verschiedene Weißgrade. Jedoch legte die hellere Farbgebung der Sorte *Talkunar* aus der Ernte 2015, die als Standard im Verfahren verwendet worden war, die Vermutung nahe, dass zusätzlich zu Sorteneffekten Jahreseffekte eine Rolle spielen könnten. Wissenschaftliche Untersuchungen hinsichtlich des Geschmackes waren nicht vorgesehen. Es konnten jedoch erste Probeverkostungen durchgeführt werden. Bei diesen konnten geschmackliche und konsistenzbezogene Sortenunterschiede festgestellt werden. Die Stärkeviskosität hatte keinen Bezug zur Kornfarbe oder zur Gelatinierungsrate.

Im Gespräch mit I. Hildermann (28.1.2017) wurde deutlich, dass Kunden erfahrungsgemäß sehr sensibel bezüglich andersfarbiger Körner in Haferprodukten sind. Sortenbedingt höhere Anteile an verbrannten Körnern wären daher ein besonders zu beachtender Faktor. Demgegenüber wird ein Aufschlussprodukt, bei dem die Gelatinierung der Stärke zu weniger als 70% stattgefunden hat, erfahrungsgemäß in den Konsistenzeigenschaften einen unerwünschten stark mehligem Abgang haben. Die Qualitätssicherung in einem Unternehmen muss hinsichtlich der Sortenwahl daher betriebsspezifisch eine Mindestqualität im Hinblick auf die Vermarktbarkeit individuell selbst definieren. Im Rahmen des folgenden Unterkapitels wird der Bezug zwischen Qualität und Ausbeute weiterverfolgt.

5.3 Sortenempfehlung

Um zu klären, welche Hafersorten für die Umsetzung in eine Art Haferreis überhaupt in Frage kommen und für welche eine Sortenempfehlung ausgesprochen werden kann, wurden alle Sorten und Linien in Klassen eingeteilt. Es wurden die Merkmale nicht-mehlige Körner, nicht-verbrannte Körner, glasige Körner, Weißgrad und Ausbeute verwendet. Diesen wurden Noten mit neun Stufen zugeordnet, dabei wurde dem angestrebten Zustand die höchste Note gegeben. So beutet die Note neun bei der „Parboiled Oat“-Ausbeute die höchste und die Note

Tabelle 12: Klassen der Merkmal Ausbeute, glasige, mehlig, verbrannte Körner und Weißgrad der Sorten zur Sortenempfehlung. Für die Gesamtnote wurde die Ausbeute mit dem Faktor 4 gewichtet

Sorte/Linie	Gesamt Score (1=ungeeignet, 9=sehr gut geeignet)	Ausbeute (9=viel- 1=wenig)	glasige Körner (9=viel, 1=wenig)	nicht- mehlige Körner (1=wenig- 9=viel)	nicht- verbrannte Körner (1=wenig- 9=viel)	Weißgrad (1=dunkler- 6=heller)
DZA1003b	8	9	9	7	9	4
Talkunar	8	8	9	7	9	5
DZA1003m	7	8	9	8	9	1
Maczo	7	9	4	3	6	5
Apollon	7	6	9	7	9	4
Oliver	7	9	3	2	6	5
Saul	7	9	2	1	6	5
Hronec	6	7	5	2	7	4
Lennon	6	7	5	2	6	4
Tibor	6	9	3	2	1	3
Amant	6	9	1	1	2	4
Caesar	6	6	8	4	7	2
Kamil	6	7	3	3	3	5
Oskar	6	6	5	6	2	5
Nusso	5	4	8	9	4	4
Otakar	5	7	2	3	2	5
Symphony	5	4	5	3	9	6
Klimt	5	5	7	9	1	3
Mozart	5	7	3	1	4	3
Schälhafer (Handel)	5	?	1	1	7	6
Nackthafer (Handel.)	5	?	1	1	9	5
Cacko	5	3	7	9	3	5
Mirce	5	5	6	5	4	2
Tatran	4	5	2	6	2	3
Rhea	4	5	2	1	6	2
Gehl	4	3	3	6	1	5
Vazec	4	3	4	1	6	4
Sonia	4	4	2	2	5	2
Mina DS	3	1	4	6	5	5
Sandokan	3	3	3	1	3	4
Detvan	3	1	4	4	3	4
Endress Früher Gelber	3	1	3	3	7	2

N eins die niedrigste Ausbeute. Bei der Kategorie glasige Körner bedeutet neun den höchsten und eins den niedrigsten Anteil glasiger Körner. Die Anteile der nicht-mehlig und nicht-verbrannten Körner sind von eins mit der Bedeutung niedrigster Anteil bis neun mit der Bedeutung höchster Anteil eingeteilt. Der Weißgrad ist von sechs am hellsten bis eins am dunkelsten eingeteilt. Um die Wichtigkeit der Quantität mit dem der Qualität gleich zu setzen, wurde die Ausbeute in der Durchschnittsnote mit dem Faktor vier gewichtet. Zur Einbeziehung der Note des Weißgrads in die Gesamtnote wurde eine Umrechnung auf neun Stufen vorgenommen. Für eine übersichtliche Darstellung der Proben mit ihren Noten wurde eine

Einschränkung auf in Europa verfügbare Nackthaferarten, zwei besondere Linien und drei in Deutschland verfügbarer Spelzhafer vorgenommen (siehe Tabelle 12).

Aufgrund der Gesamtnote (8) wären der Zuchtstamm *DZA1003b* und *Talkunar* am besten für die Herstellung von „Parboiled Oat“ geeignet. *DZA1003b* hat eine höhere Ausbeute als *Talkunar*, der aber heller ist. Von den Sorten sind *Maczo*, *Oliver* und *Saul* nach der Gesamtnote gesehen gut geeignet, wobei diese Defizite bei der Gelatinierungsqualität aufwiesen, die sie jedoch mit einer sehr hohen Ausbeute ausglich. Der Spelzhafer *Apollon* hatte in dieser Untersuchung sehr hohe Gelatinierungsraten, aber nur eine mittelmäßige Ausbeute. Die Ausbeute der Spelzhafer dieser Untersuchung kann schwerlich mit denen der Praxis verglichen werden, da der verwendete Pressluftschäler in erster Linie die Entspelzbarkeit prüfen soll und dadurch keine repräsentativen Ausbeuten hat. Zu berücksichtigen ist auch, dass in dieser Untersuchung die erreichte Qualität bei den Spelzhafern von geschälten, aber ungedarrten Proben ausging. Einen Eindruck der erreichbaren Qualität mit geschältem und gedarrtem Hafer gibt die Probe des Schälhafers (Handelsprobe) aus dem Naturkosthandel. Dieser erreichte sowohl bei glasigen Körnern als auch bei den nicht-mehligten Körnern nur die Klasse eins. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass der Zustand der Stärke schon beim Darren bei üblicherweise 90-100°C, im Rahmen des Schälvorgangs (Tegge 2004; Heiss 1991) verändert wurde. Auch der Nackthafer aus dem Naturkosthandel hatte mit der Note eins sowohl einen sehr geringen Anteil an glasigen als auch an nicht mehligten Körnern. Dies lässt sich vermutlich auf eine thermische Inaktivierung der fettsplattenden Enzyme zurückzuführen (Heiss 1991). Es müssen also thermisch unbehandelte und auch möglichst unverletzte Haferkörner als Rohstoff für das hydrothermische Aufschlussverfahren zu Grunde gelegt werden, um eine hohe Gelatinierungsrate des Hafers zu gewährleisten. Verbrannte Körner sind hinsichtlich der Qualität als besonders kritisch zu betrachten, da sie eindeutig als dunklere Körner im Endprodukt erkannt werden können. Von einer Verwendung der Sorten *Kamil*, *Cacko*, *Detvan*, *Sandokan*, *Oskar*, *Tatran*, *Otakar*, *Amant*, *Klimt* und *Tibor* für den hydrothermischen Aufschluss ist daher nach Ergebnissen dieser Untersuchung abzuraten. Für das Verfahren sind theoretisch nicht nur Nackthafer, sondern auch thermisch nicht behandelte, geschälte Spelzhafer verwendbar. In diesem Zustand befinden sich Spelzhafer aber nur Mitten im Entspelzungsverfahren und das auch nur bei manchen Schälanlagen. Zudem weist geschälter aber nicht gedarrter Spelzhafer eine geringe Haltbarkeit auf. Abgesehen von den daraus entstehenden Komplikationen bezüglich der Beschaffung und Lagerung war die Ausbeute pro Hektar dieser Untersuchung beim Nackthafer höher als bei den mitgeprüften Spelzhafern.

Welche Sorteneigenschaften insbesondere auch unter Berücksichtigung einer ökologischen Erzeugung für das Verfahren zu empfehlen sind, kann nur unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Anbaus entschieden werden. Für den ökologischen Anbau und die Saatgutvermehrung sind besonders die Merkmale wichtig, die eine starke Beikrautunterdrückung und hohe Saatgutgesundheit gewährleisten. Im Zusammenführen von Anbauwürdigkeit und Verarbeitungwürdigkeit fällt auf, dass *Talkunar* als einzige Hafersorte in der Ausbeute, bei den Abzügen, beim Anteil gelatinierter Körner und bei der Beikrautunterdrückung zu den besten gehört. Sie befindet sich sowohl bezüglich der Qualität, der Ausbeute als auch der Anbaueigenschaften jeweils mindestens auf Rangplatz zehn aller Sorten und verfügt zusätzlich noch über eine Flugbrandresistenz. *Nusso*, übrigens einer der Elternlinien von *Talkunar*, kann hier in der Rangfolge bei den Abzügen, beim Anteil gelatinierter Körner und bei der Beikrautunterdrückung mithalten.

5.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Projekt konnten wie vorgesehen die Voraussetzungen geschaffen werden, um aus Hafer, insbesondere Nackthafer einen „Parboiled Oat“ zu erzeugen. Hierfür wurde ein Verfahren ausgearbeitet, Sorten geprüft und Bewertungsmaßstäbe aufgestellt. Sowohl die konkrete Anleitung zu einem Herstellungsverfahren im Labormaßstab als auch die Sortenempfehlungen sind für die Praxis als nützlich zu sehen, wenn sie auch im Einzelfall an die betrieblichen

Gegebenheiten der Verarbeiter angepasst werden müssen. Für eine Kalkulation ist die zu erwartende Ausbeute an Endprodukt im Hinblick auf eine Realisierung unerlässlich. Die Idee zu einem hydrothermisch aufgeschlossenen (parboiled) Hafer als Kochgetreide existierte schon vor Projektbeginn in Getreidezüchtungsforschung Darzau. Bisher war aber die Wissensgrundlage zu gering, um eine Umsetzung durch ein verarbeitendes Unternehmen anstoßen zu können. Mit den Ergebnissen aus dem Projekt konnte nun bereits ein konkretes Interesse und Engagement von getreideverarbeitenden Unternehmen an einer Umsetzung geweckt werden. Dies zeigt die Praxisrelevanz auf und trägt unmittelbar zu einer direkten Nutzung und Verwertung der Ergebnisse bei.

5.5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den erreichten Zielen

Mit dem Vorhaben sollten die Voraussetzungen geschaffen werden, durch die Anwendung eines hydrothermischen Aufschlussverfahrens aus Hafer ein besonders gesundheitsverträgliches Kochgetreide aus inländisch ökologischer Erzeugung herstellen zu können. Auf Grundlage der Ergebnisse können nun an Unternehmen der Ernährungswirtschaft Hinweise gegeben werden, was zu beachten ist, um ein vermarktungsfähiges Produkt zu erzeugen.

Im Projekt wurde sowohl, wie vorgesehen, das hydrothermische Aufschlussverfahren optimiert, als auch die Rohstoffparameter für eine erfolgreiche Rohstoffauswahl entwickelt. Weiter wurden zur Vereinfachung für die verarbeitenden Betriebe konkrete Sortenempfehlungen ausgesprochen. Die ursprünglich angedachten kooperierenden Unternehmen sind zwar aus der Entwicklung und Produktion eines vermarktungsfähigen „Parboiled Oat“ ausgestiegen, es konnte jedoch ein anderes Unternehmen mit prozesstechnischer Erfahrung und den prinzipiellen Voraussetzungen für die Produktidee gefunden werden. Dieses ist nun in der konkreten Planung zur Realisierung von „Parboiled Oat“-Produkten. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse in der Zeitschrift „Cereal Technology“ wird angestrebt.

6. Zusammenfassung

Mit dieser Untersuchung wurden die Voraussetzungen geschaffen, dass Hafer unter Anwendung eines für diese Getreideart neuen und schonenden, hydrothermischen Aufschlussverfahrens zu einem besonders gesundheitsverträglichen Kochgetreide aus inländisch ökologischer Erzeugung verarbeitet werden kann. Auf Grundlage der Ergebnisse erhalten Unternehmen der Ernährungswirtschaft Hinweise, was zu beachten ist, um ausgehend von der Projektidee ein vermarktungsfähiges Produkt, für insbesondere ernährungsbewusste Verbraucher, die ökologische Erzeugung, Regionalität und glutenfreie Ernährung schätzen, zu erzeugen. Im Kern der Untersuchung stand die Frage nach der Ausbeute an vermarktbarer Ware unter Berücksichtigung von Sorteneigenschaften, wie Korngröße, Kornsortierung, Stärkeviskosität, Farbe nach Aufschluss, Poliergrad und nicht zuletzt Ertrag. Die Eignung für den ökologischen Anbau wurde ebenfalls untersucht.

In einem ersten Schritt wurde das hydrothermische Aufschlussverfahren im Labormaßstab entwickelt und dann zur Testung der Sorteneignung über ein Probensortiment von 108 Hafersorten, -linien und genetischen Ressourcen angewendet. Unter Abwägung zwischen Ressourcenersparnis, Produktqualität und Verfahrensstabilität können aus dieser Untersuchung die Verfahrensschritte für die Herstellung von „Parboiled Oat“ aus Nackthafer unter Laborbedingungen wie folgt abgeleitet werden: Der Nackthafer wird im Verhältnis 4:3 (Hafer zu Wasser) 11 bis 16 Stunden eingeweicht. Nach dem Abgießen des überständigen Wassers wird er in einem abgeschlossenen Gefäß bei 85°C für fünf Stunden gelatinisiert. Anschließend empfiehlt sich eine Trocknungszeit von sieben Stunden bei 75°C, um einen Feuchtegehalt von <12 % gewährleisten zu können. Diese Zeit kann eventuell durch Belüftung während der Trocknung heruntergesetzt werden, jedoch muss von einer Temperaturerhöhung aus Qualitätsgründen abgeraten werden. Mit dem verwendeten Laborreispolierer empfahl sich eine Polierzeit von 35 Sekunden und damit ein Abrieb zwischen 7% bis 10%. Das Optimum des Polierabriebs muss unter Berücksichtigung der Garzeit des Endproduktes gewählt werden. Beim beschriebenen Verfahren bedarf es für die Zubereitung des Endproduktes fünf Minuten kochen und zehn Minuten ziehen lassen.

In einem Feldversuch wurden 165 Prüfglieder Nackt- und Spelzhafer angebaut und auf ihre Anbauwürdigkeit im ökologischen Anbau auf dem Standort Köhlingen im Jahr 2016 geprüft. Dafür wurden folgende Parameter erhoben: Bedeckungsgrade des Hafers, Wuchstyp, Bestandeshöhen, Datum des Rispschiebens, Breite und Länge des Fahnenblattes, Flissigkeit, Standfestigkeit und die Anfälligkeit für Haferflugbrand (*Ustilago avenae*). Mit 108 Hafern dieses Sortiments wurden sowohl die Rohstoffparameter für eine hohe Qualität und Ausbeute beim hydrothermalen Aufschlussverfahren ermittelt als auch die Sorteneignung getestet. Es kann festgehalten werden, dass im Hinblick auf die Ausbeute Sortenunterschiede vorhanden sind. Die maßgeblichen Parameter hierbei sind die Bepelzung, der Anteil Körner kleiner 1,8 mm und die Polierbarkeit. Geeignete Rohstoffpartien für eine Verfahrensumsetzung sind demnach Erntepartien mit wenig bepelzten Körnern und mit wenig Körnern kleiner 1,8 mm, da diese in der weiteren Verarbeitung durch die Reinigungssiebe fallen. Weder der Beta-Glucan-Gehalt noch die Ausprägung der Stärkeviskosität hatten einen Bezug zur Kornfarbe oder zur Gelatinierungsrate und können demnach für die Bewertung der Rohware vernachlässigt werden, es können aber Sortenempfehlungen ausgesprochen werden. Aufgrund einer hohen Ausbeute bei sehr hoher Produktqualität in den zugrundeliegenden Untersuchungen bietet sich die Nackthaferart *Talkunar* für einen Hafer als Reis des Nordens besonders an. Wegen Flugbrandresistenz und Beikrautbedeckungsvermögen ist sie insbesondere für einen konsequent ökologischen Anbau empfehlenswert.

Literaturverzeichnis

Heiss, Rudolf (1991): Lebensmitteltechnologie. Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung. 4., durchgesehene und erw. Aufl. Berlin, New York: Springer-Verlag.

Schrot und Korn (1997): Thermo-Getreide 1997, 10.1997. Online verfügbar unter <http://schrotundkorn.de/ernaehrung/lesen/sk971003.html>, zuletzt geprüft am 13.02.2017.

Tegge, P.D.G. (2004): Stärke und Stärkederivate: Behr's Verlag DE.

Welch, Robert (1995): The Oat crop. Production and utilization. London [etc.]: Chapman and Hall.

Yau, N. J.N.; Huang, J. J. (1996): Sensory analysis of cooked rice. In: Food quality and preference 7 (3-4), S. 263–270.

Anhang

Tabelle I: Ergebnis-Übersicht aller Sorten des Anbaus und im hydro-thermischen Aufschlussverfahren

Sorte/Linie	Ausbeute in dt/ha	Polierverlust in dt/ha	Prozessverlust in dt/ha	Körner < 1,8 mm in dt/ha	Bespelzte Körner in dt/ha	Gesamter Verlust in %	Polierverlust in %	Prozessverlust in %	Körner kleine 1,8mm in %	Abzug für spezialfreie Rohware	Verlust gesamt in %	Predicted Means (Genstat) (brutto)	Estimated Effect (Genstat)	Bedeckungsgrad Hafer (BBCH23-32)	Höhe (BBCH23-32)	Höhe (BBCH 70-87) in cm	Wuchstyp (BBCH 23-32)	Flüssigkeit	Flugbrand	TKG	Speitzigkeit	
14390 Cn 3	17,7	5,6	2,1	0,6	0,6	8,9	20,9	8,0	2,3	2,2	33,4	27	0	53	24	83	4	4	2	26	2	
14397 Cn 2	14,0	5,9	2,2	0,2	0,5	8,8	25,9	9,8	0,8	2,2	38,6	23	-4	52	26	80	6	2	6	34	2	
Aisak	14,2	3,3	2,1	2,2	1,3	8,9	14,5	8,9	9,6	5,5	38,5	23	-4	52	26	75	3	5	1	20	3	
Alonso												41	15	57	26	70	7	4	0	37	9	
Amanat	18,9	6,7	2,2	0,5	0,6	10,1	23,3	7,5	1,9	2,2	34,8	29	2	47	25	75	3	5	9	25	2	
Amaris	12,8	4,2	1,7	1,2	0,5	7,6	20,8	8,5	5,7	2,2	37,1	20	-6	45	25	95	4	6	4	22	2	
Apollon	14,4	8,3	4,0	0,1	16,5	28,9	19,1	9,2	0,2	38,2	66,7	43	17	45	27	85	1	1	1	49	9	
Aragon												43	16	53	29	90	4	3	9	41	9	
Belle	8,1	8,0	3,0	1,7	13,9	26,7	23,1	8,7	5,0	40,0	76,8	35	8	48	30	95	6	4	0	32	9	
Nackthafer (Handel)							22,8	8,3	0,4													
Betania												40	13	57	24	85	3	1	0	42	9	
Bison												41	15	47	30	87	2	1	0	46	9	
Buggy												43	17	44	25	73	3	2	1	35	9	
Bul378	14,4	4,3	1,7	0,3	0,0	6,3	21,0	8,1	1,3	0,1	30,5	21	-6	55	24	85	2	5	0	32	1	
Cacko	10,9	5,0	1,7	0,8	2,2	9,7	24,5	8,0	3,7	10,8	47,0	21	-6	48	25	80	2	3	9	26	4	
Caesar	14,9	3,2	2,2	3,2	1,4	9,9	12,8	9,0	12,7	5,5	40,0	25	-2	53	25	94	4	2	2	24	3	
Canyon	8,1	6,9	3,2	1,2	13,2	24,5	21,2	9,7	3,6	40,6	75,1	46	19	48	28	97	2	2	5	43	9	
Caravelle	7,7	9,3	9,4	0,3	17,4	36,3	21,0	21,3	0,6	39,6	82,5	33	6	50	26	90	2	2	0	31	9	
Chengdu												17	-10	63	24	88	8	3	3	5	5	
Contender												44	17	50	27	87	5	3	4	44	9	
Curly												43	16	48	29	80	2	2	0	34	9	
Danusow1	11,1	4,6	1,9	1,0	1,1	8,5	23,2	9,4	5,2	5,5	43,4	20	-7	41	24	100	3	2	0	24	3	
Schälhafer (Handel)	12,4	4,7	2,1	2,0	0,0	8,9	15,7	5,5	3,6													
Devvan	12,1	4,9	2,1	1,2	0,0	8,1	20,8	9,1	5,0	39,5	74,4	26	-1	55	29	85	2	3	9	25	6	
Dominik												43	17	57	27	86	3	3	1	40	9	
DZA0801a1	11,8	4,8	2,0	0,4	0,4	7,6	22,3	10,0	9,4	0,1	41,8	21	-5	40	24	95	3	6	0	24	1	
DZA0801b11							21,4	10,0		0,1	31,4	21	-6	58	25	95	4	4	0	0	1	
DZA0801b2												24	-2	55	26	100	5	5	0	0	1	
DZA0801c							24,0	10,1	5,9	0,1	40,1	20	-6	55	24	100	6	3	0	24	1	
DZA0801e1												19	-8	53	23	97	4	3	0	0	1	
DZA0802a1							24,6	10,2	2,2	2,2	39,1	19	-7	48	23	95	3	2	0	27	2	
DZA0802a2	13,8	4,6	2,0	0,7	0,5	7,8	21,5	9,4	3,0	2,2	36,1	22	-5	50	24	97	3	4	0	25	2	
DZA0802b1	15,0	5,9	2,2	0,7	0,0	8,9	24,8	9,4	3,0	0,1	37,2	24	-3	45	26	90	3	4	0	24	1	
DZA0802b2	14,8	6,0	2,2	0,7	0,0	8,8	25,3	9,3	2,8	0,1	37,4	24	-3	46	24	90	1	3	0	25	1	
DZA0802c1	12,5	5,8	1,8	0,5	0,5	8,6	27,4	8,5	2,5	2,2	40,6	21	-6	42	24	90	1	3	0	26	2	
DZA0802d1	15,1	4,5	2,2	0,6	0,0	7,3	20,0	9,9	2,8	0,1	32,7	22	-4	50	25	85	4	4	0	28	1	
DZA0803a												23	-4	48	22	94	7	5	0	0	2	
DZA0803b1												23	-4	50	24	97	5	5	0	0	1	
DZA0803b31	14,2	6,0	2,3	0,8	0,0	9,1	25,8	9,9	3,3	0,1	39,0	23	-3	49	27	90	5	5	0	24	1	
DZA0803c1												17	-9	46	23	95	5	5	0	0	1	
DZA0803c21												17	-10	43	24	80	5	5	0	0	1	
DZA0803c22	9,9	4,1	1,6	0,3	0,0	6,0	25,8	10,0	1,9	0,1	37,8	16	-11	57	22	91	6	4	0	26	1	
DZA0803c3												18	-9	55	23	96	5	6	0	0	1	
DZA0803e	9,8	4,4	1,7	0,4	0,0	6,5	27,3	10,1	2,5	0,1	40,0	16	-10	57	25	95	5	6	0	25	1	
DZA0803g1	13,7	5,3	2,2	0,6	0,0	8,2	24,3	10,1	2,9	0,1	37,4	22	-5	53	23	95	5	6	0	25	1	
DZA0803g2	12,7	4,8	2,3	0,5	0,0	7,6	23,5	11,1	2,6	0,1	37,3	20	-6	48	22	90	4	6	0	24	1	
DZA0804a1	19,3	6,1	2,8	0,7	0,0	9,6	21,0	9,8	2,5	0,1	33,3	29	2	55	22	91	7	4	0	26	1	
DZA0805a	13,6	6,6	2,5	0,5	0,0	9,6	28,4	10,8	2,1	0,1	41,4	23	-3	47	24	94	7	5	0	26	1	
DZA0805c	14,9	5,9	2,5	0,3	0,0	8,7	24,8	10,6	1,2	0,1	36,7	24	-3	44	29	90	6	5	0	29	1	
DZA0805d1	17,2	5,8	2,1	1,1	0,0	9,0	22,0	8,0	4,2	0,1	34,3	26	-1	55	22	94	7	5	0	25	1	
DZA0806a							23,2	10,4		0,1	33,7	18	-8	67	22	95	9	4	0	0	1	
DZA0806b1	16,1	5,5	2,0	0,6	0,0	8,2	22,6	8,3	2,6	0,1	33,6	24	-2	55	22	91	8	5	0	27	1	
DZA0806c2	11,2	3,8	1,7	0,5	0,0	6,0	22,2	10,0	2,7	0,1	35,0	17	-9	58	21	87	6	2	0	24	1	
DZA0806c31	12,5	4,3	1,9	0,7	0,0	7,0	22,0	9,9	3,8	0,1	35,8	19	-7	53	24	84	5	3	0	25	1	
DZA0909a	10,2	5,0	1,7	0,2	0,4	7,2	28,6	9,5	1,2	2,2	41,4	17	-9	42	28	90	6	5	1	34	2	
DZA0909b	9,3	3,9	1,4	0,1	0,3	5,8	26,0	9,3	0,9	2,2	38,3	15	-12	33	31	95	5	3	1	35	2	
DZA0909c												18	-8	39	25	90	6	2	1	0	2	
DZA1001a2	14,0	6,3	2,5	0,4	0,0	9,3	27,3	10,9	1,6	0,1	39,8	23	-3	49	24	110	4	3	0	32	1	
DZA1001b1	9,7	4,6	1,8	0,3	0,0	6,6	27,8	11,1	1,6	0,1	40,6	16	-10	52	23	100	2	4	0	28	1	
DZA1001b2	16,4	5,8	2,6	0,3	0,0	8,6	23,0	10,4	1,0	0,1	34,5	25	-2	52	24	105	3	5	0	33	1	
DZA1001c												22	-4	58	27	110	2	3	0	0	2	
DZA1001g												21	-6	60	20	115	7	4	0	0	2	
DZA1001j1												22	-5	48	23	110	4	5	0	0	1	
DZA1001j3							34,9	12,0		0,1	47,0	19	-7	50	23	105	5	5	0	24	1	
DZA1001m1	14,7	4,8	2,3	0,6	0,0	7,8	21,5	10,3	2,7	0,1	34,5	22	-4	58	26	105	3	4	0	31	1	
DZA1001p11	11,4	5,6	2,1	0,4	0,0	8,1	28,8	10,6	2,0	0,1	41,5	19	-7	58	27	100	6	4	0	30	1	
DZA1001p2	14,5	4,4	2,2	0,5	0,0	7,1	20,5	10,0	2,1	0,1	32,7	22	-5	59	23	110	4	5	0	31	1	
DZA1001r							25,0	10,3		0,1	35,4	22	-4	62	26	110	3	4	0	32	1	
DZA1002a1	16,2	4,5	2,2	0,6	0,0	7,4	19,3	9,4	2,5	0,1	31,2	24	-3	50	23	100	2	3	0	30	1	
DZA1003a	16,9	4,1	2,4	0,4	0,0	7,0	17,3	10,1	1,7	0,1	29,2	24	-3	53	28	91	6	4	0	28	1	
DZA1003b	19,4	5,5	2,8	0,5	0,0	8,9	19,5	10,0	1,8	0,1	31,4	28	2	46	25	87	5	2	0	27	1	
DZA1003c	17,7	4,8	2,2	0,4	0,0	7,5	19,3	8,8	1,6	0,1	29,7	25	-1	52	26	87	4	3	0	27	1	
DZA1003d1	17,0	4,8	2,4	0,3	0,0	7,5	19,5	9,9	1,1	0,1	30,5	24	-2	52	26	87	8	4	0	28	1	
DZA1003d2	16,2	5,1	2,3	0,3	0,5	8,2	20,7	9,6	1,3	2,2	33,7	24	-2	52	27	90	6	5	0	28	2	
DZA1003g	17,9	4,7	2,5	1,6	0,0	8,8	17,5	9,3	6,1	0,1	32,9	27	0	43	26	85	6	6	0	23	1	
DZA1003j	16,7	3,8	2,5	0,6	0,0	6,8	16,0	10,5	2,4	0,1	29,0	23	-3	53	23	96	6	5	0	26	1	
DZA1003k	16,1	4,9	2,6																			

Sorte/Linie	Ausbeute in dt/ha	Pollerverlust in dt/ha	Prozessverlust in dt/ha	Körner < 1,8 mm in dt/ha:	Bespelzte Körner in dt/ha	Gesamtverlust in %	Pollerverlust in %	Prozessverlust in %	Körner kleine 1,8mm in %	Abzug für speisefreie Rohware	Verlust gesamt in %	Predicted Means (Genstat) (brutto)	Estimated Effect (Genstat)	Bedeckungsgrad Hafer (BBCH23-32)	Höhe (BBCH23-32)	Höhe (BBCH 70-87) in cm	Wuchstyp (BBCH 23-32)	Flissigkeit	Flugbrand	TKG	Speiszeit
Gabriel												43	16	57	25	87	6	2	3	41	9
Galaxy												39	13	50	29	80	2	3	6	39	9
Gehl	11,6	4,9	1,9	0,2	0,4	7,4	25,5	10,0	1,2	2,2	38,9	19	-8	58	23	105	5	3	0	33	2
Harmony	12,8	10,7	4,2	0,1	16,3	31,2	24,3	9,4	0,1	37,1	70,9	44	17	62	25	90	2	3		50	9
Hiller	15,2	6,6	2,4	0,7	1,5	11,1	25,0	9,0	2,6	5,5	42,1	26	0	65	27	90	1	4	9	27	3
Hronec	15,3	4,7	2,8	1,6	2,9	12,0	17,3	10,1	5,9	10,8	44,0	27	1	38	31	90	2	2	9	23	4
HSH 395-12												40	13	55	26	87	7	3	0	36	9
HSH 461-11												40	13	48	28	95	6	2	2	45	9
HSH 506-12												43	16	47	26	90	7	2	0	36	9
Ivory												41	14	58	27	90	5	3	2	44	9
Kalte												37	11	47	27	96	7	3	1	40	9
Kamil	15,1	6,3	2,4	0,5	0,0	9,2	26,0	9,8	1,9	0,1	37,8	24	-2	63	26	85	4	3	9	28	1
Kaufman												28	2	50	25	100	6	2	0	42	9
Klmit	13,8	4,4	1,7	1,7	1,3	9,0	19,3	7,3	7,4	5,5	39,4	23	-4	52	24	100	6	4	3	25	3
Kurt												38	12	58	25	60	4	4	1	36	9
Lennon	16,0	6,5	2,4	1,0	3,1	13,0	22,3	8,4	3,5	10,8	44,8	29	2	49	22	80	3	3	9	26	4
Maczo	17,7	5,7	2,1	0,8	0,6	9,2	21,3	7,9	3,0	2,2	34,3	27	0	46	23	82	4	4	9	27	2
Max												44	17	50	25	80	4	2	4	37	9
Max neu												43	16	48	27	83	4	4	3	38	9
Mina DS	6,0	5,1	1,9	0,9	9,1	16,9	22,3	8,3	3,8	39,5	73,8	23	-4	58	26	90	3	5	9	25	6
Mirce	13,6	3,4	1,8	4,2	0,0	9,4	14,8	7,8	18,3	0,1	40,9	23	-4	53	24	98	5	5	4	20	1
Montagna												36	9	43	29	83	8	3	0	40	9
Moritz												49	22	55	26	93	4	2	3	46	9
Mozart	15,6	4,6	2,4	0,7	2,8	10,5	17,8	9,1	2,7	10,8	40,3	26	-1	46	25	91	4	4	9	27	4
NagiPurawski	7,3	3,2	1,1	0,7	0,3	5,3	25,8	8,8	5,2	2,2	41,9	13	-14	60	21	97	4	5	6	20	2
Nakko	7,0	4,1	1,9	0,8	9,0	15,8	18,0	8,3	3,4	39,5	69,1	23	-4	53	26	100	5	4	1	27	6
Nek378	11,4	3,2	1,7	1,5	2,1	8,5	16,3	8,4	7,3	10,8	42,7	20	-7	52	22	77	3	4	0	23	4
NO22-2	7,0	5,2	1,7	0,6	1,7	9,1	31,9	10,4	3,4	10,8	56,6	16	-10	60	19	100	7	2	1	27	4
NO6287-0009	15,0	5,5	1,7	0,6	0,0	7,8	24,0	7,5	2,7	0,1	34,3	23	-4	48	24	87	2	4	0	28	1
Novella Antonia												28	1	44	25	105	1	2	0	41	9
Nusso	12,9	3,3	1,4	1,0	0,0	5,8	17,8	7,6	5,3	0,1	30,8	19	-8	47	23	110	7	6	4	23	1
Oliver	18,3	6,9	2,7	0,6	0,6	10,8	23,8	9,3	2,0	2,2	37,2	29	3	47	24	87	3	4	6	25	2
Oskar	14,3	4,8	2,2	0,4	2,6	10,0	19,8	9,0	1,7	10,8	41,2	24	-2	48	25	95	2	3	9	28	4
Osner	9,9	4,2	1,5	0,8	1,0	7,5	24,3	8,5	4,8	5,5	43,1	17	-9	45	23	60	6	2	9	22	3
Otakar	15,7	4,4	2,4	0,8	1,4	8,9	17,8	9,8	3,1	5,5	36,1	25	-2	57	23	90	5	3	9	25	3
Otakar neu												24	-2	55	24	90	6	2	9		3
Ozon												44	18	55	28	79	5	3	6	42	9
Pennline2005	17,1	4,3	2,1	1,5	0,0	7,9	17,3	8,5	5,8	0,1	31,6	25	-2	45	25	75	1	5	0	24	1
Poseidon												43	16	43	29	75	4	4	2	43	9
Poseidon neu												47	20	48	28	80	3	2	0	44	9
PS-128	16,5	5,5	2,3	1,1	1,5	10,4	20,5	8,5	4,1	5,5	38,6	27	0	46	25	90	2	4	9	25	3
Rhea	13,6	7,0	2,1	1,2	1,4	11,7	27,8	8,4	4,6	5,5	46,2	25	-1	52	26	95	2	3	0	27	3
SA96139	8,6	5,1	3,0	0,6	14,0	22,6	16,3	9,7	1,7	44,7	72,4	31	5	63	24	97	6	2	1	41	9
SA97082												42	15	50	27	92	1	2	3	43	9
Sandokan	10,8	4,0	2,2	0,2	4,8	11,2	18,0	9,8	1,1	22,0	50,9	22	-5	53	22	85	1	4	9	29	5
Saul	17,4	5,3	2,3	0,7	0,0	8,3	20,5	9,0	2,6	0,1	32,2	26	-1	53	24	90	2	4	9	25	1
Saul neu												24	-3	48	23	82	1	5	9		1
Shallow Crease	14,5	5,5	2,3	0,7	0,5	9,1	23,5	9,9	3,0	2,2	38,6	24	-3	37	28	100	4	3	1	28	2
Simon	13,6	7,7	4,6	0,5	16,6	29,4	17,8	10,8	1,2	38,7	68,4	43	16	53	26	90	2	3	0	41	9
Sonia	13,1	4,2	1,8	2,2	1,3	9,4	18,5	8,0	9,8	5,5	41,9	22	-4	58	26	87	6	5	1	24	3
STH1011	15,9	4,9	2,4	1,7	3,0	12,0	17,5	8,8	6,0	10,8	43,0	28	1	53	25	75	4	3	0	26	4
Storm King												28	1	58	27	115	8	2	3	41	9
Strehl	17,7	5,5	1,9	0,7	0,0	8,1	21,3	7,5	2,5	0,1	31,4	26	-1	57	28	95	1	4	9	29	1
Svea												34	7	53	26	95	8	3	0	29	9
Symphony	13,3	9,9	4,2	0,2	19,3	33,7	21,1	9,0	0,4	41,1	71,7	47	20	45	28	87	5	4	3	44	9
Talkunar3	15,2	5,5	2,0	1,0	0,5	9,1	22,8	8,4	4,1	2,2	37,4	24	-2	49	30	105	1	5	0	28	2
Talkunar8	15,7	6,6	2,5	1,1	0,0	10,2	25,6	9,6	4,1	0,1	39,5	26	-1	53	26	80	1	5	0	27	1
TalkunarZ	16,7	5,2	2,2	1,1	0,0	8,5	20,5	8,8	4,4	0,1	33,8	25	-1	53	26	103	1	5	0	28	1
Tatran	13,8	5,6	1,8	0,3	1,3	8,9	24,5	8,0	1,2	5,5	39,2	23	-4	42	26	80	2	2	9	30	3
Tatran neu												27	0	48	26	85	2	3	9	28	2
Tibor	17,5	4,5	2,4	0,4	0,0	7,3	18,3	9,6	1,5	0,1	29,5	25	-2	48	24	90	4	2	9	31	1
Tim												45	19	50	26	81	4	2	4	42	9
TMP17717												34	7	68	20	90	6	3	0	33	9
Topsi	13,5	3,3	1,5	2,0	0,5	7,2	16,0	7,1	9,5	2,2	34,9	21	-6	67	25	82	3	4	2	24	2
Troll	10,7	9,2	4,4	0,3	19,1	33,0	21,0	10,1	0,7	43,7	75,5	44	17	52	26	60	3	1	0	38	9
Typhon												42	15	53	28	87	5	2	1	43	9
VAO-2	10,1	4,9	1,7	0,2	1,0	7,8	27,3	9,8	1,2	5,5	43,7	18	-9	55	21	105	3	5	0	31	3
VAO-44	8,3	5,4	1,5	0,2	0,9	8,0	33,3	9,1	1,2	5,5	49,1	16	-10	62	24	107	4	4	0	32	3
VAO-46	7,9	5,8	1,5	0,2	0,9	8,4	35,5	9,5	1,0	5,5	51,6	16	-10	45	21	110	2	5	0	29	3
VAO-65	9,3	4,8	1,5	0,3	0,4	6,9	29,5	9,1	1,6	2,2	42,4	16	-10	50	23	100	3	5	0	31	2
VAO-68	8,5	5,6	1,4	0,3	0,4	7,7	34,5	8,9	2,1	2,2	47,7	16	-10	52	22	110	5	4	0	31	2
VAO-7	9,1	4,4	1,2	0,4	0,3	6,3	28,3	8,0	2,3	2,2	40,8	15	-11	50	23	95	5	2	9	22	2
VAO-9	9,8	5,6	1,9	0,7	2,2	10,3	27,8	9,4	3,3	10,8	51,2	20	-7	58	20	95	2	4	0	23	4
Vazec	10,3	5,4	2,2	0,3	5,1	13,1	23,3	9,6	1,2	22,0	56,1	23	-3	55	23	87	3	3	6	30	5
Yukon	15,9	9,9	4,3	0,3	14,4	28,8	22,2	9,6	0,6	32,1	64,4	45	18	58	27	80	2	2	2	46	9
Mittelwert	13,2	5,5	2,4	0,8	2,9	11,5	22,7	9,4	3,2	8,6	43,9	28	1	52	25	91	4	4	2	32	4

Tabelle III: Merkmale der Qualität, Quantität des aufgeschlossenen Hafers und der Anbaueigenschaften in Noten

Sorte/Linie	Gesamt-Score (= ungeschl. 9=sehr, 1=wenig)	Ausbeute (9=viel, 1=wenig)	glasige Körner (9=viel, 1=wenig)	nicht-mehlige Körner (1=viel, 9=wenig)	nicht-überbrante Körner (1=wenig, 9=viel)	Weißgrad (1=dunkler, 6=heller)	Beikrautentrocknungsrate	HöheBBCH2332	HöheBBCH7087	BedeckungsgradHaf erBBCH2332	Wuchstyp (BBCH 23-32)	Standfestigkeit	Flüssigkeit
14390 Cn 3	7	9	4	7	4	4	4	3	2	6	4	4	4
14397 Cn 2	5	5	3	5	2	4	4	6	2	5	6	3	2
Aisak	6	6	7	8	4	5	4	7	1	5	3	2	5
Alonso							5	7	1	8	7	1	4
Amant	6	9	1	1	2	4	3	5	1	3	3	4	5
Amaris	5	4	8	5	4	2	5	5	7	2	4	8	6
Apollon	7	6	9	7	9	4	4	8	3	2	1	5	1
Aragon							6	9	5	6	4	5	3
Belle	4	1	7	3	9	4	6	9	7	3	6	6	4
Nackthafer (Handel)	5		1	1	9	5							
Betania							4	3	3	8	3	5	1
Bison							4	9	4	3	2	3	1
Buggy							2	5	1	1	3	2	2
Bul378	7	6	9	8	9	3	4	3	3	7	2	4	5
Cacko	5	3	7	9	3	5	3	5	2	4	2	3	3
Caesar	6	6	8	4	7	2	5	5	6	6	4	3	2
Canyon							6	9	8	3	2	6	2
Caravelle	4	1	9	9	7	2	5	6	5	5	2	8	2
Chengdu							6	4	4	9	8	5	3
Contender	4	1	6	2	9	5	5	8	4	5	5	4	3
Curly							4	9	2	3	2	6	2
Danussow1	4	3	6	5	4	4	5	4	8	1	3	7	2
Schälhafer (Handel)	5		1	1	7	6							
Detvan	3	1	4	4	3	4	4	9	3	7	2	1	3
Dominik							5	8	3	8	3	5	3
DZA0801a1	5	4	8	4	9	1	4	4	7	1	3	5	6
DZA0801b11							6	4	7	8	4	5	4
DZA0801b2							7	7	8	7	5	6	5
DZA0801c	4	4	6	6	4	1	6	4	8	7	6	7	3
DZA0801e1							5	2	8	6	4	7	3
DZA0802a1	3	3	3	2	2	3	4	2	7	4	3	5	2
DZA0802a2	6	5	8	9	3	4	5	4	8	5	3	6	4
DZA0802b1	6	6	7	9	2	5	4	6	5	2	3	5	4
DZA0802b2	6	6	6	7	4	4	4	3	5	2	1	7	3
DZA0802c1	4	4	4	4	5	4	3	3	5	1	1	6	3
DZA0802d1	6	7	3	4	2	5	4	4	3	5	4	5	4
DZA0803a							4	1	6	4	7	4	5
DZA0803b1							6	4	8	5	5	7	5
DZA0803b31	6	5	7	5	9	4	6	8	5	4	5	7	5
DZA0803c1							4	2	7	2	5	5	5
DZA0803c21							4	4	2	1	5	6	5
DZA0803c22	3	2	3	6	1	3	5	1	6	8	6	6	4
DZA0803c3							6	3	7	7	5	7	6
DZA0803e	3	2	6	4	4	2	6	4	7	8	5	5	6
DZA0803g1	4	5	4	3	4	3	5	2	7	6	5	5	6
DZA0803g2	3	4	3	2	1	3	4	1	5	4	4	5	6
DZA0804a1	7	9	2	2	4	6	5	1	6	7	7	4	4
DZA0805a	6	5	6	8	6	5	5	4	6	3	7	6	5
DZA0805c	7	6	9	7	9	3	5	9	5	1	6	6	5
DZA0805d1	6	8	2	3	5	3	6	1	6	7	7	7	5
DZA0806a							7	1	7	9	9	8	4
DZA0806b1	7	8	4	8	4	6	6	2	6	7	8	8	5
DZA0806c2	5	3	8	3	9	3	5	1	4	9	6	6	2
DZA0806c31	5	4	7	7	5	4	4	3	2	6	5	5	3
DZA0909a	4	3	6	7	1	4	5	8	5	1	6	6	5
DZA0909b	4	2	7	8	3	2	6	9	7	1	5	6	3
DZA0909c							4	5	5	1	6	5	2
DZA1001a2	4	5	1	3	4	4	5	4	9	4	4	6	3
DZA1001b1	3	2	4	5	3	3	4	2	8	5	2	5	4
DZA1001b2	5	8	3	3	2	2	6	4	9	5	3	7	5
DZA1001c							7	8	9	9	2	7	3
DZA1001g							7	1	9	9	7	9	4
DZA1001j1							6	2	9	4	4	9	5
DZA1001j3							6	2	9	5	5	9	5
DZA1001m1	6	6	7	9	2	5	7	6	9	8	3	8	4
DZA1001p11	4	3	3	6	1	4	8	8	8	8	6	8	4
DZA1001p2	6	6	5	7	2	4	6	2	9	9	4	8	5
DZA1001r							7	7	9	9	3	9	4
DZA1002a1	8	8	9	8	6	5	5	2	8	5	2	7	3
DZA1003a	7	8	8	9	5	3	6	8	6	6	6	2	4
DZA1003b	8	9	9	7	9	4	4	5	4	2	5	2	2
DZA1003c	8	9	8	9	7	4	4	7	4	5	4	2	3
DZA1003d1	8	8	9	9	7	5	5	6	4	5	8	3	4
DZA1003d2	7	8	5	6	5	6	6	8	5	5	6	6	5
DZA1003g	7	9	7	9	4	2	5	7	3	1	6	7	6
DZA1003j	6	8	5	6	4	2	6	2	7	6	6	8	5
DZA1003k	7	7	8	9	4	3	5	3	6	9	4	4	4
DZA1003m	7	8	9	8	9	1	6	7	7	5	5	5	6
EndressFrüherGelb	3	1	3	3	7	2	7	6	9	9	6	7	2
Energie							3	4	2	3	1	3	1
Erbgraf							7	5	7	8	8	6	2
ES-1505-BoxErb							5	9	3	7	1	3	3
ES-1508-IvoFlätiAzü							4	5	3	2	3	5	2
ES-1511-Chalvo							6	6	5	7	5	6	1
ES-1542-FläprBox							3	3	3	2	1	5	4
ES-1547-FläprSkr							3	5	3	2	2	4	4
Feltwell							6	1	7	9	7	4	4
Flämingsgold	5	4	6	7	6	5	5	5	2	8	6	5	3

Sorte/Linie	Gesamt Score (1=ungeeignet, 1=wenig)	Ausbeute (9=viel, 1=wenig)	glasige Körner (9=viel, 1=wenig)	nicht-mehlige Körner (1=wenig, 9=viel)	nicht-geröstete Körner (1=wenig, 9=viel)	Weißgrad (1=dunkler, 6=heller)	Beirautendruck ungsnote	HöheBBCH232	HöheBBCH7087	BedeckungsgradHalerBBCH232	Wuchstyp (BBCH 23-32)	Standfestigkeit	Fließigkeit
Flocke	5	3	8	6	9	3	4	9	2	5	2	4	4
Freddy							5	6	5	5	5	2	4
Furlong	2	1	1	3	2	3	6	2	8	5	6	7	2
Gabriel							6	6	4	8	6	5	2
Galaxy							5	9	2	5	2	5	3
Gehl	4	3	3	6	1	5	6	2	9	9	5	6	3
Harmony	5	4	6	6	5	4	5	5	5	9	2	4	3
Hiller	6	7	4	2	6	5	6	8	5	9	1	6	4
Hronec	6	7	5	2	7	4	4	9	5	1	2	2	2
HSH 395-12							6	7	4	7	7	4	3
HSH 461-11							6	9	7	3	6	6	2
HSH 506-12							5	7	5	2	7	5	2
Ivory							6	8	5	9	5	4	3
Kalle							6	8	7	3	7	7	3
Kamil	6	7	3	3	3	5	5	7	3	9	4	2	3
Kaufman							6	5	8	5	6	8	2
Klimt	5	5	7	9	1	3	6	3	8	5	6	6	4
Kurt							4	5	1	8	4	1	4
Lennon	6	7	5	2	6	4	2	2	2	4	3	1	3
Maczo	7	9	4	3	6	5	3	2	2	2	4	3	4
Max							4	4	2	5	4	4	2
Max neu							4	8	2	3	4	4	4
Mina DS	3	1	4	6	5	5	5	7	5	9	3	3	5
Mirce	5	5	6	5	4	2	6	4	8	6	5	8	5
Montagna							5	9	2	1	8	6	3
Moritz	5	7	3	1	4	3	6	7	6	7	4	4	2
Mozart							4	6	6	2	4	3	4
NagiPurawski	2	1	5	4	2	3	6	1	8	9	4	7	5
Nakko	1	1	1	1	2	2	7	7	8	6	5	7	4
Nek378	5	3	8	8	5	4	3	2	1	5	3	6	4
NO22-2	2	1	3	6	1	3	7	1	8	9	7	8	2
NO6287-0009	5	6	3	5	1	5	3	4	4	4	2	2	4
Novella Antonia							5	5	9	1	1	9	2
Nusso	5	4	8	9	4	4	6	3	9	3	7	9	6
Oliver	7	9	3	2	6	5	3	3	4	3	3	2	4
Oskar	6	6	5	6	2	5	5	6	7	4	2	4	3
Osner	5	2	8	9	4	5	3	3	1	2	6	1	2
Otakar	5	7	2	3	2	5	4	2	5	8	5	2	3
Otakar neu							5	4	5	7	6	2	2
Ozon							5	9	1	7	5	4	3
Pennline2005	8	8	9	6	9	5	2	5	1	2	1	2	5
Poseidon							3	9	1	1	4	2	4
Poseidon neu							4	9	2	3	3	2	2
PS-128	7	8	7	4	4	4	4	5	5	2	2	5	4
Rhea	4	5	2	1	6	2	6	7	7	5	2	7	3
SA96139	5	2	8	7	9	6	6	4	8	9	6	3	2
SA97082							5	8	6	5	1	5	2
Sandokan	3	3	3	1	3	4	3	1	3	6	1	4	4
Saul	7	9	2	1	6	5	4	4	5	6	2	3	4
Saul neu							3	3	2	4	1	3	5
Shallow Crease	6	6	5	9	5	5	5	9	8	1	4	4	3
Simon	6	5	5	2	9	6	5	6	5	6	2	7	3
Sonia	4	4	2	2	5	2	6	7	4	9	6	3	5
STH1011	7	7	8	7	9	4	4	5	1	6	4	2	3
Storm King							8	8	9	8	8	7	2
Strehl	6	9	3	3	3	4	6	8	7	8	1	6	4
Svea							7	6	7	6	8	6	3
Symphony	5	4	5	3	9	6	5	8	4	2	5	6	4
Talkunar3	7	7	9	4	9	5	6	9	9	4	1	7	5
Talkunar8	7	7	8	7	7	5	6	7	8	6	1	7	5
TalkunarZ	8	8	9	7	9	5	6	7	8	6	1	7	5
Tatran	4	5	2	6	2	3	3	7	2	1	2	3	2
Tatran neu							4	7	3	4	2	3	3
Tibor	6	9	3	2	1	3	4	4	5	4	4	4	2
Tim							5	7	2	5	4	7	2
TMP17717							6	1	5	9	6	8	3
Topsi	4	4	4	1	5	3	5	6	2	9	3	3	4
Troll	4	3	8	4	7	3	3	7	1	5	3	1	1
Typhon							6	8	4	6	5	5	2
VAO-2	3	2	2	6	1	5	5	1	9	7	3	7	5
VAO-44	3	2	1	1	4	4	7	3	9	9	4	9	4
VAO-46	2	1	1	3	4	4	4	1	9	2	2	8	5
VAO-65	3	2	1	8	1	4	5	2	8	5	3	7	5
VAO-68	3	2	1	8	1	5	6	2	9	5	5	9	4
VAO-7	4	2	4	8	3	6	5	3	7	5	5	6	2
VAO-9	3	2	2	9	1	2	5	1	7	8	2	6	4
Vazec	4	3	4	1	6	4	4	2	4	7	3	3	3
Yukon	7	7	9	5	9	3	5	8	2	9	2	4	2

Tabelle III: Deskriptive Statistik der Feldparameter

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung
Wuchstyp (BBCH 23-32)	165	1,0	9,0	4,14	0,15	1,98
Bedeckungsgrad Hafer (BBCH23-32)	450	25,0	80,0	51,70	0,41	8,66
Bestandeshöhe (BBCH23-32)	450	16,7	34,0	24,97	0,13	2,85
Pflanzenlänge (BBCH 70-87) in cm	166	60,0	115,0	90,92	0,79	10,13
Fahnenblattlänge (BBCH 70-87)	166	16,0	30,0	22,50	0,19	2,44
Fahnenblattbreite (BBCH 70-87)	166	0,8	2,5	1,62	0,02	0,25
Haferröte 1-6	450	0,0	6,0	3,01	0,06	1,29
Helminthosporium (BBCH 31)	81	1,0	7,0	3,31	0,16	1,48
Flissigkeit	165	1,0	6,0	3,53	0,10	1,28
Lager	165	1,0	9,0	5,15	0,16	2,10
Feuchtegehalt in %	75	13,4	15,0	14,37	0,04	0,37
Ertrag in dt/ha (brutto)	448	9,6	58,9	27,43	0,46	9,79
Predicted Means (Genstat) (brutto)	165	12,6	48,9	28,02	0,73	9,36