

Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung

Expansion of soybean cultivation in Germany through adaptation by breeding as well as optimization of crop production and processing technology

FKZ: 11NA001, 11NA002, 11NA003, 11NA004, 11NA005, 11NA006, 11NA007 und 11NA008

Projektnehmer (Gesamtkoordination des Verbundvorhabens):

FiBL Deutschland e.V.

Kasseler Straße 1a, 60486 Frankfurt am Main

Tel.: +49 69 7137699-0

Fax: +49 69 7137699-9

E-Mail: info.deutschland@fibl.org

Internet: www.fibl.org

Autoren:

Wilbois, Klaus-Peter; Spiegel, Ann-Kathrin; Asam, Ludwig; Balko, Christiane, Becker, Heiko; Berset, Estelle; Butz, Andreas; Haase, Thorsten; Habekuß, Antje; Hahn, Volker; Heß, Jürgen; Horneburg, Bernd; Hüsing, Bianka; Kohlbrecher, Maik; Littmann, Christian; Messmer, Monika; Miersch, Martin; Mindermann, Anke; Nußbaumer, Helmut; Ordon, Frank; Recknagel, Jürgen; Schulz, Hannes; Spory, Kerstin; Trautz, Dieter; Unsleber, Jürgen; Vergara, Maria; Vogel, Rainer; Vogt-Kaute, Werner; Wedemeier-Kremer, Barbara; Zimmer, Steffi; Zurheide, Tim

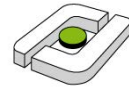
Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung



Georg-August-Universität
Göttingen

Department für
Nutzpflanzenwissenschaften



Hochschule Osnabrück
University of Applied Sciences

UNIVERSITÄT HOHENHEIM



Ökologische Agrarwissenschaften U N I K A S S E L



Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramms
ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

Projekt Nr.: 2811NA001 bis 008

14. Februar 2014

Kurzfassung (deutsch)

Die Arbeiten im Sojaforschungsprojekt waren erfolgreich und konnten wichtige Impulse für die Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland geben. So sind die entwickelten Stämme und Kreuzungsnachkommen eine Basis für den Aufbau einer eigenständigen deutschen Sojazüchtung. Die Sorten Korus und Protibus erwiesen sich als besonders geeignet für die Tofuherstellung. Die im Projekt entwickelte Labortofurei ist ein Züchtungsinstrument zur Identifikation vielversprechender Genotypen, mit dem auch die weitere Entwicklung frühreifer Tofusojasorten unterstützt werden kann.

In Gefäßversuchen konnte gezeigt werden, dass die Reaktion auf Kühlestress während der Hülsenansatzphase zwischen den Sorten variiert und es tolerante, kompensierende und sensitive Sorten gibt. Die praktische Selektion auf Kältetoleranz war erfolgreich und für die Selektion auf Unkrauttoleranz konnte ein System etabliert werden.

Bis auf das Präparat Radicin können die vorhandenen kommerziellen Bradyrhizobienpräparate für den Praxiseinsatz empfohlen werden. Die Hypothese, dass die Selektion des Symbiosepartners auf Kühltoleranz lohnenswert ist, wurde bestätigt.

Bei der Sortenprüfung in ganz Deutschland zeigte sich, dass die Anbauwürdigkeit von Soja gut und nur an wenigen der geprüften Standorte nicht gegeben war. Die 00-Sorte ES-Mentor lieferte insgesamt die höchsten Relativerträge sowie den höchsten Rohproteinерtrag, bei den 000-Sorten schnitt Sultana besonders gut ab.

Eine Variation der Saatzeit sowie verschiedene Verfrühungstechniken erweisen sich nicht als ertragsrelevant. Beim Erfolg der Unkrautregulierung mit Torsionshacke, Fingerhacke und Flachhäufler gab es keine Unterschiede. Im Dammanbau lassen sich Sojabohnen mit gutem Unkrautregulierungserfolg kultivieren.

Bei der Sojaaufbereitung sollte eine unnötig hohe Erhitzung der Bohnen bei der Aufbereitung vermieden werden, da durch die Erhitzung neben der Trypsininhibitoraktivität auch Eiweißverdaulichkeit reduziert werden. Mit ausschließlich indirekter, länger einwirkender, trockener Wärme (z. B. Biogasabwärme), ist es schwierig, gute Aufbereitungsqualitäten zu erzielen.

Der Wissenstransfer mit Feldtagen und Website www.sojainfo.de war wichtig und erfolgreich zur Steigerung des Interesses am heimischen Sojaanbau.

Kurzfassung (englisch)

The soybean research project was successful and able to give important impulses for the expansion of soybean cultivation in Germany. The developed breeding lines and crossing offspring are a basis for the establishment of an independent German soybean breeding. The varieties Korus and Protibus proved to be particularly suitable for tofu production. The tofu laboratory, which had been developed in the project, can be used as a breeding tool for identifying promising genotypes and it can support the further development of early tofu varieties.

In pot experiments it was shown that the response to chilling stress during pod establishment phase varies between varieties and that there are tolerant, compensating and sensitive varieties. The practical selection for cold tolerance was successful and for the selection for weed tolerance, a system could be developed.

The existing commercial Bradyrhizobia preparations can be recommended for practical use, except for the preparation Radicin. The hypothesis that the selection of the symbiosis partner on cold tolerance is worthwhile was confirmed.

The variety testing in Germany showed that the in general soybeans were worth cultivation and yielded well, only on few sites they were not worth cultivating. Within the 00-varieties, ES Mentor gave the highest relative yield and the highest crude protein yield whereas within the 000-varieties Sultana yielded particularly well.

A variation of seeding time and various techniques to enhance earliness proved not to influence yields. The success of weed control did not differ between the tested mechanical weeding systems. Soybeans can be successfully cultivated on ridges, which give a particular advantage for weed control.

In soybean processing, an unnecessarily high heating of the beans should be avoided, as besides the trypsin inhibitor, the heat can also reduce protein digestibility. Processing with only indirect, longer acting and dry heat (e.g. biogas waste heat) makes it difficult to achieve good processing qualities.

The transfer of knowledge with field days and the website www.sojainfo.de was an important and successful element which increased the interest in the domestic soybean cultivation.

Inhaltsverzeichnis

1	Projektangaben	26
2	Einführung	28
2.1	Gegenstand des Vorhabens	28
2.2	Ziele und Aufgabenstellung sowie Bezug zu den Zielen des BÖLN	29
2.3	Planung und Ablauf des Projektes	35
3	Wissenschaftlicher Stand an den angeknüpft wurde	38
4	Material und Methoden	43
4.1	Arbeitspaket 1a: Soja für die menschliche Ernährung (Uni Hohenheim)	43
4.2	Arbeitspaket 1b: Soja für die Futternutzung	49
4.2.1	Kühletoleranz (Uni Göttingen)	49
4.3	Arbeitspaket 1c: Strategien zur Selektion auf Kühle- und Unkrauttoleranz und zur Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien	50
4.3.1	Optimaler Wuchstyp und Selektionsmethodik für Beikrauttoleranz (Uni Göttingen)	50
4.3.2	Selektion auf Kühletoleranz (JKI)	52
4.3.3	Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien (FiBL Schweiz)	56
4.4	Arbeitspaket 1d (Addendum I): Erweiterung des zu prüfenden Genpools (Uni Hohenheim)	60
4.5	Arbeitspaket 1e (Addendum I): Erweiterung der Arbeiten zum Bradyrhizobien-Screening (FiBL Schweiz)	61
4.6	Arbeitspaket 2: Prüfanbau und Selektion von Speise- und Futtersoja hinsichtlich Kühle- und Unkrauttoleranz (inkl. Standorterweiterung aus dem Addendum)	63
4.6.1	Effiziente Masse-Rohproteinbestimmung für den Prüfanbau von Speise- und Futtersoja (Uni Hohenheim)	63
4.6.2	Prüfanbau an der Hochschule Osnabrück	63
4.6.3	Prüfanbau an verschiedenen Standorten Deutschlands (LTZ, FiBL)	65
4.7	Arbeitspaket 3a: Einfluss der Saatzeit	71
4.7.1	Versuche am Standort Osnabrück (HS Osnabrück)	71
4.7.2	Versuche am Standort Frankenhausen (Uni Kassel)	73
4.8	Arbeitspaket 3b: Anwendungen unterschiedlicher Verfrühungstechniken	75
4.8.1	Versuche am Standort Osnabrück (HS Osnabrück)	75
4.8.2	Versuche am Standort Frankenhausen (Uni Kassel)	78
4.9	Arbeitspaket 3c: Unterschiedliche Verfahren der Beikrautregulierung (HS Osnabrück)	86
4.10	Arbeitspaket 3d: Soja in Direktsaat	88
4.10.1	Direktsaatversuch Hochschule Osnabrück	88
4.10.2	Direktsaat-Praxisversuche	90
4.11	Arbeitspaket 3e: Schwefelversorgung im Sojaanbau	92
4.11.1	Schwefelsteigerungsversuch Hochschule Osnabrück	92
4.11.2	Schwefelformenversuch Hochschule Osnabrück	93
4.12	Arbeitspaket 4: Optimierung der Qualitäten von Speisesoja anhand einer eigens entwickelten Labortofurei	95
4.12.1	Sojabohnen und Probenvorbereitung	95
4.12.2	Extraktion und Kochung der Sojamilch	95
4.12.3	Koagulation der Sojamilch und Pressung des Tofus	96
4.12.4	Prüfungen von Ausbeute, Festigkeit und Wassergehalt des Tofus	97

4.12.5	Sensorische Prüfungen am Tofu	98
4.12.6	NIRS-Untersuchungen	99
4.13	Arbeitspaket 5: Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit	100
4.14	Arbeitspaket 6a: Untersuchungen der verschiedenen Sojaaufbereitungskonzepte	101
4.14.1	Erfassung der verschiedenen Sojaaufbereitungskonzepte	101
4.14.2	Analyse von Sojainhaltstoffen und Hitzeschädigungsparametern	101
4.14.3	Qualitätsparameter für die Einteilung von Sojafuttermitteln	102
4.14.4	Möglichkeit der Sojaaufbereitung mit Biogasabwärme	103
4.14.5	Untersuchung der Steuerungsparameter zur Aufbereitung	104
4.14.6	Möglichkeit und Grenzen der Sojaaufbereitung und Grünfuttertrocknungswerken	104
4.14.7	Analyse von Proben aus dezentralen, ggf. mobilen Aufbereitungsanlagen aus anderen Ländern	105
4.15	Arbeitspaket 6b: Sortenunterschiede und Qualitätsanforderungen in der Sojaverarbeitung	106
4.15.1	Untersuchung von Sorten auf ihre Trypsininhibitorgehalte	106
4.15.2	Sorten mit unterschiedlicher TIA im Aufbereitungsverhalten – Aufbereitungsversuch bei Amandus Kahl	107
4.16	Arbeitspaket 6c: Anforderung an die Tierfutterqualität von aufbereiteten Sojafuttermitteln	109
4.17	Arbeitspaket 6d: Entölung von Soja	110
4.18	Arbeitspaket 6e: Lagerung und Haltbarkeit aufbereiteter Sojaprodukte	111
4.18.1	Haltbarkeitsversuch	111
4.18.2	Lagerungsversuch	115
5	Ergebnisse und Diskussion	119
5.1	Arbeitspaket 1a: Soja für die menschliche Ernährung	119
5.2	Arbeitspaket 1b: Soja für die Futternutzung	125
5.2.1	Kühletoleranz (Uni Göttingen)	125
5.3	Arbeitspaket 1c: Strategien zur Selektion auf Kühle- und Unkrauttoleranz und zur Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien - Optimaler Wuchstyp und Selektionsmethodik für Beikrauttoleranz (Uni Göttingen)	130
5.4	Arbeitspaket 1c: Strategien zur Selektion auf Kühle- und Unkrauttoleranz und zur Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien - Kühletoleranz (JKI)	136
5.4.1	Gefäßversuche unter kontrollierten Bedingungen zur Ermittlung des Hülsenansatzes unter Kühlestress	136
5.4.2	Feldversuche	150
5.4.3	Zusammenfassung	156
5.5	Arbeitspaket 1c: Strategien zur Selektion auf Kühle- und Unkrauttoleranz und zur Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien – Interaktion mit Bradyrhizobien (FiBL Schweiz)	158
5.6	Arbeitspaket 1d: Erweiterung des zu prüfenden Genpools (Addendum I)	167
5.7	Arbeitspaket 1e: Erweiterung der Arbeiten zum Bradyrhizobien-Screening (Addendum I)	170
5.8	Arbeitspaket 2: Prüfanbau und Selektion von Speise- und Futtersoja hinsichtlich Kühle- und Unkrauttoleranz (inkl. Standorterweiterung)	178
5.8.1	Effiziente Masse-Rohproteinbestimmung für den Prüfanbau von Speise- und Futtersoja	178
5.8.2	Prüfanbau an der Hochschule Osnabrück	179
5.8.3	Prüfanbau an verschiedenen Standorten Deutschlands (LTZ, FiBL)	184
5.9	Arbeitspaket 3a: Einfluss der Saatzeit	210

5.9.1	Versuche am Standort Osnabrück (HS Osnabrück)	210
5.9.2	Versuche am Standort Frankenhausen (Uni Kassel)	212
5.10	Arbeitspaket 3b: Anwendungen unterschiedlicher Verfrühungstechniken	218
5.10.1	Versuche am Standort Osnabrück (HS Osnabrück)	218
5.10.2	Systemversuch I (2011, Uni Kassel)	224
5.10.3	Systemversuch I (2012-2013, Uni Kassel)	235
5.10.4	Systemversuch II (2012, Uni Kassel)	239
5.10.5	Systemversuch III (2012-2013, Uni Kassel)	243
5.11	Arbeitspaket 3c: Unterschiedliche Verfahren der Beikrautregulierung (HS Osnabrück)	247
5.12	Arbeitspaket 3d: Soja in Direktsaat	250
5.12.1	Direktsaatversuche an der Hochschule Osnabrück	250
5.12.2	Direktsaat-Praxisversuche	252
5.13	Arbeitspaket 3e: Schwefelversorgung im Sojaanbau	254
5.14	Arbeitspaket 4: Optimierung der Qualitäten von Speisesoja anhand einer eigens entwickelten Labortofurei (Life Food GmbH)	265
5.14.1	Bewertung der entwickelten Methode „Labortofurei“	265
5.14.2	Festlegung einer Mindest-Tofufestigkeit als Selektionskriterium	267
5.14.3	Tofu-Eigenschaften ausgewählter Sorten und Linien	268
5.14.4	NIRS-Untersuchungen	272
5.15	Arbeitspaket 5: Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit	275
5.15.1	Website	275
5.15.2	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	276
5.15.3	Veranstaltungen und Feldtage	277
5.15.4	Veröffentlichungen und Recherche	278
5.15.5	Vorträge	280
5.15.6	Wissenschaftliche Publikationen und Tagungsbeiträge	285
5.15.7	Projekttreffen	287
5.15.8	PAG-Treffen	287
5.16	Arbeitspaket 6a: Untersuchungen der verschiedenen Sojaaufbereitungskonzepte	288
5.16.1	Erfassung der verschiedenen Sojaaufbereitungskonzepte	288
5.16.2	Möglichkeit der Sojaaufbereitung mit Biogasabwärme	289
5.16.3	Untersuchung der Steuerungsparameter zur Aufbereitung	290
5.16.4	Möglichkeit und Grenzen der Sojaaufbereitung in Grünfuttertrocknungswerken	293
5.16.5	Analyse von Proben aus dezentralen, zum Teil mobilen Aufbereitungsanlagen aus anderen Ländern	295
5.17	Arbeitspaket 6b: Sortenunterschiede und Qualitätsanforderungen in der Sojaverarbeitung	296
5.17.1	Untersuchung von Sorten auf ihre Trypsininhibitorgehalte	296
5.17.2	Sorten mit unterschiedlicher TIA im Aufbereitungsverhalten – Aufbereitungsversuch bei Amandus Kahl	301
5.18	Arbeitspaket 6c: Anforderung an die Tierfutterqualität von aufbereiteten Sojafuttermitteln	310
5.19	Arbeitspaket 6d: Ernährungsphysiologische Eigenschaften von Sojaprodukten für Mensch und Tier	311
5.20	Arbeitspaket 6e: Lagerung und Haltbarkeit aufbereiteter Sojaprodukte	323
5.20.1	Haltbarkeitsversuch	323
5.20.2	Ergebnisse des Lagerungsversuchs	329
6	Nutzen und Verwertbarkeit, Anwendbarkeit der Ergebnisse in der Praxis	336

7	Geplante und tatsächliche Ziele, weiterführende Fragestellungen	339
8	Zusammenfassung	343
9	Literaturverzeichnis	349
10	Anhang	I
10.1	Arbeitspaket 1a	I
10.1.1	Anleitung zur Durchführung von Kreuzungen bei Sojabohnen	I
10.2	Arbeitspaket 1c - Kühletoleranz	IX
10.2.1	Anhang Arbeitspaket 1c -1: Geprüftes Pflanzenmaterial	IX
10.2.2	Anhang Arbeitspaket 1c -2: Potenzielle indirekte Selektionskriterien für Zuchtmaterial und Standardsorten 2012	XII
10.2.3	Anhang Arbeitspaket 1c -3: Potentielle indirekte Selektionskriterien für Zuchtmaterial und Standardsorten 2013	XIV
10.2.4	Anhang Arbeitspaket 1c -4: Korrelationsmatrizen für die Jahre 2011-2013	XVIII
10.3	Arbeitspaket 2	XXI
10.4	Anhang zu den deutschlandweiten Sortenversuchen- AP2	XXVIII
10.4.1	Übersicht über die Ergebnisse der Standorte aus Region 1	XXVIII
10.5	Übersicht über die Ergebnisse der Standorte aus Region 2	XLV
10.5.1	Übersicht über die Ergebnisse der Standorte aus Region 3	LXXVI
10.6	Arbeitspaket 3a	CXIII
10.7	Arbeitspaket 3b	CXIV
10.8	Arbeitspaket 3c	CXVI
10.9	Arbeitspaket 3d	CXVIII
10.10	Arbeitspaket 3e	CXXI
10.11	Arbeitspaket 6a	CXXVI
10.12	Arbeitspaket 6b	CXXVIII
10.13	Arbeitspaket 6d	CXXXIV

Abkürzungsverzeichnis

°C: Grad Celsius

Abb.: Abbildung

ACW: Agroscope Changins-Wädenswil

ADFom: Acid Detergentien Fibre (saure Detergentienfaser korrigiert um den anorganischen Anteil; Analysemethodik nach Van Soest)

AM: Ausprägung Mundgefühl

ANF: antinutritive Faktoren

ARG: Arginin

BBA: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

BBCH: Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie

BOKU: Universität für Bodenkunde Wien

ccm: Kubikzentimeter

cfu: Konzentration der Formulierung

CH: Schweiz

CHU: Crop Heat Unit

Cl: Chlor

cm: Zentimeter

CP: Rohproteingehalt

D: Deutschland

DS: Drillsaat

dt: Dezitonne

ELOS: enzymlösliche, organische Substanz

EU: Europäische Union

F: Faktor

FNR: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe

FÖL: Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau

Fv/Fm: dunkeladaptiertes variables Fluoreszenzverhältniss

Fv: Feldversuch

g: Gramm

ggf.: gegebenenfalls

GLM: Generalisierte Lineare Modelle

GLZ: Gesamtgehalt löslichen Zuckers

GmbH: Gesellschaft mit beschränkter Haftung

GV: Gefäßversuch
h: Stunde
H₂O: Wasser
HIS: Histidin
HS-OS: Hochschule Osnabrück
HT: hydrothermisch
ILE: Isoleucin
IS: lehmiger Sand
IU: lehmiger Schluff
kcal: Kilokalorie
kg: Kilogramm
klux: Kilo-Lux
KOH: Kalilauge
L: Lehm
l: Liter
LEU: Leucin
LP: Leistungsprüfung
LSD: Least Significant Difference
LYS: Lysin
M:S-Verhältnis: Verhältnis von Malat zu Sulfat
M_C: Methionin + Cystein
max: Maximal
Max: Maximum
Mg: Magnesium
MgCl₂: Magnesiumchlorid
Min: Minimum
ml: Milliliter
mm: Millimeter
N: Newton
N: Stickstoff
n: Anzahl
NA: Nachauflauf
NIRS: Nahinfrarotspektroskopie
Nm: Newtonmeter
N_{min}: mineralischer Stickstoff

NN: Normal Null
PDI: Protein Dispersibility Index
PHE: Phenylalanin
PZO: Pflanzenzucht Oberlimburg
r: Korrelation
r²: Bestimmtheitsmaß
RG: Reifegruppe
RP: Rohprotein
S: Schwefel
s: Sekunde
SA: Standardabweichung
SES: Sojaextraktionsschrot
sL: sandiger Lehm
S_{min}: mineralischer Schwefel
SPAD: Single-Photon Avalanche Diode
ssL: stark sandiger Lehm
sU: sandiger Schluff
SZ: Saatzeit
T: Temperatur
T: Ton
t: Zeit
Tab.: Tabelle
THR: Threonin
TI: Trypsininhibitoren
TIA : Trypsininhibitoraktivität
TIU : Trypsininhibitorgehalt
TKG: Tausendkorngewicht
TKM: Tausendkornmasse
tL: toniger Lhem
TRP: Tryptophan
TS: Trockensubstanz
ü.: über
U/min: Umdrehungen pro Minute
UA: Ureaseaktivität
UHOH: Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim

uL: schluffiger Lehm
USA: Vereinigte Staaten von Amerika
utL: schluffig toniger Lehm
v.a.: vor allem
VA: Vorauflauf
VAL: Valin
VFP: Vollfettojaprodukte
VO EG: Verordnung der Europäischen Union
XF: Rohfasergehalt
XP: Rohproteingehalt
XL: Rohfettgehalt

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Temperaturverlauf (Linien) und Niederschläge (Säulen) für die Vegetationszeit 2011-2013	54
Abbildung 2: Standorte der im Rahmen des BÖLN-Projekts ausgewerteten Soja-Sortenversuche 2011-13	67
Abbildung 3: Beziehung zwischen täglicher Entwicklungsrate von Mais sowie Nacht- (Tiefst-) und Tages- (Höchst-) temperaturen (Brown & Bootsma, 1993)	69
Abbildung 4: Nutzbares Wärmeangebot für Sojabohnen in den Monaten Mai-September der Jahre 2005-2013 in Crop Heat Units (CHU) nach Brown & Bootsma (1993)	70
Abbildung 5: Versuchsablauf für eine Probenvariante in dem Versuchstechnikum bei Amandus Kahl.	107
Abbildung 6: Scherzelle eines Ringschergerätes (Schwedens & Schulze, 2013)	116
Abbildung 7: Wandreibungsmessung (im Prinzip) (Schwedens & Schulze, 2013)	116
Abbildung 8: Öl- und Proteingehalte der geprüften Linien (Quadrate) und von Standardsorten (Kreise) in Kleinhohenheim 2013 (frühes Set).	121
Abbildung 9: Öl- und Proteingehalte der geprüften Linien (Quadrate) und von Standardsorten (Kreise) in Kleinhohenheim 2013 (spätes Set).	121
Abbildung 10: Tofuqualität zugelassener Sorten, Anbau Willstät 2012, oben rechts (helle Quadrate) die Sorten mit guter Tofuqualität	122
Abbildung 11: Tofuqualität der untersuchten Linien, Linien mit guter Tofu-Qualität sind oben rechts dargestellt.	123
Abbildung 12: Große Variation in der Reife von Kreuzungsnachkommen derselben Ausgangskreuzung.	124
Abbildung 13: Durchschnittliche Samenerträge 2012 Reinshof und Deppoldshausen: Vergleich der Selektionsumwelten 2011	125
Abbildung 14: Ausprägung der Frostschäden in Deppoldshausen 2013	126
Abbildung 15: Durchschnittliche Samenerträge Reinshof und Deppoldshausen versus Tage bis Reife 2013	127
Abbildung 16: Vergleich der Selektionsumwelten 2012 in 2013 Anhand der Samenerträge. Ortsmittel: Links Reinshof, rechts Deppoldshausen.	128
Abbildung 17: Vergleich von Biomasse und Samenertrag 2012 und 2013 (1 = Beikrautfrei, 2 = Getreide, 3 = Phacelia u.a.).	132
Abbildung 18: Relativertrag je Genotyp in 2012 und 2013	133
Abbildung 19: Hülsenansatz nach dreiwöchiger Kühlestressphase in Kontrolle und Kühlestressvariante bei den Sorten 2011 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,0, Stress 2,2)	136
Abbildung 20: Hülsenansatz zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante für die Sorten 2011 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,4, Stress 4,2)	137
Abbildung 21: Einzelpflanzenenerträge zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante sowie Reifeverzögerung der Stressvariante im Vergleich zur Kontrolle für die 2011 getesteten Sorten (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 1,0, Stress 1,29)	137
Abbildung 22: Mittlerer Hülsenansatz pro Nodium bei der Sorte Merlin unmittelbar nach der dreiwöchigen Kühlestressphase (A) und zur Ernte (B) im Vergleich der Pflanzen, die eine Kühlestressphase zum Blühbeginn durchlaufen haben zur Kontrolle ohne Stressbehandlung	139
Abbildung 23: Mittlerer Hülsenansatz pro Nodium bei der Sorte Paradis unmittelbar nach der dreiwöchigen Kühlestressphase (A) und zur Ernte (B) im Vergleich der Pflanzen, die eine Kühlestressphase zum Blühbeginn durchlaufen haben zur Kontrolle ohne Stressbehandlung	139
Abbildung 24: Mittlerer Hülsenansatz pro Nodium bei der Sorte Moravians unmittelbar nach der dreiwöchigen Kühlestressphase (A) und zur Ernte (B) im Vergleich der Pflanzen, die eine Kühlestressphase zum Blühbeginn durchlaufen haben zur Kontrolle ohne Stressbehandlung	140

Abbildung 25: Mittlerer Hülsenansatz pro Nodium bei der Sorte Malaga unmittelbar nach der dreiwöchigen Kühlestressphase (A) und zur Ernte (B) im Vergleich der Pflanzen, die eine Kühlestressphase zum Blühbeginn durchlaufen haben zur Kontrolle ohne Stressbehandlung	141
Abbildung 26: Hülsenansatz nach dreiwöchiger Kühlestressphase in Kontrolle und Kühlestressvariante bei Standardsorten und Zuchtlinien 2012 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,5, Stress 2,6)	142
Abbildung 27: Hülsenansatz nach dreiwöchiger Kühlestressphase in Kontrolle und Kühlestressvariante bei Standardsorten und Zuchtlinien 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,8, Stress 3,2)	142
Abbildung 28: Hülsenansatz zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante sowie Reifeverzögerung der Stressvariante im Vergleich zur Kontrolle für Standardsorten und Linien 2012 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 2,8, Stress 3,8)	143
Abbildung 29: Einzelpflanzenenerträge zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante sowie Reifeverzögerung der Stressvariante im Vergleich zur Kontrolle für Standardsorten und Linien 2012 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,94; Stress 0,87)	143
Abbildung 30: Hülsenansatz zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante sowie relativer Hülsenansatz für Standardsorten und Linien 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,7, Stress 5,4)	144
Abbildung 31: Einzelpflanzenenerträge zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante sowie Reifeverzögerung der Stressvariante im Vergleich zur Kontrolle für Standardsorten und Linien 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 1,27 Stress 1,48)	145
Abbildung 32: Veränderungen im Gesamtgehalt löslicher Zucker in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 113,4, Stress 110,1)	146
Abbildung 33 : Veränderungen im Gehalt an freiem Prolin in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,55, Stress 0,72)	147
Abbildung 34 : Veränderungen im Trockensubstanzgehalt in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 5,4, Stress 3,7)	147
Abbildung 35: SPAD Werte in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 4,9, Stress 2,9)	148
Abbildung 36: Das variable Fluoreszenzverhältnis Fv/Fm in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,036, Stress 0,016)	148
Abbildung 37: Hauptkomponentenanalyse: Zusammenfassende Darstellung des Einflusses der Faktoren in den ersten beiden Hauptkomponenten und zweidimensionale Gruppierung der Sorten: grüner Rahmen: eher tolerant; roter Rahmen: eher sensitiv in der Reaktion auf Kühlestress mit unterschiedlicher Reaktion in den physiologischen Merkmalen	150
Abbildung 38: Struktur des Hülsenansatzes im Feldversuch 2011 - 2013 am Standort Groß Lüsewitz für die kühletolerante Sorte Merlin und die eher sensitive Sorte Malaga (ST=Hülsenansatz am Seitentrieb, im Diagramm rot dargestellt)	151
Abbildung 39: Hülsenansatz im Gefäßversuch unter kontrollierten Bedingungen nach einer dreiwöchigen Kältstressphase im Vergleich zur Kontrolle und Verhalten der Sorten im Feld nach einer Kühlestressphase in der Blüte 2011 und 2013 auf dem ökologischen Versuchsfeld Groß Lüsewitz; grüner Stern: ohne ‚Lücke‘ im Hülsenansatz = tolerant; roter Stern: mit ‚Lücke‘ im Hülsenansatz = sensitiv, roter/grüner Stern ohne Füllung = Reaktion nicht eindeutig, untere Sternchenreihe: 2011, obere 2013	152
Abbildung 40: Erträge der Sojasorten im Feldversuch Groß Lüsewitz 2011 bis 2013 und Reifebonitur (Erträge: LSD für $\alpha \leq 5\%$ 2011 10,5, 2012 6,4, 2013 9,2; Reifebonitur: 9 = früh, 1 = spät)	153
Abbildung 41: Tausendkorngewicht der Sojasorten im Feldversuch Groß Lüsewitz 2011 – 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ 2011 24,7, 2012 27,2, 2013 23,1)	154

Abbildung 42: Proteingehalte der Sojasorten im Feldversuch Groß Lüsewitz 2011 bis 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ 2011 1,77, 2012 2,69, 2013 2,20)	154
Abbildung 43: Anzahl Knöllchen pro Sojapflanze 6 Wochen nach der Inokulation mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten bei verschiedenem Temperaturregime	158
Abbildung 44: Abbildung 42 Anzahl Knöllchen pro Pflanze nach 6 Wochen in Abhängigkeit von Sorte und Bradyrhizobienpräparat bei kühlen Temperaturen	159
Abbildung 45: Anzahl Knöllchen der Sojasorten 6 Wochen nach Inokulation mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten im Gefäßversuch bei 14/12°C	160
Abbildung 46: Gesamtstickstoffaufnahme, Anteil des biologisch fixierten Stickstoffs und Knöllchenzahl der 20 Sojasorten nach 6 Wochen im Gefäßversuch bei 14/12°C	161
Abbildung 47: Anzahl Hülsen pro Pflanze, Anzahl Samen pro Pflanze und Anteil an Hülsen aus Seitentriebe 2 Wochen nach dem induziertem Kühlestress zur Blüte (blau) im Vergleich zur stressfreien Kontrolle (orange) in Abhängigkeit der Bradyrhizobienpräparate	162
Abbildung 48: Blick in den Beobachtungsanbau (Einzelreihen) der genetischen Ressourcen im Jahr 2011.	169
Abbildung 49: Proteinertrag der drei Sojasorten bei Inokulation mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten unter ökologischer Bewirtschaftung in Frankenhausen von 2011 bis 2013	170
Abbildung 50: Proteinertrag der drei Sojasorten bei Inokulation mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten unter konventioneller Bewirtschaftung in Quedlinburg von 2012 bis 2013	172
Abbildung 51: Beziehung zwischen den aufgrund der NIRS-Spektren vorhergesagten und den mit Kjehldal ermittelten Proteinwerten des Validationssatzes.	178
Abbildung 52: Exakt-Erträge (Handernte bei 86% TM, dt/ha, GD 5%) des Sortenversuches (ökologisch/konventionell), am Standort Osnabrück in den Jahren 2011 bis 2013	180
Abbildung 53: Protein- und Ölgehalt im Sortenversuch (%) am Standort Waldhof Osnabrück in den Jahren 2012 bis 2013	182
Abbildung 54: Häufigkeitsverteilung der Erträge im Standortsmittel der Jahre 2011, 2012 und 2013 von allen Standorten mit ordnungsgemäß durchgeführten Sortenversuchen in allen drei Jahren.	185
Abbildung 55: Häufigkeitsverteilung der Sojaerträge 2011-13 an den wärmsten Standorten	186
Abbildung 56: Häufigkeitsverteilung der Sojaerträge 2011-13 an den Standorten mit mittlerem Wärmeangebot im Zeitraum Mai-September	187
Abbildung 57: Häufigkeitsverteilung der Sojaerträge 2011-13 an den kühleren Standorten	187
Abbildung 58: Jahresmittelwerte der Sojaerträge in Deutschland 2011-2013 nach Wärmeregionen	189
Abbildung 59: Klimatische Wasserbilanz am Standort Bingen 2012	191
Abbildung 60: Ertrag von Sojabohnensorten mit und ohne Bewässerung, Bingen 2011	191
Abbildung 61: Ertrag von Sojabohnensorten mit und ohne Bewässerung am Standort Bingen 2012	192
Abbildung 62: Ertrag von Sojabohnensorten mit und ohne Bewässerung, Bingen 2013	192
Abbildung 63: Durchschnittsertrag und Streuung der Einzelwerte 2011	193
Abbildung 64: Relativerträge der in allen 3 Wärmeregionen geprüften Sojasorten 2011	194
Abbildung 65: Relativerträge der in allen 3 Wärmeregionen geprüften Sojasorten 2012	195
Abbildung 66: Relativerträge der in allen 3 Wärmeregionen geprüften Sojasorten 2013	196
Abbildung 67: Sojaerträge im 3-jährigen Mittel relativ bezogen auf das jeweilige Standortmittel	197
Abbildung 68: Relativer Proteingehalt der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011	198
Abbildung 69: Relativer Proteingehalt der in allen 3 Regionen geprüften Sorten 2012	198
Abbildung 70: Relativer Proteingehalt der in allen 3 Region geprüften Sorten 2013	199
Abbildung 71: Rohproteingehalte der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011 mit Streuung der Einzelwerte	199
Abbildung 72: Rohproteingehalte der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2012 mit Streuung	200

Abbildung 73: Rohproteingehalte der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2013 mit Streuung	201
Abbildung 74: Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011 (Sortenmittel und Streuung der Einzelwerte)	202
Abbildung 75: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011 bezogen auf das Gesamtmittel der Einzelwerte	202
Abbildung 76: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011 bezogen auf das jeweilige Standortmittel	203
Abbildung 77: Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2012 (Sortenmittel und Streuung der Einzelwerte)	203
Abbildung 78: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2012 bezogen auf das Gesamtmittel der Einzelwerte	204
Abbildung 79: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2012 bezogen auf das jeweilige Standortmittel	204
Abbildung 80: Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2013 (Sortenmittel und Streuung der Einzelwerte)	205
Abbildung 81: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2013 bezogen auf das Gesamtmittel der Einzelwerte	205
Abbildung 82: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2013 bezogen auf das jeweilige Standortmittel	206
Abbildung 83: Sortenmittel der Proteinerträge 2011-2013 und Streuungsbereich der Einzelwerte der in allen drei Regionen geprüften Sojasorten	206
Abbildung 84: Relativer Proteinertrag der 3-jährig (2011-13) in 3 Regionen geprüften Sojasorten bezogen auf das Gesamtmittel aller Einzelwerte	207
Abbildung 85: Relativer Proteinertrag der 3-jährig (2011-13) in 3 Regionen geprüften Sojasorten bezogen auf das jeweilige Standortmittel	208
Abbildung 86: Ertrag im Saatzeitenversuch (Saattermine T1, T2, T3) am Standort Waldhof Osnabrück 2011 (Pr> ChiSq 0,4876).	210
Abbildung 87: Erträge (dt/ha) bei Verfrühungsmaßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Jahren 2011 bis 2013	219
Abbildung 88: Proteingehalt der Sojabohnen bei Verfrühungsmaßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Jahren 2011 bis 2013	220
Abbildung 89: Ölgehalt (%) der Sojabohnen bei Verfrühungsmaßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Jahren 2012 und 2013	221
Abbildung 90: Keimrate der Sojabohnensorten Protina (Pr.) und Cordoba (Co.) bei verschiedenen Vorquellzeiten (Labor, GD 4,1)	222
Abbildung 91: Systemversuch I-2011: Verlauf der täglichen maximalen und minimalen Bodentemperatur [°C] für die Systeme Turiel-Damm-75, Flach-DS-37,5 und Kart.-Damm- EKS-75 (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)	224
Abbildung 92: Regulationserfolge im Beikrautversuch in der Reihe, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013	247
Abbildung 93: Ertragsvergleich über vier verschiedene Beikrautregulationsverfahren (KO= Kontrolle, TH= Torsionshacke, FG= Fingerhacke, FH= Flachhäufler), Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013	248
Abbildung 94: Erträge des Direktsaatversuchs mit verschiedenen Vorfrüchten (konventionell und ökologisch) 2013 (GD 5 %)	250
Abbildung 95: Ertrag in den ökologisch und konventionell angebauten Sorten Merlin, Sultana, Opaline im Schwefelsteigerungsversuch 2012 (GD=5%)	254
Abbildung 96: Rohproteingehalt der Schwefelsteigerungsversuche ökologisch und konventionell Sorten Merlin, Sultana, Opaline im Versuchsjahr 2012 GD=5% (keine Signifikanzen vorhanden)	255
Abbildung 97: Rohölgehalt in dem ökologisch und konventionell angebauten Schwefelsteigerungsversuch 2012 der Sorten Merlin, Sultana, Opaline (GD=5%)	256

Abbildung 98: Ertrag in den ökologisch und konventionell angebauten Sorten Merlin, Sultana, Opaline im Schwefelsteigerungsversuch 2013 (GD=5%)	257
Abbildung 99: Rohproteingehalt der Schwefelsteigerungsversuche ökologisch und konventionell Sorten Merlin, Sultana, Opaline im Versuchsjahr 2013 GD=5% (keine Signifikanzen vorhanden)	258
Abbildung 100: Rohölgehalt in dem ökologisch und konventionell angebauten Schwefelsteigerungsversuch 2013 der Sorten Merlin, Sultana, Opaline (GD=5%)	259
Abbildung 101: Verlauf der Boden S_{\min} - Gehalte gemittelt über drei Sorten im konventionellen Schwefelsteigerungsversuch 2013	260
Abbildung 102: Einfluss einer S-Steigerung auf das Malat:Sulfat-Verhältnis des ökologischen und konventionellen Schwefelsteigerungsversuches 2013 (BBCH 22)	261
Abbildung 103: S-Versorgungsstatus der Sorte Merlin an verschiedenen Standorten 2012-2013	262
Abbildung 104: Beziehung zwischen Tofufestigkeit ermittelt durch Mensch und Texturmessgerät	267
Abbildung 105: Vergleich verbreiteter Sorten mit Standard Primus desselben Tages. Mittelwerte mit demselben Buchstaben zweier direkt benachbarter Säulen sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$). Fehlerindikatoren = Standardabweichungen.	269
Abbildung 106: Vergleich verbreiteter Sorten mit Standard Primus desselben Tages. Mittelwerte mit demselben Buchstaben zweier direkt benachbarter Säulen sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$). Fehlerindikatoren = Standardabweichungen.	270
Abbildung 107: Vergleich vielversprechender neuer Tofu-Sorten und -Kreuzungen mit Standard Primus desselben Tages. Mittelwerte mit demselben Buchstaben zweier direkt benachbarter Säulen sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$). Fehlerindikatoren = Standardabweichungen.	271
Abbildung 108: Vergleich vielversprechender neuer Tofu-Sorten und -Kreuzungen mit Standard Primus desselben Tages. Mittelwerte mit demselben Buchstaben zweier direkt benachbarter Säulen sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$). Fehlerindikatoren = Standardabweichungen.	272
Abbildung 109: Gegenüberstellung der über NIRS und im Referenzlabor ermittelten Gehalte an 11S. Die für die Kalibration verwendeten Werte sind hell, die unabhängig validierten Werte sind dunkel dargestellt.	273
Abbildung 110: Gegenüberstellung der über NIRS und im Referenzlabor ermittelten Gehalte an 7S. Die für die Kalibration verwendeten Werte sind hell, die unabhängig validierten Werte sind dunkel dargestellt.	274
Abbildung 111: Anteil der feststellbaren Aminosäuren nach der Aufbereitung im Vergleich zum Ausgangsgehalt im Rohmaterial.	290
Abbildung 112: Verbleibende TIA in den aufbereiteten VFP in Abhängigkeit von der eingewirkten Temperatursumme bei der Aufbereitung.	292
Abbildung 113: Einfluss der Korngröße auf die TIA bei unterschiedlichen Behandlungszeiten.	293
Abbildung 114: Ergebnisse aus dem Aufbereitungsversuch mit dem Roastech Röster am JTI.	295
Abbildung 115: Unterschiede im Gehalt an Trypsininhibitoren zwischen verschiedenen Sorten und Standorten	296
Abbildung 116: Unterschiede in den Wärmesummen 2012 zwischen den Standorten	297
Abbildung 117: TIA in mg/g in Abhängigkeit von der Sorte über alle Standorte und Korrelation zwischen TIA und Rohproteingehalt ($n=30$).	298
Abbildung 118: M_C Gehalt pro % Rohprotein der verschiedenen Sorten. Buchstaben kennzeichnen statistische Unterschiede (Kruskal Wallis & Scheffé Test, $\alpha = 0,05$).	300
Abbildung 119: LYS Gehalt pro % Rohprotein der verschiedenen Sorten. Buchstaben kennzeichnen statistische Unterschiede (Kruskal Wallis & Scheffé Test, $\alpha = 0,05$).	301
Abbildung 120: Ergebnisse der PDI's bei den verschiedenen Varianten über alle vier geprüften Sorten hinweg.	302

Abbildung 121: Mittelwerte der Ergebnisse der Proteinlöslichkeit in KOH über alle Sorten hinweg.	303
Abbildung 122: Restliche Trypsininhibitoraktivität nach der Aufbereitungsvarianten über alle Sorten hinweg.	304
Abbildung 123: Ergebnisse der UA bei den verschiedenen Varianten mit Expanderbehandlung.	305
Abbildung 124: Unterschiede in den LYS Gehalten bei den vier Sorten nach den Aufbereitungsvarianten.	306
Abbildung 125: Unterschiede in den M_C Gehalten bei den vier Sorten nach den Aufbereitungsvarianten.	307
Abbildung 126: Unterschiede in den MET Gehalten bei den vier Sorten nach den Aufbereitungsvarianten.	307
Abbildung 127: Verhalten mehrerer Aminosäuren nach verschiedenen Behandlungszeiten mit ganzen Sojabohnen der Sorte Sultana.	308
Abbildung 128: Abbildung Loch und Schneckenseierpresse. Quelle: FNR (2009).	311
Abbildung 129: Veränderung der Peroxidzahl bei der Lagerung verschiedener Sojafuttermittel	324
Abbildung 130: Veränderung der Säurezahl bei der Lagerung verschiedener Sojafuttermittel	325
Abbildung 131: Trichterformen	332
Abbildung 132: Auslaufstörungen bei Silos (verändert nach Schulze, 2010)	334
Abbildung 133: Sojabohnenblüte lila	I
Abbildung 134: Sojabohnenblüte weiß	I
Abbildung 135: Anzucht der Elternpflanzen auf dem Feld	II
Abbildung 136: Anzucht der Elternpflanzen in Töpfen im Folientunnel	II
Abbildung 137: Kastrationsfähige Knospe, Größe der Knospe ca. 2 mm	III
Abbildung 138: Sojaknospe nach der Entfernung der Kelchblätter	IV
Abbildung 139: Sojaknospe nach der Entfernung der Blütenblätter, die Antheren liegen jetzt frei, die Narbe ist sichtbar.	IV
Abbildung 140: Kastrierte Sojaknospe, die Antheren sind entfernt und die Narbe kann bestäubt werden.	V
Abbildung 141: Sojaknospe mit bereits geöffneten Antheren in der geschlossenen Blüte ,die Knospe kann zur Bestäubung verwendet werden.	V
Abbildung 142: Kastrierte und bestäubte Sojablüte mit Watte und Klebeetikett	VI
Abbildung 143: Mehrere gekreuzte Knospen an einer Sojapflanze	VI
Abbildung 144: Sojapflanze mit mehreren erfolgreich gekreuzten Samenansätzen	VII
Abbildung 145: Kastrierte Hülsen	VII
Abbildung 146: gekreuzte Hülsen in Crispac-Beuteln	VIII
Abbildung 147: Wetterdaten an Standort Osnabrück im Vegetationszeitraum März bis Oktober, 2011 bis 2013 (langjährigen Mittelniederschläge / Mitteltemperaturen der Periode 1961 - 1991)	XXI
Abbildung 148: Crop Heat Units an den Standorten der Region 1	XXVIII
Abbildung 149: Crop Heat Units an den Standorten der Region 2	XLV
Abbildung 150: Crop Heat Units an den Standorten der Region 3	LXXVI
Abbildung 151: Sojaverarbeitungsstandorte in Deutschland (© 2012-2014, terrestris GmbH & Co. KG).	CXXVI
Abbildung 152: Wetterdaten aus Oberhummel	CXXVIII
Abbildung 153: Wetterverlauf am Standort Eckartswieher 2012.	CXXVIII
Abbildung 154: Wetterverlauf am Standort Frankenhausen 2012.	CXXIX
Abbildung 155: Unterschiede in den Rohproteingehalten zwischen den Standorten.	CXXIX
Abbildung 156: Lysingehalte in Abhängigkeit der Sorte und dem Rohproteingehalt.	CXXX
Abbildung 157: Isoleucingehalt in Abhängigkeit von der Sorte und vom Rohproteingehalt.	CXXX
Abbildung 158: Versuchsdesign des Aufbereitungsversuchs bei Amandus Kahl.	CXXXII
Abbildung 159: Lysingehalte nach verschiedenen Aufbereitungsvarianten im Vergleich zum Ausgangsgehalt.	cxxxiii

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der Kreuzungen und die Kreuzungskombinationen die für das Projekt durchgeführt wurden.	43
Tabelle 2: Materialentwicklung während des Projektverlaufs (nur für Kreuzungen bis 2011)	46
Tabelle 3.: Anzahl Leistungsprüfungspartellen im Arbeitspaket 1a	47
Tabelle 4: Anzahl Reihen für den Beobachtungsanbau im Arbeitspaket 1a	48
Tabelle 5: Anzahl Einzelpflanzen zur Selektion im Arbeitspaket 1a	48
Tabelle 6: Herkunft des Beikrautsaatgutes	51
Tabelle 7: Im Gefäß- und Feldversuch eingesetzte Impfmittel (Inokulate)	53
Tabelle 8: Wärme- und Niederschlagssummen für die Vegetationszeit vom 1.5. bis 30.9. für die drei Versuchsjahre in Groß Lüsewitz	54
Tabelle 9: Überblick über die agronomischen Eckdaten in den drei Versuchsjahren am Standort Groß Lüsewitz	55
Tabelle 10: Beschreibung der durchgeführten Versuche unter kontrollierten Bedingungen	58
Tabelle 11: Beschreibung der durchgeführten Feldversuche zur Verifikation Ergebnisse der Gefäßversuche unter ökologischen Bewirtschaftung	59
Tabelle 12: Geprüfte Bradyrhizobienpräparate	61
Tabelle 13: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013	64
Tabelle 14: Standorte der Sojasortenprüfungen 2011-2013	65
Tabelle 15: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013	71
Tabelle 16: Standortdaten und Angaben zu den Versuchsfeldern, dem Versuchsdesign und der Versuchsdurchführung im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)	73
Tabelle 17: Durchgeführte Pflegemaßnahmen und Erhebungen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)	74
Tabelle 18: Erfasste Parameter im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)	74
Tabelle 19: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013	76
Tabelle 20: Systemversuch I: Systembedingter Reihenabstand und Saatstärke, Faktoren und Faktorstufen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011-2013)	79
Tabelle 21: Design der Systemversuche: Faktoren A-C und Faktorstufen (Anzahl in Klammern) (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)	80
Tabelle 22: Systemversuch (I): Standorteigenschaften und Details zur Versuchsdurchführung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012-2013); Sorte Merlin (65 kf. K./m ²)	82
Tabelle 23: Systemversuch (II): Faktoren und Faktorstufen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012; 2013 abgebrochen); Sorte Merlin (65 kf. K./m ²)	83
Tabelle 24: Systemversuch II: Versuchsdurchführung und weitere Eckdaten (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012)	83
Tabelle 25: Systemversuch (III): Faktoren und Faktorstufen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012-2013); Sorte Merlin	84
Tabelle 26: Systemversuch III: Versuchsdurchführung und weitere Eckdaten (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012)	85
Tabelle 27: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013	87
Tabelle 28: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Osnabrück in zwei Versuchsjahren für den Direktsaatversuch	89
Tabelle 29: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Osnabrück in den zwei Versuchsjahren für den Schwefelsteigerungsversuch	93

Tabelle 30: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen in den zwei Versuchsjahren für den ökologischen Schwefelformenversuch am Standort Osnabrück	94
Tabelle 31: Druckstufen bei der Tofupressung	97
Tabelle 32: Tofuprüfung auf Fehlnoten	98
Tabelle 33: Tofuprüfung auf Mundgefühl	99
Tabelle 34: Analysemethoden bei der Untersuchung der verschiedenen Sojafuttermittelproben.	101
Tabelle 35: Analysemethoden bei den Hitzeschädigungsparametern.	102
Tabelle 36: Richttabelle der Zielparameter zur Sojaaufbereitung für Soja-Futtermittel.	102
Tabelle 37: Orientierungswerte für die Ureaseaktivität (Monary 1989)	103
Tabelle 38: Übersicht über die verwendeten Sorten zur Analyse der Trypsininhibitorgehalte	106
Tabelle 39: Versuchsplan zum Haltbarkeitsversuch	113
Tabelle 40: Fettgehalte der verschiedenen Sojafuttermittel	114
Tabelle 41: Schüttdichte der locker aufgeschütteten Schüttgutprobe im Anlieferungszustand	117
Tabelle 42: Varianzkomponenten (V) und Heritabilität für die dargestellten Merkmale im frühen Set	120
Tabelle 43: Varianzkomponenten (V) und Heritabilität für die dargestellten Merkmale im späten Set	120
Tabelle 44: Reaktion der Soja-Sorten Merlin und Proteix auf Konkurrenz mit verschiedenen Kulturpflanzen als Beikräuter im Jahr 2011	130
Tabelle 45: Reaktion von sechs Soja-Genotypen auf Beikrautkonkurrenz	134
Tabelle 46: Signifikanzen für Genotyp und Behandlung sowie entsprechende Wechselwirkungen für die am Ende der Stressphase am Blatt erfassten Merkmale (** für $\alpha \leq 0,1\%$, * für $\alpha \leq 1\%$, * für $\alpha \leq 5\%$, n.s. nicht signifikant)	146
Tabelle 47: Mittlere Erträge der am Standort Groß Lüsewitz dreijährig geprüften Sorten und Standardabweichung (SD) sowie Varianz als Maß für die Ertragsstabilität; grün unterlegt: Sorten mit relativ hoher Ertragsstabilität über die Jahre (Erträge: LSD für $\alpha \leq 5\%$ 4,8); *Reifebonitur: 9 = früh, 1 = spät	153
Tabelle 48: Mittlere Proteinerträge der am Standort Groß Lüsewitz dreijährig geprüften Sorten und Standardabweichung (SD) sowie Varianz als Maß für die Ertragsstabilität; grün unterlegt: Sorten mit relativ hoher Stabilität der Proteinerträge über die Jahre (Proteinerträge: LSD für $\alpha \leq 5\%$ 1,91)	155
Tabelle 49: Dreijährig in Groß Lüsewitz angebaute Sorten mit ihrer Reifegruppe und Ranking der tatsächlichen Abreife am Standort über die drei Jahre; * Reifebonitur: 9 = früh, 1 = spät; grün unterlegt: Sorten mit relativ hoher Ertragsstabilität über die Jahre	156
Tabelle 50 Mittelwerte der wichtigsten Merkmale der Feldversuche von 2012 bis 2013 unter ökologischer Anbauweise in Abhängigkeit von den Bradyrhizobienpräparaten. Die angegebenen Signifikanzniveaus der Bradyrhizobieneffekte entsprechen $P < 0.001$ ***; $P < 0.01$ **; $P < 0.05$ *; $P > 0.05$ n.s. nicht signifikant	164
Tabelle 51: Übersicht über die kontaktierten Institutionen über alle Projektjahre	167
Tabelle 52: Übersicht über die angefragten und erhaltenen Linien/Sorten	168
Tabelle 53: Ergebnisse der Exaktversuche unter ökologischem Anbau in Frankenhausen gemittelt über die drei Jahre 2011-2013	171
Tabelle 54: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Exaktversuche in Frankenhausen unter ökologischer Bewirtschaftung und in Quedlinburg unter konventioneller Bewirtschaftung mit drei Sojasorten (Merlin, Bohemians, Protina) und 4 Bradyrhizobienpräparate (Force 48, HiStick, Biodoz und Kontrolle) von 2011 bis 2013. Signifikanzniveau $P < 0.001$ ***; $P < 0.01$ **; $P < 0.05$ *; nicht signifikant n.s.	173
Tabelle 55: Ergebnisse der Exaktversuche unter konventionellem Anbau in Quedlinburg gemittelt über die drei Jahre 2011-2013	174
Tabelle 56: Feldversuche zum Vergleich von vorinokuliertem Saatgut (Fixfertig) der Sorte Merlin mit der Inokulation direkt vor der Saat, Zusatzinokulationen und verschiedenen Dosierungen in Frankenhausen unter ökologischer Bewirtschaftung und in Quedlinburg unter konventioneller Bewirtschaftung in 2013	175

Tabelle 57: Ergebnisse der Bradyrhizobien-Streifenversuche mit der Sojasorte Merlin unter ökologischen Anbaubedingungen in Nidderau und unter konventionellen Bedingungen in Baldersheim von 2011 bis 2013	176
Tabelle 58: Mittelwerte der Exakt-Erträge (bei 86% TM, dt/ha) des Sortenversuches mit Reifegruppen (ökologisch/konventionell), am Standort Osnabrück in den Jahren 2011 bis 2013 (GD 5 %)	181
Tabelle 59: Übersicht der Durchschnittserträge an den Standorten der Sojasortenversuche 2011-2013 (dt/ha b. 86% TM) – gegliedert nach Klimaregionen und Bewirtschaftungssystemen	190
Tabelle 60: Datum des Feldaufgangs (BBCH 09) der Sojabohnen und Tage von der Aussaat bis zum Feldaufgang (in Klammern) in Abhängigkeit von der Saatzeit im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)	212
Tabelle 61: Parameter der phänologischen Entwicklung der Sojabohnen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013); gemittelt über Saatzeit und Sorte	212
Tabelle 62: Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen zu vorgezogenen Beprobungsterminen (Zeiternten) und zum *Drusch im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013) in Abhängigkeit von Saatzeit und Jahr	213
Tabelle 63: Bestandesdichte und Ertragsstruktur der Sojabohnen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)	214
Tabelle 64: Ertrag (dt/ha bei 86 %TS) der Sojabohnen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)	214
Tabelle 65: Rohproteingehalt (% i.d. TS) der Sojabohnen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)	215
Tabelle 66: Entwicklungsstadien der Sojabohnen am Standort Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013	218
Tabelle 67: Auflaufrate (%) der Sojabohnen bei unterschiedlichen Bodenwasserkapazitäten und Vorquellzeiten am 21. Versuchstag	222
Tabelle 68: Systemversuch I-2011: Tage bis zum Auflaufen in Abhängigkeit vom System des Anbaus der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)	225
Tabelle 69: Systemversuch I-2011: Bestandesdichte [Pflanzen/m ²] in Abhängigkeit vom System des Anbaus der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011); Median	226
Tabelle 70: Systemversuch I-2011: Wurzelmasse [mg/ccm trockener Boden] in Abhängigkeit vom System des Anbaus der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)	227
Tabelle 71: Systemversuch I-2011: Effizienz der Unkrautregulierung [%] in Abhängigkeit vom System des Anbaus der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)	228
Tabelle 72: Systemversuch I-2011: BBCH-Stadien während der Abreife in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Kruskal-Wallis-Test) der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)	228
Tabelle 73: Systemversuch I-2011: BBCH-Stadien zur Jugendentwicklung (17.06.) und während der Abreife in Abhängigkeit von der Sorte (Kruskal-Wallis-Test) der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)	229
Tabelle 74: Systemversuch I-2011: Reifegrad [% Trockensubstanz] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)	230
Tabelle 75: Systemversuch I-2011: Hülsen/Pflanze, Bohnen/Hülse, Tausendkornmasse [g] der Sojabohnen am 22.09.2011 und zum Drusch, sowie Ertrag [dt/ha bei 86 % TS] zum Drusch in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)	231
Tabelle 76: Systemversuch I-2011: Bestandeshöhe [cm] und unterster Hülsenansatz [cm] der Sojabohnen zum Drusch in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011); Mittelwert über die Faktoren <i>Sorte</i> und <i>Kompost</i>	232

Tabelle 77: Systemversuch I-2011: Rohproteingehalt der Sojabohnen zum Drusch in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011); Mittelwert über die Faktoren <i>Sorte</i> und <i>Kompost</i>	234
Tabelle 78: Systemversuch I (2012-2013); Bestandesdichte [Pflanzen/m ²] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	235
Tabelle 79: Systemversuch I (2012-2013); Hülsen/Pflanze in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	236
Tabelle 80: Systemversuch I (2012-2013); Bohnen/Hülse in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	236
Tabelle 81: Systemversuch I (2012-2013); Ertrag [dt/ha] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	237
Tabelle 82: Systemversuch I (2012-2013); Tausendkornmasse [g] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	237
Tabelle 83: Systemversuch I (2012-2013); Rohproteingehalt [% i.d. TS] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	238
Tabelle 84: Systemversuch II (2012): Bestandesdichte [Pflanzen/m ²] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	239
Tabelle 85: Systemversuch II (2012): Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen [%] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	240
Tabelle 86: Systemversuch II (2012): Ertrag [dt/ha bei 86 % TS] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	240
Tabelle 87: Systemversuch II (2012): Tausendkornmasse [g] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	240
Tabelle 88: Systemversuch II (2012): Knöllchen/Pflanze in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	241
Tabelle 89: Systemversuch II (2012): Rohproteingehalt [% in der TS] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	242
Tabelle 90: Systemversuch III (2012-2013): Bestandesdichte [Pflanzen/m ²] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	243
Tabelle 91: Systemversuch III (2012-2013): Hülsen/Pflanze der Sojabohnen in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	244
Tabelle 92: Systemversuch III (2012-2013): Bohnen/Hülse in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	245
Tabelle 93: Systemversuch III (2012-2013): Ertrag [dt/ha] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	245
Tabelle 94: Systemversuch III (2012-2013): Tausendkornmasse [g] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	246
Tabelle 95: Ertrags und Qualitätsergebnisse des Schwefelformenversuchs 2012 am Standort Osnabrück (*=signifikante Unterschiede, GD = 5%)	263
Tabelle 96: Primus-Standards der Jahre 2012 und 2013. n = Anzahl, RP = Rohproteingehalt M(*) = stärkere Entmolkung ab Probe Nr. 112 im Jahr 2013.	266
Tabelle 97: Übersicht über die veröffentlichten Pressemeldungen	276
Tabelle 98: Übersicht über die nicht-wissenschaftlichen Veröffentlichungen	279
Tabelle 99: Übersicht über die im Rahmen des Projektes gehaltenen Vorträge	280

Tabelle 100: Übersicht über die internen Projekttreffen	287
Tabelle 101: Übersicht über die Treffen mit der PAG	287
Tabelle 102: Kapazitäten der Sojaverarbeitung und Angebotsmenge in Deutschland	288
Tabelle 103: Dezentrale Aufbereitungsverfahren die in Deutschland zum Einsatz kommen.	288
Tabelle 104: Hitzeschädigungsparameter und Eiweißlöslichkeiten nach Biogas- Abwärmebehandlung.	289
Tabelle 105: Steuerungsparameter Anlagentypen	291
Tabelle 106: Vergleich des Sojaaufbereitungsversuchs in einer Grünfuttertrocknung mit Vollfettsojaprodukten (VFP) aus dezentralen Anlagen.	294
Tabelle 107: Niederschlagssummen 2012 während der Vegetation der Sojapflanzen an den drei Standorten	297
Tabelle 108: Korrelationen (R) nach Pearson zwischen den Parametern nach Auswertung von drei Sortenversuchen, unabhängig vom Standort auf der Grundlage von 200 Einzeldaten.	299
Tabelle 109: TIA-Gehalte und weitere Inhaltsstoffgehalte in den ausgewählten Sorten für den Aufbereitungsversuch.	301
Tabelle 110: Unterschiede in den Rohfett- (XL) und den Rohprotein- (CP) Gehalten der verschiedenen Sojafuttermittel aus unterschiedlichen Entölungsvarianten im Vergleich zu VFP.	312
Tabelle 111: Prozentuale Veränderung der Relativgehalte von XL und CP im Vergleich zu den Rohbohnen nach unterschiedlichen Entölungsarten.	314
Tabelle 112: Unterschiede in den TIA, der UA, der Proteinlöslichkeit in KOH und des PDI zwischen verschiedenen Futtermitteln aus unterschiedlichen Teilentölungsvarianten im Vergleich zu VFP und Sojaextraktionsschrot	316
Tabelle 113: Fettsäurezusammensetzung in Gewichtsprozent bezogen auf Gesamtfettsäuren	319
Tabelle 114: Lecithin-, Vitamingehalte und Fettsäurezusammensetzung (Gewichtsprozent bezogen auf Gesamtfettsäuren) verschiedener Sojaöle	320
Tabelle 115: Schwankungsbreite der relativen Luftfeuchte und Temperatur und Mittelwerte	323
Tabelle 116: Gehalt an freien Fettsäuren in % der Probe	326
Tabelle 117: Bakterien-, Pilzkeimzahl bei verschiedenen Sojafuttermitteln im Versuchsverlauf	327
Tabelle 118: Rückgang der TIA nach mehrmonatiger Lagerung in %	328
Tabelle 119: Fließeigenschaften von Soja-Produkten ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$)	329
Tabelle 120: Zeitverfestigung von Soja-Produkten bei einer Verfestigungsspannung von ca. 10 kPa	329
Tabelle 121: Fließeigenschaften von Sojakuchen in Schrotform	330
Tabelle 122: Zeitverfestigung unter Umgebungsbedingungen von Sojakuchen in Schrotform	330
Tabelle 123: Maximaler Wandreibungswinkel von Soja-Produkten	331
Tabelle 124: Maximale Trichterneigungswinkel für Massenfluss (gemessen gegen die Vertikale)	333
Tabelle 125: Minimale Auslaufgrößen zur Vermeidung von Brückenbildung von Sojakuchen in Schrotform unter Umgebungsbedingungen	333
Tabelle 126: Bonituren in Prüfanbau Sorten (dreijährig), Standort Osnabrück 2011 bis 2013	XXII
Tabelle 127: Bonituren in Prüfanbau Sorten (zweijährig und einjährig), Standort Osnabrück 2011 bis 2013	XXIV
Tabelle 128: Ergebnisse der Proteingehalt und Ölgehalt in Prüfanbau Sorten, Standort Osnabrück 2011 bis 2013	XXVI
Tabelle 129: Ergebnisse Bodenanalyse (Nmin Bodenschicht 0 - 30 cm) in Prüfanbau Sorten, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013	XXVII
Tabelle 130: Ergebnisse Bodenanalyse (Nmin Bodenschicht 0 - 30 cm) konventionell in Prüfanbau Sorten, Standort Osnabrück 2011 bis 2013	XXVII
Tabelle 131: Standortbeschreibung Orschweier	XXIX
Tabelle 132: Versuchsergebnisse Orschweier	XXIX

Tabelle 133: Daten vom Standort Orschweier	XXX
Tabelle 134: Standortbeschreibung Müllheim	XXXI
Tabelle 135: Versuchsergebnisse Müllheim	XXXI
Tabelle 136: Daten vom Standort Müllheim konventionell	XXXII
Tabelle 137: Daten vom Standort Müllheim öko	XXXIII
Tabelle 138: Standortbeschreibung Grötzingen	XXXIV
Tabelle 139: Versuchsergebnisse Grötzingen	XXXIV
Tabelle 140: Daten vom Standort Eckartsweier	XXXV
Tabelle 141: Standortbeschreibung Giesheim	XXXVI
Tabelle 142: Versuchsergebnisse Griesheim	XXXVI
Tabelle 143: Daten vom Standort Griesheim	XXXVII
Tabelle 144: Daten vom Standort Herxheim	XXXVII
Tabelle 145: Daten vom Standort Speyer (2012)	XXXVIII
Tabelle 146: Standortbeschreibung Bingen	XXXIX
Tabelle 147: Versuchsergebnisse Bingen	XXXIX
Tabelle 148: Daten vom Standort Bingen ohne Bewässerung	XL
Tabelle 149: Daten vom Standort Bingen mit Bewässerung	XLI
Tabelle 150: Dreijähriger Relativertrag auf den Standorten der Region 1	XLII
Tabelle 151: Sortenerträge (bei 86% TM) über alle Standorte der Region 1	XLIII
Tabelle 152: Standortbeschreibung Tachenhausen	XLVI
Tabelle 153: Versuchsergebnisse Tachenhausen	XLVI
Tabelle 154: Ergebnisse vom Standort Tachenhausen	XLVII
Tabelle 155: Standortbeschreibung Hohenheim	XLVIII
Tabelle 156: Versuchsergebnisse Hohenheim	XLVIII
Tabelle 157: Ergebnisse vom Standort Hohenheim	XLIX
Tabelle 158: Standortbeschreibung Bönningheim	L
Tabelle 159: Versuchsergebnisse Bönningheim	L
Tabelle 160: Daten vom Standort Bönningheim (2013)	LI
Tabelle 161: Daten vom Standort Bischheim (2012)	LI
Tabelle 162: Daten vom Standort Münchweiler (2013)	LII
Tabelle 163: Daten vom Standort Nieder-Hilbersheim (2013)	LII
Tabelle 164: Standortbeschreibung Friedberg	LIII
Tabelle 165: Versuchsergebnisse Friedberg	LIII
Tabelle 166: Daten vom Standort Friedberg	LIV
Tabelle 167: Standortbeschreibung Salbitz	LV
Tabelle 168: Versuchsergebnisse Salbitz	LV
Tabelle 169: Daten vom Standort Salbitz	LVI
Tabelle 170: Standortbeschreibung Bernburg	LVII
Tabelle 171: Versuchsergebnisse Bernburg	LVII
Tabelle 172: Daten vom Standort Bernburg	LVIII
Tabelle 173: Standortbeschreibung Rossleben	LIX
Tabelle 174: Versuchsergebnisse Rossleben	LIX
Tabelle 175: Daten vom Standort Rossleben	LX
Tabelle 176: Standortbeschreibung Gadegast	LXI
Tabelle 177: Versuchsergebnisse Gadegast	LXI
Tabelle 178: Daten vom Standort Gadegast	LXII
Tabelle 179: Standortbeschreibung Oberhummel	LXIII
Tabelle 180: Versuchsergebnisse Oberhummel	LXIII
Tabelle 181: Daten vom Standort Oberhummel	LXIV
Tabelle 182: Standortbeschreibung Rotthalmünster	LXV
Tabelle 183: Versuchsergebnisse Rotthalmünster	LXV
Tabelle 184: Daten vom Standort Rotthalmünster	LXVI
Tabelle 185: Standortbeschreibung Gützingen/Euerfeld	LXVII
Tabelle 186: Versuchsergebnisse Gützingen/Euerfeld	LXVII

Tabelle 187: Daten vom Standort Gützingen	LXVIII
Tabelle 188: Standortbeschreibung Köln-Auweiler	LXIX
Tabelle 189: Versuchsergebnisse Köln-Auweiler	LXIX
Tabelle 190: Daten vom Standort Köln-Auweiler	LXX
Tabelle 191: Standortbeschreibung Kerpen-Buir	LXXI
Tabelle 192: Versuchsergebnisse Kerpen-Buir	LXXI
Tabelle 193: Daten vom Standort Kerpen-Buir	LXXII
Tabelle 194: Übersicht über die Relativerträge an den Standorten der Region 2	LXXIII
Tabelle 195: Sortenerträge (bei 85% TM) über alle Standorte der Region 2	LXXIV
Tabelle 196: Standortbeschreibung Crailsheim	LXXVII
Tabelle 197: Versuchsergebnisse Crailsheim	LXXVII
Tabelle 198: Daten vom Standort Crailsheim	LXXVIII
Tabelle 199: Standortbeschreibung Tailfingen	LXXIX
Tabelle 200: Versuchsergebnisse Tailfingen	LXXIX
Tabelle 201: Daten vom Standort Tailfingen (2012)	LXXX
Tabelle 202: Standortbeschreibung Eiselau	LXXXI
Tabelle 203: Versuchsergebnisse Eiselau	LXXXI
Tabelle 204: Daten vom Standort Eiselau (2013)	LXXXII
Tabelle 205: Standortbeschreibung Bad Hersfeld-Eichhof	LXXXIII
Tabelle 206: Versuchsergebnisse BadHersfeld-Eichhof	LXXXIII
Tabelle 207: Daten vom Standort Bad Hersfeld-Eichhof	LXXXIV
Tabelle 208: Standortbeschreibung Fritzlar	LXXXV
Tabelle 209: Versuchsergebnisse Fritzlar	LXXXV
Tabelle 210: Daten vom Standort Fritzlar	LXXXVI
Tabelle 211: Standortbeschreibung Gladbacher Hof	LXXXVII
Tabelle 212: Versuchsergebnisse Gladbacher Hof	LXXXVII
Tabelle 213: Daten vom Standort Galdbacher Hof	LXXXVIII
Tabelle 214: Standortbeschreibung Frankenhausen	LXXXIX
Tabelle 215: Versuchsergebnisse Frankenhausen	LXXXIX
Tabelle 216: Daten vom Standort Frankenhausen	XC
Tabelle 217: Standortbeschreibung Großaitingen	XCI
Tabelle 218: Versuchsergebnisse Großaitingen	XCI
Tabelle 219: Daten vom Standort Großaitingen	XCII
Tabelle 220: Standortbeschreibung Gottmannsdorf	XCIII
Tabelle 221: Versuchsergebnisse Gottmannsdorf	XCIII
Tabelle 222: Daten vom Standort Gottmannsdorf	XCIV
Tabelle 223: Standortbeschreibung Mühlhausen	XCV
Tabelle 224: Versuchsergebnisse Mühlhausen	XCV
Tabelle 225: Daten vom Standort Mühlhausen	XCVI
Tabelle 226: Standortbeschreibung Großenstein	XCVII
Tabelle 227: Versuchsergebnisse Großenstein	XCVII
Tabelle 228: Daten vom Standort Großenstein	XCVIII
Tabelle 229: Standortbeschreibung Dornburg	XCIX
Tabelle 230: Versuchsergebnisse Dornburg	XCIX
Tabelle 231: Daten vom Standort Dornburg	C
Tabelle 232: Standortbeschreibung Beetzendorf	CI
Tabelle 233: Versuchsergebnisse Beetzendorf	CI
Tabelle 234: Daten vom Standort Beetzendorf	CII
Tabelle 235: Standortbeschreibung Ehra-Lessien	CIII
Tabelle 236: Versuchsergebnisse Ehra-Lessien	CIII
Tabelle 237: Daten vom Standort Ehra-Lessien	CIV
Tabelle 238: Standortbeschreibung Osnabrück öko	CV
Tabelle 239: Versuchsergebnisse Osnabrück öko	CV
Tabelle 240: Daten vom Standort Osnabrück öko	CVI

Tabelle 241: Standortbeschreibung Osnabrück konventionell	CVII
Tabelle 242: Versuchsergebnisse Osnabrück konventionell	CVII
Tabelle 243: Daten vom Standort Osnabrück konventionell	CVIII
Tabelle 244: Daten vom Standort Groß Lüsewitz	CIX
Tabelle 245: Übersicht über die Relativerträge an den Standorten der Region 3	CX
Tabelle 246: Sortenerträge (bei 86% TM) über alle Standorte der Region 3	CXI
Tabelle 247: Bonituren in Saatzeit Versuche, Standort Waldhof Osnabrück 2011	CXIII
Tabelle 248: Bonituren in Verfrühungsmaßnahmen, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013	CXIV
Tabelle 249: Ergebnisse Bodenanalyse (N _{min} Bodenschicht 0 - 30 cm) in Verfrühungsmaßnahmen, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013	CXV
Tabelle 250: Bonituren in Beikrautregulationsverfahren, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013	CXVI
Tabelle 251: Ergebnisse Bodenanalyse (N _{min} Bodenschicht 0 - 30 cm) in Beikrautregulationsverfahren, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013	CXVII
Tabelle 252: Übersicht über die Tastversuche mit Direktsaat von Sojabohnen in den Jahren 2012 und 2013	CXVIII
Tabelle 253: Pflanzenbonituren Schwefelformenversuch 2012 Sorte Merlin HS-OS	CXXI
Tabelle 254: Pflanzenbonituren Schwefelsteigerungsversuch 2012 bis 2013 HS-OS	CXXII
Tabelle 255: Schwefelsteigerungsversuch der beiden Standorte S _{min} –Gehalte in kg/ha Bodenschicht 0-30cm	CXXIV
Tabelle 256: Schwefelsteigerungsversuch der beiden Standorte S _{min} –Gehalte in kg/ha Bodenschicht 0-30cm	CXXV
Tabelle 257: Ergebnisse aus der Beprobung weltweiter, dezentraler Aufbereitung.	CXXVII
Tabelle 258: Korrelationen zwischen den Inhaltsstoffen. Datenbasis Mischproben (n=30), Standort Eckartswieher, Oberhummel und Frankenhausen	CXXXI
Tabelle 259: Durchschnittlichen Inhaltsstoffgehalte in den analysierten rohen Sojabohnen von dezentralen Aufbereitungsanlagen (n=33).	CXXXIV
Tabelle 260: Durchschnittlichen Inhaltsstoffgehalte in den analysierten aufbereiteten VFP von dezentralen Aufbereitungsanlagen (n=25).	CXXXIV
Tabelle 261: Durchschnittlichen Inhaltsstoffgehalte in den analysierten Sojakuchen aus dezentraler Aufbereitungsanlagen (n=18).	CXXXV
Tabelle 262: Durchschnittlichen Inhaltsstoffgehalte in den analysierten Sojaextraktionsschrotten (n=11).	CXXXV

1 Projektangaben

Zuwendungsempfänger	Förderkennzeichen
Universität Hohenheim, Landessaatzuchtanstalt (720), Fruwirthstrasse 21, 70599 Stuttgart	FKZ 11NA001
Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Oldenburger Landstraße 24, 49090 Osnabrück	FKZ 11NA002
Forschungsinstitut für biologischen Landbau Deutschland e.V. (FiBL), Kasseler Str. 1a, 60486 Frankfurt am Main	FKZ 11NA003
Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen	FKZ 11NA004
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Pflanzenzüchtung, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen	FKZ 11NA005
Life Food GmbH, Projektteam Labortofurei, Bebelstraße 8, 79108 Freiburg	FKZ 11NA006
Julius Kühn-Institut, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Rudolf-Schick-Platz 3, 18190 Sanitz	FKZ 11NA007
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Mühlheim, Auf der Breite 7, 79379 Mühlheim	FKZ 11NA008

Vorhabensbezeichnung:

Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung

Laufzeit des Vorhabens:

1. Januar 2011 bis 31. Dezember 2013

Berichtszeitraum:

1. Januar 2011 bis 31. Dezember 2013

Projektleitung:

Dr. Klaus-Peter Wilbois, FiBL Deutschland e.V.

Tel. +49 69 7137699-76

Fax +49 69 7137699-9

E-Mail klaus.wilbois@fibl.org

Beteiligte Autoren:

Ludwig Asam (FiBL Deutschland e.V.)
Christiane Balko (JKI Groß Lüsewitz)
Heiko Becker (Universität Göttingen)
Estelle Berset (FiBL Schweiz)
Andreas Butz (LTZ Augustenberg)
Thorsten Haase (Universität Kassel/LLH)
Antje Habekuß (JKI Quedlinburg)
Volker Hahn (Universität Hohenheim)
Jürgen Heß (Universität Kassel)
Bernd Horneburg (Universität Göttingen)
Bianka Hüsing (Hochschule Osnabrück)
Maik Kohlbrecher (Hochschule Osnabrück)
Christian Littmann (Fürstenhof)
Monika Messmer (FiBL Schweiz)
Martin Miersch (Life Food GmbH)
Anke Mindermann (Universität Kassel)
Helmut Nußbaumer (LTZ Augustenberg)
Frank Ordon (JKI Quedlinburg)
Jürgen Recknagel (LTZ Augustenberg, Sojaförderring)
Hannes Schulz (Universität Kassel)
Ann-Kathrin Spiegel (FiBL Deutschland e.V.)
Kerstin Spory (FiBL Deutschland e.V.)
Dieter Trautz (Hochschule Osnabrück)
Jürgen Unsleber (AGRO Schuth GmbH)
Maria Vergara (Hochschule Osnabrück)
Rainer Vogel (Hof Buchwald)
Werner Vogt-Kaute (Naturland Fachberatung)
Barbara Wedemeier-Kremer (Universität Göttingen)
Klaus-Peter Wilbois (FiBL Deutschland e.V.)
Steffi Zimmer (Universität Kassel, IBLA)
Tim Zurheide (Hochschule Osnabrück)

2 Einführung

2.1 Gegenstand des Vorhabens

Die Sojabohne hat wegen ihres hohen Proteingehalts mit hoher biologischer Wertigkeit und ihres Ölgehalts sowohl als Nahrungsmittel als auch als Futtermittel eine überragend große Bedeutung erlangt. Im Jahr 2012 wurden weltweit über 253 Mio. Tonnen Soja auf über 105 Mio. ha produziert (FAOSTAT 2012). Aufgrund derzeitiger politischer Rahmenbedingungen sowie ungünstigeren klimatischen Bedingungen, spielt Soja im europäischen Anbau (2009 mit ca. 300'000 ha) jedoch eine untergeordnete Rolle. Über 2/3 des europäischen Bedarfs an Soja wird durch Importe aus Übersee (ca. 35 Mio. t) gedeckt. Aus diesen Fakten ergibt sich eine sehr große Abhängigkeit von Übersee-Sojaimporten. Einige Segmente der tierischen Produktion in Deutschland, wie z. B. der ökologische Landbau, bestimmte Markenprogramme oder Herkunftsetiketten sind auf die Verfügbarkeit nicht gentechnisch veränderter Soja angewiesen. Mit einem stetig steigenden Anteil an gentechnisch veränderten Sojabohnen an der Importware (>70 %, www.transgen.de 2013) könnte durch die weltweite Zunahme von gentechnisch verändertem Sojaanbau in absehbarer Zeit zu massiven Engpässen an nicht gentechnisch veränderter Ware führen.

In Deutschland ist die Abhängigkeit von Soja-Importen besonders ausgeprägt. Momentan werden ca. 6.500 ha Soja, insbesondere in den klimatisch bevorzugten Regionen Baden-Württembergs und Bayerns angebaut (Recknagel 2013). In kühleren Regionen Deutschlands ist der Anbau auf Grund der hohen benötigten Temperatursumme von bisher mindestens 1.500 °C auf der Basis von 6 °C und der häufig feuchten Witterungsbedingungen zur Ernte schwierig. Außerdem stellt die Beikrautregulierung bei Soja auf Grund ihrer langsamen Jugendentwicklung und dem späten Bestandesschluss eine besondere Herausforderung dar. Eine weitere Schwierigkeit für Soja als Kurztagspflanze in den gemäßigten Breiten besteht in der verzögerten Blütenbildung durch die langen Tage im Sommer. Die Abreifepériode ist dadurch sehr kurz, insbesondere nördlich der Mittelgebirge, wodurch eine Ausreife der Samen nicht immer garantiert und die Erträge limitiert sind (Goldscheider 2009). Auch liegen die im mitteleuropäischen Anbau erzielbaren Proteingehalte in den nicht so begünstigten Anbaugebieten Mittel- und Norddeutschlands aus klimatischen Gründen oft unter den angestrebten 40 % (Hofer et al. 2009; Imgraben und Recknagel 2009). Generell ist bei der Soja ein Verlust an genetischer Diversität von wilden zu kultivierten Sojabohnen zu beobachten. So sollen 81 % der in der Wildart seltenen Allele in der kultivierten Sojabohne nicht mehr vorhanden sein (Hyten et al. 2006).

Weiterhin bestehen Probleme bei der Stickstoffversorgung der Soja, da die Soja selbst ein starker Stickstoffzehrer ist. Die Knöllchenbakterien (*Bradyrhizobien*) sind streng artspezifisch und müssen daher, um die bakterielle Stickstoffsynthese für die Sojabohne verfügbar zu machen, dem Boden zugeführt werden. Dies erfolgt in der Regel bei der Aussaat, in dem das Saatgut mit kommerziell erhältlichen *Bradyrhizobien*stämmen inokuliert wird. Trotzdem ist die Knöllchenbildung nicht immer zufriedenstellend, vor allem bei niedrigen Bodentemperaturen und in Abhängigkeit vom Impfverfahren bzw. -mittel (Zhang und Smith 1996, Zhang et al. 1996).

Außerdem stehen derzeit für den Anbau von Tofusoja in Deutschland nur wenige Sorten zur Verfügung. Im Vertragsanbau sind dies die Sorten Primus (Reifegruppe 00) und Lotus (Reifegruppe 00/000). Beide Sorten sind nur am Oberrhein mit ausreichender Ertragsstabilität anbauwürdig. Die früher abreifende Tofusorte Aveline bleibt im Ertrag noch deutlich hinter den Futtersorten zurück. Hinzu kommt, dass weltweit eine jährliche Steigerung des Sojakonsums für

die menschliche Ernährung zu verzeichnen ist (Nik et al. 2008). Daher ist davon auszugehen, dass die Anbaufläche für Öko-Soja für die menschliche Ernährung deutlich steigen wird.

In Nord- und Südamerika werden hauptsächlich öltreiche Sojabohnensorten für die Erzeugung von Sojaöl und Futter angebaut und gezüchtet, daher werden aus diesen Züchtungen keine hochproteinreichen Sojabohnen für die menschliche Ernährung hervorgehen.

Aus diesen Zusammenhängen wird ersichtlich, dass die Züchtung von Sojasorten in Deutschland von außerordentlicher Wichtigkeit ist. Zur Deckung der Nachfrage nach lokal und ökologisch angebauter Futter- und Tofusoya sind noch zahlreiche züchterische und pflanzenbauliche Optimierungen notwendig, die auf Grund des fortschreitenden Verlustes der genetischen Vielfalt in kultivierter Soja zeitnah geschehen müssen. Weil solche züchterischen Fortschritte nicht sofort zu realisieren sind, ist es unabdingbar, simultan zur züchterischen Arbeit innovative pflanzenbauliche Strategien zu erproben und zu entwickeln. Um auch in kühleren Regionen Deutschlands die erforderlichen Temperatursummen zu erreichen, sind pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verfrühung der Pflanzenentwicklung erforderlich.

2.2 Ziele und Aufgabenstellung sowie Bezug zu den Zielen des BÖLN

Dem Gesamtprojekt übergeordnete Ziele waren:

- › Durch Züchtung geeigneter Sorten sollte sicher gestellt werden, dass die steigende Nachfrage nach qualitativ hochwertiger Bio-Soja mittelfristig aus lokaler Produktion gedeckt werden kann.
- › Die Etablierung des Sojaanbaus als interessante Einkommensalternative für ökologisch wirtschaftende Betriebe über die aktuell bestehenden Gunstlagen hinaus.
- › Die Entwicklung einer Selektionsstrategie, die es ermöglicht, ein effizientes Zuchtprogramm von Sojabohnen für den Ökologischen Anbau in Deutschland zu etablieren.
- › Durch eine nachhaltige Züchtung von frühreifen Sojasorten mit einem hohen Ertragspotenzial unter Verwendung von Material, welches noch nicht in der modernen Sortenentwicklung genutzt wird, sollte der genetischen Verarmung entgegengetreten werden.
- › Die Züchtung frühreifer, tagneutraler, ertragreicher und qualitativ hochwertiger Genotypen mit geringeren Wärmesummenansprüchen, hoher Beikrautunterdrückung bzw. -toleranz, verbesserter biologischer N₂-Fixierung und gutem Abreifeverhalten sowie die Etablierung innovativer pflanzenbaulicher Maßnahmen zur Verfrühung bzw. zur Verlängerung der möglichen Vegetationszeit.
- › Die Beteiligung von Landwirten am Züchtungsprozess und der Sortenprüfung, um eine möglichst rasche Umsetzung in die Praxis zu gewährleisten.

Abgeleitet von diesen Forschungszielen sollten im Projekt folgende übergeordnete Fragestellungen beantwortet werden:

- › Welche Methodik und welches Zuchtdesign sind besonders geeignet um die Zuchtziele zu erreichen?
- › Durch welche Selektionsstrategien kann die Kühletoleranz und Frühreife an Grenzstandorten unter ökologischen Anbaubedingungen verbessert werden?

- › Sind die zur Zeit verwendeten kommerziellen Bradyrhizobienpräparate grundsätzlich für den ökologischen Anbau frühreifer Sorten in kühlen Anbauregionen geeignet?
- › Kann die Ertragsstabilität und der Proteinertrag frühreifer Sojasorten durch spezifische Selektion der Bradyrhizobienpräparate für kühlere Bodentemperaturen verbessert werden?
- › Welche Elternlinien sind für die Zucht für einen Anbau im Ökologischen Landbau in kühleren Regionen Deutschlands geeignet und welche Relevanz haben hierfür Züchtungsmerkmale?
- › Welche Genotypen sind für die Verarbeitung zu Sojamilch bzw. Tofu besonders geeignet?
- › In wie weit lässt sich der Feldaufgang der Sorten/Genotypen und die weitere phänotypische Entwicklung durch den Einsatz technischer Maßnahmen verfrühen (Vorquellen, Anbau unter Vlies bzw. Folie, Anbau in Dammkultur, Kompost) um somit den Anbau in weiten Teilen Deutschlands zu etablieren? Welche Auswirkungen hat die eingesetzte Technik auf die Abreife (Verlängerung des Vegetationszeitraumes) und den Ertrag, Beikrautbesatz sowie die Qualität?
- › Ist der Sojaanbau in Direktsaat nach siliertem Grünroggen möglich, wie stark ist die Unkrautkonkurrenz und wie groß ist die damit verbundene Erosionsrisikominderung?
- › Ist der Sojaanbau von Ertrags- und Qualitätsminderungen durch mangelhafte S-Versorgung betroffen und welche Verbesserungen bringen verschiedene Düngungsvarianten?
- › Wie kann die Qualität der angelieferten Soja schnell und mit vertretbarem Aufwand auch für kleinere Tonnagen bestimmt werden, um eine optimale Steuerung des Aufbereitungsprozesses zu ermöglichen?
- › Wie lassen sich Anlagen zur Sojaaufbereitung mobil gestalten oder mit bereits vorhandenen mobilen Mahl- und Mischanlagen technisch kombinieren?
- › Welche Anlagenkonzepte sind für eine hofeigene Sojaaufbereitung am besten geeignet und wie lassen sich solche mit ggf. vorhanden Biogasanlagen zwecks Wärmenutzung kombinieren?
- › Welches Aufbereitungsverfahren (z. B. Toasten, Extrudieren o. Ä.) eignet sich für die jeweiligen Einsatzgebiete (Futtermittelwerk, mobile Anlage, Hofaufbereitung) am besten und wie sind die Verfahren im Hinblick auf den Futterwert und die Haltbarkeit der aufbereiteten Produkte zu bewerten?
- › Lassen sich weitere Wertschöpfungspotenziale neben der Speise- und Futternutzung bei Soja realisieren, z. B. durch Verwertung des Sojaöls etwa als hochwertiges Futter- oder Speiseöl oder für technische Zwecke etwa als Kraftstoff und was sind die spezifischen Anforderungen diese Verwertungsmöglichkeiten?
- › Gibt es Unterschiede innerhalb des geprüften Sortenspektrums hinsichtlich Jugendentwicklung, Blühdauer, Abreife?
- › Gibt es Unterschiede im Ertrag? Woraus sind diese zurückzuführen?
- › Unterscheiden sich die Sorten hinsichtlich der Ertragsstabilität?
- › Unterscheiden sich die Sorten hinsichtlich des Rohproteingehaltes /-ertrages?

Die im Projekt bearbeiteten Themen zeichnen sich durch eine **hohe Kongruenz mit den förderpolitischen Zielen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft** aus.

Förderung des Kreislaufwirtschaftsprinzips auf betrieblicher/regionaler Ebene, um dadurch regionale Strukturen zu stärken und die Ressourceneffizienz der Landbewirtschaftung und tierischen Erzeugung zu steigern (Entwicklung von langfristig angelegten Verfahren mit dem Ziel, den ökologischen, ökonomischen und sozialen Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung gerecht zu werden)

Die Förderung des einheimischen Sojaanbaus entspricht dem Kreislaufprinzip auf regionaler Ebene, reduziert die Abhängigkeit von eiweißreichen Futtermittelimporten und stärkt die heimische Landwirtschaft. Insbesondere die biologische Stickstofffixierung trägt zur nachhaltigen Erzeugung von Futter- und Lebensmittel bei und erhöht langfristig die Ernährungssouveränität.

Die erfolgreiche Anwendung von Grüngutkompost in Sojabohnen mit angepasster Technik (Kompostdrille nach Bruns & Bohne), dient wie von der Universität Kassel in einem einjährigen Feldversuch experimentell belegt, der Förderung der N-Fixierung dieser Körnerleguminose. Die Nutzung solcher Sekundärrohstoffdünger wird dadurch im Körnerleguminosenanbau attraktiv, was die – gewünschte - Ausweitung der Umsetzung des Kreislaufwirtschaftsprinzips in solchen Kulturarten fördern könnte.

Erschließung des Leistungspotenzials genetischer Ressourcen sowie Erhaltung und Förderung der Vielfalt auf innerartlicher-, Arten- und Ökosystemebene durch nachhaltige Nutzung genetischer Ressourcen

Zur optimalen Nutzung genetischer Ressourcen, müssen nicht nur die Sojagenotypen züchterisch verbessert werden, sondern auch die genetische Diversität der Bradyrhizobien, zumal diese in Deutschland nicht natürlicherweise in den Ackerböden vorkommen. Durch die Prüfung und Selektion verschiedener Bradyrhizobienstämme auf Kühletoleranz (AP1c) kann die biologische Stickstofffixierung der Soja verbessert werden und somit deren Ertrag und Proteinausbeute massiv erhöht werden.

Die Koordinierung und deutschlandweite Auswertung der bereits etablierten Sortenversuche in verschiedenen Bundesländern sowie deren Ergänzung um zusätzliche Sorten sowie um weitere Standorte, in deren Umfeld Sojabohnen bisher nicht im Anbauprogramm waren, im Rahmen von AP2 hat es ermöglicht, über drei Jahre hinweg den bereits vorhandenen Fundus an Erfahrungen und Sortenergebnissen deutlich auszuweiten und daraus Schlüsse über die Anbaueignung von Sojabohnen in weiten Teilen Deutschlands zu ziehen. Die Sortenversuche haben gezeigt, dass es für weite Teile Deutschlands, auch nördlich der Mainlinie, bereits heute Sorten gibt, mit denen der Sojaanbau wirtschaftlich gestaltet werden kann. Während der Projektlaufzeit hat sich die Anbaufläche von Sojabohnen in Deutschland von etwa 3.500 ha im Jahre 2010 auf über 7.000 ha im Jahr 2013 verdoppelt. Die größte Zunahme war dabei in den mittleren Lagen zu verzeichnen, also außerhalb der Gunstlagen an Oberrhein und in Niederbayern, wo sich Körnermais häufig als überlegener Konkurrent der Sojabohne erweist. Auch in Mittel- und in Ostdeutschland beginnen immer mehr Landwirte mit dem Anbau von Sojabohnen und es ist damit zu rechnen, dass das Projektziel, nämlich die Ausdehnung des Sojabohnenanbaus in Deutschland, nicht nur kurzfristig erreicht wird, sondern sich der Flächenzuwachs verstetigt.

Das Projekt trägt mit der erfolgreichen Bearbeitung von züchterischen und pflanzenbaulichen Fragestellungen rund um die Sojabohne dazu bei, Fruchtfolgen aufzulockern, damit Krankheitszyklen zu unterbrechen, positive Vorfruchteffekte zu generieren und insgesamt die Biodiversität des praktischen Anbaus zu erhöhen.

Die Versuche der Universität Kassel auf einem (derzeit noch) Grenzstandort belegen, dass die Ausweitung des Sojabohnenanbaus bei der Berücksichtigung der Sortenwahl, Anbautechnik und angepasster Kulturführung möglich und tragen damit ihren Anteil dazu bei, mittel- und langfristig die Kulturartenvielfalt in der Praxis des Ökolandbaus zu erhöhen.

Erosionsminderung, Bodenschutz und Nährstoffkonservierung durch bodenschonende Anbauverfahren

Beim Anbau von Sojabohnen bereitet die Unkrautregulierung sowohl im ökologischen als auch im konventionellen Anbau größere Schwierigkeiten (öko: Arbeitsaufwand; konventionell: Kulturverträglichkeitsrisiko der Herbizide; beide Anbauweisen: schwacher Wirkungsgrad).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob durch den Anbau eines unkrautunterdrückenden Wintergetreides, das Anfang bis Mitte Mai in der Milchreife siliert wird (zur Verwendung als Viehfutter oder für die Gewinnung von Biogas) und die unmittelbar nachfolgende Einsaat von Sojabohnen mit einer Direktsaatmaschine ohne vorherige Bodenbearbeitung, die Sojabohnen ohne zu starke Unkrautkonkurrenz aufwachsen können. Daneben ist dieser Aspekt auch mit der Erosionsminderung verbunden. Durch den vorhergehenden Anbau von Grünroggen in Verbindung mit der Direktsaat von Soja ist eine starke Minderung des Erosionsrisikos verbunden.

Das Potenzial des als bodenschonend geltenden, bei konsequenter Anwendung auf tieflockernde Nutzung des Pfluges verzichtenden Dammanbausystems wurde in den Feldversuchen der Universität Kassel demonstriert. Damit kann der in den Versuchen erzielte Erfahrungsgewinn zur Weiterentwicklung der Anwendung solch eines bodenschonenden Verfahrens dienen. Für bereits Dammanbauverfahren nutzende Betriebe konnte gezeigt werden, dass sich bei sachgerechter Anwendung der Technik auch Sojabohnen erfolgreich anbauen lassen.

Optimierung des Stickstoff- und Energieeinsatzes u.a. durch Anbau von Leguminosen oder durch effizienten Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie Verringerung von Treibhausgasemissionen

Die Verbesserung der biologischen Stickstofffixierung, an der in AP1c gearbeitet wurde, vermindert den Bedarf an synthetisch hergestellten Stickstoffdüngern und vermindert somit Energiekosten und Treibhausgasemissionen.

Die durchgeführten Arbeiten zum Potenzial genetischer Ressourcen für eine verbesserte Jungendentwicklung und Beikrautunterdrückung in AP1 c erlauben außerdem die Verbesserung der züchterischen Anpassung der Soja und damit eine verbesserte N-Versorgung und erweiterte Fruchtfolgen in der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft.

Der im zweiten Versuchsjahr von der Universität Kassel durchgeführte Feldversuch, in dem die Wirkung einer Anwendung von Grüngutkompost (mit Kompostdrille nach Bruns & Bohne) bei Sojabohnen untersucht wurde, verlief erfolgreich und generierte vielversprechende Ergebnisse. Zum einen führte der Einsatz dieser neuen Maschine zu Sojabohnenerträgen, die mit der etablierten Drillsaat vergleichbar waren. Zum anderen wurde eine deutliche, wenn auch nicht

statistisch absicherbare, Wirkung auf die Anzahl der Knöllchen/Pflanze in Folge der Kompostanwendung festgestellt. Der Stickstoffeinsparungseffekt, der sich bei erfolgreichem Anbau und intakter N-Fixierung von Körnerleguminosen einstellt, erlaubt einen, den Humusvorrat schonenden und gleichzeitig die N-Versorgung der Kulturpflanze sichernden Anbau.

Züchtung von Sorten, die besonders für nachhaltige Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung geeignet sind sowie nachhaltige Steigerung und Sicherung des Ertrags

Sojasorten können unterschiedlich gut mit verschiedenen Bradyrhizobienstämmen interagieren. Durch eine parallele Selektion der Sojasorten und der Bradyrhizobien auf verbesserte Symbioseleistung und Stickstofffixierung bei kühlen Bodentemperaturen (AP1c und e) kann das Potential des Sojaanbaus in Deutschland zuverlässiger ausgeschöpft werden.

Gerade für den ökologischen Landbau rückt die Versorgung mit ökologisch erzeugtem pflanzlichem Protein immer mehr in den Fokus (u.a. Ende 2014 auslaufende Übergangsregelung nach Art. 43 der VO 889/08 zum Einsatz von konventionellen Futtermitteln in der ökologischen Tierhaltung). Auch im Lebensmittelbereich ist eine steigende Nachfrage zu verzeichnen. Um den Anbau der vor allem in ihrer Proteinzusammensetzung wertvollen Sojabohne in Deutschland ertragssicherer zu gestalten und ggf. in Richtung Norden auszudehnen, ist Kühletoleranz ein wichtiges Merkmal.

Die Schaffung der Möglichkeit, Kühletoleranz von Sojabohnen gezielt zu erfassen (wie in AP1c geschehen) ist (A) eine Voraussetzung um dieses Merkmal in den Zuchtprozess einfließen zu lassen, wie es im Rahmen des vorliegenden Projektes auch erfolgt ist (Charakterisierung von Kreuzungseltern und Zuchtmaterial), (B) gibt die Charakterisierung eines breiten Sortenspektrums dem Praktiker vor allem auf Grenzstandorten wertvolle Entscheidungshilfen zur Sortenauswahl in die Hand und trägt damit (C) kurz-, mittel- und langfristig zur Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland bei.

Durch zusätzliche Arbeiten wurde ein erster Einblick in das Potenzial genetischer Ressourcen für eine verbesserte Jungendentwicklung und Beikrautunterdrückung (ebenfalls AP1c) gewonnen.

Mit der Labortofurei (AP4) wurde ein Züchtungsinstrument geschaffen, um die Entwicklung frühreifer Tofusojasorten für den Anbau in Deutschland zu unterstützen. Erste vielversprechende Genotypen, aus denen Sorten mit dem Potential hoher Wertschöpfung entstehen könnten, wurden im Rahmen des Projektes identifiziert.

Die Verbesserung der Soja-Mikroorganismen Symbiose trägt wesentlich zur Leistungssteigerung der Soja und somit zur nachhaltigen Sojaproduktion bei.

Weiterentwicklung von agrarischen Wissenstransfer- und Informationssystemen

Durch den großen Stellenwert des Wissenstransfers (AP5) im Projekt, der insbesondere über den Auf- und Ausbau eines Webportals zum Sojaanbau sowie Feldtage zum Sojaanbau, aber auch über Artikel, Vorträge und Fachinformationen für die Presse realisiert wurde, konnte zu diesem Ziel in hohem Maße beigetragen werden. Auch die in AP2 durchgeführten Sortenprüfungen stießen auf großes Interesse bei Versuchsanstellern, Beratern und Landwirten und waren wiederholt Gegenstand von Besichtigungen.

Förderung des Kreislaufwirtschaftsprinzips auf betrieblicher/regionaler Ebene, um dadurch regionale Strukturen zu stärken und die Ressourceneffizienz der Landbewirtschaftung und tierischen Erzeugung zu steigern

In Arbeitspaket 6a wurde im Rahmen einer umfassenden Beprobung bestehender dezentralen Anlagen zur Sojaaufbereitung die Sojafuttermittel auf ihre Qualitäten analysiert und bewertet. Durch die umfangreiche Bestimmung verschiedener Parameter, vor allem der Aminosäuren und Trypsininhibitoraktivität in Ausgangs- und Endprodukten, konnten die Verfahren hinsichtlich ihrer Verarbeitungsqualität bewertet werden. Ziel dabei war es, Möglichkeiten zur Aufbereitung eigens angebauten Sojabohnen im betrieblichen Maßstab bei Landwirten aufzuzeigen. Weiterhin wurde ermittelt, ob es mit einfachen Mitteln möglich ist, Abwärme aus Biogasanlagen für die Sojaaufbereitung aus Aspekten der Nachhaltigkeit zu nutzen.

Ermittlung eines wirtschaftlichen Optimums im Hinblick auf die Minderung von klimarelevanten Emissionen aus der Landwirtschaft

Aufgrund der Gehalte an antinutritiven Faktoren, vor allem dem Gehalt an Trypsininhibitoren, müssen Sojabohnen aufbereitet werden. Vereinzelt werden von den Züchtern jedoch Versuche unternommen, diese in den Sorten zu reduzieren. Um festzustellen, ob es Variabilität bei Sorten aus verschiedenen Zuchtunternehmen bei der Trypsininhibitoraktivität gibt, wurden die Sorten an mehreren Standorten in Deutschland getestet und sehr viele verschiedene Parameter analysiert.

Da eine Rohverfütterung von Soja auch bei Sorten mit der niedrigsten Trypsininhibitoraktivität an Monogastriden ohne Verluste in den Tierleistungen nicht möglich ist, wurde in einem Aufbereitungsversuch mit Sorten unterschiedlicher Trypsininhibitoraktivitäten durchgeführt. Aus diesem wurden wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Steuerungsparameter und dem Verhalten der unterschiedlichen Sorten bei der Aufbereitung gewonnen. Durch die Anpassung der Steuerungsparameter bei der Aufbereitung an die Sorten ist eine Energieeinsparung möglich.

2.3 Planung und Ablauf des Projektes

Die verschiedenen Arbeitspakete im Projekt verfolgten unterschiedliche Strategien.

In Arbeitspaket 1 lag der Schwerpunkt auf der Erstellung und Weiterentwicklung von frühreifem Sojazuchtmaterial für die menschliche Ernährung und für Futterzwecke. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde mit einer breiten Ausgangsbasis an Sojazuchtmaterial gearbeitet. Dazu wurden auch Herkünfte, die bislang in Deutschland nicht als Sorten angebaut werden, auf ihre Eignung unter unseren klimatischen Bedingungen untersucht. Hierfür wurde weltweit geeignetes Material aus Klimagebieten, die annähernd jenen Deutschlands vergleichbar sind, beschafft und zur Prüfung angebaut. Es wurden existierende Sorten miteinander gekreuzt und es wurden Zuchtstämme aus bereits laufenden Zuchtprogrammen (ACW, BOKU, PZO, UHOH) in das Vorhaben integriert. Um das notwendige Budget effizient einzusetzen, wurde ein Winterzuchtgarten zur Weiterführung und Vermehrung des Saatgutes genutzt. Es wurden gezielte Kreuzungen durchgeführt und spaltendes Zuchtmaterial unter unterschiedlichen Anbaubedingungen (v.a. Temperaturunterschiede) auf agronomische Eigenschaften (z.B. Kältetoleranz während der Blüte, Wuchshabitus und Blattform, Hülsenansatz, Abreifeverhalten, Proteingehalt, Knöllchenbildung) gemäß dem jeweiligen Verwendungszweck evaluiert und selektiert. Da die Kühltoleranz zur Blüte von zentraler Bedeutung für die Ausdehnung des Sojaanbaus in Deutschland ist, wurden potenzielle Sorten, Zuchtstämme und Kreuzungseltern unter kontrollierten Bedingungen auf Hülsenansatz bei kühlen Temperaturen getestet. Die Selektionsmethodik zur Erfassung der Beikrautunterdrückung/ -toleranz wurde optimiert und verschiedene Wuchstypen auf ihr Beikrautunterdrückungsvermögen getestet. Parallel zum Prüfanbau von Sojagenotypen für die Anbaueignung unter kühleren Klimaten wurden auch verschiedene Impfpräparate getestet. Ziel war es, valide Empfehlungen für die optimale Wahl des Impfpräparats zu geben. Dabei wurden verschiedene Bradyrhizobienstämme in verschiedenen Formulierungen und Konzentrationen getestet und mit einer unbehandelten Kontrolle verglichen. Es wurden parallel kommerziellen Präparate geprüft, die sofort verfügbar waren, aber es wurden auch neue bzw. aus anderen Klimaregionen isolierte Bradyrhizobienstämme mit kommerziellen Impfpräparaten im Klimakammerversuch bezüglich ihrer Kältetoleranz verglichen. Die besten Stämme wurden anschließend im Feld unter kühlen (2012, 2013 Unterfranken) und unter extrem ungünstigen Bedingungen (2013 Groß Lüsewitz) verifiziert.

In Arbeitspakete 2 wurden frühreife Sorten und neue Soja-Zuchtstämmen auf Anbaueignung in verschiedenen Anbauregionen Deutschlands beurteilt. Die Aussagefähigkeit von Sortenversuchen wurde durch die gleichzeitige Prüfung von mindestens 15 Genotypen auf mindestens 24 verschiedenen Standorten innerhalb Deutschlands erhöht. Damit wurden alle Flächenländer (außer Schleswig-Holstein und Saarland) abgedeckt. Es wurde ein gleichbleibendes Kernsortiment aus drei definierten Sorten auf allen fünf Standorten geprüft. Durch eine detaillierte Charakterisierung der Genotypen konnten sowohl Aussagen über deren Relevanz für die Entwicklung neuer Sojasorten für den Anbau in Deutschland als auch über deren Anbauwürdigkeit für die verschiedenen Anbauregionen und Nutzungszwecke gemacht werden.

In Arbeitspaket 3 wurde der Einsatz innovativer technischer Maßnahmen zur Verfrühung/Beschleunigung der Jugendentwicklung bzw. zur Verlängerung der möglichen Vegetationszeit sowie der Unkrautregulierung geprüft. Der Anbau unter Vlies/Folie bzw. in Dammkultur sowie mit Kompostzuschlag (schnellere Erwärmung des Bodens) waren einzelne Elemente innovativer Anbaustrategien, die das Potential unterstellt wurde, die Anbauwürdigkeit von für den Anbau in Deutschland geeigneten Soja-Genotypen zu erhöhen. Der Anbau fand

dabei auf Versuchsstandorten mit unterschiedlichen Wärmesummen statt, um die Bedeutsamkeit der Standortfaktoren auf Ertrag und Qualität zu bewerten. Weiterhin wurden verschiedene Maßnahmen zur Beikrautregulierung beim Anbau der aufgrund ihrer langsamen Jungendentwicklung gefährdeten Sojabohne geprüft und auf ihre Wirksamkeit bewertet. Um das Erosionsrisiko im Sojaanbau zu mindern, wurden daneben Möglichkeiten zum Sojaanbau in Direktsaat geprüft. In Praxisversuchen wurden an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichem Wärme- und Wasserangebot mehrere Varianten des Sojaanbaus in Direktsaat nach Grünroggen geprüft: Getestet wurden unterschiedlich frühreife Roggensorten sowie unterschiedlich frühreife Sojasorten und der Anbau mit bzw. ohne Beregung. Ein weiterer Teilbereich dieses Arbeitspaketes betraf die Schwefelversorgung im Sojaanbau. Im Laufe des Projektes sollten belastbare Erkenntnisse über die S-Versorgungssituation von Soja unter den Anbaubedingungen in Deutschland ermittelt werden. Hierzu wurden zweijährige S-Düngungsversuche am Versuchsstandort Osnabrück unter konventionellen und ökologischen Anbaubedingungen durchgeführt, der S-Status und S-Aufnahme zu verschiedenen Wachstumsphasen ermittelt und die Auswirkung der S-Zufuhr auf Ertrag und Qualitätsparameter untersucht. In einem weiteren Versuch wurden verschiedene organische Düngemittel auf ihren Beitrag zur Schwefelversorgung der Sojapflanzen hin untersucht.

In Arbeitspaket 4 lag der Schwerpunkt auf der Selektion von spaltenden Nachkommen auf Qualitätseigenschaften für eine Verwendung als Nahrungsmittel. Der Anbau von Qualitätssoja kann eine hohe Wertschöpfung realisieren und damit die Wettbewerbsfähigkeit des Ökologischen Landbaus nachhaltig stärken. Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine Schnellmethode entwickelt, die es erlaubt eine große Anzahl Sojazuchtmaterial auf Tofueignung zu prüfen.

Der Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit in Arbeitspaket 5 begleiteten die Forschungsarbeiten, um bei Praktikern und Beratern sowohl das Interesse an als auch das Wissen um den heimischen Sojaanbau zu steigern. Über eine Website sowie bei Feldtagen und in Veröffentlichungen sollte das vorhandene Wissen aufbereitet und für interessierte Personen leicht zugänglich gemacht werden.

In Arbeitspaket 6 stand die Aufbereitung von Sojabohnen auch in kleinerem Maßstab sowie deren Futterqualität im Zentrum. Um die vielen verschiedenen Verfahren sowie deren Investitionsbedarf, Energiebedarf, Verarbeitungskapazität, Flächenbedarf zur Anlagenauslastung und andere wichtigen Kriterien zur Bewertung der verschiedenen Anlagen vergleichen zu können, wurde eine Übersicht sowie eine Bewertung/Empfehlung in Form eines Kriterienkataloges erarbeitet werden. Dazu wurden die verschiedenen Soja-Aufbereitungskonzepte in Form von Literaturrecherche, Herstellerbefragung sowie Vor-Ort-Begutachtung von bestehenden Anlagen evaluiert. Daneben wurden Informationen über Inhaltsstoffe, Qualitätsparameter sowie Anbaueigenschaften von verschiedenen, in Deutschland verfügbaren Sojasorten erfasst und bewertet. Dazu wurden die zehn in Deutschland wichtigsten Sojasorten, auf drei verschiedenen Anbaustandorten (in drei verschiedene Regionen Deutschlands; siehe Prüfanbau im aktuellen Sojavorhaben) auf die ernährungsphysiologisch wichtigen Inhaltsstoffe (Rohprotein-, Fett- und Lysingehalt) sowie Qualitätsmerkmale (Ureasegehalt, PDI-Wert und Aminosäurenverfügbarkeit) und Korrelationen analysiert. Weiterhin wurde in Zusammenarbeit mit einem projektexternen Experten eine Futterempfehlung für aufbereitete Futtermittel auf Basis aufbereiteter Sojabohnen und Sojakuchens erarbeitet und veröffentlicht. In einem weiteren Teilbereich des Arbeitspaketes wurden die Eignung von Rapsölkaltpressen für die Pressung von Sojabohnen geprüft sowie eine Verfahrensanalyse der verschiedenen Entölungsmethoden (vorhergehende Aufbereitung und anschließende Pressung im Vergleich zur Pressung mit nachgeschalteter Aufbereitung)

durchgeführt. Weiterhin wurden Untersuchungen zur Haltbarkeit von verschiedenen hergestellten Sojakuchen (roh und aufbereitet), aufbereitetem Vollfettsoja, Sojaschrot, rohen Sojabohnen, kaltgepresstem Sojaöl und getoastetem Soja durchgeführt.

3 Wissenschaftlicher Stand an den angeknüpft wurde

Die Sojabohne wurde in China domestiziert, dort angebaute Landrassen wurden über Asien verbreitet und erreichten letztlich auch Europa und Amerika. Bedingt durch die Geschichte der Verbreitung der Sojabohne ist der für die Züchtung zur Verfügung stehende Genpool stark eingeschränkt. Mehrere Studien (zitiert in Tavaud-Pirra et al. 2009) beobachteten einen Verlust an genetischer Diversität von wilden zu kultivierten Sojabohnen. So sollen 81 % der in der Wildart seltenen Allele in der kultivierten Sojabohne nicht mehr vorhanden sein. Eine weitere Einschränkung ist in nordamerikanischen Sojasorten zu finden. Weniger als 20 Ursprungslinien bilden die Basis von 85 % der modernen Sojasorten.

Sojaerträge und Proteingehalt in Deutschland

Die Erträge aus Sortenversuchen in Deutschland lagen im Schnitt über alle Sorten und Jahre hinweg bei 30 dt/ha (18 – 44 dt/ha) und einem Proteingehalt von 40 % (30-48 %) (Recknagel 2008; Vollmann et al. 2000). In Bezug auf die Ertragsleistung ergaben die Sortenprüfungen 2001 – 2007 für die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt im Mittel einen Ertrag von 27,9 dt/ha. Die Proteingehalte lagen dabei im Mittel über alle Länder und Sorten zwischen 34,1 und 46,1 %. (Recknagel 2008) Standardisierte Sortenversuche an der Versuchsanstalt Auweiler (Paffrath et al. 2002) und an der Universität Kassel (Henneberger 2003) mit dem damals vorliegenden Sortenspektrum zeigen, dass beim Anbau von Soja in kälteren Regionen Deutschlands Erträge von 20 – 25 dt/ha (Köln-Auweiler; 2001-2006 = 23-29 dt/ha, Recknagel 2008) bzw. 13 – 22 dt/ha (Frankenhausen) erzielt werden können. Die Proteingehalte lagen dabei zwischen 41,3 und 44,3 % (2001-2006: 37,9-44,6 % Recknagel 2008) am Versuchsstandort Köln – Auweiler, in Frankenhausen zwischen 36,5 % und 40,4 %. Jüngere Feldversuche der Universität Kassel im Jahre 2009 weisen mittlere Kornerträge (Mittel aus sechs Sorten und vier Feldwiederholungen) von 19,7 dt/ha und Rohproteingehalte von 46,8 % i. d. TS (Heß 2010 unveröffentlicht). Die Qualitätsanforderungen im Nahrungsmittelbereich liegen bei Sojamilch und Tofu bei einem Rohproteingehalt in der Trockensubstanz von 42 – 45 % bei einer Eiweißlöslichkeit von 90 % (Tofuhersteller). 40 % Rohprotein werden von Verarbeitern für Sojavollfettmehl gefordert. Der Wassergehalt sollte 14 % nicht überschreiten (Imgraben und Recknagel 2010).

Sojasorten für die Nahrungsmittelherstellung werden bislang aufgrund eines hohen Proteingehalts und guten Geschmacks selektiert. Ersterer ist notwendig, da nur so eine hohe Ausbeute an Sojamilch bzw. Tofu erzielt werden kann. Insbesondere die Wirtschaftlichkeit der Tofuherstellung hängt entscheidend von der Verfügbarkeit von Sorten mit einem hohen Proteingehalt ab. Ein hoher Proteinertrag ist darüber hinaus auch für Futtersoja von Bedeutung. Gerade, aber nicht nur, im ökologischen Landbau, ist die Bereitstellung von ausreichend Protein zur Fütterung von Schweinen und Hühnern eine große Herausforderung.

Mehrere Studien zeigen, dass neben dem Proteingehalt auch die Proteinzusammensetzung eine große Rolle insbesondere für die Sojaproduktion spielt (zitiert in Kim et al. 2008, Nik et al. 2008). Die Sorte Protina zum Beispiel besitzt einen hohen Eiweißgehalt, sie ist jedoch aufgrund ihrer Proteinzusammensetzung trotzdem nicht gut für eine Tofuproduktion geeignet. Um die Qualität einer Sorte hinsichtlich ihrer Qualität zur Erstellung von Sojamilch und Tofu zu bestimmen, muss daher der Prozess der Tofugewinnung in einer Versuchsanlage nachgebildet werden.

Kühletoleranz

Für die Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland werden Sorten mit hoher Ertragsstabilität benötigt. Diese sind bislang nur für klimatisch sehr günstige Lagen wie der Oberrheinebene verfügbar. In kälteren Lagen ist die Gefahr von Ertragseinbußen sehr groß, da die Sojabohne in zwei Entwicklungsstadien besonders empfindlich auf Kühlestress reagiert: (I) Keimung und Sämlingsstadium mit Auswirkung auf die Bestandesdichte und (II) Blüte und Hülsenansatz mit Auswirkung auf den Ertrag (Hülsenabwurf) und die Qualität (Verfärbungen, Risse durch Kühleschäden). Eine genotypische Variabilität für Kühletoleranz – eine wichtige Voraussetzung, um die Sojabohne an die hiesigen klimatischen Bedingungen anzupassen – wurde sowohl für die Kühletoleranz *per se* als auch die Steigerung der Kühletoleranz durch Härtung beschrieben (Funatsuki et al. 2003). Vergleichende Untersuchungen für das verfügbare europäische Soja-Sortiment sind aber nicht bekannt.

Eine Reihe von Merkmalen, wie Chlorophyllfluoreszenz (van Heerden und Krüger 2002, Strauss et al. 2006), Veränderungen im Wassergehalt (van Heerden und Krüger 2002), im Gehalt löslicher phenolischer Verbindungen (Szafranska et al. 2004, 2005) und im Gesamtgehalt löslicher Zucker (Yadreghari et al. 2008) werden als mit der Kühletoleranz im Zusammenhang stehend beschrieben. Diese Merkmale könnten eventuell für eine effiziente indirekte Selektion auf Kühlestresstoleranz genutzt werden.

Pflanzenbauliche Aspekte

Sowohl der Einsatz innovativer ackerbaulicher Maßnahmen, als auch die Anwendung bekannter Verfrühungsmaßnahmen aus anderen Kulturen können den Sojaanbau voranbringen. Der Einsatz von Vlies und Folie im Kartoffelanbau zur Kulturverfrühung, gilt als bekannteste Methode. Auch im Maisanbau wird bereits Folie eingesetzt um auch auf Grenzstandorten noch Körner- oder Silomais produzieren zu können. Die durch Bedeckung ansteigende Bodentemperatur in der oberen Erdschicht führt bei diesen Kulturen nicht nur zu einem Keimungsvorsprung, sondern auch zu einer Gesamtverlängerung der möglichen Vegetationszeit. Nach dem Auflaufen wird die junge Kulturpflanze, die langsam unter der Folie oder dem Vlies heranwächst von selbiger vor Frösten geschützt. Ebenfalls bleibt das im Boden befindliche Wasser für die Pflanzen verfügbar und wird nicht in die Luft abgegeben. Auch das Vorquellen des Saatgutes, wie es im Sesamanbau zum Teil durchgeführt wird, könnte zur Erhöhung der Keimungsgeschwindigkeit im Sojaanbau eingesetzt werden. Zur Anwendbarkeit dieser Methoden im Sojaanbau lagen bisher keine Untersuchungen vor.

Die Adaption von weiteren innovativen ackerbaulichen Maßnahmen zur Verfrühung der Entwicklung der Sojabohne, die sich bereits in anderen Kulturarten bewährt haben, kann einen Beitrag zur Unterstützung der züchterischen Aktivitäten leisten. So könnte der Anbau in Dammkultur zu einer schnelleren Erwärmung des Bodens und damit einer beschleunigten Keimung, Feldaufgang und Jugendentwicklung führen. Der Dammanbau hat sich bereits bei Möhren etabliert. Erste Untersuchungen mit Zuckerrüben liegen vor (Krampitz 2005). Charakteristisch für die heutigen Dammverfahren ist ein ca. 15 cm hoher, abgesetzter Damm, der bis zum Reihenschluss stärkerer Wind und Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist und dadurch schneller abtrocknet. Tags erfolgt eine schnellere Erwärmung, nachts jedoch eine stärkere Auskühlung (Anonym 2009). Durch Einmischung oder Auflage entsprechender Kompostmengen kann neben positiven phytosanitären Effekten auch eine schnellere Bodenerwärmung erreicht werden. Hier liegen bereits erste Erfahrungen bei anderen Kulturen

vor (Bruns et al. 2009). Untersuchungen zum Einsatz der Maßnahmen Dammkultur und Kompostanwendung im Sojaanbau liegen nach unserem Kenntnisstand nicht vor.

Schwefelversorgung im Sojaanbau

Eine Schwefeldüngung zur Qualitätssicherung in ackerbaulichen Kulturen gewinnt in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Bedingt durch verbesserte Industriefilteranlagen sinkt die Konzentration an schwefelhaltigen Substanzen in der Atmosphäre seit Anfang der 1990er Jahre stetig ab. Auf den heimischen Anbauflächen kommt es somit im Laufe der Jahre zu einem Schwefeldefizit im Boden, wodurch auch bei den Kulturpflanzen ein Schwefelmangel auftritt. Dieses Defizit wurde bereits an vielen Kulturpflanzen untersucht. Aus den so gewonnenen Ergebnissen wurden sowohl umfangreiche Düngungsempfehlungen, als auch Düngestrategien für die landwirtschaftliche Praxis entwickelt. Für den Sojaanbau in Deutschland liegen auch hier noch keine Untersuchungen vor. Als Leguminose wird die Sojapflanze von S- Verbindungen stark in ihrer Ertragsbildung beeinflusst, da diese zur Herstellung von Aminosäuren und somit von Proteinen essentiell sind.

Beikrautregulierung und Beikrautunterdrückung sowie Toleranz gegenüber Beikraut

Die Beikrautregulierung gilt als einer der wichtigsten Punkte im ökologischen Sojaanbau. Sojabohnen neigen unter hohem Beikrautdruck zu Wachstums- und Ertragsdepressionen. Weiterhin sind insgesamt schlechtere Qualitäten in verunkrauteten Beständen zu erwarten. Für den biologischen Sojaanbau gilt es daher, während der juvenilen Phase, in der sich die Pflanze nur sehr langsam entwickelt, die Beikräuter optimal zu regulieren. Der spätere Reihenschluss durch die Kulturpflanzen verhindert ein erneutes Auflaufen der Unkräuter durch Konkurrenz.

Zur Beikrautregulierung in ökologisch wirtschaftenden Betrieben, speziell in reihengeführten Gemüsekulturen werden ausschließlich mechanische und thermische Verfahren eingesetzt. Für den Bereich zwischen den Kulturpflanzenreihen stehen technisch ausgereifte Geräte bzw. Gerätekombinationen zur Verfügung. Hierzu zählen unter anderem Abflammgeräte, Rollhacken, Flachhäufel, Torsions- und Fingerhacken, die gute Ergebnisse liefern. Die bisher eingesetzten mechanischen Wirkprinzipien der Unkrautkontrolle wirken flach auf den Boden ein und erfassen keimende und gekeimte Unkräuter im Wurzelbereich.

Während unter konventionellen Bedingungen eher auf geringe Blattfläche selektiert wird, um die Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten zu vermindern und die regelmäßige Abreife zu fördern, ist der schnelle Bestandesschluss ein wesentlicher Faktor für den erfolgreichen Bioanbau. Jannink et al. (2000) bestimmten das Beikrautunterdrückungsvermögen von Sojasorten durch Erfassung der Biomasse einer Brassicaart, die in die Soja eingesät wurde um den Beikrautdruck zu simulieren. Gemäß Vollmann et al. (2009) ist jedoch die Konkurrenzfähigkeit gegenüber Beikraut selbst mit induziertem Beikrautdruck schwierig zu reproduzieren, während die Beikrauttoleranz gemessen als Ertragsreduktion der Soja-Parzellen mit Beikraut gegenüber beikrautfreien Parzellen eine höhere Heritabilität aufweist. Statt auf erhöhte Blattmasse zu züchten ist es auch möglich - analog zu Weizen - Sorten zu züchten, die die mechanische Beikrautbearbeitung besonders gut tolerieren können (sog. Striegeltoleranz). ACW hat verschiedene Isolinien entwickelt, die genetisch nahezu identisch sind, sich aber in der Blattform unterscheiden (lanzettlich vs. eiförmig). Die geringe Blattmasse führt zur besseren Durchlüftung und geringer Lagerneigung (Schori et al. 2005, Rotzler et al. 2009). Die Einflüsse auf die mechanische Beikrautbehandlung wurden bisher noch nicht untersucht.

Neben der Blattquantität spielt auch die Blattform eine wichtige Rolle bei der Beikrautunterdrückung. Sorten mit oval oder ovat geformten Fiederblättern erlauben im Vergleich zu lanzeolaten Fiederblättern eine geringere Lichtinterzeption auf die Bodenoberfläche, was die Beikrautentwicklung verlangsamt (Vollmann 2007).

Sojaanbau bei reduzierter Bodenbearbeitung/Direktsaat

In den Hauptanbauregionen der Sojabohne (USA, Südamerika) findet der Anbau zu großen Teilen unter Bedingungen der reduzierten Bodenbearbeitung statt. Eine reduzierte oder ein gänzlicher Verzicht auf Bodenbearbeitung führt zu einer Minderung des Erosionsrisikos.

Bisher liegen für den ökologischen Landbau in Deutschland keinerlei Untersuchungsergebnisse zur Direktsaat von Soja vor. Eine weitere Überlegung ist der Einsatz eines Strip- Till Systems, wie es bereits in heimischen Lagen auch im Mais eingesetzt wird, auf den hiesigen Sojaanbau zu übertragen, um das Erosionsrisiko zu minimieren.

Biologische Stickstofffixierung

Aufgrund des hohen Proteingehalts benötigt die Soja eine hohe Stickstoffversorgung. Wie alle Leguminosen kann die Sojapflanze in Symbiose mit Knöllchenbakterien Luftstickstoff fixieren. Allerdings müssen dazu spezielle Bakterienstämme (Bradyrhizobien) ausgebracht werden, da diese in Europa natürlicherweise nicht vorhanden sind. Dies erfolgt in der Regel bei der Aussaat, in dem das Saatgut mit kommerziell erhältlichen Bradyrhizobienstämmen inokuliert wird. Trotzdem ist die Knöllchenbildung nicht immer zufriedenstellend, vor allem bei niedrigen Bodentemperaturen und in Abhängigkeit vom Impffverfahren bzw. -mittel (Zhang & Smith 1996, Zhang et al. 1996). In einem Review konnte gezeigt werden, dass der Anteil des Stickstoffs, der aus biologischer Stickstofffixierung stammt bei der Soja 0 bis 337 kg pro ha und Jahr betragen kann (Salvagiotti et al. 2008). Die Stickstoffbilanz, kann daher sehr unterschiedliche ausfallen, und je nach Effizienz der Symbiose auch negativ sein (Oberson et al. 2007). Die Effizienz dieser Symbiose ist abhängig vom Bradyrhizobienstamm, dem Genotyp der Soja, den pedoklimatischen Bedingungen (Bodentemperatur, pH,...) und deren Interaktionen (Clement et al 2008), folglich können sowohl Bradyrhizobienstämmen als auch Sojagenotypen auf erhöhte biologische Stickstofffixierung selektiert werden (Rengel 2002, Messmer et a. 2012). Zhang et al. (2003) konnte durch gezielte Selektion kühetoleranter Bradyrhizobienstämmen die Stickstofffixierung unter kühlen Anbauregionen Kanadas verbessern. Luna & Planchon (1995) konnten signifikante Wechselwirkung zwischen Soja-Sorte x Bradyrhizobium Stamm nachweisen und dos Santos et al. (2006) berichteten über die erste Identifizierung von QTL (quantitative trait loci) für die symbiontische Stickstofffixierung (QTL) in Soja.

Während in den USA und in Frankreich (Revellin et al. 1996, CETIOM <http://www.cetiom.fr/soja/cultiver-du-soja/inoculation/>) kommerzielle Bradyrhizobienpräparate auf ihre Wirksamkeit hin geprüft werden, sind in Deutschland keine Prüfungen für die Kommerzialisierung vorgeschrieben. Folglich lagen für die erhältlichen Bradyrhizobienprodukte keine systematischen mehrjährigen Studien über deren Wirksamkeit unter deutschen Anbaubedingungen vor. Daher wurden parallel zum Prüfanbau von Sojagenotypen für die Anbaueignung unter kühleren Klimaten verschiedene kommerziell erhältliche Impfpräparate getestet. Ziel des Teilprojektes ist es, den Landwirten durch experimentelle Daten verifizierte Empfehlungen für die optimale Wahl des Impfpräparats zu geben. Die verschiedenen Produkte unterscheiden sich in den verwendeten Bradyrhizobienstämmen, deren Konzentration und Formulierung. Für eine Empfehlung muss auch der Einfluss der Klimaregionen, der

Bewirtschaftungsweise und des Bodentyps auf die Symbioseleistung berücksichtigt werden. Nur durch die optimale Wahl der Impfpräparate können das Potential zur biologischen Stickstofffixierung voll ausgeschöpft und hohe Proteinerträge im Sojaanbau erreicht werden.

Wertmindernde Inhaltsstoffe für die Tierernährung

Sojabohnen bieten gleich mehrere Vorteile, wie beispielsweise einen hohen Rohproteingehalt, ein günstiges Aminosäuremuster, eine hohe Einweißverdaulichkeit und somit eine hohe Akzeptanz bei Tieren. Natürlich enthaltene Proteaseinhibitoren in der Sojabohne im Wesentlichen Trypsininhibitoren, müssen vor der Verfütterung an Monogastrier (Geflügel und Schweine) durch eine thermische Behandlung inaktiviert werden (Steiner & Bellof 2009). Hierzu existieren bereits vier verschiedene Verfahren (thermische Verfahren, Heißluftbehandlung, hydrothermische Verfahren und druckthermische Verfahren, vergleiche Ahmed 2001), welche in den verschiedenen, stark Soja verarbeitenden Ländern entwickelt wurden. Es gibt erst wenige in Deutschland verfügbare Sojabohnensorten, welche reduzierte Mengen an antinutritiven Inhaltsstoffen aufweisen (z. B. die Sorte Josefine). Trotz der reduzierten ANF-Werte ist eine Rohverfütterung an Monogastrier jedoch nicht möglich, da die Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen immer noch weit über den Grenzwerten liegen (Palacios et al. 2004). Neben den inhaltsstoffbestimmenden Eigenschaften der verschiedenen Sorten haben auch das Anbauverfahren sowie die vorherrschenden Standorteigenschaften einen starken Einfluss auf Rohprotein-, Rohfett-, Aminosäuren- und auch Trypsininhibitorengehalt (Leithold et al. 2003).

Die bei der Aufbereitung deaktivierten Trypsininhibitoren lassen sich durch den in Korrelation stehenden Ureasegehalt schnell und einfach messen. Auf Grund dessen gilt der Ureasegehalt nach der Verarbeitung als primäres Qualitätskriterium. Ein weiterer Qualitätsindikator von Sojabohnen ist der Protein Dispersibility Index (PDI), der ein Indikator für die Löslichkeit eines Proteins in Wasser ist. Bei der Aufbereitung wird das Sojaprotein vor allem durch den Hitzeeinfluss denaturiert, wodurch in der Regel aber auch die Eiweißlöslichkeit sinkt. Aus einer zu starken Denaturierung des Proteins resultieren entsprechend eine schlechtere Verdaulichkeit und damit eine geringere Futterwertigkeit. Diese zwei genannten Qualitätsparameter (Ureasegehalt und PDI) sind somit die derzeit relevanten Kriterien für die Einstufung eines Sojafuttermittels im Blick auf die Aufbereitung (Steiner & Bellof 2009). Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Qualitätsparameter ist die Aminosäurenverfügbarkeit des Futtermittels nach der Aufbereitung. Ernährungsphysiologisch besonders wichtige Aminosäuren wie das Lysin können sich durch zu starke Hitzeeinwirkung verflüchtigen (Kling & Wöhlbier 1983).

Für verschiedene Tierarten ist die Verfütterung von Vollfettsoja durch den hohen Rohfettgehalt mit durchschnittlich 20 Prozent als nachteilig zu betrachten (Recknagel 2011). Der hohe Polyenfettsäurenanteil im Fett der Sojabohne verursacht bei der Verfütterung an Mastschweine eine stärkere Verfettung. Mit vollfetter Soja gefütterte Schweine setzen eine signifikant stärkere und weichere Speckschicht an, die sich für die weitere Verarbeitung zu verschiedenen Wurstspezialitäten als ungeeignet herausgestellt hat (Pieringer 2011). Bei der Rinderfütterung mit Soja kann ein erhöhter Fettanteil in der Ration unerwünschte Einflüsse auf die Zusammensetzung sowie den Gehalt des Milchfettes haben. Zusätzlich kann durch die hohen Fettanteile in Milchviehrationen die Gefahr von Krankheiten, vor allem der Pansenazidose, ansteigen (Hagemeister & Voigt 1997; Schröder & Pieper 2000). In der ökologischen Geflügelproduktion wird ebenfalls vermehrt entöltes, aufbereitetes Soja empfohlen (Steiner und Bellof 2009, Recknagel 2011).

In Bezug auf die ernährungsphysiologischen Anforderungen spielt daher bei der Qualitätsbeurteilung von Sojafutter die Entölung eine wichtige Rolle.

4 Material und Methoden

4.1 Arbeitspaket 1a: Soja für die menschliche Ernährung (Uni Hohenheim)

Das Ziel dieses Arbeitspakets war, Sojabohnenzuchtmaterial zu erstellen, das sich durch eine gute Produktqualität (Weiterverarbeitung zu Tofu), eine gute abiotische Stresstoleranz (Kältetoleranz während der Blüte) und einen hohen Ertrag auszeichnet. Hierfür wurden zu Projektbeginn Kreuzungen mit der Sorte Primus durchgeführt, da Primus derzeit in der Tofuherstellung die am besten geeignete Sorte darstellt. Im weiteren Projektverlauf wurden für die Kreuzungen auch die ersten aus den Ausgangslinien selektierten Linien verwendet. Die Kreuzungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Da häufiger die Nachfrage nach Hilfe zur Durchführung von Sojakreuzungen kam, wurde eine Anleitung zur Durchführung von Sojakreuzungen erstellt. Diese ist in der Anlage aufgeführt. Die Pflanzen für die Kreuzungen wurden entweder im Feld mit Tröpfchenbewässerung oder im Folienhaus angebaut.

Tabelle 1: Anzahl der Kreuzungen und die Kreuzungskombinationen die für das Projekt durchgeführt wurden.

Mutter	Vater	Anzahl Kreuzungen insg.	Anzahl erfolgr. Kreuzungen	Anzahl F1-Samen
			Sommer 2010	
Primus	Maximus	9	4	8
Primus	Proteus	12	9	20
Primus	Optimus	15	7	17
Primus	Protina	6	4	9
Primus	Ohgata	10	2	5
Primus	Aveline	5	3	7
Primus	Merlin	9	7	15
Primus	Lotus	16	6	13
Primus	SOI 9364 weiß	7	3	7
Primus	SOI 9364 lila	4	1	1
Primus	SOI 9391	5	1	1
Primus	SOO 9980-22	8	1	2
Primus	N 6202	8	5	10
Primus	GE 02	11	5	12
Primus	Fiskeby V	22	10	14
Primus	Nova	19	11	26
Nova	Fiskeby V	17	3	5
Merlin	Primus	13	10	23
Lotus	Primus	23	13	28
			Sommer 2011	
Capnor	Primus	10	1	2
OACWallace	Primus	10	5	7

Mutter	Vater	Anzahl Kreuzungen insg.	Anzahl erfolgr. Kreuzungen	Anzahl F1-Samen
Es Mentor	Primus	6	1	1
Petrina	Primus	15	1	1
Maximus	Primus	14	6	13
PI 358321 B	Primus	10	2	3
			Winter 2011/2012	
Primus	ESMentor			36
Primus	Flavia			36
Primus	OACWallace			29
Primus	Paradis			11
Primus	Capnor			12
Primus	Sinara			21
Primus	Suedina			29
			Sommer 2012	
ESMentor	(SigaliexPrimus)I5		1	1
ESMentor	(PrimusxSultana)I5		2	4
ESMentor	(GallecxPrimus)I5		1	3
Merlin	(SigaliexPrimus)I5	25	1	1
Merlin	(GallecxPrimus)I5	21	1	3
(SigaliexPrimus)I5	ESMentor	8	3	9
(SigaliexPrimus)I5	Merlin	8	3	7
(PrimusxSultana)I5	ESMentor	7	1	3
(GallecxPrimus)I5	ESMentor	26	1	1
Primus	Merlin		1	3
			Winter 2012/2013	
Sirelia	Primus			20
Sirelia	(PrimusxSigalia)I5			7
Sirelia	PrimusxGallec)I5			11
Sirelia	PrimusxProtina)I5			3
Sirelia	(PrimusxSultana)I5			21
Sirelia	(SigaliexPrimus)I5			11
Primus	Solena			21
Primus	Aligator			22
Primus	Pollux			29
Primus	Suedina			11
Primus	Korus			11
Primus	Amandine			29
Amandine	(SigaliexPrimus)I5			36
Amandine	PrimusxProtina)I5			19
Amandine	(PrimusxSultana)I5			15
(SigaliexPrimus)I5	(ProteixxProtina)I4			21

Mutter	Vater	Anzahl Kreuzungen insg.	Anzahl erfolgr. Kreuzungen	Anzahl F1-Samen
PrimusxGallec)I5	(ProteixxProtina)I4			49
PrimusxProtina)I5	(ProteixxProtina)I4			33
(PrimusxSigalia)I5	(ProteixxProtina)I4			18
			Sommer 2013	
Primus	Cordoba	19	4	11
Primus	Lissabonn	31	4	11
Primus	SYLivius	16	2	3
Primus	Bohemians	21	1	2
SYLivius	Primus	12	2	5
Lissabonn	Primus	13	4	9
Cordoba	Primus	39	1	3
(PrimusxSigalia)I6	Pollux	25	4	8
(SigaliaxPrimus)I6	Pollux	42	2	3
(SigaliaxPrimus)I6	Protibus	42	4	6
(SigaliaxPrimus)I6	Idefix	13	5	10
(PrimusxSultana)I6	Pollux	9	2	4
(PrimusxSultana)I6	Protibus	12	4	9
(PrimusxSultana)I6	Idefix	38	5	10
(PrimusxGallec)I6	Pollux	8	2	5
(PrimusxGallec)I6	Protibus	8	1	2
(PrimusxGallec)I6	Idefix	22	2	4
(PrimusxProtina)I6	Pollux	40	4	12
(PrimusxProtina)I6	Protibus	22	6	10
(PrimusxProtina)I6	Idefix	32	1	3
Pollux	(PrimusxSigalia)I6	11	2	4
Pollux	(PrimusxSultana)I6	32	1	1
Pollux	(PrimusxGallec)I6	5	3	4
Pollux	(PrimusxProtina)I6	35	1	1
Protibus	(PrimusxSigalia)I6	20	1	3
Protibus	(PrimusxSultana)I6	5	1	2
Protibus	(PrimusxGallec)I6	21	1	2
Protibus	(PrimusxProtina)I6	9	1	3
Idefix	(SigaliaxPrimus)I6	17	1	2
Idefix	(PrimusxProtina)I6	24	1	3
(PrimusxGallec)I5	Idefix	10	2	4
(PrimusxSigalia)I5	Idefix	15	1	3
(SigaliaxPrimus)I5	Protibus	22	1	1

Die Materialentwicklung wurde wie geplant anhand des Kreuzungsschemas durchgeführt. Sie ist in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2: Materialentwicklung während des Projektverlaufs (nur für Kreuzungen bis 2011)

Jahr	Ort	Anbau / Kreuzung	Primus x Gallec	PrimusCordoba	PrimusOACChampion	PrimusOpaline	PrimusProtina	PrimusSigalia	PrimusSultana	PrimusMerlin	PrimusProteix	PrimusFiskebyV	PrimusLotus	PrimusMaximus	PrimusNova	PrimusOngata	PrimusOptimus	PrimusProteus	PrimusProtina	PrimusAveline	PrimusMerlin	FiskebyxNova	FiskebyxAveline	NovaxLotus	PrimusESMentor	PrimusPetrina	PrimusMaximus	PrimusPI358321B	PrimusCapnor	PrimusWallace	PrimusFlavia	PrimusParadis	PrimusSinara	PrimusSuedina	
S09	Willstätt	Kreuzung	x	x	x	x	x	x	x	x	x																								
S10	Willstätt	Einzelpflanze	2	3	8	10	7	2	2	1	10																								
S10	Willstätt	Kreuzung										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x											
W10/11-1	Costa-Rica	Reihe	25	15	37	52	35	10	10	5	25																								
W10/11-2	Costa-Rica	Reihe	25	15	37	52	35	10	10	5	25																								
S11	Willstätt	Kreuzung																						x	x	x	x	x	x						
S11	Willstätt	Einzelpflanze										12	34	5	20	5	13	18	7	5	31	5	2	1											
S11	Willstätt	Reihe	200	123	264	445	294	85	84	40	215																								
S11	KHOH	Reihe	76	12	27	62	56	32	33	22	30																								
W11/12-1	Costa-Rica	Kreuzung																						x				x	x	x	x	x	x		
W11/12-1	Costa-Rica	Reihe	16			1	23	8	11		1	20	40	20	20	20	20	20																	
W11/12-2	Costa-Rica	Reihe										20	40	20	20	20	20	20																	
S12	LP-Hohenheim	Parzelle	21			1	22	8	11		1																								
S12	LP-Kleinhohenheim	Parzelle	42			1	23	8	1		1																								
S12	LP-Willstätt	Parzelle	51	8	11	31	11	18	34		35																								
S12	Zuchtgarten	Reihe	52	8	11	34	112	22	37		36	2	4	2	2	2	2	2				2		2											
S12	Willstätt	Einzelpflanze																						2	1	6	2	2	6	1	1	1	1		
W12/13	Costa-Rica	Kreuzung																																	
W12/13-1	Costa-Rica	Reihe	4				4	4	4		1	14	16	12	12	15	12	24							25		5	3	10	10	5	10	5	10	
W12/13-2		Reihe																							25		5	3	10	10	5	10	5	10	
W12/13	Gewächshaus Hoh	Reihe																						16	4			4	12	4	6			4	
S13	Willstätt	Einzelpflanze																																	
S13	LP-Kleinhohenheim	Parzelle	19	1	3	12	23	9	17		7	14	16	12	12	15	12	24																	
S13	LP-Willstätt	Parzelle	26	1	3	12	38	19	21		8	14	16	12	12	15	12	24																	
S13	Göttingen		5	9	3	11	22	6	8		5																								
S13	Groß Lüsewitz		5			3	12	1	3		1																								
S13	Zuga/Beo-Willstätt	Reihe																						66	6	5	6	20	25	6	26			9	

Die erstellten und selektierten Linien wurden im Beobachtungsanbau in Willstätt, Kleinhohenheim und Göttingen und in Leistungsprüfungen weiter selektiert. In Tabelle 3 sind die Leistungsprüfungen aufgeschlüsselt, in Tabelle 4 die Anzahl Reihen des Beobachtungsanbaus und in Tabelle 5 die Anzahl Pflanzen, die für Einzelpflanzenselektionen angebaut wurden. Die Leistungsprüfungspartellen waren 1,5 m breit und 6 m lang, erhoben wurden die Merkmale Ertrag, Trockensubstanzgehalt, Proteingehalt und Ölgehalt. Die Reihenslänge für den Beobachtungsanbau betrug zwischen 1,5 und 3 m.

Tabelle 3.: Anzahl Leistungsprüfungspartellen im Arbeitspaket 1a

Jahr	LP-Nr	Anzahl Prüfglieder	Ort	Anzahl Wiederholungen	Anzahl Partellen
2012	621	25	Willstätt	2	50
			Kleinhohenheim	2	50
			Hohenheim (konv.)	2	50
	622	40	Willstätt	2	80
			Kleinhohenheim	2	80
			Hohenheim (konv.)	2	80
	623	60	Willstätt	1	60
	624	63	Willstätt	1	63
			Kleinhohenheim	1	63
	625	72	Willstätt	1	72
	626	130	Willstätt	1	130
			Kleinhohenheim	1	130
2013	101	17	Willstätt	2	34
			Kleinhohenheim	2	34
	601	81	Willstätt	2	162
			Kleinhohenheim	2	162
	602	45	Willstätt	2	90
			Kleinhohenheim	2	90
	605	54	Willstätt	2	108
			Kleinhohenheim	1	54
	Summe				

Tabelle 4: Anzahl Reihen für den Beobachtungsanbau im Arbeitspaket 1a

Jahr	Programm	Ort	Reihen
2011	1103-Primus	Willstätt	1753
		Kleinhohenheim	350
	Genbankmaterial	Willstätt	375
2012	1104-Primus	Willstätt	312
		Göttingen	92
2013	1102-Primus	Willstätt	60
		Kleinhohenheim	40
	1105	Willstätt	105
		Göttingen	210
	Genbank Japan	Willstätt	125
Genbank, USA, D	Uni Göttingen	213	

Tabelle 5: Anzahl Einzelpflanzen zur Selektion im Arbeitspaket 1a

Jahr	Programm	Ort	Pflanzen
2012	1103	Willstätt	1480
2013	1103	Willstätt	11700

Untersuchungen zur Tofu-Qualität:

Zur Ermittlung der Tofu-Qualität wurden in den Jahren 2011 50 Proben, in 2012 350 Proben und 2013 480 Proben zu Taifun- Tofu geschickt. An 120 Linien bzw. Sorten wurden Mehrfachuntersuchungen durchgeführt.

4.2 Arbeitspaket 1b: Soja für die Futternutzung

4.2.1 Kühletoleranz (Uni Göttingen)

2011

Ausgangsmaterial waren 8 F₃-Kreuzungs-Populationen aus dem Zuchtprogramm von ACW (in der F₂ wurde Massenauslese auf Frühreife und Kältetoleranz während der Blüte durchgeführt), 6 F₂-Kreuzungs-Populationen aus Arbeiten an der Universität Hohenheim sowie die Vergleichssorten Funke (Dreschflegel e.V.), Merlin und Proteix. Der Anbau erfolgte an zwei Standorten in unterschiedlicher Höhenlage bei Göttingen (Reinshof im Leinetal 150 m ü. NN, Lösslehm und Deppoldshausen in exponierter Hügellage 300 m ü. NN, flachgründigerer toniger Lehm) mit jeweils sehr früher (Reinshof 18.4., Deppoldshausen 14.4.) und später Aussaat (13.5.) in einer randomisierten Blockanlage mit 2 Wiederholungen. In jeder Parzelle wurden 22 Samen in einer Reihe (Abstand zwischen den Reihen 50 cm; in der Reihe 20 cm) gesät. Erfasst wurden Kühletoleranz bei Jungendentwicklung und Blüte, Frühreife und allgemeiner Feldeindruck. Der allgemeine Feldeindruck integriert die Merkmale Robustheit, Pflanzengesundheit und Behang. Von den vier Versuchen (zwei Standorte, zwei Aussaatzeiten) wurden zwei zur Selektion ausgewählt: der mit dem geringsten (Reinshof 2. Aussaat) und der mit dem größten Kühlestress (Deppoldshausen 1. Aussaat). An jedem Standort wurden die 8 besten Einzelpflanzen je Population selektiert.

2012

Aus 14 Populationen wurden je 8 Nachkommenschaften (F₃- bzw. F₄-Linien) von 2011 bei geringem (Reinshof) und starkem Kühlestress (Deppoldshausen) selektierten Einzelpflanzen geprüft. Sie wurden an zwei Standorten sehr früh (Reinshof 10.4., Deppoldshausen 12.4.) ausgesät in Einzelreihen mit je 22 Samen (Abstand zwischen den Reihen 50 cm; in der Reihe 20 cm). Erfasst wurden allgemeine Kühletoleranz, Frosttoleranz, Frühreife, Ertrag und weitere Eigenschaften. Ein unselektierter Ramsch je Population diente als Kontrolle:

- 224 F₃- bzw. F₄-Nachkommenschaften x 1 Wiederholung x 2 Orte = 448 Reihen
- Standardsorten Merlin und Funke je spaltender Population (14) x 2 Orte = 56 Reihen
- 14 Populationen x 88 unselektierte Pflanzen als Kontrolle = 1.232 Einzelpflanzen

Von den 7 besten Populationen wurden je Ort 4 Nachkommenschaften selektiert, die nicht später als die späteste Parzelle der Standardsorte Merlin abreifen: Ertragsstärkste Genotypen a) am Standort Reinshof, b) am Standort Deppoldshausen und c) im Durchschnitt über beide Umwelten (bei Überschneidungen mit a) oder b) konnte es auch die zweit- oder drittplatzierte Nachkommenschaft sein). Ergänzend wurde d) je Population eine Nachkommenschaft selektiert, die im Merkmal Frostschäden stark kontrastierte.

2013

In einer Spaltanlage mit 2 Wiederholungen wurden aus den 7 leistungsfähigsten Populationen 2012 (Großteilstück) je 4 Nachkommenschaften (s.o.), ein unselektierter Ramsch sowie die Standardsorten Merlin und Funke auf dem Reinshof und in Deppoldshausen angelegt. Merkmale: Allgemeine Kühletoleranz, Frosttoleranz, Frühreife, Samenertrag, Proteingehalt und weitere Eigenschaften.

4.3 Arbeitspaket 1c: Strategien zur Selektion auf Kühle- und Unkrauttoleranz und zur Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien

4.3.1 Optimaler Wuchstyp und Selektionsmethodik für Beikrauttoleranz (Uni Göttingen)

Die Versuche wurden auf dem Reinshof bei Göttingen durchgeführt.

2011

Um eine Methodik zu entwickeln, durch eine einheitliche Einsaat Beikrautkonkurrenz zu simulieren, wurden mit den Standardsorten Merlin und Proteix fünf verschiedene Einsaaten (Winterroggen, Winterraps, Leindotter, Senf, Buchweizen) bei je zwei Einsatterminen in einer randomisierten Blockanlage mit zwei Wiederholungen verglichen. Eine Kontrolle wurde durch mechanische Beikrautregulierung beikrautfrei gehalten. Sechs weitere Einsaaten (Einkorn, Sommerweizen, Kolbenhirse, Schwarzer Senf, Phacelia, Wegwarte) sowie die natürliche Verunkrautung wurden ohne Wiederholung getestet.

Im Sinne des Projektes war es sinnvoll, zusätzliche Varianten zu prüfen. Die spontane Verunkrautung war wie erwartet sehr heterogen. Bei der ersten Aussaat am 11.5.2011 wurden je 69 Korn/m² Soja und Beikraut in 5 m²-Parzellen als Gemenge gesät. Der Aufgang war gleichmäßig und trotz der teilweise erheblichen Unterschiede in der Samengröße für die meisten Varianten zufriedenstellend. Bei der zweiten Aussaat am 1.6.2011 (etwa BBCH-Stadium 11 der Soja) wurde die vierfache Zahl Samen direkt neben den Sojareihen bei einem Hackgang eingearbeitet. Erfasst wurden die Wuchshöhe Beikraut und Soja an zwei Terminen, Lager, Abreife, Ertrag und TKG der Soja.

Die Saatgutgewinnung für die Versuche 2012 wurde nicht im Gewächshaus, sondern im Feld durchgeführt, um die Eigenschaften der verwendeten Genotypen bonitieren zu können. Dadurch ist die optimale Auswahl von Genotypen für die Feldversuche 2012 gewährleistet.

2012/2013

2012 wurde die Vermehrung des Materials (4 Isolinien, 3 Standardsorten) im Feld in Willstätt (UHOH) durchgeführt.

In einer Spaltanlage (Genotyp = Großteilstück) sind 2012 sieben Soja-Genotypen (Merlin, Proteix, Klaxon, vier Isolinien mit unterschiedlicher Blattmorphologie: 4-22073, 7-22078, 9-22082, 9-22083) in zwei Wiederholungen und 2013 sechs Soja-Genotypen (Klaxon, Merlin, Proteix, 4-22073, 7-22078 und 9-22082) in vier Wiederholungen angebaut worden.

In beiden Jahren wurden drei Varianten angelegt: Beikrautfrei, Beikrautgemenge Phacelia u.a. (*Phacelia*, Buchweizen und Winterraps) und Beikrautgemenge Getreide (Sommerweizen, Winterroggen, Kolbenhirse); Genotypen siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Herkunft des Beikrautsaatgutes

Beikraut	Herkunft
Phacelia	Dreschflegel GbR
Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	Camena, Lauenau
Winterraps (Express)	Nachbau Reinshof
Sommerweizen (Passos)	Nachbau Reinshof
Winterroggen (Vitallo)	KWS
Kolbenhirse Herbstfeuer (<i>Setaria italica</i>)	Dreschflegel GbR

Jede Parzelle war 5 m² (3,40 m x 1,50 m) groß und es wurden 2012 69 Korn/m² und 2013 70 Korn/m², also 345 bzw. 350 Korn Soja und 110 bzw. 115 Korn je Beikrautart auf 5 m² ausgesät. Der Reihenabstand betrug in beiden Jahren 40 cm.

2012 wurden die Merkmale Aufgang (27.6.2012), Biomasse in Trockenmasse (27.6.2012), Höhe (22.6.2012), absorbierte Lichtmenge, Tausendkorngewicht (TKG) und Ertrag in Trockenmasse (9.-18.10.2012) bestimmt. Im Jahr 2013 wurden deutlich mehr Merkmale bonitiert. Es wurden Aufgang (08.6.2013), Biomasse in Trockenmasse (23.6.2013), zweimal die Höhe des Beikrautes (20.7./01.9.2013), viermal die Höhe der Sojapflanzen (20.7./14.8./1.9./25.9.), dreimal die absorbierte Lichtmenge (20.6./9.7./2.8.), Anzahl Seitentriebe mit Hülsenansatz, Blattfläche, Ertrag (1.10.2013), TKG und Tage bis zur Reife bestimmt.

2012 wurden die Lichtmessungen mit SunScan gemessen. Da diese Methode sehr ungenau und teilweise fehlerhaft war, wurde 2013 eine verbesserte Methode mit AccuPar angewandt.

Ergänzendes Screening bei extremer Frühsaat 2013

Durch studentische Beteiligung konnte ein ergänzendes Screening von 230 Genotypen genetischer Ressourcen angelegt werden, die aus den Sichtungen in Eckartsweier (Uni Hohenheim) 2011 bzw. 2012 auf dem Reinshof (Uni Göttingen) stammten. Aussaat mit je einer Wiederholung am 10.4.2013 (Reinshof) bzw. am 17.4.2013 (Deppoldshausen) mit Einzelkorntechnik. Der Reihenabstand betrug 37,5 cm und die Saatstärke 49 Körner/m²; eine Parzelle entsprach einer Doppelreihe von ca. 3,3 m Länge. Die Bodentemperatur war mit ca. 8 °C (Reinshof) bzw. 12 °C (Deppoldshausen) niedrig. Die Beikrautregulierung am Reinshof erfolgte mit einer Hackmaschine und dem händischen Entfernen (weniger) Beikräuter in der Reihe, In Deppoldshausen musste auf die Radhacke zurückgegriffen werden, zusätzlich erfolgten mehrere Jätgänge.

4.3.2 Selektion auf Kühletoleranz (JKI)

Gefäßversuche unter kontrollierten Bedingungen zur Ermittlung des Hülsenansatzes unter Kühlestress

Im Gefäßversuch wurden 2011 35 Sorten aus dem europäischen angepassten Soja-Sortiment geprüft; ab 2012 jeweils 30 Zuchtlinien aus dem AP 1a und 5 Standardsorten. Eine Liste des geprüften Materials befindet sich im Anhang 1.

Zur Untersuchung des Hülsenansatzes unter Kühlestress wurden je 12 Pflanzen pro Genotyp in 2 unabhängigen Wiederholungen bei 25 °C/ 20 °C Tag/Nacht in der Klimakammer bei 10 h Licht, Lichtstärke ca. 20 klux /14 h Dunkelphase bis zum Blühbeginn angezogen (ca. 5 Wochen nach der Aussaat). Mit Blühbeginn wurden 8 Pflanzen je Genotyp und Wiederholung einer 3-wöchigen Kühlestressphase bei 15 °C / 10 °C Tag/Nacht und 12 h Licht ausgesetzt. 4 Pflanzen je Genotyp und Wiederholung wurden ebenfalls bei 12 h Licht unter Kontrollbedingungen weiter kultiviert. Wöchentlich wurden die Pflanzen auf 70 % der maximalen Wasserkapazität des Bodens gegossen um eine annähernd gleichmäßige Wasserversorgung zu gewährleisten.

Die Messung des Chlorophyllgehalts mittels SPAD Meter (SPAD 502Plus, Konica-Minolta) sowie des dunkeladaptierten variablen Fluoreszenzverhältnisses Fv/Fm (OS-30p, Opti Sciences) wurde am Ende der Stressphase für Kontrolle und Stressbehandlung am jüngsten voll ausgewachsenen Blatt jeder Pflanze vorgenommen. Die Entnahme der Blattproben für die Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes, des freien Prolingehaltes und des Gesamtgehaltes löslicher Zucker (GLZ) erfolgte bei den Sorten im ersten Jahr 2011 zunächst wöchentlich, ab dem 2. Versuchsjahr 2012 am Ende der 3-wöchigen Stressphase am jüngsten voll ausgewachsenen Blatt. Ebenfalls am Ende der Stressphase wurde der Hülsenansatz am Nodium (Sorten 2011) bzw. pro Pflanze (Zuchtmaterial 2012 und 2013) erfasst. Im Anschluss daran wurden die Pflanzen bis zur Abreife im Gewächshaus (Langtag) kultiviert und der Hülsenansatz zur Abreife sowie der Ertrag bestimmt. Für die Bestimmung von Prolin und GLZ sowie des Trockensubstanzgehaltes wurden Blätter von 2 Pflanzen zu einer Mischprobe zusammengefasst. Die Blattproben wurden gefriergetrocknet und der Trockensubstanzgehalt ermittelt. Die Bestimmung des freien Prolins erfolgte photometrisch nach Bates et al. (1973), die des Gesamtgehalts löslicher Zucker nach Yemm und Willis (1956).

Gefäßversuch unter kontrollierten Bedingungen zur Ermittlung der Bradyrhizobien x Kühlestress Interaktion

Im dritten Versuchsjahr wurde zusätzlich ein Inokulationsversuch mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten durchgeführt. Dabei wurden die Sorten Merlin und Protina mit verschiedenen Präparaten nach Vorschrift des Herstellers inokuliert (Tabelle 7) und anschließend wie im oben beschriebenen Versuchsansatz behandelt, um eine mögliche Wechselwirkung zwischen Inokulat und Kühlestressreaktion zu erfassen.

Tabelle 7: Im Gefäß- und Feldversuch eingesetzte Impfmittel (Inokulate)

Impfmittel	Hersteller	Konzentration (cfu) und Formulierung	Ausbringungsmenge pro 8 m ² Parzelle im FV (g bzw. ml)	Ausbringungsmenge pro Topf im GV (mg bzw. µl)	angestrebte Bakterien pro Samen
Kontrolle unbehandelt	-	-	0,00	0	0
NPPL Hi-Stick	Becker Underwood, USA	4 x 10 ⁹ /ml Torf mit Haftmittel	0,71	1,25	5 Mio
Biodoz Rhizofilm	De Sangosse, Frankreich	1 x 10 ⁹ /g Torf mit Haftmittel	2,86	5	5 Mio
CellTech peat**	Novozymes BioAg, USA	2 x 10 ⁹ /g Torf als Haftmittel	1,43	-	5 Mio
Legumefix Soya	Legume Technology	2 x 10 ⁹ /g dry powder	1,43	2,5	5 Mio
USDA30	National Rhizobium Germplasm Collection, USA	2 x 10 ⁹ /ml	1,43	2,5	5 Mio

Auch dieser Versuch wurde in 2 Wiederholungen durchgeführt. Die Auswertung der Daten wird in Kapitel 5.5 behandelt.

Feldversuch – Hülsenansatz und Prüfanbau

Die Feldversuche wurden auf dem ökologischen Versuchsfeld des Standortes Groß Lüsewitz des JKI durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen diluvialen Standort mit lehmigem Sand und einer Bodenzahl von 47, 692 mm Niederschlag im langjährigen Mittel und einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 8,3 °C.

Niederschlags- und Temperaturverlauf für die Vegetationszeit der drei Versuchsjahre sind in Abbildung 1 dargestellt (Daten von der Universität Rostock, Agrarwissenschaftliche Fakultät, Institut für Umweltingenieurwesen), Wärme- und Niederschlagssummen in Tabelle 8.

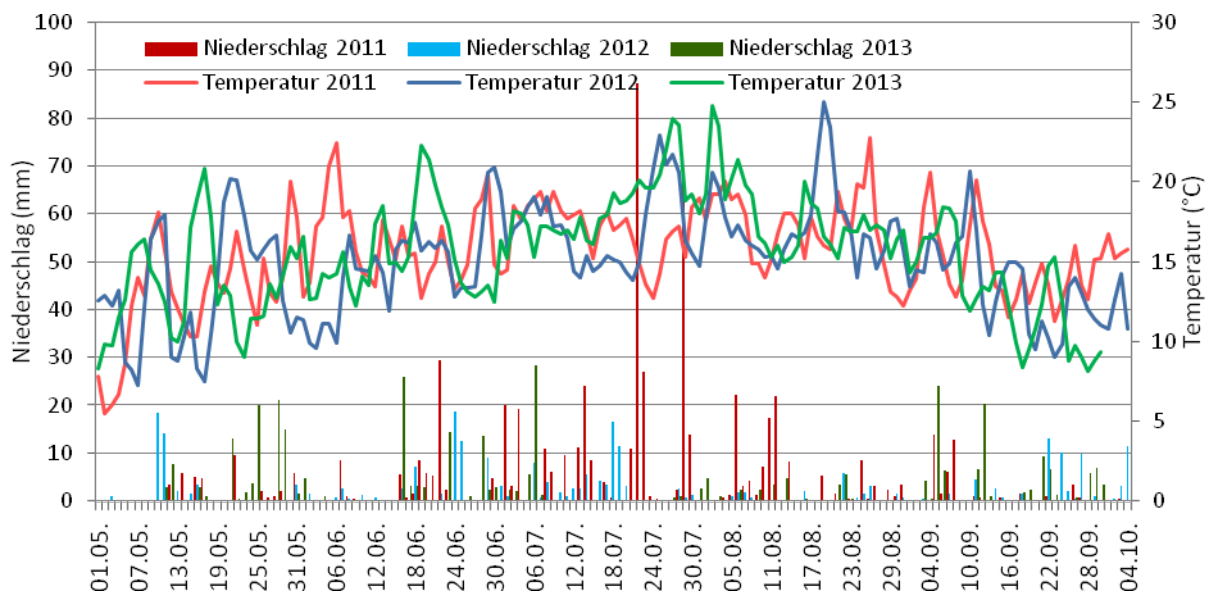


Abbildung 1: Temperaturverlauf (Linien) und Niederschläge (Säulen) für die Vegetationszeit 2011-2013

Die Wärmesummen wurden mittels der kanadischen Methode der Crop Heat Units (CHU) (Bootsma und Brown, 1995) ermittelt. Das CHU-System berücksichtigt im Gegensatz zu der sonst gebräuchlichen Wärmesumme auf Basis 6 °C auch die für Soja u.U. kritischen Nachttemperaturen und reduziert das Gewicht der Maximaltemperaturen von Hitzetagen bis hin zu negativen Werten. Der Auswertungszeitraum wurde auf den für den Anbau von Sojabohnen relativ sicher nutzbaren Vegetationszeitraum vom 01. Mai bis 30. September beschränkt.

Tabelle 8: Wärme- und Niederschlagssummen für die Vegetationszeit vom 1.5. bis 30.9. für die drei Versuchsjahre in Groß Lüsewitz

	2011	2012	2013
CHU Wärmesumme	2661	2588	2664
Niederschlag (mm)	598	246	342

Die Anlage des Feldversuches erfolgte im Blockdesign mit 4 Wiederholungen und einer Parzellengröße von 8 m². Dabei wurde die Randomisation innerhalb der Blöcke eingeschränkt zu Gunsten einer Gruppierung des angebauten Materials nach Reifegruppen.

Da in 2011 und 2012 noch nicht ausreichend Saatgut von den Zuchtlinien für einen Feldversuch vorhanden war, wurde in den ersten beiden Jahren ein breites Sortenspektrum für den Feldversuch berücksichtigt. So wurden 2011 40 Sorten und 2012 36 Sorten in 4 Wiederholungen im Feld geprüft (RG 0000 - 00/00). Fünf für den Standort vergleichsweise (zu) späte Sorten aus 2011 wurden 2012 durch neue Sorten ersetzt. 2013 wurden neben 21 Sorten auch erstmalig 15 Zuchtlinien aus AP1a im Feldversuch berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in Kapitel 5.1 dargestellt.

Eine Liste des im Feld geprüften Materials befindet sich im Anhang in Kapitel 10.2.1.

Auflauf, Blühbeginn mit dazugehörigem Nodium, Standfestigkeit und Abreife wurden bonitiert. Die Reifebonitur erfolgte vom Beginn der Seneszenz bei den frühen Genotypen bis zum Beginn

der Ernte wöchentlich auf einer Skala von 1 (komplett grün) bis 9 (komplett braun und druschreif). Zur Ernte wurde die Struktur des Hülsenansatzes ermittelt. Ein Überblick über die wichtigsten agronomischen und phänologischen Daten findet sich in Tabelle 9.

Tabelle 9: Überblick über die agronomischen Eckdaten in den drei Versuchsjahren am Standort Groß Lüsewitz

	2011	2012	2013
Inokulat	Hi-Stick	Hi-Stick	Hi-Stick
Aussaat	28.4.	3.5.	30.4.
Auflauf	11.5.	20.5.	12.5.
Blühbeginn (Spanne)	27. 6. - 5. 7.	2. 7. - (27. 7.)	25. 6. – 4. 7.
Abreife (Spanne)	16.9. - 24.10.	5.9. - 30.10.	30.8. - 27.9.
Ernte	4.10. - 24.10.	1.10. - 30.10.	30.9.

Alle Erträge und Tausendkorngewichte sind auf der Bezugsbasis von 14 % Feuchte angegeben.

Die Proteinbestimmungen erfolgten mittels NIRS an der Landessaatzuchtanstalt der Universität Stuttgart Hohenheim (Volker Hahn).

Inokulationsversuch auf dem ökologischen Versuchsfeld

Im dritten Versuchsjahr wurde auch im Feld ein Inokulationsversuch durchgeführt. Dazu wurden die Sorten Merlin und Protina mit verschiedenen Inokulaten behandelt (Tabelle 7) und in einer Streifenanlage in 3 Wiederholungen im Feld angebaut. Auch hier betrug die Parzellengröße 8 m².

Die Auswertung der Daten wird in Kapitel 5.5 behandelt.

Statistik

Alle Daten wurden mit SAS (SAS Institute Inc.) varianzanalytisch verrechnet (Prozedur GLM), die Berechnung der kleinsten signifikanten Differenz (LSD) erfolgte nach Newman-Keuls. In den Diagrammen angegebene Balken stellen die Standardabweichung der Stichprobe dar. Die Hauptkomponentenanalyse wurde mit JMP (SAS Institute Inc.), basierend auf Korrelationen durchgeführt. Für die Korrelationen wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson bestimmt.

4.3.3 Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien (FiBL Schweiz)

Eine für lokale Bedingungen optimierte biologische Stickstofffixierung trägt ganz wesentlich zur Stickstoffversorgung und damit zur guten Proteinausbildung der Sojabohne bei und hinterlässt im günstigen Falle einen Stickstoffvorrat für die Folgekultur. Um gute Erträge zu erzielen, wird bei einer Erstbepflanzung das Sojasaatgut mit Bradyrhizobien beimpft. Wie erfolgreich diese Symbiose etabliert werden kann, hängt von den sehr komplexen Wechselwirkungen zwischen dem Soja-Genotyp, dem Bradyrhizobien-Genotyp, den bodenphysikalischen Parametern sowie der Gesamtheit der Bodenmikroorganismen im Boden ab. Je besser die einzelnen Komponenten zusammenpassen, desto effizienter ist die biologische Stickstofffixierung. Bradyrhizobien haben ein durchschnittliches Temperaturoptimum von 25-30°C. Bei tieferen Bodentemperaturen ist ihre Symbioseleistung stark beeinträchtigt. Dies kann einerseits überwunden werden durch die Selektion von Sojagenotypen, die auch bei tiefen Temperaturen größere Mengen der Isoflavone Genistein und Dazein in den Wurzelraum ausschütten und dadurch die Knöllchenbildung forcieren und andererseits durch kühletolerante Bradyrhizobienstämme. In Nordamerika sind mehr als 50 kommerzielle Bradyrhizobienpräparate auf dem Markt, die sich in den Bradyrhizobienstämmen, deren Konzentration und Formulierung unterscheiden. Ein kleiner Teil davon wird auch in Europa vertrieben. Bisher wurden jedoch keine Bradyrhizobienstämme speziell für die hiesigen Anbaubedingungen selektiert.

Im Hinblick auf diese Aspekte ist das Ziel dieses Teilbereiches, die biologische Stickstofffixierung basierend auf der Symbiose von Soja mit Bradyrhizobien für kühle Bodentemperaturen zu optimieren. Aus den Forschungszielen abgeleitete Fragestellungen:

- › Sind die zurzeit verwendeten kommerziellen Bradyrhizobienpräparate grundsätzlich für den ökologischen Anbau frühreifer Sojasorten in kühleren Anbauregionen geeignet?
- › Können Unterschiede in der Kühletoleranz zwischen verschiedenen kommerziellen Bradyrhizobienpräparaten gefunden werden?
- › Kann die Ertragsstabilität und der Proteinertrag der frühreifen Sojasorten durch spezifische Selektion der Bradyrhizobienpräparate für kühlere Bodentemperaturen verbessert werden?
- › Können Bradyrhizobienstämme gefunden werden, die den Proteinertrag von frühreifen Soja-Sorten unter kühleren Anbaubedingungen in Ungunstlagen – im Vergleich zum Standardinokulum – signifikant verbessern?
- › Gibt es einzelne Sorten, die bei niedrigen Temperaturen besonders effizient die Knöllchenbildung stimulieren?

Prüfen verschiedener Bradyrhizobienstämme unter kontrollierten Bedingungen

Im ersten Jahr wurde zuerst das Testsystem optimiert. Zuerst wurde die Minimal-Temperatur bestimmt, bei der die Sojabohnen keimen und Wachstum zeigen. Dies traf bei einer Tag/Nacht-Temperatur von 12/10 °C zu und dies wurde als niedrigstes Temperaturregime ausgewählt. Die anderen beiden Temperaturen wurden auf 14/12 °C und auf 22/20 °C in Vorversuchen festgelegt. Als Substrat wurde ungedüngter Phosphor-armer Ackerboden aus biodynamischer Wirtschaftsweise verwendet, der mit Quarzsand 2:1 gemischt und mittels Röntgenstrahlung sterilisiert wurde. Die frühreifen Sojasorten Merlin, Bohemians und Protina wurden Oberflächensterilisiert und mit 12 verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten (kommerzielle Präparate, aus der Sammlung der University of Minnesota sowie dem Standardinokulum Force 48 von Becker

Underwood, USA) und einer Negativkontrolle (autoklaviertes Inokulum) inokuliert. Dabei wurde für alle Bradyrhizobienstämme eine Konzentration von 5×10^6 pro Samen verwendet. Die Forschungsstämme wurden in Flüssigmedien bei 30°C vorgängig vermehrt. Die Keimung und Anzucht erfolgte unter kontrollierten Bedingungen in der Klimakammer bei den drei verschiedenen Temperaturregimes ($12/10^\circ\text{C}$, $14/12^\circ\text{C}$, $22/20^\circ\text{C}$) bei jeweils 12 Stunden Licht. Die Töpfe wurden manuell entsprechend ihrem jeweiligen Wasserbedarf bewässert und täglich kontrolliert. Nach 6 Wochen wurde geerntet und ober- und unterirdische Biomasse erfasst, Anzahl Knöllchen und Knöllchendurchmesser, Spross- und Wurzellänge, Anzahl Blätter sowie eine SPAD Messung zur Bestimmung des Chlorophyllgehalts der Blätter. Alle Verfahren wurden jeweils mit 4 Wiederholungen durchgeführt, wobei die Inokulation mit den verschiedenen Bradyrhizobien an unterschiedlichen Tagen stattfand, um Kreuzkontaminationen zu vermeiden.

Im zweiten Versuchsjahr wurde der Gefäßversuch mit den erfolgversprechendsten Bradyrhizobieninokula (Biodoz, Legumefix, Radicin, USDA30), HiStick als Standard und einer Negativkontrolle (autoklaviertes Inokulum) mit 20 verschiedenen Sojasorten bei $14/12^\circ\text{C}$ durchgeführt. Dies erlaubt eine Beurteilung der Symbiosefähigkeit der Sojasorten, der Bradyrhizobienstämme und deren Interaktion. Es wurden die folgenden Soja-Sorten getestet: ES Mentor, Cassidy, Primus, Proteix (Reifegruppe: 00); Alma Ata, Cordoba, Gallec, Lotus, Malaga, Opaline und Protina (00/000); Aldana, Augusta, Aveline, Capnor, Lissabon, Merlin und Sultana (000); Bohemians und Klaxon (000/0000). Es wurden insgesamt 4 Wiederholungen pro Kombination (Sorte x Bradyrhizobienprodukt/-stamm) im Topfversuch getestet, zusätzlich auch eine nicht inokulierte Kontrolle. Die Topfversuche dauerten jeweils 6 Wochen bei einer Tag/Nacht-Temperatur von $16/12^\circ\text{C}$ bei jeweils 12 h Licht. Nach 6 Wochen wurde geerntet und ober- und unterirdische Biomasse erfasst, Anzahl Knöllchen und Knöllchendurchmesser, Spross- und Wurzellänge, Anzahl Blätter sowie eine SPAD Messung zur Bestimmung des Chlorophyllgehalts der Blätter. Zusätzlich wurde eine ^{15}N Isotopenanalyse der oberirdischen Sprosse durchgeführt, um den Anteil an fixiertem Luftstickstoff zu bestimmen. Die gewonnenen Daten wurden im Rahmen einer Masterarbeit von Florian Hertenstein, Uni Münster, untersucht und ausgewertet.

Im dritten Jahr wurde geprüft, ob durch eine erfolgreiche Symbiose die Kühletoleranz der Soja zur Blüte erhöht werden kann. Dazu wurden die zwei Sorten Merlin und Protina mit vier Bradyrhizobienpräparaten (HiStick, Biodoz, Legumefix, USDA30) und einer unbehandelten Kontrolle in dem etablierten System des JKI Groß Lüsewitz zur Kühletoleranz der Sojasorte auf Blütenabwurf und Kompensationsverhalten bei niedriger Temperatur getestet (Tabelle 10). Dazu wurden die Samen inokuliert (5×10^6 Bakterien pro Same), und bei $23/20^\circ\text{C}$ angezogen. Bei Blühbeginn wurden ein Teil der Pflanzen für 3 Wochen einem Kühlestress von $15/10^\circ\text{C}$ ausgesetzt, während die Kontrollgruppe bei $25/20^\circ\text{C}$ gehalten wurde. Danach wurden alle Pflanzen für weitere 2 Wochen bei $25/20^\circ\text{C}$ gehalten um das Kompensationsverhalten zu beobachten. Direkt nach 3 Wochen Kältestress wurde SPAD, Anzahl Hülsen und Samen erfasst. Nach weiteren 2 Wochen wurden die Pflanzen geerntet, Knöllchenzahl, Knöllchengröße, SPAD, Anzahl Hülsen, Bohnen getrennt nach Haupt- und Seitentrieb, sowie das Sprossgewicht erfasst.

Tabelle 10: Beschreibung der durchgeführten Versuche unter kontrollierten Bedingungen

Versuchsjahr	Versuchsdesign
2011	Selektion der Bradyrhizobienpräparate auf Kühletoleranz im Jugendstadium: 3 Sojasorten x 12 Bradyrhizobienpräparate x 3 Temperaturen x 3 Wiederholungen = 324 Versuchseinheiten (FiBL Frick)
2012	Untersuchung der Sojasorten x Bradyrhizobien Interaktion auf Kühletoleranz im Jugendstadium 20 Sojagenotypen x 5 Bradyrhizobienpräparate x 1 Temperatur x 3 Wiederholungen = 300 Versuchseinheiten (FiBL Frick)
2013	Untersuchung des Einflusses der Bradyrhizobienpräparate auf Kühletoleranz zur Blüte: 2 Sojasorten x 5 Bradyrhizobien-Varianten x 1 Temperatur x 2 Wiederholungen = 20 Versuchseinheiten (JKI: Groß Lüsewitz, Bereitstellung des Inokulums durch FiBL Frick)

Prüfen der kühletolerantesten Bradyrhizobienpräparate auf ökologisch bewirtschafteten Feldern unter Kühlestress

Im Mai 2012 wurde ein faktorieller Feldversuch mit 4 frühreifen Sorten (Merlin, Bohemiens, Protina, Sultana) und den erfolgsversprechendsten 5 Produkten (Biodoz Rhizofilm, HiStick, Legumefix, USDA30 und CellTech) inkl. unbehandelter Kontrolle unter Praxisbedingungen mit 3 Wiederholungen als Split-Plot Anlage in Maibach, Unterfranken, auf einem ökologisch bewirtschafteten Praxisbetrieb angelegt (Tabelle 7). Dabei wurde für alle Bradyrhizobienstämme eine Konzentration von 5×10^6 pro Samen verwendet. Um Kontaminationen zu vermeiden, wurde die Sämaschine jeweils zwischen verschiedenen Bradyrhizobienpräparate gereinigt. Folgende Parameter wurden erhoben: Knöllchenzahl, Knöllchendurchmesser, Knöllchenfarbe, Bestandesdichte, Wuchshöhe (6 Wochen nach der Aussaat und zu Beginn Blüte), Chlorophyllgehalte (SPAD Messung zur Blüte) und zur Ernte Samenertrag, Restfeuchtegehalt, sowie Proteingehalt mittels NIRS. Dieser Versuch wurde in 2013 auf dem ökologisch bewirtschafteten Betrieb in Sulzthal, Unterfranken mit demselben Design wiederholt. Julia Neder von der Uni Kassel war im Rahmen ihrer Bachelorarbeit in diesen Versuch involviert. Zusätzlich wurde in 2012 ein kommerzielles erhältliches Mykorrhizapräparat (Teri in vitro von Aurea systems) getestet und in 2013 ein *Bacillus amyloliquefaciens* Produkt (RhizoVital42 von ABiTEP GmbH), um die Zusatzwirkung anderer Mikroorganismen zu prüfen, die in der Literatur beschrieben sind (Tabelle 11).

In 2013 wurde zusätzlich in Groß Lüsewitz zwei frühreife Sorten (Merlin, Protina) mit den 5 kühletolerantesten (Biodoz Rhizofilm, HiStick, Legumefix, USDA30 und CellTech) inkl. unbehandelter Kontrolle auf einem ökologisch bewirtschafteten Feld geprüft (Tabelle 11).

Tabelle 11: Beschreibung der durchgeführten Feldversuche zur Verifikation Ergebnisse der Gefäßversuche unter ökologischen Bewirtschaftung

Versuchsjahr	Versuchsdesign
2012	4 Sojasorten x 6 Bradyrhizobien-Varianten x 3 Wiederholungen = 72 Parzellen (Naturland, FiBL Deutschland: Obbach/Unterfranken; Bereitstellung des Inokulums durch FiBL Frick) Plus Zusatztest mit Merlin + Biodoz Rhizofilm mit und ohne Mykorrhizapräparat x 3 Wiederholungen
2013	4 Sojasorten x 6 Bradyrhizobien-Varianten x 3 Wiederholungen = 72 Parzellen (Naturland, FiBL Deutschland: Obbach/Unterfranken; Bereitstellung des Inokulums durch FiBL Frick) Plus Zusatztest mit Merlin + Biodoz Rhizofilm mit und ohne Bacilluspräparat x 3 Wiederholungen 2 Sojasorten x 5 Bradyrhizobien x 3 Wiederholungen = 30 Versuchseinheiten (JKI: Groß Lüsewitz, Bereitstellung des Inokulums durch FiBL Frick)

4.4 Arbeitspaket 1d (Addendum I): Erweiterung des zu prüfenden Genpools (Uni Hohenheim)

Im ersten Projektjahr wurden 19 Institute, 2 Züchter, 1 Genbank, 7 deutsche Botschaften und 2 Landwirtschaftsministerien in 17 verschiedenen Ländern kontaktiert, um neues genetisches Material für Kreuzungen zu erhalten. Viele der angeschriebenen Institutionen gaben auch nach mehrmaliger Nachfrage keine Rückmeldung. Mit 13 Institutionen wurde ein Kontakt hergestellt und es konnten von 3 Organisationen Linien bzw. Sorten für den Beobachtungsanbau erhalten werden.

Im zweiten Projektjahr wurden 3 Züchter angeschrieben und es konnte von allen 3 Züchtern Saatgut von Linien und Sorten für den Beobachtungsanbau erhalten werden.

Im dritten Projektjahr wurden verschiedene japanische Institutionen kontaktiert. Hier konnte aus dem Sortiment einer Genbank 125 Linien bestellt werden.

4.5 Arbeitspaket 1e (Addendum I): Erweiterung der Arbeiten zum Bradyrhizobien-Screening (FiBL Schweiz)

Beim kommerziellen Sojaanbau hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass die Inokulation mit kommerziell verfügbaren Bradyrhizobien-Impfpräparaten vor allem in kühleren Klimaten zu unzuverlässiger Knöllchenbildung und damit ungenügender Stickstoffversorgung geführt hat.

Um dem Wunsch nach möglichst schneller Ausdehnung der Soja-Anbauflächen gerecht zu werden, wurden vier verschiedene Bradyrhizobien-Impfpräparate, die in Europa für den Sojaanbau kommerziell vertrieben und angepriesen werden, auf ihre Eignung für den Sojaanbau in den verschiedenen Regionen in Deutschland unter konventionellen und ökologischen Anbaubedingungen mehrjährig geprüft und mit einer nicht inokulierten Kontrolle verglichen. Die in Tabelle 12 aufgeführten Impfmittel sind zurzeit die am häufigsten verwendeten Präparate und unterscheiden sich in der firmeneigenen Formulierung, der Konzentration und dem verwendeten Bradyrhizobienstamm. Im dritten Versuchsjahr wurde zusätzlich die Wirksamkeit von vorinokuliertem Saatgut der Sorte Merlin (Fixfertig = mit HiStick vorinokuliert) getestet.

Tabelle 12: Geprüfte Bradyrhizobienpräparate

Präparat	Formulierung	Hersteller
Force 48	1 x 10 ⁹ /ml Torf mit Haftmittel	Becker Underwood, USA
HiStick	4 x 10 ⁹ /ml Torf	Becker Underwood, USA
Radicin No. 7	10 ⁷⁻⁸ /ml in Lösung	Jost, Deutschland
Biodoz Rhizofilm	1 x 10 ⁹ /g Torf mit Haftmittel	De Sangosse, Frankreich

Die Versuche wurden an kühleren Standorten ohne vorherigen Sojaanbau durchgeführt. Um möglichst aussagekräftige Daten für verschiedene Klimaregionen und Bodentypen zu erhalten, werden einerseits faktorielle Parzellenversuche mit vier Wiederholungen (Exaktversuche) und andererseits On-Farm Streifenversuche durchgeführt. Dabei wurden sowohl ökologisch als auch konventionell bewirtschaftete Standorte berücksichtigt, da Wechselwirkung von Bradyrhizobien mit anderen Bodenorganismen bzw. mit Herbiziden nicht ausgeschlossen werden können. Im faktoriellen Exaktversuch wurden drei frühreife 000 Sorten (Merlin, Bohemiens, Protina) mit jeweils fünf verschiedenen Impfvarianten (Force 48, HiStick, Radicin No.7, Biodoz Rhizofilm inkl. einer unbehandelten Kontrolle) und vier Wiederholungen an einem Bio-Standort (Frankenhausen, UK) und einem konventionellen Standort (Quedlinburg, JKI) 3-jährig geprüft. In den Streifenversuchen wurde die frühreife Standardsorte Merlin mit jeweils drei Impfpräparaten und einer Kontrolle unter On-Farm Bedingungen auf einem konventionell (Baldersheim 2011-2013) und einem ökologisch bewirtschafteten Betrieb (Fürstenhof 2011, Nidderau 2012, 2103) geprüft. Der Streifenversuch unter ökologischen Bedingungen wurde ab 2012 in Nidderau durchgeführt, da der Streifenversuch in Mecklenburg-Vorpommern in 2011 nicht rechtzeitig geerntet werden konnte.

Für alle Versuche wurde ein gemeinsames Design und übereinstimmende Boniturschemata erarbeitet. Besonders wichtig war, dass auf dem Versuchsfeld noch nie Soja angebaut wurde und dass die Sämaschine zwischen den einzelnen Verfahren gründlich gereinigt wurde, um eine Verschleppung der Impfpräparate zu vermeiden. Die Impfpräparate wurden gemäß Herstellerangaben angewendet. In 2012 wurde Radicin in unverdünnter Form angewandt (20-

fach konzentrierter als in 2011) aufgrund unzureichender Ergebnisse im ersten Versuchsjahr. Nach 6 und 10 Wochen wurde Knöllchenzahl pro Pflanze und Durchmesser erhoben, zur Ernte wurde Feuchtegehalt, TKG und Protein- und Ölgehalt (bezogen auf 100% TS) mittels NIRS ermittelt.

Basierend auf der Auswertung über alle drei Jahre wird eine Empfehlung abgegeben, welche der zurzeit verfügbaren kommerziellen Impfpräparate für den Sojaanbau in Deutschland am besten geeignet sind. Die detaillierte Auswertung der Exaktversuche ist Teil der Dissertation von Steffi Zimmer (IBLA, Luxemburg) in enger Zusammenarbeit mit der Uni Kassel und FiBL. Ein erster Publikationsentwurf liegt vor.

4.6 Arbeitspaket 2: Prüfanbau und Selektion von Speise- und Futtersoja hinsichtlich Kühle- und Unkrauttoleranz (inkl. Standorterweiterung aus dem Addendum)

4.6.1 Effiziente Masse-Rohproteinbestimmung für den Prüfanbau von Speise- und Futtersoja (Uni Hohenheim)

Zur möglichst einheitlichen, effizienten und kostensparenden Bestimmung des Proteingehalts für alle Arbeitspakete sollten Nahinfrarotspektroskopie (NIRS-) Kalibrationen anhand von chemisch analysierten Referenzproben erstellt werden, um so den Proteingehalt an ungemahlene Samen bestimmen zu können. Hierfür wurden aus Material der Jahre 2010, 2011 und 2012 insgesamt 453 Proben im Labor AGROLAB, Lufa-ITL GmbH, Kiel, mittels des Kjeihdal-Aufschlusses auf ihren Proteingehalt bestimmt. Die Spektren der Sojaprobe (jeweils drei Messungen gemittelt) wurden aufgenommen mit einem Polytec Spektrometer PSS 2121 und dem Messkopf PSS-H-A03-2.1. Zur Kalibrationsermittlung wurde das Software-Paket *Sensologic Wizzard* der Firma Sensologic GmbH, Norderstedt, verwendet.

4.6.2 Prüfanbau an der Hochschule Osnabrück

In einer randomisierten Blockanlage wurden 16 Sorten in vierfacher Wiederholung getestet. Die Parzellengröße betrug 15 m². Die Versuche wurden auf Flächen im konventionellen Anbausystem (Versuchsbetrieb Nettehof, 2011, Betrieb Langsenkamp, 2012 und 2013) und Flächen unter ökologischer Bewirtschaftung (Versuchsbetrieb Biolandhof Waldhof, 2011 bis 2013) durchgeführt. Die Aussaat der Versuche erfolgte unter optimalen Bedingungen in allen drei Versuchsjahren Ende April/Anfang Mai mit einer pneumatische Einzelkorn-Parzellensämaschine. Die Aussaatstärke lag im Jahr 2011 bei 65 Körnern/m², im Jahr 2012 bei 70 Körnern und 2013 bei 77 Körnern/m². Sie wurde von Jahr zu Jahr erhöht, da sich die Bestandsdichte des jeweiligen Vorjahres durch Einflüsse von Vogelfraß, mechanische Beikrautregulierung und schlechten Feldaufgang als zu niedrig erwiesen hatte. Der Reihenabstand betrug 37,5 cm bei einer Ablagetiefe von 4 cm. Die Vorfrucht auf dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb waren in allen drei Jahren Kartoffeln. Auf den konventionellen Flächen ist eine Zwischenfruchtmischung angebaut worden sowie Weizen als Vorfrucht. Alle verwendeten Sojasorten wurden mit dem Präparat Force 48 geimpft und direkt nach der Impfung ausgesät. Im Jahr 2011 ist das Präparat HiStick für die Impfung eingesetzt worden. Auf allen Versuchsflächen liefen die Sorten nach 11 bis 14 Tagen auf. Im Jahr 2013 wurden alle Versuche auf dem Waldhof mit Vogelschutznetzen abgedeckt, um Fraßschäden durch Tauben zu vermeiden. Diese Maßnahme musste durchgeführt werden, da im Jahr 2012 die erste und zweite Wiederholung des Sortenversuches komplett zerstört worden waren und das Aufstellen von Vogelschutzdrachen keinerlei Erfolge gezeigt hatte. Bis zum BBCH Stadium 12 und noch darüber hinaus waren Fraßschäden zu beobachten. Bedingt durch ihre Lage ergaben sich auf den konventionellen Flächen keinerlei Probleme durch Tauben oder Krähen. Um Wildfraß vorzubeugen, wurden diese Flächen komplett mit Weidezaun eingezäunt. Die Beikrautregulierungsmaßnahmen ist auf dem ökologischen Betrieb mechanisch zuerst durch Blindstriegeln, dann durch eine Kombination von Scharhacke und Striegel sowie bis Mitte Juni mit der Fingerhacke durchgeführt worden. In allen drei Jahren wurden aufkommende, in der Reihe stehende Beikräuter, die nicht mit mechanischen Maßnahmen bekämpft werden konnten, per Hand entfernt. Die Beikrautregulierungsmaßnahmen auf dem konventionellen Betrieben

erfolgten im Voraufbau mit Stomp Aqua (2 l/ha) und im Nachaufbau im Dreiblattstadium mit Basagran und Harmony SX (1 l/ha und 5 g/ha). Die Bestände wurden wöchentlich bonitiert, um die Entwicklung der Pflanzen zu verfolgen und die BBCH-Stadien zu ermitteln. Auf allen Flächen erfolgte die Beerntung aufgrund der unterschiedlichen Abreife der Sorten an zwei bzw. drei Terminen (Tabelle 13).

Tabelle 13: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013

	2011		2012		2013	
	öko.	konv.	öko.	konv.	öko.	konv.
Betrieb	Waldhof HS OS	Nettehof HS OS	Waldhof HS OS	Langsen- kamp (Belm)	Waldhof HS OS	Langsen- kamp (Belm)
Bodenart	heterogen, 36 AZ, SI pH-Wert 5,5	48 AZ, IS pH-Wert 6,0	heterogen, 36 BP, IS pH-Wert 5,5	50 AZ, SI pH-Wert 6,0	heterogen, 64 BP, IS pH-Wert 6,0	50 AZ, SI pH-Wert 6,0
Wetter	durchschnittliche Niederschlagsmenge 760 l/m ² , durchschnittliche Temperatur 9,1 °C					
Aussaatstärke (Körner/m²)	65	65	70	70	77	77
Sätechnik	Hege 80		Hege 95 B		Hege 95 B	
Aussaatdatum	27.04.11	27.04.11	29.04.12	30.04.12	05.05.13	02.05.13
Aufbau	12–14 Tage	12-14 Tage	12 Tage	12 Tage	12 Tage	11-13 Tage
Ernte	30.09.11 25.10.11	30.09.11 25.10.11	10.10.12 20.10.12	11.10.12 21.10.12	02./07./22.10. 13	02./07./22. 10.13
Beregnung	-	-	-	-	-	16 l/m ² (25.08.13)

Vor den in der Tabelle 13 genannten Druschterminen wurden jeweils 1,5 m² je Parzelle per Hand geerntet. Hierbei sind die ganzen Pflanzen direkt über der Bodenoberfläche abgeschnitten worden, um weitere Bonituren durchführen zu können. Bonitiert wurden die Anzahl der Pflanzen, Anzahl der Hülsen, Anzahl der Bohnen pro Hülse sowie die Ansatzhöhe der ersten Hülse. Nach erfolgten Bonituren sind alle Proben mit einem Standdrescher gedroschen worden, um somit die exakten Ertragsergebnisse zu erfassen. Es konnten dadurch zwei Ertragsergebnisse bestimmt werden, der Parzellenertrag aus ca. 13 m² und der Exakt-Ertrag aus 1,5 m². Dieses Verfahren wurde bei allen durchgeführten Versuchen zur pflanzenbaulichen Optimierung der Sojabohnen an der Hochschule Osnabrück angewendet.

Für die Analyse des Bodenparameters N_{min} wurden zu Beginn der Vegetationsperiode fünf Sojasorten ausgewählt. In den Parzellen, die eine dieser Sorten enthält, wurden jeweils nach der Aussaat und nach der Ernte Bodenproben gezogen.

Zur Auswertung der erfassten Daten ist das Programmpaket SPSS Version 21 verwendet worden. Dabei erfolgten die Analysen anhand gemischter Modelle (Mixed) und allgemeiner linearer Modelle (GLM).

4.6.3 Prüfanbau an verschiedenen Standorten Deutschlands (LTZ, FiBL)

In den Prüfanbau von Speise- und Futtersojasorten hinsichtlich Kühle- und Unkrauttoleranz bzw. Anbaueignung für verschiedene Gebiete in Deutschland wurden in den Jahren 2011-2013 Soja-Sortenversuche an zuletzt 45 (2012: 43; 2011: 36) Standorten in allen deutschen Bundesländern mit Ausnahme von Schleswig-Holstein, Brandenburg, dem Saarland und den Stadtstaaten einbezogen. An 42 (40/33) Standorten handelte es sich dabei um Exaktversuche mit Kleinparzellen und in der Regel vierfacher Wiederholung (Blockanlagen; außer Bingen = Spaltanlage bewässert/unbewässert; wird als 2 Versuche an einem Standort gewertet), die gemäß den "Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen" des Bundessortenamtes Hannover (Ausgabe 2000) angelegt und ausgewertet wurden. An 3 weiteren Standorten gab es Streifenversuche ohne Wiederholungen auf Praxisbetrieben, sogenannte Demonstrationen, die zusätzliche Erfahrungen lieferten, aber nicht versuchsmäßig ausgewertet wurden. Zehn der 42 Exaktversuche und zwei der drei Demonstrationen wurden ökologisch bewirtschaftet. Einbezogen wurden sowohl die Landessortenversuche der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen sowie der Landwirtschaftskammern von Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen als auch extra im Rahmen dieses Projekts angelegte Versuche an Hochschulen (Bingen, Gießen, Hohenheim, Kassel, Nürtingen, Osnabrück), Bundesinstituten (JKI) und bei Vereinigungen (Naturland). Dreijährige Ergebnisse konnten lediglich an 24 Versuchsorten gewonnen werden. Bei 13 Versuchen gab es in den drei Jahren nur zwei und bei 5 Versuchen gar nur in einem Jahr ein Ergebnis. Die Gründe dafür waren unterschiedlich: In 13 Fällen waren die Versuche nicht wertbar (zu heterogen, Unwetter, Vogelfraß). Die vier Landessortenversuchsstandorte von Rheinland-Pfalz wurden erst ab 2012 berücksichtigt, da zuvor ein untaugliches Impfmittel zu Anwendung kam, so dass ohne Knöllchen die Stickstoffversorgung nicht gewährleistet war. In Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen-Anhalt gab es Erweiterungen im Netz der Sojasortenversuche in den Jahren 2012 und 2013 um insgesamt fünf neue Standorte. Einen Überblick über Standorte, Bewirtschaftungsart und Anzahl der vorliegenden Ergebnisse vermittelt Tabelle 14. Abbildung 2 zeigt die geografische Verteilung sowie die Einstufung der Standorte in Wärmeklassen (s.a. Abbildung 4).

Tabelle 14: Standorte der Sojasortenprüfungen 2011-2013

Lfd. Nr.	B-Land	Ort	Bewirtschaftung	Organisation	2011	2012	2013	Ergebn.
1	M-V	Groß-Lüsewitz	Konv.	JKI	X	X	X	3
2	M-V	Fürstenhof	Bio (Demo)	Betrieb	X	A	X	
3	S-T	Beetendorf	Konv.	Land (LLFG)	X	X	X	3
4	S-T	Bernburg	Konv.	Land (LLFG)		X	X	2
5	S-T	Gadegast	Konv.	Land (LLFG)	X	X	X	3
6	S-T	Rosslieben	Konv.	Land (LLFG)	X	X	X	3
7	NI	Ehra-Lessien	Bio	LWK NI	X	X	A	2
8	NI	Osnabrück	Konv.	Hochschule	X	X	X	3
9	NI	Osnabrück	Bio	Hochschule	X	X	X	3
10	NRW	Köln-Auweiler	Bio	LWK NRW	X	X	X	3
11	NRW	Kerpen-Buir	Konv.	LWK NRW	X	A	X	2
12	SN	Salbitz	Konv.	Land (SLL)	X	X	X	3

Lfd. Nr.	B-Land	Ort	Bewirtschaftung	Organisation	2011	2012	2013	Ergebn.
13	TH	Buttelstedt	Konv.(Demo)	Betrieb	X	X	X	
14	TH	Dornburg	Konv.	Land (TLL)	A	X	X	2
15	TH	Großenstein	Konv.	Land (LLFG)	X	X	A	2
16	HE	Frankenhausen	Bio	Uni Kassel	X	X	X	3
17	HE	Gladbacher Hof	Bio	Uni Giessen	X	X	X	3
18	HE	Friedberg	Konv.	Land (LLH)	X	X	X	3
19	HE	Fritzlar	Konv.	Land (LLH)	X	A	X	2
20	HE	Darmstadt-Griesheim	Konv.	Land (LLH)	A	X	X	2
21	HE	Bad Hersfeld (Eichhof)	Konv.	Land (LLH)	X	X	X	3
22	R-P	Bingen	Konv. beregnet	Hochschule	X	X	X	3
23		(Spaltanlage)	unberegnet		X	X	X	3
24	R-P	Herxheim	Konv.	Land (DLR)		X	X	2
25	R-P	Speyer	Konv.	Land (DLR)		X	A	1
26	R-P	Bischheim = Münchweiler	Konv.	Land (DLR)		X	X	2
27	R-P	Nieder-Hilbersheim	Konv.	Land (DLR)		A	X	1
28	B-W	Eckartsweier	Konv.	Uni Hohenheim	X	X	A	2
29	B-W	Müllheim	Bio	Land (LTZ)	X	X	X	3
30	B-W	Müllheim	Konv.	Land (LTZ)	X	X	X	3
31	B-W	Grötzingen	Bio	Land (LTZ)	X	X	X	3
32	B-W	Oschweier	Konv.	Land (LTZ)	X	X	X	3
33	B-W	Tailfingen	Konv.	Land (LTZ)		X	A	1
34	B-W	Crailsheim	Bio	Land (LTZ)	X	X	A	2
35	BW	Hohenheim	Bio	Land (LTZ)	X	X	X	3
36	B-W	Bönnigheim	Konv.	Land (LTZ)			X	1
37	B-W	Eiselau	Konv.	Land (LTZ)			X	1
38	B-W	Nürtingen-Tachenhausen	Konv.	Hochschule	X	X	X	3
39	BY	Großaitingen	Konv.	Land (LfL)	X	X	A	2
40	BY	Gützingen = Euerfeld	Konv.	Land (LfL)	X	X	X	3
41	BY	Oberhummel	Konv.	Land (LfL)	X	X	X	3
42	BY	Rotthalmünster	Konv.	Land (LfL)	X	X	X	3
43	BY	Gottmannsdorf	Konv.	Land (LfL)		X	X	2
44	BY	Mühlhausen	Bio	Naturland	X	X	X	3
45	BY	Kissing	Bio(Demo)	Betrieb	X			

Soja-Sortenversuche in Deutschland 2011-13

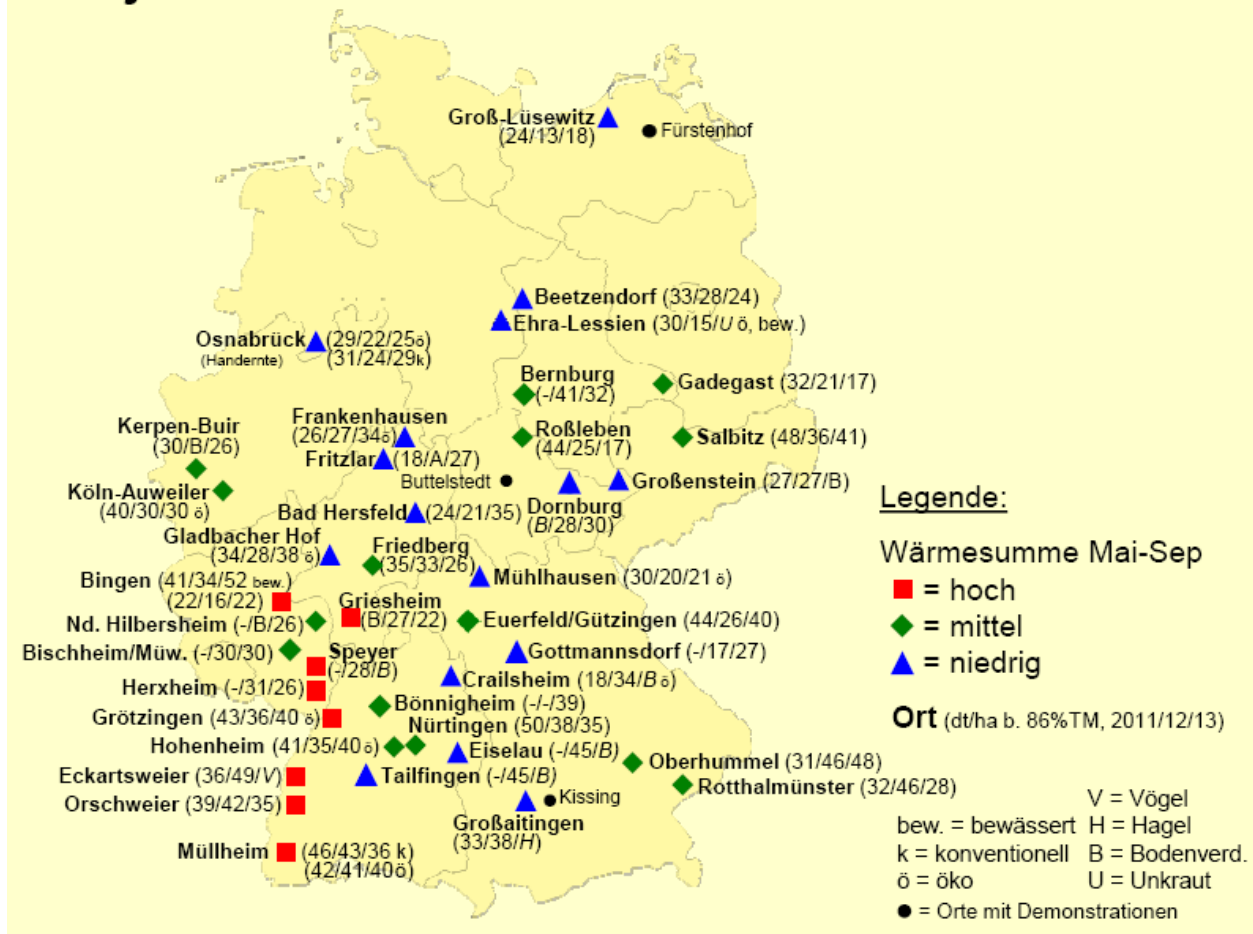


Abbildung 2: Standorte der im Rahmen des BÖLN-Projekts ausgewerteten Soja-Sortenversuche 2011-13

Geprüft wurde jeweils ein an die Standortbedingungen angepasstes Sortiment von frühen 00- und sehr frühen 000-Sorten mit zumindest einer gemeinsamen Sorte. An den Standorten Eckartsweier (Landessaatzuchtanstalt mit Sojazüchtung) und Groß-Lüsewitz (JKI mit Prüfung auf Kältetoleranz) wurden möglichst alle in Mitteleuropa greifbaren Sorten angebaut. Das Maximum betrug dabei 48 Sorten im Jahr 2012 in Eckartsweier. An je etwa einem Drittel der Standorte standen zwischen 15 und 20, 10 und 14 bzw. 5 und 9 Sorten, je nach den Möglichkeiten der Versuchsansteller. Das Saatgut wurde (mit Ausnahme der Landessortenversuche in Bayern), koordiniert vom deutschen Sojaförderring, zentral bestellt, um möglichst einheitliche Saatgutqualitäten zu gewährleisten. Die Lieferungen erfolgten durch Firmen aus Österreich, Deutschland, Frankreich, Polen sowie der Tschechischen Republik. Die Sorten stammten von kanadischen, schweizerischen, französischen, österreichischen sowie polnischen Züchtern. Die Firma Taifun organisierte das Impfmittel HiStick und 2012 auch die Weiterleitung des zentral nach Freiburg gelieferten Sojasaatguts an die einzelnen Versuchsansteller, um den logistischen Aufwand der Saatgutlieferanten im Rahmen zu halten, welche das Saatgut in der Regel kostenlos zur Verfügung stellten.

Als gemeinsame Vergleichssorte für die Prüfung an allen Standorten in allen Jahren wurde die bewährte und als ertragsstabil geltende 000-Sorte Merlin gewählt. Von ihr konnten insgesamt 103 Ergebnisse gewonnen werden. Weitere Sorten mit zahlreichen Ergebnissen waren

Lissabon (94), Sultana (91), ES Mentor (87), Cordoba (87), Aligator (79), Primus (67) und Opaline (57). Aufgrund der standörtlichen Unterschiede sowie der unterschiedlichen Kapazitäten der Versuchsansteller ließen sich die Sortimente nicht ganz vereinheitlichen. Hinzu kam, dass im Verlauf der drei Versuchsjahre einige Sorten mangels Verfügbarkeit von Saatgut entfielen, was zu Beginn nicht absehbar war. Frei werdende Plätze wurden dann mit neuen Sorten aufgefüllt. Dadurch ergaben sich relativ standortgemäße und aktuelle Sortimente, aber auch das Problem, dass außer Merlin keine Sorten in jedem Jahr an allen Standorten geprüft werden konnte. Auch konnte bei der Sortimentsgestaltung die Einteilung in drei Standortgruppen mit hoher, mittlerer und niedrigerer CHU-Wärmesumme in den Monaten Mai-September noch nicht berücksichtigt werden, da diese erst nach der Auswertung des ersten Versuchsjahres erfolgte. Hinzu kam, dass, wie bereits erwähnt, im Laufe des Projekts noch neue Standorte aufgenommen wurden. Ein weiterer Grund für lediglich zweijährige Ergebnisse liegt im Ausfall einzelner Versuche durch äußere Einflüsse wie Unwetter/Hagel, Vogelfraß, ungleichen Unkrautbesatz oder Bodenunterschiede, welche eine Wertung des Versuchs verunmöglichten. Um dennoch eine möglichst gute Aussage über die Anbaueignung von Sojabohnen in verschiedenen Teilen Deutschlands zu bekommen, wurden die Ergebnisse in unterschiedlichen Darstellungen aufbereitet:

1. In Form einer Deutschlandkarte mit einer Übersicht der Standorte nebst den Jahresmitteln des Ertrages 2011/12/13 und Angaben zur Bewirtschaftungsweise (ökologisch/konventionell), Bewässerung und ggf. Ursachen für ausgefallene Ergebnisse. Diese ermöglicht eine Orientierung des Lesers nach den geografisch oder standörtlich am ehesten interessierenden Ergebnissen (Abbildung 2).
2. In Form von Tortendiagrammen für alle Ertragsergebnisse bzw. untergliedert nach den Klimaregionen warm – mittel – kühl mit einer Klassifizierung nach guten (≥ 35 dt/ha), mittleren (zwischen 25 und 35 dt/ha) und schlechten Erträgen (≤ 25 dt/ha) sowie Ausfall (Abbildung 54 ff.). Diese ermöglichen eine Einschätzung der Ergebnisse insgesamt sowie in den drei Wärme-klassen bezüglich des Wärmeangebots im für die Vegetationszeit der Sojabohne maßgeblichen Zeitraum.
3. In Form von Balkendiagrammen für die Darstellung der Sortenergebnisse bezüglich Ertrag, Eiweißgehalt und Eiweißertrag mit Nennung der Anzahl gewerteter Ergebnisse untergliedert nach Klimaregionen und insgesamt, im Mittel der drei Jahre und, wo sinnvoll, auch für einzelne Jahre (Abbildung 63 ff.).
4. In Form von Tabellen mit Angaben zu den Versuchsstandorten, den Bewirtschaftungsmaßnahmen in den einzelnen Jahren und den Ergebnissen im Standortmittel (Anhang).
5. In Form von Tabellen mit Erträgen, Eiweißgehalten und Lagerbonituren der geprüften Sorten mit Angabe von Aussaat- und Erntedatum für die Einzelstandorte und, sofern möglich, mit Zusammenfassung nach Klimaregionen (Mittelwert, Minimum und Maximum) (Anhang).

Für eine differenziertere Auswertung der Versuchsstandorte wurden diese nach dem Kriterium des Wärmeangebots im Vegetationszeitraum für Sojabohnen untergliedert. In der Regel sind das die Monate Mai bis September, auch wenn an vielen Standorten bereits in der letzten Aprildekade gesät wird und sich die Ernte bis in die erste Oktoberdekade hineinzieht. Da Sojabohnen grundsätzlich auf kühle Nachttemperaturen, insbesondere während der Blüte, empfindlich reagieren und Temperaturen über 30°C die Kultur eher stressen als im Wachstum fördern, wurden die Wärmesummen in diesem Zeitraum nach der in Kanada für wärmebedürftige Kulturen wie Mais und Soja gebräuchlichen Methode ‚Crop Heat Units‘ (CHU) (Brown

& Bootsma, 1993) berechnet. Diese setzt sich je hälftig aus einem Tagwert auf der Grundlage der Tageshöchsttemperatur und einem Nachtwert auf Grundlage der Tagestiefsttemperatur zusammen:

$CHU = (CHU_{\text{day}} + CHU_{\text{night}}) / 2$ wobei $CHU_{\text{day}} = 3,33 \cdot (T_{\text{max}} - 10)^2$ und $CHU_{\text{night}} = 1,8 \cdot (T_{\text{min}} - 4,4)$ (s. Abbildung 3)

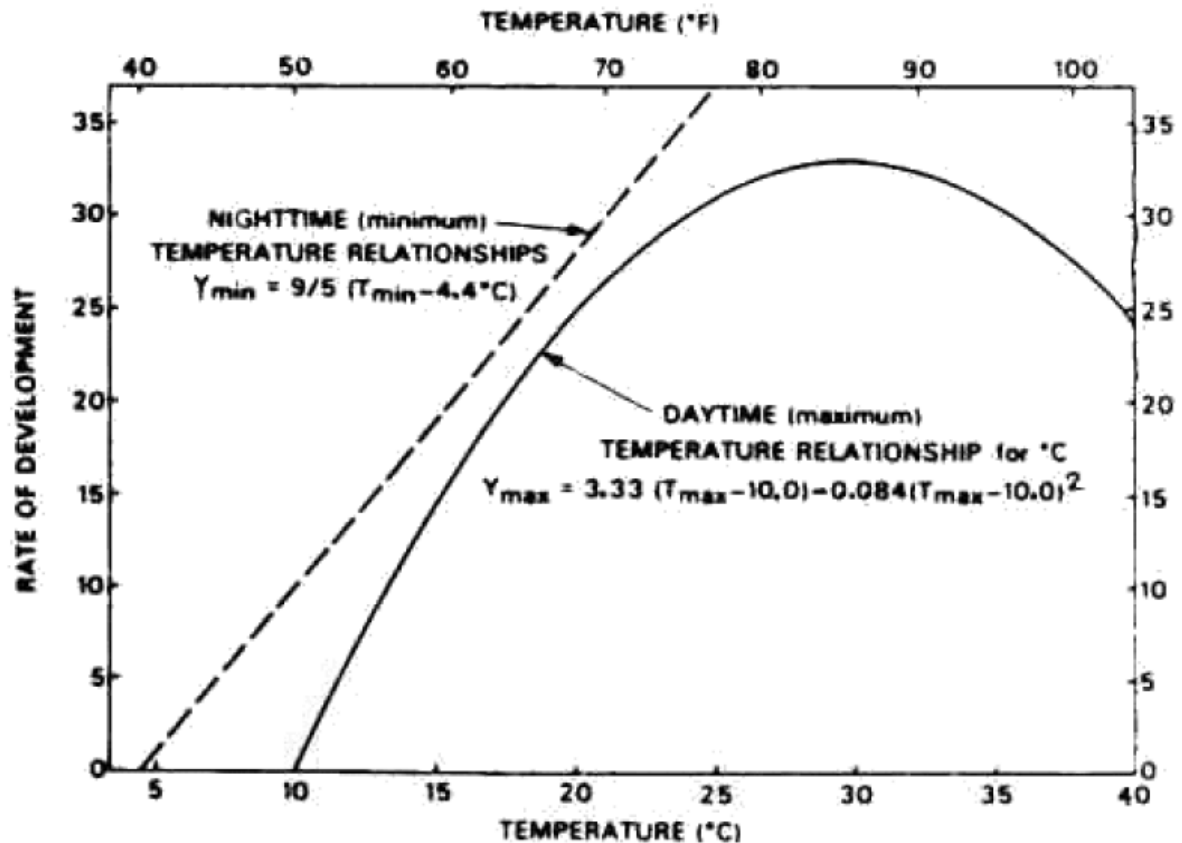


Abbildung 3: Beziehung zwischen täglicher Entwicklungsrate von Mais sowie Nacht- (Tiefst-) und Tages- (Höchst-) temperaturen (Brown & Bootsma, 1993)

Demnach beginnt das Wachstum dieser Kulturen oberhalb von 10°C Tages- und 4°C Nachttemperatur. Das Maximum des Wachstums wird erreicht bei 30°C Höchst- und 25°C Tiefsttemperatur. Über 30°C Tageshöchsttemperatur ist der Zuwachs der Wärmesumme rückläufig.

Die sich daraus ergebenden Wärmesummen im Mittel der zu den drei oben erläuterten Regionen zusammengefassten Standorte zeigt Abbildung 4:

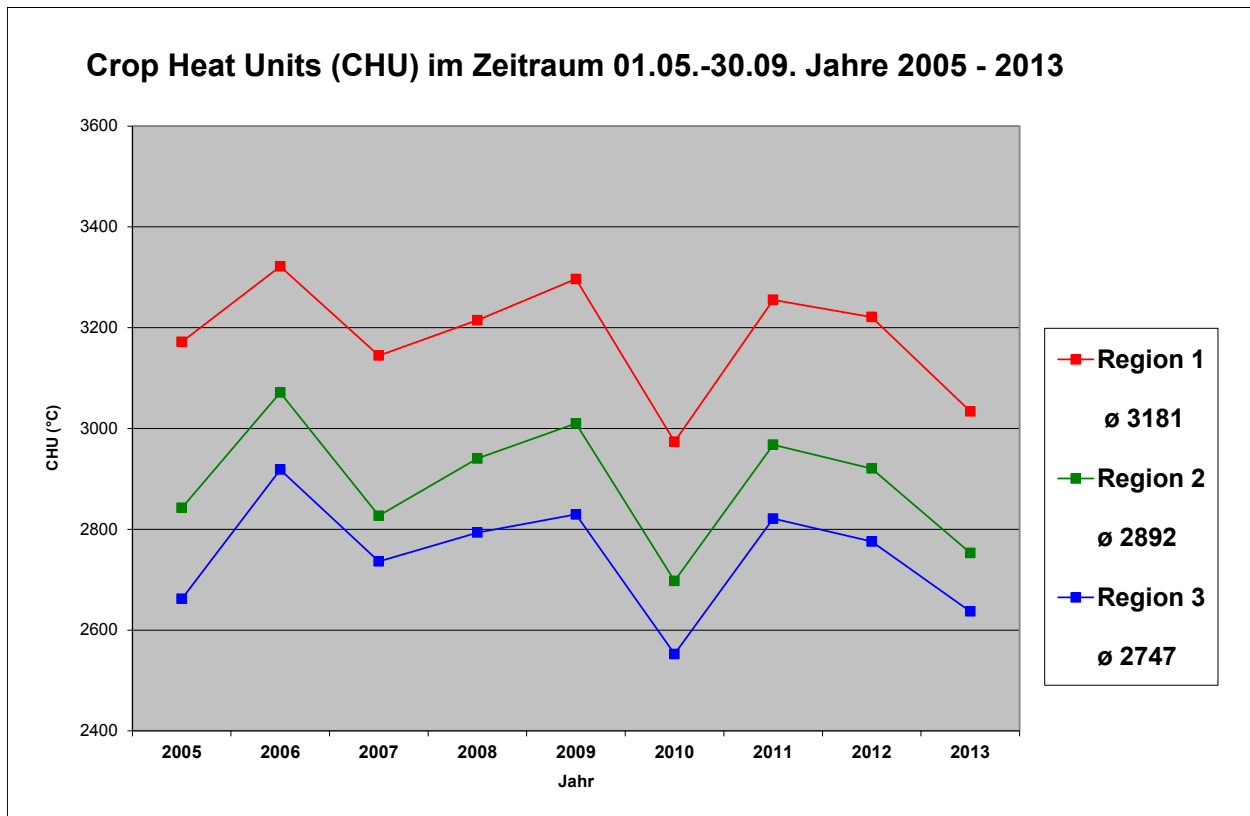


Abbildung 4: Nutzbares Wärmeangebot für Sojabohnen in den Monaten Mai-September der Jahre 2005-2013 in Crop Heat Units (CHU) nach Brown & Bootsma (1993)

Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, erreichen im Mittel der Jahre 2005-2013 die wärmsten, allesamt im Oberrheingraben gelegenen Standorte, eine CHU-Wärmesumme von 3181° mit einer Schwankungsbreite über die Jahre von etwa 3.000 – 3.300°. Für die Region 2 mit Standorten in den milden Gäu- und Bördelagen Süd- und Ostdeutschlands sowie am Niederrhein wird ein fast 300° niedrigerer Mittelwert von 2892° mit einer Schwankungsbreite über die Jahre von 2700 - fast 3100° ausgewiesen. In der kühleren Region 3 mit Standorten von Südbayern bis an die Ostsee liegt der Mittelwert nur etwa 150° tiefer bei 2747° mit einer Schwankungsbreite von 2.550 – 2.900°. Obwohl die Wärmesummen anderes erwarten ließen, waren die Ertragsunterschiede zwischen Region 2 und 3 größer als die zwischen Region 1 und 2 (s. Ergebnisteil). Die Schwankungsbreite zwischen den 8 (Region 1), 15 (Region 2) oder 16 (Region 3) den Versuchsstandorten zugeordneten Wetterstationen beträgt je nach Jahr zwischen 150 und 450°, wobei die Schwankungsbreite in der kleineren Gruppe 1 geringer ist als in den größeren Gruppen 2 und 3. Dadurch wird insbesondere im kühleren Gebiet offenbar gelegentlich eine kritische Grenze unterschritten, die sich negativ auf die Erträge auswirkt und das Ertragsmittel dieser Gruppe deutlich unter das der beiden anderen drückt. Kritisch werden können vor allem zu kühle Nachttemperaturen während der Blüte, je nach Sensibilität der Sorte.

4.7 Arbeitspaket 3a: Einfluss der Saatzeit

4.7.1 Versuche am Standort Osnabrück (HS Osnabrück)

Es wurden auf dem Bioland-Versuchsbetrieb Waldhof der Hochschule Osnabrück die Sorten Aveline (000) und Gallec (000/00) jeweils mit vier Wiederholungen in Parzellen von 15 m² Größe in einer randomisierten Spaltenanlage getestet. Die Aussaat der Versuche erfolgte unter optimalen Bedingungen in allen drei Versuchsjahren Mitte April/Anfang Mai. Die Aussaatstärke lag im Jahr 2011 bei 65 Körnern/m², im Jahr 2012 bei 70 Körnern und 2013 bei 77 Körnern/m². Sie wurde von Jahr zu Jahr erhöht, da sich die Bestandsdichte des jeweiligen Vorjahres durch Einflüsse von Vogelfraß, mechanische Beikrautregulierung und schlechten Feldaufgang als zu niedrig erwiesen hatte. Die Aussattiefe betrug ca. 4 cm, der Reihenabstand 37,5 cm. Beide Sorten wurden mit dem Präparat Force 48 geimpft und direkt nach der Impfung ausgesät. Im Jahr 2011 erfolgte die Impfung mit dem Präparat HiStick. Es wurden wöchentlich die BBCH-Entwicklungsstadien ermittelt. Im Jahr 2012 ist die Aussaat der Saattermine 2 und 3 komplett durch Vogelfraß zerstört worden. Im Jahr 2013 erfolgte deshalb die Abdeckung der Versuche mit Vogelschutznetzen, um Fraßschäden durch Tauben zu vermeiden. Die Beikrautregulierung wurde wöchentlich mit der Fingerhacke sowie von Hand vorgenommen. Durch einen technischen Fehler bei der Aussaat ist das Versuchsdesign im Jahr 2013 so stark verändert worden, dass es zu keiner weiteren Datenaufnahme kommen konnte. Der Versuch wurde daher nach der Aussaat abgebrochen.

Tabelle 15: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013

	2011	2012	2013
Bodenart	heterogen, 36 AZ, SI, pH-Wert 5,5		
Wetter	durchschnittliche Niederschlagsmenge 760 l/m ² , durchschnittliche Temperatur 9,1 °C		
Sorte	Aveline/Gallec	Aveline/Gallec	Aveline/Gallec
Sätechnik	Hege 80	Hege 95 B	Hege 95 B
Aussaatstärke	65 (Körner/m ²)	70 (Körner/m ²)	77 (Körner/m ²)
Aussaat Termin 1	20.04.2011	30.04.2012	25.04.2013
Aussaat Termin 2	27.04.2011	08.05.2012	05.05.2013
Aussaat Termin 3	04.05.2013	15.05.2012	16.05.2013
Sätechnik	Hege 80	Hege 95 B	Hege 95 B
Tage bis zum Auflaufen	Termin 1: 7 Tage Termin 2: 12 Tage Termin 3: 8 Tage	Termin 1: 14 Tage Termin 2: Vogelfraß Termin 3: Vogelfraß	Termin 1: 18 Tage Termin 2: 11 Tage Termin 3: -
Ernte	25.10.2011	20.10.2012	-

Vor den in der Tabelle 15 genannten Druschterminen wurden jeweils 1,5 m² je Parzelle per Hand geerntet. Hierbei sind die ganzen Pflanzen direkt über der Bodenoberfläche

abgeschnitten worden, um weitere Bonituren durchführen zu können. Bonitiert wurden die Anzahl der Pflanzen, Anzahl der Hülsen, Anzahl der Bohnen pro Hülse sowie die Ansatzhöhe der ersten Hülse. Nach erfolgten Bonituren sind alle Proben mit einem Standdrescher gedroschen worden, um somit die exakten Ertragsergebnisse zu erfassen. Es konnten dadurch zwei Ertragsergebnisse bestimmt werden, ein Parzellenertrag aus ca. 13 m² und der Exakt-Ertrag aus 1,5 m².

Zur Auswertung der erfassten Daten wurde das Programmpaket SAS (Statistical Analysis System), Version 9.3 mit der Prozedur MIXED auf Basis eines gemischten Modells verwendet.

4.7.2 Versuche am Standort Frankenhausen (Uni Kassel)

Ziel des Arbeitspaketes war es, herauszufinden, ob und welchen Einfluss die Saatzeit auf den Wachstumsverlauf, Ertrag und die Qualität der Sojabohnen hat.

Auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen wurde in den Jahren 2011 bis 2013 jeweils ein zweifaktorieller Feldversuch als Spaltanlage durchgeführt. Die Hessische Staatsdomäne Frankenhausen ist der Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel und wird seit 2001 ökologisch bewirtschaftet. Informationen zum Standort und den Versuchsflächen in den Jahren 2011 bis 2013 können Tabelle 16 entnommen werden.

Großteilstück war der Faktor Saatzeit (drei Faktorstufen), Kleinteilstück der Faktor Sorte (zwei Faktorstufen). Angestrebt wurden eine relativ frühe, eine mittlere und eine dritte Saatzeit, die im Abstand von ca. 7 Tagen aufeinander folgen sollten (Tabelle 16). Die Impfung des Saatgutes erfolgt unmittelbar vor der Aussaat mit NBBL HiStick. Saatstärke waren 65 keimfähige Körner/m².

Tabelle 16: Standortdaten und Angaben zu den Versuchsflächen, dem Versuchsdesign und der Versuchsdurchführung im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)

Standort	Hessische Staatsdomäne Frankenhausen		
Bodentyp	Parabraunerde aus Löss		
Bodenart /-güte	mittlerer toniger Schluff; 70-75 Bodenpunkte		
	2011	2012	2013
Vor-Vorfrucht	Kartoffeln	Winterweizen	Möhren
Vorfrucht	Rote Rübe	Möhren	Winterweizen
Pflug	25.10.	26.10.	17.09.
Kreiselegge	28.03.	29.03.	-
Striegeln vor Saat	11.04.	-	-
Kreiselegge	18.04.	-	19.04.
Parzellengröße (L x B)	10m x 1,5m		
Faktor A (Saatzeit):			
Saatzeit 1	19.04.	25.04.	23.04.
Saatzeit 2	26.04.	02.05.	29.04.
Saatzeit 3	02.05.	09.05.	03.05.
Faktor B (Sorte):			
Sorte 1	Aveline		
Sorte 2	Gallec		
Zeiternte 1	09.09.	10.09.	16.09.
Zeiternte 2	21.09.	25.09.	-
Drusch (alle Parzellen)	04.10.	26.10.	23.10.

Die Anzahl und Intensität der Pflegearbeiten wurde durch das Aufkommen von Unkräutern im jeweiligen Versuchsjahr und die vorherrschende Witterung bestimmt. Im ersten Versuchsjahr (2011) waren die Witterungsbedingungen und damit auch die Bodenverhältnisse vor der Aussaat derart günstig, dass auf den Flächen mehrere Bearbeitungsgänge vor der Aussaat mit dem Ziel der Reduktion des Unkrautsamenpotenzials vorgenommen werden konnten. In den folgenden Versuchsjahren 2012 und 2013 herrschten aufgrund anhaltender Niederschläge im Mai und Juni Bedingungen, die eine maschinelle Unkrautregulierung unmöglich machten, sodass diese per Hand (Radhacke, Jäten, Handhacke) vorgenommen werden musste (Tabelle 17).

Tabelle 17: Durchgeführte Pflegemaßnahmen und Erhebungen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)

	2011	2012	2013
Hacke	-	05.06.	-
Jäten 1	07.07.	23.05.	04.06.
Jäten 2	-	29.05.	10.06.
Jäten 3	-	09.07.	17.06.
Jäten 4	-	-	17.07.
Handhacke 1 / Radhacke 1 (2011)	18.05.	-	16.06.
Handhacke 2 / Radhacke 2 (2011)	09.06.	-	03.07.

Bestimmt wurden der Termin des Feldaufgangs der Sojabohnen (BBCH 09), die phänologische Entwicklung (BBCH nach BBA, 2011), die Bestandesdichte, die Bestandeshöhe und das Lager der Sojabohnen vor der Ernte. Zu den der Ernte durchgeführten Probenahmeterminen (Zeiternten; Tabelle 18) wurden die Ertragsstruktur (Hülsen pro Pflanze, Sojabohnen pro Hülse, Tausendkornmasse) und der Abreifegrad (Trockensubstanzgehalt) anhand von zehn Pflanzen pro Parzelle (2012: 0,5 m²) bestimmt. Von den nach Abreife gedroschen Sojabohnen wurde der Parzellenertrag bestimmt, von einer Unterprobe die Tausendkornmasse und der Stickstoffgehalt.

Tabelle 18: Erfasste Parameter im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)

	2011	2012	2013
Feldaufgang [Datum]	BBCH am 25.05.	x	x
BBCH-Stadien	13x	1x/Woche	17x
Bestandesdichte [Pflanzen/m ²]	18.05. u. 10.06.	12.06.	26.09.
Zeiternte 1	09.09.	10.09.	16.09.
Zeiternte 2	21.09.	25.09.	-
Drusch	04.10.	26.10.	23.10.

4.8 Arbeitspaket 3b: Anwendungen unterschiedlicher Verfrühungstechniken

4.8.1 Versuche am Standort Osnabrück (HS Osnabrück)

Auf dem Bioland-Versuchsbetrieb Waldhof der Hochschule Osnabrück wurden die Sorten Klaxon und Gallec (2011) bzw. Sultana und Gallec (2012 und 2013) in drei Varianten (Abdeckung unter Folie und Vlies sowie in einer Kontrolle ohne Abdeckung) mit vierfacher Wiederholung in einer randomisierten Spaltenanlage angebaut. Die Parzellengröße betrug 60 m². Die Aussaat der Versuche erfolgte unter optimalen Bedingungen in allen drei Jahren standardmäßig Ende April/Anfang Mai mit einer pneumatischen Einzelkorn-Parzellensämaschine. Die Aussaatstärke lag im Jahr 2011 bei 65 Körnern/m², im Jahr 2012 bei 70 Körnern und 2013 bei 77 Körnern/m². Aufgrund der Aufgangsverluste in den jeweiligen Vorjahren und der geringen Keimfähigkeit wurde die Aussaatmenge von Jahr zu Jahr erhöht. Der Reihenabstand betrug 37,5 cm bei einer Ablagetiefe von 4 cm. Die Vorfrucht war in allen drei Jahren Kartoffel. Die Sojabohnen wurden mit dem Präparat Force 48 geimpft und direkt nach der Impfung ausgesät. Im Jahr 2011 erfolgte die Impfung mit dem Präparat HiStick, die geimpften Bohnen wurden mit der Parzellendrillmaschine ausgesät. Die Parzellen wurden nach der Aussaat mit den Varianten Vlies und Folie abgedeckt. Eine Variante je Sorte blieb unabgedeckt und diente als Kontrollparzelle. Die ersten abgedeckten Pflanzen liefen nach sieben, neun und zehn Tagen auf, die Varianten ohne Abdeckung dagegen erst nach 12 und 16 Tagen. Im Jahr 2012 wurden die erste und zweite Wiederholung des Versuches durch massiven Vogelfraß komplett zerstört. Das Aufstellen von Vogelschutzdrachen zeigte keinerlei Erfolge. Bis zum BBCH Stadium 12 und noch darüber hinaus wurden Fraßschäden beobachtet. Aufgrund der Erfahrungen des Vorjahres erfolgte 2013 eine zusätzliche Abdeckung des Versuches durch Vogelschutznetze, um Fraßschäden durch Tauben zu vermeiden. Nach Abnahme der Abdeckungen wurden die Maßnahmen zur Beikrautregulierung mechanisch mit der Fingerhacke durchgeführt. Diese Regulierungsmaßnahmen erfolgten bis Mitte Juni nach Bedarf bis Mitte Juni (in ca. wöchentlichen Abständen). In allen drei Jahren wurden aufkommende, in der Reihe stehende Beikräuter, die nicht mit mechanischen Maßnahmen bekämpft werden konnten, per Hand entfernt.

Tabelle 19: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013

	2011	2012	2013
Bodenart	heterogen, 36 AZ, SI, pH-Wert 5,5		
Wetter	durchschnittliche Niederschlagsmenge 760 l/m ² , durchschnittliche Temperatur 9,1 °C		
Sorte	Klaxon/Gallec	Sultana/Gallec	Sultana/Gallec
Aussaatstärke	65 (Körner/m ²)	70 (Körner/m ²)	77 (Körner/m ²)
Aussaattermin	27.04.2011	02.05.2012	05.05.2013
Sätechnik	Hege 80	Hege 95 B	Hege 95 B
Abdeckung	Vlies, Folie und ohne Abdeckung	Vlies, Folie und ohne Abdeckung	Vlies, Folie und ohne Abdeckung
Tage bis zum Auflaufen	7 Tage unter Abdeckung 12 Tage in der Kontrolle	9 Tage unter Abdeckung ca. 16 Tage in der Kontrolle	10 Tage unter Abdeckung ca. 12 Tage in der Kontrolle
Abnahme der Abdeckungen	05.05.2011 (nach 8 Tagen)	18.05.2012 (nach 16 Tagen)	28.05.2012 (nach 23 Tagen)
Ernte	25.10.2011	20.10.2012	07.10.2013

Vor den in der Tabelle 19 genannten Druschterminen wurden jeweils 6 m² je Parzelle per Hand geerntet. Hierbei ist die ganzen Pflanzen direkt über der Bodenoberfläche abgeschnitten worden, um weitere Bonituren durchführen zu können. Bonitiert wurden die Anzahl der Pflanzen, Anzahl der Hülsen, Anzahl der Bohnen pro Hülse sowie die Ansatzhöhe der ersten Hülse. Nach erfolgten Bonituren wurden alle Proben mit einem Standdrescher gedroschen, um somit die exakten Ertragsergebnisse zu erfassen. Es konnten dadurch zwei Ertragsergebnisse bestimmt werden, der Parzellenertrag von ca. 54 m² und der Exakt-Ertrag von 6 m².

Zur Auswertung der erfassten Daten wurde das Programmpaket SAS (Statistical Analysis System), Version 9.3 mit der Prozedur MIXED auf Basis eines gemischten Modells verwendet.

Für die Analyse des Bodenparameters N_{min} wurden in den Varianten, jeweils nach der Aussaat und nach der Ernte Bodenproben gezogen.

Als weitere Verfrühungstechnik wurde 2011 ein Vorquellverfahren hinsichtlich des Einflusses auf Keim- und Jugendentwicklung untersucht. Dies erfolgte im Rahmen einer Bachelorarbeit in Labor beziehungsweise Gewächshäusern der Hochschule Osnabrück. Dabei wurde ein Petrischalenversuch mit den Sojabohnensorten Protina und Cordoba mit Vorquellzeiten in Leitungswasser von 0, 2, 4, 6, 8 und 10 Stunden, jeweils 10 Bohnen pro Variante und vierfacher Wiederholung angelegt. Während der zehntägigen Versuchsdauer wurden sowohl Keimungsverhalten als auch -geschwindigkeit bonitiert. Parallel dazu erfolgte im Gewächshaus ein Topfversuch (Ackerboden, IS) als vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen. Als Varianten wurden dafür ebenfalls die Sorten Protina und Cordoba mit den Vorquellzeiten 0, 2, 4, 6, 8 und 10 Stunden in Leitungswasser mit jeweils 10 Bohnen pro Topf gewählt. Zusätzlich dazu wurden drei unterschiedliche Bodenwasserkapazitäten - 20, 40 und 60 % - in den Töpfen eingestellt. Die Versuchsdauer betrug 21 Tage. Bonitiert wurde die Auflaufgeschwindigkeit der Sojabohnen. Beide Versuche sind unter vergleichbaren Temperaturbedingungen durchgeführt worden.

Zur Auswertung der erfassten Daten wurde das Programmpaket SPSS Version 19 und das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Office Excel verwendet. Dabei wurden die Daten anhand der Varianz Analyse bewertet.

4.8.2 Versuche am Standort Frankenhausen (Uni Kassel)

Folgende Arbeitshypothesen lagen den sogenannten Systemversuchen (2011-2013) zugrunde:

1. Der Dammanbau führt durch die schnellere Erwärmung des Bodens zu einer schnelleren und kräftigeren Pflanzenentwicklung, vor allem in der frühen Phase des Wachstums
2. In den Dammsystemen lässt sich das Beikraut effizienter regulieren als in den flachen Varianten
3. Die Sorten reagieren unterschiedlich auf die verschiedenen Anbausysteme
4. Der Komposteinsatz fördert die Pflanzenentwicklung durch stärkere Erwärmung des Bodens, stärkere Durchlüftung des Bodens und besseren Wasserhaushalt
5. Der Komposteinsatz hat in den verschiedenen Anbausystemen einen Wechselwirkungseffekt

Daraus wurden für die Feldversuche folgende Fragestellungen abgeleitet:

1. Kann die Abreife früher herbeigeführt werden, indem die gesamte Vegetationsperiode beschleunigt wird, zum Beispiel durch die zeitige Erwärmung des Bodens im Damm oder durch den Einsatz von Kompost?
2. Gibt es anbautechnische Möglichkeiten für eine bessere Unkrautregulierung, die einfach in der Praxis anwendbar sind?
3. Wirken sich der Einsatz von Kompost oder die einzelnen Sorten unter den verschiedenen Anbausystemen unterschiedlich aus?

Wie Tabelle 20 zu entnehmen ist, wurde der Feldversuch als Systemvergleich durchgeführt. Das bedeutet, dass sich die einzelnen Prüfglieder (Varianten) des Faktors A (System) systembedingt in mehr als einer agronomischen Eigenschaft unterscheiden. Die Konsequenz daraus ist, dass eventuell gemessene Effekte nicht eindeutig einer einzigen dieser Eigenschaften, z.B. dem Abstand zwischen den Reihen, zuordnen lässt, sondern immer eine Folge des gleichzeitigen Wirkens (oder einer Wechselwirkung) mehrerer Eigenschaften eines Systems darstellt. Die geprüften Systeme unterschieden sich zunächst durch

- › die Art des Anbaus (flach (2) oder auf dem Damm (4)),
- › den Reihen- bzw. Dammkronenabstand,
- › die Saatechnik (Drillsaat (4) oder Einzelkornsaat (2)),
- › die realisierte Saatstärke (Standard: 65 keimfähige Körner/m²; Ausnahmen Einzelkornsaat im Flach- und im Dammanbau) und
- › die Saattiefe.

Faktor A wurde in allen drei Versuchsjahren (2011-2013) mit identischen Faktorstufen geprüft.

Der Faktor B wurde in den Versuchsjahren 2012 und 2013 aus dem Versuchsdesign genommen. Während im ersten Versuchsjahr (2011) noch zwei Sorten (Sorten Klaxon und Gallec) geprüft wurden, wurde in den Versuchsjahren 2012 und 2013 nur noch eine einzige

(andere) Sorte (cv. Merlin) geprüft. Der Grund für den Verzicht auf diese beiden Sorten war zum einen, dass sich im ersten Versuchsjahr bezüglich der geprüften abhängigen Variablen keine Sorteneffekte oder Wechselwirkungen mit den Faktoren A und/oder C gezeigt hatten. Außerdem war die Sorte Klaxon vom Züchter aus allen Sortenprüfungen (auch im Sortenversuch) zurückgezogen worden, von Sorte Gallec stand lediglich Saatgut mit einer Keimfähigkeit von 74% zur Verfügung.

Der Faktor C (Kompostanwendung) hatte im ersten Versuchsjahr 2011 ebenfalls keine relevante Wirkung auf die abhängigen Variablen, was auf die Art der Anwendung (Einarbeitung vor der Saat) zurückgeführt wurde. Daher wurde der Faktor in einen eigenen Feldversuch integriert, der die potenzielle Wechselwirkung des Faktors Anbausystem in insgesamt drei Faktorstufen (Dammanbau (1) vs. Flachanbau (2)) mit der Anwendung des Komposts (vor vs. nach der Saat eingearbeitet vs. Verzicht auf Kompost) quantifizieren sollte. Während der Versuch im Versuchsjahr 2012 (Systemversuch II-2012) erfolgreich durchgeführt werden konnte, musste er nach zunächst gelungener Anlage in der Folge wegen sehr unregelmäßiger Einzelpflanzenentwicklung und im weiteren Verlauf zu starker Verunkrautung aufgegeben werden.

Eine weitere Konsequenz aus dem ersten Versuchsjahr 2011 war die Konzeption eines weiteren Feldversuches (Systemversuch III-2012 und III-2013), der sich mit dem Einfluss der Saatstärke in Dammanbausystemen auseinandersetzt und in den Versuchsjahren 2012 und 2013 angelegt und durchgeführt wurde.

Tabelle 20: Systemversuch I: Systembedingter Reihenabstand und Saatstärke, Faktoren und Faktorstufen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011-2013)

Faktor A: System*	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-Saat (DS)	Einzel-kornsaat	Turjel (Drillsaat)			Strothmann*** (EKS)
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
Reihenabstand [cm]	37,5	37,5	45	60	75	75
Saatstärke [kf./gelegte K./m ²]	65	40	65	65	65	45
Faktor B: Sorte**	B-1		B-2			
	Klaxon		Gallec			
Faktor C: Kompost**	C-1		C-2			
5 t TM/ha (Grüngutkompost)	Kompost ja		Kompost nein			

* Faktor A über alle drei Versuchsjahre (2011-2013) geprüft; ** Faktoren B und C nur in Systemversuch I-2011 geprüft; *** Kartoffeldamm-Dammformtechnik

Tabelle 21 umfasst eine Übersicht über Faktoren und Faktorstufen der Systemversuche in den Jahren 2011-2013.

Tabelle 21: Design der Systemversuche: Faktoren A-C und Faktorstufen (Anzahl in Klammern) (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)

Versuch		Faktor A	Faktor B	Faktor C
I	2011	System (6)	Sorte (2)	Kompost (2)
I	2012	System (6)	-	-
II		System (3)	Kompost (3)	-
III		System (3)	Saatstärke*	-
I	2013	System (6)	-	-
III		System (3)	Saatstärke	-

* kein vollfaktorielles Design

Die Untersuchungen, Messungen und Bonituren, die im Systemversuch I-2011 durchgeführt wurden, werden in der Folge nach dem chronologischen Ablauf aufgeführt.

Es wurden insgesamt neun Temperatur-Erfassungsgeräte (Datenlogger Gemini Tinytag) nach der Aussaat in der jeweiligen Ablagetiefe vergraben. Mit den Datenloggern wurde die Bodentemperatur in den Systemen Turiel-75, Flach-DS-37,5 und Damm-EKS-75 gemessen, jeweils in drei Wiederholungen. Die Bodentemperatur wurde im Zeitraum vom 6. Mai bis zum 30. Juni stündlich aufgezeichnet. Dargestellt im Ergebnisteil wird lediglich der Zeitraum von Messbeginn bis zu dem Zeitpunkt, an dem alle Parzellen Feldaufgang aufwiesen.

Nach der Aussaat wurde am 13. Mai zunächst die tatsächliche Ablagetiefe anhand von Stichproben gemessen.

Die Bestandesdichte wurde am 1. Juni, ungefähr zwei Wochen nach dem Auflaufen bestimmt, indem jeweils auf acht Meter Länge in einer Reihe pro Parzelle die Pflanzen ausgezählt wurden.

Die Pflanzenentwicklung wurde anhand der BBCH-Skala der BBA (2001) bonitiert. Das Auflaufen (BBCH 09), also der Zeitpunkt des Durchbruchs des Hypokotyls mit Keimblättern durch die Bodenoberfläche, wurde pro Parzelle bestimmt. Daraus wurde die Anzahl der Tage von der Aussaat bis zum Auflaufen berechnet. Danach wurden ca. alle zwei Wochen die jeweiligen Entwicklungsstadien bestimmt. Zum Ende der Vegetationsperiode wurde jede Woche das BBCH-Stadium bestimmt, um das Makrostadium Absterben (BBCH 91-99) exakter erfassen zu können.

Die Bestimmung der Wurzelmasse wurde gegen Ende der Vegetationsperiode, am 11. September, durchgeführt. Pro Parzelle wurden ungefähr vier Kilogramm Boden entnommen und gewogen. Nach dem Heraussieben der Wurzeln wurden der restliche Boden und die Wurzeln erneut gewogen. Für die Auswertung wurde das Verhältnis von Wurzelmasse zum Volumen der Bodentrockenmasse (Wurzelmasse in g/ccm TS Boden) errechnet. Das Volumen der Bodentrockenmasse konnte mit Hilfe der Lagerungsdichte errechnet werden. Zur Bestimmung der Lagerungsdichte wurden mit Stechzylindern aus jeweils 0 bis 10 cm und 20 bis 30 cm Tiefe geschützte Bodenproben aus allen Parzellen entnommen. Anhand der Differenz von Einwaage und Auswaage nach Trocknung bei 105 °C, jeweils abzüglich der Stechzylindermasse, konnte aufgrund des Zylindervolumens die Lagerungsdichte bestimmt werden. Außerdem konnte der prozentuale Wassergehalt des Bodens errechnet werden.

In jedem System fand eine Bearbeitungsmaßnahme mit der spezifischen Technik statt. Sowohl vorher als auch nachher wurde der Unkrautbesatz ermittelt. Dazu wurden die Unkräuter in zwei Reihen auf einem laufenden Meter gezählt und durch die jeweiligen Reihenabstände dividiert. Aus dem Quotienten des Besatzes „ $((1-(\text{nachher} / \text{vorher}) * 100))$ “ ließ sich die Effizienz der Regulierungsmaßnahmen (%) errechnen.

Am 08.09.2011 und 22.09.2011 wurden Zeiternten durchgeführt. Bei jeder Zeiternte wurden von Hand pro Parzelle je 10 Pflanzen zufällig ausgewählt, geerntet und anschließend auf ihre Ertragsstruktur (Anzahl der Hülsen/Pflanze, Anzahl der Bohnen/Hülse und Tausendkornmasse (TKM) in g) und die Kornfeuchte (Gehalt an Trockensubstanz (TS) der Körner in %) geprüft.

Vor der Ernte wurde die Höhe des untersten Hülsenansatzes bei je 10 Pflanzen gemessen. Außerdem wurden an diesen Pflanzen alle vorhandenen und die besetzten Knoten gezählt, um den Anteil der besetzten Knoten zu ermitteln. Die Bestandeshöhe wurde festgestellt, um Unterschiede im Hinblick auf die Standfestigkeit zu untersuchen. Dazu wurde bei den Damm-Varianten jeweils die Dammkrone als unterster Punkt angenommen.

Die Parzellen wurden am 4. und 5. Oktober mit einem Parzellenmähdrescher gedroschen. Hieraus wurde der Rohertrag erhoben. Der Netto-Endertrag wurde in 91 % TS umgerechnet und wird in dt/ha angegeben. Nach der Ernte wurde auch die Tausendkornmasse (TKM) in g ermittelt.

Der Druschverlust wurde von der gesamten Fläche der einzelnen Parzellen ermittelt, indem nach der Ernte per Hand alle noch in der Parzelle zu findenden Sojakörner gesammelt, aus dem Boden heraus gesiebt und gewogen wurden. Der Druschverlust wurde ebenfalls auf 86 % TS umgerechnet und wird ebenfalls in dt/ha angegeben.

Die Analyse des Rohproteingehaltes fand an der Universität Hohenheim mittels Nah-Infrarot-Reflektions-Spektroskopie (NIRS) statt und wurde auch im Labor des Fachgebietes Ökologischer Land- und Pflanzenbau (FÖL) durchgeführt.

In Tabelle 22 sind Details zur Versuchsdurchführung des - gegenüber 2011 vereinfachten - Systemversuchs I (2012 und 2013) aufgeführt. Die flache Einzelkornsaat unterschied sich im Reihenabstand. Während diese 2011 noch bei 37,5 cm lag, wurde sie in den beiden folgenden Versuchsjahren auf 50 cm erweitert.

Tabelle 22: Systemversuch (I): Standorteigenschaften und Details zur Versuchsdurchführung (Hessische Staatsdomäne Frankenhäuser 2012-2013); Sorte Merlin (65 kf. K./m²)

	2012	2013
Vor-Vorfrucht:	Winterweizen	Kartoffel
Vorfrucht:	Möhren	Möhren
Pflug: Kreiselegge	26.10.2011	29.10.2012
Kreiselegge:	29.03. und 27.04.2012	18.04. (Grubber) und 03.05.
[mg/100 g Boden]:	P2O5: 15 K2O: 11 Mg: 8	P2O5: - K2O: - Mg: -
pH-Wert:	7,3	
Saattermin:	04.05.2012	08.05.2013
Feldaufgang	19.-21.05.2012	26.05.2013
Häufeln 1 und 2:	05. und 22.06.2012	-
Radhacke:	29.06.2012	05.06. / 16.07.2013
Unkrautziehen:	24.07.2012	09. und 10.07.2013
Blühbeginn /-ende:	03.07. / 13.08.2012	07.07. / 06.08.2013
Pflanzen/m²	06.06.2012	
BBCH-Bonitur:	16 x	
Zeiternten 1 / 2:	27.08. / 13.09.2012	18.09.2013
Druschtermin:	26.10.2012	24.10.2013

Das Versuchsdesign des in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführten Systemversuchs II ist Tabelle 23 zu entnehmen. Er bestand aus dem Faktor A (System; 3 Faktorstufen) und dem Faktor B (Kompostanwendung; 5 t TM/ha) und vier Wiederholungen (36 Parzellen). Die Systeme (Faktor A) unterschieden sich in der Art des Anbaus (Damm (1) vs. Flach (2)) und dem Reihenabstand.

Die Anwendung des Kompostes wurde anders als im Systemversuch I-2011 durchgeführt. Faktorstufe B-1 bedeutet, der Kompost wurde vor dem Saatvorgang per Hand auf der Fläche gleichmäßig ausgebracht, um während des Sävorgangs (A-1 und A-2) eingearbeitet zu werden. Lediglich in System A-3; B-1 wurde der Kompost unmittelbar beim Sävorgang in der Saatreihe ausgebracht. In Faktorstufe B-2 wurde der Kompost nach der Saat per Hand flächig auf die Parzellen der Faktorstufen A-1, A-2 und A-3 ausgebracht.

Tabelle 23: Systemversuch (II): Faktoren und Faktorstufen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012; 2013 abgebrochen); Sorte Merlin (65 kf. K./m²)

Faktor A: System		Reihenabstand [cm]	Faktor B: Kompost	
A-1	(Turiel-) Damm	60,0	B-1	bei Saat eingebracht
A-2	(Hege-) Drillsaat	37,5	B-2	nach Saat aufgebracht
A-3	Kompostdrille	30,5	B-3	kein Kompost

Tabelle 24 gibt Details zu den wichtigsten Maßnahmen der Versuchsdurchführung und weitere Eckdaten des Systemversuchs II-2012 wieder.

Tabelle 24: Systemversuch II: Versuchsdurchführung und weitere Eckdaten (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012)

Vor-Vorfrucht:	Winterweizen	Vorfrucht:	Möhren
Pflug:	26.10.2011	Kreiselegge:	29.03. und 27.04.2012
0-30 cm [mg/100 g Boden]			pH-Wert:
P₂O₅: 12	K₂O: 11	Mg: 7	7,4
Saattermin:	07.05.2012	Druschtermin:	13.10.2013
Häufeln 1:	05.06.2012	Häufeln 2:	22.06.2012
Radhacke:	29.06.2012	Unkrautziehen:	24.07.2012
Feldaufgang:	21./22.05.2012	BBCH-Bonitur:	1x/Woche
Blühbeginn:	03.07.2012	Blühende:	13.08.2012
Knöllchenbonitur:	31.07.2012	Pflanzen/m²	06.06.2012
Bestandeshöhe nach Blüte	20.08.	Bestandeshöhe z. Drusch:	22.10.

Das Versuchsdesign des Systemversuchs III berücksichtigt eine Versuchsfrage, die sich im Verlauf der Durchführung von Systemversuch I-2011 ergab: Welchen Einfluss hat die innerspezifische Konkurrenz der Sojabohnen-Einzelpflanzen als Funktion von Saatstärke und Dammabstand auf die Ertragsstruktur und den Ertrag der Sojabohnen? Auch hier handelt es sich um einen systematischen Versuchsansatz, denn: das Design ist nicht voll-faktoriell, denn nicht jede Faktorstufe des Faktors B (Saatstärke) ist auf jeder Stufe des Faktors A (System). Lediglich die (mittlere) Saatstärke 45 keimfähige Körner/m² findet sich auf jeder der drei Faktorstufen A-1, A-2 und A-3 wieder und bildet damit den orthogonalen Kern des Versuches. Auch die Standardsaatstärke (65 keimfähige Körner/m²), die in allen anderen Versuchen der Universität Kassel angewendet wurde, wurde geprüft (A-1; B-1). Sie kann als eine Kontrollvariante eines Sojadammenbaus betrachtet werden, da 45 cm Reihenabstand ungefähr dem praxisüblichen Abstand im flachen Anbau entspricht. Der Versuch wurde in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführt.

Tabelle 25: Systemversuch (III): Faktoren und Faktorstufen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012-2013); Sorte Merlin

Faktor A: System			Faktor B: Saatstärke [kf. K./m2]		
		Reihenabstand [cm]	B-1	B-2	B-3
A-1	(Turiel-) Damm	45	65	55	45
A-2		60	55	45	35
A-3		75	45	35	25

Die Bodenbedingungen (Fruchtfolge, Nährstoffversorgung, Bodenbearbeitung) und die Unkrautregulierung waren im Systemversuch III identisch mit denen des Systemversuchs II (Tabelle 24). In Tabelle 26 werden lediglich die Termine aufgeführt, die nicht identisch mit denen in Tabelle 24 sind.

Tabelle 26: Systemversuch III: Versuchsdurchführung und weitere Eckdaten (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2012)

Saattermin:	02.05.2012	Druschtermin:	26.10.2012
Feldaufgang:	18.-20.05.	Zeiternten 1 / 2 / 3:	14. / 24.09. / 02.10.
BBCH-Bonitur:	7 bis 10-tägig	Pflanzen/m2	:
Blühbeginn:	03.07.2012	Blühende:	20.08.2012
Vor-Vorfrucht:	Kartoffeln	Vorfrucht:	Möhren
Pflug:	29.10.2012	Kreiselegge:	18.04. (Grubber); 03.05.
0-30 cm [mg/100 g Boden]			pH-Wert:
Saattermin:	08.05.13	Druschtermin:	30.10.2013
Häufeln 1:	-	Häufeln 2:	-
Radhacke:	12.06./09.07.2013	Unkrautziehen:	9./10.07.2013
Feldaufgang:	26.05.13	BBCH-Bonitur:	7- 10 tägig
Blühbeginn:	07.07.2013	Blühende:	06.08.2013
Bestandeshöhe nach Blüte [cm]:	70	Bestandeshöhe z. Drusch [cm]:	

4.9 Arbeitspaket 3c: Unterschiedliche Verfahren der Beikrautregulierung (HS Osnabrück)

Auf dem Bioland-Versuchsbetrieb Waldhof der Hochschule Osnabrück wurden zwei Sorten Soja, Aveline 000 und Bohemians 000/0000, in vier Maßnahmenvarianten zur Beikrautregulierung mit vierfacher Wiederholung in einer randomisierten Spaltenanlage getestet. Die Parzellengröße betrug 60 m². Die Aussaat der Versuche erfolgte in allen drei Jahren standardmäßig Ende April/Anfang Mai mit einer pneumatischen Einzelkorn-Parzellensämaschine. Die Aussaatstärke lag im Jahr 2011 bei 65 Körnern/m², im Jahr 2012 bei 70 Körnern und 2013 bei 77 Körnern/m² (Tabelle 27). Aufgrund der Aufgangsverluste in den jeweiligen Vorjahren und der geringen Keimfähigkeit wurde die Aussaatmenge von Jahr zu Jahr erhöht. Der Reihenabstand betrug 37,5 cm bei einer Ablagetiefe von 4 cm. Die Vorfrucht war in allen drei Jahren Kartoffel. Die Sojabohnen wurden mit dem Präparat Force 48 geimpft und direkt nach der Impfung ausgesät. Im Jahr 2011 wurde das Präparat HiStick für die Impfung eingesetzt und die geimpften Bohnen mit der Parzellendrillmaschine ausgesät. Die Sojakeimlinge liefen im Jahr 2011 nach 12 Tagen und in den Jahren 2012/2013 nach 14 Tagen auf. Im Jahr 2012 wurden die erste und zweite Wiederholung des Versuches durch massiven Vogelfraß komplett zerstört. Das Aufstellen von Vogelschutzdrachen zeigte keinerlei Erfolge. Bis zum BBCH Stadium 12 und noch darüber hinaus wurden Fraßschäden beobachtet. Aufgrund der Erfahrungen des Vorjahres ist der Versuch 2013 zusätzlich mit Vogelschutznetzen abgedeckt worden, um Fraßschäden durch Tauben zu vermeiden. Die Maßnahmen zur Beikrautregulierung wurden mechanisch mit den Varianten Striegel/Hacke (betriebsübliche Maßnahme als Kontrolle), Torsionshacke, Fingerhacke und Flachhäufel durchgeführt. Vor der jeweiligen Regulierungsmaßnahme ist die Anzahl der Beikräuter in und zwischen den Reihen aufgenommen worden. Die Anzahl der Beikräuter zwischen den Reihen wurden mit dem Göttinger Schätzrahmen in drei Messungen auf der Parzellenlänge ausgezählt. Die Auszählung der Beikräuter in der Reihe erfolgte in zwei Reihen auf einer Länge von zwei Metern. Die betreffenden Stellen wurden markiert, um bei jeder Bonitur den gleichen Ausschnitt zu untersuchen. Nach jeder Regulierungsmaßnahme mit der entsprechenden Variante wurde noch einmal an den markierten Stellen die Anzahl der Beikräuter in den Reihen bonitiert. Zwischen den Reihen wurden die Beikräuter mit dem Göttinger Schätzrahmen in drei Messungen auf der Parzellenlänge ausgezählt. Der Beikrautdruck in den Jahren 2012 und 2013 war sehr hoch, aufgrund der Witterung konnten die verschiedenen Maßnahmen zur Beikrautregulierung jedoch nur zweimal durchgeführt werden. 2012 wurde nach der zweiten Beikrautregulierung der ganze Versuch nur noch mit dem Flachhäufel bearbeitet. Auch durch eine intensive Bearbeitung mit Handhacke konnten einige Parzellen des Versuches nicht mehr vom Beikraut befreit werden und wurden umgebrochen, um eine Vermehrung der Beikräuter zu unterbinden. 2013 wurde der komplette Versuch nach der zweiten Beikrautregulierung nur noch mit der Fingerhacke bearbeitet. In allen drei Jahren wurden aufkommende, in der Reihe stehende Beikräuter, die nicht mit mechanischen Maßnahmen bekämpft werden konnten, per Hand entfernt.

Tabelle 27: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013

	2011	2012	2013
Bodenart	heterogen, 36 BP, SI, pH-Wert 5,5		
Wetter	durchschnittliche Niederschlagsmenge 760 l/m ² , durchschnittliche Temperatur 9,1 °C		
Sorte	Bohemians/Aveline	Bohemians/Aveline	Bohemians/Aveline
Aussaatstärke	65 (Körner/m ²)	70 (Körner/m ²)	77 (Körner/m ²)
Aussaattermin	27.04.2011	30.04.2012	06.05.2013
Sätechnik	Hege 80	Hege 95 B	Hege 95 B
Varianten	Striegel/Hacke, Torsionshacke, Fingerhacke und Torsionshacke	Striegel/Hacke, Torsionshacke, Fingerhacke und Torsionshacke	Striegel/Hacke, Torsionshacke, Fingerhacke und Torsionshacke
Tage bis zum Auflaufen	12 Tage	14 Tage	14 Tage
Ernte	30.09.2011	20.10.2012	03.10.2013

Vor den in Tabelle 27 genannten Druschterminen wurden jeweils 6 m² je Parzelle per Hand geerntet. Hierbei sind die ganzen Pflanzen direkt über der Bodenoberfläche abgeschnitten worden, um weitere Bonituren durchführen zu können. Bonitiert wurden die Anzahl der Pflanzen, Anzahl der Hülsen, Anzahl der Bohnen pro Hülse sowie die Ansatzhöhe der ersten Hülse. Nach erfolgten Bonituren wurden alle Proben mit einem Standdrescher gedroschen, um somit die exakten Ertragsergebnisse zu erfassen. Es konnten dadurch zwei Ertragsergebnisse bestimmt werden, der Parzellenertrag von ca. 54 m² und der Exakt-Ertrag von 6 m².

Für die Analyse des Bodenparameters N_{min} wurden in den Varianten, jeweils nach der Aussaat und nach der Ernte Bodenproben gezogen.

Zur Auswertung der erfassten Daten wurde das Programmpaket SAS (Statistical Analysis System), Version 9.3 mit der Prozedur MIXED auf Basis eines gemischten Modells verwendet.

4.10 Arbeitspaket 3d: Soja in Direktsaat

4.10.1 Direktsaatversuch Hochschule Osnabrück

Der ökologische Direktsaatversuch 2012 betrug 12 Versuchspartzen mit jeweils 100m² die in einer Streifenanlage angelegt wurden. Als unterschiedliche Varianten, wurden zwei verschiedene Vorfrüchte Klee gras und Winterroggen ausgewählt, wobei der Winterroggen in zwei unterschiedlichen Aussaatstärken ausgesät wurde.

Im Winter 2012 wurden am Standort Osnabrück zweistelligen Minusgraden gemessen ohne dass auf den Versuchsfächen Schnee gelegen hatte. Dies führte zu großen Auswinterungsschäden und Fehlstellen in der zuvor gesäten Vorfrucht (Winterroggen). Auch eine deutliche Bestockung des Winterroggens im Frühjahr 2012 blieb aus, sodass zwischen den beiden Aussaatstärken (130-160 kg/ha) kein Unterschied in der Bestandesdichte festgestellt werden konnte. Durch massive Bestandeslücken konnte der Winterroggen seine Konkurrenzskraft nicht entwickeln, sodass sich ein hoher Beikrautdruck einstellt. In den Partzen mit Klee grasvorfrucht waren kaum Auswinterungsschäden festzustellen und somit war der Beikrautdruck wesentlich niedriger. Ende April 2012, vor der Sojaaussaat, wurden die 100 m² großen Partzen ca. 3 cm tief abgemulcht, da sich eine geplante Nutzung des Winterroggens zur Silierung aufgrund von zu geringem Aufwuchs zu diesem Zeitpunkt als nicht ratsam erwies.

Anfang Mai wurde bei optimalen Aussaatbedingungen die Sorte Merlin mit 70 Körnern/m² ausgesät. Die Ablagetiefe betrug 5 cm, die mit einer Direktsaatmaschine des brasilianischen Herstellers Semeato erreicht wurde (7-reihig, 34 cm Reihenabstand). 6 Tage nach der Aussaat wurde der bis dahin aufgewachsene Winterroggen und das Beikraut ein zweites Mal auf ca. 2 cm Tiefe abgemulcht. Zwei Tage später keimten die Sojabohnen und durchbrachen die Erdoberfläche. Direkt nach dem Auflaufen wurden die Keimlinge durch Tauben und Krähen aus dem Boden herausgezogen und teilweise aufgefressen. Trotz des Aufstellens von Drachen und Vogelscheuchen blieben weniger als 5 % der Pflanzen unbeschädigt. Diese Pflanzen konnten gegenüber dem Beikraut keine Konkurrenzskraft entwickeln und blieben im Zweiblattstadium in ihrer Entwicklung stehen. Es konnte kein Ertrag gebildet werden und eine Ernte konnte nicht erfolgen.

Im Versuchsjahr 2013 wurde der Direktsaatversuch im ökologischen Landbau dahingehend verändert, dass die Vorfrüchte (Winterroggen, Klee gras), die sich für die Flächen auf dem Standort Osnabrück als nicht geeignet erwiesen haben gegen fünf verschiedene Vorfrüchte ausgetauscht wurden. Somit wurde der Versuch in der Variantenanzahl mehr als verdoppelt. Die abfrierenden Vorfrüchte Gelbsef, Sommergerste, Buchweizen und die im Handel erhältlichen Mischungen Terra Life Biomax und Terra Life Legufit wurden als Vorfrucht vor der Soja in Direktsaat eingesetzt. Im Frühjahr ca. 4 Wochen vor der Aussaat wurde die gesamte Versuchsfäche mit Silofolie abgedeckt, damit durch Lichtentzug das bis dahin gekeimte und aufgelaufene Beikraut abstarb und keine weiteren Samen auskeimten. Zur Aussaat, die mit einer Direktsaatmaschine der Firma Horsch (Pronto) auf 15 cm Reihenabstand und einer Ablagetiefe von 4,5 cm durchgeführt wurde, ist die Silofolie abgenommen worden. Nach der Aussaat wurde die Silofolie für weitere 8 Tage auf die Versuchsfäche aufgezogen. Durch diese Maßnahme sollte ein Entwicklungsvorsprung des Beikrautes gegenüber der Soja wie in 2012 vermieden werden. Die Aussaat erfolgte bei nicht optimalen Bedingungen aufgrund von unbeständigem Wetter und Regenereignissen Mitte Mai, konnte aber dennoch mit einem zufriedenstellenden Ergebnis durchgeführt werden. Die Soja keimte und entwickelte sich innerhalb der Jugendphase gut. Der Zielbestand von 70 Körnern/m² konnte allerdings nicht

erreicht werden. Dies lag zum Einen an der Saatgutqualität (Keimfähigkeit) und zum anderen an den nicht ausreichenden Bodentemperaturen. Um die Sojapflanzen vor Vogelfraß zu schützen wurde die Versuchsfläche mit Kulturschutznetzen abgedeckt. Es erfolgten keine weiteren Beikrautregulierungsmaßnahmen auf der ökologischen Versuchsfläche. Die Ernte erfolgte Ende Oktober. Auf der in 2013 erweiterten konventionellen Versuchsfläche des Direktsaatversuchs wurde wie vorgesehen Winterroggen und Gelbsenf als Vorfrucht eingesät. Die Vorfrüchte konnten sich im Herbst 2012 gut etablieren und gewährleisteten eine gute Beikrautunterdrückung. Direkt nach der Aussaat der Soja wurde die Fläche mit Stomp Aqua (2,0 l/ha Voraufaufherbizid) behandelt. Eine Nachaufaufbehandlung war im weiteren Verlauf der Vegetation nicht erforderlich. Kurz vor der Blüte wurde der Bestand in den Versuchspartellen per Hand von durchgewachsener Melde, Kamille und einigen Distelpflanzen befreit, sodass eine stärkere Verunkrautung vermieden wurde. Die Ernte erfolgte unter optimalen Bedingungen Mitte Oktober. In der nachfolgenden Tabelle 28 werden die Anbaudaten und Anbauparameter für zwei Versuchsjahre (2012, 2013) zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 28: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Osnabrück in zwei Versuchsjahren für den Direktsaatversuch

	2012	2013	
	ökologisch	ökologisch	konventionell
Aussaatstärke (Körner/m²)	70	77	77
Aussaatdatum	02.05.2012	13.05.2013	13.05.2013
Auflaufzeit nach Aussaat	14 Tage	12 Tage	16 Tage
Erntetermin	Keine Ernte	22.10.2013	02.10.2013
Vorfrucht	Kleegrass, Winterroggen (130kg) Winterroggen (160kg)	Gelbsenf, Buchweizen, Sommergerste, Legumifit, Biomax	Gelbsenf, Winterroggen
Behandlung	abgemulcht	Folie aufgezogen	Keine
Parzellengröße	100 m ²	100 m ²	100 m ²
Reihenweite	34 cm	15 cm	15 cm
Sätechnik	Semeato 7-Reihig	Horsch Pronto	Horsch-Pronto
Erträge dt/ha	-	23,1 – 25,0	23,5- 24,0

4.10.2 Direktsaat-Praxisversuche

Ziel des Ende 2011 bewilligten Arbeitspaketes 3d war die Abklärung des Aussaaterfolgs bei Sojabohnenaussaat in eine früh räumende, Unkraut unterdrückende Vorfrucht mit Hilfe von Direktsaattechnik.

Dazu wurden in den Jahren 2012 fünf und 2013 drei Streifenversuche auf Praxisschlägen mit jeweils vor Ort verfügbarer praxisüblicher Direktsaattechnik (teilweise auch Mulchsaattechnik) durchgeführt. Die Ertragsermittlung erfolgte durch Wiegung von Erntegut oder Probeschnitten. Die früh räumende, Unkraut unterdrückende Vorfrucht wurde als Herbstsaat von Grünroggen bzw. Wintergerste, welche im Mai siliert bzw. gewalzt wird, in konventioneller Drilltechnik ausgebracht. Zum Teil kamen auch überwinterte Zwischenfrüchte zum Einsatz. Bei der Direktsaat kamen eine, zwei oder drei Sojabohnensorten unterschiedlicher Reifegruppen zur Aussaat, mit dem Ziel des Mähdruschs bis spätestens Oktober.

Der Tastversuch fand in jedem der beiden Jahre in Müllheim (Außenstelle LTZ Augustenberg) und Ottenheim (Betrieb Wenz) in der Oberrheinebene sowie an der Hochschulei Osnabrück und zusätzlich 2012 im Raum Augsburg (Betrieb Schneider), im Raum Celle (Betrieb Drögemüller sowie 2013 im Raum Zwickau (Betrieb Sander) statt. Dabei kam jeweils unterschiedliche Direktsaattechnik zum Einsatz. Unterschiede gab es auch hinsichtlich der Unkrautbekämpfung, auf die teilweise völlig verzichtet wurde. Auskunft über Standorte, Versuchsvarianten, eingesetzte Technik und Resultate in den beiden Versuchsjahren gibt die Tabelle 252 im Anhang. Die nachstehenden Bilder zeigen die eingesetzte Technik und einige Resultate:



Niederwalzen des Roggens mit einer Knickwalze, Müllheim, 11. Mai 2012



Fast erntereifer Sojabestand mit etwas durchgewachsenem Roggen in Müllheim am 17. September 2013



Direkt gesäeter Sojabestand mit Unkrautkonkurrenz,
Ottenheim, 24.08.2013



Sojasaat in gewalzten Roggen mit Direktsaatmaschine
Semeato TDNG 300M am 28. Mai 2013 in Müllheim

4.11 Arbeitspaket 3e: Schwefelversorgung im Sojaanbau

4.11.1 Schwefelsteigerungsversuch Hochschule Osnabrück

In den Versuchsjahren 2012 und 2013, in denen der Schwefelsteigerungsversuch sowohl ökologisch als auch konventionell auf den Versuchsbetrieben der Hochschule Osnabrück durchgeführt worden ist, ist die vorgesehenen Flächen gepflügt und eingemessen worden. Vor der Aussaat mit einer Parzelleneinzelkornsämaschine der Firma Hege wurde das Saatbeet gekrümelt und vorbereitet. Die Abmessung der jeweils 60 Parzellen betrug 1,5 m x 20 m. In einer vollständig randomisierten Blockanlage wurden die Sorten Merlin, Sultana und Opaline in vierfacher Wiederholung ausgesät. Der Reihenabstand betrug 37, cm bei einer Ablagetiefe von rund 4 cm. Alle drei Sorten wurden in beiden Jahren mit dem Impfpräparat Force 48 geimpft und direkt im Anschluss ausgesät. Bei der gewählten Aussaatstärke von 70 bzw. 77 waren 10-14 Tage nach der Aussaat waren 75 % der Pflanzen aufgelaufen. Im Versuchsjahr 2012 wurden durch massiven Krähen- und Taubenfraß 90 % der Pflanzen beschädigt und vernichtet, sodass der ökologische Schwefelsteigerungsversuch 20 Tage später erneut angelegt wurde. Die Fläche wurde direkt nach der Aussaat abgeflammt und mit Kulturschutznetzen abgedeckt, um den Schutz vor Vogelfraß zu gewährleisten. In 2013 wurde bei allen ausgesäten Sojaversuchen am Standort Osnabrück diese Maßnahme durchgeführt. Nach der Aussaat sind die 5 Schwefeldüngungsstufen (Kontrolle, 20, 40, 60 und 80 kg S/ha) mit dem eingesetzten Mineraldünger Patentkali (17 % S) ausgebracht worden. Auf den ökologischen Versuchsflächen wurde an vier Zeitpunkten eine Beikrautregulierung durchgeführt. Das Kulturschutznetz wurde zuvor abgenommen und anschließend wieder aufgelegt. Neben dem Einsatz mit der Fingerhacke und dem Flachhäufler wurde auch eine manuelle Beikrautbekämpfung durchgeführt. Auf den konventionellen Versuchsflächen wurde das Voraufauferbizid (Stomp Aqua) mit 2,0 l/ha in voller Aufwandmenge eingesetzt und mit Basagran (1,0 l/ha) und Harmony (5,0 g/ha) nach dem Auflaufen aller Pflanzen nachbehandelt. Während der Vegetationsperiode wurden Feldaufgang, BBCH-Stadien, Standfestigkeit, Krankheiten und Schädlinge sowie das Abreifeverhalten bonitiert.

Zu drei ausgewählten Zeitpunkten innerhalb der Vegetationsperiode (BBCH-Stadien 23, 66, 79) wurden Pflanzen- und Bodenproben entnommen, um diese auf Schwefel- und Stickstoffgehalte zu untersuchen. Vor der Ernte der Gesamtparzelle sind auf 1,5 m² je Parzelle Sojapflanzen von Hand entnommen worden, um weitere Pflanzenbonituren durchzuführen. Dabei wurde der unterste Hülsenansatz, die Anzahl an Hülsen, die Sojabohnen pro Hülse gemessen und anschließend der Ertrag erfasst. Anschließend erfolgte die Gesamtparzellenernte, die in 2012 bedingt durch den Vogelfraß und das damit verbundene spätere Aussäen des ökologischen Schwefelsteigerungsversuchs erst Mitte November durchgeführt werden konnte. In 2013 konnten alle Schwefelversuche vier Wochen früher Mitte Oktober geerntet werden. Anschließend wurden in beiden Versuchsjahren nach der Ernte parzellenweise Bodenproben entnommen und auf Gesamtstickstoff und Schwefel analysiert. Des Weiteren wurden die geernteten Sojabohnen auf den Rohproteingehalt und den Rohölgehalt untersucht und im Anschluss die Aminosäurezusammensetzung analysiert.

Für Getreide und Raps gibt es seit 2008 von der Hill Court Farm Research (UK) ein einfaches Verfahren, um den S-Düngebedarf zu ermitteln. Dazu wird das Malat:Sulfat-Verhältnis in den jüngeren Pflanzenblättern ermittelt, um möglichst schnell einen eventuellen S-Mangel festzustellen. Dieses Verfahren kam 2013 in beiden Schwefelsteigerungsversuchen (ökologisch/konventionell) an der Hochschule Osnabrück zur Anwendung. Dazu wurde der erste Pflanzenprobentermin (BBCH 22) ausgewählt und analysiert. In Tabelle 29 sind die

wichtigsten Versuchsparameter für den Schwefelsteigerungsversuch der Jahre 2012 und 2013 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 29: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen am Standort Osnabrück in den zwei Versuchsjahren für den Schwefelsteigerungsversuch

	2012		2013	
	ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell
Aussaatstärke (Körner/m²)	70	70	77	77
Aussaatdatum	23.05.2012	02.05.2012	05.05.2013	30.04.2013
Auflaufzeit nach Aussaat	11 Tage	14 Tage	12 Tage	12 Tage
Erntetermin	17.11.2012	09.11.2012	01.10.2013	30.09.2013
Vorfrucht	Kleegrass	Wintergerste/Gelbsenf	Hafer	Wintergerste/Gelbsenf
Behandlung Düngung	05.05.2012	05.05.2012	28.05.2013	27.05.2013
Parzellengröße	30 m ²	30 m ²	30 m ²	30 m ²
Reihenweite	37,5 cm	37,5 cm	37,5 cm	37,5 cm
Sätechnik	Hege 95B	Hege 95B	Hege 95B	Hege 95B
Ertrag dt/ha	8,0-22,0	14,0-32,0	11,0-24,0	14,0-30,0

4.11.2 Schwefelformenversuch Hochschule Osnabrück

Die für den Schwefelformenversuch 2012 vorgesehene Fläche „Sudendey“ des Versuchsbetriebes Waldhof der Hochschule Osnabrück wurde vor Versuchsbeginn gepflügt und eingemessen. Die Sojaaussaat erfolgte unter optimalen Bedingungen Ende Mai mit der Sorte Merlin (70 Körner/m²) und einer Ablagetiefe von 4,5 cm. Durch 8 verschiedene Düngungsvarianten und vier Wiederholungen ergab sich ein Gesamtumfang von 32 Versuchspartellen. Der Versuch wurde als vollständig randomisierten Blockanlage mit Partellenabmessungen von 1,5 x 10 m angelegt. Auch hierbei wurde mit einer Partelleneinzelkornsämaschine der Firma Hege auf 37,5 cm Reihenabstand ausgesät. Direkt nach der Aussaat ist die Fläche abgeflammt und mit Kulturschutznetzen abgedeckt worden, um Vogelfraß zu vermeiden. Zehn Tage nach der Aussaat waren 75 % des Zielbestandes aufgelaufen und die organischen Dünger (Rindermist, Rindergülle, Schweinemist, Kompost, Hühnertrockenkot und Gärsubstrat) wurden ausgebracht. Weiterhin war die Kontrollpartelle und eine mineralische Variante mit Patentkali Bestandteil des Versuches. Nach vorherigen Analysen der organischen Dünger wurden die Düngungsmengen so bestimmt, dass 20 kg S/ha aufgebracht wurden. Neben Pflanzenbonituren sind auch in diesem Versuch zu drei ausgewählten Zeitpunkten Pflanzen- und Bodenproben entnommen und auf N und S analysiert worden. Die Beikrautregulierung innerhalb dieses Versuches wurde mechanisch mit der Fingerhacke, dem Flachhäufel und anschließend per Hand durchgeführt. Nach der 1,5 m² umfassenden Kernpartellenbeerntung, fand die Gesamtpartellenbeerntung am 17. November 2012 statt. Durch die verzögerte, sehr späte Aussaat konnte der Entwicklungsrückstand der Pflanzen nur begrenzt kompensiert werden und die Ernte nicht früher stattfinden.

Dennoch wurde im Spätherbst nach der Beerntung die Fläche mit einer Spatenmaschine bearbeitet, um anschließend die Nachfrucht Winterweizen einzusäen. Bei der Bewirtschaftung

und Aussaat wurden die Parzellenstrukturen erhalten, sodass die Freisetzung von N und S der organischen Dünger und der Erntereste der Soja in der Nachfrucht erfasst werden konnte. Im Frühjahr 2013 wurden im Winterweizen zu drei ausgewählten Zeitpunkten Pflanzen- und Bodenproben in jeder Variante entnommen um die Schwefelaufnahme der Soja Folgekultur beschreiben zu können. Der Weizen konnte am 05. August 2013 mit optimalen Feuchtigkeitsgehalten um 14 % abgeerntet werden. In Tabelle 30 sind die wichtigsten Anbauparameter des Schwefelformenversuches zu entnehmen.

Tabelle 30: Bewirtschaftungsform und Maßnahmen in den zwei Versuchsjahren für den ökologischen Schwefelformenversuch am Standort Osnabrück

	2012	2013
Kultur	Sojabohnen	Winterweizen
Aussaatstärke (Körner/m²)	70	330
Aussaatdatum	23.05.2012	15.11.2012
Auflaufstage nach Aussaat	11 Tage	23 Tage
Erntetermin	17.11.2012	05.08.2013
Vorfrucht	Kleegras	Sojabohnen
Behandlung Düngung	27.05.2012	keine
Parzellengröße	15 m ²	15 m ²
Reihenweite	37,5 cm	12,5 cm
Sätechnik	Hege 95B (Einzelkorn)	Hege 80 (Breitsaat)
Ertrag dt/ha	12,6-29,7	35,3-62,6

S-Versorgungsstatus

Für die Erhebungsuntersuchung zum Schwefelversorgungsstatus von Soja stellten die Projektbeteiligten Pflanzenproben aus ihren Versuchen zur S- und N-Analyse zur Verfügung. Hierbei wurde die Sorte Merlin zum BBCH-Stadium 65 (Vollblüte) ausgewählt. Entnommen wurden ausschließlich die jüngsten voll entwickelten Blätter, da ein S-Mangel an ihnen als erstes zu erkennen ist. Die Blattproben wurden auf N und S analysiert und die erhobenen Daten anschließend statistisch ausgewertet.

Zur Auswertung der erfassten Daten wurde das Programmpaket SPSS Version 21 verwendet. Dabei wurden die Analysen anhand gemischter Modelle, allgemeiner linearer Modelle (GLM) und der Varianz Analyse durchgeführt.

4.12 Arbeitspaket 4: Optimierung der Qualitäten von Speisesoja anhand einer eigens entwickelten Labortofurei

Die nachfolgend beschriebene Methode zur Herstellung von Tofu im Labormaßstab wurde im Rahmen des Arbeitspaketes 4 entwickelt. Ziele waren:

- Auskommen mit geringen Sojamengen von max. 100 g,
- Hoher Probendurchsatz. Max. 40 Personen-Arbeitsminuten je Probe,
- Orientierung an den Herstellungsbedingungen der Life Food GmbH, Taifun Tofuprodukte.

Dargestellt wird in diesem Kapitel die Schlussversion der Methodenentwicklung. Wichtige alternative Entwicklungsschritte, die im Rahmen der Methodenentwicklung verfolgt, letztlich aber verworfen wurden, werden im Kapitel Ergebnisse und Diskussion benannt.

4.12.1 Sojabohnen und Probenvorbereitung

Im Projektzeitraum wurden insgesamt 1.343 Sojaprobe (Sorten, Genotypen, Laborstandards) zu Tofu verarbeitet und bewertet. Der größte Teil des Materials wurde vom Projektpartner Landessaatzuchtanstalt (UHOH) bereitgestellt. Daneben konnte außerdem auf Vergleichsproben aus dem Taifun-Vertragsanbau sowie von Züchtern zurückgegriffen werden.

Die Sojabohnen werden bei 30 °C im Trockenschrank getrocknet und unmittelbar nach Entnahme auf 80 g je Probe eingewogen. Bis zur Verarbeitung werden die Proben im Kühlschrank bei 8 °C gelagert. Je Labortag werden drei bis vier Proben eines Standards der Sorte PRIMUS und 22 bis 24 Genotypen oder Sorten verarbeitet und geprüft.

80 g Sojabohnen werden in eine Weithalsflasche gegeben, mit ca. 400 ml kühltschrankkaltem Leitungswasser bedeckt und 23 bis 25 Stunden im Kühlschrank bei 6,5 °C gequollen. Die gequollenen Sojabohnen werden in ein Sieb gegeben, mit kaltem Leitungswasser abgebraust und anschließend einige Male aufgeschüttelt und abgetropft. Die abgetropften Sojabohnen werden gewogen und die Anzahl der nicht gequollenen Bohnen (sogenannte „Steinbohnen“) bestimmt. Es wird der Quelfaktor bestimmt als

$$\text{Quelfaktor} = \text{Sojabohnen gequollen [g]} / \text{Sojabohnen trocken [g]}$$

4.12.2 Extraktion und Kochung der Sojamilch

Die gequollenen Sojabohnen werden zusammen mit 480 ml Leitungswasser in einen Thermomix TM 31 (Fa. Vorwerk) gegeben und 60 s auf höchster Stufe (10.000 U/min) vermahlen. Aus dem so gewonnenen Sojabrei wird die Sojamilch extrahiert. Dazu wird der Sojabrei in einen Filterschlauch (Fa. Eckert, Waldkirch, PA-177/34/FDA, Maschenweite 0,177 mm, Durchmesser 100 mm, Länge 500 mm) gegeben und in eine Wringvorrichtung (Eigenbau) gespannt. In einem unter der Wringvorrichtung stehenden Milchtopf (Fa. Kela, Durchmesser 14 cm, Höhe 12,5 cm, Volumen 1,8 l) wird die Sojamilch aufgefangen. Nach dem händischen Ausstreichen des Filterschlauchs wird dieser gestrafft und mit Hilfe eines Drehmomentschlüssels verdrillt bis ein Drehmoment von 3 Nm erreicht ist.

Die gewonnene Sojamilch wird gewogen und im Milchtopf auf einen Magnetrührer (Fa. IKA, RET control/l) gestellt. Ein dreikantiges Rührstäbchen (Fa. Wagner & Munz, TRIKA, 80 mm

lang) wird zugegeben, ein Silikondeckel aufgelegt, ein mit dem Magnetrührer verbundener Temperaturmessfühler eingeführt und der automatische Erhitzungsprozess (Eigenprogrammierung in IKA_LABSOFTWORLD Version 4.1) gestartet:

›Rührgeschwindigkeit: 150 U/min,

›Zieltemperatur: 98,5 °C,

›Heißhaltezeit bei Zieltemperatur: 3 Minuten,

›Nach Heißhaltephase Abkühlung auf 85 °C.

Nach Beendigung der dreiminütigen Heißhaltezeit wird mit einem Refraktometer (Fa. ATAGO, Japan, Modell PR32alpha) die relative Dichte der Sojamilch bei Raumtemperatur bestimmt. Durch Zugabe von 90 °C heißem Leitungswasser wird bei weiterhin rotierendem Magnetrührer die Sojamilch auf 9 Brix eingestellt:

$$\text{Wasserzugabe für Herstellung Sojamilch mit 9 Brix [g]} \\ = (\text{Sojamilch [g]} \times \text{Brix gemessen}) / 9 \text{ Brix} - \text{Sojamilch [g]}$$

Die Masse der Sojamilch nach Brixkorrektur berechnet sich aus

$$\text{Sojamilch}_{9\text{Brix}} \text{ [g]} = \text{Sojamilch [g]} + \text{Wasserzugabe [g]}$$

Daraus kann die Ausbeute Sojamilch berechnet werden:

$$\text{Ausbeute Sojamilch}_{9\text{Brix}} \text{ [g / g]} = \text{Sojamilch}_{9\text{Brix}} \text{ [g]} / \text{Sojabohnen trocken [g]}$$

Zur weiteren Verarbeitung wird die Sojamilch im Topf auf 540 g reduziert.

4.12.3 Koagulation der Sojamilch und Pressung des Tofus

Die auf 85 °C (84,5 – 85,5 °C) abgekühlte Sojamilch (540 g) wird mit Gerinnungsmittel versetzt: 0,591 g Nigari (Fa. Yosikawa, refined Nigari, 98 % $\text{MgCl}_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}$) werden in 20 ml Leitungswasser gelöst und zu 0,750 g Calciumsulfat Dihydrat (Fa. Krone-Gips, Lebensmittelqualität) gegeben.

Die so gewonnene Suspension wird in den Rührtrichter der Sojamilch, der sich durch die Erhöhung der Rührgeschwindigkeit von 150 U/min auf 250 U/min gebildet hat, gegeben. Nach 6 Sekunden wird der Topf vom Magnetrührer genommen und in ein Wasserbad mit 85 °C gestellt.

Nach 20 Minuten wird der Tofubruch mit einem Kochlöffel durchgerührt (sog. curd brake). Nach weiteren 10 Minuten im Wasserbad wird die Molke abgetrennt. Dabei kamen zwei Verfahren zur Anwendung:

4. Bis Probe Nr. 111 am 15.10.13: Der Tofubruch wird vom Topf in ein Sieb gegeben und ohne Rührung oder Bewegung für 30 Sekunden abgetropft.
5. Ab Probe Nr. 112 am 15.10.13: Die Molke wird vorsichtig abgegossen, wobei der Tofubruch mit einem Löffel zurückgehalten wird. Anschließend wird der Tofubruch wie unter Punkt 1.

vom Topf in ein Sieb gegeben und ohne Rührung oder Bewegung für 30 Sekunden abgetropft.

Der abgetropfte Tofubruch wird in eine gelochte Käseform (Rink, Durchmesser oben / unten 7,5 cm / 6,9 cm, Höhe 9 cm) überführt. Die Käseform ist am Boden mit einer Gaze (Fa. Coers, Art. Nr. 209120) ausgelegt. Der eingefüllte Tofubruch wird ebenfalls mit Gaze bedeckt.

Die Käseform mit dem Tofubruch wird in eine Pressvorrichtung (Eigenbau mit FESTO-Führungszylinder DFM-12-B Kolbendurchmesser 12 mm und FESTO-Proportional-Druckregelventil VPPM-6L-L-1-G18-0L6H-A4P-S1. Ansteuerung über eine Wago-SPS, Bedienung mit ZenOn) gestellt. Ein Kunststoffzylinder (Durchmesser 7 cm, Masse 323 g) wird aufgelegt und der Tofu unter steigendem Druck 20 Minuten gepresst (Tabelle 31):

Tabelle 31: Druckstufen bei der Tofupressung

Stufe	Druck (N/cm ²)	Dauer
0 Kunststoffzylinder	0,082	240 s
1 bar	0,294	240 s
2 bar	0,588	240 s
3 bar	0,882	240 s
4 bar	1,176	240 s

Der gepresste Tofuzylinder wird gewogen, mit kühl-schrankkaltem Wasser bedeckt und über Nacht im Kühlschrank bei 6,5 °C gelagert.

4.12.4 Prüfungen von Ausbeute, Festigkeit und Wassergehalt des Tofus

Der Tofu wird aus dem Wasser genommen, abgetropft, gewogen und daraus die Tofuausbeute ermittelt:

Tofuausbeute nach Wässerung [g / g]

= (Tofu nach Wässerung [g] / Sojabohnen trocken [g]) x (Sojamilch _{9Brix} [g] / 540 g)

Der kühl-schrankkalte Tofuzylinder wird gegen zwei parallel gespannte Drähte geschoben, um Ober- und Unterseite zu entfernen und eine einheitliche Höhe von 2,7 cm einzustellen. An der so präparierten Probe wird mit einem Texturmessgerät (Zwick & Roell Z.05) die Festigkeit (Hardness) auf der Basis folgender Einstellungen bestimmt: Druckstempel mit 10 cm Durchmesser, Vorkraft 0,6 N, Deformation 30% der Probenhöhe, Vortrieb Druckstempel 100 nm/min.

Festigkeit Tofu [N] = Maximum der Kraft während der Druckphase (Yuan 2007)

Nach der Festigkeitsmessung wird die Tofuprobe geviertelt. An einem Viertel wird der Wassergehalt durch Trocknung bis zur Massenkonstanz ermittelt.

Die verbleibenden Viertel werden für sensorische Prüfungen verwendet.

4.12.5 Sensorische Prüfungen am Tofu

a) Festigkeit

An 23 Proben eines Prüfstandards wird die Festigkeit durch menschliche Prüfer ermittelt und die Korrelation mit dem durch das Texturmessgerät ermittelten Festigkeitswerten ermittelt. Dabei wird der Tofu von den Prüfpersonen auf einer siebenstufigen Skala von 1 = sehr fest bis 7 = sehr weich bewertet.

b) Fehlnoten

Jede Tofuprobe wird unabhängig von zwei Prüfern auf fünf Fehlnoten in zwei Ausprägungsstufen (-1, -2) geprüft (Tabelle 32). Dabei wird stets nur die Fehlnote mit der stärksten Ausprägung erfasst. Die Bewertungen der beiden Prüfer werden gemittelt und in Punkte umgerechnet:

$$\text{Punkte Fehlnote} = 25 \times \text{Ausprägung Fehlnote} + 100$$

Tabelle 32: Tofuprüfung auf Fehlnoten

FEHLNOTE VORHANDEN? (1 Kreuz)			
Nein = 0	ja, nämlich	-1	-2
	adstringierend		
	grün		
	bitter		
	bohlig		
	staubig		

c) Mundgefühl

Jede Tofuprobe wird unabhängig von zwei Prüfern auf vier positive und vier negative Attribute des Mundgefühls in zwei Ausprägungsstufen geprüft (Tabelle 33). Dabei wird stets nur das Mundgefühl mit der stärksten Ausprägung erfasst. Die Bewertungen (Ausprägungsstufen) der beiden Prüfer werden gemittelt und in Punkte umgerechnet:

$$\text{Ausprägung Mundgefühl (AM)} = 0, \text{ dann Punkte Mundgefühl} = 100$$

$$\text{Ausprägung Mundgefühl (AM)} < 0, \text{ dann Punkte Mundgefühl} = 25 \times \text{AM} + 100$$

$$\text{Ausprägung Mundgefühl (AM)} > 0, \text{ dann Punkte Mundgefühl} = 15 \times \text{AM} + 100$$

Tabelle 33: Tofuprüfung auf Mundgefühl

MUNDGEFÜHL (1 Kreuz)						
	+2	+1	0 (neutral)	-1	-2	
angenehm						krümelig/grieselig
süßlich						trocken
saftig						wässrig
speckig						schmierig

4.12.6 NIRS-Untersuchungen

Entwicklung von NIRS-Kalibrationen zur schnellen Ermittlung der Tofu-Eigenschaften neu erstellter Sojalinien

Sämtliches Material, das von UHOH an die Labortofuferei der Life Food GmbH abgegeben wurde, wurde zuvor spektral untersucht. Die Spektren der Sojaprobe (jeweils drei Messungen gemittelt) wurden aufgenommen mit einem Polytec Spektrometer PSS 2121 und dem Messkopf PSS-H-A03-2.1. Zur Kalibrationsermittlung wurde das Software-Paket *Sensologic Wizzard* der Firma Sensologic GmbH, Norderstedt, verwendet.

Ermittlung der Cadmium-Gehalte von Sojalinien für eine NIRS-Kalibration

Die Cadmium-Gehalte von 22 Sojasorten verschiedener Herkunft wurde durch das Labor Friedle in Tegernheim untersucht (Verfahren nach § 64 LFGB, L 00.00-19/1 u. ICP-MS).

Bestimmung des 11S/7S Verhältnisses von Sojalinien für eine NIRS-Kalibration

Die Protein-Untereinheiten Glycinin (11S) und beta-Conglycinin (7S) von 50 Sojalinien und-sorten wurden durch Gel-Elektrophorese (Stanojevic *et al.*, 2011) am Institut of Food Technology and Biochemistry der Universität Belgrad untersucht.

4.13 Arbeitspaket 5: Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit

Als zentrale Elemente des Wissenstransfers waren die Projektwebsite sowie Feldtage geplant. Die Projektwebsite sollte eine zentrale Wissensplattform rund um die Themen Sojaanbau und Verwertung von Sojabohnen darstellen und das aktuelle Wissen dazu einfach und verständlich aufbereitet für alle Interessierten zur Verfügung stellen. Mit der FAQ-Seite wurde ein interaktives Element kreiert, was bei einem so neuen und innovativen Thema wie dem heimischen Sojaanbau als wichtig erachtet wurde.

Mit den Feldtagen wurde ein weiteres, bewährtes interaktives Element zum Wissenstransfer eingesetzt. Sie sollten Landwirten und Beratern die Möglichkeit bieten, die noch recht unbekannte Kultur besser kennenzulernen und vertiefte Einblicke in unterschiedliche Aspekte von Anbau und Verwertung zu erhalten und Fragen mit Kollegen zu diskutieren.

Flankiert werden sollten diese beiden zentralen Säulen durch weitere Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit und des Wissenstransfers: Pressemeldungen, Fachartikel, Veranstaltungen, Vorträge etc. Ziel diese flankierenden Maßnahmen war es, das Thema Sojaanbau in den Fachmedien zu verankern und das Interesse sowie das Wissen zum Sojaanbau zu stärken.

4.14 Arbeitspaket 6a: Untersuchungen der verschiedenen Sojaaufbereitungskonzepte

4.14.1 Erfassung der verschiedenen Sojaaufbereitungskonzepte

Zu verschiedenen Aufbereitungskonzepten wurden umfangreiche Recherchen durchgeführt. Anschließend wurde ein Fragebogen entwickelt, um für Vor-Ort-Besichtigungen Befragungen von Sojaaufbereitungsanlagenbetreibern durchführen und die deren Ergebnisse vergleichen zu können. Im Anschluss daran wurden Befragungen von Anlagenbetreibern und Herstellern durchgeführt. Bei den meisten Anlagen konnten Proben für weitere Analysen entnommen werden. Diese wurden auf verschiedene Parameter, beschrieben in Kapitel 4.14.2., untersucht.

4.14.2 Analyse von Sojainhaltstoffen und Hitzeschädigungsparametern

Alle Sojaproben wurden auf mehrere Parameter untersucht. Neben der klassischen, erweiterten Weender-Analyse (u.a. Trockenmasse- (TM-), Rohprotein- (CP-) und Rohfett- (XL-) Gehalt) wurden zusätzliche NIRS-Analysen durchgeführt. Zum einen wurden hier die zehn essentiellen Aminosäuren über AminoNir (Fa Evonik) von Lysin (LYS) bis hin zu Phenylalanin (PHE) analysiert. Zum anderen wurden zusätzlich die enzymlösliche, organische Substanz (ELOS) und die Gasbildung (kalibriert auf der Basis des Hohenheimer-Futterwert-Tests) mit NIR-Methoden untersucht. Der Großteil der Untersuchungen fand im Zentrallabor der LfL in Grub statt, ein Teil auch im Aminosäurenlabor bei der Evonik Industries AG in Hanau-Wolfgang. Bei einzelnen Proben wurden die Aminosäuren, falls keine Bestimmung mit NIR möglich war, nasschemisch in diesen Laboren analysiert.

Tabelle 34: Analysemethoden bei der Untersuchung der verschiedenen Sojafuttermittelproben.

Rohnährstoffe, nasschemisch:	Methode
Trockensubstanz (TS / 105°C) g/kg	VDLUFA MB III; 3.1
Rohasche (XA / 550°C) g/kg TS	VDLUFA MB III; 8.1
Rohprotein (CP) g/kg TS	VDLUFA MB III; 4.1.2
Rohfaser (XF) g/kg TS	VDLUFA MB III; 6.1.1
Rohfett (XL / mit Hydrolyse) g/kg TS	VDLUFA MB III; 5.1.1
Stärke g/kg TS	VDLUFA MB III; 7.2.1
Zucker g/kg TS	validierte Hausmethode HPLC
ADFom (organic matter) g/kg TS	nach Veraschung VDLUFA MB III 6.5.2
Aminosäuren	VO(EG)152/2009 Anhang III F 2009
NIR Analytik	
Aminosäuren	AminoNIR; Netzwerk Evonik
ELOS g/kg TS	VDLUFA MB III 31.2
Gasbildung ml / 200 mg (Hohenheimer-Futterwert-Test)	VDLUFA MB III 31.2

Zur weiteren Bestimmung der Sojafuttermittelqualität wurden die verschiedenen Hitzeschädigungsparameter mit untersucht. Hier wurden für die Analyse die Parameter Proteinlöslichkeit in KOH, Protein Dispersability Index (PDI), Ureaseaktivität (UA) und TIA/TIU untersucht. Dazu wurde je eine Teilprobe an folgendes Labor in Spanien versandt: Deputacion Ponteverda, Finca Mouriscade, Vilanova, 36515 Lalin. Die Analysemethoden zu den Parametern sind in Tabelle 35 zu finden.

Tabelle 35: Analysemethoden bei den Hitzeschädigungsparametern.

Bestimmung der Hitzeschädigungsparameter	Methode
Trypsininhibitoren (TIA in mg/g; TIU in TIU/mg)	Bestimmung der TIA nach „ISO 14902:2001, AACC 71-10“ (Änderung nach HAMERSTRAND et al. (1981), gleich dem Protokoll“ AOCS Ba 12-75“
Proteinlöslichkeit in KOH	ARABA UND DALE (1988a)
Protein Dispersability Index (PDI)	PDI AOCS Official Method Ba 10-65”
AminoNIR	AminoNIR; Netzwerk Evonik

4.14.3 Qualitätsparameter für die Einteilung von Sojafuttermitteln

Bei der Beurteilung der Analyseergebnisse der aufbereiteten Sojaprobe orientierten wir uns an einem Schema, das in der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur gängig ist. Zu beachten ist jedoch, dass sich die in der Literatur angegebenen Grenzwerte hauptsächlich auf Sojaextraktionsschrot (SES) beziehen.

Tabelle 36: Richttabelle der Zielparameater zur Sojaaufbereitung für Soja-Futtermittel.

Indikator	TIA	UA	KOH	PDI	AminoNIR
Unterbehandlung	+++++	++++	+	+	+
Überbehandlung	Nicht geeignet	Nicht geeignet	+++++	+++	+++++
Zielwerte	< 4-5 mg/g	<0,3 mg N/g*min	73-85 %	15-30 %	KA
Kommentar	Analyse ist schwierig, teuer und aufwendig	üblich	üblich	einfach	Innovativ, quantitative Aussage
Literaturstelle	(CLARKE&WISE-MAN2005)	(MONARY 1989)	(VAN EYS 2012)	(MONARY 1989)	(HELMBRECHT et al. 2010)

Der weltweit am häufigsten verwendete Test ist die Beurteilung der Ureaseaktivität (UA). Sowohl die TI als auch das Enzym Urease sind nativ in allen Sojasorten enthalten. Da es sich in beiden Fällen um hitzelabile Proteine handelt, eignet sich die Bestimmung der UA, um indirekt auf den Gehalt der antinutritiven Eiweiße zu schließen. Die TI als solche sind deutlich aufwändiger zu bestimmen als die UA. Jedoch müssen zusätzlich zu der UA noch die Aktivität oder der Gehalt (TIA und TIU) der TI bestimmt werden, da die UA alleine nicht genau genug ist. Eine gute Methode ist es, sich an der weiteren Unterteilung von Monary (1989) zu orientieren (Tabelle 37).

Tabelle 37: Orientierungswerte für die Ureaseaktivität (Monary 1989)

Einteilung	UA [mg N/ min bei 30 °C]
Überbehandelt (hat jedoch geringe Aussagekraft)	< 0,05
Optimalbehandelt	0,1- 0,3
Unterbehandelt	0,3- 0,5
Rohware	> 0,5

Neben den Parametern die die ausreichende Behandlung anzeigen, müssen auch Parameter untersucht werden, die eine Hitzeschädigung des Proteins indizieren, wie Proteinlöslichkeit in Wasser (PDI) oder 0,2%-iger Kalilauge (KOH).

AminoNIR

Bei vielen Proben wurden sowohl die Rohproben als auch die aufbereiteten Proben mit AminoNIR bestimmt, um so eine eventuelle Schädigung der Aminosäuren durch die Behandlung zu bestimmen. Bestimmte Aminosäuren wie Lysin sind bekannt dafür, dass sie bei Überhitzung zu Maillard Reaktionen neigen und dadurch nicht mehr verfügbar sind (Fontaine et al. 2007). Da es zu Unterschieden in den Proben der Probenahme kommen kann und die Proben sich in den Rohnährstoffgehalten unterscheiden, wurden die Ergebnisse hier um den Rohproteingehalt korrigiert. Die AminoRED Untersuchung, die bei Sojaextraktionsschroten durch die Bestimmung eines Hitzeschädigungsparameters den Gesamtgehalt an Aminosäuren auf den tatsächlich verfügbaren Gehalt korrigiert (Helmbrecht et al 2010), konnte nicht durchgeführt werden. Für aufbereitete Sojavollfettfuttermittel (VFP) und Sojakuchen ist diese NIR-Analysemethode noch nicht verfügbar.

4.14.4 Möglichkeit der Sojaaufbereitung mit Biogasabwärme

Auf dem Betrieb Drögemüller in Hohnhorst bei Celle wurde untersucht, wie und an welchen Stellen es möglich ist, die Abwärme eines Biogasmotors bei der Stromerzeugung abzugreifen und zur Sojaaufbereitung zu nutzen. Um die Trypsininhibitoren (TIA/TIU) in Sojabohnen zu deaktivieren, sind hierfür Temperaturen über 100 °C erforderlich. Hierbei stellte sich heraus, dass es drei Möglichkeiten gibt, die Abwärme abzugreifen:

- Nutzung der Abwärme über einen Wasser-Luft Wärmetauscher, der standardmäßig zur Heizung von Häusern verwendet wird. Maximale abgreifbare Temperatur, die hierbei erreicht wird: 70 - 95 °C
- Nutzung der Abwärme über einen Rauchgas-Thermoöl-Wärmetauscher. Maximale abgreifbare Temperatur, die hierbei erreicht wird: ca. 140 °C;
- Indirekte Abwärmennutzung am Endstück des Auspuffrohrs, maximale Temperaturen, die hier erreicht werden: 110 - 120 °C.

Es wurde versucht die Kosten so gering wie möglich zu halten, um eine einfache Möglichkeit darzustellen, wie die Sojabohnen aufbereitet werden können. Deswegen wurde ein Praxisversuch durchgeführt, bei dem Sojabohnen in einem isolierten Behälter, der das Auspuffrohr umfasste, in mehreren unterschiedlichen Varianten behandelt wurden. Anschließend wurden die Varianten auf ihre Inhaltsstoffe analysiert.

Die Varianten in den Behandlungszeiten sind mit den Ergebnisse in Tabelle 104 dargestellt.

4.14.5 Untersuchung der Steuerungsparameter zur Aufbereitung

Die Untersuchung Steuerungsparameter wurden bei den verschiedenen Anlagenbetreibern bei der Befragung und der Besichtigung verschiedener Anlagen durchgeführt. Je nach Aufbereitungsanlage wurden die Fragen dementsprechend angepasst.

Zusätzlich konnten bei einem Aufbereitungsversuch (siehe Kapitel 4.15.2 und 5.17.2), der im Technikum von Amandus Kahl in Reinbek durchgeführt wurde, sehr viele Steuerungsparameter und Analyseparameter (siehe Kapitel 4.14.2 und 4.14.3) ermittelt werden. Aus den Ergebnissen wurden Ableitungen für die Optimierung von hydrothermischen und druckthermischen Aufbereitungen abgeleitet.

Ableitungen von Steuerungsparametern

Der entscheidende Punkt bei der Sojaaufbereitung ist die Inaktivierung der TIA. Der entscheidende Aspekt für die Ableitung von Steuerungsparametern war, Anhaltspunkte zu finden, die am ehesten mit den TIA korrelieren und einen Indiz dafür geben, wie weit sie schon durch die Aufbereitung inaktiviert wurden. Der Zielwert für den Restgehalt an TIA im Vergleich zu nicht aufbereiteten Sojabohnen liegt bei 10 %. Diesen gilt es bei der Aufbereitung zu erreichen. Bei den Ableitungen wurden Berechnungen durchgeführt um festzustellen, welche Steuerungsparameter am ehesten geeignet sind, diese Reduzierung abzubilden. Um Effekte einer Aufbereitung mit feuchter Wärme mit verschiedenen Maschinen bei einer kombinierten Behandlung, wie einem Konditionierer und einem Expander zusammenfassen zu können, wurde der Parameter der Wärmesumme (Einheit in °C * min) gebildet. Dieser wurde über die Temperatur mal die Zeit (in min) berechnet, in der Temperatur auf die Sojabohnen während der Aufbereitung eingewirkt hat.

$$\int_{t=0}^a T * t_a(\text{Konditionierer}) + \int_a^b F * T * t_{b-a}(\text{Expander})$$

T = Temperatur; t = Zeit in min; a = Zeit Konditionierung; b = Endzeit der gesamten Behandlung

F = Faktor = 1 (Temperatur am Expander <120 °C), 2 (Temperatur am Expander ≥120 °C) bzw. 3 (Temperatur am Expander ≥140 °C)

Um diese Wärmesumme berechnen zu können, muss mindestens an einem Punkt der Aufbereitung 100 °C erreicht worden sein. Bei einem Konditionierer wurde die Temperatursumme einfach gewichtet, bei einem Expander oder Extruder wurden Temperaturen über 120 °C doppelt, über 140 °C dreifach gewichtet.

4.14.6 Möglichkeit und Grenzen der Sojaaufbereitung und Grünfüttertrochnungswerken

Bei einer Telefonumfrage wurden ca. 20 Grünfüttertrochnungswerke befragt, ob sie mit der Trocknung und gleichzeitigen Aufbereitung von Sojabohnen bereits Erfahrungen gesammelt haben. Gleichzeitig wurde den Anlagenbetreibern mitgeteilt, dass sie, falls die Möglichkeit

besteht Aufbereitungsversuche mit Sojabohnen während der Projektzeit in ihren Anlagen zu fahren, Muster für die Beprobung und Beurteilung einschicken können.

4.14.7 Analyse von Proben aus dezentralen, ggf. mobilen Aufbereitungsanlagen aus anderen Ländern

Aus verschiedenen Ländern (USA, Schweden, Kanada, Österreich) wurden Proben aus dezentralen Verarbeitungsanlagen zur vergleichenden Untersuchung im vorliegenden Projekt beschafft. Meist handelte es sich bei den Anlagenentwicklern um Landwirte, die zusammen mit Mechanikern vor Ort eigene Ideen am Betrieb umsetzten und diese Maschinen mittlerweile auch vertreiben. Integriert wurden auch Ergebnisse von Versuchsanlagen. Einmal die der Ergebnisse von Versuchen dem Mini-Röster der Firma Roastech aus Südafrika beim JTI in Schweden und dem neu entwickelten Durchlaufschwingungserwärmer von Florapower.

Ziel dabei war es, Möglichkeiten zur Aufbereitung eigens angebauten Sojabohnen im betrieblichen Maßstab aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Verfahren wurden die in Kapitel 4.14.3 beschriebenen Qualitätsansprüche an die aufbereiteten Sojafuttermittel gestellt.

4.15 Arbeitspaket 6b: Sortenunterschiede und Qualitätsanforderungen in der Sojaverarbeitung

4.15.1 Untersuchung von Sorten auf ihre Trypsininhibitorgehalte

An drei verschiedenen Standorten (Eckartsweiher, Oberhummel und Frankenhausen) wurden zehn verschiedene Sorten getestet. Zusätzlich zu den pflanzenbaulichen Parametern wurden diese auf ihre Futterwertigkeiten und Trypsininhibitorgehalte (TIU) getestet, die entscheidend für die Sojaaufbereitung sind. Mit Ausnahme von Eckartsweiher wurden an allen Standorten vier Wiederholungspartellen pro Sorte angelegt. In Eckartsweiher wurden nur zwei Wiederholungen pro Sorte getestet. Durch Unterstützung der Firma Evonik Industries AG, Hanau-Wolfgang bei der Probenanalyse war es möglich, jede Wiederholung an jedem Standort zweifach auf ihre Aminosäuregehalte mit AminoNIR zu testen. Die Wetterdaten wurden an jedem Standort separat erfasst. Ertragsergebnisse und ermittelte Pflanzenparameter wurden von den Versuchsanstellern übermittelt.

Um eine hinreichende Bandbreite aus verschiedenen Zuchtherkünften abzudecken, wurden folgende Sorten an den Standorten angebaut:

Tabelle 38: Übersicht über die verwendeten Sorten zur Analyse der Trypsininhibitorgehalte

Sorten	Reifezeitpunkt
Aligator	000
ES Mentor	00
Josefine	00
Lissabon	000
Merlin	000
Opaline	00/000
Primus	00
Protina	000/00
Solena	000/00
Sultana	000

Ziel bei der umfangreichen Untersuchung auf verschiedenste Inhaltsstoffe war es, Ersatzparameter für Landwirte zu finden, die solide Rückschlüsse auf die nur aufwendig bestimmbaren TIU-Gehalte erlauben. Hierfür wurden Korrelationen zwischen den potentiellen Ersatzparametern und den in der Analyse ermittelten Messwerten berechnet.

Im Vergleich zu den Aminosäuregehalten der zehn getesteten Sorten wurden zusätzlich Neuzüchtungen für den Tofubereich aus Eckartsweiher sowie Schweizer Tofusorten auf ihre Aminosäuregehalte untersucht.

Bei der Bestimmung weiterer Inhaltsstoffe mit der Weender-Analyse wurden Mischproben aus allen Wiederholungen einer Sorte je Standort erstellt und diese auf die verschiedenen Inhaltsstoffe untersucht. Anschließend wurden Korrelationen zwischen den unterschiedlichen Inhaltsstoffen berechnet. Die verwendeten Untersuchungsmethoden sind in Kapitel 4.14.2 beschrieben.

4.15.2 Sorten mit unterschiedlicher TIA im Aufbereitungsverhalten – Aufbereitungsversuch bei Amandus Kahl

Nach den Ergebnissen über die TI aus den Sortenversuchen an den drei verschiedenen Standorten, siehe Abbildung 115, wurden vier verschiedene Sorten für die Aufbereitungsversuche ausgewählt. Die Auswahl der Sorten erfolgte nach den Gehalten der TIA. Es sollten Sorten mit der geringsten, einer mittelniedrigen, einer mittelhohen und der höchsten TIA für die Versuche herangezogen werden. Je Sorte wurde jeweils eine Tonne bei Landwirten gekauft und für die Aufbereitungsversuche verwendet. Eine gewisse Herausforderung dieser Vorgehensweise stellte der Bezug sortenreinen Materials ab Hof dar.

Versuchsfrage

Die Wirksamkeit verschiedener Aufbereitungsverfahren sollte bei vier Sojasorten beurteilt werden. Hierzu wurden folgende Parameter für den Erfolg der Aufbereitung herangezogen: Gehalt an ANF, v.a. TIA, UA, PDI, sowie (Protein-)Löslichkeit in KOH (siehe Kapitel 4.14.2).

Darüber hinaus wurde gemessen, inwiefern durch das Verfahren die Aminosäurenverfügbarkeit verändert wurde. Bei den Aufbereitungsverfahren wurden die Behandlungszeiten und die Energieeinträge in die Sojabohnen variiert.

Das Hauptziel war zu untersuchen, ob bei Sojasorten mit geringerer TIA, geringere Energieeinträge und damit Energieeinsparungen ermöglichen, ohne einen ausreichenden Behandlungserfolg zu gefährden.

Versuchsdesign

Folgendes Versuchsdesign, wurde für den Aufbereitungsversuch verwendet (siehe Abbildung 5 und Abbildung 158 im Anhang).



Abbildung 5: Versuchsablauf für eine Probenvariante in dem Versuchstechnikum bei Amandus Kahl.

Zunächst wurden die rohen Sojabohnen mit dem Brechwalzenstuhl geviertelt, um die Oberfläche zu vergrößern. Damit alle Sorten auf die gleiche Größe gemahlen wurden, musste der Mahlpalt angepasst werden. Im Vorkonditionierer, bestehend aus einer Mischschnecke des Typs Gericke 605719 mit einem Steigwinkel von ca. 65°, wurden die Sojabohnen in den Varianten zunächst auf 100 °C erhitzt. Im Autoklav (Hersteller Hebold, Nr. 51330-1), der als Konditionierer mit einem Dampfdruck von 0 bar eingestellt wurde, wurden verschiedene Zeiten von 0 bis 20 Minuten im fünf Minuten Abstand getestet. Wahlweise wurde noch ein Expander (Eigenbau der Fa. Kahl, OEE 8) noch verwendet und der Druck so eingestellt, dass Temperaturen von 100, 125 bzw. 145 °C am Expanderkopf erzielt wurden. Durch diese Variation wurde jede Sorte also 20 verschiedenen Aufbereitungsvarianten unterzogen (siehe Abbildung 5).

Weiterhin wurde ein Versuch mit ganzen und geachtelten Sojabohnen der Sorte Sultana durchgeführt, um die Größeneffekte auf Hitzeschädigungsparameter zu charakterisieren. Die ganzen Sojabohnen wurden in einem 100 Liter fassenden Dampfmischer (Eigenbau Fa. Kahl für das Technikum) behandelt. Hier wurden Behandlungszeiten von 0 bis 60 min in fünfminütigem Abstand getestet. Die geachtelten Sojabohnen wurden darüber hinaus im gleichen Versuchsdesign getestet, wie die vier Sorten. Jedoch wurden hier nur die Varianten 5 min, 10 min, 20 min, jeweils mit und ohne Expander getestet.

Die Temperaturen an den Geräten wurden mit Temperaturmessgeräten von AHLBORN ALMEMO 2020-1 gemessen. Die Feuchte der aufbereiteten VFP wurde mit dem Satorius Schnellbestimmer, Typ MA 150 C-000230V1, gemessen.

Alle Varianten wurden auf die in Kapitel 4.14.2 beschriebenen Parameter hin untersucht. Von der Sorte Merlin wurde zusätzlich aufbereitetes Material von neun Varianten (5 bis 20 Minuten) in fünfminütigem Abstand, jeweils mit und ohne Expander bei 125 °C) für einen Verdaulichkeits- und Mastversuch bei Broilern an der Bayerischen LfL in Kitzingen zur Verfügung gestellt.

Die statistischen Auswertungen wurden mit R (Version 3.0.1) durchgeführt, die Grafiken mit R (Version 3.0.1) und mit Excel 2003 erstellt.

4.16 Arbeitspaket 6c: Anforderung an die Tierfutterqualität von aufbereiteten Sojafuttermitteln

Bei der Bewertung von Sojafuttermitteln wurden Qualitätsanforderungen an aufbereitete Sojafuttermittel vorausgesetzt, wie sie in Kapitel 4.14.3 beschrieben sind.

Weiterhin wurde sich an den Inhaltsstoffen der verschiedenen Sojafuttermittel orientiert und auf die Tierarten eingegangen. Bei den Sojafuttermitteln wurde ein Schwerpunkt auf VFP und Sojakuchen gelegt, da für diese bisher kaum Fütterungsempfehlungen vorliegen.

In Zusammenarbeit mit Herrn Professor Bellof, von der Fachhochschule Weihenstephan (Fachgebiet Tierernährung) wurde eine Fütterungsfibel für die wichtigsten, landwirtschaftlichen Nutztierarten erstellt.

4.17 Arbeitspaket 6d: Entölung von Soja

Zur Ölgewinnung aus Sojabohnen mittels verschiedener Verfahren, wie der Hexanextraktion oder mechanischer Verfahren, wurde eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt. Eine Vorort-Besichtigung war nur bei einer Extraktionsanlage in Güssing in Österreich möglich. Von mechanischen Entölungsmöglichkeiten konnten vier unterschiedliche Anlagentypen besichtigt und über deren Funktionsweise und Verbesserungsmöglichkeiten mit dem Anlagenbetreiber diskutiert werden. Mit den Herstellern der Anlagen wurde zusätzlich Kontakt aufgenommen. Weitere Betreiber von Soja-Entölungsanlagen in Deutschland wurden befragt. Von einigen Betreibern wurden Proben von gewonnenem Sojaöl an verschiedenen Stellen im Prozess genommen und umfangreich auf die gängigsten Ölparameter hin untersucht. Auch der durch die Entölung entstehende Sojakuchen bzw. der Sojaschrot aus den Anlagen wurde auf gängige Inhaltsstoffen (siehe 4.14.2), vor allem den XL-Gehalt analysiert, um die Effizienz der Entölungsanlagen miteinander vergleichen zu können. Gleichzeitig wurde die für die Aufbereitungsqualität relevanten Qualitätsparameter mit erfasst (siehe 4.14.3) und beurteilt.

In Zusammenarbeit mit einem Anlagenbetreiber war es während der Projektlaufzeit möglich, die Umrüstung einer Rapsölkaltpresse zur Pressung für Soja zu begleiten. Um den Verschleiß in den umgerüsteten Pressen beurteilen zu können, wurden die Betreiber zu den Kosten und den Maßnahmen befragt, die sie ergriffen hatten, um den finanziellen Aufwand gering zu halten. Weiterhin wurden Pressenelemente dieser Anlagen beurteilt und mit Ölpresenherstellern diskutiert. Angebote zur besonderen Ausstattung mit gepanzerten Elementen in den Anlagen wurden eingeholt und begutachtet.

Zur Bewertung und dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit, wurden die energetischen Parameter und die Kosten der Entölung erfragt. Hier wurde die Art der Aufbereitung durch Analysen der Sojafuttermittel auf verschiedene Inhaltsstoffe (siehe Kapitel 4.14.2) nach den Qualitätskriterien (siehe Kapitel 4.14.3) begutachtet.

Zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der mechanischen Teilentölung von Sojabohnen mittels Rapsölpresen, wurden die Kosten der Entölung bei den Betreibern der Ölmühlen erfragt. Die Ölmühlen wurden weiterhin befragt, wie sie diese Kosten durch den Verkauf des Sojaöls erwirtschaften. Zusätzlich wurden Futtermittelhersteller und Landwirte zu der Verwendung von kaltgepresstem Sojaöl befragt.

4.18 Arbeitspaket 6e: Lagerung und Haltbarkeit aufbereiteter Sojaprodukte

Naturprodukte wie Sojabohnen haben durch die hydrothermische Aufbereitung zu Sojakuchen eine verminderte **Haltbarkeit** gegenüber dem Ausgangsprodukt. Es wurden Untersuchungen zur Haltbarkeit von verschiedenen hergestellten Sojakuchen (roh und aufbereitet), aufbereitetem Vollfettsoja, Sojaextraktionsschrot, rohen Sojabohnen und getoastetem Soja gemacht. Zusätzlich wurde die Haltbarkeit von kaltgepresstem Sojaöl untersucht. Zur Durchführung der Versuche wurden sechs verschiedene Aufbereitungsvarianten sowie eine Sojaölprobe in einem standardisierten Lager (Lagerung im Eimer in einer Halle, Öl im geschlossenen Kunststoffbehälter) gelagert und alle drei Monate auf Oxidationsverhalten, Temperatur, Wassergehalt, Bakterien und Pilzzahl untersucht. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes wurde untersucht und bewertet, wie lange und unter welchen Qualitätsverlusten die verschiedenen Sojaprodukte mit verschiedenen Fettgehalten gelagert werden können.

Durch die Aufbereitung der Sojafuttermittel sind deren Rieselfähigkeit und somit auch die Entnahme und die Lagerung in bereits vorhandenen Hochsilos eingeschränkt. Bislang werden daher hydrothermisch aufbereitete Sojaprodukte meistens nur in speziellen Flachlagern gelagert. Futtermittel, die durch eine unsachgemäße **Lagerung** leicht verderben können, verlieren in der Praxis schnell an Akzeptanz und werden nicht weiter verwendet. Das Wissen um die Haltbarkeit von aufbereiteter Vollfettsoja oder Sojakuchen ist ein wichtiges Kriterium für Landwirte, um einschätzen zu können, in welcher Zeit sie derartige Futtermittel aufbrauchen müssen. Um bei der Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland und damit einhergehenden Sojaverfütterung einer flachen Handhabung gegenzusteuern, sind Erkenntnisse zur optimalen Lagerung von aufbereiteten Sojaprodukten wichtig. Ziel war es, verbesserte Lagerungstechniken zu entwickeln, welche die Haltbarkeit der aufbereiteten Sojaprodukte, bei gleichzeitiger Erhaltung der hochwertigen Qualität und Inhaltsstoffe, verlängern können.

4.18.1 Haltbarkeitsversuch

Um Empfehlungen für die optimale Lagerungsdauer von aufbereiteten Sojafuttermitteln geben zu können, wurden acht verschiedene Sojafuttermittel über ein Jahr gelagert und regelmäßig bonitiert, fotografiert und analysiert. Wie sich die verschiedenen Sojafuttermittel in Bezug auf ihre Futtertauglichkeit bei fortdauernder Lagerung im Hinblick auf Aussehen, Geruch und verschiedene Verderbsparameter verändern, wurde festgehalten. Um praxisrelevante Bedingungen in Bezug auf Raumklima und Krankheitssporen zu erzeugen, fand der Versuch auf einem landwirtschaftlichen Betrieb in einem ehemaligen Getreidespeicher statt. Die Temperatur und die Luftfeuchte in dem Lager schwankten entsprechend dem jahreszeitlichen Verlauf der Außenverhältnisse. Die acht verschiedenen Futtermittel wurden in Kunststoffeimern mit Deckel gelagert. In Tabelle 39 sind die untersuchten Futtermittel (Versuchsvarianten), die untersuchten Parameter und die Häufigkeit der Beprobung aufgeführt:

Einmal monatlich wurden Proben von allen acht Futtermitteln entnommen und von einem Labor in Spanien (LABORATORIO DE MOURISCADE, VILANOVA, s/n, 36515 LALIN, Pontevedra) auf Peroxidzahl und Säurezahl untersucht.

Alle drei Monate wurden Untersuchungen zum Wasser bzw. Trockensubstanzgehalt, Pilz- und Bakterienkeimzahl sowie freie Fettsäuren über die Firma ASG (ASG Analytik-Service

Gesellschaft mbH, Trentiner Ring 30, 86356 Neusäss) durchgeführt. Zudem wurden Aussehen und Geruch der Futtermittel bonitiert und Fotos zur Dokumentation aufgenommen. Einmalig zu Versuchsbeginn wurden folgende Parameter bestimmt: Trypsininhibitoraktivität (TIA, TIU), Eiweißlöslichkeit in KOH, Ureaseaktivität, Weender-Analyse, AminoNiR bzw. AminoRed. Die Raumtemperatur, die Produkttemperaturen und die Luftfeuchte wurden mittels Datenloggern (Feuchtlogger PCE-HT110, Thermometerlogger PCE-T390) gemessen und aufgezeichnet. Die Proben wurden vor dem Versand an das untersuchende Labor nach einem einheitlichem Muster registriert, damit die Rückverfolgbarkeit gewährleistet war.

Tabelle 39: Versuchsplan zum Haltbarkeitsversuch

Kennnummer						Versuchsvariante	Herkunft der Futtermittel
	05.05.2012	04.08.2012	03.11.2012	02.02.2013	04.05.2013		
1.	1.	2.	3.	4.	5.	Sojakuchen (roh, entölt)	Asam
2.	1.	2.	3.	4.	5.	Sojakuchen (nach Entölung aufbereitet und gemahlen)	Asam
3.	1.	2.	3.	4.	5.	Sojaextraktionsschrot (GVO –frei)	Ovid, Ölmühle Mainz
4.	1.	2.	3.	4.	5.	Sojaöl	Asam
5.	1.	2.	3.	4.	5.	Sojakuchen von getoasteten Sojabohnen	Meika
6.	1.	2.	3.	4.	5.	Sojabohnen, aufbereitet, flockiert	Meika
7.	1.	2.	3.	4.	5.	Vollfettoja, aufbereitet, gemahlen	Asam
8.	1.	2.	3.	4.	5.	Sojabohnen (getoastet)	Stadlhuber
Probenentnahme ab 05.05.2012 – 04.05.2013 (einmal pro Monat)							
Parameter						Labor Mouriscade	
Peroxidzahl						Mouriscade	
Säurezahl						Mouriscade	
Probenentnahme ab 05.05.2012 – 04.05.2013 (alle 3 Monate)							
Parameter						Labor AGS	
Wasser bzw. Trockensubstanzgehalt, Pilzkeimzahl, Bakterienkeimzahl, freie Fettsäuren bezogen auf Originalsubstanz, freie Fettsäuren nach Ölextraktion						ASG	
Messung / Bonitur:							
Aussehen, Geruch, Fotodokumentation						FiBL	
Einmalige Bestimmung folgender Parameter zu Beginn des Versuchs						Labor Mouriscade und LfL	
Trypsininhibitoraktivität, (TIA, TIU), Eiweißlöslichkeit in KOH, Ureaseaktivität						Mouriscade am 05.05.2012	
Weender-Analyse						LfL am 05.05.2012	
AminoNiR – AminoRed						LfL	
Messungen/ Datenlogger							
Parameter:							
Raumtemperatur, Raumluftfeuchtigkeit						mittels Datenlogger	
Produkttemperaturen						Messung bei den 8 Versuchsvarianten, mittels Datenlogger (inkl. Fühler)	

Die Sojafuttermittel hatten z. T. einen relativ hohen Fettgehalt (siehe Tabelle 40). Die nicht entölte Futtermittel im vorliegenden Versuch hatten einen Fettgehalt zwischen 14 und 21 % der Trockenmasse (TM), die getoasteten Sojabohnen von 23% der TM, die entölte Futtermittel lagen zwischen 9 und 10 % der TM, der Sojaextraktionsschrot bei etwa 3 % der Trockenmasse.

Tabelle 40: Fettgehalte der verschiedenen Sojafuttermittel

Produkt	Fett in % der Trockenmasse
Sojakuchen roh, entölt (1)	8,98
Sojakuchen entölt, aufbereitet, gemahlen (2)	10,25
Sojaextraktionsschrot LP (3)	2,91
Sojaöl (4)	-
Sojakuchen (5)	13,54
Sojabohnen aufbereitet, flockiert (6)	23,01
Vollfettsoja aufbereitet gemahlen (7)	21,38
Sojabohnen, getoastet (8)	20,90

Fette unterliegen im Laufe der Zeit mannigfaltigen Veränderungen. Der Fettverderb findet im Wesentlichen auf zwei Arten statt: durch **Hydrolyse** und **oxidative Veränderungen** der Fettsäuren. Die Hydrolyse (Aufspaltung in Fettsäuren und Wasser) kann chemisch, enzymatisch oder mikrobiell verursacht sein (Kirchgeßner 1997). Im ersten Schritt des Fettverderbs werden die Fette (Triglyceride) unter Einfluss von Wasser (Hydrolyse) und dem fettspaltenden Enzym Lipase in Glycerin und freie Fettsäuren aufgespalten. Das Fett wird sauer, wodurch bereits Geruch und Geschmack beeinträchtigt werden. Im zweiten Schritt des Fettverderbs werden dann die freien Fettsäuren in Aldehyde und Ketone zersetzt (Gertz 2005). Oxidative Veränderungen erfolgen vor allem durch Autooxidation von mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Dabei entstehen zunächst Peroxide, in einem weiteren Schritt dann Aldehyde, Säuren und Polymerisationsprodukte, die in frischen Fetten nicht vorkommen (Kirchgeßner 1997).

Verdorbenes Nahrungsfett ist ranzig, riecht und schmeckt unangenehm und sollte auch aus gesundheitlichen Gründen nicht verfüttert werden. Fette verderben umso schneller, je weniger Antioxidantien, je mehr ungesättigte Fettsäuren und je höher ungesättigte Fettsäuren in ihnen enthalten sind. Ein möglichst niedriger Anteil an freien Fettsäuren ist entscheidend für die Qualität der Futtermittel (Gertz 2005).

Verderbparameter

Frische Fette sind nahezu säurefrei; die **Säurezahl (SZ)** ist ein Maß für den Gehalt an freien Fettsäuren bzw. für die Hydrolyse, die bereits stattgefunden hat. Sie steigt bei der Lagerung der Fette an Licht und Luft erheblich an. Ältere Fette werden zunehmend verseift; sie werden ranzig und sauer. Die Säurezahl SZ (oder Neutralisationszahl NZ) gibt an, wie viel Milligramm Kaliumhydroxid (KOH) zur Neutralisation der in 1 Gramm Fett enthaltenen freien Säuren erforderlich sind. Sind alle -COOH Gruppen im Öl nicht frei, sondern mit den -OH Gruppen des Glycerins abgesättigt – sind also nur Triglyceride vorhanden, so sollte die SZ = 0 ergeben. Je mehr freie -COOH Gruppen im Öl vorhanden sind, umso höher wird der Wert für die SZ. Je stärker die Säurezahl ansteigt, desto weiter ist der Verderb des Gutes fortgeschritten. Bis zu einer Säurezahl von 4 gelten native und nicht raffinierte Speisefette und -öle als einwandfrei (Heinz & Franke, 2007) (Leitsätze für Speisefette 2011).

Ein möglichst niedriger Anteil **freie Fettsäuren** ist entscheidend für die Qualität der Futtermittel (Heinz & Franke, 2007) (Leitsätze für Speisefette 2011).

Die **Peroxidzahl (POZ)** ist ein Maß für den Anteil von Peroxiden im Fett, welche durch oxidativen Fettverderb entstehen. (Sie beschreibt die Gesamtmenge an Substanzen in der

Fettprobe, ausgedrückt in Milli-Äquivalenten Sauerstoff je kg Fett, die unter bestimmten Analysebedingungen Kaliumiodid oxidieren). Einwandfreie Fette und Öle haben eine POZ < 6 (meist zwischen 0 - 3), bei einer POZ > 10 kann von einem oxidativen Verderb ausgegangen werden. Bei fortschreitender Oxidation zerfallen die Peroxide jedoch wieder und die Peroxidzahl nimmt daher wieder ab. Die Peroxidzahl ist somit nicht stabil. Die Säurezahl steigt hingegen an, wenn das Peroxid zerfällt (Leitsätze für Speisefette, 2011). Insofern gilt es die Entwicklung der Parameter im Gesamtgeschehen im Blick zu haben.

Futtermittel sind in unterschiedlicher Weise mit Mikroorganismen (Bakterien, Hefen, Schimmel- oder Schwärzepilze) besiedelt. Bestimmte Keimgruppen sind zum Zeitpunkt der Ernte vorhanden (Feldflora), durch Kontamination bei der Verarbeitung und Lagerung kann eine Sekundärflora hinzukommen (Lagerflora) (Richter et al. 2005). Die mikrobiologische Futtermitteluntersuchung (**Pilz- und Bakterienkeimzahl**) dient dazu, etwas über den Frischzustand und das Vorhandensein von gesundheitsschädigenden Keimen der Sojafuttermittel aussagen zu können. Dies wird anhand der Bakterien- und Pilzkeimzahl charakterisiert. Hierbei werden Unterscheidungen der Bakterien und Pilze nach bakteriellen und mykologischen Verderberregern gemacht, wobei diese von der sogenannten produkttypischen Flora, die als natürlicher Keimbesatz der Futtermittel angesehen werden kann, abgegrenzt werden. Mittels der Messung dieser mikrobiologischen Parameter kann festgestellt werden, ob sich bereits aerobe, mesophile Bakterien, Schimmel- und Schwärzepilze und/oder Hefen in den Futtermitteln vermehrt haben (Lufa 2012).

4.18.2 Lagerungsversuch

Futtermittel, die durch unsachgemäße Lagerung leichter verderben, verlieren in der Praxis schnell an Akzeptanz und werden nicht weiter verwendet. Ein wichtiger Aspekt neben der Haltbarkeit der Sojafuttermittel war daher die Untersuchung, wie aufbereitete Sojafuttermittel optimal gelagert werden können.

Ursprünglich war vorgesehen, ein Praxishandbuch auf Grundlage von Interviews mit Silobauern zu entwickeln. Nach ersten Recherchen und Gesprächen mit verschiedenen Silobauern, erschien ein Praxisversuch mit nur 1 - 2 verschiedenen Varianten jedoch wenig zielführend und die derart ermittelten Daten wenig belastbar. Mit labortechnischen Untersuchungen zur Ermittlung der Fließeigenschaften verschiedener Sojafuttermittel (Vollfettsoja und Sojakuchen) und zur verfahrenstechnischen Siloauslegung konnten hingegen dezidierte Spezifikationen für den Bau von Silos erstellt werden. Hierbei sollten die Fließfähigkeit, der Einfluss der Lagerzeit auf die Verfestigung des ruhenden Erntegutes und das Wandreibungsverfahren untersucht werden. Für die verfahrenstechnische Siloauslegung war es zunächst notwendig, die Fließeigenschaften des zu lagernden Schüttgutes zu ermitteln (z. B. Wandreibungswinkel, innerer Reibungswinkel, Schüttgutfestigkeit, Zeitverfestigung). Aufgrund dieser Daten ließen sich anschließend die oben genannten Daten, die der Siloauslegung zugrunde zu legen sind bestimmen (Neigungswinkel, Auslaufgrößen).

Anhand dieser Untersuchungen sollten Spezifikationen (mit Hauptabmessungen, Austragtechnik und evtl. Austraghilfen) für die Silogestaltung für Silobauer und Landwirte erstellt werden. Die beschriebenen Untersuchungen wurden von dem Ingenieurbüro Schwedes und Schulze, das über langjährige Erfahrung mit Schüttgütern und mit der Dosiertechnik verfügt, durchgeführt.

Zur Messung von Fließeigenschaften von Pulvern und Schüttgütern benutzt man **Schergeräte**. Die Messungen bezeichnet man als Scherversuche.

Abbildung 6 zeigt die Scherzelle eines Ringschergerätes. Die Schüttgutprobe befindet sich im Bodenring und ist vom Scherdeckel bedeckt. Der Scherdeckel ist mit einem Querträger verschraubt. Auf den Querträger wird mit einer vertikalen Kraft F_N gedrückt und so eine Vertikalspannung σ im Schüttgut erzeugt. Die im Schüttgut in Umfangsrichtung wirkende Schubspannung τ errechnet sich aus den Kräften F_1 und F_2 in den Zugstangen.

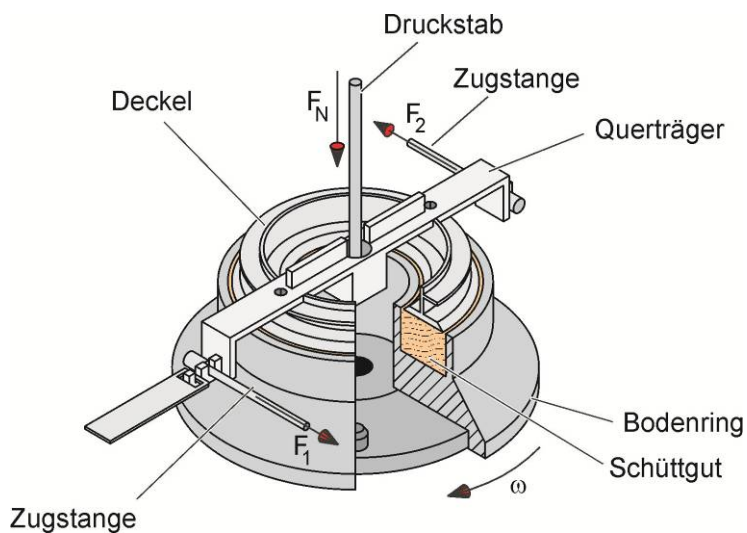


Abbildung 6: Scherzelle eines Ringschergerätes (Schwedens & Schulze, 2013)

Ein Scherversuch beinhaltet im Prinzip zwei Schritte: Im ersten Schritt wird eine Pulverprobe bei definierter Spannung verfestigt, im zweiten Schritt wird die Festigkeit gemessen. Zum Erreichen der Scherverformung (also zum "Scheren" der Probe) muss eine Schubspannung τ aufgebracht werden. Um die Pulverprobe zu verfestigen, wird sie zunächst bei einer größeren Normalspannung σ solange geschert, bis die Schubspannung τ konstant ist. Damit ist die größtmögliche Verfestigung bei der aufgegebenen Normalspannung erreicht. Anschließend wird die verfestigte Probe noch einmal geschert, aber unter einer kleineren Normalspannung.

Wandreibung

Die Wandreibung ist die Reibung zwischen einem Pulver und der Oberfläche eines Festkörpers, z.B. der Oberfläche einer Trichterwand. Zur Messung der Wandreibung wird das Pulver mit einer kleinen Geschwindigkeit v über eine ebene Probe der Oberfläche („Wand“) verschoben (Abbildung 7), wobei eine vertikal wirkende Normalspannung σ_w eingestellt wird. Gemessen wird die Schubspannung τ_w , die sich nach einer gewissen Zeit konstant einstellt.

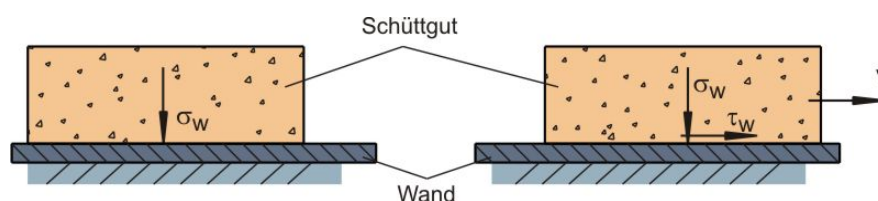


Abbildung 7: Wandreibungsmessung (im Prinzip) (Schwedens & Schulze, 2013)

Die Untersuchungen wurden bei einer Temperatur von ca. 22 °C und einer Luftfeuchtigkeit von ca. 50 % rF durchgeführt. Zur Charakterisierung der Probe im Anlieferungszustand wurde die Schüttdichte, das ist die Schüttgutedichte des unverdichteten Schüttgutes, ermittelt. Der Feuchtegehalt wurde durch Trocknung bei 106 °C in Anlehnung an DIN 51718 bestimmt. Er ist als der Gewichtsverlust bezogen auf das Ausgangsgewicht der Probe definiert (Gewichts-%).

Um die gemessenen Eigenschaften der beiden Produkte einordnen zu können, wurden im Folgenden so weit möglich Werte für Sojaextraktionsschrot angegeben. Grundlage sind verschiedene Untersuchungen, die die Firma Schwedes und Schulze in der Vergangenheit vorgenommen hatte.

Tabelle 41: Schüttdichte der locker aufgeschütteten Schüttgutprobe im Anlieferungszustand

	Aufbereitete Vollfettsoja	Sojakuchen in Schrotform	„Sojaextraktionsschrot“
Schüttdichte [kg/m ³]	560	540	450 – 600
Feuchtegehalt [Gew. %]	9,8	9,2	10 – 13

Der Feuchtegehalt von Sojafuttermitteln beträgt im Mittel üblicherweise ca. 10 %. Die Probe Sojakuchen hat daher einen etwas zu geringen Feuchtegehalt. In dem genannten Feuchtebereich ist zu erwarten, dass die Fließeigenschaften mit steigender Feuchte ungünstiger werden. Für Sojakuchen wurde ein Feuchtegehalt von 10,5 % durch die Zugabe einer entsprechenden Menge Wasser eingestellt.

Wird eine Schüttgutprobe nachträglich angefeuchtet, so ist oft zu beobachten, dass die Feuchte vornehmlich auf der Oberfläche der Partikel verteilt ist. Im Vergleich zu einem Partikel, bei dem die Feuchte in der Partikelstruktur eingebettet ist, sind eher ungünstigere Fließeigenschaften zu erwarten. Da momentan keine andere Probe beschafft werden konnte, wurde dennoch dieses Vorgehen gewählt.

Vorversuche zur Ermittlung der Probe mit den ungünstigeren Fließeigenschaften

Fließfähigkeit

Fließeigenschaften werden mit Schergeräten gemessen, indem eine Schüttgutprobe zunächst definiert verfestigt wird. Dies wird durch den Parameter „Verfestigungsspannung“ oder „größte Hauptspannung“ σ_1 beschrieben. Anschließend werden Punkte der Fließgrenze (sogenannter Fließort) der verfestigten Probe gemessen. Mit Hilfe dieser Messmethode lässt sich eine Reihe von Fließeigenschaften bestimmen, die jeweils für die eingestellte Verfestigungsspannung gelten [2]. Die Fließeigenschaften sind:

σ_c [Pa] Schüttgutfestigkeit bzw. Druckfestigkeit des Schüttgutes, nachdem es mit der Spannung σ_1 verdichtet wurde.

ffc [-] Verhältnis von σ_1 zu σ_c ; ffc ist ein Maß für die Fließfähigkeit eines Schüttgutes. Umso größer ffc ist, desto besser fließt ein Schüttgut.

ρ_b	[kg/m ³]	Schüttgutdichte
φ_e	[°]	Maß für den inneren Reibungswinkel beim stationären Fließen.
φ_{lin}	[°]	Steigungswinkel des als Gerade angenäherten (linearisierten) Fließortes
φ_{sf}	[°]	Innerer Reibungswinkel beim stationären Fließen

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Arbeitspaket 1a: Soja für die menschliche Ernährung

Materialentwicklung

Ausgangspunkt für eine erfolgreiche züchterische Weiterentwicklung der Sojabohne, um sie besser an unsere klimatischen Bedingungen anzupassen, ist die Schaffung von Variation für eine zielgerichtete Selektion verbesserter Stämme. Eine Möglichkeit, Variation zu erzeugen, besteht in der Durchführung von Kreuzungen zwischen unterschiedlichem Sojamaterial. Hierfür wurden im Projektverlauf (bzw. teilweise bereits vor Projektbeginn als Vorarbeit) zahlreiche Kreuzungen durchgeführt. Der am häufigsten genutzte Elter war die Sorte Primus, da diese einen hohen Proteingehalt und sehr gute Tofueigenschaften aufweist. Um Material für das Projekt zu entwickeln, wurden von der Landessaatzuchtanstalt mehr als 1100 Kreuzungen durchgeführt (siehe Tabelle 1). Davon waren über 200 erfolgreich und zeigten einen Samenansatz. Insgesamt konnten damit knapp 500 Kreuzungssamen erstellt werden. Hinzu kamen ca. 500 Kreuzungssamen, die im Winterzuchtgarten erstellt wurden. Dem Zuchtschema entsprechend wurde das Zuchtmaterial weitergeführt. Eine Aufschlüsselung über den Zuchtverlauf gibt Tabelle 2, die in Material und Methoden dargestellt ist. Erfreulicherweise konnten bereits 17 Stämme an private Pflanzenzüchtungsunternehmen abgegeben werden. Die Unternehmen werden diese weiter prüfen und gegebenenfalls zu Sorten anmelden. Nach Angaben der Unternehmen ist ein Stamm vorgesehen, in der Wertprüfung 2014 geprüft zu werden, weitere sind eventuell für 2015 in der Planung. Leider wurde die Linienentwicklung in 2013 durch die kühlen Witterungsbedingungen im Frühjahr, aber vor allem durch eine in diesem Umfang erstmalig aufgetretene Krähenschädigung des Zuchtgartens, Beobachtungsanbaus und der Leistungsprüfungen in Willstätt stark beeinträchtigt. Daher konnten in 2013 keine weiteren Linien an Pflanzenzüchtungsunternehmen abgegeben werden. Aus den neu durchgeführten Kreuzungen wurde eine Vielzahl an Linien entwickelt. Diese sollen von der UHOH in den nächsten Jahren weiter selektiert werden und an interessierte Pflanzenzüchtungsunternehmen abgegeben werden.

Leistungsprüfungen 2012

Die ersten im Projekt entwickelten Linien wurden 2012 in Willstätt und teilweise zusätzlich in Kleinhohenheim und Hohenheim (konventionell) in Leistungsprüfungen auf ihre agronomischen Leistungen untersucht. Auszugsweise hier dargestellt sind die Ergebnisse der Linien, die an allen drei Orten in zwei Prüfungen (frühes und späteres Set) geprüft wurden. Es zeigte sich, dass für zahlreiche Merkmale signifikante Unterschiede zwischen den erstellten Linien zu finden waren (siehe Tabelle 42 und Tabelle 43). Damit wurde gezeigt, dass eine Selektion auf die genannten Merkmale aussichtsreich ist.

Tabelle 42: Varianzkomponenten (V) und Heritabilität für die dargestellten Merkmale im frühen Set

Merkmal	Ertrag		TS-Gehalt		Proteingehalt		Proteinertrag		Tofuausbeute [#]		Tofufestigkeit [#]	
	FG	V	FG	V	FG	V	FG	V	FG	V	FG	V
Umwelt	2	45,47**	2	9,55**	2	3,86**	2	5,71**	1	16,88**	1	62,76**
Genotyp	24	6,55*	24	0,77**	24	4,01**	24	0,91*	24	232,9**	24	29,11*
Umwelt x Genotyp	48	14,19**	48	0,58**	48	0,08	48	1,56**	24	0	24	7,81
Fehler	54	9,87	47	0,55	47	0,21	55	1,44	31	71,87	31	48,43
Heritabilität (%)		45,0		67,1		97,6		47,5		89,9		50,9

*, ** Schätzwert signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% bzw. 1% (F-Test), [#] nur an zwei Orten.

Tabelle 43: Varianzkomponenten (V) und Heritabilität für die dargestellten Merkmale im späten Set

Merkmal	Ertrag		TS-Gehalt		Proteingehalt		Proteinertrag		Tofuausbeute [#]		Tofufestigkeit [#]	
	FG	V	FG	V	FG	V	FG	V	FG	V	FG	V
Umwelt	2	38,07**	2	0,22*	2	1,45**	2	2,19**	1	0	1	0
Genotyp	39	13,27**	39	4,90**	39	2,79**	39	1,78**	37	62,96*	37	29,32*
Umwelt x Genotyp	77	11,53**	77	0	77	0,19	77	1,82**	37	30,62	37	31,86**
Fehler	76	9,60	68	2,70	82	0,78	82	1,55	54	76,87	53	23,28
Heritabilität (%)		65,3		84,7		89,5		61,2		53,9		51,5

*, ** Schätzwert signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% bzw. 1% (F-Test), [#] nur an zwei Orten.

Leistungsprüfungen 2013

Die in Willstätt ausgesäten Leistungsprüfungen wurden innerhalb eines Wochenendes von einem Krähenschwarm nahezu vollständig zerstört. Daher können keine Ergebnisse dargestellt werden. Die Leistungsprüfungen in Kleinhohenheim konnten witterungsbedingt erst spät und unter suboptimalen Bedingungen gesät werden. Dadurch entwickelten sich die Pflanzen nur zögerlich und zeigten eine deutlich verzögerte Abreife. Auch im Herbst waren die Witterungsbedingungen so schlecht, dass eine Mähdruschernte nicht durchgeführt werden konnte. Um das Material weiterführen zu können, wurde daher je Parzelle eine Reihe per Hand geerntet. Daher liegen von diesem Standort nur Ergebnisse zum Protein- und Ölgehalt der Linien vor (siehe Abbildung 48 und Abbildung 51). Ertragsergebnisse und Trockensubstanzgehalte konnten nicht erhoben werden. Erstaunlicherweise waren die Proteingehalte im frühen und späten Set sehr hoch. Wie erwartet war die Korrelation zwischen Protein- und Ölgehalten negativ ($r^2 = -0,83$ im frühen und späten Set).

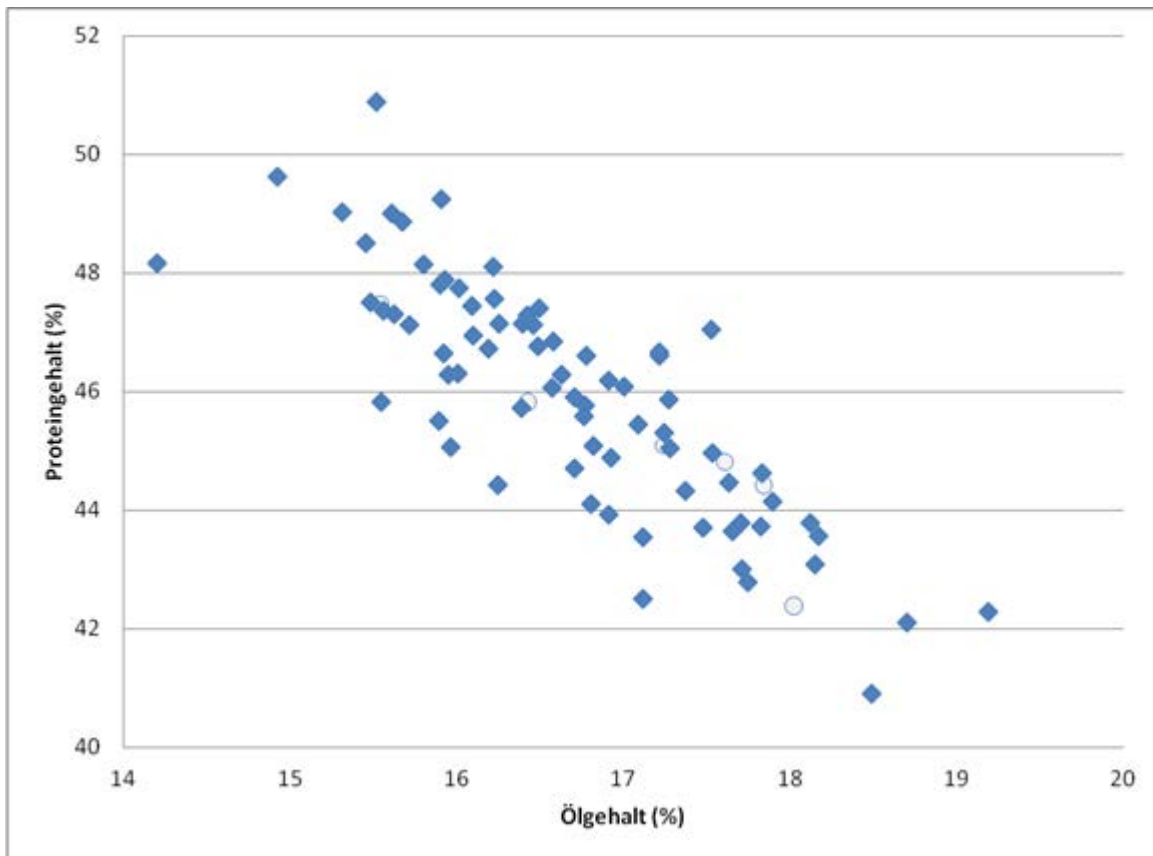


Abbildung 8: Öl- und Proteingehalte der geprüften Linien (Quadrate) und von Standardsorten (Kreise) in Kleinohohenheim 2013 (frühes Set).

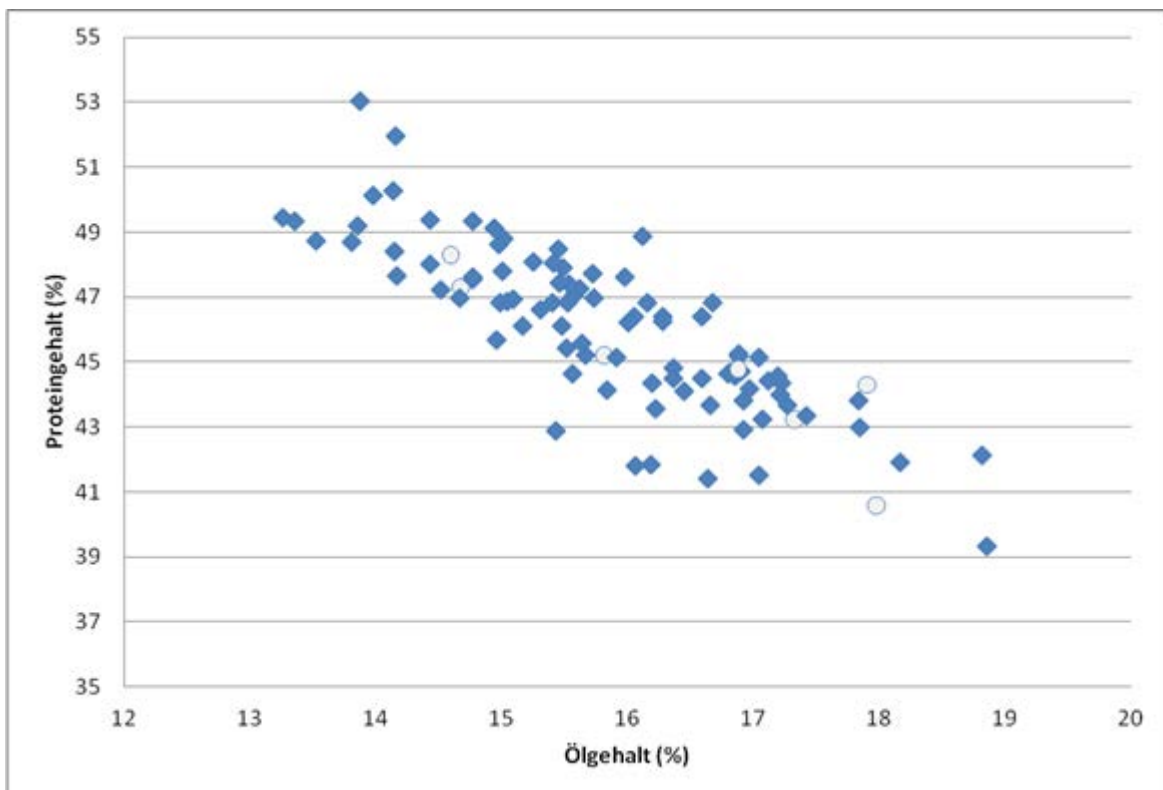


Abbildung 9: Öl- und Proteingehalte der geprüften Linien (Quadrate) und von Standardsorten (Kreise) in Kleinohohenheim 2013 (spätes Set).

Untersuchungen zur Tofu-Qualität

Von selektierten Linien wurden die Tofu-Eigenschaften beim Kooperationspartner Taifun-Tofu untersucht. Die Heritabilität und Varianzkomponenten für die Tofu-Festigkeit und -ausbeute der Untersuchungen von 2012 sind in Tabelle 42 und Tabelle 43 angegeben. Um herauszufinden, ob **zugelassene Sorten** ausreichende Tofueigenschaften aufweisen, wurden auch Sorten auf ihre Qualitätseigenschaften untersucht (siehe Abbildung 10). Hierbei zeigte sich, dass die meisten Sorten entweder eine zu geringe Ausbeute (weniger als 2,3 kg Tofu aus 1 kg Soja) und/oder eine zu geringe Festigkeit (< 75 N) aufwiesen. Von den geprüften Sorten wiesen vier gute Tofuqualitäten auf: Alma Ata, Cardiff, Korus und Silesia. Diese werden zukünftig in die Kreuzungsprogramme aufgenommen.

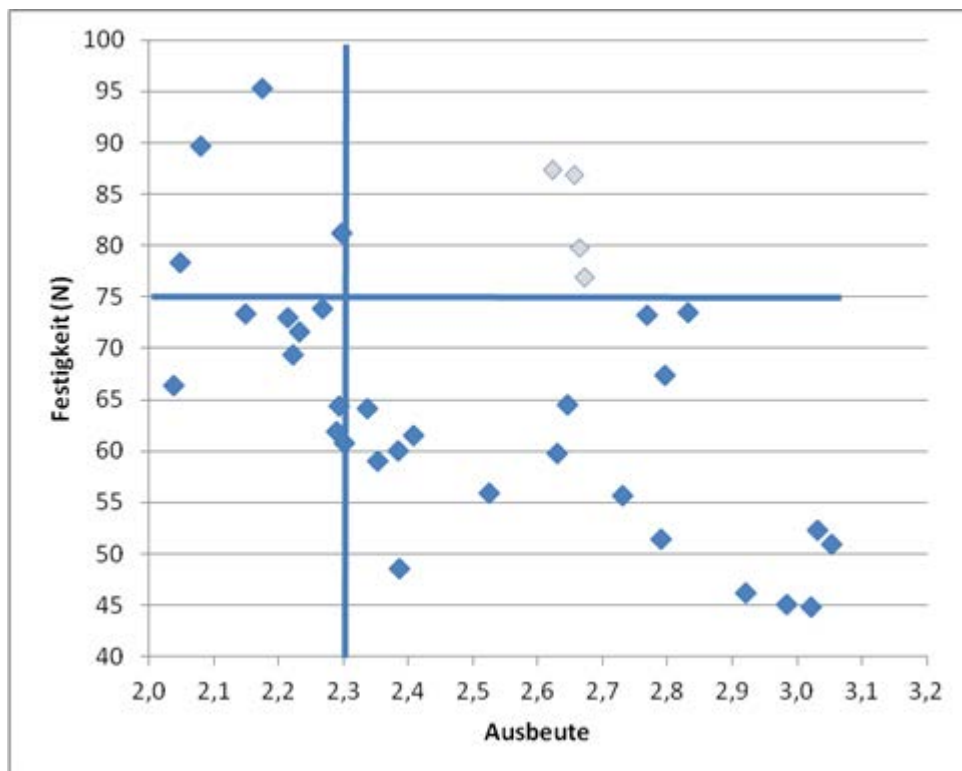


Abbildung 10: Tofuqualität zugelassener Sorten, Anbau Willstätt 2012, oben rechts (helle Quadrate) die Sorten mit guter Tofuqualität

Aufgrund des Vogelfraßes der Leistungsprüfungen und des Zuchtgartens 2013 wurden Linien aus dem konventionellen Zuchtprogramm der Landessaatzuchtanstalt an Taifun-Tofu abgegeben. Hier wurden 429 Linien untersucht, davon 71 als Doppeluntersuchungen. Die Ergebnisse sind auszugsweise in Abbildung 11 dargestellt.

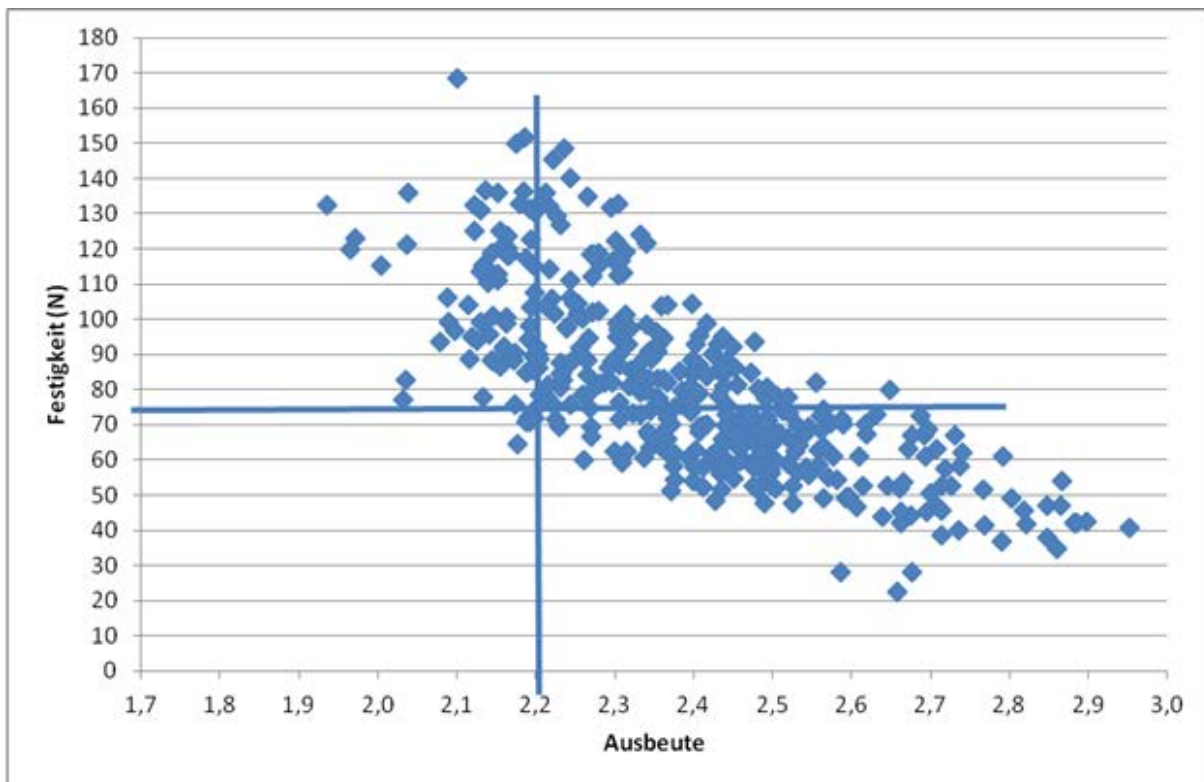


Abbildung 11: Tofuqualität der untersuchten Linien, Linien mit guter Tofu-Qualität sind oben rechts dargestellt.

Einige Linien wurden gefunden, die eine geeignete Tofu-Qualität aufwiesen (Ausbeute mehr als 2,2 kg Tofu je kg Soja, Festigkeit > 75 N). Da die Witterungsbedingungen in 2013 nicht repräsentativ waren (beispielsweise wies die Standardsorte Primus auch unterdurchschnittliche Ausbeuten auf), sollen die besten Linien 2014 nochmals in Feldversuchen geprüft werden. Anschließend ist geplant, auch diese Linien wieder den Pflanzengüternfirmen zur Sortenweiterentwicklung anzubieten.

Diskussion

Die für die Tofuherstellung gewünschten Eigenschaften konnten durch Kreuzungen mit der Sorte Primus auf die Kreuzungsnachkommen übertragen werden. Die ermittelten Heritabilitäten und signifikanten Unterschiede zwischen den Linien zeigen, dass eine Züchtung auf diese Merkmale möglich ist. Allerdings erfordert dies eine Selektion zahlreicher Nachkommen, um die gewünschte Kombination der Merkmale erreichen zu können. Im ersten Schritt ist es gelungen, die Tofuqualität mit verbesserter Frühreife zu kombinieren. Durch weitere Kreuzungen und Selektion muss jetzt der Ertrag weiter verbessert werden. Interessanterweise trat wesentlich mehr Variation der Kreuzungsnachkommen auf, als zuvor vermutet. Daher musste nicht auf genetische Ressourcen oder Material aus anderen Reifegruppen zurückgegriffen werden, um die zur Selektion erforderliche Variation zu erhalten.

Die Selektion auf Tofuqualität bleibt allerdings weiter arbeitsintensiv, da keine NIRS-Kalibration für die Qualitätsparameter erstellt werden konnte, die eine Vorselektion auf die gewünschten Eigenschaften ermöglicht. Hier ist weiterer Forschungsbedarf notwendig. Wünschenswert wäre auch, weitere Untersuchungen zur Genetik dieser Eigenschaften durchzuführen, um den Zuchtgang optimieren zu können. Eventuell ist es möglich, durch eine markergestützte

Selektion einen rascheren Zuchtfortschritt erzielen zu können, indem nur solche Nachkommen weitergeführt werden, die anhand der Markeranalysen die gewünschten Merkmale aufweisen.

Das große Interesse der Zuchtfirmen an dem entwickelten Material zeigt, dass die im Projekt entwickelten Stämme und Kreuzungsnachkommenschaften eine Basis für den Aufbau einer eigenständigen deutschen (europäischen) Sojazüchtung darstellen können. Der Verlust des Zuchtgartens und der Leistungsprüfungen durch Vogelfraß im Jahr 2013 verhinderte, dass weitere Stämme abgegeben werden konnten. Die Linien werden jedoch, soweit aus Haushaltsmitteln der Landessatzuchtanstalt von UHOH möglich, zumindest teilweise in 2014 erneut angebaut und der privaten Pflanzenzüchtung angeboten. Daher ist zu erwarten, dass aus diesem Projekt weiteres sortentaugliches Material weitergeführt wird, das dann nach Abschluss der Wertprüfungen als Sorten der Landwirtschaft zur Verfügung gestellt werden kann.



Abbildung 12: Große Variation in der Reife von Kreuzungsnachkommen derselben Ausgangskreuzung.

5.2 Arbeitspaket 1b: Soja für die Futternutzung

5.2.1 Kühletoleranz (Uni Göttingen)

2011

Die Wahl der Umwelten war sehr günstig: In allen Versuchen wurden im Bestand Temperaturen um den Nullpunkt erreicht; in der Umwelt mit dem größten Kältestress (Frühsaat Deppoldshausen) bis zu $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Etablierung der Versuche war durch das extrem trockene Frühjahr sehr arbeitsaufwändig.

2012

Die Versuche konnten sinnvoll durchgeführt werden. Auf dem Reinshof sank die Temperatur bis auf $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sehr geringe Frostschäden), in Deppoldshausen gab es mehrere Frostereignisse mit Temperaturen bis $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (starke Schäden). Die Selektionsumwelt 2011 hatte im Durchschnitt der Nachkommenschaften innerhalb einer Population keinen eindeutig gerichteten Effekt auf den Samenertrag im Mittel über beide Prüfumwelten; es wurde im Mittel kein signifikant positiver Effekt der Selektion bei starkem Kühlestress gefunden (Abbildung 13) Allerdings stammten 20 der 28 für 2013 selektierten Nachkommenschaften von 2011 in Deppoldshausen selektierten Einzelpflanzen ab.

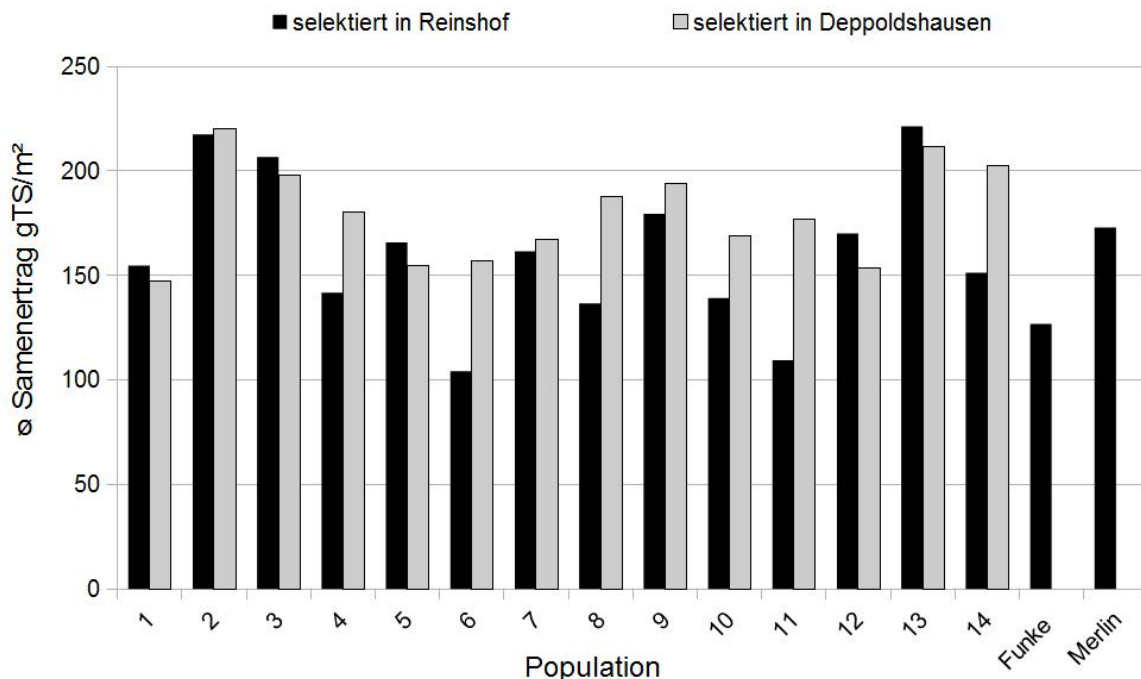


Abbildung 13: Durchschnittliche Samenerträge 2012 Reinshof und Deppoldshausen: Vergleich der Selektionsumwelten 2011

2013

Die Selektion auf Frosttoleranz 2012 hatte keinen Effekt auf die Ausprägung der Frostschäden in 2013 im Durchschnitt der selektierten Nachkommenschaften (Abbildung 14). Tendenziell hatten die positiv auf Frosttoleranz selektierten Genotypen einen Vorteil im Samenertrag, dieser konnte jedoch statistisch nicht abgesichert werden. Signifikante Unterschiede in der Ausprägung der Frostschäden konnten jedoch bei den Vergleichssorten Funke und Merlin festgestellt werden (Abbildung 14), und zwar für alle 3 Versuchsjahre.

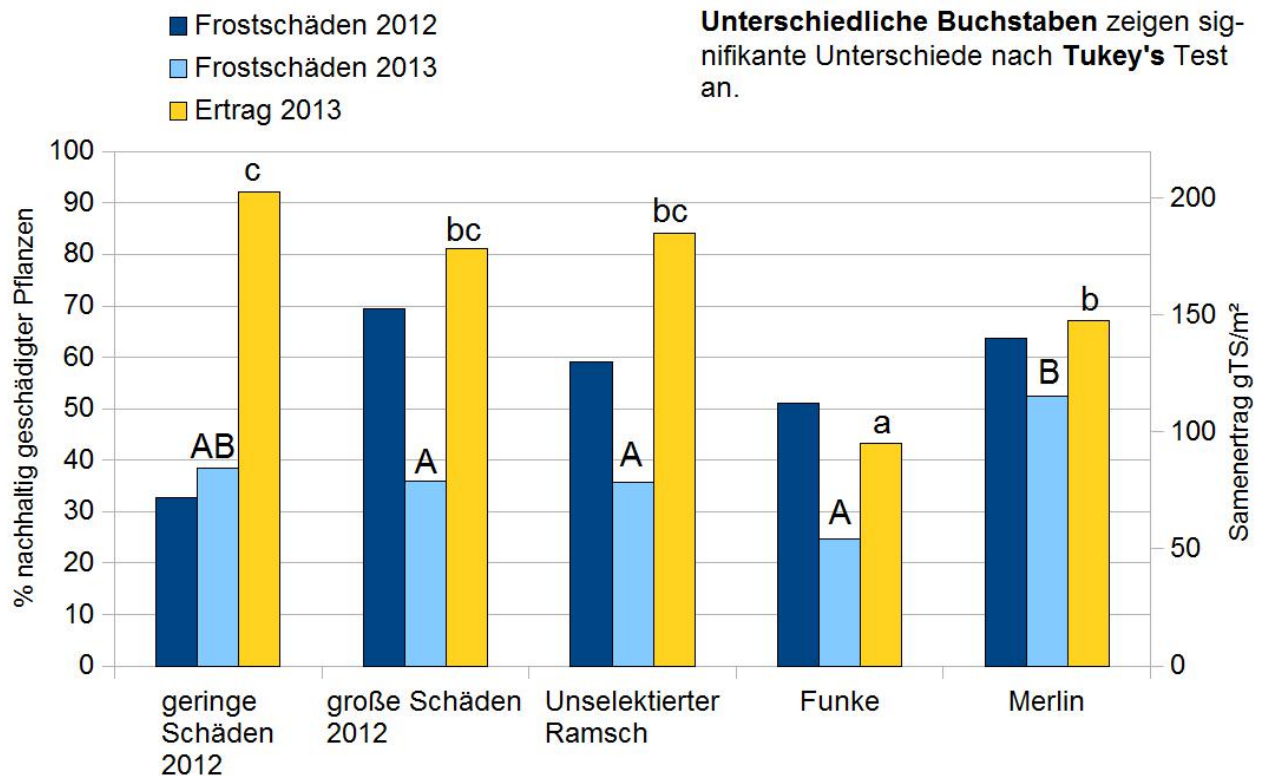


Abbildung 14: Ausprägung der Frostschäden in Deppoldshausen 2013

In 2013 konnte festgestellt werden, dass erfolgreich Genotypen selektiert worden waren, die sich in der Frühreife nicht signifikant von der bekannten und weit verbreiteten Standardsorte Merlin unterscheiden, aber signifikant ertragreicher waren. Einige unselektierte Ramsche erzielten unerwartet sehr hohe Erträge, reiften aber zumeist nicht rechtzeitig ab (Abbildung 14). Aufgrund der geringen Zahl von Versuchsgliedern und einer relativ großen Streuung der Standardsorten ist der Versuchsfehler recht hoch; siehe Grenzdifferenz in (Abbildung 15).

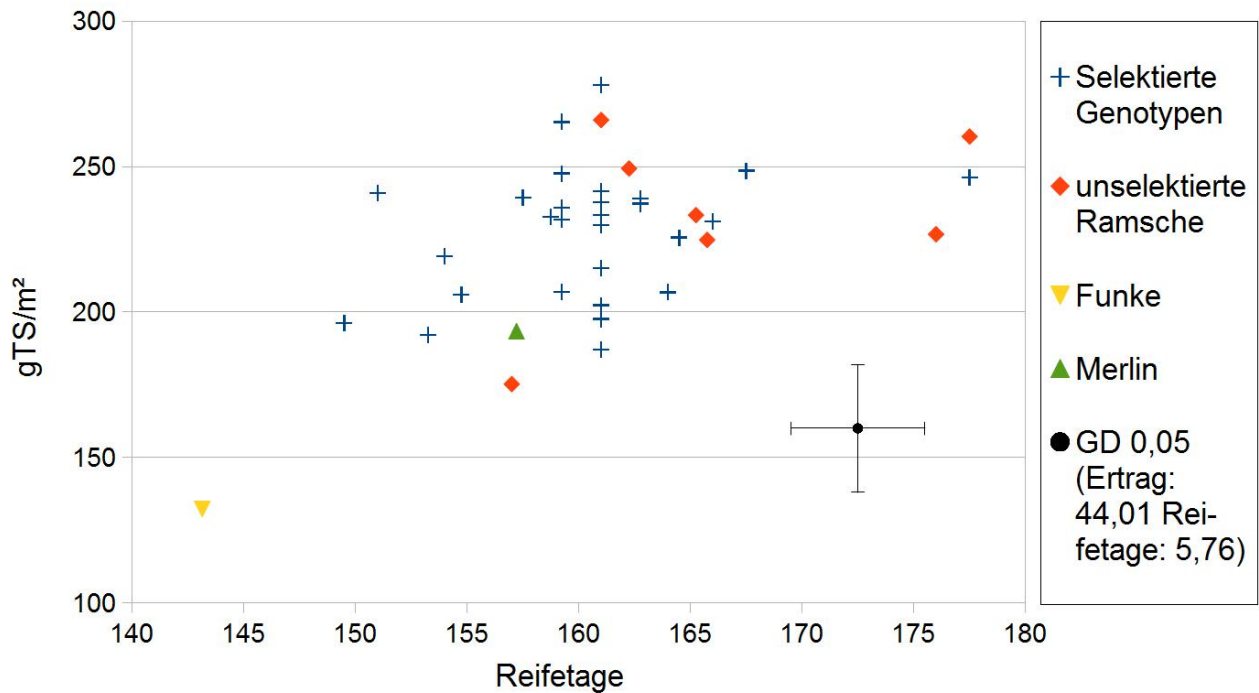


Abbildung 15: Durchschnittliche Samenerträge Reinshof und Deppoldshausen versus Tage bis Reife 2013

Im zweiortigen Test 2013 hatte die Selektion Deppoldshausen einen signifikant höheren Samenertrag, als die Selektion Reinshof; überraschenderweise unterschied sich die Leistung der Ramsche nicht von den selektierten Nachkommenschaften (Abbildung 16).

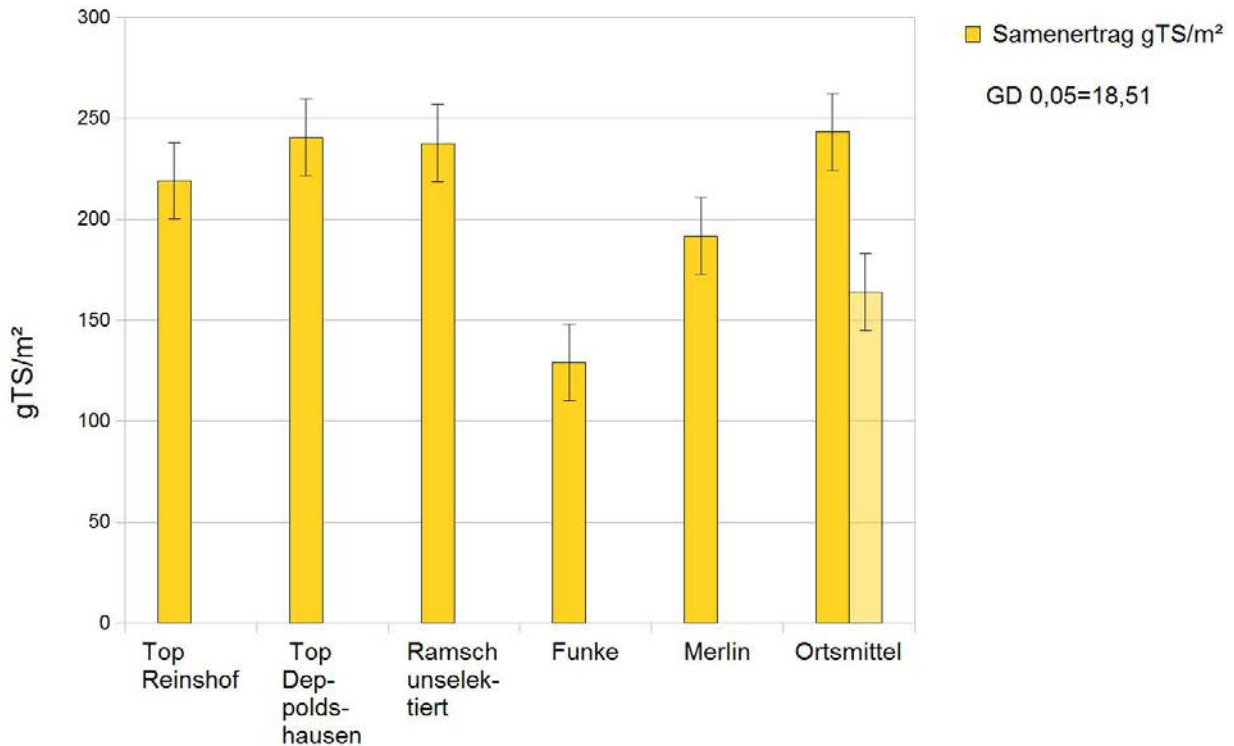


Abbildung 16: Vergleich der Selektionsumwelten 2012 in 2013 Anhand der Samenerträge. Ortsmittel: Links Reinshof, rechts Deppoldshausen.

Das ergänzende Screening 2013 von 230 Genotypen genetischer Ressourcen ergab große Unterschiede in der Aufgangsgeschwindigkeit – 19 bis 30 Tage von Saat bis zum Erreichen von BBCH 10 - und der Jugendentwicklung. Für den Deckungsgrad in der Jugendentwicklung bzw. Tage bis Reihenschluss ist eine große genetische Variation vorhanden. Die Frosttoleranz konnte in Deppoldshausen erfasst werden: Beobachtet wurden 0 % bis 86 % nachhaltig frostgeschädigte Pflanzen.

Die erfassten großen Unterschiede sind viel versprechend, beruhen aber nur auf einer bzw. zwei Wiederholungen.

Fazit

Die praktische Selektion auf Kältetoleranz war erfolgreich: Es wurden mit Blick auf Frühzeitigkeit und Ertrag leistungsfähigere Genotypen als Merlin gefunden. Unselektierte Ramsche verfügten überraschender Weise über ein hohes Ertragsniveau, allerdings bei häufig verzögerter Abreife. Das untersuchte Selektionsschema mit einmaliger Selektion von Einzelpflanzen kann nicht empfohlen werden.

Während auf dem Reinshof fast keine Frostschäden auftraten, waren sie in Deppoldshausen in allen drei Projektjahren erheblich und führten zum Absterben vieler Pflanzen. Diese Umwelt eignete sich für die Phänotypisierung. Frostschäden in der Jugendentwicklung konnten an Einzelpflanzen im Feldversuch einfach erfasst werden. Im Feldversuch ist es allerdings schwierig,

zwischen den Faktoren Temperaturbedarf bei der Keimung und Kälteschäden zu unterscheiden.

Genotypische Unterschiede in der Frosttoleranz sind vorhanden. Um sie zu erfassen, muss aber mit einer größeren Zahl von Wiederholungen bzw. mehr Prüferten gearbeitet werden. Die Ortswahl ist schwierig und die häufig geringe Saatgutverfügbarkeit von Zuchtmaterial ein Engpass.

Eine umfangreichere Auswertung wird durch je eine im Projekt durchgeführte Master- und Bachelorarbeit zur Verfügung stehen, die 2014 abgeschlossen werden:

David Gloger: „Selektion auf Frost- und Kältetoleranz von Soja“

Steffen Tackmann: „Frühsaattoleranz verschiedener Genotypen von Soja“

Im Rahmen der Master-Arbeit von Philippe Lavandier "Auftreten und Bedeutung von Pilzkrankheiten an Sojabohnen unter europäischen Anbaubedingungen" in der Abteilung für Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen wurden die Versuche in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode begangen und beprobt. Die Arbeit soll im Frühjahr 2014 abgeschlossen werden.

5.3 Arbeitspaket 1c: Strategien zur Selektion auf Kühle- und Unkrauttoleranz und zur Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien - Optimaler Wuchstyp und Selektionsmethodik für Beikrauttoleranz (Uni Göttingen)

2011

Die Varianzanalyse zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Varianten in allen Merkmalen außer Höhe Soja am 5.7.2011 (Tabelle 44). Proteix reagierte mit geringerer Ertragsdepression auf Beikrautkonkurrenz als Merlin.

Die Gemengesaat von Beikraut und Soja ist ein geeignetes Mittel zur Etablierung von Versuchspartellen; die spätere Aussaat des Beikrautes ist erheblich aufwändiger und unsicherer. Unterschiedliche Kulturpflanzen können verwendet werden, um Beikrautkonkurrenz in der Jugendentwicklung (Winterroggen, Winterraps), in der Mitte der Saison (Sommerweizen, Senf, Buchweizen, Kolbenhirse, Phacelia) und am Ende (Buchweizen, Phacelia) zu induzieren. Um Beikrautkonkurrenz über die ganze Saison zu induzieren und weil die Entwicklung der verwendeten Kulturpflanzen stark temperaturabhängig ist, wurden in den Versuchen 2012 Mischungen verschiedener Beikräuter verwendet.

Tabelle 44: Reaktion der Soja-Sorten Merlin und Proteix auf Konkurrenz mit verschiedenen Kulturpflanzen als Beikräuter im Jahr 2011

	Höhe Soja am 5.7. in cm	Höhe Beikraut am 5.7. in cm	Höhe Soja am 2.8. in cm	Höhe Beikraut am 2.8. in cm	Lager am 22.9. ¹⁾	Ertrag in g	TKG in g
Saat im Gemenge 11.5.							
Merlin beikrautfrei	34,0	0,0	76,0	0,0	2,0	2132	190,6
Merlin + Leindotter	33,5	58,5	75,0	69,5	1,0	1868	194,5
Merlin + Winterroggen	30,5	24,0	55,5	0,0	1,0	1826	206,6
Merlin + Winterraps	33,5	32,0	62,5	10,8	1,0	1608	208,8
Merlin + Senf	35,5	75,0	62,5	86,0	1,0	871	206,9
Merlin + Buchweizen	37,0	87,0	75,0	108,0	1,0	782	186,5
Proteix beikrautfrei	32,5	0,0	80,0	0,0	7,5	2144	176,5
Proteix + Leindotter	33,0	55,0	80,5	69,0	6,0	1925	177,4
Proteix + Winterroggen	29,0	25,5	60,5	0,0	3,5	2237	180,8
Proteix + Winterraps	29,5	34,5	67,5	7,5	3,5	2139	186,8
Proteix + Senf	33,0	79,0	64,5	78,5	2,5	1301	190,1
Proteix + Buchweizen	35,0	86,0	82,0	104,5	2,0	1195	174,8
Beikraut Einsaat 1.6.							
Merlin beikrautfrei	35,5	0,0	79,0	0,0	1,5	2170	200,5
Merlin + Leindotter	36,5	14,5	79,5	0,0	1,5	2113	189,0
Merlin + Winterroggen	32,5	18,5	71,5	0,0	1,0	2043	202,7
Merlin + Winterraps	36,0	17,0	81,0	0,0	1,0	2129	199,7

	Höhe Soja am 5.7. in cm	Höhe Beikraut am 5.7. in cm	Höhe Soja am 2.8. in cm	Höhe Beikraut am 2.8. in cm	Lager am 22.9. 1)	Ertrag in g	TKG in g
Merlin + Senf	34,0	39,5	75,5	78,0	1,0	2080	208,1
Merlin + Buchweizen	34,5	38,5	83,0	88,0	2,5	1822	196,5
Proteix beikrautfrei	32,5	0,0	83,0	0,0	7,5	2208	175,1
Proteix + Leindotter	33,0	19,0	79,0	0,0	7,5	2031	179,6
Proteix + Winterroggen	32,5	18,5	75,0	0,0	7,0	2229	171,9
Proteix + Winterraps	33,5	16,5	80,5	0,0	8,0	2056	175,6
Proteix + Senf	31,5	39,0	77,0	79,5	7,0	2072	180,6
Proteix + Buchweizen	31,5	30,5	76,5	81,5	7,0	1959	173,6
Mittel	33,31	33,67	74,25	35,86	3,52	1872,5	188,88
Grenzdifferenz bei p=0,05	5,55	5,73	10,11	10,22	2,68	328,3	12,65
Nur 1 Wiederholung							
Saat im Gemenge 11.5.							
Merlin + nat. Beikraut	33	60	59	*	1	1404	209,4
Proteix + Wegwarte	29	28	70	0	7	2377	175,1
Merlin + Einkorn	35	60	70	*	1	1910	204,3
Proteix + Sommerweizen	38	66	69	88	3	1507	190,8
Merlin + schwarzer Senf	38	62	66	*	1	1455	223,9
Merlin + Kolbenhirse	38	55	80	106	1	1377	193,1
Merlin + Phacelia	35	55	65	92	1	636	201,7
Beikraut Einsaat 1.6.							
Merlin + nat. Beikraut	32	57	63	135	1	1334	208,0
Proteix + Wegwarte	30	12	74	0	7	2328	175,4
Merlin + Einkorn	34	57	83	0	1	2092	210,4
Proteix + Sommerweizen	31	13	78	0	4	2100	175,0
Merlin + Kolbenhirse	30	18	76	0	1	2008	204,2

1) 1= kein Lager, 9= alles lagert.

* = fehlender Wert

2012 und 2013

Reifen Genotypen später als Merlin, gefährdet Mäusefraß an reifen Samen die Versuche.

Die Gemenge waren so ausgewählt, dass Konkurrenz in der Jugendentwicklung (Winterroggen, Winterraps), in der Mitte der Saison (Sommerweizen, Senf, Buchweizen, Kolbenhirse, Phacelia) bis zum Ende der Entwicklung (Buchweizen, Phacelia) induziert werden sollte.

Das Gemenge mit Getreide sollte mäßigen und das Gemenge mit Phacelia u. a. starke Konkurrenz durch Beikräuter induzieren. Das untersuchte Verfahren hat beide Anforderungen erfüllt. Abbildung 17 verdeutlicht, dass die Beikrautkonkurrenz in beiden Versuchsjahren trotz der in den Ertragsdaten gespiegelten sehr unterschiedlichen Wachstumsbedingungen zu verringerter Biomasse ab der Jugendentwicklung, reduziertem Lichteinfall und Ertrag führte.

Das Beikrautgemenge Getreide verringerte den Soja-Samenertrag auf ca. 75 % und das Beikrautgemenge Phacelia u. a. auf knapp 50 %.

Die Verwendung von Mischungen verschiedener Beikräuter hatte einen zusätzlichen Vorteil: 2012 war der Buchweizen überwiegend erfroren und 2013 wurde der Raps stark durch Fraß an den Blättern geschädigt, trotzdem funktionierte in beiden Fällen die Induktion von Beikrautkonkurrenz.

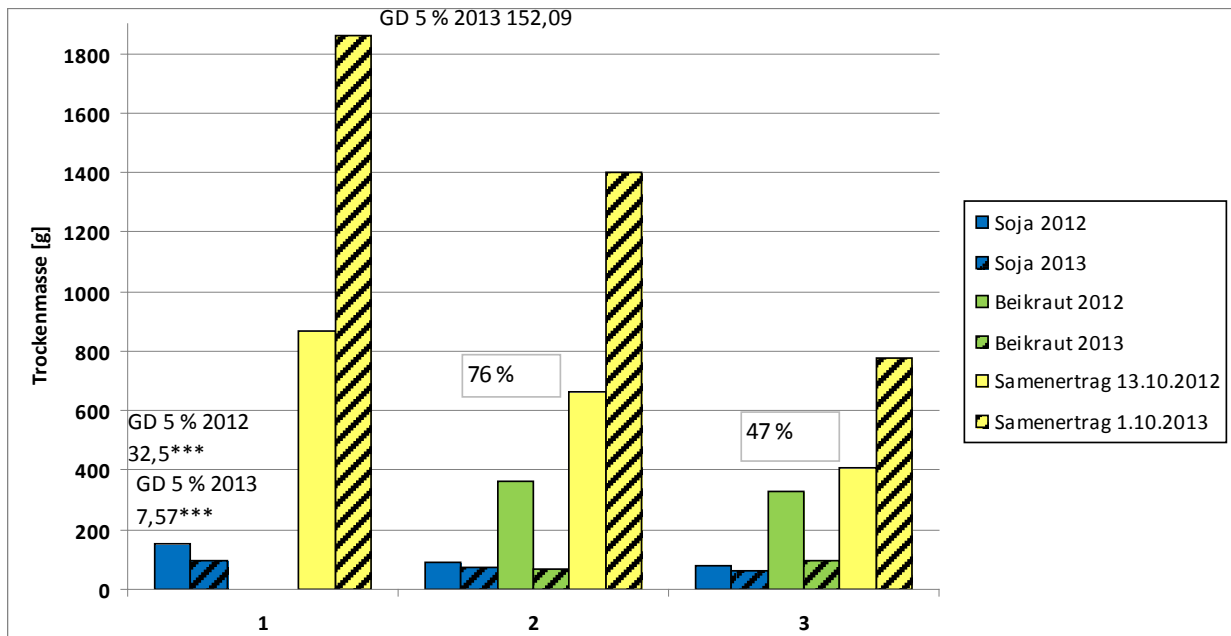


Abbildung 17: Vergleich von Biomasse und Samenertrag 2012 und 2013 (1 = Beikrautfrei, 2 = Getreide, 3 = Phacelia u.a.).

Zur Identifikation des idealen Wuchstyps bzw. idealer Wuchstypen ergaben sich aus den Versuchen Hinweise, aber keine abschließenden Empfehlungen. Es gab zwischen den ausgewählten Genotypen signifikante Unterschiede in den vermutlich relevanten Merkmalen Blattfläche, Zahl der Seitentriebe, Wuchshöhe und, dadurch bedingt, der Absorption des einfallenden Lichts. Die Genotypen reagierten mit signifikant unterschiedlicher Ertragsreduktion auf die Beikrautkonkurrenz (Abbildung 18 und Tabelle 45). Im Folgenden sind einige Aspekte dargestellt:

Als ein wichtiges Merkmal in Hinblick auf Beikrauttoleranz kann die Höhe angesehen werden. Soja-Genotyp Proteix und 73 haben in beiden Jahren trotz Beikrautkonkurrenz im Gemenge relativ gute Werte erzielt. Im Gemenge hat Proteix 76 % bzw. 83 % mit Beikraut Getreide und Genotyp 73 hat 93 % bzw. 70 % des Samen-Ertrages in Reinsaat erreicht. Mit Beikraut Phacelia u. a. hat Proteix in beiden Jahren 52 % erreicht und war bei den Messungen der höchste Genotyp. Genotyp 73 hat 66 % bzw. 39 % des Ertrags erzielt und war bei allen Messungen einer der drei höchsten Genotypen. Auch die Blattfläche ist ein wichtiges Merkmal. Auch hier hatte Proteix mit 137 cm² die größte und Genotyp 73 mit 136 cm² die zweitgrößte Fläche pro Blatt. Im Gegensatz zu diesen beiden Genotypen waren Blattfläche und Wuchshöhe von Klaxon gering; die relativen Erträge bei Beikrautstress lagen deutlich unter dem Mittel (Tabelle 45).

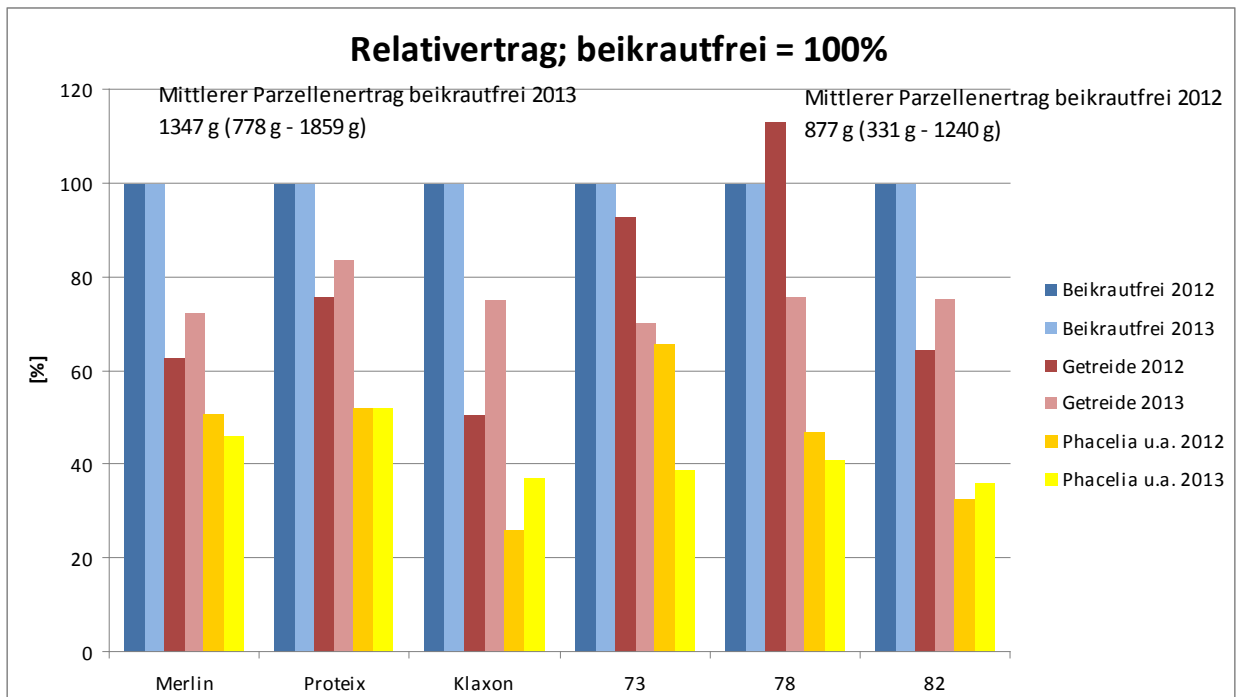


Abbildung 18: Relativertrag je Genotyp in 2012 und 2013

Tabelle 45: Reaktion von sechs Soja-Genotypen auf Beikrautkonkurrenz

Merkmal	73	78	82	Klaxon	Merlin	Proteix	Mittelwert
Trockenmasse [g] 27.6.2012	95	127	109	93	138	99	110,0
Trockenmasse [g] 23.6.2013	79	94	90	110	102	102	96,1
Höhe [cm] 20.7.2013	73	66	72	66	69	67	68,7
Höhe [cm] 14.8.2013	104	97	96	71	82	105	92,2
Höhe [cm] 1.9. 2013	90	96	98	64	76	72	82,4
Länge [cm] 1.9.2013	101	96	98	78	83	107	93,7
Höhe [cm] 25.09.2013	99	86	90	74	78	100	87,9
absorbierte Lichtmenge [%] 26.06.2012	68,8	64,1	62,8	62,0	60,2	54,7	62,52
absorbierte Lichtmenge [%] 10.08.2012	97,5	97,6	97,4	93,1	97,3	98,1	97,06
absorbierte Lichtmenge [%] 20.06.2013	51,9	50,9	55,1	59,2	62,7	42,6	53,71
absorbierte Lichtmenge [%] 09.07.2013	90,6	90,8	90,9	81,6	89,0	90,5	88,89
absorbierte Lichtmenge [%] 02.08.2013	99,5	99,1	99,3	98,7	98,8	99,6	99,16
Blattfläche [cm²] 2013	136	127	114	82	100	137	116,0
Seitentriebe 2013	2,1	1,8	2,5	3,5	2,3	1,5	2,28
Ertrag in TM [g] 9.- 18.10.2012	596	280	815	487	853	741	646,5
Rel. Ertrag Getreide [%] 2012	93	113	65	51	63	76	76,7
Rel. Ertrag Phacelia u.a. [%] 2012	66	47	33	26	51	52	45,7
Ertrag in TM [g] 1.10.2013	1867	1808	1859	1743	1900	1929	1851,1
Rel. Ertrag Getreide [%] 2013	70	76	75	75	72	83	75,7
Rel. Ertrag Phacelia u.a. [%] 2013	39	41	36	37	46	52	41,7
TKG [g] 2012	250	222	225	229	192	207	220,9

Merkmal	73	78	82	Klaxon	Merlin	Proteix	Mittelwert
TKG [g] 2013	172	184	171	148	147	151	162,2
Tage bis Reife 2013	139	146	141	125	129	146	137,5
Proteingehalt [%] 2012	40,7	39,2	40,4	41,8	42,3	41,9	41,06

Ergänzendes Screening bei extremer Frühsaat 2013

Das Screening von 230 Genotypen genetischer Ressourcen ergab große Unterschiede in der Aufgangsgeschwindigkeit – 19 bis 30 Tage von Saat bis zum Erreichen von BBCH 10 - und der Jugendentwicklung. Für den Deckungsgrad in der Jugendentwicklung bzw. Tage bis Reihenschluss ist eine große genetische Variation vorhanden.

Die erfassten großen Unterschiede sind viel versprechend, beruhen aber nur auf einer bzw. zwei Wiederholungen.

Eine umfangreichere Auswertung wird durch die beiden im Projekt durchgeführten Bachelorarbeiten zur Verfügung stehen, die 2014 abgeschlossen werden:

Sabrina Seiffert: „Entwicklung eines Systems zur Selektion von Soja-Genotypen auf Beikrauttoleranz“

Steffen Tackmann: „Frühsaattoleranz verschiedener Genotypen von Soja“

Fazit

Ein System zur Selektion von Soja-Genotypen auf Beikrauttoleranz steht zur Anwendung zur Verfügung. Beikrautkonkurrenz wird durch Gemengesaat mit anderen Kulturpflanzen induziert. Das System ist zur Anwendung auch in kleinen Parzellen geeignet.

Unterschiedliche Kulturpflanzen sollten verwendet werden, um Beikrautkonkurrenz in der Jugendentwicklung (Winterroggen, Winterraps), in der Mitte der Saison (Sommerweizen, Senf, Buchweizen, Kolbenhirse, Phacelia) und am Ende (Buchweizen, Phacelia) zu induzieren. Durch einen ergänzenden Versuch mit 230 Genotypen konnte zusätzlich große Variation für diese Merkmale gezeigt werden.

5.4 Arbeitspaket 1c: Strategien zur Selektion auf Kühle- und Unkrauttoleranz und zur Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien - Kühltoleranz (JKI)

5.4.1 Gefäßversuche unter kontrollierten Bedingungen zur Ermittlung des Hülsenansatzes unter Kühlestress

Hülsenansatz

Im Freiland (Hokkaido, Japan) wurde eine stark negative Korrelation zwischen den Temperaturen im Juli zur Blüte der Sojabohnen und dem Kornertrag nachgewiesen (Horiguchi, 1980). Dabei ist der Hülsenansatz die Ertragskomponente, die bei Kühlestress am deutlichsten beeinflusst wird (Kurosaki *et al.* 2003a). Über Ausfälle im Hülsenansatz, verursacht durch Kühlestress in der Blüte, berichten auch Hume und Jackson (1982) sowie Michailov *et al.* (1989). Die im Rahmen des Projektes in 3 Jahren durchgeführten Gefäßversuche unter kontrollierten Bedingungen zeigen eine deutliche Variabilität von Sorten und Zuchtlinien in der Reaktion auf den Kühlestress. Dabei war der Hülsenansatz unmittelbar nach der Stressphase (15 °C Tag/10 °C Nacht) bei den gestressten Pflanzen im Vergleich zur Kontrolle (25 °C Tag/20 °C Nacht) in unterschiedlichem Maße reduziert (Abbildung 19 für die 2011 getesteten Sorten).

Danach setzte bei einigen Genotypen eine Kompensationsreaktion ein, die zur Ernte zum Teil zu höheren Hülsenansätzen bzw. auch Erträgen als bei der Kontrolle führte. Dies gelang einigen Genotypen bei annähernd gleicher Abreifezeit, bei anderen war es mit einer deutlichen Verlängerung der Abreife verbunden. Wieder andere Genotypen konnten den verminderten Hülsenansatz und damit das Ertragsdefizit nicht kompensieren (Abbildung 20 und Abbildung 21 für die 2011 getesteten Sorten).

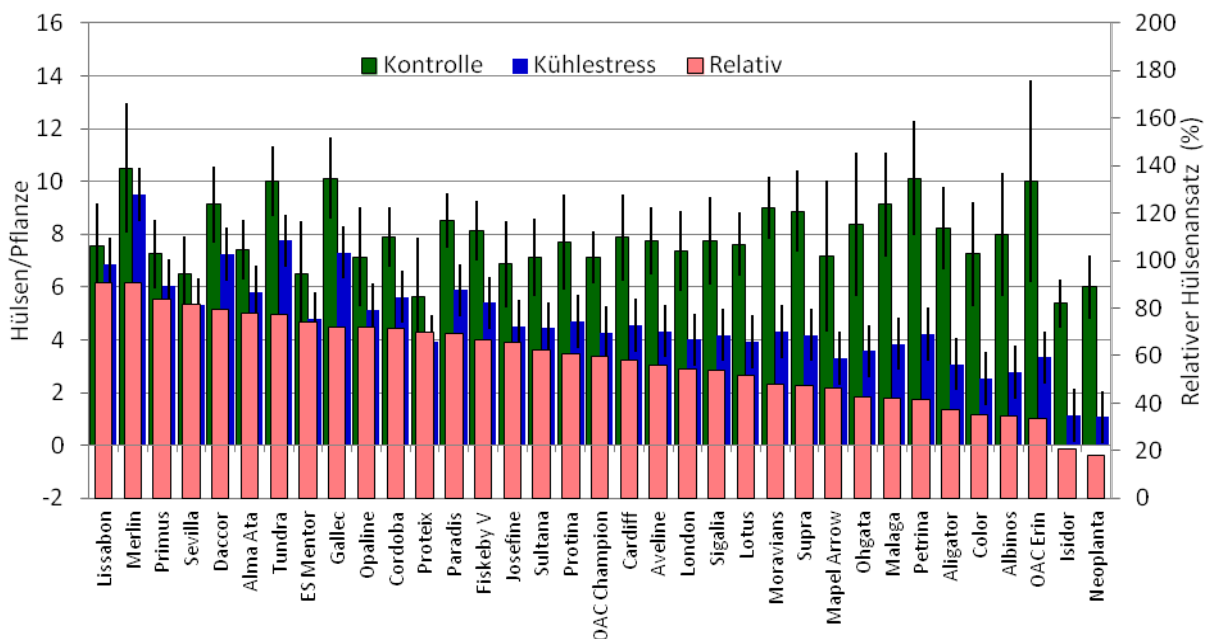


Abbildung 19: Hülsenansatz nach dreiwöchiger Kühlestressphase in Kontrolle und Kühlestressvariante bei den Sorten 2011 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,0, Stress 2,2)

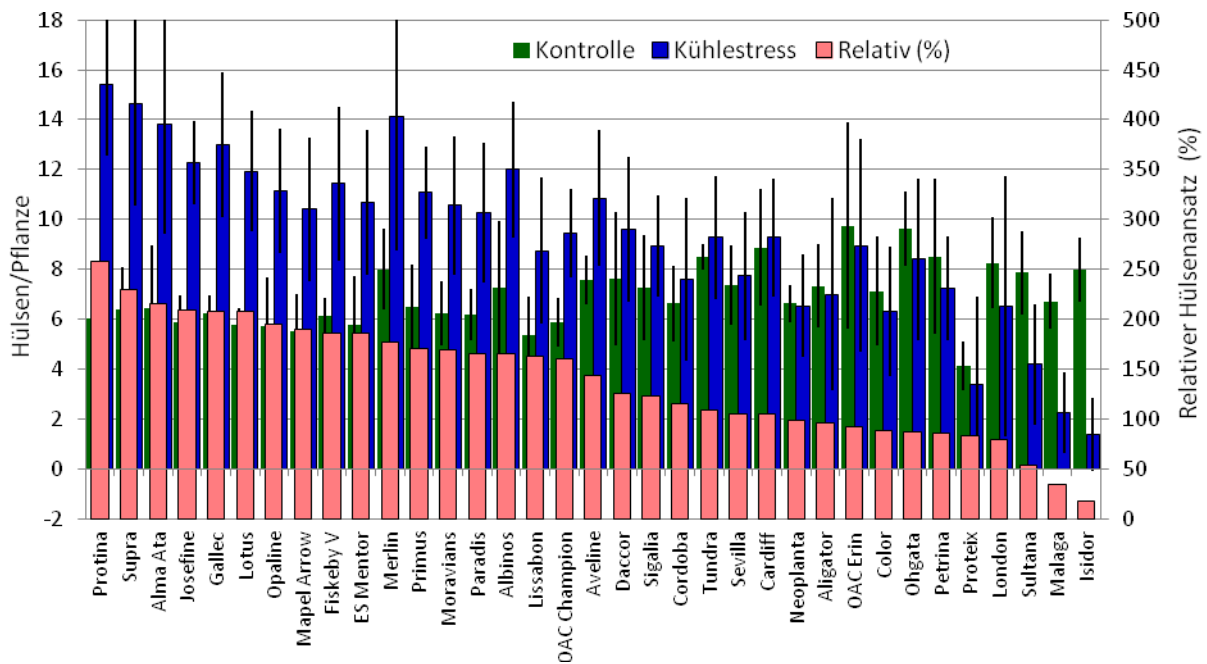


Abbildung 20: Hülsenansatz zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante für die Sorten 2011 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,4, Stress 4,2)

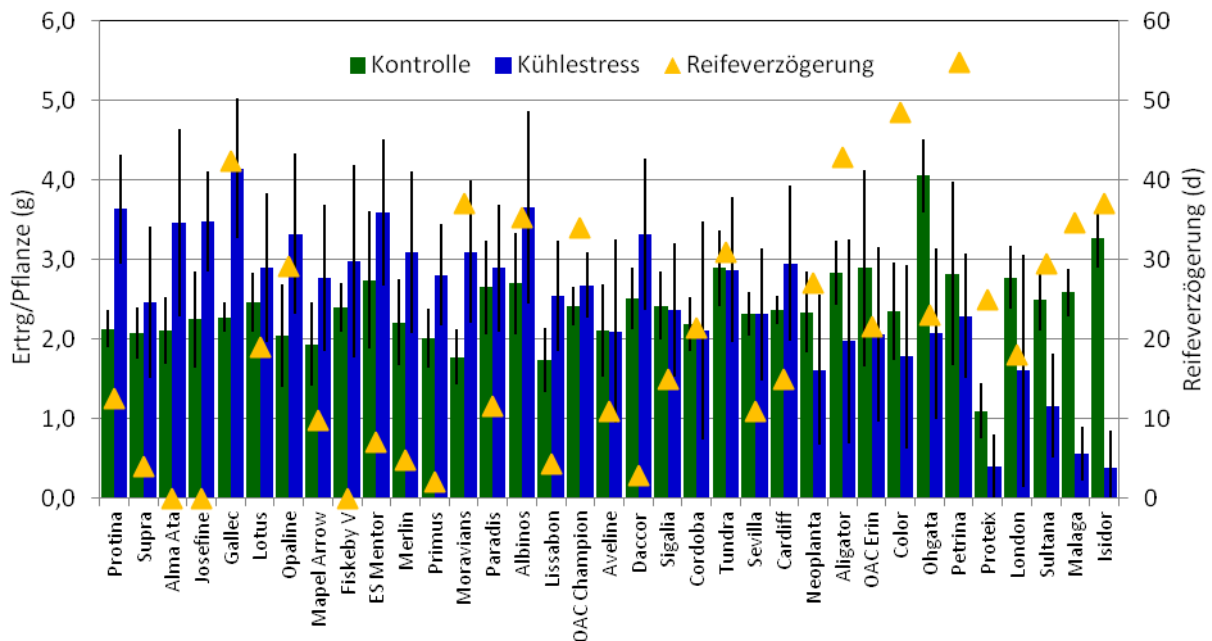


Abbildung 21: Einzelpflanzenenerträge zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante sowie Reifeverzögerung der Stressvariante im Vergleich zur Kontrolle für die 2011 getesteten Sorten (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 1,0, Stress 1,29)

Aus der Literatur ist bekannt, dass empfindliche Genotypen ihre Blüten bei $< 18\text{ }^\circ\text{C}$ abwerfen können, während andere Genotypen Temperaturen bis zu $15\text{ }^\circ\text{C}$ oder sogar niedriger tolerieren (Gass et al. 1996). Tolerante Genotypen zeichnen sich schon während der Stressphase durch einen anhaltenden Hülsenansatz aus (Kurosaki et al. 2003b). Daneben beschreiben Schori et

al. (2003, 2005) Genotypen mit asynchroner Blüte der Nebenblütenstände am selben Nodium, die den Blütenabwurf teilweise unter Erhaltung der gleichmäßigen Hülsenverteilung am Haupttrieb kompensieren können, ohne dass eine wesentliche Reifeverzögerung eintritt, und die daher in kühleren Regionen ertragsstabiler sind. Tritt eine Kompensation an Spitze und Seitentrieben ein, ist damit in der Regel die beobachtete Reifeverzögerung verbunden.

Die unterschiedlichen Reaktionen auf den Kühlestress werden im Folgenden beispielhaft an einzelnen Sorten dargestellt.

Die Sorte **Merlin** reagierte bereits während der dreiwöchigen Kühlestressphase mit einem nur wenig verminderten Hülsenansatz (Abbildung 22 A) – zeichnete sich also durch Toleranz im engeren Sinne aus. Zur Ernte wies auch der Hülsenansatz der Stressvariante eine zur Kontrolle vergleichbare Verteilung auf, die Stressvariante war im Mittel nur 5 Tage später reif, als die Kontrolle (Abbildung 22 B).

Bei der Sorte **Paradis** ergab sich unmittelbar nach der Stressphase ein signifikant verminderter Hülsenansatz im Vergleich zur Kontrolle (Abbildung 23 A). Die Sorte war jedoch in der Lage, diesen Verlust bis zur Ernte zu kompensieren. Sie zeigte nach Abschluss der Stressphase eine deutliche Blüte an den Nebenblütentrieben und damit zur Ernte eine mit der Kontrolle vergleichbare Verteilung der Hülsen am Hauptspross (Abbildung 23 B). Die Reifeverzögerung beschränkte sich auf 12 Tage. Hier kann man von einer Toleranz im weiteren Sinne sprechen, die auf Grund der geringen Reifeverzögerung in den Bereich der erwünschten Toleranzmechanismen fällt.

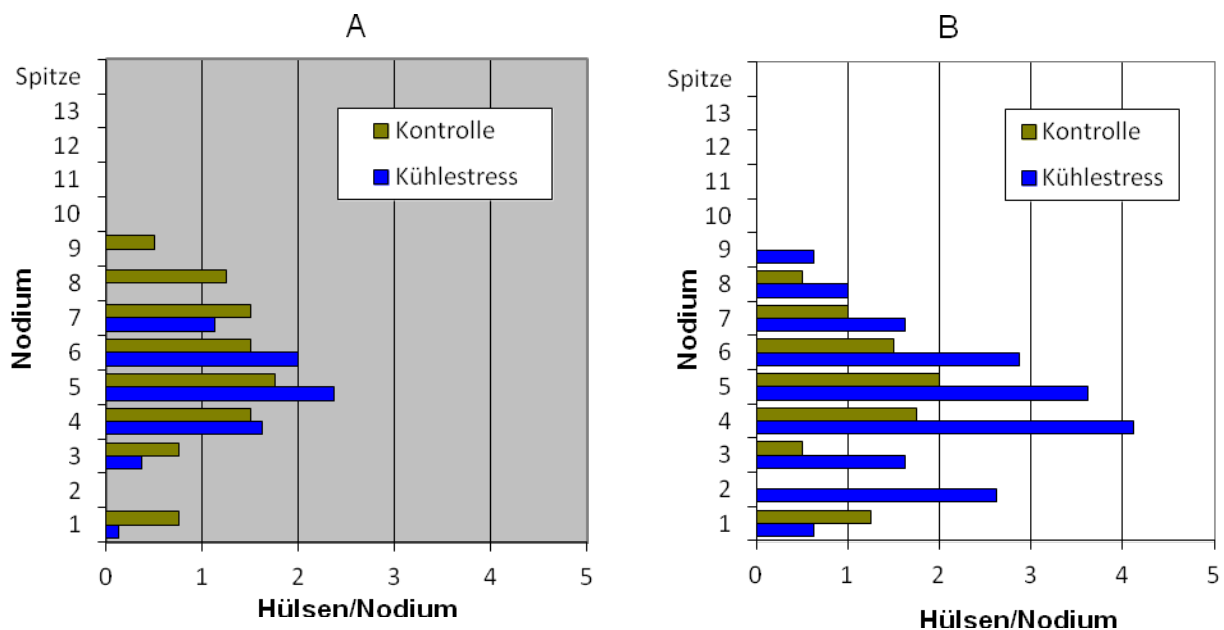


Abbildung 22: Mittlerer Hülsenansatz pro Nodium bei der Sorte Merlin unmittelbar nach der dreiwöchigen Kühlestressphase (A) und zur Ernte (B) im Vergleich der Pflanzen, die eine Kühlestressphase zum Blühbeginn durchlaufen haben zur Kontrolle ohne Stressbehandlung

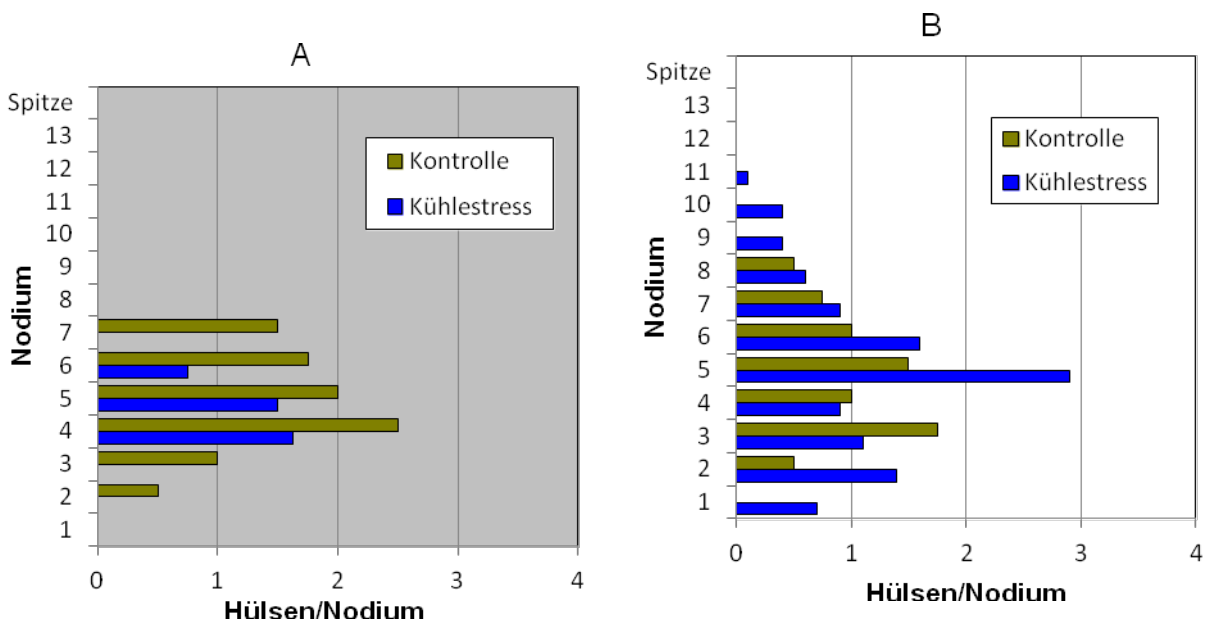


Abbildung 23: Mittlerer Hülsenansatz pro Nodium bei der Sorte Paradis unmittelbar nach der dreiwöchigen Kühlestressphase (A) und zur Ernte (B) im Vergleich der Pflanzen, die eine Kühlestressphase zum Blühbeginn durchlaufen haben zur Kontrolle ohne Stressbehandlung

Die Sorte **Moravians** zeigte unmittelbar nach der Stressphase einen deutlich verminderten Hülsenansatz (Abbildung 24 A), konnte diesen Verlust aber ebenfalls bis zur Ernte kompensieren. Diese Kompensation im Hülsenansatz fand vor allem an der Spitze und zu einem gewissen Grad an den Seitentrieben statt. Entsprechend dem Bereich, in dem die

Kompensation stattfand, war auch eine deutliche Reifeverzögerung (37 Tage) zu beobachten – es handelt sich damit um eine Toleranz im weiteren Sinne (Abbildung 24 B).

Dies steht in guter Übereinstimmung mit Ergebnissen von Kurosaki *et al.* (2003b), die bei kältebehandelten Sojapflanzen auch eine deutlich verlängerte Blütezeit im Vergleich zur entsprechenden Kontrollgruppe beobachteten. Vor allem die an der Spitze gebildeten Hülsen füllen sich oft nicht mit Samen und werden früher oder später abgeworfen. Eine Kompensationsreaktion, bei der circa einen Monat nach der Kältebehandlung an den Spitzen viele parthenokarp gebildete Hülsen entstehen, ist auch aus Untersuchungen von Hume und Jackson (1981) und Gass *et al.* (1996) bekannt.

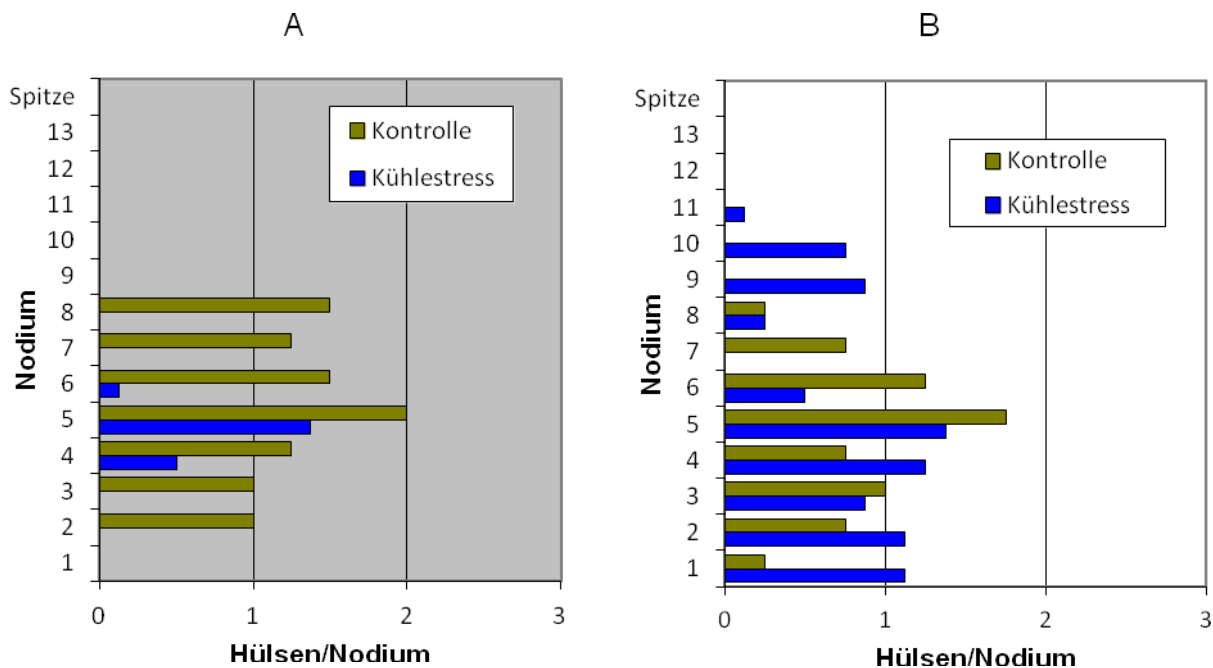


Abbildung 24: Mittlerer Hülsenansatz pro Nodium bei der Sorte Moravians unmittelbar nach der dreiwöchigen Kühlstressphase (A) und zur Ernte (B) im Vergleich der Pflanzen, die eine Kühlstressphase zum Blühbeginn durchlaufen haben zur Kontrolle ohne Stressbehandlung

Auch die Sorte **Malaga** hatte unmittelbar nach der dreiwöchigen Stressphase einen deutlich verminderten Hülsenansatz (Abbildung 25 A), konnte diesen aber bis zur Ernte nicht kompensieren – sie reagierte also sensitiv auf die Kühlstressphase (Abbildung 25 B). Aus der Literatur ist bekannt, dass bei kühlesensitiven Sorten der Ertrag bei länger andauernder Kälteeinwirkung im Endeffekt vermindert ist (Kurosaki *et al.*, 2003a). Dabei korreliert die besonders sensitive Phase im Wesentlichen mit der Blütenentwicklung an den Nodien 4-9 (Gass *et al.* 1996). Wie in Abbildung 24 und Abbildung 25 für die unmittelbar nach der Stressphase eher sensitiv reagierenden Genotypen zu sehen, steht dies in guter Übereinstimmung mit unseren eigenen Untersuchungen.

Trotz des nicht ausreichenden Kompensationsvermögens betrug die Reifeverzögerung bei Malaga unter unseren Testbedingungen im Mittel 35 Tage.

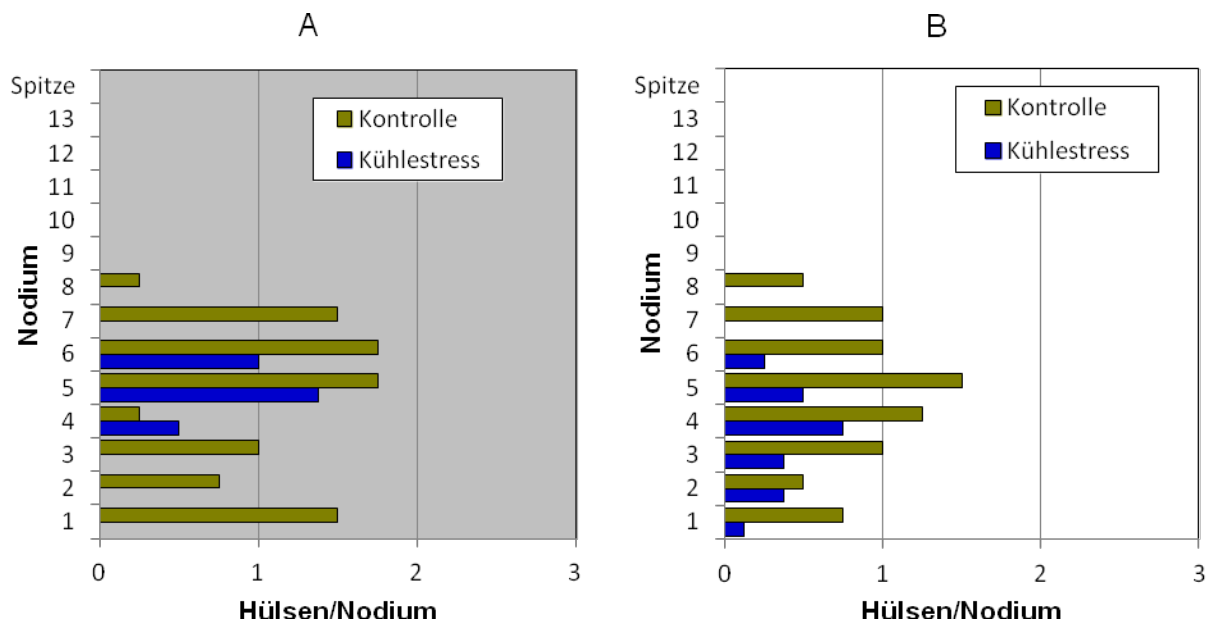


Abbildung 25: Mittlerer Hülsenansatz pro Nodium bei der Sorte Malaga unmittelbar nach der dreiwöchigen Kühlestressphase (A) und zur Ernte (B) im Vergleich der Pflanzen, die eine Kühlestressphase zum Blühbeginn durchlaufen haben zur Kontrolle ohne Stressbehandlung

Die Reaktion der als Standards verwendeten Sorten bestätigte sich über die Jahre (Merlin, Primus – tolerant, Malaga, Color – sensitiv, Moravians, Sigalia – eher sensitiv mit Kompensationsvermögen und Reifeverzögerung) - sowohl unmittelbar nach der Stressphase als auch zur Ernte. Mit diesen Standardsorten wurde in 2012 und 2013 **Zuchtmaterial** aus dem AP1a (Volker Hahn) geprüft, das eine ähnliche Variationsbreite wie die Sorten zeigte. Die Ergebnisse sind in Abbildung 26, Abbildung 28 und Abbildung 29 für 2012 und in Abbildung 27, Abbildung 30 sowie Abbildung 31 für 2013 dargestellt.

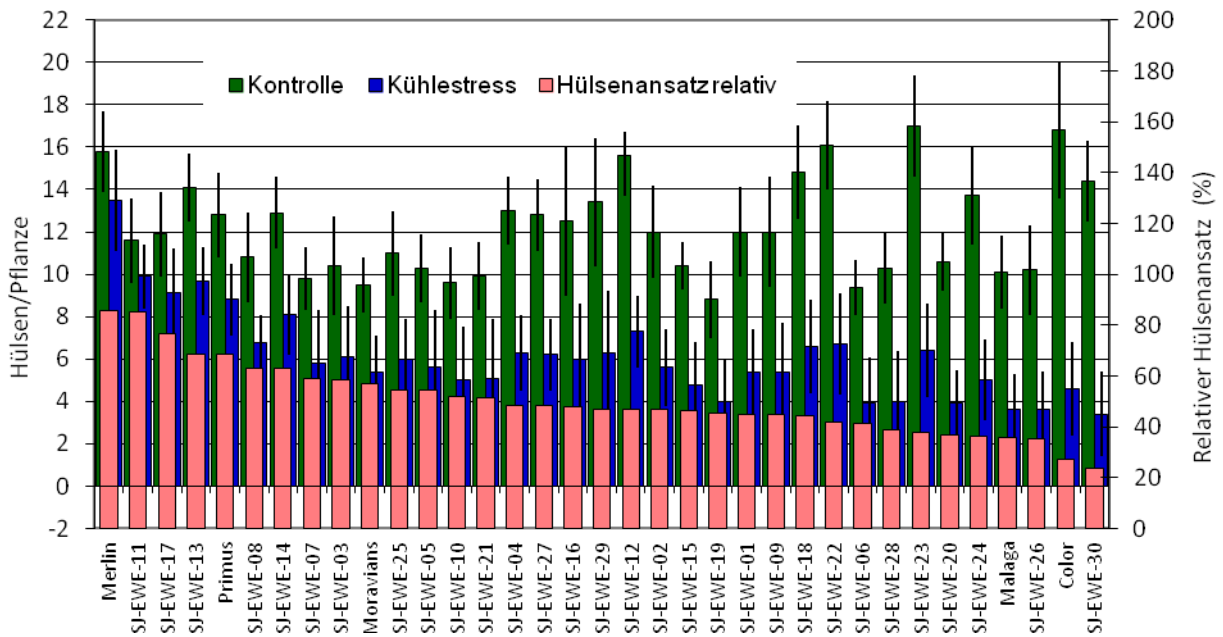


Abbildung 26: Hülsenansatz nach dreiwöchiger Kühlestressphase in Kontrolle und Kühlestressvariante bei Standardsorten und Zuchtlinien 2012 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,5, Stress 2,6)

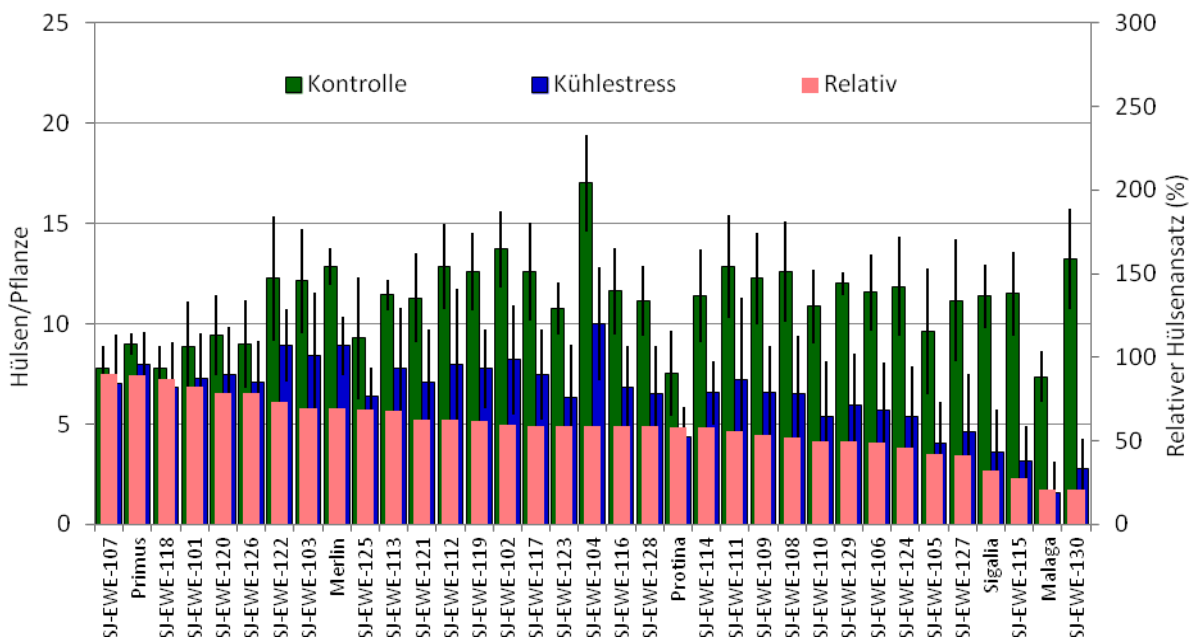


Abbildung 27: Hülsenansatz nach dreiwöchiger Kühlestressphase in Kontrolle und Kühlestressvariante bei Standardsorten und Zuchtlinien 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,8, Stress 3,2)

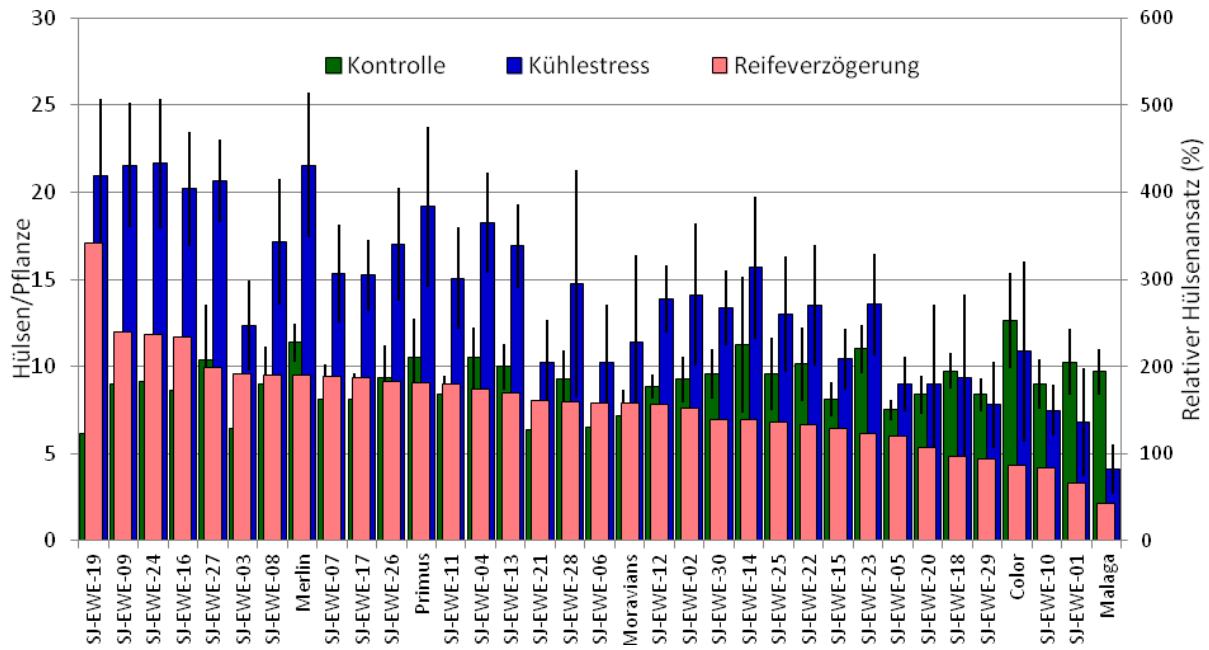


Abbildung 28: Hülsenansatz zur Ernte in Kontrolle und Kühlstressvariante sowie Reifeverzögerung der Stressvariante im Vergleich zur Kontrolle für Standardsorten und Linien 2012 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 2,8, Stress 3,8)

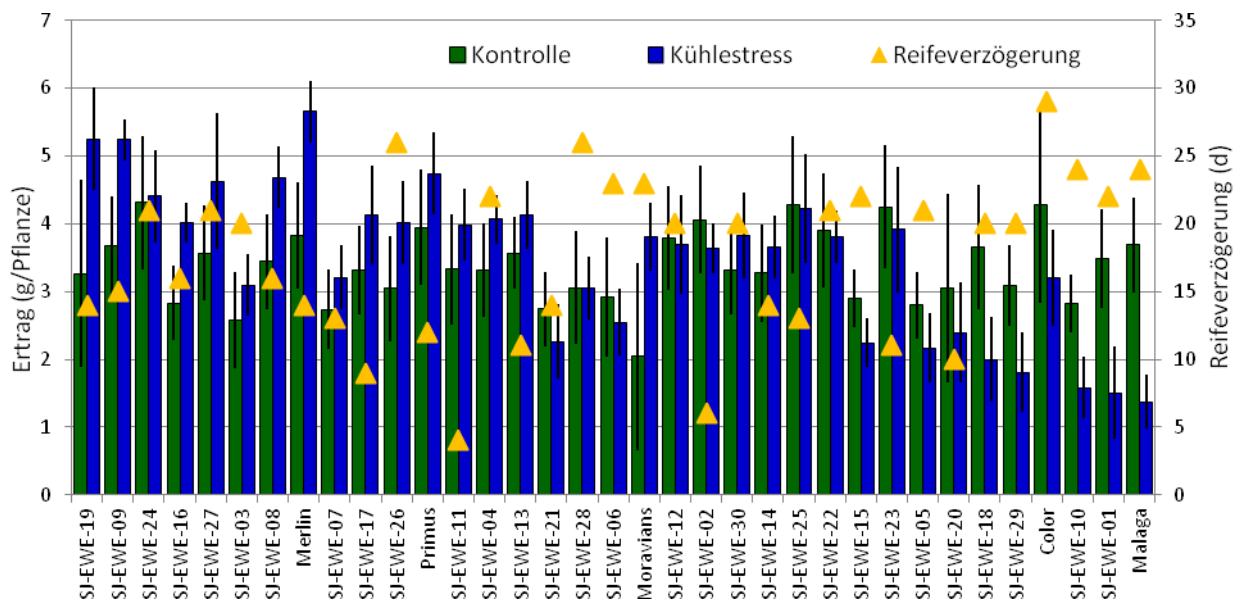


Abbildung 29: Einzelpflanzenenerträge zur Ernte in Kontrolle und Kühlstressvariante sowie Reifeverzögerung der Stressvariante im Vergleich zur Kontrolle für Standardsorten und Linien 2012 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,94; Stress 0,87)

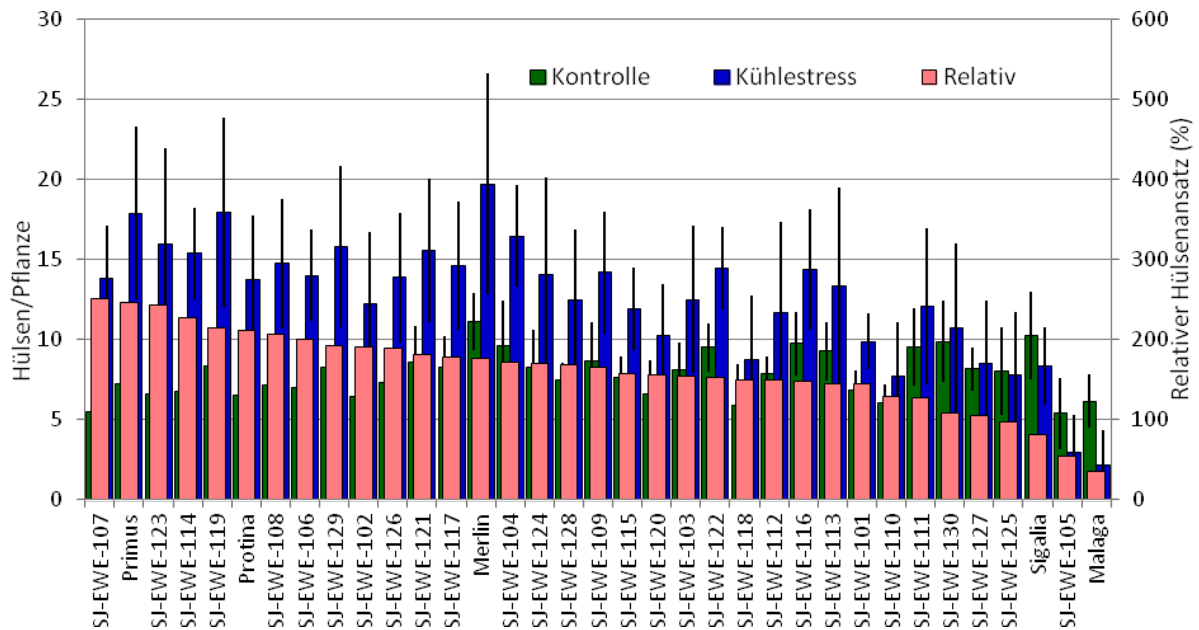


Abbildung 30: Hülsenansatz zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante sowie relativer Hülsenansatz für Standardsorten und Linien 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 3,7, Stress 5,4)

Deutlich wird in allen drei Versuchsjahren die höhere Streuung des zur Ernte erfassten Hülsenansatzes und Ertrages im Vergleich zum Hülsenansatz unmittelbar nach der Stressphase. Eine Ursache sind die unterschiedlichen Langtagbedingungen in den zwei unabhängigen Wiederholungen nach Verbringung der Pflanzen ins Gewächshaus/Freiland. Dieser Effekt könnte bei einer durchgängigen Kultivierung unter kontrollierten Bedingungen vermieden werden.

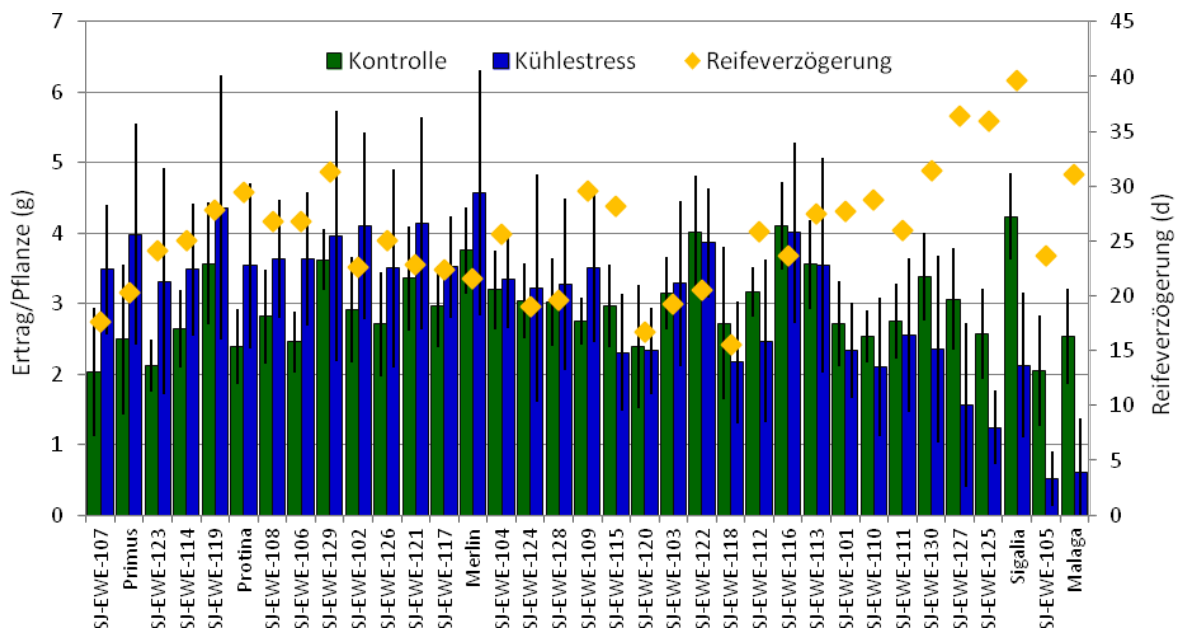


Abbildung 31: Einzelpflanzenenerträge zur Ernte in Kontrolle und Kühlestressvariante sowie Reifeverzögerung der Stressvariante im Vergleich zur Kontrolle für Standardsorten und Linien 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 1,27 Stress 1,48)

Potentielle indirekte Selektionskriterien

Wird die Sojabohne Kühlestress ausgesetzt, kommt es zu Veränderungen einer Reihe physiologischer Prozesse. Merkmale wie die Chlorophyllfluoreszenz (van Heerden und Krüger 2002, Strauss et al. 2006), der Wassergehalt (van Heerden und Krüger 2002), der Gehalt löslicher phenolischer Verbindungen (Szafranska et al. 2004, 2005) oder auch Komponenten des Zuckerstoffwechsels (Purcell et al. 1987, Yadreghari et al. 2008) werden als mit der Kühletoleranz im Zusammenhang stehend beschrieben. Diese Merkmale könnten eventuell für eine effiziente indirekte Selektion auf Kühlestresstoleranz genutzt werden.

Bei den im Blatt am Ende der Kühlestressphase erfassten Inhaltsstoffen - dem Gesamtgehalt löslicher Zucker, dem Gehalt an freiem Prolin und dem Trockensubstanzgehalt - war in den Versuchen an den Sorten in 2011 ein signifikanter Einfluss der Sorte wie auch der Kühlestressbehandlung festgestellt worden: bei allen drei Merkmalen fand wie erwartet ein Anstieg unter Stress statt (Abbildung 32, Abbildung 33 und Abbildung 34 für die Sorten 2011). Das steht in Übereinstimmung mit Angaben aus der Literatur, wobei Kühlestress eine Abnahme des relativen Wassergehaltes in Blatt (und Wurzel) (Yadreghari et al. 2008) bzw. des Blattwasserpotentials (Markhart et al. 1980, van Heerden und Krüger 2002) sowie des osmotischen Potentials (Markhart et al. 1980) verursachte. Eine Akkumulation von freiem Prolin wurde bislang unter Trockenstress – vor allem im toleranten Genotyp – aber nicht unter Kühlestress beobachtet (van Heerden und Krüger 2002). Hier ist anzumerken, dass der Anstieg im Gehalt an freiem Prolin unter Stress zwar signifikant, aber im Vergleich zu anderen, eigenen Untersuchungen zum Beispiel unter Trockenstress vergleichsweise gering war. Eine Erhöhung des Gehaltes löslicher Zucker beobachteten Yadreghari et al. (2008).

Als günstigster Zeitpunkt für die Probenahme kristallisierte sich die dritte Woche nach Stressbeginn mit den im Mittel deutlichsten Unterschieden zwischen Kontrolle und

Stressbehandlung heraus. Dies wurde für die Probenahmen in den beiden Folgejahren berücksichtigt. Auch in 2012 und 2013 ergab sich bei den Zuchtlinien für die o.g. Merkmale ein signifikanter Einfluss von Genotyp und Kühlstressbehandlung sowie eine signifikante Wechselwirkung zwischen beiden mit Ausnahme des Trockensubstanzgehaltes (Tabelle 46 sowie Anhang 2 und 3 für das Zuchtmaterial in 2012 und 2013).

Tabelle 46: Signifikanzen für Genotyp und Behandlung sowie entsprechende Wechselwirkungen für die am Ende der Stressphase am Blatt erfassten Merkmale (*) für $\alpha \leq 0,1\%$, ** für $\alpha \leq 1\%$, * für $\alpha \leq 5\%$, n.s. nicht signifikant)**

	GLZ	Prolin	TS-Gehalt	Chlorophyllgehalt	Fv/Fm
2011					
Genotyp	***	***	***	***	***
Variante	***	***	***	***	***
G x V	***	n.s.	n.s.	***	**
2012					
Genotyp	***	***	***	***	***
Variante	***	***	***	***	***
G x V	***	**	*	***	***
2013					
Genotyp	***	***	***	***	***
Variante	***	***	***	***	***
G x V	***	***	n.s.	***	***

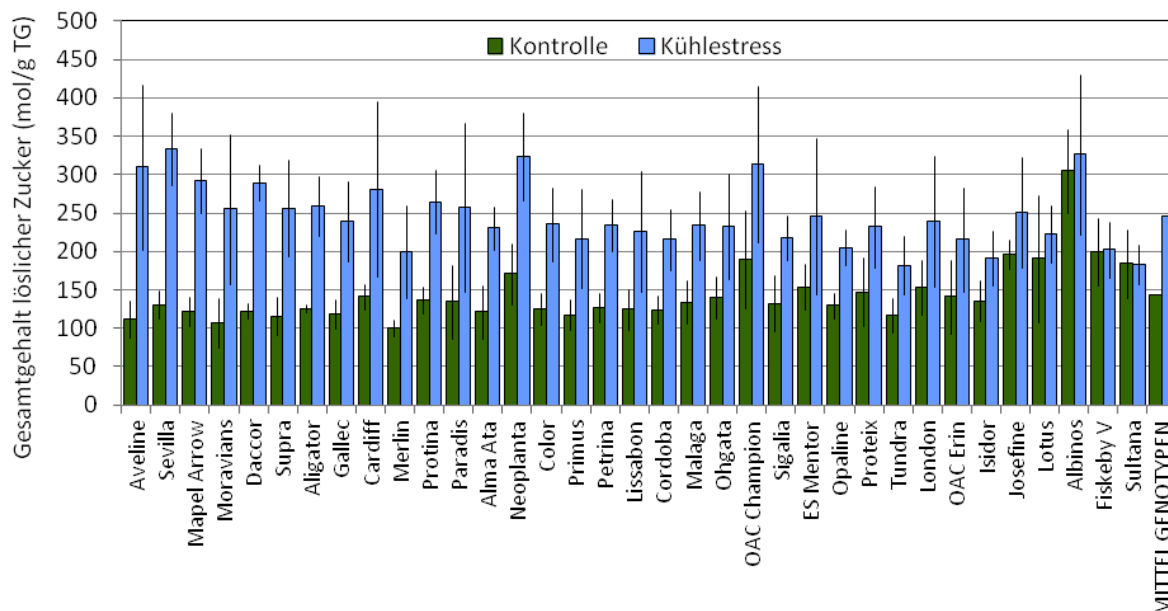


Abbildung 32: Veränderungen im Gesamtgehalt löslicher Zucker in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 113,4, Stress 110,1)

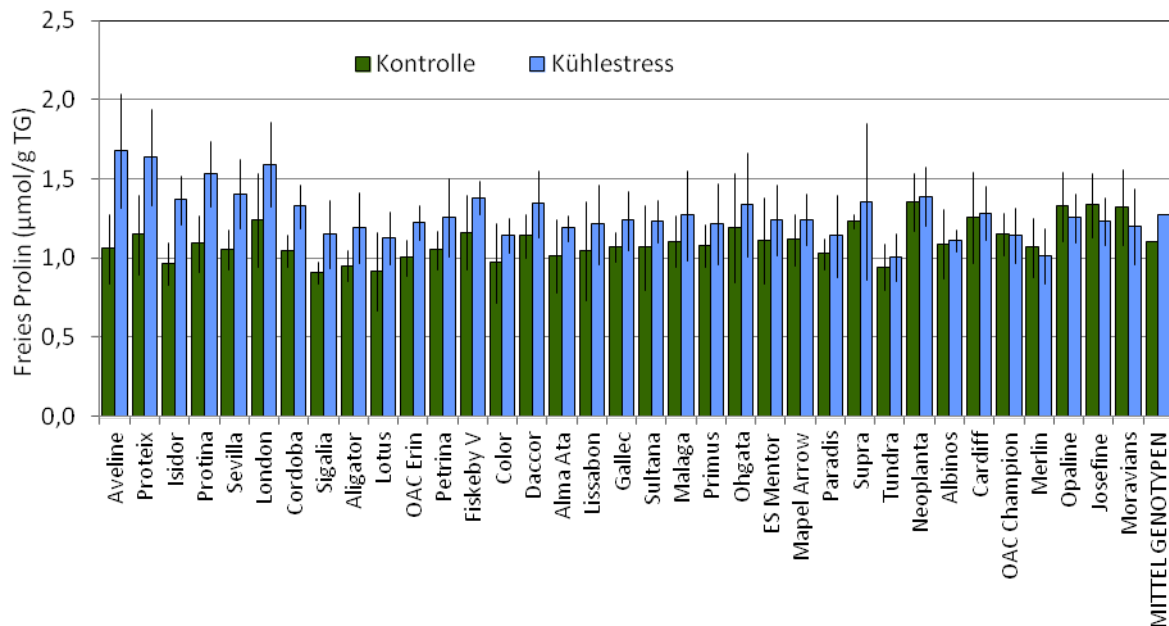


Abbildung 33 : Veränderungen im Gehalt an freiem Prolin in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,55, Stress 0,72)

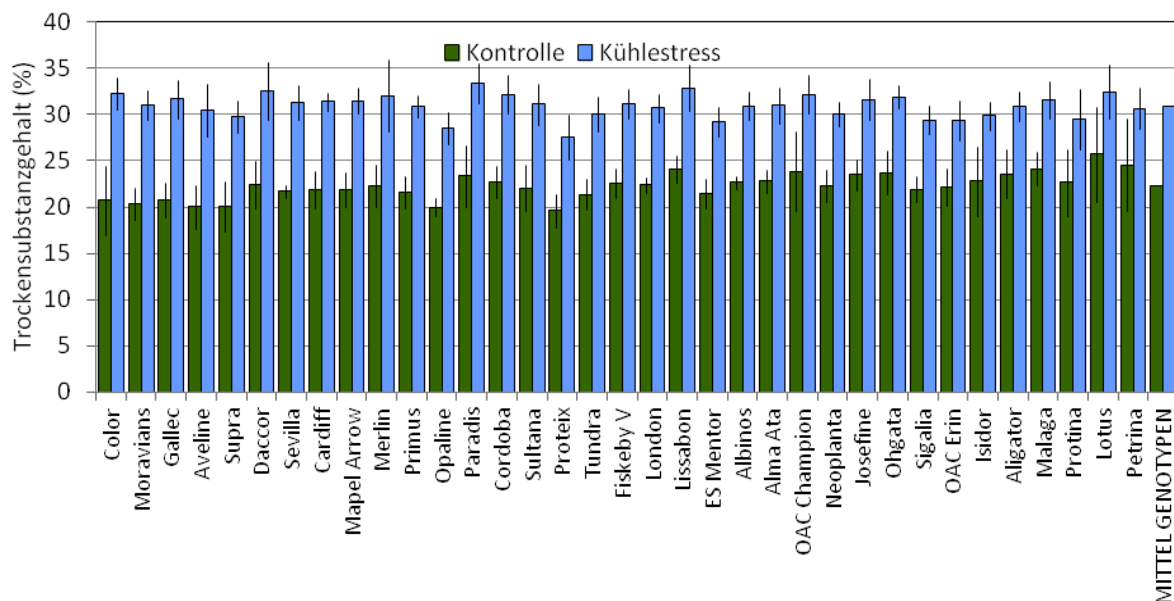


Abbildung 34 : Veränderungen im Trockensubstanzgehalt in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 5,4, Stress 3,7)

Die SPAD Werte als indirektes Maß des Chlorophyllgehaltes sanken bei den Sorten in 2011 unter Kühlestress deutlich ab (Abbildung 35). Der Trend bestätigte sich an den Zuchtlinien in 2012 und 2013 (s. Anhang Kapitel 10.2.2 und 10.2.3). Der Einfluss von Genotyp und Kühlestressbehandlung sowie deren Wechselwirkung waren signifikant (Tabelle 46).

Bei der Chlorophyllfluoreszenz wurde der Parameter Fv/Fm nach Dunkeladaption ermittelt. Wenn auch einige Sorten mit einem Anstieg reagierten, ging der Trend bei den Sorten in 2011

zu niedrigen Werten unter Kühlstress im Vergleich zur Kontrolle (Abbildung 36), der Effekt sowie Unterschiede zwischen den Sorten waren signifikant (Tabelle 46).

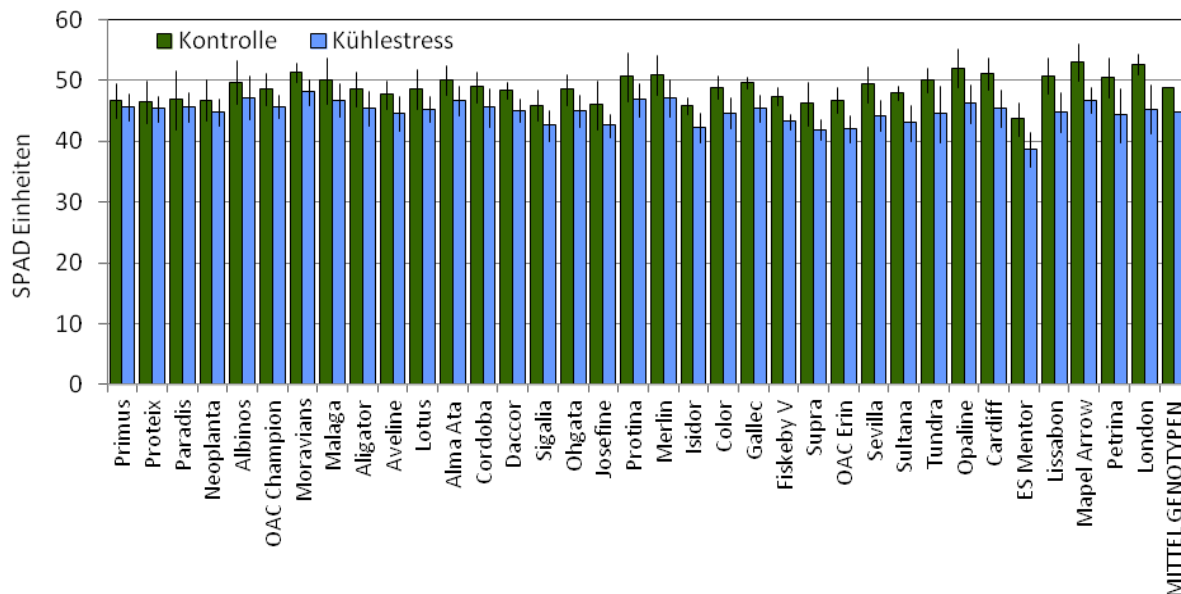


Abbildung 35: SPAD Werte in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 4,9, Stress 2,9)

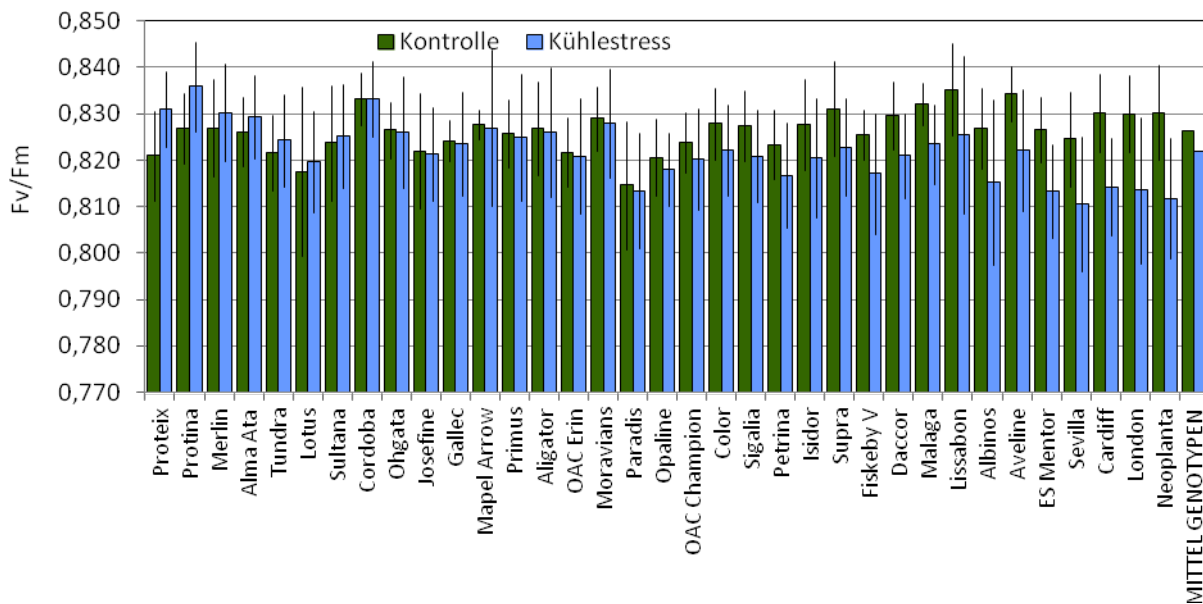


Abbildung 36: Das variable Fluoreszenzverhältnis Fv/Fm in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnensorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,036, Stress 0,016)

Dieser Trend verschob sich bei den Zuchtlinien in 2012 und 2013 im Mittel in Richtung eines Anstiegs von Fv/Fm unter Kühlstress im Vergleich zur Kontrolle, d.h. beim Zuchtmaterial reagierten mehr Genotypen mit einem Anstieg als mit einem Abfall in Fv/Fm (s. Anhang Kapitel 10.2.2 und 10.2.3).

Auch aus der Literatur sind Veränderungen in charakteristischen Parametern der Chlorophyllfluoreszenz bei Sojabohnen unter Kühlstress beschrieben (Neuner und Larcher 1991, van Heerden und Krüger 2002), die unter Lichteinstrahlung ausgeprägter waren, als im Dunkeln (fast fluorescence kinetics O-J-I-P, Fv/Fm: van Heerden et al. 2003, Fv/Fm: Neuner und Larcher 1991, Tambussi et al. 2004). Im Gegensatz zu unseren Untersuchungen fanden sowohl Neuner und Larcher (1992) als auch Tambussi *et al.* (2004) bei Soja einen deutlichen Abfall im variablen Fluoreszenzverhältnis Fv/Fm, allerdings bei Temperaturen von 0 °C bzw. 7 °C, die noch deutlich unter unserer Temperatur von 15 °C lagen. Es kann davon ausgegangen werden, dass unsere Temperaturen noch zu hoch lagen, um bei allen Genotypen einen Abfall von Fv/Fm zu induzieren. Auch van Herden et al. (2003) beschreiben Fv/Fm als vergleichsweise insensitiven Parameter.

Korrelationen

Die Korrelationsmatrizen für die drei Versuchsjahre befinden sich im Anhang in Kapitel 10.2.4.

Der Hülsenansatz nach der Stressphase war in allen drei Jahren mit dem zur Ernte korreliert, wobei die Korrelation in der Kontrolle meistens höher war als unter Stress, was auf die Unterschiede im Kompensationsvermögen nach der Stressphase zurückzuführen sein dürfte. Der Ertrag wurde wesentlich vom Hülsenansatz zur Ernte, aber auch – zu einem geringeren Grad - vom Hülsenansatz unmittelbar nach der Stressphase bestimmt. Hülsenansatz und Ertrag waren immer negativ mit der Reifeverzögerung korreliert.

Unter den als potenzielle indirekte Selektionskriterien untersuchten Merkmalen waren der Gesamtgehalt löslicher Zucker und der Gehalt an freiem Prolin vor allem unter Stress immer positiv korreliert. Beide Inhaltsstoffe werden als sogenannte kompatible Substanzen diskutiert, die unter Stress akkumuliert werden (siehe Kapitel 5.4.1). Auch Trockensubstanzgehalt und Chlorophyllgehalt waren signifikant positiv korreliert. Das könnte auf eine verminderte Zellstreckung unter Stress hindeuten, die unter anderem zu einer erhöhten Chlorophylldichte führen kann. Mit dem Hülsenansatz nach der Stressphase war von diesen Merkmalen vor allem der Chlorophyllgehalt über alle Jahre positiv korreliert. Diese Korrelation war jedoch nicht eng, was auf die starke Beeinflussung der SPAD Messungen durch Blatentwicklung und Genotyp zurückzuführen sein dürfte, über die schon von Fritschi und Ray (2007) berichtet wurde. Entsprechend konnten auch Vollmann et al. (2011) keinen direkten Zusammenhang zum Hülsenansatz herstellen. 2011 und 2012 konnte diese positive Korrelation auch für den Trockensubstanzgehalt ermittelt werden.

Der Chlorophyllgehalt und das variable Fluoreszenzverhältnis Fv/Fm standen immer in einem signifikant positiven Zusammenhang. In 2011 und 2013 war zumindest tendenziell eine positive Korrelation des letzteren zum Hülsenansatz nach der Kühlstressphase erkennbar. Bezüglich des variablen Fluoreszenzverhältnisses Fv/Fm betrachten Musser *et al.* (1984) dieses als gute Möglichkeit, Kühlstress frühzeitig zu erkennen. Strauss *et al.* (2007) stellten dagegen fest, dass es unter Umständen ein ungenügend sensitiver Parameter sein kann, um Unterschiede in der Kühletoleranz zu bestimmen. Allerdings wurde in keinem Fall ein direkter Zusammenhang zum Hülsenansatz nachgewiesen.

Für die Sorten in der Stressvariante aus dem Gefäßversuch 2011 wurden die Zusammenhänge zwischen den Merkmalen mittels Hauptkomponentenanalyse verdeutlicht (Abbildung 37).

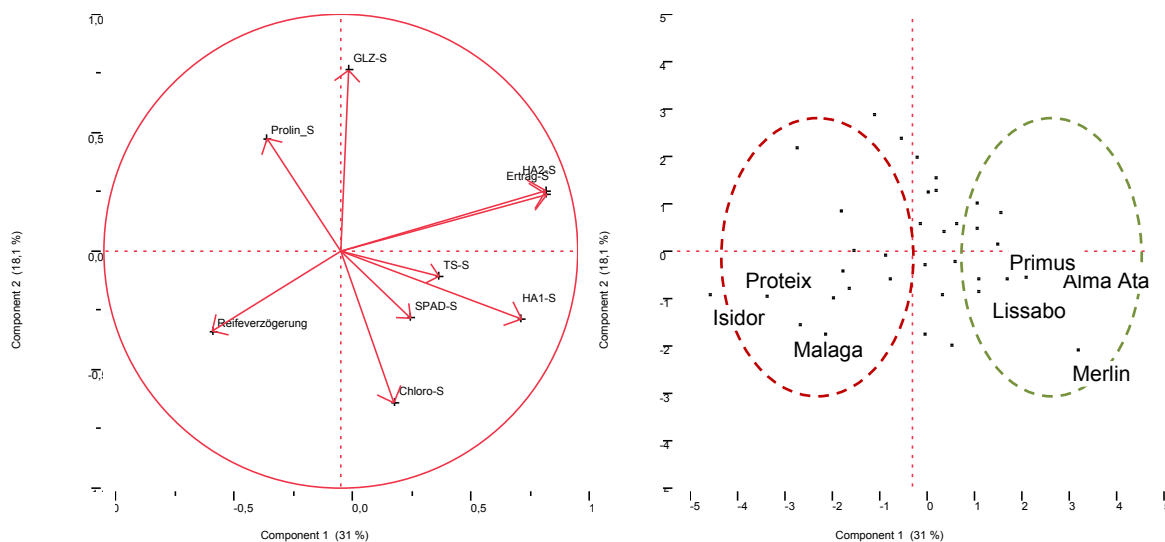


Abbildung 37: Hauptkomponentenanalyse: Zusammenfassende Darstellung des Einflusses der Faktoren in den ersten beiden Hauptkomponenten und zweidimensionale Gruppierung der Sorten: grüner Rahmen: eher tolerant; roter Rahmen: eher sensitiv in der Reaktion auf Kühlstress mit unterschiedlicher Reaktion in den physiologischen Merkmalen

Für keines der untersuchten Merkmale war der Zusammenhang zum Hülsenansatzverhalten der Genotypen in der Stressphase wirklich eng genug, um als Grundlage einer Selektion zu dienen.

5.4.2 Feldversuche

Hülsenansatz im Feld

Eine Auswertung der Struktur des Hülsenansatzes im Feld zeigte 2011 bei einer Reihe von Sorten eine Lücke im Hülsenansatz im Bereich des 8. und/oder 9. Nodiums. Dieser ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf 3 kalte Tage und Nächte vom 23. bis 25. Juli zurückzuführen und erlaubt eine Klassifizierung in Genotypen mit (sensitiv) und ohne (tolerant) Lücke im Hülsenansatz (vgl. Abbildung 38 für die tolerante Sorte Merlin und die sensitive Sorte Malaga).

2012 ergab sich bei toleranten wie sensitiven Sorten eine Verteilung, bei der keine auf Kühlstress zurückzuführenden Anomalien beobachtet werden konnten, während 2013 wieder ‚Lücken‘ im Hülsenansatz auftraten, dieses Mal im Bereich des 5. bis 7. Nodiums (Abbildung 38). Diese sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Reihe von Nächten mit Temperaturen deutlich unter 10 °C in Bodennähe vom 5. bis 13. Juli sowie 21. bis 24. Juli zurückzuführen.

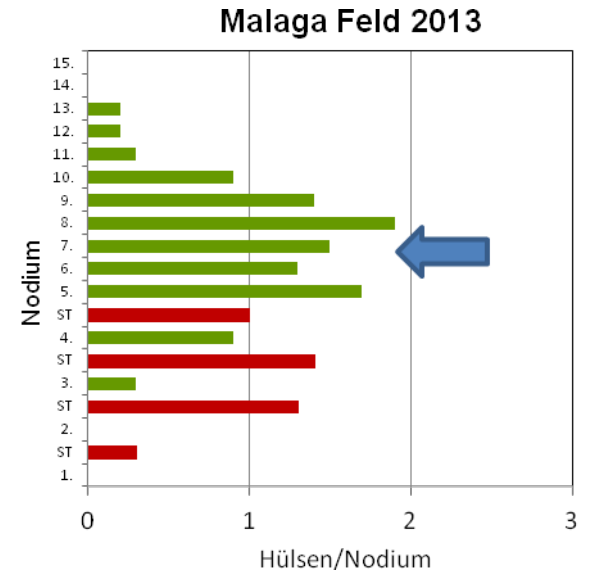
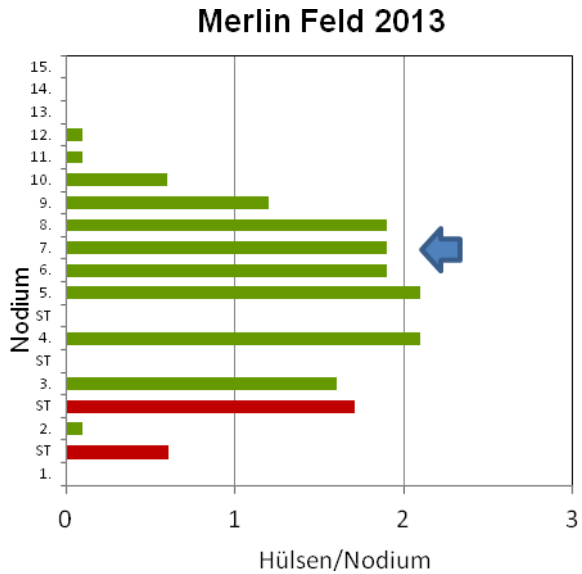
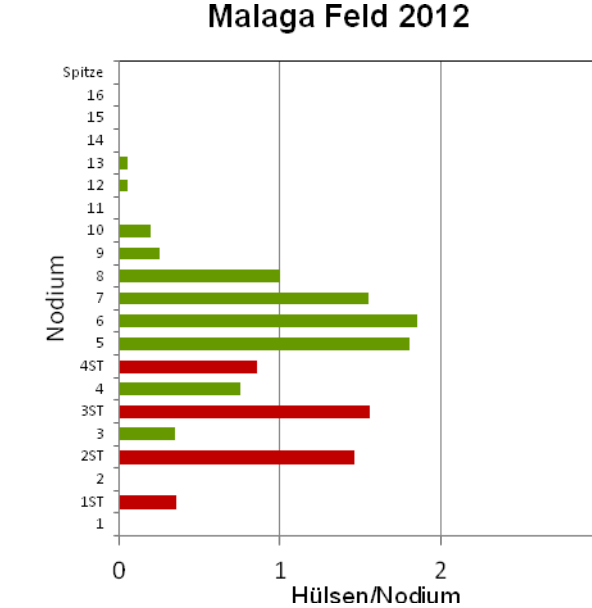
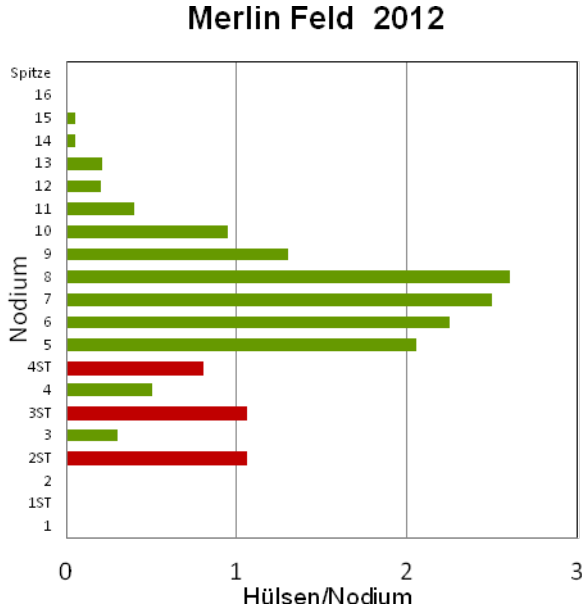
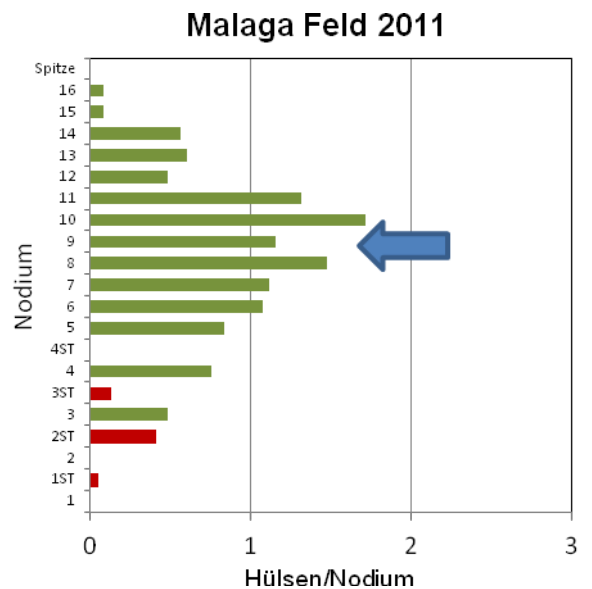
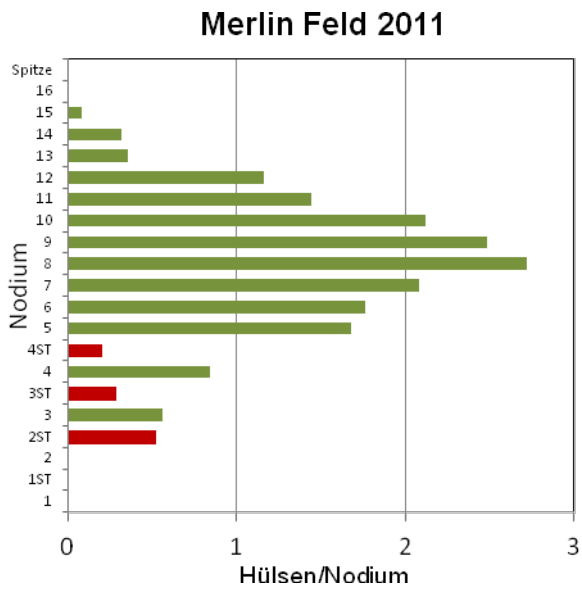


Abbildung 38: Struktur des Hülsenansatzes im Feldversuch 2011 - 2013 am Standort Groß Lüsewitz für die kühetolerante Sorte Merlin und die eher sensitive Sorte Malaga (ST=Hülsenansatz am Seitentrieb, im Diagramm rot dargestellt)

Eine Zuordnung dieser Klassifizierung zu den Ergebnissen aus dem Gefäßversuch 2011 zeigt eine weitgehende Übereinstimmung (Abbildung 39).

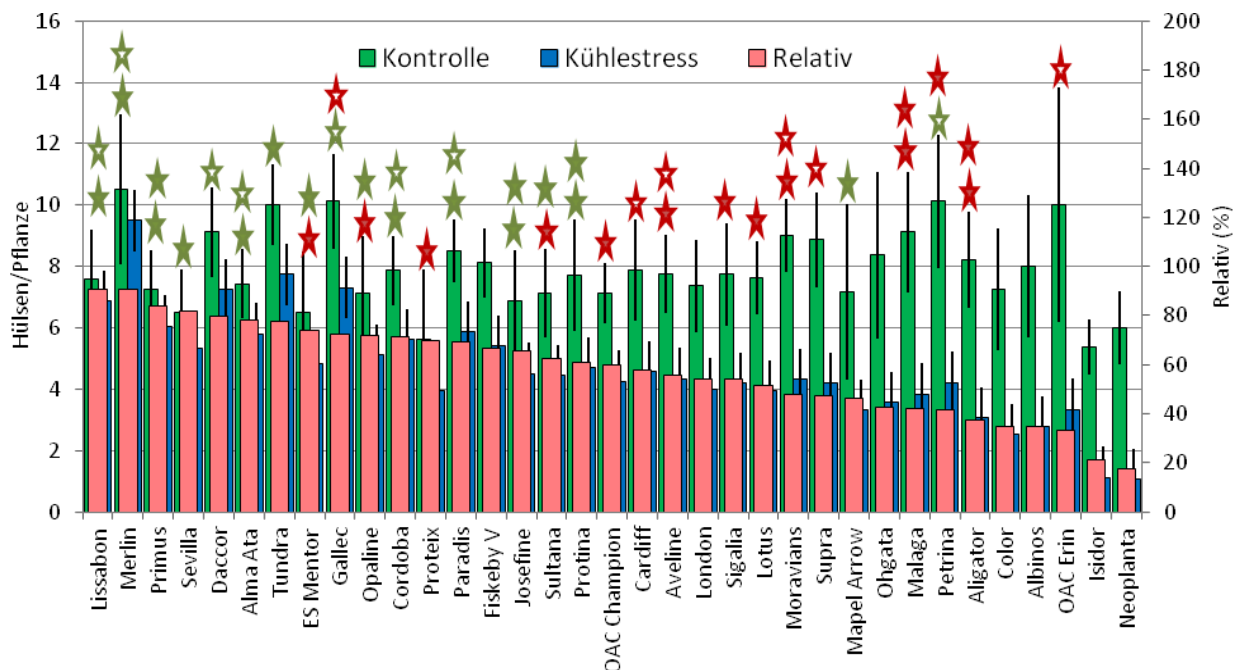


Abbildung 39: Hülsenansatz im Gefäßversuch unter kontrollierten Bedingungen nach einer dreiwöchigen Kältestressphase im Vergleich zur Kontrolle und Verhalten der Sorten im Feld nach einer Kühlestressphase in der Blüte 2011 und 2013 auf dem ökologischen Versuchsfeld Groß Lüsewitz; grüner Stern: ohne ‚Lücke‘ im Hülsenansatz = tolerant; roter Stern: mit ‚Lücke‘ im Hülsenansatz = sensitiv, roter/grüner Stern ohne Füllung = Reaktion nicht eindeutig, untere Sternchenreihe: 2011, obere 2013

Ertrag und Proteingehalt

Bei der Standfestigkeit ergaben sich in allen drei Versuchsjahren keine Probleme. Trotz der extrem nördlichen Lage des Standortes konnten in allen Versuchsjahren alle angebaute Genotypen geerntet werden. Die Erträge bewegten sich zwischen 13 bis 34 dt/ha in 2011, 6 bis 21 dt/ha in 2012 sowie 15 bis 30 dt/ha in 2013 (Abbildung 40). Die statistische Auswertung der Erträge über alle 3 Versuchsjahre ergab einen signifikanten Einfluss von Genotyp und Jahr sowie der Wechselwirkung Genotyp x Jahr. Während sich 2011 eine schwach negative Korrelation zwischen Frühzeitigkeit und Ertrag zeigte ($r = -0,325$), war sie in 2012 deutlich positiv ($r = 0,608^*$). Ursachen sind die etwas niedrigeren Temperaturen im Frühjahr, die zu einer Verzögerung in der Entwicklung führten sowie die im Vergleich zum Vorjahr deutlich geringeren Niederschläge in der Vegetationszeit (Tabelle 8). In 2013 war die Korrelation wieder deutlich negativ ($r = -0,618^*$), was wiederum auf die vergleichsweise hohe Wärmesumme für dieses Jahr, vergleichbar mit der von 2011, zurückzuführen ist. Im Hinblick auf die Ertragsstabilität – hier ausgedrückt als Standardabweichung bzw. Varianz – waren bei den 20 Sorten, die in allen drei Jahren geprüft wurden, deutliche Unterschiede zu verzeichnen (Tabelle 46). Dabei waren Frühzeitigkeit und Ertragsstabilität positiv korreliert ($r = 0,68^*$). Als vergleichsweise stabil im Ertragsbereich 20 bis 25 dt/ha stellten sich die Sorten Merlin, Primus Lissabon, Paradis und Gallec heraus. Anzumerken ist, dass alle diese Sorten auch über eine gute bis sehr gute Kühletoleranz verfügen.

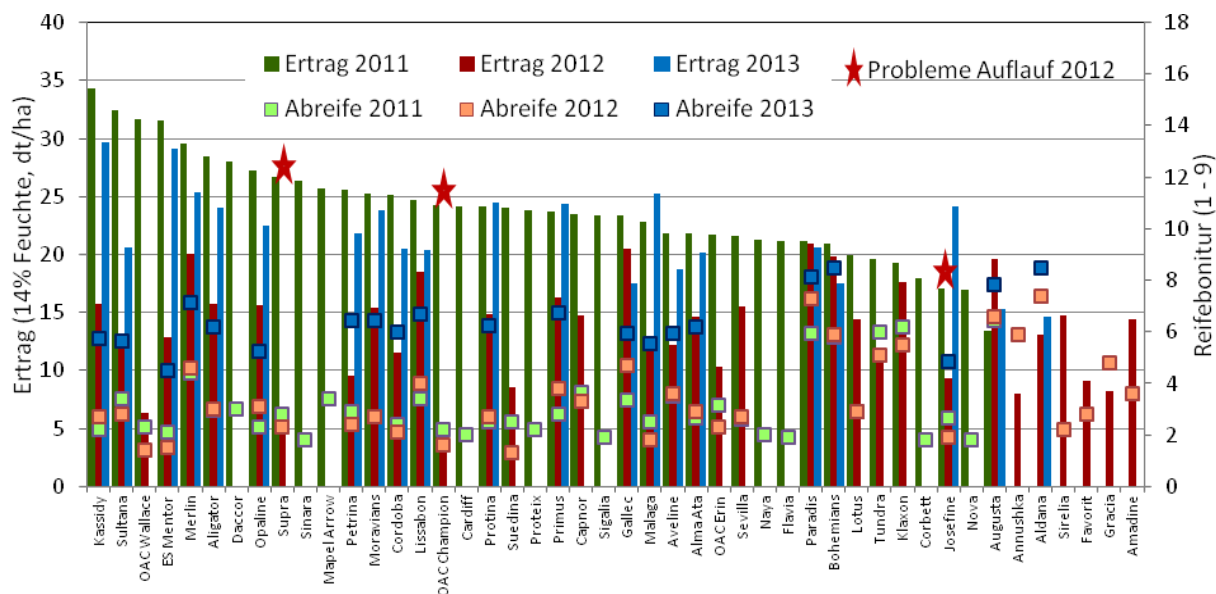


Abbildung 40: Erträge der Sojasorten im Feldversuch Groß Lüsewitz 2011 bis 2013 und Reifebonitur (Erträge: LSD für $\alpha \leq 5\%$ 2011 10,5, 2012 6,4, 2013 9,2; Reifebonitur: 9 = früh, 1 = spät)

Tabelle 47: Mittlere Erträge der am Standort Groß Lüsewitz dreijährig geprüften Sorten und Standardabweichung (SD) sowie Varianz als Maß für die Ertragsstabilität; grün unterlegt: Sorten mit relativ hoher Ertragsstabilität über die Jahre (Erträge: LSD für $\alpha \leq 5\%$ 4,8); *Reifebonitur: 9 = früh, 1 = spät

Sorte	Mittlerer Ertrag dt/ha	SD	Varianz	Mittlere Abreife*
Kassidy	26,6	9,6	92,8	3,6
Merlin	25,0	4,8	22,7	5,4
ES Mentor	24,5	10,2	103,9	2,7
Aligator	22,8	6,4	41,6	4,0
Sultana	22,0	9,8	96,5	3,9
Opaline	21,8	5,8	33,7	3,6
Moravians	21,5	5,3	28,0	4,0
Primus	21,5	4,5	19,9	4,5
Lissabon	21,2	3,1	9,9	4,7
Protina	21,1	5,5	30,0	3,8
Paradis	20,9	0,3	0,1	7,1
Gallec	20,5	2,9	8,4	4,7
Malaga	20,0	7,0	48,8	3,3
Bohemians	19,5	1,7	3,0	6,7
Cordoba	19,1	6,9	47,8	3,5
Petrina	19,0	8,4	70,1	3,9
Alma Ata	18,9	3,8	14,1	3,9
Aveline	17,6	4,9	24,3	4,3
Josefine	16,9	7,4	54,9	3,1
Augusta	16,1	3,1	9,9	7,0

Auch beim TKG ergab sich in der Auswertung der dreijährigen Versuche ein signifikanter Einfluss von Genotyp und Jahr sowie eine Wechselwirkung Genotyp x Jahr. In 2011 war das TKG im Mittel am höchsten, gefolgt von 2012 und 2013 (Abbildung 41). Dabei wiesen in 2012 die frühen Sorten auf Grund der insgesamt späten Blüte und damit kürzeren Kornfüllungsphase ein geringeres TKG als 2011 auf, das der späten Sorten war tendenziell höher. 2013 war das TKG im Mittel am geringsten, was vor allem auf die bis zu 4 Wochen frühere Abreife und damit verkürzte Kornfüllungsphase aller Genotypen zurückzuführen ist.

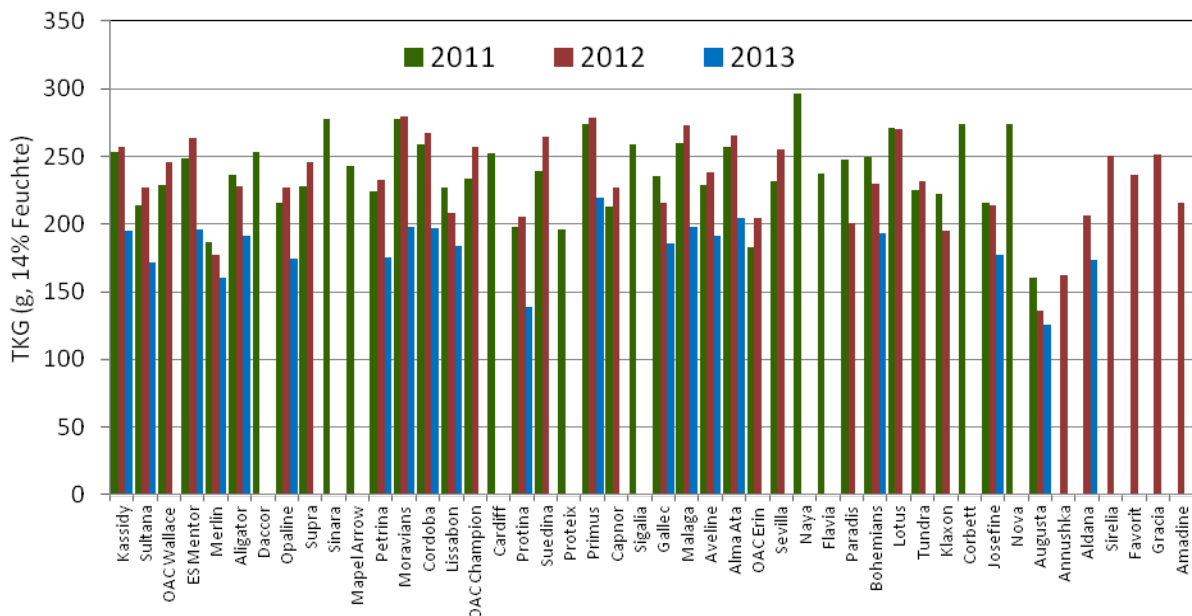


Abbildung 41: Tausendkorngewicht der Sojasorten im Feldversuch Groß Lüsewitz 2011 – 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ 2011 24,7, 2012 27,2, 2013 23,1)

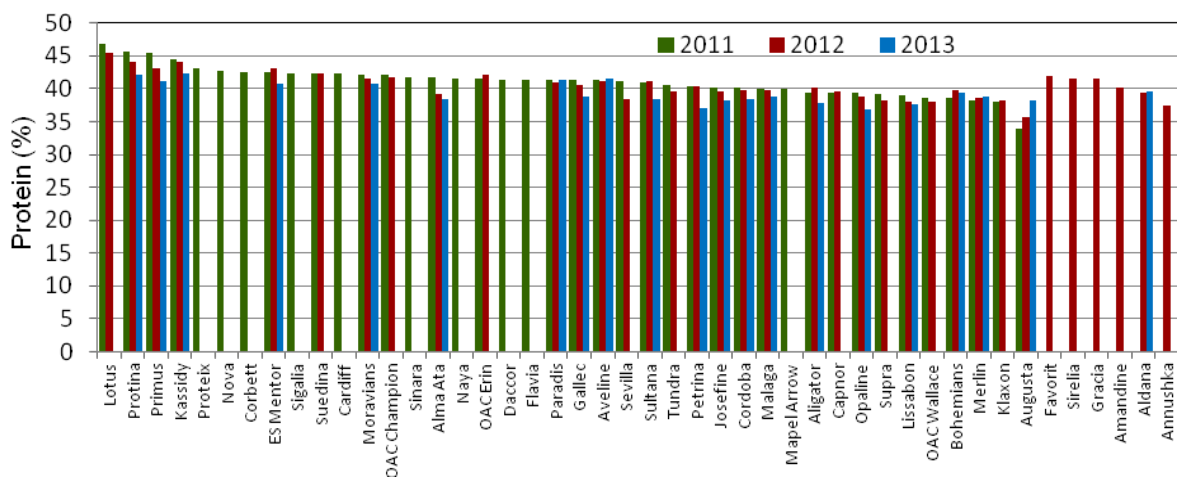


Abbildung 42: Proteingehalte der Sojasorten im Feldversuch Groß Lüsewitz 2011 bis 2013 (LSD für $\alpha \leq 5\%$ 2011 1,77, 2012 2,69, 2013 2,20)

Auch beim Proteingehalt ergab sich ein signifikanter Einfluss von Sorte und Jahr. Der lag im Mittel aller Sorten in 2012 und 2013 um knapp 1 % niedriger als in 2011 und die signifikante Wechselwirkung Sorte x Jahr zeigt auch bei diesem Merkmal, dass die Sorten unterschiedlich auf die Witterungsbedingungen reagierten (Abbildung 42). Dabei wiesen 2012 die frühen Sorten mit einem im Vergleich zu 2011 verminderten TKG leicht erhöhte Proteingehalte gegenüber 2011 auf, während es bei den späteren Sorten zu einer Abnahme im Proteingehalt kam. Der gleiche Trend gilt auch für 2013. Vergleicht man Höhe und Stabilität der Proteinerträge als letztlich entscheidendes Kriterium bei den 20 Sorten, die in allen drei Jahren geprüft wurden, so sind es die gleichen Sorten, die sich durch eine hohe Stabilität im Ertrag wie auch im Proteinertrag auszeichnen (Tabelle 48). Das ist unter anderem eine Konsequenz daraus, dass die Variabilität in den Erträgen höher ist, als in den Proteingehalten. Im Ranking der Sorten bezüglich der Höhe der Proteinerträge im Vergleich zu den Erträgen selbst kommt es zu geringen Verschiebungen: Primus gewinnt im Vergleich zu Merlin etwas auf Grund des hohen Proteingehaltes; Lissabon fällt wie Merlin etwas ab, da die Proteingehalte niedriger sind.

Tabelle 48: Mittlere Proteinerträge der am Standort Groß Lüsewitz dreijährig geprüften Sorten und Standardabweichung (SD) sowie Varianz als Maß für die Ertragsstabilität; grün unterlegt: Sorten mit relativ hoher Stabilität der Proteinerträge über die Jahre (Proteinerträge: LSD für $\alpha \leq 5\%$ 1,91)

Sorte	Mittlerer Proteinertrag dt/ha	SD	Varianz
Kassidy	11,6	4,2	17,9
ES Mentor	10,3	4,2	17,5
Merlin	9,6	1,8	3,2
Protina	9,3	2,4	5,9
Primus	9,3	2,0	3,9
Moravians	8,9	2,2	4,9
Aligator	8,9	2,4	6,0
Sultana	8,9	4,1	16,6
Paradis	8,6	0,1	0,0
Opaline	8,4	2,3	5,4
Gallec	8,3	1,4	2,0
Lissabon	8,1	1,4	1,8
Malaga	7,9	2,7	7,2
Bohemians	7,6	0,6	0,4
Cordoba	7,5	2,8	7,6
Alma Ata	7,5	1,7	2,8
Petrina	7,4	3,3	10,8
Aveline	7,3	2,0	4,2
Josefine	6,6	2,8	7,8
Augusta	5,8	1,2	1,5

Von besonderem Interesse ist letztlich noch der Vergleich der Reifegruppen der Sorten zur tatsächlichen Abreife am Standort im Mittel der drei Prüffahre in Form der bis zum Beginn der Ernte durchgeführten Reifebonitur. Hier zeigt sich, dass für unseren extrem nördlichen Standort die vorgenommene Einteilung in Reifegruppen mit der tatsächlichen Abreife nur bedingt übereinstimmt, was für eine Wechselwirkung zwischen Tageslänge (Breitengrad) und Abreife

spricht. Sichtbar wird aber noch einmal, dass die am Standort ertragsstabilen Sorten – in der Tabelle grün unterlegt – (fast) alle im Bereich einer früheren Abreife lagen.

Tabelle 49: Dreijährig in Groß Lüsewitz angebaute Sorten mit ihrer Reifegruppe und Ranking der tatsächlichen Abreife am Standort über die drei Jahre; * Reifebonitur: 9 = früh, 1 = spät; grün unterlegt: Sorten mit relativ hoher Ertragsstabilität über die Jahre

Sorte	Reifegruppe	Mittlere Abreife*
ES Mentor	00	2,7
Josefine	000	3,1
Malaga	000/00	3,3
Cordoba	00/000	3,5
Kassidy	00	3,6
Opaline	00/000	3,6
Protina	000/00	3,8
Alma Ata	000/00	3,9
Petrina	000/00	3,9
Sultana	000	3,9
Aligator	000	4,0
Moravians	00/000	4,0
Aveline	000	4,3
Primus	00	4,5
Gallec	000/00	4,7
Lissabon	000	4,7
Merlin	000	5,4
Bohemians	000	6,7
Augusta	000	7,0
Paradis	000	7,1

Die Ergebnisse der Sortenversuche am Standort gingen in die Auswertung des mehrortigen und mehrjährigen Prüfanbaus im Rahmen des Verbundprojektes ein.

5.4.3 Zusammenfassung

Die durchgeführten Gefäßversuche zeigen eine deutliche Variabilität in der Reaktion auf Kühlestress in der Hülsenansatzphase im untersuchten Sojasortiment.

Dabei wurde sowohl

- (1) Toleranz im engeren Sinne in Form eines wenig verminderten Hülsenansatzes unter Kühlestress gefunden (Bsp. Merlin, Primus, Lissabon) wie auch
- (2) Kompensationsvermögen in Form von vermehrtem Hülsenansatz nach der Kühlestressphase (Toleranz im weiteren Sinne) beobachtet:
 - (2a) ohne deutliche Reifeverzögerung (Bsp. Paradis)
 - (2b) mit deutlicher Reifeverzögerung (Bsp. Moravians)

(3) wie auch Sensitivität, bei der der fehlende Hülsenansatz bis zur Ernte nicht kompensiert wurde (Bsp. Malaga, Isidor), festgestellt.

Im untersuchten Zuchtmaterial aus AP1a (Volker Hahn) ist die Variabilität ähnlich breit und damit eine Selektion auf Kühletoleranz möglich.

Dabei erwies sich das Testregime, bei dem unter kontrollierten Bedingungen ab Blühbeginn 3 Wochen Kühlestress bei 15 °C Tag/10 °C Nacht appliziert wurde, als gut geeignet, um eine Differenzierung bezüglich des Hülsenansatzes reproduzierbar aufzuzeigen.

Von den über den Hülsenansatz hinaus erfassten Parametern (Gesamtgehalt löslicher Zucker, Gehalt an freiem Prolin, Trockensubstanzgehalt, Chlorophyllgehalt, Chlorophyllfluoreszenz) war vor allem bei den letzten drei ein positiver Zusammenhang zum Hülsenansatz bei Kühlestress erkennbar; dieser war jedoch nicht eng genug, um als Grundlage einer Selektion zu dienen.

Die im Feldversuch 2011 und 2013 beobachteten Auswirkungen einer Kühlestressphase nach Blühbeginn auf den Hülsenansatz zeigten eine vergleichsweise gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus dem Gefäßversuch unter kontrollierten Bedingungen und bestätigen damit eine Relevanz der Untersuchungen für das Freiland.

Die dreijährigen Feldversuche am Standort Groß Lüsewitz verliefen trotz der extrem nördlichen Lage des Standortes erfolgreich und unterstreichen damit die Möglichkeit eines Sojaanbaus in Norddeutschland, wenn entsprechend frühreife Sorten (frühe 00 - 0000) zum Einsatz kommen.

Dabei zeigte sich, dass

- in Jahren mit höheren Wärmesummen die etwas späteren Sorten ihr meist höheres Ertragspotential ausspielen können,
- über alle (günstige und ungünstigere) Jahre gesehen, die frühen Sorten auf einem etwas niedrigeren Ertragsniveau ertragsstabiler reagieren und
- robuste, ertragsstabile Sorten in der Regel auch über eine gute Kühletoleranz verfügen (müssen) – Bsp. Merlin, Lissabon, Primus.

5.5 Arbeitspaket 1c: Strategien zur Selektion auf Kühle- und Unkrauttoleranz und zur Optimierung der Interaktion mit Bradyrhizobien – Interaktion mit Bradyrhizobien (FiBL Schweiz)

Gefäßversuch zur Selektion der Bradyrhizobien auf Kühltoleranz im Jugendstadium

Der Gefäßversuch zur Selektion auf kühltolerante Bradyrhizobienstämme konnte erfolgreich etabliert und standardisiert werden. Die Beschaffung der Bradyrhizobienpräparate und Forschungsstämme erwies sich aufgrund logistischer Probleme bei Lieferungen aus Übersee als schwierig, bzw. weil viele Firmen nicht bereit waren neue Produkte zur Prüfung abzugeben, da sie ihr Firmen-Knowhow schützen möchten.

Bei den kühlen Temperaturen (12/10 °C und 14/12 °C) war das Wachstum der Keimlinge sehr gering und auch die Knöllchenbildung stark beeinträchtigt. Zwei Produkte konnten selbst bei warmen Temperaturen keine Knöllchenbildung induzieren. Es ist möglich, dass diese während des Überseetransports bestrahlt und damit abgetötet wurden. Die anderen 10 Bradyrhizobienstämme reagierten sehr unterschiedlich auf die drei Temperaturregime und können somit auf Kühltoleranz selektiert werden (Abbildung 43). Es bestätigte sich, dass das Bradyrhizobium USDA 30, das bereits als kühltolerant identifiziert wurde (Zhang et al. 2003), bei der tiefsten Temperatur ebenfalls am meisten Knöllchen zeigte, gefolgt von Radicin.

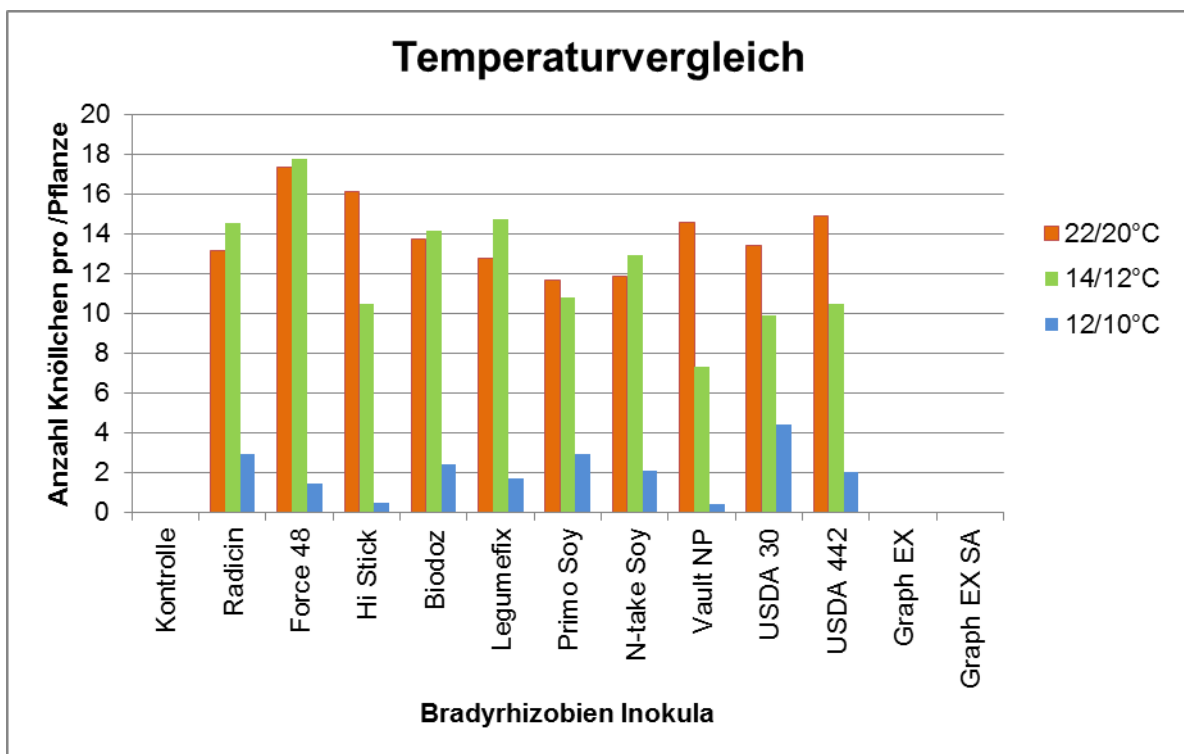


Abbildung 43: Anzahl Knöllchen pro Sojapflanze 6 Wochen nach der Inokulation mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten bei verschiedenem Temperaturregime

Je nach Temperaturregime variierte auch die Effizienz der einzelnen Bradyrhizobien x Sojasorte Kombinationen. Signifikante Bradyrhizobien x Sojasorte Interaktionen wurden für die

Knöllchenzahl bei 14/12 °C und 12/10 °C identifiziert ($p \leq 0,01$). Während die Knöllchenbildung bei 14/12°C mit dem Produkt Force 48 und der Sorte Bohemians am höchsten war, erreichte bei 12/10°C USDA 30 mit Protina am meisten Knöllchen. Bei 14/10°C konnten bei diversen Bradyrhizobien x Sojasorte Kombinationen keine Knöllchen beobachtet werden (Abbildung 44).

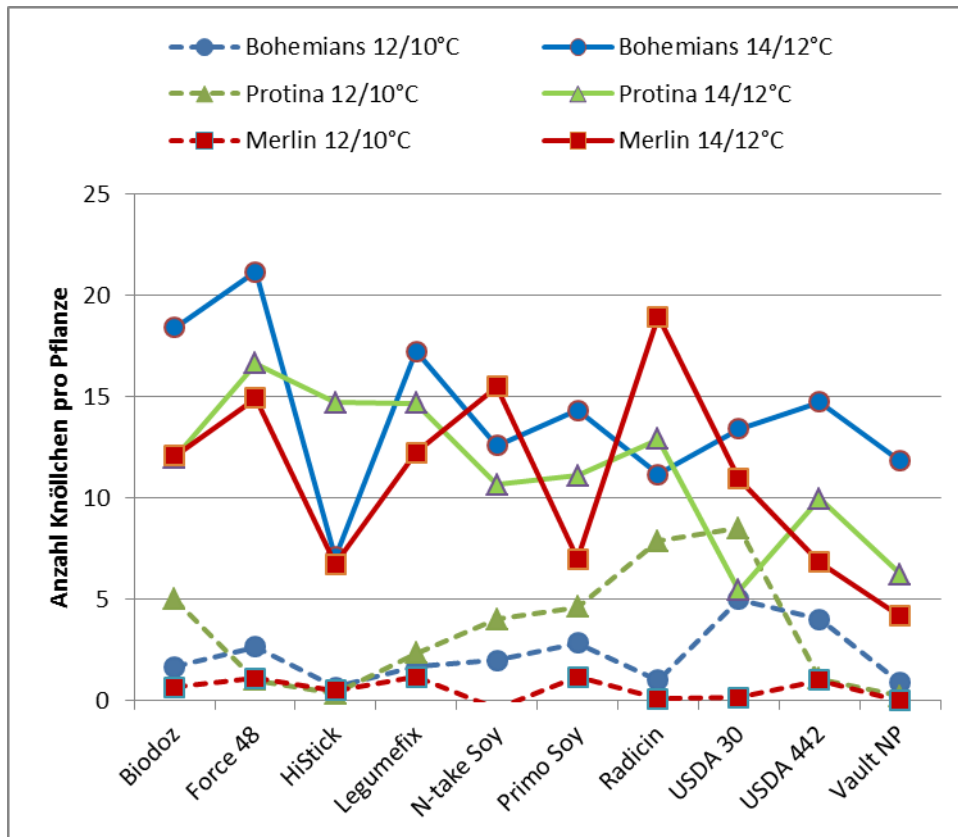


Abbildung 44: Abbildung 42 Anzahl Knöllchen pro Pflanze nach 6 Wochen in Abhängigkeit von Sorte und Bradyrhizobienpräparat bei kühlen Temperaturen

Basierend auf diesem Gefäßversuch können Unterschiede in der Kühltoleranz gefunden werden, die es ermöglichen Bradyrhizobienstämme zu selektieren, die bei kühlen Temperaturen mehr Knöllchen bilden als das Standardprodukt HiStick. Aufgrund der signifikanten Sorten-Bradyrhizobien-Interaktion wurden für die Auswahl der Bradyrhizobienversuche die Einzelwerte bei beiden Temperaturregimes 12/10 °C und 14/12 °C berücksichtigt.

Gefäßversuch zur Prüfung der Sorten x Bradyrhizobien Interaktion 2012 im Jugendstadium

Zwanzig Sojasorten wurden mit den Präparaten USDA 30, Radicin, Biodoz, Legumefix und HiStick sowie eine Negativkontrolle im Gefäßversuche bei 14/12 °C für 6 Wochen geprüft. Für alle untersuchten Merkmale (Knöllchenzahl, Knöllchenvolumen, SPAD, Photosynthesepotential (SPAD x Blattzahl), Wurzeltrockenmasse, Sprosstrockenmasse, N-Gehalt Spross, Gesamt N-Aufnahme Spross, Anteil an biologisch fixiertem Stickstoff aus der Atmosphäre) konnten hoch signifikante Unterschiede zwischen den Sorten als auch zwischen den Bradyrhizobien festgestellt werden. Schwach signifikante Wechselwirkungen zwischen Sojasorte und

Bradyrhizobienpräparat konnte nur für die Merkmale Knöllchenvolumen und Photosynthesepotential festgestellt werden.

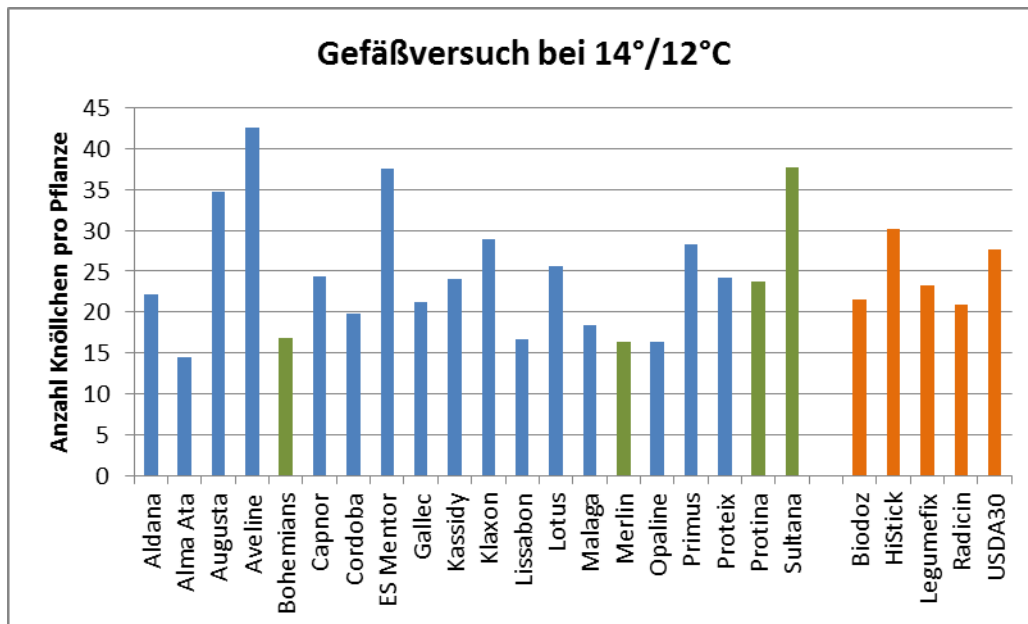


Abbildung 45: Anzahl Knöllchen der Sojasorten 6 Wochen nach Inokulation mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten im Gefäßversuch bei 14/12°C

Bei der Knöllchenzahl pro Pflanze hatten die Sorten Aveline, ES Mentor und Sultana die höchsten Werte (37,4 - 42,5). Die Sorte Alma Ata hatte mit 14,4 den niedrigsten Wert (Abbildung 46). Die Sorte Aldana hatte mit 52,3 den höchsten SPAD-Wert, die Sorte Lissabon (33,7) den niedrigsten. Beim Sprossgewicht hatte Klaxon mit 0,49 g pro Pflanze deutlich mehr Biomasse aufgebaut als Opaline mit 0,28 g/Pflanze.

Für die Parameter Knöllchenzahl, SPAD und Sprossgewicht pro Pflanze zeigte das Bradyrhizobienpräparat Radicin die geringsten Werte, während der Bradyrhizobienstamm USDA30 hohe Werte erzielte. Das Produkt HiStick erzielte über alle 20 Sorten hinweg die höchste Anzahl Knöllchen (Abbildung 46).

Der Anteil des biologisch fixierten Stickstoffgehalts der 6-wöchigen Sojasämlinge variierte zwischen 7 (Gallec, Aldana) und 30 % (Protina, Cordoba). Absolut gesehen hatten Lotus, Klaxon und Cordoba am meisten Stickstoff aus der Atmosphäre fixiert (Abbildung 46). Die Gesamt N Aufnahme war nur mäßig ($r = 0,4$) mit der biologischen Stickstofffixierung korreliert. Beide Parameter waren nicht signifikant mit der Knöllchenzahl korreliert. Dies ist vermutlich auf das frühe Entwicklungsstadium zurückzuführen. Die Keimlinge waren nach 6 Wochen bei diesen kühlen Temperaturen noch sehr klein (Durchschnitt: 10 cm hoch, 3 Fiederblätter) und konnten noch vom Stickstoffreservoir aus den Keimblättern profitieren.

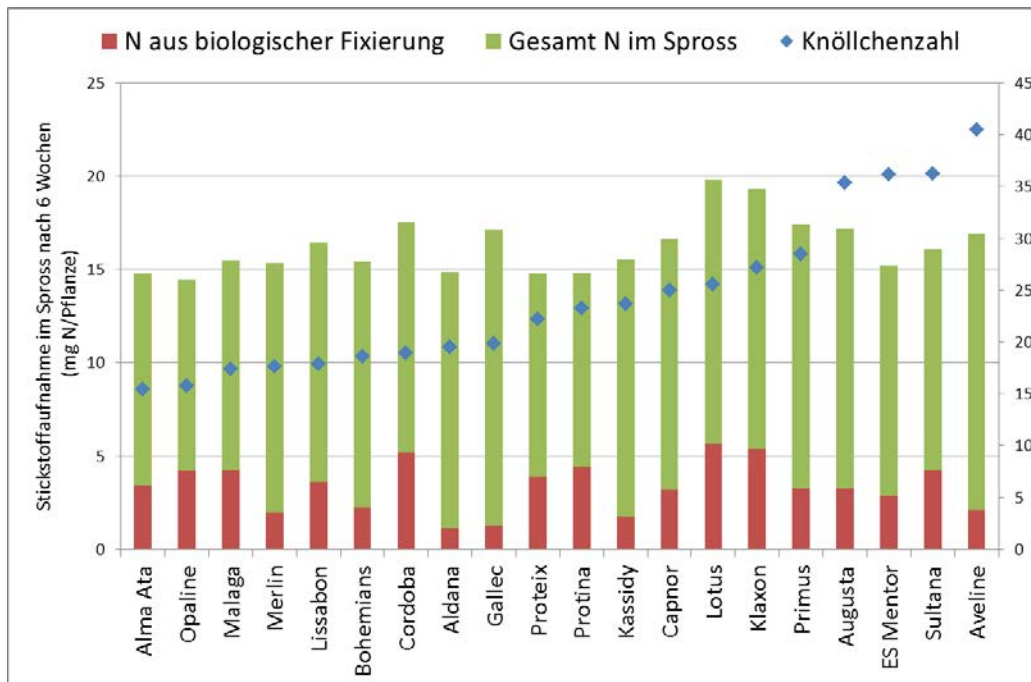


Abbildung 46: Gesamtstickstoffaufnahme, Anteil des biologisch fixierten Stickstoffs und Knöllchenzahl der 20 Sojasorten nach 6 Wochen im Gefäßversuch bei 14/12°C

Bradyrhizobienstämme haben einen hoch signifikanten Einfluss auf alle geprüften Merkmale des Gefäßversuchs und sind somit von großer Bedeutung für die Jugendentwicklung der Sojapflanzen. Während im ersten Gefäßversuch mit 12 Bradyrhizobien aber nur 3 Sorten signifikante Interaktionen für Sojasorten x Bradyrhizobienstämme gefunden wurden, sind im zweiten Versuchsansatz nur schwach signifikante Interaktionen für das Photosynthesepotential und die Knöllchenvolumen gefunden worden. Daher kann aufgrund dieser Ergebnisse nicht geschlossen werden, dass durch sortenspezifische Bradyrhizobienstämme ein großer Vorteil bei der Jugendentwicklung zu erwarten ist. Hingegen zeigt Abbildung 46, dass es schon im Jugendstadium eine gute Differenzierung der Sorten bei der N-Aufnahme und der biologischen Stickstofffixierung gibt, die züchterisch genutzt werden könnte. Züchtung auf verbesserte Symbioseleistung wird seit einigen Jahren von mehreren Autoren propagiert (Rengel 2002, Wissuwa et al. 2009), ist aber bisher noch nicht in die züchterische Praxis umgesetzt worden. Gerade für den ökologischen Landbau mit begrenzten externen Inputs könnte das ein noch ungenutztes Potential darstellen, um die Erträge und insbesondere die Ertragsicherheit zu erhöhen (Messmer et al. 2012).

Gefäßversuch zur Prüfung des Einflusses der Bradyrhizobienpräparate auf die Kühltoleranz zur Blüte

Der Kühlestress zur Blüte hatte einen hoch signifikanten Einfluss auf fast alle gemessenen Merkmale: SPAD, Anzahl Hülsen und Samen direkt nach der 3-wöchigen Kühlestressperiode erhoben sowie die Knöllchengröße, SPAD, Anzahl Hülsen, Anzahl Bohnen jeweils getrennt nach Haupt- und Seitentrieb, und das Sprossgewicht erfasst zwei Wochen nach der Kühlestressperiode, außer auf die Knöllchenzahl. Der induzierte Kühlestress erhöht den Chlorophyllgehalt, die Anzahl Hülsen und verringert die Anzahl Samen pro Pflanze. Vor allem der Anteil an Hülsen und Samen von Seitentrieben war durch den Kühlestress gegenüber der Kontrolle bei 25/20 °C erhöht. Ebenso hatten die geprüften Sorten Merlin und Protina einen

hoch signifikanten Einfluss auf alle Merkmale außer auf die Knöllchengröße und die SPAD Werte.

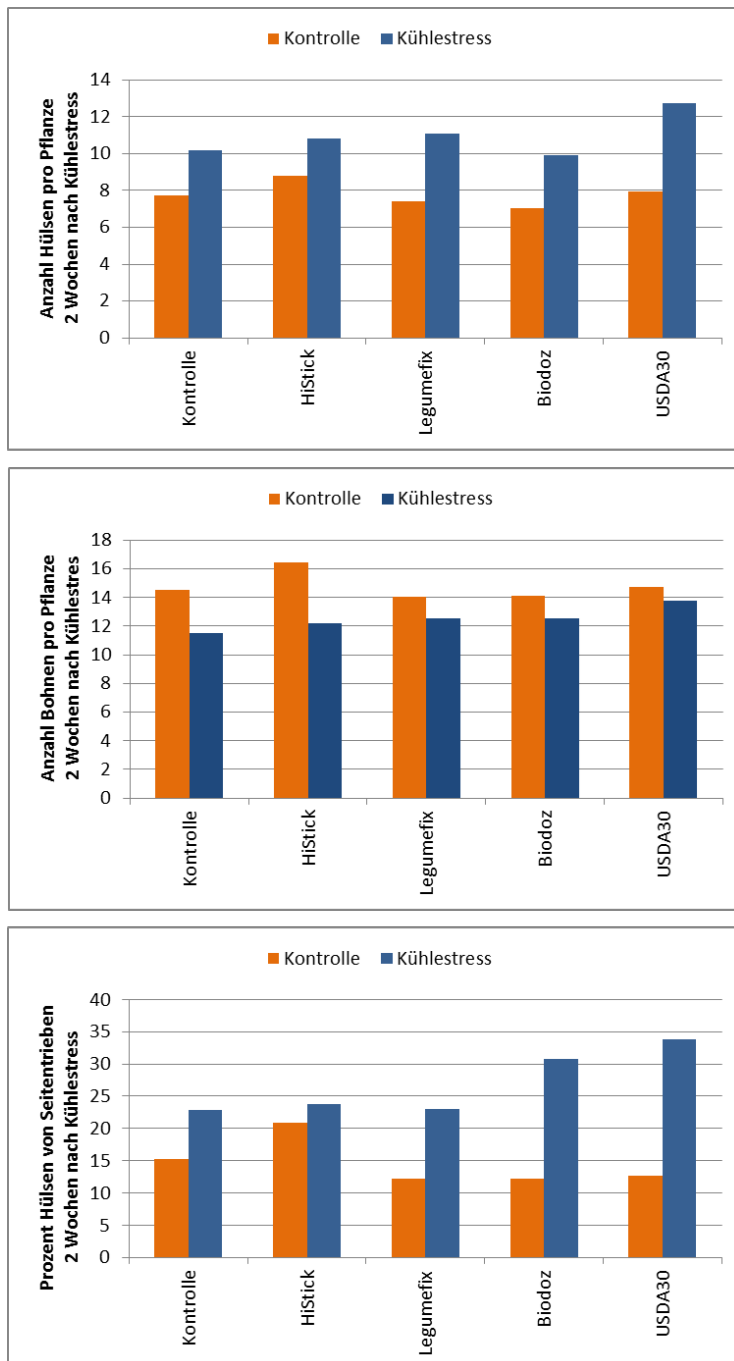


Abbildung 47: Anzahl Hülsen pro Pflanze, Anzahl Samen pro Pflanze und Anteil an Hülsen aus Seitentriebe 2 Wochen nach dem induziertem Kühlestress zur Blüte (blau) im Vergleich zur stressfreien Kontrolle (orange) in Abhängigkeit der Bradyrhizobienpräparate

Berechnet über den gesamten Versuch hatten die Bradyrhizobienpräparate hingegen keinen signifikanten Einfluss auf die erhobenen Merkmale bis aus Knöllchenzahl und Knöllchengröße. Biodoz und USDA 30 erzielten mit 22 die höchste Knöllchenzahl pro Pflanze. Die Hypothese, dass die Wahl der Bradyrhizobien die Kühletoleranz zur Blüte bzw. das

Kompensationsverhalten nach dem Kühlestress beeinflussen könnte, wurde durch die signifikanten Interaktionen von Bradyrhizobium x Kühlestress für den SPAD Wert, die Anzahl Hülsen pro Seitentrieb und dem Sprossgewicht nach 2 Wochen Rekonvaleszenzphase bestätigt. Innerhalb der Verfahrensgruppe mit Kühlestressbehandlung hatten die Bradyrhizobienpräparate einen schwach signifikanten Einfluss auf Anzahl Hülsen und Bohnen nach 2 Wochen Rekonvaleszenzphase. Das Bradyrhizobium USDA 30 hatte signifikant mehr Hülsen nach Kühlestress induziert als die nicht inokulierte Kontrolle (Abbildung 47). Dies könnte auf eine erhöhte Kompensationsleistung zurückzuführen sein, indem mehr hülsentragende Seitentriebe nach dem Kühlestress induziert werden, die v.a. bei USDA 30 und Biodoz zur Ertragsbildung beitragen. Diese Kompensationsleistung zählt nach Gass et al. 1997 zur Kühletoleranz im weiteren Sinne.

In diesem Versuch bestätigt es sich, dass je nach Temperaturregime andere Bradyrhizobienstämme von Vorteil sind. HiStick, das im ersten Gefäßversuch bei 22/20 °C am besten abgeschnitten hat, jedoch nicht bei tiefen Temperaturen, erreicht auch hier bei 25/20 °C ohne Kühlestress eine höhere Hülsenzahl und mehr Samen als anderen Bradyrhizobienpräparate (Abbildung 47). Insgesamt gesehen waren die Unterschiede zwischen den Bradyrhizobienpräparaten nach induziertem Kühlestress jedoch eher gering und nicht so entscheidend wie die Sortenwahl für eine gute Kühletoleranz zur Blüte.

Verifikation der Ergebnisse der Gefäßversuche und Prüfung der kühletoleranten Bradyrhizobienpräparate in Feldversuchen unter ökologischer Bewirtschaftung in kühlen Regionen:

Im Feldversuch in 2012 in Maibach, Unterfranken, kam es bei der Aussaat durch den Lohnunternehmer zu einer gewissen Verschleppung der Bradyrhizobien, so dass die Kontrolle ebenfalls einen gewissen Knöllchenansatz zeigte. Wegen möglicher Kreuzkontaminationen müssen die Ergebnisse daher mit Vorsicht interpretiert werden. Für alle erhobenen Merkmale inkl. Ertrag wurden signifikante Sorteneffekte gefunden, außer für die Knöllchenzahl nach 6 Wochen. Für die Parameter Knöllchenzahl und Knöllchengröße wurden signifikante Sorteneffekte (nach 10 Wochen), Bradyrhizobieneffekte (nach 6 und 10 Wochen) und signifikante Interaktionen festgestellt. Die meisten Knöllchen wurden mit Biodoz Rhizofilm, USDA30 und Legumefix erzielt, während HiStick am schlechtesten abschnitt. Dies entspricht den Erwartungen aus dem ersten Gefäßversuch. Das neue Bradyrhizobieninokulum CellTech lag im Mittelfeld. Nach 6 Wochen erzielte Bohemians mit Biodoz die höchste (14) und Protina mit HiStick (5) die geringste Knöllchenzahl pro Pflanze. Die Sorte Sultana bildete nach 10 Wochen signifikant mehr Knöllchen als die Sorte Protina. Für den Chlorophyllgehalt zur Blüte (SPAD) wurden hoch signifikante ($P < 0,01$) und für den Protein- und Ölgehalt bei Samenreife signifikante ($P < 0,05$) Bradyrhizobieneffekte gefunden, jedoch nicht für den Samenertrag.

In den Feldversuchen in 2013 in Sulzthal, Unterfranken, und in Groß Lüsewitz, Mecklenburg-Vorpommern, konnte das Problem mit der Verschleppung behoben werden und somit traten die Unterschiede zwischen der Bradyrhizobienpräparaten stärker zu Tage. Die Unterschiede zwischen den 4 Sorten (Merlin, Bohemians, Protina, Sultana) in Sulzthal und den 2 Sorten (Merlin, Protina) in Groß Lüsewitz waren für fast alle Merkmale hochsignifikant, außer für die Knöllchenzahl in Sulzthal, dem Proteinertrag an beiden Standorten und dem Chlorophyllgehalt in Groß Lüsewitz. Der Einfluss der Bradyrhizobienpräparate war in 2013 für alle Merkmale hoch signifikant (Tabelle 50). Signifikante Sojasorten x Bradyrhizobien Interaktionen wurde für das Merkmal Proteingehalt an beiden Standorten festgestellt. Die beste Kombination in Sulzthal war

Legumefix für Protina und Biodoz für Merlin; in Groß Lüsewitz war es Legumefix für Protina und Celltech für Merlin.

In allen drei Feldversuche wurde gemittelt über die Sorten mit Biodoz die höchsten Knöllchenzahlen pro Pflanze erzielt, gefolgt von USDA 30, während HiStick konsistent die geringsten Knöllchen zeigte.

Tabelle 50 Mittelwerte der wichtigsten Merkmale der Feldversuche von 2012 bis 2013 unter ökologischer Anbauweise in Abhängigkeit von den Bradyrhizobienpräparaten. Die angegebenen Signifikanzniveaus der Bradyrhizobieneffekte entsprechen $P < 0.001$ *; $P < 0.01$ **; $P < 0.05$ *; $P > 0.05$ n.s. nicht signifikant**

Versuch	Bradyrhizobienpräparat	Knöllchenzahl pro Pflanze nach 10 Wochen	Ertrag bei 86 % TS (dt/ha)	TKW	Proteingehalt %	Protein-ertrag (dt/ha)
2012	Kontrolle	8,5	15,8	182	42,1	5,7
Maibach	HiStick	14,9	17,2	186	41,5	6,1
U-Franken	Celltech	21,2	17,4	184	40,6	6,1
	Legumefix	23,5	17,6	187	42,1	6,4
	Biodoz	26,8	15,7	187	41,2	5,6
	USDA 30	24,5	15,4	179	40,2	5,3
Signifikanz		***	n,s,	n,s,	***	n,s,
2013	Kontrolle	0,1	12,6	-	30,4	3,3
Sulzthal	HiStick	7,6	17,7	-	37,1	5,6
U-Franken	Celltech	10,2	17,5	-	38,8	5,9
	Legumefix	10,3	19,2	-	39,0	6,4
	Biodoz	16,0	19,2	-	40,0	6,6
	USDA 30	13,4	18,2	-	36,3	5,7
Signifikanz		***	***		***	***
2013	Kontrolle	0,1	8,8	118	30,4	2,3
G-Lüsewitz	HiStick	15,0	19,8	152	41,5	7,0
Mecklenb.	Celltech	21,4	20,4	151	41,7	7,3
	Legumefix	18,3	20,4	154	41,8	7,3
	Biodoz	28,6	21,3	151	41,6	7,6
	USDA 30	21,3	18,1	138	38,6	6,0
Signifikanz		***	***	***	***	***

Der Ertrag war in den Versuchen in 2013 ebenfalls am höchsten mit Biodoz, gefolgt von Legumefix, während die nicht inokulierte Kontrolle zu starken Ertragseinbußen führte: 31% Ertragsreduktion in Sulzthal und 56 % in Groß Lüsewitz gegenüber den erfolgreich inokulierten Parzellen. Darüber hinaus reduzierte sich der Proteingehalt der Samen massiv um 8 bzw. 10 Prozentpunkte (Tabelle 50). Daraus resultiert, dass der Protein-ertrag der Kontrolle nur 54 % in Sulzthal und 32 % in Groß Lüsewitz vom potentiellen Ertrag bei erfolgreicher Inokulation erreichte. Beim Protein-ertrag erzielten jeweils Biodoz, Legumefix und Celltech die höchsten Werte, USDA 30 und HiStick belegen die hinteren Ränge. Trotz guter Knöllchenbildung war der Protein-ertrag bei Inokulation mit USDA 30 14 % bzw. 21 % geringer als bei Inokulation mit dem besten Bradyrhizobienpräparat Biodoz. In den Vorversuchen hat sich USDA 30 als

kühletolerant erwiesen (Zhang et al. 2003) und zeigte auch in den Soja-Feldversuchen in den ungünstigen Anbauregionen eine gute Knöllchenbildung, dies wurde aber nicht in Proteinertrag umgesetzt. In allen drei Versuchen waren der Proteingehalt und das Tausendkorngewicht (TKG) bei Inokulation mit USDA 30 am geringsten. Das Produkt Biodoz hingegen führt zu hohen Erträgen und hohen Proteingehalten.

Diese konsistente Rangfolge der Präparate in 2013 ist aufgrund früherer Versuche überraschend. Ein Grund für die bessere Differenzierung könnte sein, dass hier auch Produkte getestet wurden, die noch nicht im kommerziellen Anbau geprüft wurden (USDA 30), bzw. in Europa noch nicht kommerziell erhältlich sind (Legumefix aus UK, Celltech aus Kanada). Um den Einfluss der verschiedenen Bakterien besser vergleichen zu können, wurden alle Samen mit derselben Bakteriendichte inokuliert. USDA 30 wurde in 2012 in Frick im Labormaßstab im Flüssigmedium vermehrt, während für 2013 ein kommerzieller Hersteller eine Torfformulierung von USDA30 herstellte analog dem Produkt Legumefix. Aber in beiden Jahren hat das Produkt trotz der unterschiedlichen Formulierung die niedrigsten Proteingehalte. Auffallend ist, dass USDA 30 im Gefäßversuch zur Prüfung der Kühletoleranz zur Blüte das beste Kompensationstionsverhalten ausgelöst hat, das in einem höheren Anteil an Hülsen aus Seitentrieben resultierte. Diese könnte dazu führen, dass mehr aber dafür kleinere Samen gebildet werden. Tatsächlich hatte im Feldversuch in Groß Lüsewitz die mit USDA 30 inokulierten Sojasorten ein signifikant geringeres Tausendkorngewicht als bei Inokulation mit anderen Bradyrhizobienpräparaten (Tabelle 50). Dies könnte die Ursache für den geringeren Proteingehalt sein.

Um einen hohen Proteinertrag zu erreichen, ist eine erfolgreiche Knöllchenbildung eine zwingende Voraussetzung für die biologische Stickstofffixierung, wie der Vergleich mit der nicht inokulierten Kontrolle in 2013 deutlich zeigt. Darüber hinaus ist es wichtig, dass die Bradyrhizobien effizient den Luftstickstoff in den Knöllchen fixieren können und anschließend an die Pflanze abgeben, damit diese den Stickstoff in hohe Proteingehalte im Samen umsetzen können (Keyser & Li, 1992). Die signifikanten Wechselwirkungen die zwischen Sojasorte und Bradyrhizobien für den Proteingehalt gefunden wurden, werden durch andere Studien bestätigt (Solomon et al. 2012) und verdeutlichen wie sehr es auf das Zusammenspiel beider Symbiosepartner (Kiers et al. 2003, Liu et al. 2010) in einer gegebenen Umwelt (Grossman et al. 2011; Schipanski et al. 2010) ankommt.

Aus den Versuchen in 2013 lässt sich ableiten, dass an den getesteten Standorten keines der neuen Bradyrhizobienpräparate einen signifikanten Vorteil gegenüber Biodoz aufwies. Weitere Versuche mit dem Forschungsstamm USDA 30 wären jedoch von Interesse, um zu sehen, wie sich die Bradyrhizobien bei ungünstigen Frühjahrstemperaturen verhalten würden. Da in 2012 eine Kreuzkontamination erfolgte ist ein Jahr zu kurz, um gesicherte Aussagen treffen zu können.

Tastversuche zur Ko-Inokulation mit anderen Mikroorganismen

Der erste Tastversuch in 2012 in Maibach mit Merlin und Biodoz Bradyrhizobien mit und ohne Zusatzinokulation mit Mykorrhiza zeigten keine Unterschiede in Knöllchenzahl, Ertrag oder Proteingehalt. Allerdings lag die natürliche Mykorrhiza-Wurzelkolonisierungsrate auf dem ökologisch bewirtschafteten Feld in der Behandlung ohne Mykorrhiza bereits bei 60 %. Daher ist auch kein großer Effekt durch eine zusätzliche Inokulation mit effizienten Mykorrhizastämmen mit 15 infektiösen Einheiten pro Samen zu erwarten.

Im zweiten Tastversuch in 2013 in Suzthal mit Merlin und Biodoz Bradyrhizobien mit Zusatzinokulation mit dem Präparat RhizoVital42 bestehend auf *Bacillus amyloliquefaciens* Sporen zeigte sich ein Trend zur früheren Knöllchenbildung und einen höheren Ertrag (25,9 dt/ha mit Rhizovital42 versus 21,9 dt/ha ohne RhizoVital42). Aufgrund der geringen Wiederholung sind diese Daten statistisch nicht abgesichert. Weitere Forschung auf diesem Gebiet wäre aber unbedingt notwendig, um dieses Potential zur Förderung der Ertragssicherheit auszuloten (Berg 2009; Rodriguez-Navarro 2010, Bakker et al. 2012), da die Sojapflanzen im hiesigen Anbau verschiedensten abiotischen und biotischen Stressfaktoren ausgesetzt sind. In den USA sind bereits mehrere Bradyrhizobienpräparate mit Ko-Inokulation mit anderen Mikroorganismen auf dem Markt.

5.6 Arbeitspaket 1d: Erweiterung des zu prüfenden Genpools (Addendum I)

Eine Übersicht über die erfolgten Kontakte und die Anzahl der erhaltenen Linien und Sorten ist in Tabelle 51 dargestellt. In Tabelle 52 sind die Züchter, Institute und die erhaltenen Sorten und Linien namentlich zusammengefasst.

Tabelle 51: Übersicht über die kontaktierten Institutionen über alle Projektjahre

Jahr	Land	Anzahl Anfragen an Firma/Institut/Züchter	Anzahl Rückmeldung	Erhaltene Sorten/Linien
2011	Ukraine	5	1	0
	Russland	4	3	0
	Zentral Asien	14	2	0
	Polen	1	0	0
	Tschechien	1	1	0
	Rumänien	1	1	0
	Moldawien	1	1	0
	Weißrussland	1	1	10
	China	1	0	0
	Deutschland	1	1	194
2012	Tschechien	1	1	2
	Österreich	1	1	2
	Serbien	1	1	14
2013	Japan	3	1	125

Tabelle 52: Übersicht über die angefragten und erhaltenen Linien/Sorten

Jahr	Firma / Institut / Züchter	Land	Angefragte Sorten	Gelieferte Linien/Sorten
2011	IPK Gatersleben	Deutschland	200 Linien	194 Linien
	Soya-North Company Ltd	Weißrussland	Yaselda Pripyat Berezina Veras	Yaselda Pripyat Veras Oressa McCall (USA) Hudson Korada (Canada) Belgorodskaya 6 Zolotista Ustia (Ukraine)
	Eurosivo s.r.o	Tschechien	Annushka (000) Anastasia (00) Bilyavka (000)	Anastasia (00) Bilyavka(000)
2012	NSSEME	Serbien	Sorten mit MG (00) und (000)	Gracia (000) Favorit (000) NS-L-200378 (000) NS-L-200379 (000/00) Fortuna (00) Mercur (00) Prima (00) NS-Alfa (00) Sirena (00) NS-L-400066 (00) NS-L-200418 (00) NS-L-200419 (00) NS-L-200420 (00) Taijfun (00)
	ZEMĚDĚLSKÁ agentura, s.r.o	Tschechien	Sorten mit MG (00) und (000)	Korus (00) Brunensis (000/00)
	Saatbau Linz	Österreich	Sorten mit MG (00) und(000)	Padua
2013	NIAS	Japan	Frühe Sorten/Linien mit hohem Proteingehalt	125 Linien



Abbildung 48: Blick in den Beobachtungsanbau (Einzelreihen) der genetischen Ressourcen im Jahr 2011.

Im ersten Projektjahr wurden 524 verschiedene Sorten/Herkünfte angebaut. Die erhaltenen Sorten/Herkünfte wurden in allen Projektjahren als einreihiger Beobachtungsanbau (siehe Abbildung 48) angebaut. Die Bonituren im ersten und zweiten Projektjahr beinhalteten jeweils den Blühbeginn, die Blühfarbe, die Wuchshöhe, die Blattform, und das Auftreten verschiedener Krankheiten. Bei den einzelnen Bonituren konnte ein sehr breites Spektrum ermittelt werden. Die Wuchshöhe der einzelnen Linien unterschied sich stark (zwischen 24 und 140 cm), ebenso wie der Zeitpunkt der Blüte und der Zeitpunkt der Ernte (zwischen 113 und 146 Tagen nach Aussaat).

Im zweiten Projektjahr wurden neue 22 Sorten/Herkünfte im Beobachtungsanbau angebaut. Von den Linien und Sorten aus dem Beobachtungsanbau des ersten Projektjahres wurden keine wieder angebaut, da keine positiv bewertet werden konnten.

Im dritten Projektjahr wurden 125 Sorten/Herkünfte angebaut. Sorten/Herkünfte aus dem zweiten Projektjahr konnten ebenfalls nicht wieder angebaut werden, da auch hier keine Sorten/Herkünfte als positiv bewertet wurden. Bonituren im Beobachtungsanbau 2013 konnten nicht durchgeführt werden, da der gesamte Beobachtungsanbau von einem Schwarm Krähen gefressen wurde.

Die erhaltenen Sorten und Linien wurden mit den bereits für Deutschland zugelassenen Sorten verglichen. Insgesamt war Material dabei, das in einzelnen Merkmalen verbesserte Werte aufwies. Die allgemeine agronomische Leistung des geprüften Materials war jedoch nicht ausreichend, um diese Linien direkt für den Anbau in Deutschland einsetzen zu können. Da unerwarteterweise aus Kreuzungen zwischen in Deutschland angebauten Sorten bereits eine hohe Variabilität der Nachkommen zu verzeichnen war, wurde der Schwerpunkt der Selektionsarbeiten auf die Nachkommen der zugelassenen Sorten und nicht auf die agronomisch schwieriger zu behandelnden genetischen Ressourcen gelegt.

5.7 Arbeitspaket 1e: Erweiterung der Arbeiten zum Bradyrhizobien-Screening (Addendum I)

Prüfung kommerzieller Bradyrhizobienpräparate in mehrjährigen Exaktversuchen

Die zurzeit kommerziell verfügbaren Bradyrhizobienpräparate wurden in wiederholten Exaktversuchen an zwei Standorten über 3 Jahre geprüft und mit einer nicht inokulierten Kontrolle verglichen. In Frankenhausen wurde der Split-Plot Versuch jeweils auf einer ökologisch bewirtschafteten Fläche und in Quedlinburg jeweils auf einer konventionell bewirtschafteten Fläche angelegt, auf der noch nie zuvor Soja angebaut wurde. Bei allen Versuchen wurde in der unbehandelten Kontrolle keine Knöllchenbildung beobachtet. Daher kann eine Kreuzkontamination ausgeschlossen werden. In 2011 hatte ein extrem starkes Unwetter mit Hagelschlag den Versuch in Quedlinburg am 24.8.2011 kurz vor der Ernte zerstört und verunmöglichte eine exakte Ertragshebung.

In 2011 konnte mit dem Produkt Radicin No. 7 keine Knöllchenbildung beobachtet werden, während die Produkte Force 48, HiStick und Biodoz Rhizofilm an beiden Standorten Knöllchenbildung auslösten. Bei Radicin resultierte die Herstellerempfehlung in einer 10 bis 40-fach geringeren Bakterienzahl pro Same im Vergleich zu den anderen Produkten, daher wurde in 2012 die Anwendungskonzentration um das 20-fache erhöht. Aber auch bei dieser hohen Konzentration kam es in 2012 zu keiner Knöllchenbildung. In beiden Jahren erzielten die mit Radicin inokulierten Parzellen für alle Merkmale ähnliche Werte wie die nicht inokulierte Kontrolle (Tabelle 53, Tabelle 55) und wurde daher in 2013 nicht mehr geprüft.

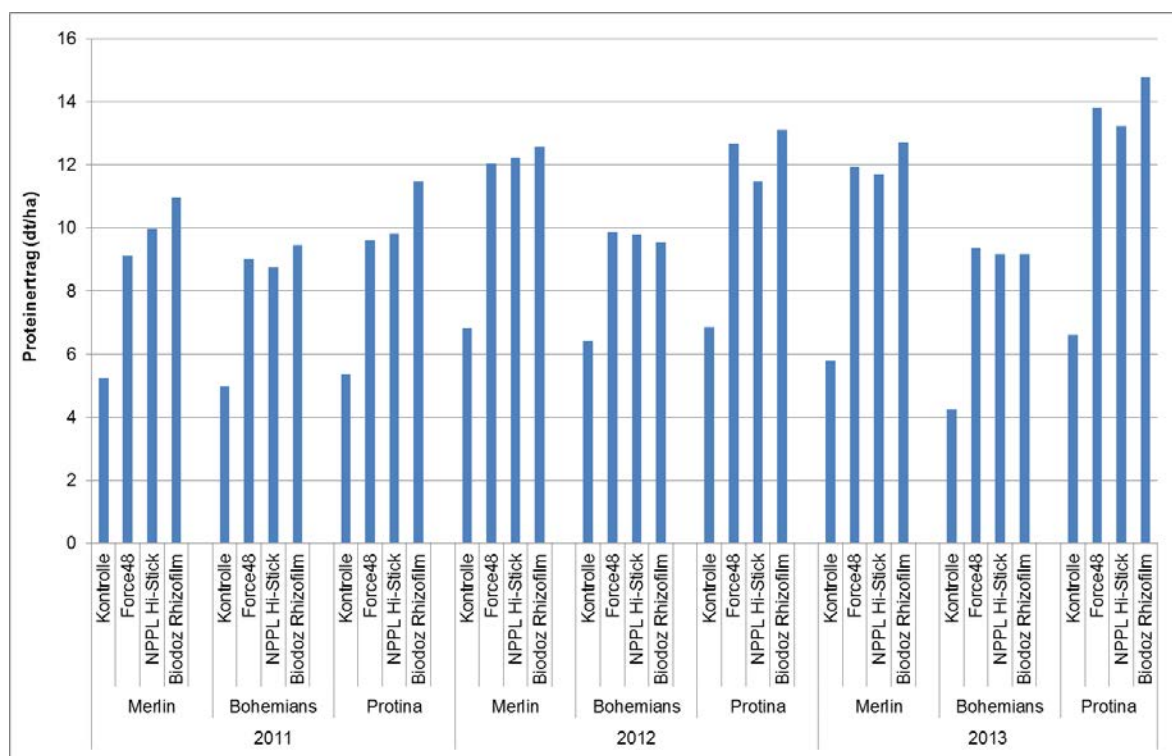


Abbildung 49: Proteintrag der drei Sojasorten bei Inokulation mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten unter ökologischer Bewirtschaftung in Frankenhausen von 2011 bis 2013

In Frankenhausen wurden über alle drei Jahre mit Biodoz die höchste Anzahl Knöllchen zur Blüte, der höchste Samenertrag, Tausendkorngewicht (TKG) und Proteingehalt erzielt, gefolgt von Force 48 (Tabelle 53). Durch erfolgreiche Inokulation konnte der Proteinertrag für alle drei Sorten nahezu verdoppelt werden. Dies war besonders ausgeprägt bei Protina mit einem Proteinzuwachs von 107 % mit Biodoz. Die Unterschiede zwischen den drei Bradyrhizobienpräparaten Biodoz, Force 48 und HiStick waren in den einzelnen Jahren gering aber tendenziell in der selben Rangfolge (Abbildung 49). Biodoz erzielte signifikant höhere Knöllchenzahl (2011, 2012) und höhere Proteingehalte (2011 - 2013) als HiStick. Die Sorten hatten einen signifikanten Einfluss auf alle Merkmale, so hatte Merlin den höchsten Ertrag, Protina den höchsten Proteingehalt und Bohemians den geringsten Proteinertrag. Signifikante Sojasorten x Bradyrhizobien Interaktionen wurden für den Proteingehalt gefunden; Protina reagierte auf Biodoz mit besonders hohem Proteingehalt.

Tabelle 53: Ergebnisse der Exaktversuche unter ökologischem Anbau in Frankenhausen gemittelt über die drei Jahre 2011-2013

Sorte	Impfmittel	Anzahl Knöllchen pro Pflanze	Ertrag 86 %TS (dt/ha)	TKG	Protein %	Proteinertrag (dt/ha)
Merlin	Kontrolle	0,0	23,1	143,4	29,9	5,9
	Radicin 2011-2012	0,0	21,7	145,7	30,4	5,6
	Force 48	16,1	33,2	170,5	38,4	11,0
	HiStick	13,6	34,1	172,7	38,5	11,3
	Biodoz	23,4	35,3	175,2	39,8	12,1
Bohemians	Kontrolle	0,0	18,6	187,1	32,5	5,2
	Radicin 2011-2012	0,0	20,0	189,5	32,7	5,6
	Force 48	17,5	28,6	215,8	38,2	9,4
	HiStick	13,6	24,9	216,1	38,0	9,2
	Biodoz	23,2	27,7	215,1	39,5	9,4
Protina	Kontrolle	0,0	19,3	140,6	37,6	6,3
	Radicin 2011-2012	0,2	18,4	142,6	37,6	5,9
	Force 48	12,6	31,1	171,8	44,8	12,0
	HiStick	11,3	30,2	171,1	44,3	11,5
	Biodoz	20,5	33,0	178,4	46,2	13,1

Bei der Verrechnung über die drei Jahre erzielte Biodoz mit allen drei Sorten signifikant höhere Knöllchenzahl, Proteingehalte und Proteinertrag als die Produkte Force 48 und HiStick. Die Erträge unterschieden sich signifikant von der Kontrolle nicht jedoch zwischen den Bradyrhizobienpräparaten. Hoch signifikante Sojasorten x Bradyrhizobien Interaktionen wurden für alle Merkmale gefunden sowie signifikante Bradyrhizobien x Jahr Interaktionen für die Knöllchenzahl und den Proteinertrag. Protina erzielte mit Biodoz besonders hohen Ertrag, TKG und Proteingehalt, so dass ein hoher Proteinertrag realisiert werden konnte. Auch die Sorten

Merlin und Bohemians hatten die höchsten Proteinerträge mit Biodoz. Bei diesen beiden Sorten war jedoch der Unterschied zu den anderen Präparaten wesentlich geringer als bei Protina (Tabelle 5).

Unter den konventionellen Anbaubedingungen in Quedlinburg waren die Ergebnisse der Bradyrhizobienpräparate, die an 3 Sojasorten getestet wurden, sehr ähnlich zu den Ergebnissen in Frankenhausen, aber zum Teil weniger stark ausgeprägt. So konnte unter konventionellen Anbaubedingungen in Quedlinburg der Proteinertrag mit erfolgreicher Inokulation im Vergleich zur Kontrolle nur um 30 – 50 % gesteigert werden (Tabelle 55), während unter ökologischem Anbau in Frankenhausen eine Steigerung um über 100 % möglich war (Tabelle 53). Mit Biodoz war die Knöllchenzahl zur Blüte in allen drei Jahren signifikant höher als mit Force 48 und HiStick. Es gab jedoch keine signifikanten Unterschiede im Samenertrag zwischen den drei wirksamen Bradyrhizobienpräparaten (Tabelle 55). In 2012 erreichten die nicht inokulierte Kontrolle und das unwirksame Produkt Radicin sogar dasselbe Ertragsniveau wie die Biodoz, Force 48 und HiStick von 23 dt/ha. Dies ist wahrscheinlich auf die sehr hohen Reststickstoffgehalte im Boden ($N_{\min} = 76 \text{ kg N/ha } 0 - 30\text{cm} + 157 \text{ kg N/ha } 30 - 90 \text{ cm}$) zurückzuführen, da hohe Stickstoffdüngung die Knöllchenaktivität und biologische Stickstofffixierung reduzieren (Schipanski et al. 2011). Der Proteingehalt war hingegen bei erfolgreicher Inokulation in allen Jahren höher als in der nicht inokulierten Kontrolle (Tabelle 55). In 2013 erzielte Biodoz einen signifikant höheren Proteinertrag als HiStick. Für den Proteinertrag gab es keine klare Rangfolge zwischen den Bradyrhizobienprodukten. In 2012 und 2013 wurde der jeweils höchste Proteinertrag mit der Sorte Protina und HiStick erzielt (Abbildung 46).

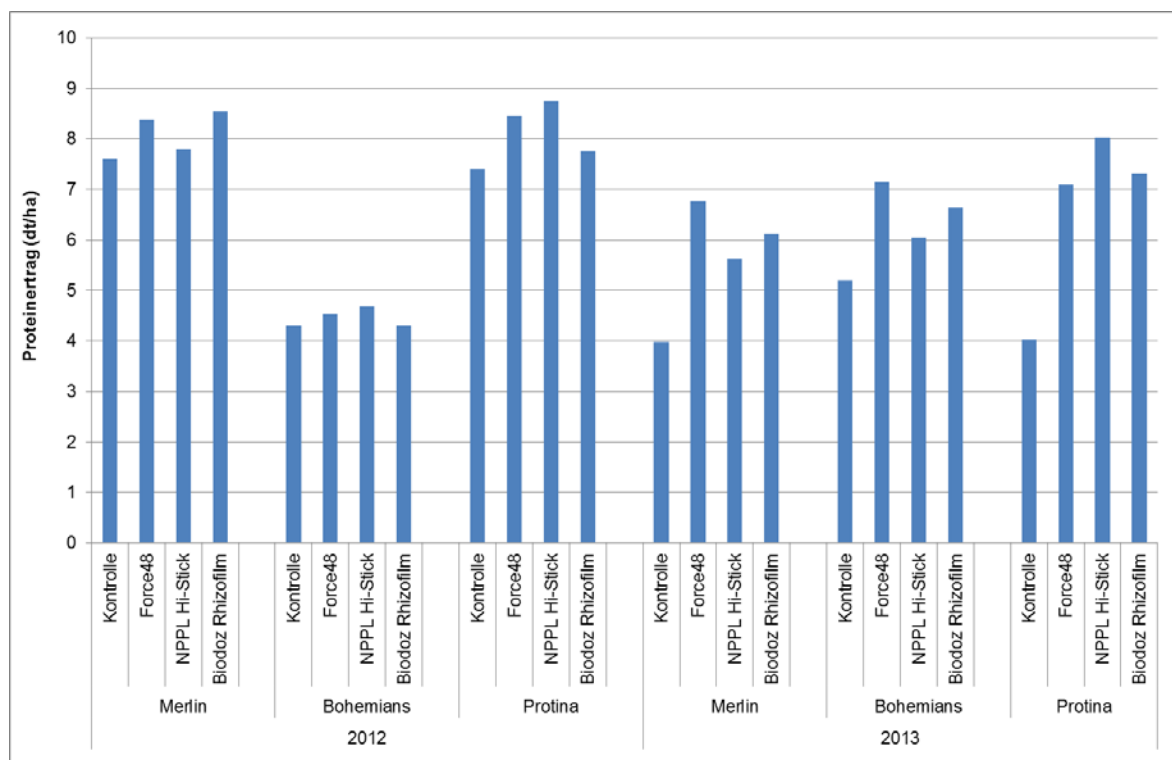


Abbildung 50: Proteinertrag der drei Sojasorten bei Inokulation mit verschiedenen Bradyrhizobienpräparaten unter konventioneller Bewirtschaftung in Quedlinburg von 2012 bis 2013

Die Sorten hatten einen hochsignifikanten Einfluss auf alle Merkmale. Merlin hatte jeweils den höchsten Ertrag. Bohemians hatte vor allem in 2012 einen sehr niedrigen Ertrag, da die Sorte stark ins Lager ging. Protina hatte auch in Quedlinburg die höchsten Proteingehalte und den höchsten Proteinерtrag.

Hoch signifikante Sorten x Bradyrhizobien Interaktion wurden für das Merkmal Proteingehalt ($P < 0,001$) gefunden sowie für den Proteinерtrag ($P < 0,05$). Für die Merkmale Ertrag, Proteingehalt und Proteinерtrag wurden ebenfalls signifikante Jahr x Bradyrhizobien Interaktionen gefunden (Tabelle 54). Dies unterstreicht den Einfluss des Jahres auf die Wirksamkeit der getesteten Produkte und unterstreicht die Bedeutung von mehrjährigen Versuchen.

Tabelle 54: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Exaktversuche in Frankenhausen unter ökologischer Bewirtschaftung und in Quedlinburg unter konventioneller Bewirtschaftung mit drei Sojasorten (Merlin, Bohemians, Protina) und 4 Bradyrhizobienpräparate (Force 48, HiStick, Biodoz und Kontrolle) von 2011 bis 2013. Signifikanzniveau $P < 0.001$ *; $P < 0.01$ **; $P < 0.05$ *; nicht signifikant n.s.**

ANOVA	Knöllchenzahl pro Pflanze		Ertrag bei 86% TS (dt/ha)		Proteingehalt (%)		Proteinерtrag	
	Frankenh. Öko.	Quedlin. Konv.	Frankenh. Öko.	Quedlin. Konv.	Frankenh. Öko.	Quedlin. Konv.	Frankenh. Öko.	Quedlin. Konv.
Bradyrhiz.	***	***	***	**	***	***	***	**
Sojasorte	***	**	***	***	***	***	***	***
Brady x Sorte	**	n.s.	***	n.s.	***	***	***	*
Brady x Jahr	**	n.s.	n.s.	***	n.s.	***	**	*
Sorte x Jahr	***	n.s.	***	***	***	**	***	***
Brady x Sorte x Jahr	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.

Der Ertragszuwachs bei erfolgreicher Inokulation gegenüber der nicht inokulierten Kontrolle betrug über die drei Sorten gemittelt zwischen 46 % (HiStick) bis 58 % (Biodoz) in Frankenhausen und um 15 % in Quedlinburg. Der Proteingehalt konnte bei erfolgreicher Impfung je nach Sorte an beiden Orten mit Biodoz um 5 bis zu 10 Prozentpunkte gegenüber der Kontrolle erhöht werden. Die erfolgreiche Knöllchenbildung als erste Grundvoraussetzung für eine biologische Stickstofffixierung wurde anhand der Knöllchenzahl erfasst. Die Anzahl Knöllchen pro Pflanze wurden vor allem von den Bradyrhizobienpräparaten und nur zweitrangig durch die Sojasorten beeinflusst. Der Proteingehalt ist in erster Linie abhängig von der Sojasorte, wird aber beeinflusst von dem Bradyrhizobienpräparat und deren Soja-Bradyrhizobien Interaktion. Innerhalb einer Sorte war die Knöllchenzahl zur Blütezeit signifikant mit dem Proteingehalt korreliert ($r = 0,74$ für Merlin, $0,59$ für Bohemians und $0,53$ für Protina).

Wichtigste Erkenntnisse des Projekts sind die signifikanten Unterschiede in der Knöllchenbildung und dem Proteingehalt zwischen den geprüften kommerziellen Bradyrhizobienpräparaten. In den Exaktversuchen schnitt Biodoz Rhizofilm am besten ab, gefolgt von Force 48 und HiStick. Radicin No. 7 versagte hingegen komplett in allen Feldversuchen und konnte selbst mit 20-fach erhöhter Konzentration keine Knöllchenbildung initiieren. Radicin No. 7 ist daher nicht für den Sojaanbau geeignet.

Kommerzielle Bradyrhizobienpräparate sollten analog zur Saatgutzertifizierung einer offiziellen Qualitätskontrolle mit mehrjährigen Feldversuchen unterliegen, damit der Landwirt eine Sicherheit hat, dass die Mindestanforderungen erfüllt werden.

Tabelle 55: Ergebnisse der Exaktversuche unter konventionellem Anbau in Quedlinburg gemittelt über die drei Jahre 2011-2013

Sorte	Impfmittel	Anzahl Knöllchen pro Pflanze	Ertrag 86 %TS (dt/ha) 2012-2013	TKG	Protein %	Proteinерtrag (dt/ha) 2012-2013
Merlin	Kontrolle	0,0	19,3	121,9	31,7	5,4
	Radicin 2011-2012	0,0	25,6	127,5	33,6	7,8
	Force 48	9,7	23,1	132,5	38,5	7,8
	HiStick	6,7	22,5	129,3	37,2	7,2
	Biodoz	11,1	23,8	131,8	40,0	8,2
Bohemians	Kontrolle	0,0	13,8	169,1	32,7	3,9
	Radicin 2011-2012	0,0	14,5	182,6	34,1	4,6
	Force 48	7,5	17,1	176,0	36,5	5,4
	HiStick	7,9	16,5	172,7	36,4	5,2
	Biodoz	10,6	16,1	181,7	37,6	5,2
Protina	Kontrolle	0,0	17,7	124,3	35,4	5,3
	Radicin 2011-2012	0,0	19,0	135,5	39,8	6,7
	Force 48	10,5	18,6	142,9	45,4	7,3
	HiStick	9,6	19,4	146,3	45,0	7,6
	Biodoz	17,8	17,8	146,3	46,2	7,1

Durch die Versuche konnte die Hypothese bestätigt, dass es sich lohnt, nicht nur die Kühletoleranz der Sojasorten zu verbessern, sondern auch die Symbiosepartner der Soja entsprechend zu selektieren. Durch eine effiziente Knöllchenbildung kann sehr effizient und Ressourcen-schonend die biologische Stickstofffixierung verbessert und somit der Proteinерtrag der Soja massiv gesteigert werden. Dies zeigt sich besonders eindrücklich bei der Sorte Protina, die ein hohes Potenzial für Proteinbildung besitzt. Unzuverlässige Knöllchenbildung, wie im Falle des Radicins, führt hingegen zu massiven Ertragseinbußen.

Seit einigen Jahren kommt vermehrt vorinokuliertes Saatgut auf den Markt. Aus früheren Versuchen war bekannt, dass diese Fixfertig Vorinokulation in der Praxis nicht immer zu der notwendigen Knöllchenbildung geführt hat. Generell wurde beobachtet, dass die Knöllchenzahl beim Erstanbau von Soja mit 10 (Quedlinburg) bis 20 Knöllchen pro Pflanze (Frankenhausen) noch sehr gering ist. Gut inokulierte Sojapflanzen können bis zu 100 Knöllchen bilden. Daher stellte sich die Frage, ob die Aufwandsempfehlungen der Hersteller für einen erfolgreichen Erstanbau von Soja zu gering sind und durch höhere Konzentration die Knöllchenzahl erhöht und die Proteinерträge verbessert werden könnten. In dem Exaktversuch an dem ökologisch

bewirtschafteten Standort in Frankenhausen und an dem konventionell bewirtschafteten Standort in Quedlinburg wurden daher Fixfertig Impfung der Sorte Merlin mit der manuellen Inokulation mit HiStick (identischer Bradyrhizobienstamm), mit einer Zusatzimpfung (Fixfertig + HiStick) und mit der Inokulation mit der doppelten Konzentration von HiStick (2xHiStick) in 2013 verglichen. Basierend auf diesen einjährigen Daten zeigt sich, dass die FixFertig Impfung im Vergleich zu manuellen Inokulation mit HiStick geringere Proteingehalte erzielten (Tabelle 56). Für die anderen Merkmale konnte keine Unterschiede festgestellt werden. Eine Zusatzimpfung mit HiStick hatte keinen positiven Effekt. Die manuelle Inokulation mit der doppelten Konzentration an HiStick erzielte generell etwas höhere Werte als die Inokulation mit der normalen Konzentration, diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Diese Versuche müssten wiederholt werden um eine abschließende Aussage bzgl. Fixfertig Impfungen und Konzentrationen abgeben zu können.

Tabelle 56: Feldversuche zum Vergleich von vorinokuliertem Saatgut (Fixfertig) der Sorte Merlin mit der Inokulation direkt vor der Saat, Zusatzinokulationen und verschiedenen Dosierungen in Frankenhausen unter ökologischer Bewirtschaftung und in Quedlinburg unter konventioneller Bewirtschaftung in 2013

	Knöllchenzahl pro Pflanze		Ertrag bei 86% TS (dt/ha)		Proteingehalt (%)		Proteinерtrag	
	Franken. Öko.	Quedlin. Konv.	Franken. Öko.	Quedlin. Konv.	Franken. Öko.	Quedlin. Konv.	Franken. Öko.	Quedlin. Konv.
Bradyrhizobienpräparat								
Kontrolle	0		22,5	15,1	30,0	31,1	5,8	4,1
Force 48	17,7	16,4	35,9	22,3	38,7	38,7	11,9	7,4
Biodoz	21,8	14,9	37,4	24,1	39,5	40,7	12,7	8,5
HiStick	16,0	11,8	35,5	21,7	38,3	39,1	11,7	7,2
Fixfertig	18,6	10,9	35,5	23,0	37,7	35,4	11,5	7,0
Fixfertig + HiStick	14,5	12,9	35,3	22,0	38,3	35,5	11,6	6,7
2 x HiStick	18,6	11,5	36,4	24,0	39,5	38,4	12,4	7,9

Prüfung kommerzieller Bradyrhizobienpräparate in On-Farm Streifenversuchen

Begleitend zu den Exaktversuchen wurden On-Farm Streifenversuche durchgeführt um Informationen über die Bradyrhizobienpräparate an weiteren Standorten zu bekommen. Alle Versuche wurden mit der Sorte Merlin durchgeführt und die Impfung erfolgte gemäß den Herstellerangaben. Die on farm Streifenversuche unter konventionellen Bedingungen wurden in Baldersheim von Herrn Unsleber durchgeführt. Baldersheim liegt in Unterfranken an der Grenze zu Württemberg. In 2011 wurde ein Versuch in Mecklenburg Vorpommern auf einem ökologischen Betrieb angelegt. Aufgrund des Trockenstress im Frühjahr 2011 entwickelten sich die Sojapflanzen nur langsam auf dem sandigen Boden in Fürstenhof, wodurch die Verunkrautung gefördert wurde. Durch die schlechte Witterung im Herbst konnte der Versuch nicht richtig abreifen, weshalb er nicht ausgewertet werden konnte. In 2012 und 2013 wurden die Streifenversuche unter ökologischen Bedingungen daher in Nidderau, Hessen, von Herrn Vogel auf seinem Betrieb angelegt um eine sichere Abreife zu gewährleisten.

Tabelle 57: Ergebnisse der Bradyrhizobien-Streifenversuche mit der Sojasorte Merlin unter ökologischen Anbaubedingungen in Nidderau und unter konventionellen Bedingungen in Baldersheim von 2011 bis 2013

Bradyrhizobien-Präparat	Knöllchenzahl pro Pflanze		Ertrag bei 86% TS (dt/ha)		Proteingehalt (%)		Proteinерtrag	
	Fürsten. Öko.	Balder. Konv.	Fürsten. Öko.	Balder. Konv.	Fürsten. Öko.	Balder. Konv.	Fürsten. Öko.	Balder. Konv.
2011								
Kontrolle		0		19,8		33,6		5,7
Radicin		0		20,2		34,1		5,9
Force 48		6,8		36,5		39,9		12,5
HiStick		10		39,6		41,4		14,1
2012	Nidder. Öko.	Balder. Konv.	Nidder. Öko.	Balder. Konv.	Nidder. Öko.	Balder. Konv.	Nidder. Öko.	Balder. Konv.
Kontrolle	2,3	0	33,7	23,0	32,3	29,5	9,4	5,8
Force 48	24,7	5,3	40,8	32,9	37,6	37,3	13,2	10,6
HiStick	16,0	4	44,2	34,4	40,3	37,7	15,3	11,2
Biodoz	21,4	5	40,4	36,5	37,8	37,0	13,1	11,6
2013	Nidder. Öko.	Balder. Konv.	Nidder. Öko.	Balder. Konv.	Nidder. Öko.	Balder. Konv.	Nidder. Öko.	Balder. Konv.
Kontrolle	0,4	0	22,3	31,9	29,4	32,0	5,5	8,8
Fixfertig	10,6	1,3	32,6	33,1	34,3	37,0	9,4	10,5
Fixfertig + HiStick	12,1	6,3	36,2	38,8	32,0	30,0	9,7	10,0
Fixfertig + Biodoz	9,9	7,9	30,8	39,7	25,9?	34,4	6,7?	11,7

In 2011 wurden drei Bradyrhizobienpräparate und eine unbeimpfte Kontrolle verglichen. Darunter war auch Radicin No 7., welches hier ebenfalls komplett versagte. HiStick erzielte in diesem Streifenversuch unter konventionellen Anbaubedingungen eine höhere Knöllchenzahl, höheren Ertrag und Proteingehalt als Force 48. Insgesamt waren die Erträge sehr hoch (Tabelle 57).

In 2012 wurde Radicin durch Biodoz Rhizofilm ersetzt. Im ökologischen Streifenversuch in Nidderau erzielte HiStick den höchsten Ertrag, Proteingehalt und Proteinерtrag. Biodoz und Force 48 waren gleichwertig. Unter konventionellen Bedingungen in Baldersheim war die Knöllchenbildung für alle Produkte sehr gering. HiStick erzielte ebenfalls den höchsten Proteingehalt, Biodoz war hingegen in Ertrag und Proteinерtrag überlegen.

In 2013 wurde Merlin mit Fixfertig Impfung mit zusätzlicher Beimpfung mit HiStick und Zusatzbeimpfung mit Biodoz verglichen. Am ökologischen Standort in Nidderau erzielte Fixfertig + HiStick die beste Knöllchenbildung, den höchsten Ertrag und Proteinерtrag. Hingegen zeigte die Zusatzimpfung mit Fixfertig + Biodoz einen sehr niedrigen Proteingehalt (niedriger als die Kontrolle, Tabelle 57). Leider konnte die Proteinmessung nicht wiederholt werden, da kein Rückstellmuster mehr vorlag. Im konventionellen Streifenversuch in Baldersheim erzielte genau diese Kombination Fixfertig + Biodoz die höchste Knöllchenzahl, Ertrag und Proteinерtrag. Da sich es sich hier um nicht wiederholte Versuche handelt, können noch keine gesicherten

Aussagen dazu gemacht werden, ob eine Zusatzinokulation mit demselben oder einem anderen Bradyrhizobienstamm durchgeführt werden sollte.

Anhand der Exaktversuche und Streifenversuche können die kommerziellen Bradyrhizobienpräparate Bidoz Rhizofilm, Force 48 und HiStick positiv bewertet und für den Sojaanbau in Deutschland empfohlen werden, während Radicin nicht mehr eingesetzt werden sollte, um sich massive Ertragsausfälle zu ersparen. Basierend auf den einjährigen Daten von 2013 können ebenfalls mit der Fixfertig Impfung von Merlin zufriedenstellende Proteinerträge erzielt werden. Diese Daten sollten unter Einbezug von weiteren Anbietern von vorinokuliertem Saatgut durch weitere Versuche verifiziert werden.

5.8 Arbeitspaket 2: Prüfanbau und Selektion von Speise- und Futtersoja hinsichtlich Kühle- und Unkrauttoleranz (inkl. Standorterweiterung)

5.8.1 Effiziente Masse-Rohproteinbestimmung für den Prüfanbau von Speise- und Futtersoja

Die erstellte NIRS-Kalibration (Stand Dezember 2013) beruht auf 362 Referenzwerten für die Kalibration und 91 Referenzwerten für die Validation. Um Basislinien aus den Spektren zu entfernen wurde die 2. Ableitung der Spektren mit einem Segment von 4 und einem Gap von 1 verwendet. Zusätzlich wurden die Spektren einer Streulichtkorrektur zu Standardisierung der Spektren mittels SNV/Detrend unterzogen. Die Kalibration wurde mit PLS-Regression erstellt und ergab folgende Kennwerte: 7 Faktoren, $R_{cal} = 0,97$, $RSQ_{cal} = 0,942$, $SEC = 1,062$, $RMSECV = 1,123$. Validiert wurde mit 92 unabhängigen Proben. Die Validation ergab folgende Kennzahlen: $R_{val} = 0,967$, $RSQ_{val} = 0,935$, $SEP = 1,116$, $RMSEP = 1,1143$, $RPD = 3,92$. Damit ist es möglich mit den aufgenommenen Spektren eine zufriedenstellende Vorhersageleistung für den Proteingehalt zu erzielen. In Abbildung 51 ist der Vergleich der Proteingehalte zwischen den nasschemisch mit der Kjeldahl-Methode ermittelten Werten und den aufgrund der NIRS-Spektren geschätzten Werte dargestellt.

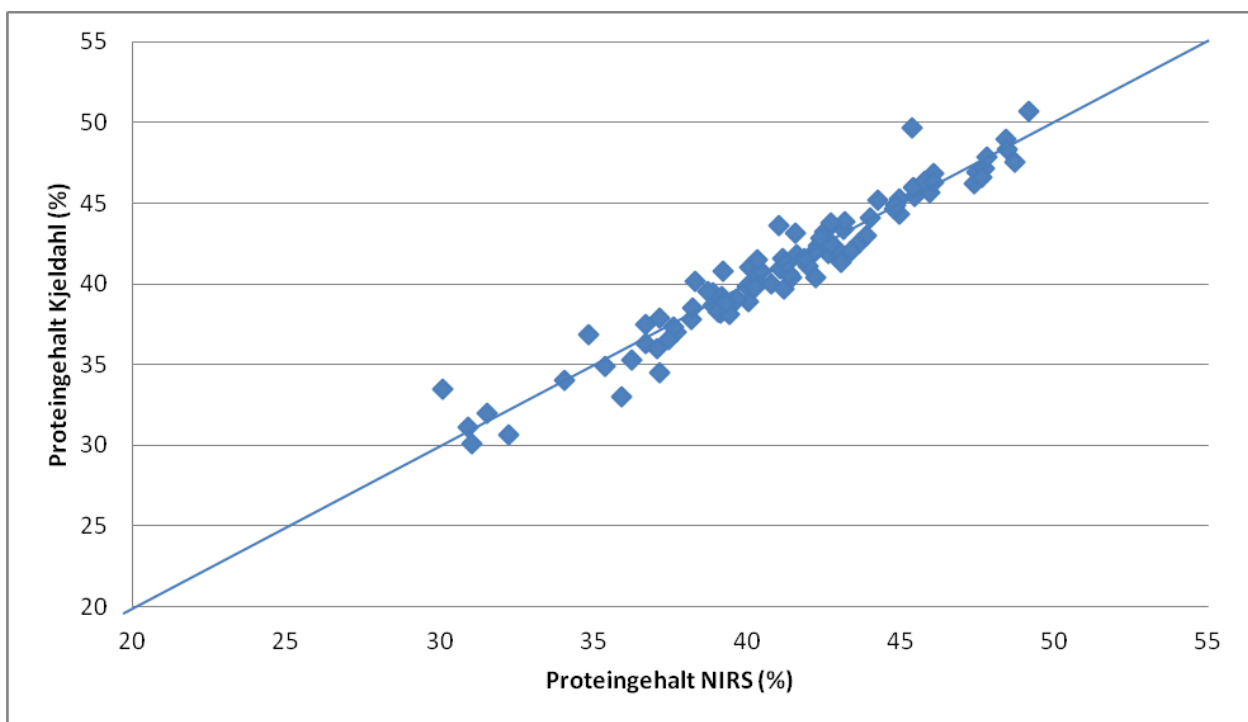


Abbildung 51: Beziehung zwischen den aufgrund der NIRS-Spektren vorhergesagten und den mit Kjeldahl ermittelten Proteinwerten des Validationssatzes.

Insgesamt wurden für 2011 1.887 Proben, für 2012 2795 Proben und für 2013 2.084 Proben gemessen und die Ergebnisse an die Projektpartner weitergeleitet.

5.8.2 Prüfanbau an der Hochschule Osnabrück

Im Jahr 2013 wurden die Versuche auf der ökologisch bewirtschafteten Fläche des Waldhofs mit Vogelschutznetzen abgedeckt, um Fraßschäden durch Tauben zu vermeiden. Im Jahr 2012 waren die erste und zweite Wiederholung des Sortenversuches komplett zerstört worden. Die Schäden spiegeln sich in den Ergebnissen der Erträge wider, die Tabelle 58 mit Mittelwerten der vier Wiederholungen für die Versuchsjahre dargestellt sind. Die Ertragsergebnisse wurden aus dem Exakt-Ertrag der zuvor entnommenen 1,5 m² berechnet. Witterungs- und standortbedingt fand die Ernte Ende September bis Anfang November statt, die Hülsen trockneten nicht in allen Sorten ausreichend ab oder nahmen wieder Feuchtigkeit auf, wodurch große Ertragsverluste entstanden. Durch den Anbau verschiedener Sorten musste der Versuchsdrescher jeweils neu justiert werden, was sich in den Parzellen als zu aufwendig herausstellte und in der zur Verfügung stehenden Zeit nicht realisierbar war. Die Exakt-Erträge wurden für die beiden Standorte ökologisch und konventionell separat betrachtet.

Für die Auswertung wurden die zehn Sorten berücksichtigt, die in jedem Versuchsjahr erfolgreich angebaut werden konnten. Die anderen Sorten wurden als zweijähriger bzw. einjähriger Anbau tabellarisch im Anhang Kapitel 10.3. dargestellt. Die Parzellenerträge beider Bewirtschaftungsformen sind im Anhang zu finden. Es wurden signifikante Unterschiede sowohl hinsichtlich der Ergebnisse der Standorte als auch der Sorten nachgewiesen. Die Standort-Signifikanz ist in Zusammenhang mit den jeweiligen Standort- und Bodeneigenschaften zu sehen.

Besonders im ökologischen Anbauverfahren stellte die Witterung im Frühjahr der Versuchsjahre ein Problem dar, da sie einerseits das Beikrautwachstum begünstigte, andererseits jedoch für die Entwicklung der Sojabohnen nicht förderlich war. Eine mechanische Beikrautbekämpfung zu den optimalen Behandlungsstadien konnte aufgrund von zu feuchten Bodenbedingungen nicht immer durchgeführt werden. Des Weiteren war der Wirkungsgrad der jeweiligen Behandlung teilweise niedrig, sodass per Hand nachgearbeitet werden musste.

2011 zeichnete sich durch ein trockenes und warmes Frühjahr aus, sodass die Sojabohnen gute Bedingungen für ihr Auflaufen hatten. Im Juni und Juli stand ausreichend Wasser zur Blüte- und für die Körnerbildung zur Verfügung. Die Ernte im Oktober konnte zwar bei niedrigen Temperaturen, aber trockenen Bedingungen problemlos stattfinden. Die Erträge fielen 2011 im Vergleich zu 2012 und 2013 Jahren am besten aus.

2012 war gekennzeichnet durch ein sehr kaltes Frühjahr sowie durch überdurchschnittliche Niederschlagsmengen im Juni und Juli. In der Nacht wurden zur Zeit der Blüte Temperaturen von unter 10 °C gemessen, was den teilweisen Abwurf der Blüten hervorrief. Die Bestände bildeten viel Biomasse, jedoch geringe Erträge. Auch ein warmer trockener August konnte diese vorhergehenden suboptimalen Bedingungen nicht mehr kompensieren. Zur Ernte im Oktober blieben die Temperaturen über dem langjährigen Mittel, die Ernte wurde jedoch häufig durch Regenereignisse unterbrochen und verzögert.

2013 war das Frühjahr ebenfalls sehr kalt, gleichzeitig jedoch extrem trocken. Zusätzlich waren auch die Sommermonate Juni, Juli und August trocken. Die Sojabestände auf den sandigen Böden der konventionellen Versuchsflächen waren besonders betroffen, sodass am 25. August der Sortenversuch mit 16 l/m² Wasser beregnet werden musste. Die Ernte im Oktober wurde bei hohen Temperaturen durch häufige Regenereignisse mehrmals unterbrochen. Ein nennenswerter Befall mit Sklerotinia fand in den drei Jahren auf keiner Fläche statt.

Witterungsdaten, die mit einer Wetterstation zu den Sortenversuchen direkt an der Fläche aufgezeichnet wurden, befinden sich im Anhang Kapitel 10.3.

Die Sorten Merlin, Sultana, Aligator und Lissabon (Reifegruppe 000) zeigten auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen in den Jahren 2011 und 2013 ein überdurchschnittliches Ertragsniveau von 30,4 dt/ha. Die Sorten aus der Reifegruppe 000/00 (Gallec, Cordoba, Opaline) ergaben Erträge von durchschnittlich 28,3 dt/ha. Die Sorte ES Mentor der Reifegruppe 00 erzielte trotz ihrer sehr späten Reife in den Jahren 2011 und 2013 Erträge von bis zu 40,5 dt/ha (Abbildung 52). Wie bereits erwähnt, war das Jahr 2012 überdurchschnittlich kalt, sodass die Pflanzen viel Biomasse bildeten, der Ertrag jedoch blieb gering.

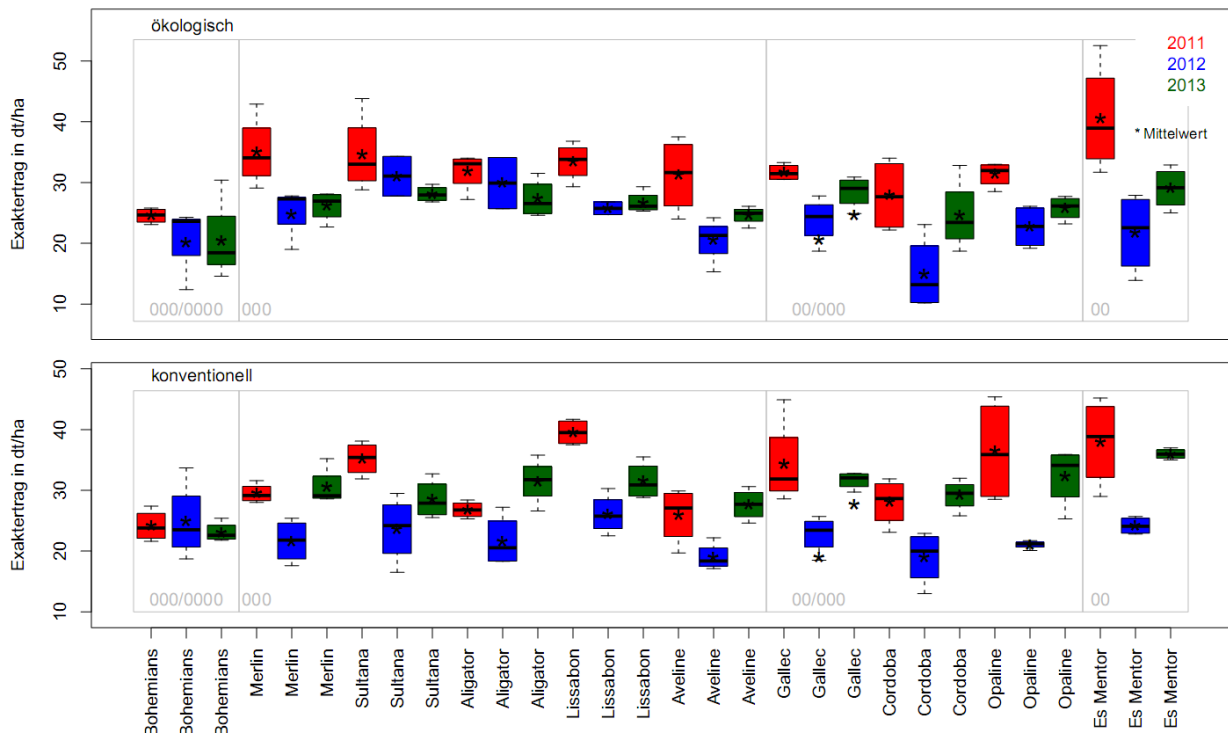


Abbildung 52: Exakt-Erträge (Handernte bei 86% TM, dt/ha, GD 5%) des Sortenversuches (ökologisch/konventionell), am Standort Osnabrück in den Jahren 2011 bis 2013

Auf den konventionell bewirtschafteten Flächen erreichte die Sorte Bohemians aus der Reifegruppe 000/0000 einen Ertrag von 24 dt/ha.

Die Sorten aus der Reifegruppe 000 erbrachten durchschnittliche Erträge von 28 dt/ha. Lissabon erzielte durchschnittlich 32,4 dt/ha, Sultana und Merlin 29 bzw. 27 dt/ha. Die Sorten Aligator und Aveline zeigten ein überdurchschnittliches Ertragsniveau von 29 und 27 dt/ha in den Jahren 2011 und 2013. Aveline zeigte mit 20 dt/ha 2012 sowohl ökologisch als auch konventionell die geringsten Erträge.

Die Sorten aus der Reifegruppe 000/00 ergaben bei konventionellem Anbau Erträge von durchschnittlich 28,3 dt/ha, Opaline und Gallec ca. 30 dt/ha sowie Cordoba 25 dt/ha.

Die Sorte ES Mentor der Reifegruppe 00 erzielte in den Jahren 2011 und 2013 trotz ihrer sehr späten Reife einen durchschnittlichen Ertrag von 37 dt/ha.

Tabelle 58: Mittelwerte der Exakt-Erträge (bei 86% TM, dt/ha) des Sortenversuches mit Reifegruppen (ökologisch/konventionell), am Standort Osnabrück in den Jahren 2011 bis 2013 (GD 5 %)

Sorte	Reife- gruppe	Ökologisch				Konventionell			
		MW 2011	MW 2012	MW 2013	Gesamt MW	MW 2011	MW 2012	MW 2013	Gesamt MW
Bohemians	000/0000	24,5	19,4	20,5	21,5 a	24,1	24,9	23,1	24,0 a
Merlin	000	35,0	24,0	26,2	28,4 cd	29,5	21,7	30,5	27,2 abc
Sultana	000	34,7	30,6	28,1	31,1 d	35,2	23,6	28,5	29,1 bcd
Aligator	000	31,8	29,4	27,3	29,5 cd	26,8	21,7	31,5	26,6 abc
Lissabon	000	33,4	25,3	26,7	28,5 cd	39,6	26,1	31,5	32,4 d
Aveline	000	31,2	20,5	24,6	25,4 abc	25,9	19,0	27,7	24,2 ab
Gallec	000/00	31,7	23,8	28,5	28,0 cd	34,3	22,8	31,7	29,6 cd
Cordoba	000/00	27,9	14,9	24,6	22,5 ab	28,0	19,0	29,2	25,4 abc
Opaline	000/00	31,3	22,7	25,8	26,6 bcd	36,4	21,1	32,4	30,0 cd
ES Mentor	00	40,5	21,7	29,1	30,4 cd	38,0	24,2	36,0	32,7 d

Die Qualität der Sojabohnen war von Versuchsjahr zu Versuchsjahr unterschiedlich. 2011 wurde sowohl bei der Soja der ökologischen wie auch der konventionellen Versuchsfelder der durchschnittlich höchste Proteingehalt erreicht. Im ersten Versuchsjahr wurden keine Ölgehalte erfasst. Die Daten zum Proteingehalt von 2011 sind im Anhang in Kapitel 10.3 dargestellt. In Abbildung werden die Ergebnisse zu Öl- und Proteingehalt aus den Jahren 2012 und 2013 dargestellt.

Bei ökologischer Bewirtschaftung wurden für 2011 folgende Proteingehalte ermittelt, bei der Sorte Bohemians aus der Reifegruppe 000/0000 lag der Proteingehalt bei etwa 41 %. Die Sorte Sultana erbrachte aus der Reifegruppe 000 mit 44,3 % den höchsten Wert, gefolgt von Aveline mit einem Gehalt von 43,6 %. Die Sorten Merlin und Aligator erzielten ca. 42,0 % Protein. Bei Lissabon lag das Ertragsniveau bei 41 %. Die Sorten aus der Reifegruppe 000/00 enthielten durchschnittlich 41 % Eiweiß. Für ES Mentor aus der Reifegruppe 00 ergab sich ein Proteingehalt von 43,3 %.

Im Jahr 2012 wurde ein durchschnittlicher Proteingehalt von 39,5 % festgestellt. Die niedrigsten durchschnittlichen Proteingehalte wurden bei der Sorte Opaline mit 36,2 % festgestellt, der höchste Proteingehalt bei der Sorte Sultana mit 42 % gemessen.

Im Jahr 2013 ergaben sich auf der ökologischen Fläche durchschnittliche Proteingehalte von 36,7 %, somit lagen diese 2013 im Vergleich zu den anderen Versuchsjahren am niedrigsten. Die Sorte ES Mentor erzielte den höchsten Proteingehalt mit 40,3 % und lag in jedem Jahr im oberen Drittel. Die niedrigsten Gehalte wurden bei der Sorte Cordoba gemessen.

Im konventionellen Anbausystem wiesen alle Sorten genau wie im ökologischen im Versuchsjahr 2011, die höchsten Proteingehalte mit durchschnittlich 42,4 % auf. Im Jahr 2012 lagen die durchschnittlichen Proteingehalte mit 38,6% niedriger und im Jahr 2013 bei 39,5 %.

Die Sorte Lissabon hatte 2012 mit 35,7 % den niedrigsten Eiweiß Gehalt, ES Mentor mit 42,5 % den höchsten. Auch 2013 konnte bei der Sorte ES Mentor mit 41,7 % der höchste Proteingehalt festgestellt werden. Die Sorte Merlin lag mit 36,1 % am niedrigsten Protein.

In Abbildung 53 ist eine negative Korrelation zwischen Rohprotein- und Rohölgehalt zu erkennen. Die Korrelation wird konventionell mit $r = -0,79$ bzw. ökologisch mit $r = -0,81$ beschrieben. Diese Tendenz ist nicht nur im Sortenversuch, sondern auch im Verfrühungs-, Beikraut- und im Schwefelversuch am Standort Osnabrück beobachtet worden.

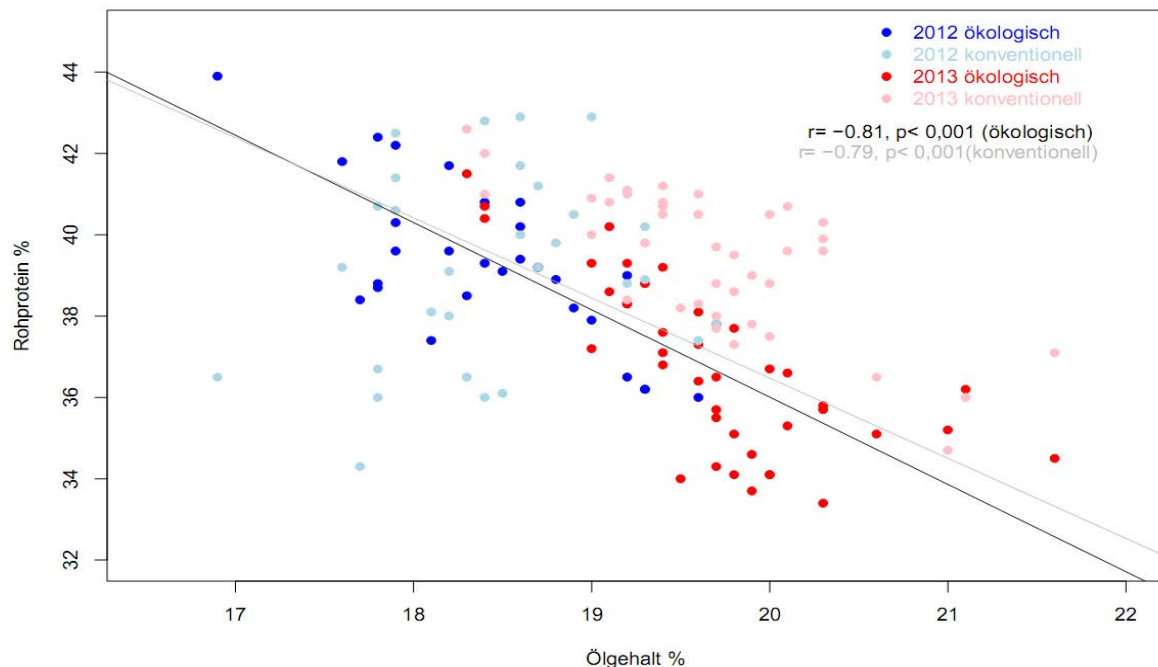


Abbildung 53: Protein- und Ölgehalt im Sortenversuch (%) am Standort Waldhof Osnabrück in den Jahren 2012 bis 2013

Die Ergebnisse zum Proteingehalt im Jahr 2011 und der Tausendkornmasse der Sorten sowie die Ergebnisse aller durchgeführten Bonituren am Standort Osnabrück befinden sich im Anhang in Kapitel 10.3.

Des Weiteren sind im Anhang in Kapitel 10.3 die Mittelwerte des Ölgehaltes der einzelnen Sorten dargestellt.

Im Rahmen des Versuches wurden zahlreiche Bodenproben entnommen und auf den Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff untersucht. Bei näherer Betrachtung aller Analyseergebnisse ist keine Streuung der Werte über alle Parzellen vor Vegetationsbeginn zu erkennen. Die Durchsicht der Analysewerte von Bodenproben, die nach der Ernte genommen wurden, ergibt ebenfalls keine erkennbaren Schwankungen zwischen den Parzellen. Auch zwischen den Maßnahmen gibt es keine nennenswerten Unterschiede. Im Anhang befindet sich eine Übersichtstabelle zu den Ergebnissen der Bodenanalysen (N_{\min} Bodenschicht 0 – 30 cm).

Diskussion

In den drei Jahren des Prüfanbaus wurden signifikante Unterschiede sowohl hinsichtlich der Sorten als auch der Flächen und Bewirtschaftungsformen festgestellt.

Die Sorten Bohemians der Reifegruppe 000/0000 und Aveline (000) erzielten am Standort geringere Erträge (ökologisch 21,5 bis 25,4 dt/ha, konventionell 24,0 bis 24,2 dt/ha), die Sorten

Merlin, Sultana, Aligator und Lissabon dagegen konnten mit rund 28,8 dt/ha auf den konventionellen und 29,4 dt/ha auf den ökologischen Flächen die besten Erträge erbringen.

Es ist deutlich geworden, dass der ökologische Sojaanbau auf Flächen mit großem Beikrautdruck noch sehr aufwendig ist. Trotz mechanischer Beikrautregulierung musste in allen drei Jahren Beikraut per Hand entfernt werden, da witterungsbedingt die mechanische Beikrautbekämpfung nicht zum optimalen Zeitpunkt durchgeführt werden konnte.

Als Problem zeigten sich die massiven Fraßschäden durch Tauben und Krähen, die nur ungenügend bekämpft werden konnten. Die Verwendung von Schutznetzen im Jahr 2013 bewährte sich, ist allerdings kosten- und bei gleichzeitig nötigen Maßnahmen zur Beikrautregulierung durch Abnahme und erneute Wiederabdeckung sehr zeitaufwendig.

Die Sojapflanzen erwiesen sich im Vergleich zu anderen Kulturen als tolerant gegenüber lang anhaltender Trockenheit. In extremen Trockenperioden, wie es am Standort Osnabrück 2013 zwischen Juli und August der Fall war, mussten die Bestände in engen Zeitabständen kontrolliert werden, da sich sichtbare Symptome von Trockenstress erst kurz vor dem Absterben zeigten. Um Folgeschäden und spätere Ertragsausfälle zu verhindern, sollten die Bestände möglichst bewässert werden, bevor dieser Trockenheits-Stress offenkundig wird.

Die Keimfähigkeit der Sorten entsprach oft nicht den Angaben der Lieferanten. Zumeist war sie geringer als ausgewiesen. So konnte bei einigen Sorten ein sehr unregelmäßiges Auflaufen beobachtet werden. Dies musste durch eine Erhöhung der Aussaatmenge ausgeglichen werden.

Alle Sorten zeigten sich in der Jugendentwicklung sehr tolerant gegenüber Wassermangel. Wichtig blieb jedoch eine ausreichende Wasserversorgung während der Blüte und zur Körnerbildung.

Abschließend kann gesagt werden, dass der Sojaanbau am Standort Osnabrück durchführbar möglich ist. Zu berücksichtigen ist dabei die standort- und flächenbezogene Sortenwahl. Im ökologischen Anbau sind Flächen mit geringem Beikrautdruck zu bevorzugen

5.8.3 Prüfanbau an verschiedenen Standorten Deutschlands (LTZ, FiBL)

Standortsergebnisse

Ertrag

Der Ertrag wird seit 2012 auch in Deutschland offiziell bezogen auf 86 % Trockensubstanz angegeben. Zuvor wurden Sojaerträge in Deutschland bezogen auf 91 % Trockensubstanz angegeben (wie Ölsaaten). Die Ertragsangaben im vorliegenden Bericht sind alle auf 86% bezogen; auf 91 % TS bezogene Ergebnisse wurden auf 86 % umgerechnet. Insofern kann es zu Abweichungen zu den an anderer Stelle veröffentlichten Originalberichten kommen.

Eine Darstellung der geografischen Lage mit Angaben der mittleren Standorterträge in den Jahren 2011, 2012 und 2013 sowie zur Bewirtschaftungsweise der 42 über ganz Deutschland verteilten Exaktversuche nebst Hinweis auf die drei Demonstrationen bietet Abbildung 2. Für eine differenzierte Auswertung in Abhängigkeit vom Wärmeangebot des Standorts im für das Wachstum der Sojabohnen entscheidenden Zeitraum erfolgte eine Unterteilung in drei Wärmeregionen aufgrund der CHU-Wärmesumme in den Monaten Mai-September der Jahre 2005-2013. Dabei stehen rote Punkte für warme, grüne Quadrate für mittlere und blaue Dreiecke für kühlere Situationen. Der Mittelwert der wärmeren Standorte liegt dabei mit 3181° um fast 300° über dem der mittleren Region (2892°), welche sich nur um etwa 150° von der kühleren (2747°) unterscheidet. Während die Jahre 2011 und 2012 im Mittel aller untersuchten Orte überdurchschnittliche Wärmesummen aufwiesen, lag das Jahr 2013, mit Ausnahme von Norddeutschland, deutlich unter dem langjährigen Mittel (s. Abbildung 4). Somit traten während der Projektlaufzeit an den meisten Standorten zwei günstige und ein ungünstiges Jahr auf.

Die Exaktversuche mit Sojasorten an 42 über ganz Deutschland verteilten Standorten in den Jahren 2011 bis 2013 konnten an 33 Standorten in allen drei Jahren durchgeführt werden. Dreijährige Ergebnisse gab es jedoch, bedingt durch nicht wertbare Ergebnisse in einem der drei Jahre, nur an 24 Orten. Einen Überblick über deren Resultate vermitteln die Abbildung 54 bis Abbildung 57. Dabei wurden diese in 4 Klassen unterteilt. Die Klasse A beinhaltet die Zahl der Ertragsergebnisse mit Standortmitteln im Einzeljahr von 35 dt/ha und mehr, was als sehr gut zu bewerten ist. Die Klasse B umfasst die Ergebnisse zwischen 25 und 35 dt/ha, die als zufriedenstellend bis gut bewertet werden können. Die Ergebnisse der Klasse C unter 25 dt/ha dürften dagegen in vielen Fällen nicht befriedigen, es sei denn, es handelt sich um einen ertragsschwachen Standort, an dem auch andere Kulturen nur bescheidene Erträge bringen. Nicht verschwiegen werden soll auch die Anzahl der Fälle, in denen ein Versuchsergebnis nicht gewertet werden konnte (Kategorie D), sei es wegen Zerstörung durch Unwetter oder Vogelfraß oder aber aufgrund zu großer Streuung der Ergebnisse zwischen den Wiederholungen aufgrund von Bodenunterschieden oder unterschiedlichem Unkrautdruck.

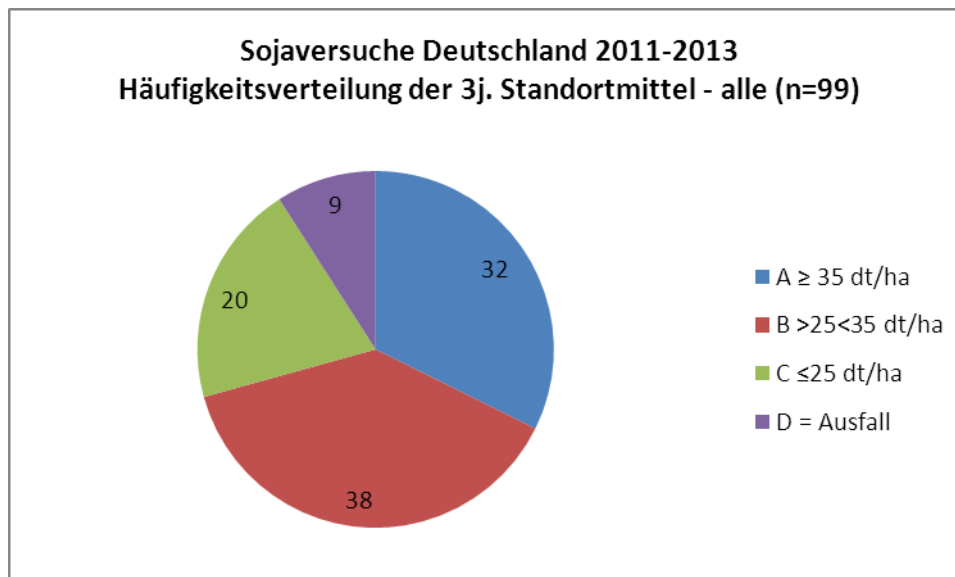


Abbildung 54: Häufigkeitsverteilung der Erträge im Standortmittel der Jahre 2011, 2012 und 2013 von allen Standorten mit ordnungsgemäß durchgeführten Sortenversuchen in allen drei Jahren.

Betrachtet man die Häufigkeitsverteilung der Ergebnisse aller 33 Standorte, von denen 8 im warmen, 11 im mittleren und 14 im kühleren Klimagebiet liegen, so lässt sich erkennen, dass in einem Drittel der Fälle sehr gute Erträge mit über 35 dt/ha und in knapp 40 % der Fälle immerhin gute bis zufriedenstellende Erträge zwischen 25 und 35 dt/ha gemessen wurden. Lediglich in etwa 20 % der Fälle waren die Erträge mit weniger als 25 dt/ha unbefriedigend und in 9 % der Fälle konnte der Versuch nicht ausgewertet werden, davon je etwa hälftig wegen äußerer Schadeinwirkung (Hagel, Vögel) bzw. zu großer Heterogenität zwischen den Wiederholungen (Boden, Unkraut). Dies zeigt, dass der Sojaanbau an den meisten Standorten funktioniert hat und nur an einigen wenigen der Versuchsstandorte an die Grenzen der Anbauwürdigkeit gestoßen ist. Dabei handelte es sich meist um kühlere Standorte, in Einzelfällen aber auch um warme Standorte mit leichten Böden ohne Beregnung.

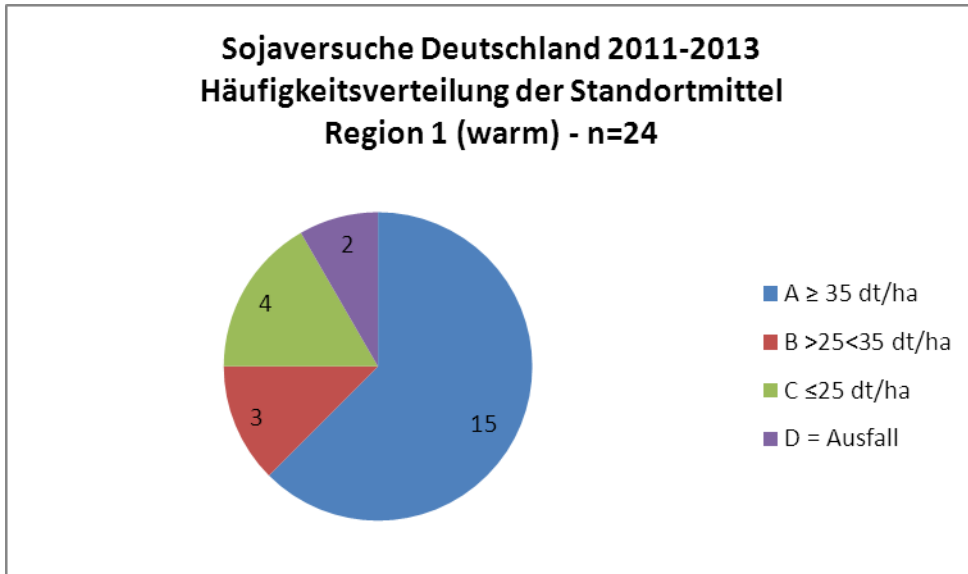


Abbildung 55: Häufigkeitsverteilung der Sojaerträge 2011-13 an den wärmsten Standorten

An den acht Versuchsstandorten mit dem höchsten Wärmeangebot und dreijährigen Ergebnissen, die allesamt im Oberrheingebiet zwischen Basel und Bingen liegen, waren 63 % aller Ertragsergebnisse mit 35 dt/ha und mehr als sehr gut zu bewerten. Zählt man die 3 Ergebnisse der Kategorie B hinzu, waren 75 % der Ergebnisse gut oder sehr gut. Lediglich in 4 Fällen oder 16% waren die Ergebnisse unbefriedigend, meist bedingt durch Wassermangel in der kritischen Phase. Dies betrifft den unberechneten Versuch an der FH Bingen in allen drei Jahren sowie den ebenfalls unberechneten Versuch in Griesheim in einem Jahr. Durch Beregnung konnten die Erträge in Bingen jeweils knapp oder deutlich mehr als verdoppelt werden. Im Jahr 2013 wurden dort mit zwei Sorten Spitzenerträge von über 60 dt/ha erreicht.

Von den beiden Ausfällen war einer durch Spätverunkrautung im Jahr 2011 und der andere durch Vogelfraß während der witterungsbedingt verlängerten Auflaufphase im kühlen Frühjahr 2013 bedingt.

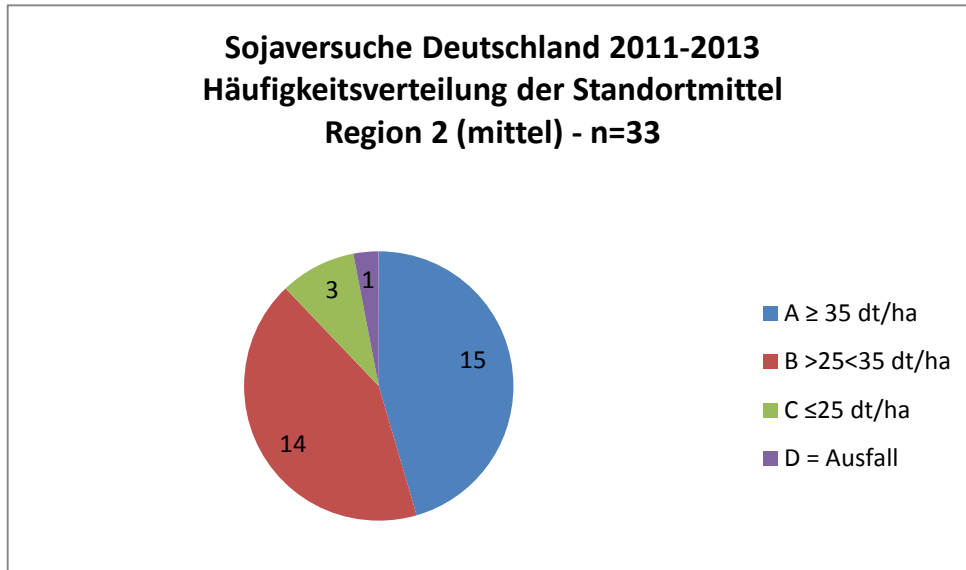


Abbildung 56: Häufigkeitsverteilung der Sojaerträge 2011-13 an den Standorten mit mittlerem Wärmeangebot im Zeitraum Mai-September

An den 11 Versuchsorten mit mittlerem Wärmeangebot, die sowohl in den milden Gäulagen im Einzugsgebiet von Main Neckar und Donau als auch am Niederrhein oder im Süden von Ostdeutschland liegen, erreichten nur 45 % der Ergebnisse die oberste Kategorie A, weitere 42 % jedoch die Kategorie B, so dass lediglich 9 % der Ergebnisse enttäuschten. Auch gab es nur einen Ausfall. Der Anbau von Sojabohnen in diesen Lagen scheint von daher relativ erfolgreich und sicher zu sein.

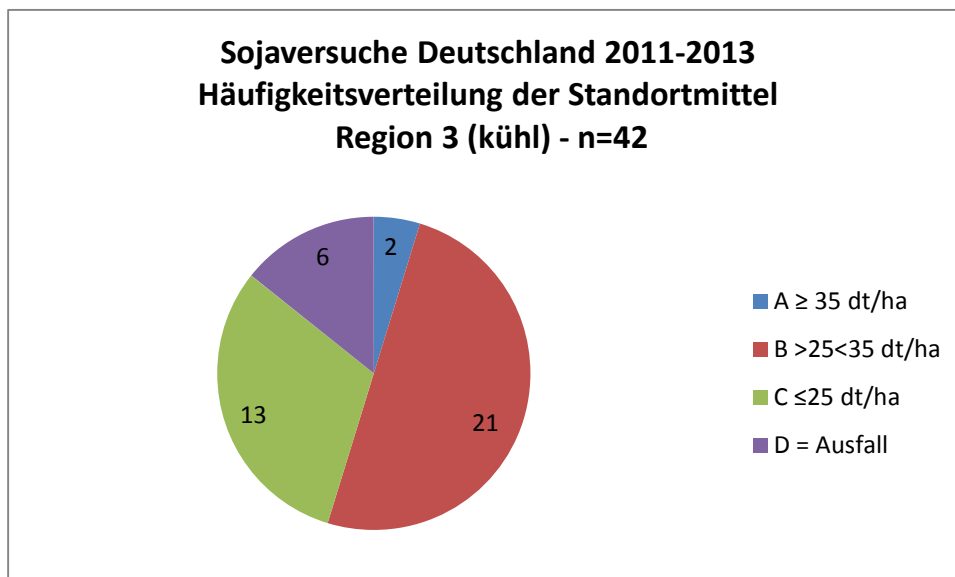


Abbildung 57: Häufigkeitsverteilung der Sojaerträge 2011-13 an den kühleren Standorten

An den 14 Versuchsorten mit niedrigerem Wärmeangebot während der Vegetationszeit von Sojabohnen, die sich über ganz Deutschland von Südbayern bis an die Ostsee verteilen, lagen

nur knapp 5 % der Ertragsergebnisse im sehr guten Bereich über 35 dt/ha. In die Kategorie B mit Erträgen zwischen 25 und 35 dt/ha fielen immerhin 50 % der Ergebnisse. 31 % der Ergebnisse fielen jedoch in die weniger befriedigende Kategorie C. Mit 14 % liegt auch die Ausfallquote deutlich über der in den wärmeren Gebieten. Obwohl der Abstand bei der Wärmesumme zur mittleren Region nur etwa 150° beträgt, zeigt sich hier doch ein deutlicher Einbruch bei den Erträgen und der Ertragssicherheit.

Betrachtet man die dreijährigen Mittelwerte der Standortserträge in den drei verschiedenen Wärmegruppen (Tabelle 59), so wird deutlich, dass der Unterschied zwischen den Orten im wärmeren (37,2 dt/ha) und mittleren Gebiet (34,9 dt/ha) nur 2,3 dt/ha beträgt, obwohl sich die mittleren Wärmesummen um rund 300° unterscheiden. Im Jahr 2011 lag er sogar bei Null. Das kühlere Gebiet unterscheidet sich vom mittleren in der Wärmesumme zwar nur um 150°C, doch die Erträge liegen mit 26,6 dt/ha um 8,3 dt/ha oder gut 20 % deutlich unter denen der mittleren Wärmegruppe.

Der höchste Standortsertrag im Mittel der 3 Jahre wurde erwartungsgemäß im wärmsten Gebiet mit 42,2 dt/ha in Bingen in Rheinland-Pfalz (mit Bewässerung), gefolgt von 41,4 dt/ha in Müllheim/Baden (sowohl bei konventioneller als auch bei ökologischer Bewirtschaftung; ohne Beregnung) ermittelt. Den zweithöchsten Ertrag mit 41,9 dt/ha erreichte Salbitz in Sachsen (mittleres Gebiet) ohne Beregnung, gefolgt von Oberhummel in Bayern mit 41,2 dt/ha und Tachenhausen in Baden-Württemberg mit 40,9 dt/ha. Der niedrigste Ertrag im Mittel der drei Jahre war mit 18,2 dt/ha im kühlen Gebiet in Groß-Lüsewitz bei Rostock, unweit der Ostsee ermittelt worden. Der zweitniedrigste Ertrag lag dann aber bereits bei 23,9 dt/ha (Mühlhausen/Unterfranken).

Aus den gewonnenen Ergebnissen wird deutlich, dass hervorragende Sojaerträge von über 40 dt/ha nicht nur im wärmsten Gebiet entlang des Oberrheins, sondern auch in den milden Lagen der Gäue und Börden, sowohl in Süddeutschland als auch im südlichen Ostdeutschland erreichbar sind. Mittelwerte unter 30 dt/ha treten dort praktisch nur in Trockengebieten mit leichten Böden ohne Beregnung auf. Im kühlen Gebiet werden häufig Erträge zwischen 25 und 30 dt/ha erreicht, mit vereinzelt Abweichungen nach unten (s.o.), aber auch nach oben (Großaitingen 34 dt/ha, Gladbacher Hof 33 dt/ha).

Bezüglich der Standorteignung für Sojabohnen zeichnet sich ab, dass oberhalb einer CHU-Wärmesumme von im Mittel etwa 2.800° die Wasserversorgung während der generativen Phase von Beginn der Blüte, Ende Juni/Anfang Juli, bis zum Abschluss der Kornfüllung, Ende August/Anfang September, korrekte Produktionstechnik vorausgesetzt, den größten Einfluss auf die Erträge hat. Diese kann sowohl durch ausreichende Niederschläge und entsprechende nutzbare Feldkapazitäten als auch durch Bewässerung gewährleistet werden. In warmen, trockenen Lagen können Bewässerungsgaben von 150-300 mm in den Monaten Juli/August lohnend sein (s. Exkurs Trockenheitstoleranz zum Versuch Bingen, Versuche Ladenburg, Forchheim).

Eine zusammenfassende Darstellung der Ertragsergebnisse 2011-2013 der Sojasortenversuche in Deutschland, untergliedert nach Wärmezonen bietet die folgende Abbildung 58:

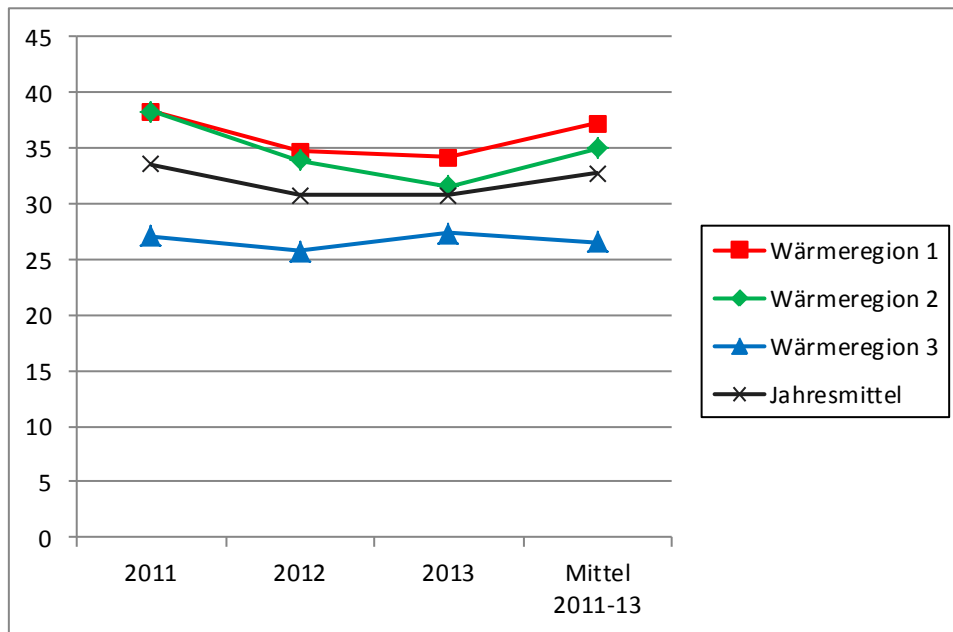


Abbildung 58: Jahresmittelwerte der Sojaerträge in Deutschland 2011-2013 nach Wärmeregionen

Daraus wird ersichtlich, dass in den Regionen mit hohem und mittlerem Wärmeangebot in den Monaten Mai-September, ausreichende Wasserversorgung vorausgesetzt, Sojaerträge zwischen 30 und 40 dt/ha erreichbar sind, im dreijährigen Mittel 34,9 dt/ha im mittleren und 37,2 dt/ha im warmen Gebiet. Unter optimalen Bedingungen mit Bewässerung wurden dort 2013 in Bingen mit zwei Sorten sogar die Marke von 60 dt/ha übertroffen, was beweist, dass auch schon heute verfügbare Sorten ein Ertragspotential aufweisen, das sich lohnt, mittels optimaler Produktionstechnik möglichst weitgehend auszuschöpfen. Im kühleren Gebiet liegen die Erträge dagegen rund 10 dt/ha tiefer und mit 18 bis 33 dt/ha im Mittel der drei Jahre bei 26,6 dt/ha.

Tabelle 59: Übersicht der Durchschnittserträge an den Standorten der Sojasortenversuche 2011-2013 (dt/ha b. 86% TM) – gegliedert nach Klimaregionen und Bewirtschaftungssystemen

Klima-region	Anbau-system	Standort	2013	2012	2011	2013-12	2012-11	sonst	2013-11	2-jähr.	1-jähr	
I	Konv.	Bingen (R-P)	21,77	16,30	22,00	19,04	19,15		20,02			
		Bingen (R-P) bewässert	52,03	33,92	40,50	42,98	37,21		42,15			
			Eckartsweier (B-W)	V	48,72	36,10		42,41			x	
			Griesheim (HE)	22,01	27,35	U	24,68				x	
			Herxheim (R-P)	25,67	30,37		28,02				x	
			Müllheim (B-W)	35,98	42,64	45,50	39,31	44,07		41,37		
			Orschweier (B-W)	34,82	42,36	38,90	38,59	40,63		38,69		
			Speyer (R-P)	A	27,96				27			x
		Erg. Konv.		32,05	33,70	36,60	32,10	36,69		35,56		
		Öko	Müllheim (B-W)	40,33	41,08	41,70	40,71	41,39		41,04		
		KA-Grötzingen (B-W)	40,31	36,33	43,20	38,32	39,77		39,95			
	Erg. Öko		40,32	38,71	42,45	39,51	40,58		40,49			
Regio I			34,12	34,70	38,27	33,95	37,80		37,20			
II	Konv.	Bernburg (S-T)	31,74	41,23		36,49					x	
		Bischheim = Münchweiler	29,81	29,94		29,88					x	
			Bönnigheim (B-W)	38,47					38			X
			Euerfeld = Gützingen (BY)	40,32	26,36	41,53	33,34	33,95		36,07		
			Friedberg (HE)	25,80	32,61	34,70	29,21	33,66		31,04		
			Gadegast (S-T)	17,23	20,83	32,20	19,03	26,52		23,42		
			Kerpen-Buir (NRW)	25,84	A	30,40						x
			Nieder-Hilbersheim (R-P)	25,86	A				25			X
			Oberhummel (BY)	48,22	46,30	28,95	47,26	37,63		41,16		
			Rotthalmünster (BY)	27,86	45,74	30,63	36,80	38,19		34,74		
			Roßleben (S-T)	16,58	25,41	43,80	21,00	34,61		28,60		
			Salbitz (SN)	41,39	36,14	48,30	38,77	42,22		41,94		
			Tachenhausen (B-W)	35,17	37,76	49,90	36,47	43,83		40,94		
		Erg. Konv.		31,10	34,23	37,82	32,82	36,32		34,74		
		Öko	K-Auweiler (NRW)	29,47	30,22	39,60	29,85	34,91		33,10		
			Hohenheim (B-W)	39,64	34,53	41,00	37,09	37,77		38,39		
	Erg. Öko		34,56	32,38	40,30	33,47	36,34		35,74			
Regio II			31,56	33,92	38,27	32,93	36,33		34,94			
III	Konv.	Beetzendorf (S-T)	23,59	27,71	33,40	25,65	30,56		28,23			
		Dornburg (TH)	30,21	28,17	A	29,19						x
			HEF-Eichhof (HE)	34,51	21,19	23,50	27,85	22,35		26,40		
			Eiselau (B-W)	20,63					20			X
			Fritzlar (HE)	27,03	A	17,50			22			x
			Gottmannsdorf (BY)	27,06	17,05		22,06					x
			Groß Lüsewitz (M-V)	17,55	13,24	23,70	15,40	18,47		18,16		
			Großaitingen (BY)	H	37,50	30,88		34,19				x
			Großenstein (TH)	A	26,92	27,30		27,11				x
			Osnabrück (NI)	29,33	21,58	28,70	25,46	25,14		26,54		
			Tailfingen (B-W)	B	44,64				44			X
		Erg. Konv.		26,24	26,44	26,43	24,27	26,30		24,83		
		Öko	Crailsheim (B-W)	B	32,33	18,40		25,37				x
			Ehra-Lessien (NI) bew.	U	15,38	27,30		21,34				x
			Frankenhausen (HE)	34,51	26,86	26,40	30,69	26,63		29,26		
			Gladbacher Hof (HE)	37,78	27,64	33,60	32,71	30,62		33,01		
		Mühlhausen = Maibach =	21,00	20,90	29,80	20,95	25,35		23,90			
		Osnabrück (NI)	25,51	24,35	31,30	24,93	27,83		27,05			
	Erg. Öko		29,70	24,58	27,80	27,32	26,19		28,30			
Regio III			27,39	25,70	27,06	25,49	26,25		26,57			
Erg. I-III	Erg. Konv.		29,87	31,48	33,73	30,29	33,26		32,47			
	Erg. Öko		33,57	31,89	36,85	33,43	34,37		34,85			
TOTAL			30,72	30,80	33,57	30,72	32,51		32,72			
		Anz. Standort mit Erg.	35	37	31				24	13	5	
		Anz. Standort ohne Erg.	7	3	1							
		Anz. Standort insgesamt	42	40	32							

Exkurs Trockenheitstoleranz:

Der Sortenversuch an der Fachhochschule Bingen wurde sowohl mit als auch ohne Bewässerung durchgeführt. Dabei konnte nicht nur die große Ertragswirksamkeit einer Bewässerung bei einer stark negativen Wasserbilanz in den Sommermonaten (s. Abbildung 59) aufgezeigt werden, sondern auch Erfahrungen über die Reaktion der verschiedenen Sorten auf Trockenheitsstress gewonnen werden. Ideal sind Sorten, die sowohl ohne als auch mit Trockenheitsstress regelmäßig Erträge über dem Mittelwert liefern. In Abbildung 60, Abbildung 61 und Abbildung 62 finden sich diese im Rechteck oben rechts. Ganz ungünstig sind die jeweils unterdurchschnittlichen Sorten, deren Ertragsergebnisse im Rechteck unten links eingetragen sind.

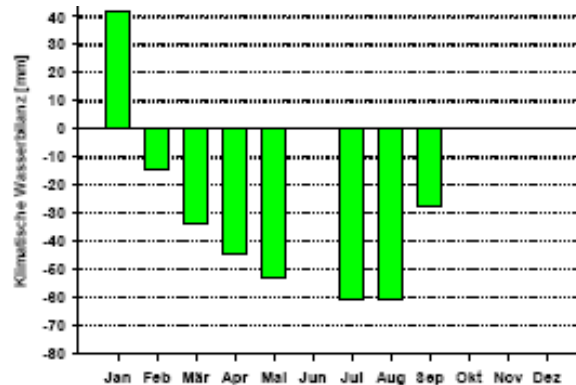


Abbildung 59: Klimatische Wasserbilanz am Standort Bingen 2012

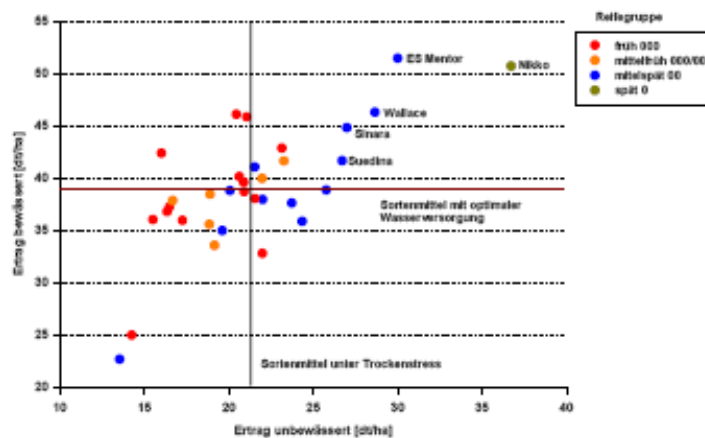


Abbildung 60: Ertrag von Sojabohnensorten mit und ohne Bewässerung, Bingen 2011

Im Jahr 2011 lagen die Erträge von Malaga, ES Mentor, Sinara, Suedina und OAC Wallace sowohl trocken als auch bewässert jeweils über dem Mittelwert.

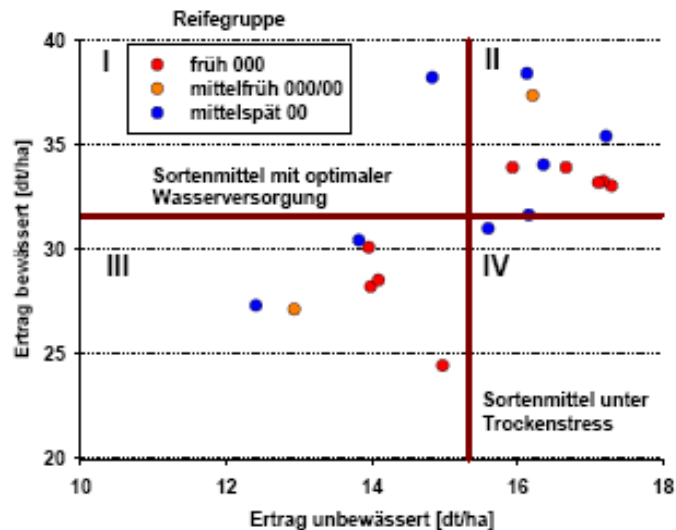


Abbildung 61: Ertrag von Sojabohnensorten mit und ohne Bewässerung am Standort Bingen 2012

Im Jahr 2012 lagen die Sorten Capnor, Lissabon, Merlin, ES Mentor, Sinara, Solena, Suedina sowohl trocken als auch bewässert jeweils über dem Mittelwert.

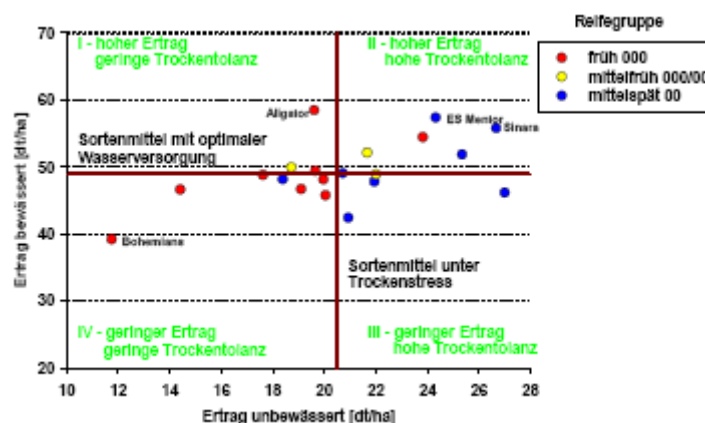


Abbildung 62: Ertrag von Sojabohnensorten mit und ohne Bewässerung, Bingen 2013

Im Jahr 2013 waren sowohl mit als auch ohne Bewässerung überdurchschnittlich die Sorten Merlin, ES Mentor, Sinara, Sirelia und Suedina,

Damit waren in jedem der drei Jahre die folgenden Sorten sowohl mit als auch ohne Bewässerung überdurchschnittlich im Ertrag: Merlin, ES Mentor, Sinara und Suedina.

Sortenergebnisse

Als durchgängige Vergleichssorte wurde in allen Versuchen die als robust und stabil geltende Sorte Merlin der Reifegruppe 000 angebaut. Sie erfüllte die an sie gestellten Erwartungen insofern, als sie überall zuverlässig abreifte und ihre Erträge relativ wenig streuten (s. Abbildung 63) mit 000-Sorten in blau, 00/000-Sorten in gelb und 00-Sorten in rot.

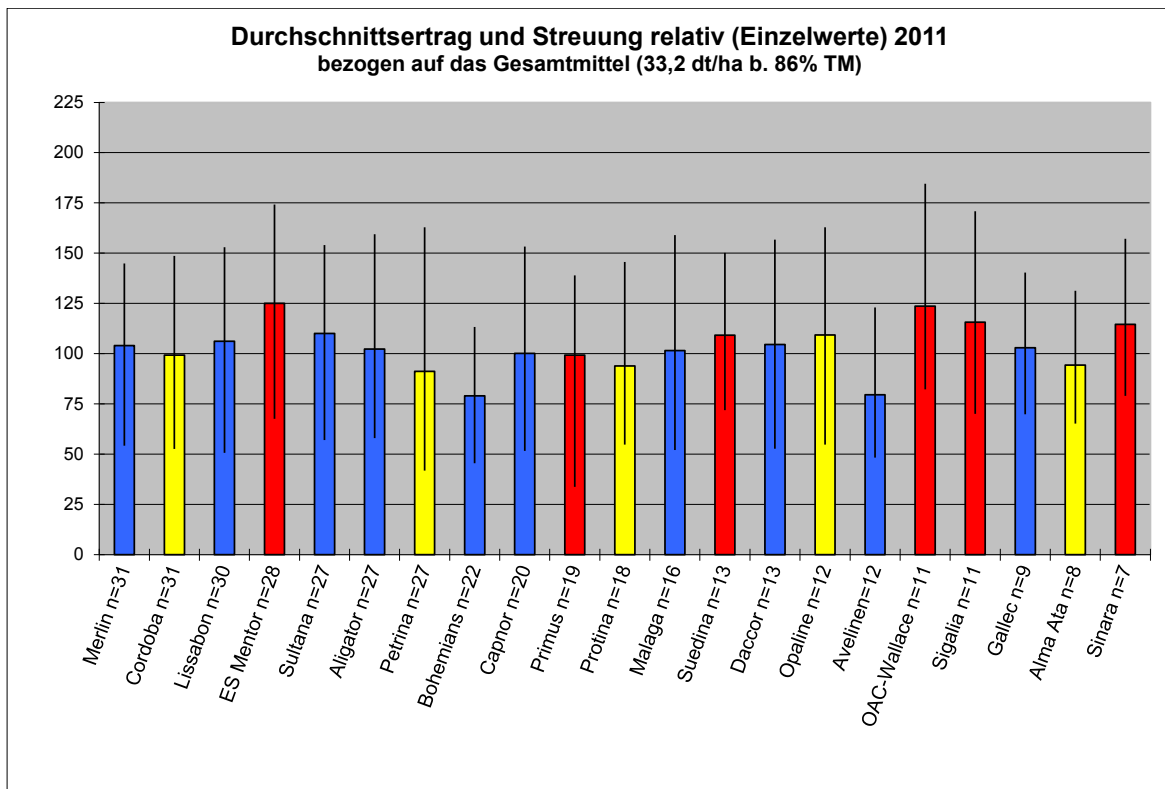


Abbildung 63: Durchschnittsertrag und Streuung der Einzelwerte 2011

Wie im Zuge der Untersuchungen zur Kältetoleranz deutlich wurde, ist diese relative Ertrags-treue und sichere Abreife auch auf ihre gute Kältetoleranz während der Blüte in Verbindung mit einem gutmütigen Kompensationsverhalten zurückzuführen. Im wärmsten Gebiet, wo 00-Sorten ausreifen, taucht jedoch das Problem auf, dass Merlin u.U. mehrere Wochen früher abreift als die spätesten Sorten und dann, je nach Randomisation, nicht geerntet werden kann, was sich in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf negativ auf den ermittelten Ertrag auswirken kann. Aber auch ansonsten ist die bereits 1993 zugelassene Merlin ertraglich nicht mehr die Referenz.

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse bezüglich der wesentlichen Kriterien Ertrag, Eiweißgehalt, Eiweißertrag, Standfestigkeit und Abreife in komprimierter Form dargestellt:

Die ausführliche Ergebnisdarstellung der Einzelergebnisse befindet sich im Anhang, Kapitel 0. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der Landessortenversuche auch von der jeweils zuständigen Einrichtung jährlich in Berichtsform aufbereitet und bewertet. Diese Berichte sind in der Regel abgelegt bei www.isip.de.

Wie aus Abbildung 64 ersichtlich, waren die Ertragsunterschiede zwischen den Wärmeregionen 1 und 2 im Jahr 2011 minimal. Im Mittel aller in allen drei Regionen geprüften Sorten lag deren Ertrag bei relativ 112 % bzw. 117 % in Bezug auf das Mittel von 33,2 dt/ha. In der kühlen

Region 3 wurde dagegen lediglich ein Relativvertrag von 82 % erreicht. Sowohl insgesamt als auch in jeder der drei Regionen lagen die 00-Sorten ES Mentor und OAC-Wallace mit im Mittel 125 bzw. 124 %, gefolgt von Sigalia und Sinara mit 116 und 115 % an der Spitze. Suedina und die Übergangssorte Opaline erreichten 109 %. Von den 000-Sorten erreichten im Mittel der 3 Regionen Sultana 110, Lissabon 105 und Merlin 104 %.

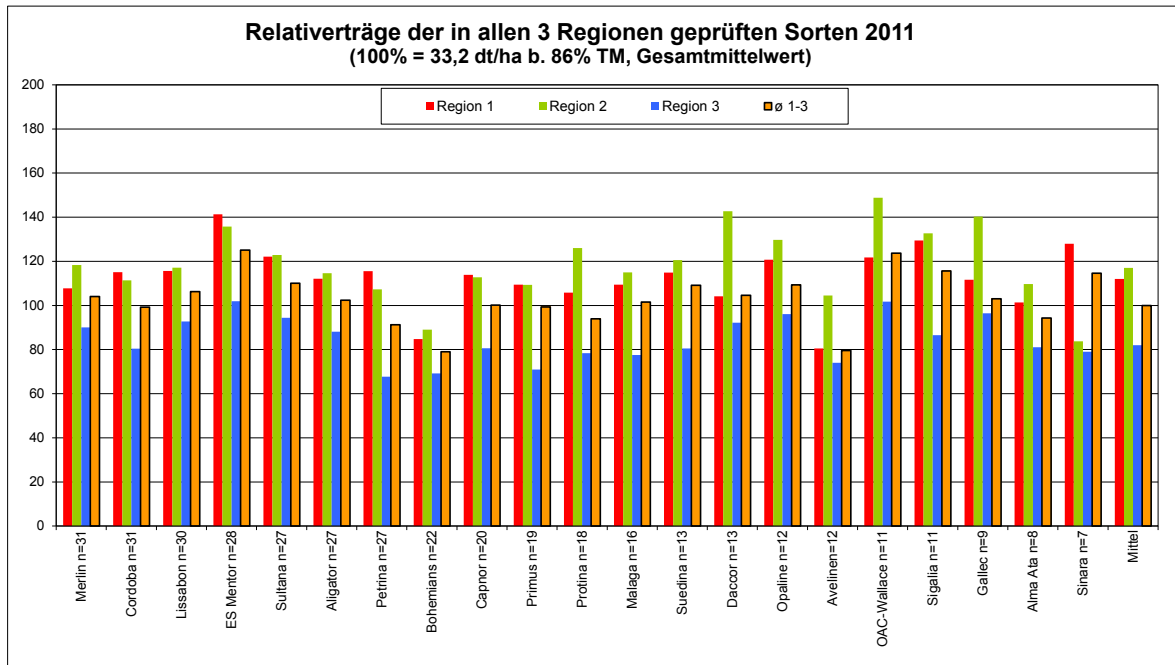


Abbildung 64: Relativverträge der in allen 3 Wärmeregionen geprüften Sojasorten 2011

2012 waren die Erträge von Region 1 mit einem Relativvertrag von 122 % über Region 2 mit relativ 109 zu Region 3 mit relativ 77 % vom Gesamtmittelwert 30,6 dt/ha klar abgestuft (s. Abbildung 65). Von den in allen 3 Regionen geprüften Sorten erreichte Merlin, zusammen mit Lissabon und Sultana praktisch das Gesamtmittel von 100 %. Spitzensorten waren die 00/000-Sorten Pollux mit relativ 121 und Opaline mit 112 %. Solena erreichte 107, ES Mentor 105 %.

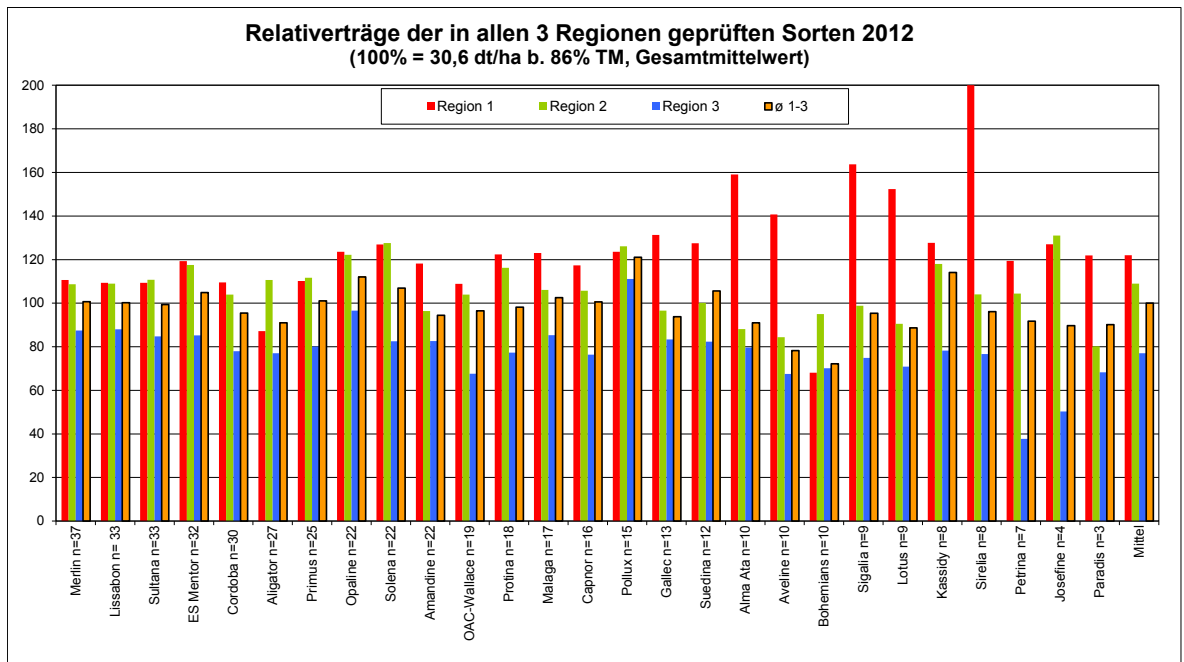


Abbildung 65: Relativerträge der in allen 3 Wärmeregionen geprüften Sojasorten 2012

Wie die folgende Abbildung 66 zeigt, waren die Ertragsergebnisse im Jahr 2013 zwischen den Regionen weniger stark gestuft wie 2012, bei einem ähnlichen Gesamtmittel von 30,9 dt/ha. Merlin, Sultana und Lissabon (alle 000) waren mit 95-97 % Relativertrag knapp unterdurchschnittlich. Mit relativ 107 schnitt die etwas spätere 000-Sorte Solena deutlich besser ab. Spitzenreiter war wieder ES Mentor mit relativ 116 %, dicht gefolgt von Silvia PZO und Suedina mit relativ 113, alles 00-Sorten. Auch die 00-Sorten Korus, Sirelia und Silvia PZO kamen in den Bereich von relativ 110. Opaline und Pollux (beide 00/000) sowie die Hoch-Eiweiß-Sorte Primus (00) schafften es mit 104-106 % klar über die 100 %-Marke. Extreme Schwankungen zeigte die neue 000-Sorte Protibus. Insbesondere im kühlen Gebiet kam es bei ihr zu markanten Einbrüchen bis auf unter 50 % von Merlin.

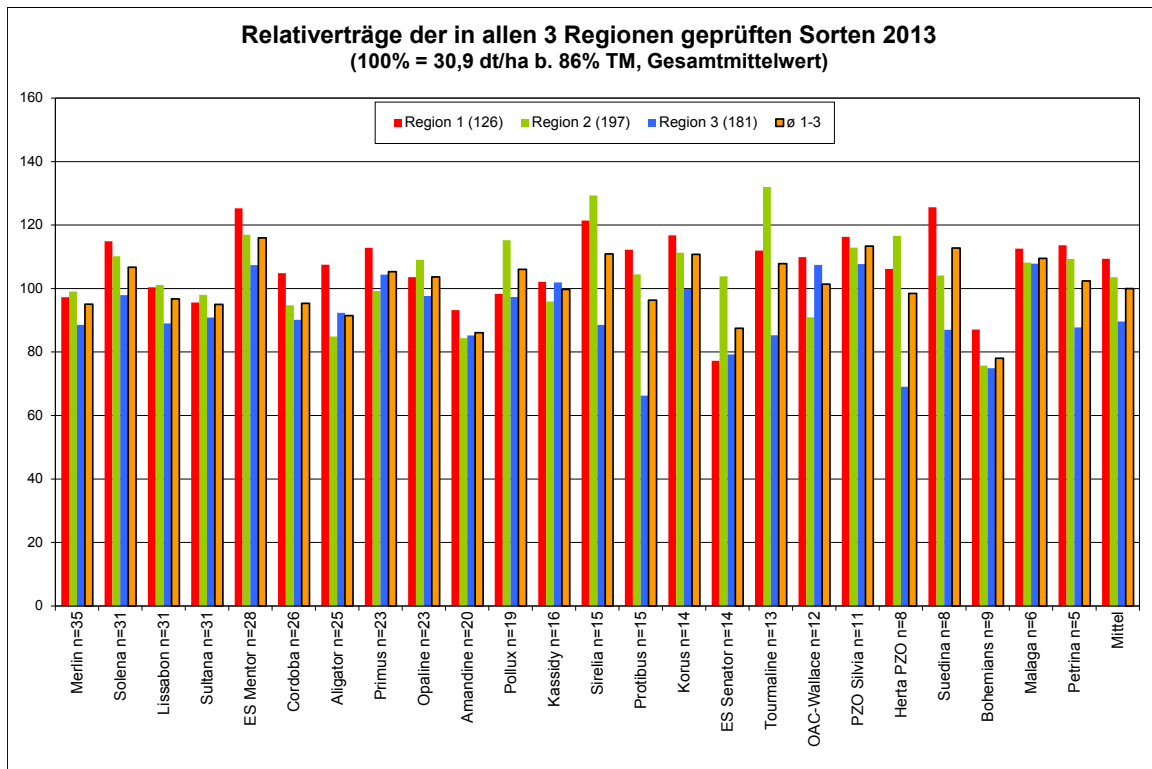


Abbildung 66: Relativerträge der in allen 3 Wärmeregionen geprüften Sojasorten 2013

Betrachtet man die Relativerträge der Sorten mit dreijährigen Ergebnissen in allen Regionen, bezogen auf das jeweilige Standortmittel (Abbildung 67), so fällt auf, dass es bei den Relativerträgen Unterschiede gibt in Abhängigkeit vom Wärmeangebot der Standorte: Während sich Sorten wie Primus, ES Mentor und Cordoba praktisch neutral verhalten, ist bei Merlin, Lissabon, Sultana, Opaline und eingeschränkt auch bei Aligator eine Steigerung der Relativerträge von der warmen über die mittlere bis zur kühlen Wärmeregion feststellbar. Die umgekehrte Situation zeigt sich bei den OAC-Wallace, Malaga und Suedina.

Im Mittel der drei Wärmeklassen liegt ES Mentor (00) mit relativ 112,5 an der Spitze, gefolgt von Opaline (00/000) mit 109 und der späten OAC-Wallace (00) mit 105 %. Die sehr frühen 000-Sorten Sultana und Lissabon erreichen 103 und 104 %, Merlin und Aligator kommen auf 101 und 100 %. Unter dem Aspekt des Abreiferisikos ist im Zweifelsfall einer 000-Sorte mit relativ 106 bis 109 im kühlen Gebiet (Merlin, Lissabon, Sultana) der Vorzug zu geben vor einer 00 oder 00/000-Sorte wie ES Mentor oder Opaline mit relativ 111 oder 113, deren Anbau deshalb auf das wärmere Gebiet und die günstigen Lagen im mittleren Gebiet beschränkt bleiben sollten. Die 00-Sorte Primus kommt ertraglich zwar nur auf relativ 98, kann aber mit einem hohen Eiweißgehalt punkten, der sie nicht nur für die Lebensmittelherstellung prädestiniert, sondern auch zu sehr hohen Eiweißerträgen pro Hektar führt.

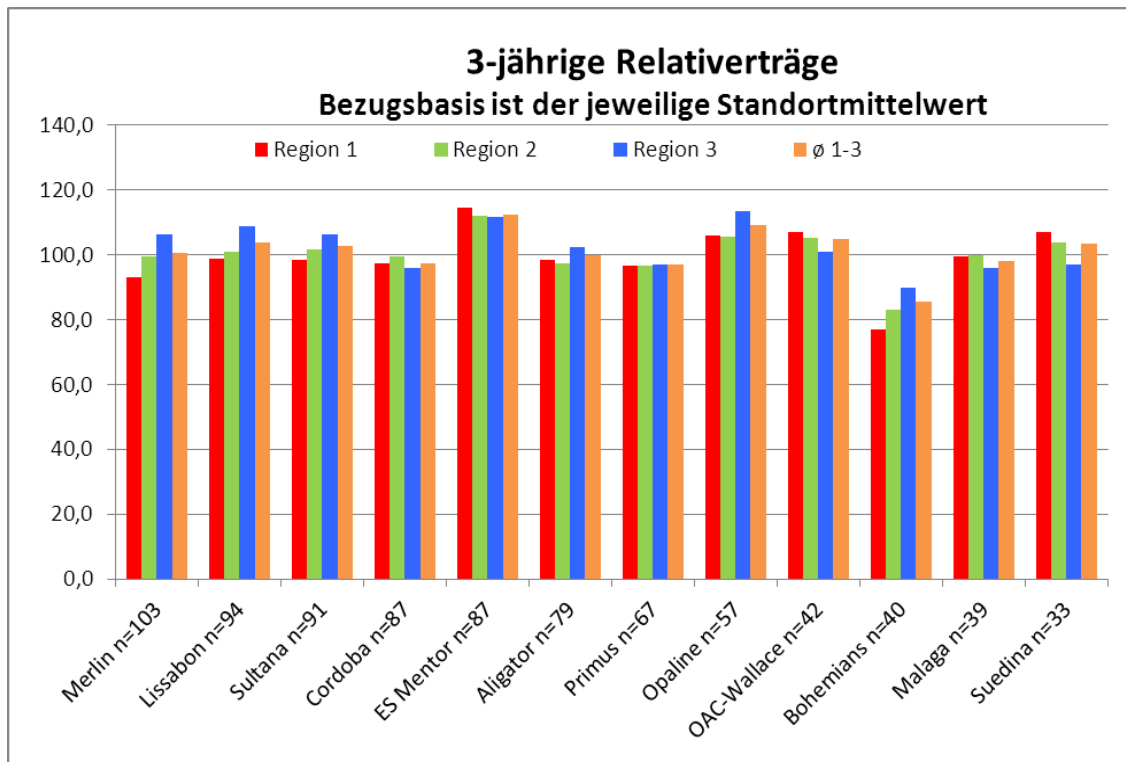


Abbildung 67: Sojaerträge im 3-jährigen Mittel relativ bezogen auf das jeweilige Standortmittel

Proteingehalte

Die Angabe der Proteingehalte erfolgt im vorliegenden Bericht immer bezogen auf 100 % Trockensubstanz. Da die Untersuchung des Ernteguts auf Proteingehalt in unterschiedlichen Labors durchgeführt wurde, bestehen Unwägbarkeiten hinsichtlich der absoluten Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Im Interesse einer besseren Vergleichbarkeit wurden im Jahr 2013 die meisten Untersuchungen auf den Gehalt an Rohprotein (und Öl) im Labor der Landessaat-zuchtanstalt der Universität Hohenheim nach dem NIRS-Verfahren durchgeführt, welches mittels Zweituntersuchungen von Sojabproben in den beiden Vorjahren mit einer großen Zahl von Messwerten geeicht wurde (s. Kapitel 5.8.1).

Im Jahr 2011 lag der Rohproteingehalt im Mittel aller Einzelwerte bei 42,0 %, 2012 bei 41,3 % und im Jahr 2013 bei 39,2 %. Während die Proteingehalte 2011 und 2012 als sehr gut zu bewerten sind, waren sie 2013 deutlich geringer (unabhängig von der Untersuchungsmethode). Vermutlich ist dies auf die strahlungsarme Witterung im Monat September zurückzuführen, die auch im Wein- und Obstbau zu schlechteren Qualitäten geführt hat.

Im Jahr 2012 wurden die Werte des Standorts Gützingen nicht in die Auswertung einbezogen, da die Werte mit ca. 30 % bei einem allgemeinen Niveau von über 40 % ‚unerklärlich‘ niedrig lagen. Berücksichtigt man jedoch den Frühjahrs- N_{\min} -Wert von Anfang März mit über 100 kg/ha und die infolgedessen fehlenden Knöllchen sowie die deshalb ausgebrachte N-Düngung von 54 kg N/ha (s. ausführliche Darstellung der Standortergebnisse im Anhang), so deckt sich dieses Ergebnis durchaus mit den Ergebnissen anderer Versuche ohne Knöllchenbakterien (s. Kapitel 5.5). Eine Auswertung der Standortmittel nach Wärmeklassen erscheint zweifelhaft, da sich die Sortimente unterscheiden und der Proteingehalt in erster Linie von der Sorte bestimmt wird. Anhand der Vergleichssorte Merlin mit sortentypisch mittelhohem Proteingehalt lässt sich aber zeigen, dass sich auch hier die Regionsmittel nur wenig unterscheiden (2011: 40,8/40,5/41,7 %; 2012: 39,3/41,1/41,2 %; 2013: 39,1/38,4/37,7 %). Dies wird auch in der

folgenden, nach Wärmeregionen differenzierten Darstellung der Rohproteingehalte der in allen drei Regionen geprüften Sorten deutlich:

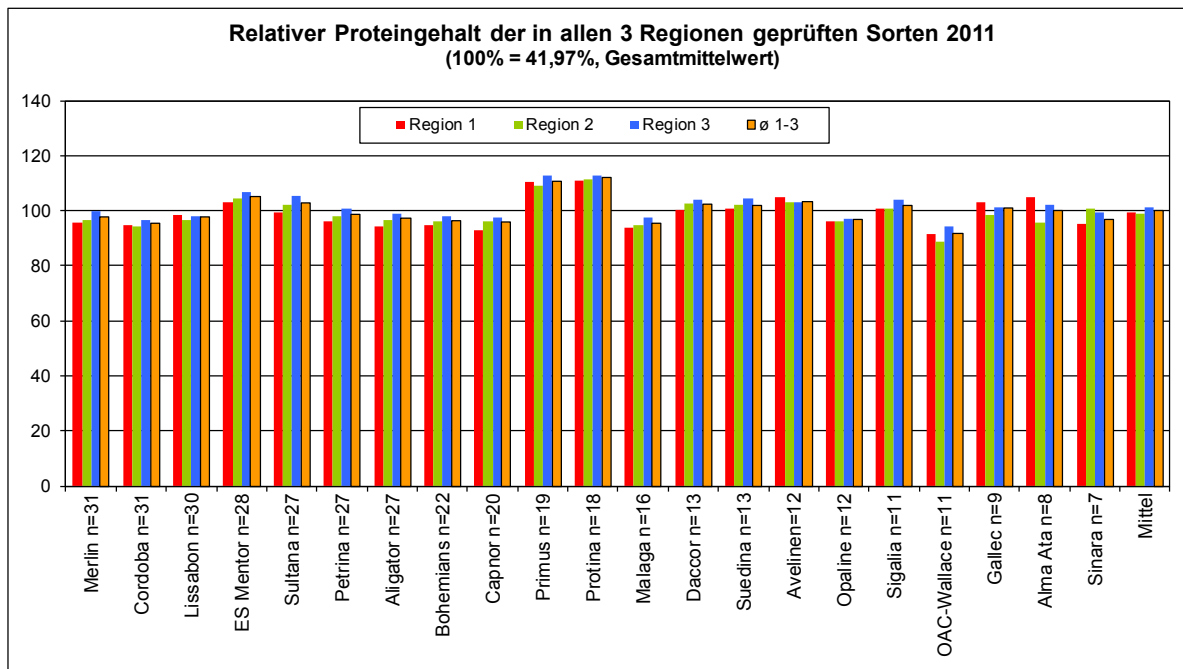


Abbildung 68: Relativer Proteingehalt der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011

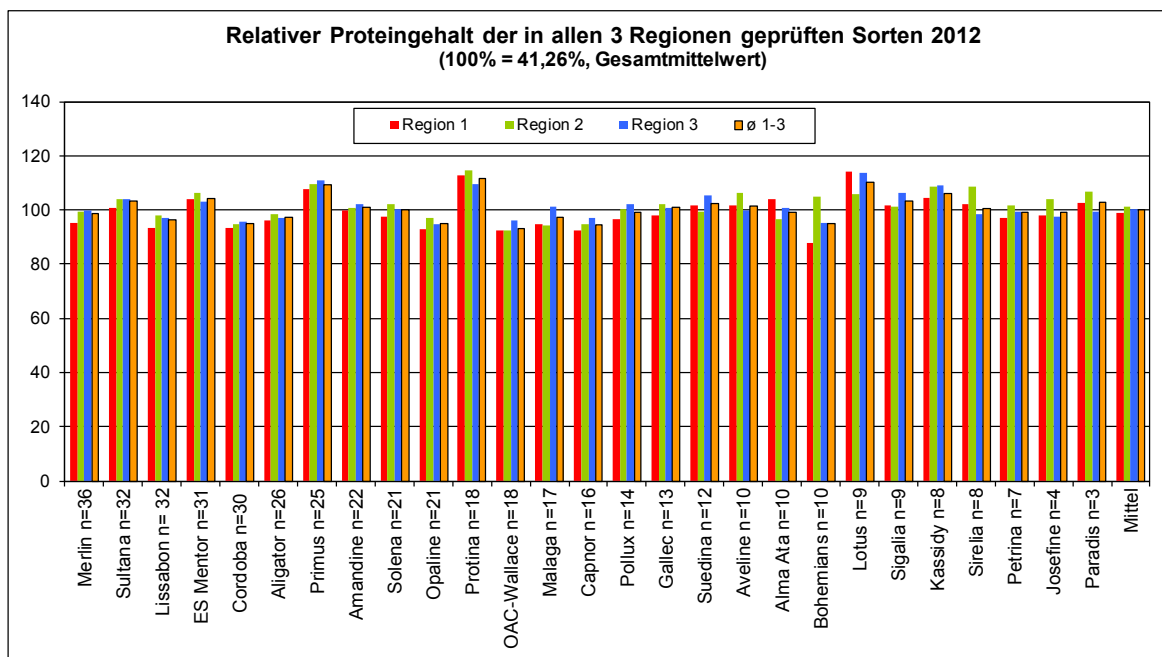


Abbildung 69: Relativer Proteingehalt der in allen 3 Regionen geprüften Sorten 2012

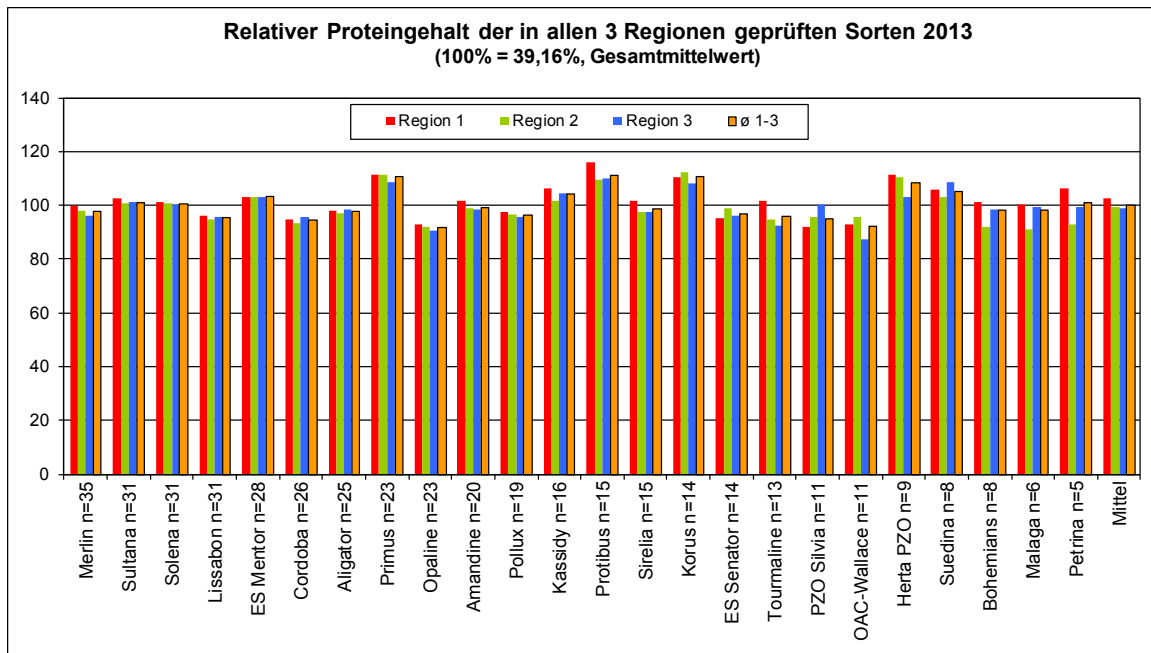


Abbildung 70: Relativer Proteingehalt der in allen 3 Region geprüften Sorten 2013

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Rohproteingehalte der geprüften Sorten in den Jahren 2011, 2012 und 2013. Die Farben im Säulendiagramm beziehen sich dabei auf die Reifegruppe der Sorten (rot = 00, gelb = 00/000 und blau = 000).

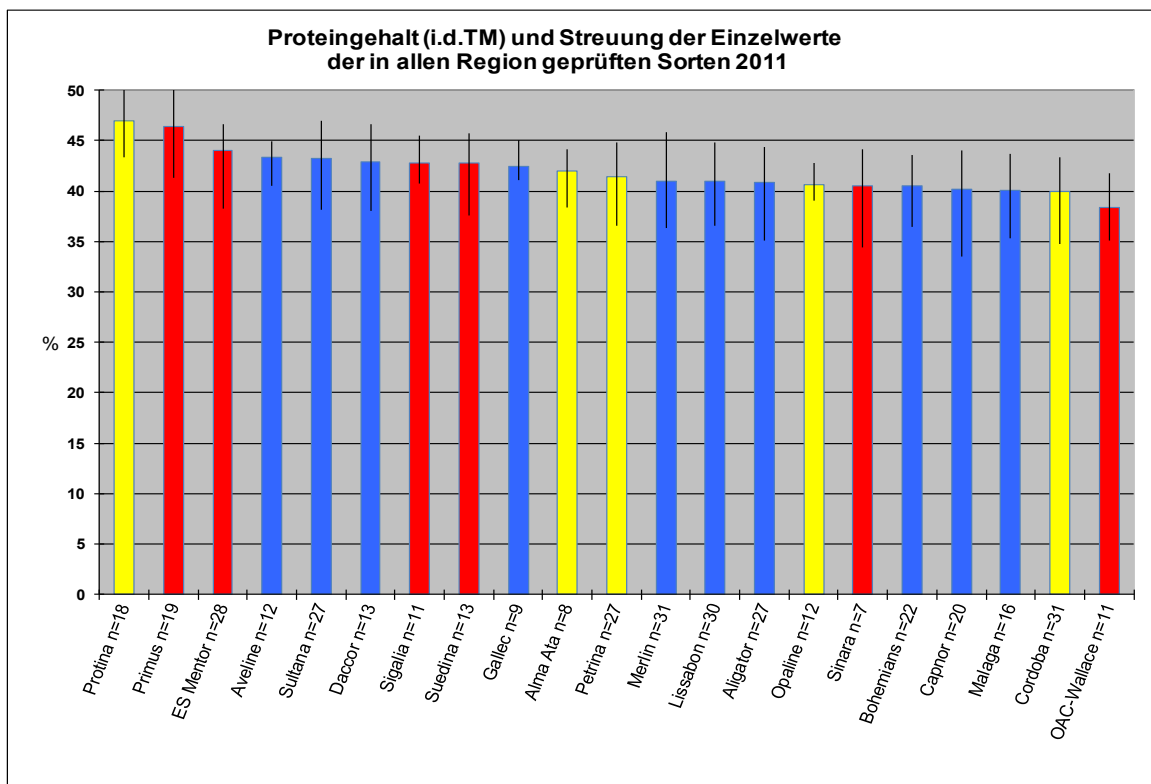


Abbildung 71: Rohproteingehalte der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011 mit Streuung der Einzelwerte

Im Jahr 2011 (s. Abbildung 71) bzw. 2012 (s. Abbildung 72) reichten die Mittelwerte von 38 bis 46 %, 2011 sogar bis 47 %, wobei die Sorten mit mittleren Gehalten von mehr als 43 % Rohprotein in der Trockensubstanz alle den Reifegruppen 00 und 000 angehören. Von den Sorten der Reifegruppe 000 kommen Sultana und Daccor bzw. Paradis noch am ehesten an diese Marke. Der z.T. nicht unerhebliche Schwankungsbereich von bis zu 10 % zeigt aber deutlich, dass sich auch hier Einflüsse von Umwelt und Produktionstechnik bemerkbar machen können. Essentiell für das Erreichen der sortentypischen Eiweißgehalte ist ein guter Knöllchenbesatz durch erfolgreiche Impfung. Eine Stickstoffzufuhr durch Dünger führt in der Regel zu schlechtem Knöllchenbesatz und niedrigen Eiweißgehalten.

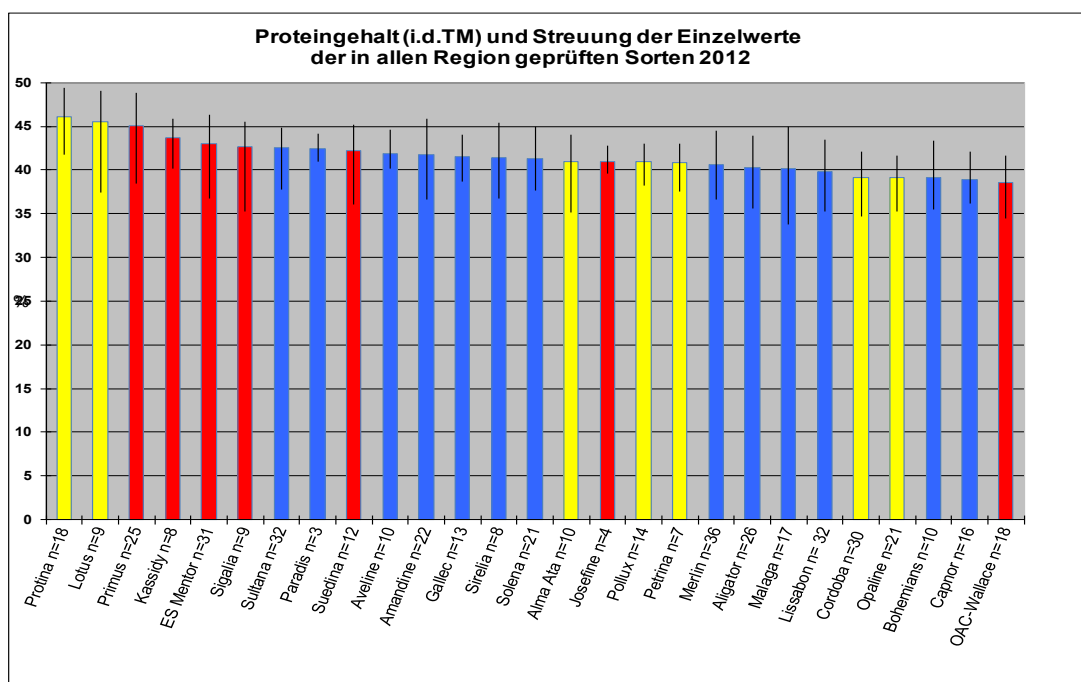


Abbildung 72: Rohproteingehalte der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2012 mit Streuung

Im Jahr 2013 (s. Abbildung 73) liegen die Eiweißgehalte mit 35,9 bis 43,9 % deutlich tiefer. Nach dem Protina und Lotus entfallen sind, setzen sich mit Protibus und Korus zwei neue Sorten an die Spitze. Die 000-Sorte Protibus erwies sich jedoch leider als empfindlich gegenüber Kälte während der Blüte und kann deshalb fürs kühle Gebiet nicht empfohlen werden.

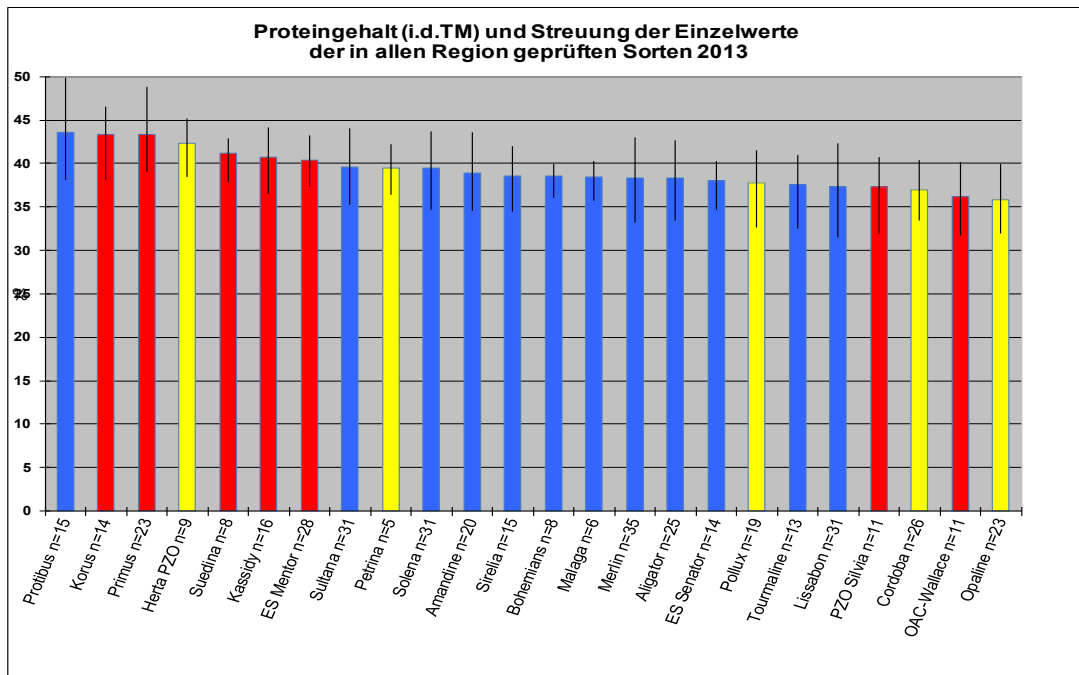


Abbildung 73: Rohproteingehalte der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2013 mit Streuung

Proteinertrag

Der Proteinertrag wird in dt/ha Trockenmasse angegeben. Im Jahr 2011 betrug dieser im Mittel aller Ergebnisse 12,1 dt/ha, im Jahr 2012 waren es mit 10,9 dt/ha etwa 10 % weniger und im Jahr 2013 mit 10,4 dt/ha noch etwas weniger. Er folgt damit der Entwicklung von Ertrag und Proteingehalt. Wie bereits beim Ertrag ergeben sich auch hier Unterschiede zwischen den Standorten der drei Wärmeklassen: So wurde 2011 in der wärmsten Region im Mittel ein Rohproteinertrag von 13,5 dt/ha ermittelt, in der mittleren Wärmeregion waren es 14,0 dt/ha und in der kühleren 10 dt/ha. Im Jahr 2012 lauten die Zahlen 13,1, 12,1 und 8,5 dt/ha, im Jahr 2013 schließlich 11,7, 10,7 und 9,3 dt/ha Rohproteinertrag.

Abbildung 74 bis Abbildung 82 illustrieren die Proteinerträge der in allen drei Wärmeregionen geprüften Sorten für die Jahre 2011 bis 2013 jeweils in der Reihenfolge Sortenmittelwert mit Streuung der Einzelwerte / relativer Proteinertrag bezogen auf das Gesamtmittel aller Einzelwerte / relativer Proteinertrag bezogen auf das jeweilige Standortmittel. Die Mittelwerte der beiden zuletzt genannten Darstellungen unterscheiden sich geringfügig, da sich die Sortimentsumfänge zwischen den Standorten unterscheiden.

Die Darstellungen der Sortenmittelwerte in den Einzeljahren lassen durchaus Unterschiede in der Rangfolge der Sorten erkennen. Diese sind in erster Linie durch wechselnde Ertragsleistungen, aber auch durch Zu- und Abgänge im Sortiment bedingt. Die Darstellungen der Relativwerte bezogen auf das Gesamtmittel weisen für das kühle Gebiet deutlich niedrigere Proteinerträge bei allen Sorten aus. Aus den Darstellungen der Relativwerte bezogen auf das jeweilige Standortmittel lässt sich jedoch erkennen, dass sich manche Sorten unter kühleren Bedingungen relativ besser schlagen.

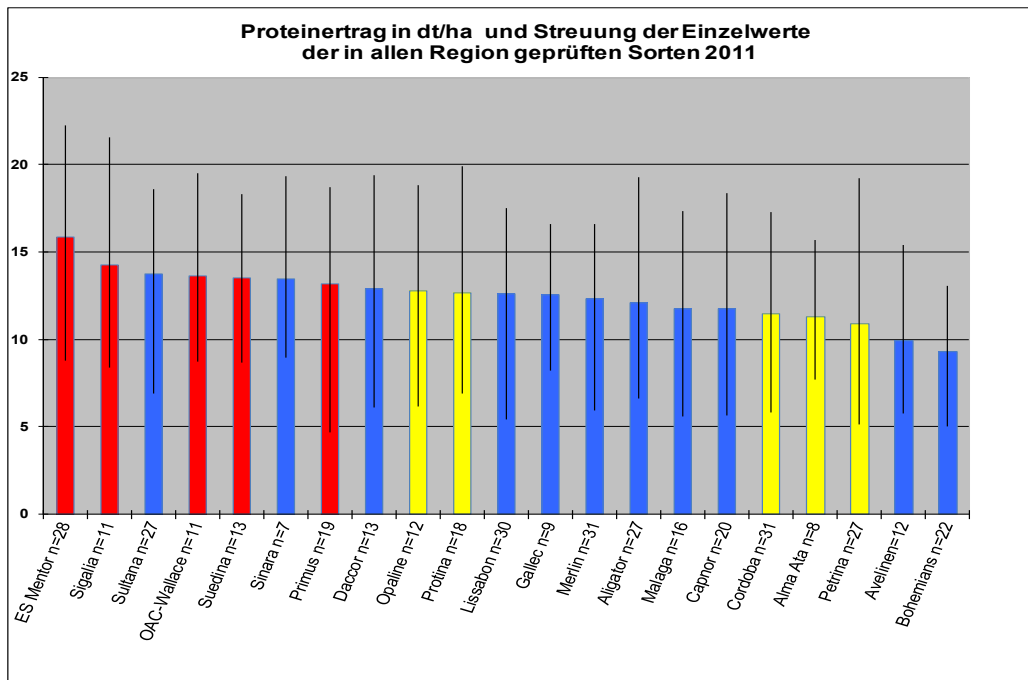


Abbildung 74: Proteinertag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011 (Sortenmittel und Streuung der Einzelwerte)

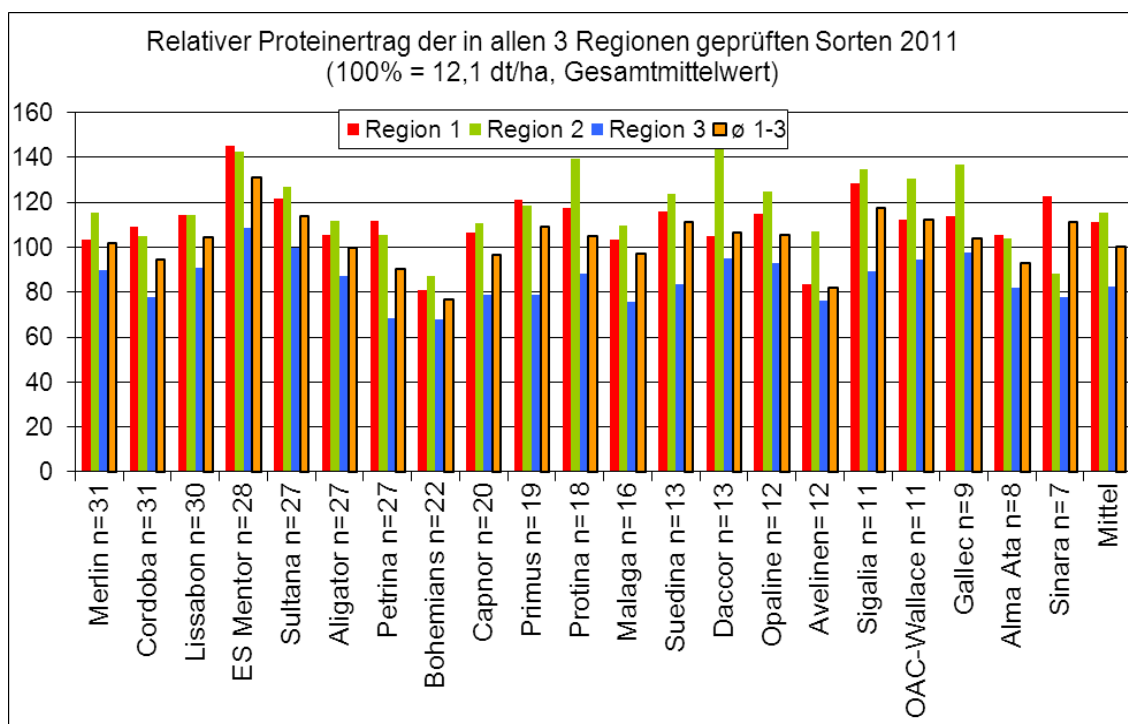


Abbildung 75: Relativer Proteinertag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011 bezogen auf das Gesamtmittel der Einzelwerte

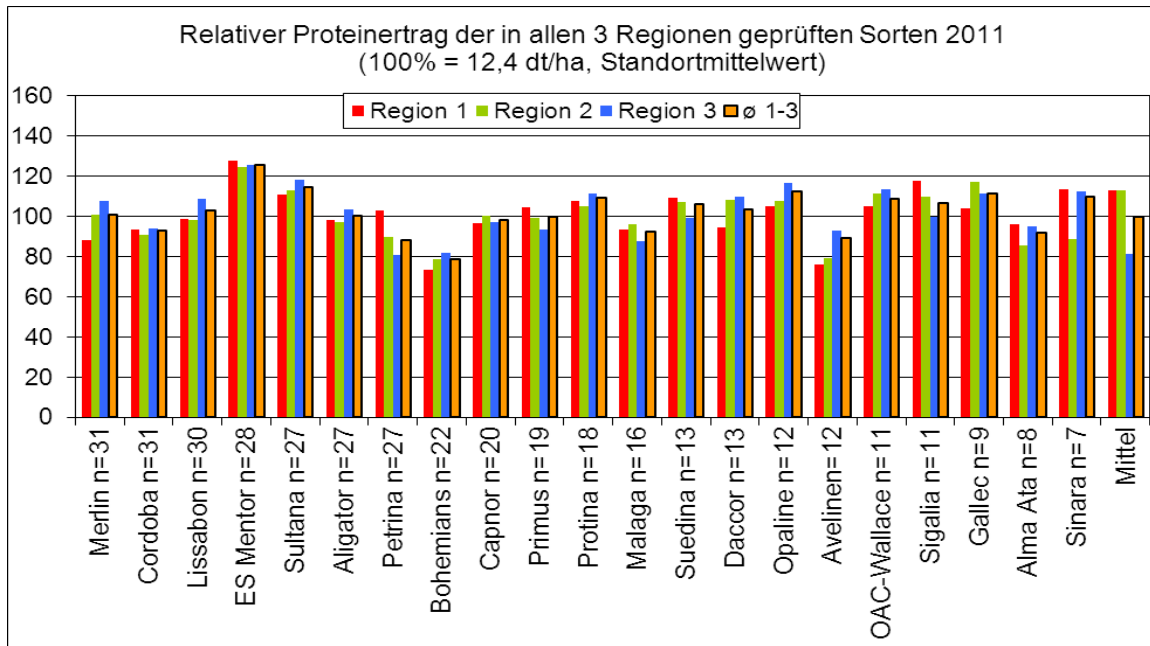


Abbildung 76: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2011 bezogen auf das jeweilige Standortmittel

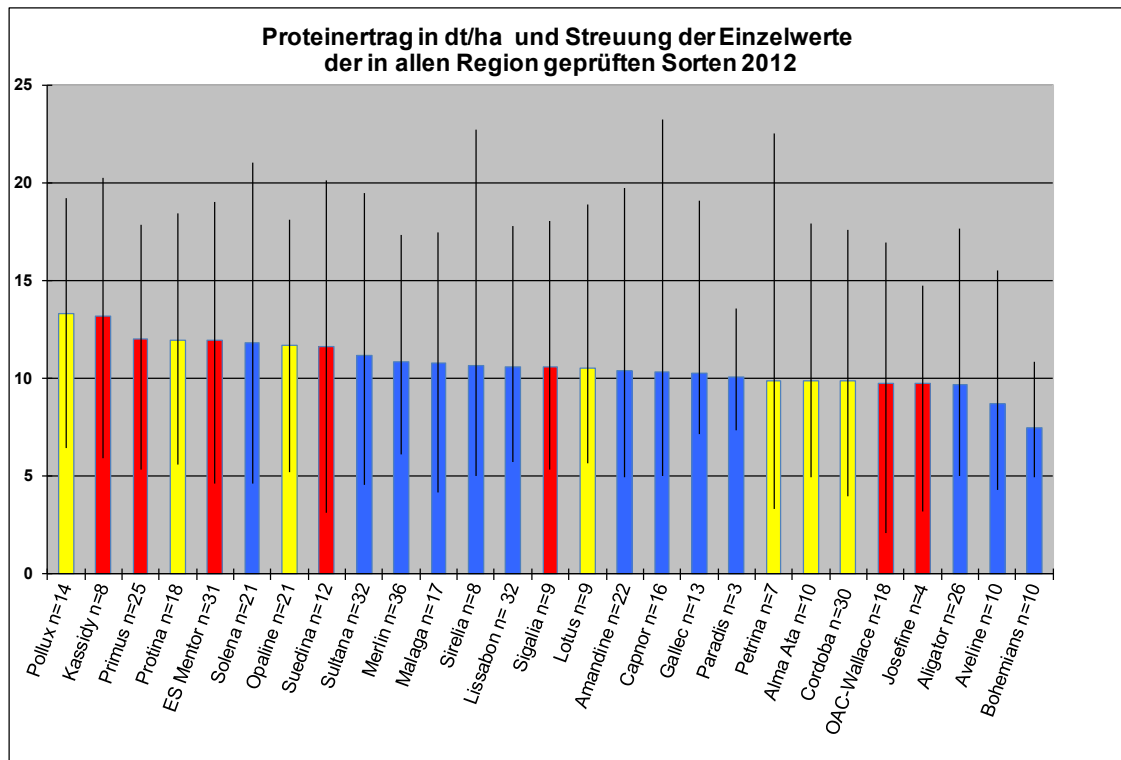


Abbildung 77: Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2012 (Sortenmittel und Streuung der Einzelwerte)

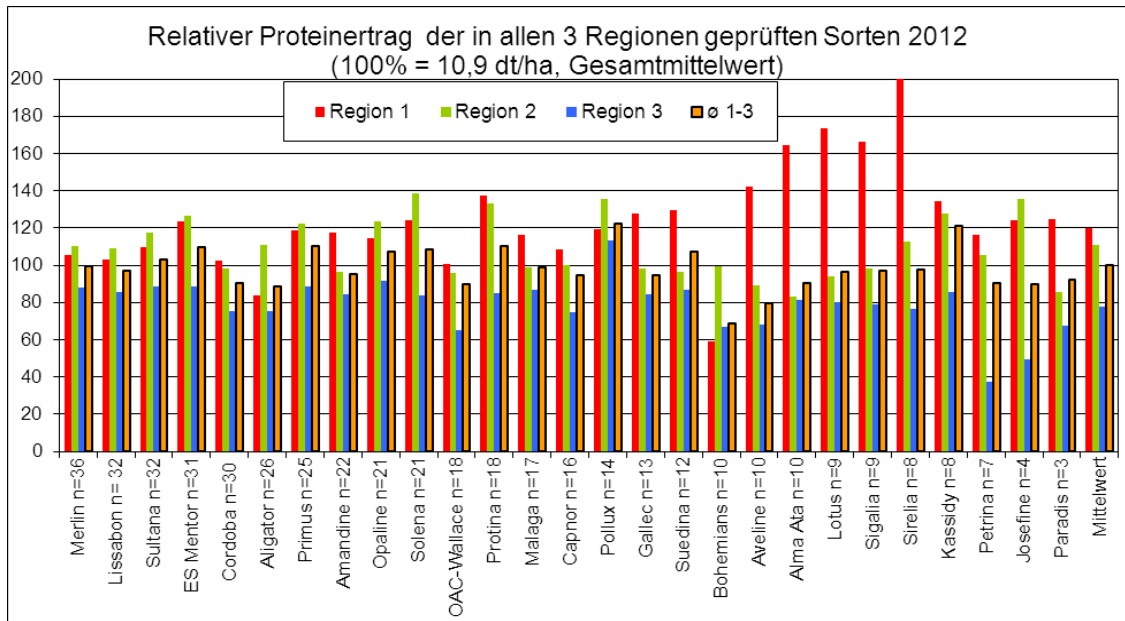


Abbildung 78: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2012 bezogen auf das Gesamtmittel der Einzelwerte

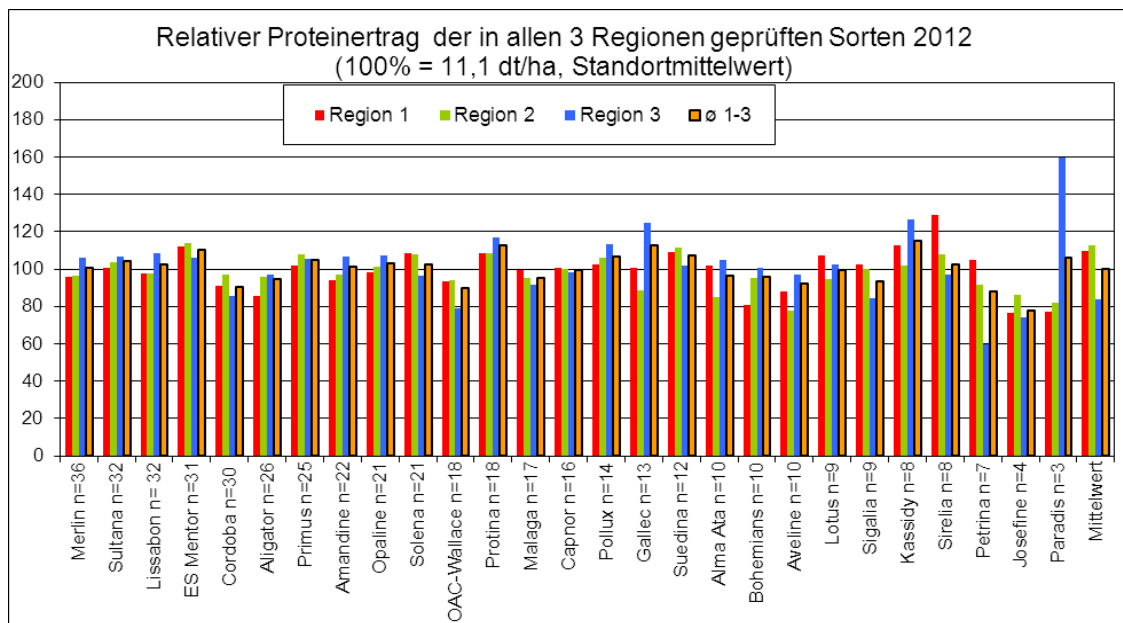


Abbildung 79: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2012 bezogen auf das jeweilige Standortmittel

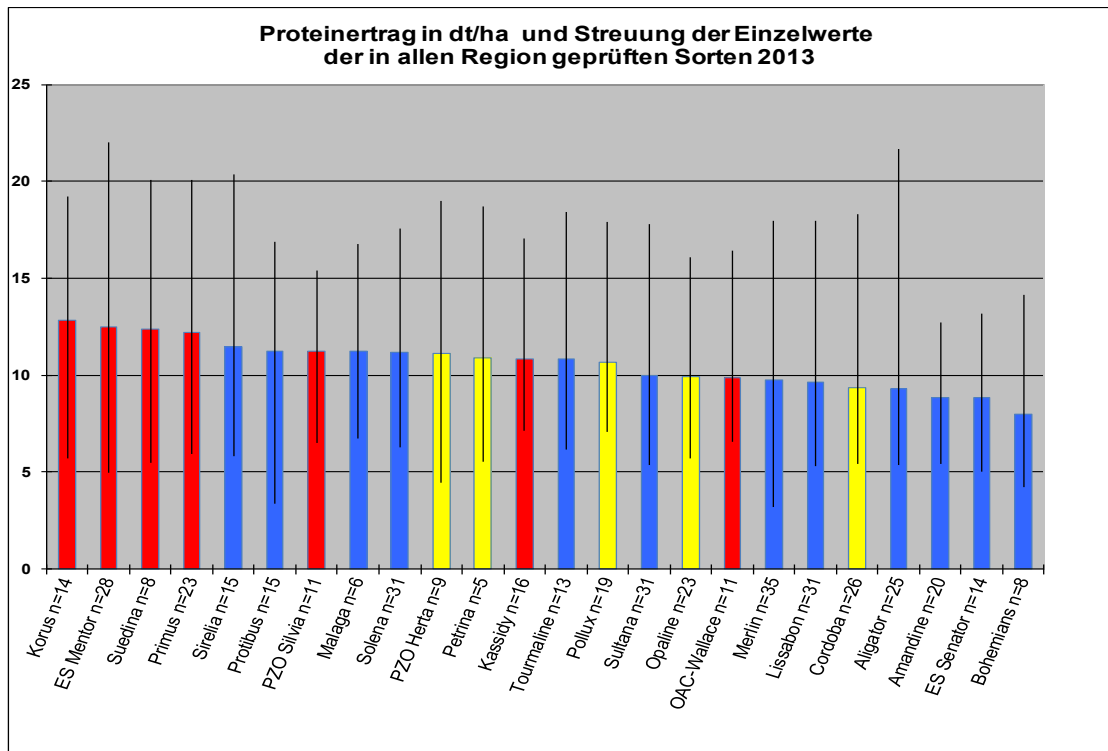


Abbildung 80: Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2013 (Sortenmittel und Streuung der Einzelwerte)

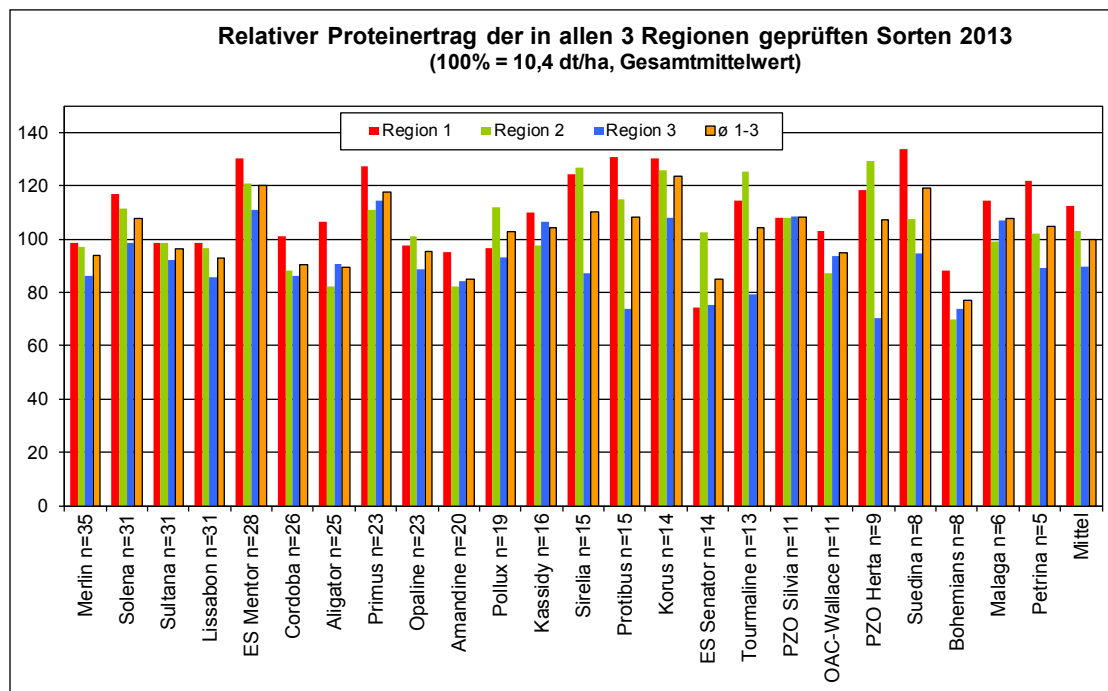


Abbildung 81: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2013 bezogen auf das Gesamtmittel der Einzelwerte

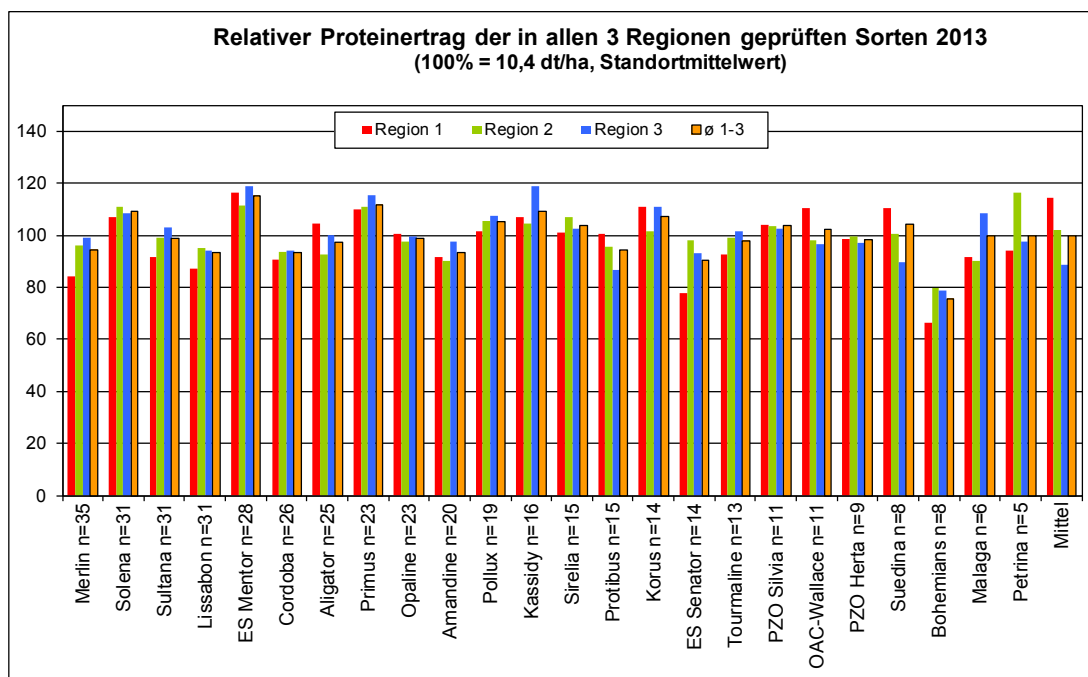


Abbildung 82: Relativer Proteinertrag der in allen 3 Regionen geprüften Sojasorten 2013 bezogen auf das jeweilige Standortmittel

Betrachtet man die Rohproteinerträge im dreijährigen Mittel der dreijährig in allen Regionen geprüften Sorten, so reduziert sich das Sortiment auf 12 Sorten (s. Abbildung 83). An der Spitze liegen dabei mit ES Mentor (13,4 dt/ha), Suedina und Primus (je ca. 12,5 dt/ha) drei 00-Sorten. Beste 000-Sorte war Sultana mit 11,5 dt/ha. Lissabon und Merlin erreichen knapp 11 dt/ha.



Abbildung 83: Sortenmittel der Proteinerträge 2011-2013 und Streuungsbereich der Einzelwerte der in allen drei Regionen geprüften Sojasorten

Betrachtet man die Abbildung 84 mit den Proteinerträgen bezogen auf das Gesamtmittel aller Einzelwerte im dreijährigen Mittel, so sticht bei allen Sorten die Diskrepanz von 15-20 % zwischen den Ergebnissen in den Regionen 1 und 2 sowie der kühleren Region 3 ins Auge.

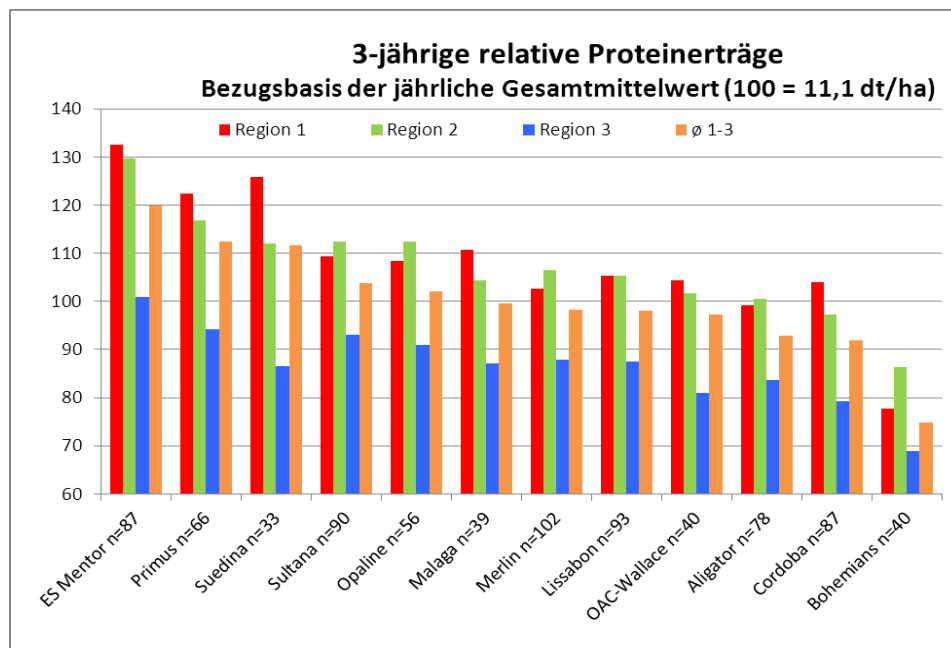


Abbildung 84: Relativer Proteinertrag der 3-jährig (2011-13) in 3 Regionen geprüften Sojasorten bezogen auf das Gesamtmittel aller Einzelwerte

Bezogen auf das jeweilige Standortmittel (s. Abbildung 85) fällt auf, dass die 000-Sorten Sultana, Lissabon und Merlin sowie die Übergangssorte Opaline im kühlen Gebiet überdurchschnittliche Ergebnisse aufweisen. ES Mentor liegt zwar in allen Gebieten an der Spitze, reift als 00-Sorte im kühlen Gebiet aber nicht sicher aus und kann deshalb nur in den beiden wärmeren Regionen angebaut werden.

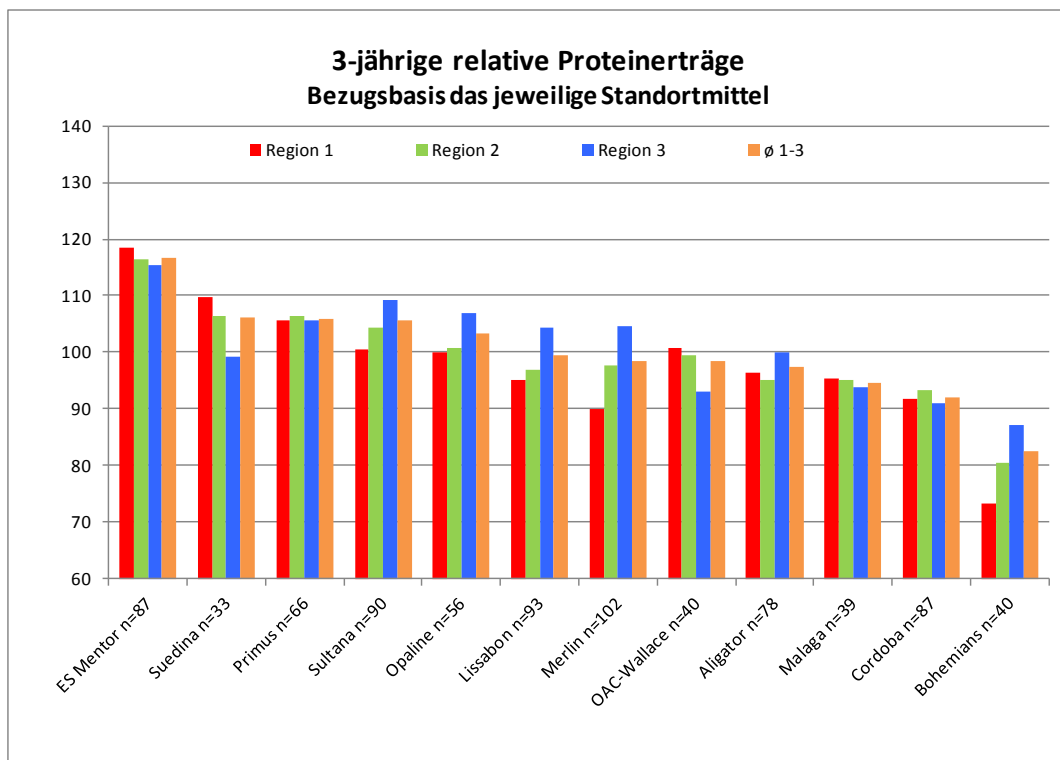


Abbildung 85: Relativer Proteinertrag der 3-jährig (2011-13) in 3 Regionen geprüften Sojasorten bezogen auf das jeweilige Standortmittel

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Sojabohne im warmen und mittleren Gebiet gute bis sehr gute Proteinerträge brachte. Dort können ertragreiche 00-Sorten mit überdurchschnittlichem Proteingehalt ihr Potential realisieren (z.B. ES Mentor: 14 dt/ha 3-jährig im warmen Gebiet). Im kühleren Gebiet fielen die Proteinerträge dagegen deutlich ab. Mit einigen 000-Sorten lassen sich aber auch dort überdurchschnittliche Rohproteinerträge erzielen. Mit rund 10 dt/ha können diese an etlichen Standorten aber auch mit denen anderer Körnerleguminosen konkurrieren, dies umso mehr, wenn man auch die Eiweißqualität der verschiedenen Kulturen berücksichtigt.

Standfestigkeit und Abreife

Von den erfolgreich in allen drei Regionen dreijährig geprüften Sorten zeichneten sich die 00-Sorte ES Mentor sowie die 00-Sorte Sultana durch besonders geringe Lagerneigung aus. Diese reiften auch besonders zuverlässig entsprechend ihrer Reifegruppe ab. Nähere Angaben zur Standfestigkeit und Abreife der geprüften Sorten finden sich im Anhang mit den Einzelergebnissen.

Nachbemerkung zu den Sortenergebnissen:

Trotz guten agronomischen Ergebnissen sind die beiden zuletzt genannten Sorten nicht uneingeschränkt empfehlenswert: ES Mentor deshalb, weil sie sich öfters als sensibel gegenüber dem herbiziden Wirkstoff Metribuzin (Sencor, Artist) erweist und Sultana deshalb, weil sie in Situationen mit großer Sommertrockenheit unter Umständen zu früh abreift und dann nicht mehr von später evtl. noch folgenden Niederschlägen profitieren kann. Außerdem kamen

in den Jahren 2012 und 2013 noch weitere Sorten in die Prüfung, die ebenfalls viel versprechende Ergebnisse zeigten, in der Endauswertung über drei Jahre jedoch nicht auftauchen. In der Praxis gilt es, aus der breiten Palette von Sorten, die sich an vergleichbaren Standorten bewährt haben, diejenigen mit der optimalen Kombination von Eigenschaften für den heimischen Standort herauszufinden (s. Anhang, Kapitel 10.4). Dies am besten durch einen Vergleich von mehreren Sorten auf überschaubarer Fläche, bevor dann die interessantesten großflächig angebaut werden. Aus Gründen der Risikostreuung empfiehlt es sich, bei größeren Anbauflächen mehrere Sorten anzubauen, die sich in der Reaktion auf Trockenphasen und Erntetermin etwas unterscheiden. Auch die Lagerneigung zeigt sich nicht im gleichen Ausmaß an jedem Standort und ist deshalb unterschiedlich stark zu gewichten. Nicht nur Neueinsteiger sollten nicht zu hoch pokern, was die Reifegruppe angeht und immer auch noch eine etwas früher abreifende als die unter optimalen Bedingungen abreifende Reifegruppe bzw. Sorte erproben. Die früher als Merlin abreifenden Sorten haben sich jedoch als deutlich ertragsschwächer erwiesen, so dass diese Sorte immer noch die Grenze der Anbauwürdigkeit von Sojabohnen in Deutschland markiert.

5.9 Arbeitspaket 3a: Einfluss der Saatzeit

5.9.1 Versuche am Standort Osnabrück (HS Osnabrück)

Wie im Kapitel 4.7 beschrieben, wurde der Versuch 2012 aufgrund von Vogelfraßschäden nicht vollständig durchgeführt. Auch 2013 konnte der Versuch aufgrund eines technischen Defekts bei der Aussaat nicht weitergeführt werden und lieferte somit keine Ergebnisse. Im Versuchsjahr 2011 wurde der Versuch wie geplant abgeschlossen. Der erste Aussaattermin erfolgte am 20.04.2011 unter optimalen Bedingungen. Der zweite und dritte Aussaattermin fanden bei ebenfalls guten Witterungsbedingungen im Abstand von einer bzw. zwei Wochen statt.

Beim ersten und dritten Termin waren am siebten bzw. achten Tag nach der Aussaat 75 % der Gesamtpflanzen aufgelaufen, beim zweiten Aussaattermin 75 % nach 12 Tagen. Am Ende der Vegetationszeit waren keine Unterschiede mehr zwischen den Pflanzen der drei Saattermine zu beobachten. Des Weiteren konnte in Bezug auf keinen der Aussaattermine eine bessere Beikrautunterdrückung durch ein schnelleres Schließen der Bestände festgestellt werden. Die verschiedenen Aussaatzeitpunkte am Standort Osnabrück konnten bei den geprüften Sorten keine differenzierbaren Erntezeitpunkte generieren.

Nach der statistischen Auswertung der Ergebnisse konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Ertrages (Exakt- und Parzellenertrag), der Qualität (Proteingehalt), des Tausendkorngewichts und des untersten Hülsenansatzes nachgewiesen werden.

Der Ertrag der Sorte Gallec mit 37,8 dt/ha lag im Mittel bei allen Aussaatterminen signifikant höher als der der Sorte Aveline mit 27,6 dt/ha. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Erträgen in Bezug auf die unterschiedlichen Aussaattermine herausgearbeitet werden (Abbildung 86).

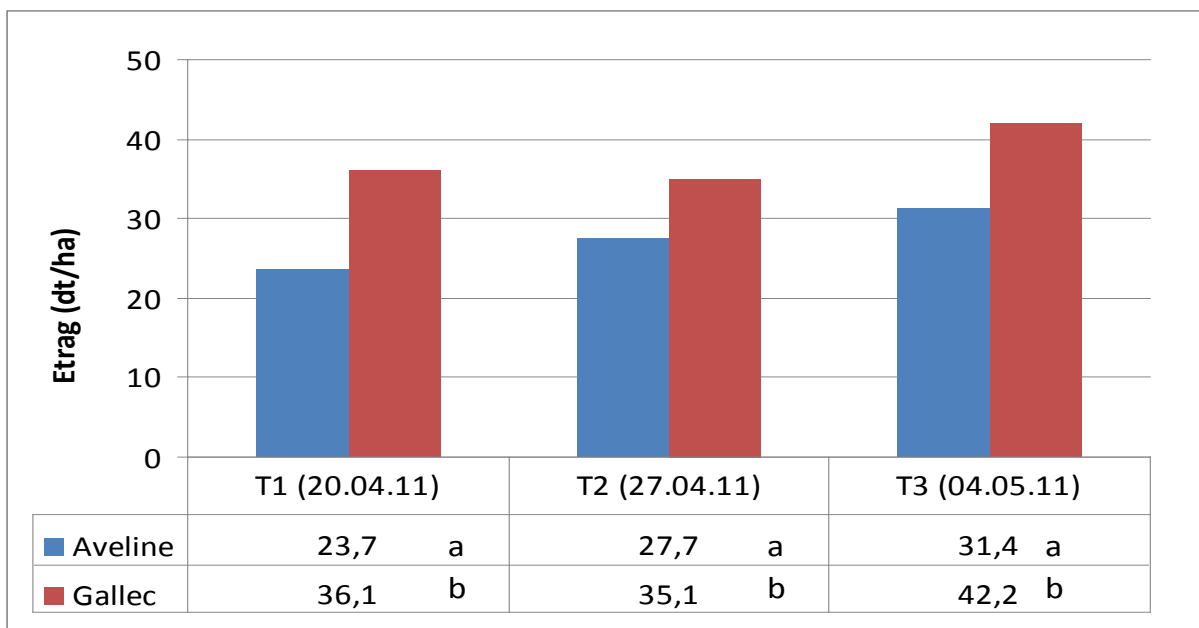


Abbildung 86: Ertrag im Saatzeitenversuch (Saattermine T1, T2, T3) am Standort Waldhof Osnabrück 2011 (Pr > ChiSq 0,4876).

Der durchschnittliche Proteingehalt lag 2011 bei der Sorte Gallec um 42 % in der TM und bei der Sorte Aveline bei 43,1 %.

Bei der Sorte Gallec konnte in Bezug auf die verschiedenen Aussaattermine eine Steigerung im Proteingehalt festgestellt werden. Bei den Sojabohnen des ersten Aussaattermins betrug er 40,9 %, die zum zweiten Termin ausgesäten Bohnen ergaben einen Proteingehalt von 42,2 %, die zuletzt ausgesäten enthielten 43 % Proteine. Auch bei der Sorte Aveline konnte eine Steigerung im Proteingehalt von 42,7 % (erster Aussaattermin) über 42,8 % zum zweiten Termin bis hin zu 43,8 % zum dritten Aussaattermin festgestellt werden. Diese Steigerung im Proteingehalt hat keine statistische Signifikanz ergeben.

Die Datenerfassung zu allen durchgeführten Bonituren am Standort Waldhof Osnabrück befindet sich im Anhang in Kapitel 10.6.

Diskussion

Es konnte von den drei Versuchsjahren aufgrund von Ausfällen durch Vogelfraß und technische Probleme nur das Versuchsjahr 2011 statistisch ausgewertet werden.

Bei den beiden Sorten Gallec und Aveline konnte für 2011 kein signifikanter Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf den Ertrag und auf den Erntetermin nachgewiesen werden.

Des Weiteren war kein Einfluss des Saattermins auf anderen Parameter wie den Proteingehalt, das Tausendkorngewicht und den untersten Hülsenansatz festzustellen.

5.9.2 Versuche am Standort Frankenhausen (Uni Kassel)

Das Datum des Feldaufgangs – und damit die Dauer von der Saat bis zum Feldaufgang wurde weniger eindeutig durch die Saatzeit bestimmt, als vielmehr durch das Versuchsjahr. Die beiden Sorten unterschieden sich in keinem der drei Versuchsjahre hinsichtlich der benötigten Anzahl der Tage bis zum Feldaufgang.

Tabelle 60: Datum des Feldaufgangs (BBCH 09) der Sojabohnen und Tage von der Aussaat bis zum Feldaufgang (in Klammern) in Abhängigkeit von der Saatzeit im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)

Saatzeit	2011	2012	2013
SZ-1	02.05.	04.05. (9)	10.05. (17)
SZ-2	09.05.	11.05. (9)	13.05. (14)
SZ-3	12.05.	20.05. (11)	22.05. (19)

Der Blühbeginn (BBCH 61) und das Ende der Blüte wurden weder durch die Saatzeit noch durch die Sorte beeinflusst. Beide Variablen, sowie die davon abhängige Dauer der Blüte hingegen reagierten wiederum deutlich auf das Versuchsjahr und dessen Witterungsverlauf. Dasselbe kann für den Termin der Vollreife gesagt werden (Tabelle 61).

Tabelle 61: Parameter der phänologischen Entwicklung der Sojabohnen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013); gemittelt über Saatzeit und Sorte

Saatzeit	2011	2012	2013
Blühbeginn [Datum]	20.06.	08.07.	02.07.
Blühende [Datum]	15.07.	07.08.	26.07.
Blühdauer (Tage)	25	30	24
Termin der Vollreife	30.09.	26.10.	18.09.

Als Maß für den Reifegrad der Sojabohnen wurde der Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen genutzt. Aufgrund der Tendenz abreifender Sojabohnen zur starken Wasseraufnahme im Falle von Niederschlägen oder feuchter Luftverhältnisse repräsentieren die zur jeweiligen Zeiternte gemessenen absoluten Werte nicht den Grad der Abreife. Jedoch dienen sie um eventuelle Unterschiede zwischen den Prüfgliedern (Saatzeit; Sorte). Mit Einschränkung zeigen die Daten auch den Verlauf der Abreife (bei mehreren Probenahmeterminen) (Tabelle 62).

Tabelle 62: Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen zu vorgezogenen Beprobungsterminen (Zeiternten) und zum *Drusch im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013) in Abhängigkeit von Saatzeit und Jahr

Sorte	Aveline			Gallec		
	SZ-1	SZ-2	SZ-3	SZ-1	SZ-2	SZ-3
	2011					
09.09.2011	60,9 a	54,4 b	42,1 c	76,6 a	73,5 a	60,7 b
21.09.2011	77,3 b	82,0 a	72,2 c	81,7	82,4	84,8
*04.10.2011	87,1	86,0	85,2	87,3	87,1	86,6
	2012					
10.09.2012	32,2	34,0	33,3	36,9	37,1	34,0
25.09.2012	39,9	41,8	40,3	46,6	46,7	43,4
*26.10.2012	78,0	77,5	77,6	78,2	78,1	78,1
	2013					
16.09.2013	50,5 a	51,7 a	47,8 b	51,1 a	44,7 b	41,1 b
Zeiternte-2	nicht durchgeführt, da ab 25.09.2013 alle Prüfglieder BBCH 89					
*23.10.2013	TS nicht erhoben					

Die unterschiedlichen Kleinbuchstaben repräsentieren signifikante ($\alpha = 5\%$) Unterschiede zwischen den Saatzeiten innerhalb einer Sorte; in Zellen, in denen keine Buchstaben verwendet werden, waren die Unterschiede zwischen Mittelwerten nicht statistisch absicherbar.

Der Einfluss der Saatzeit auf den Trockensubstanzgehalt zur ersten Zeiternte (09.09.2011) war im ersten Versuchsjahr (2011) sehr deutlich. Die Wechselwirkung von Sorte und Saatzeit ist die Konsequenz aus der weniger ausgeprägten Reaktion der Sorte Gallec auf die Saatzeit wenn verglichen mit Sorte Aveline. Während im zweiten Versuchsjahr keine signifikante Wirkung auf den Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen nachzuweisen war, wiesen im dritten Versuchsjahr 2013 die früher gesäten statistisch absicherbar höhere TS-Gehalte zur ersten Zeiternte auf. Die Unterschiede waren im weiteren Verlauf nicht relevant, da bereits zum, für eine zweite Zeiternte, vorgesehenen Zeitpunkt alle Sojabohnen das Stadium der Vollreife erreicht hatten.

Die Bestandesdichte unterschied sich in Abhängigkeit vom Jahr deutlich zwischen den Sorten. Der Effekt war jedoch nicht konsistent über die Anbaujahre und es lag eine Wechselwirkung von Sorte und Saatzeit vor. Ähnliches gilt für die Ertragskomponenten Hülsen/Pflanze, Bohnen pro Hülse sowie die Tausendkornmasse. Im Jahr 2012 wies Sorte Gallec eine sehr viel höhere Tausendkornmasse auf als Aveline. Entsprechend hatte Gallec eine erheblich geringere Bestandesdichte gezeigt. Ein vergleichbarer Effekt war tendenziell auch im dritten Versuchsjahr 2013 zu erkennen.

Tabelle 63: Bestandesdichte und Ertragsstruktur der Sojabohnen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)

Jahr	Sorte	Aveline			Gallec		
		SZ-1	SZ-2	SZ-3	SZ-1	SZ-2	SZ-3
2011	Pflanzen/m ²	44	54	47	52	51	55
	Hülsen/Pflanze	22	18	18	16	17	17
	Bohnen/Hülse	2,0	1,9	1,9	2,2	2,2	2,2
	TKM [g]	191	219	212	202	198	216
2012	Pflanzen/m ²	51	48	37	36	37	37
	Hülsen/Pflanze	25	19	19	24	18	18
	Bohnen/Hülse	1,4	1,5	1,4	1,6	1,6	1,7
	TKM [g]	210	214	210	243	243	248
2013	Pflanzen/m ²	54	55	55	43	34	47
	Hülsen/Pflanze	25	27	34	29	23	17
	Bohnen/Hülse	2,0	2,3	2,1	2,3	2,0	2,5
	TKM [g]	174	172	175	182	184	175

Auf eine Darstellung der signifikanten Unterschiede zwischen Mittelwerten wurde aufgrund der dreifachen Wechselwirkung von Sorte, Saatzeit und Anbaujahr verzichtet.

Die statistische Auswertung des Ertrages der Sojabohnen zeigte eine signifikante Wechselwirkung von Saatzeit und Sorte sowie Sorte und Anbaujahr. Sorte Gallec wies in zwei von drei Jahren die höheren Erträge auf und reagierte auf die Saatzeit mit dem höchsten Ertrag bei später Saatzeit, wobei nur der Unterschied zur zweiten Saatzeit statistisch abgesichert werden konnte (Tabelle 64).

Tabelle 64: Ertrag (dt/ha bei 86 %TS) der Sojabohnen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)

(a) Mittelwert aus drei Jahren	Aveline	Gallec	
SZ-1	A 27,1 b	AB	33,3 a
SZ-2	A 28,8 b	B	31,8 a
SZ-3	A 27,2 b	A	34,2 a
(b) Mittelwert aus drei Saatzeiten	Aveline	Gallec	
2011	B 26,0 b	A	33,1 a
2012	B 26,6 b	A	33,5 a
2013	A 30,6 a	A	32,0 a

Unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante ($\alpha = 0,5$) Unterschiede zwischen Saatzeiten (a) innerhalb einer Sorte bzw. zwischen Jahren (b) innerhalb einer Sorte; unterschiedliche Kleinbuchstaben

kennzeichnen signifikante ($\alpha = 0,5$) Unterschiede zwischen Sorten innerhalb einer Saatzeit (a) bzw. innerhalb eines Jahres (b); signifikante Wechselwirkung Saatzeit x Sorte ($p=0,0062$) und Jahr x Sorte ($p=0,0059$).

Der Rohproteingehalt der Sojabohnen wurde innerhalb der einzelnen Versuchsjahre von einer Wechselwirkung von Sorte und Saatzeit geprägt (Tabelle 65). Lediglich im ersten Versuchsjahr (2011) hatte die Saatzeit einen Einfluss auf den Rohproteingehalt. Der Effekt war aber nicht für beide Sorten konsistent. Der höchste RP-Gehalt wurde jedoch bei beiden Sorten bei später Saatzeit (SZ-3) erreicht. Der Rohproteingehalt regierte sehr stark auf das Anbaujahr, mit Höchstwerten im zweiten Versuchsjahr 2012.

Tabelle 65: Rohproteingehalt (% i.d. TS) der Sojabohnen im Saatzeitenversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011 bis 2013)

		SZ-1	SZ-2	SZ-3
2011	Aveline	A 36,9 c	A 39,9 b	A 41,0 a
	Gallec	A 37,2 b	B 35,9 c	B 38,9 a
2012	Aveline	A 44,6 a	A 44,7 a	B 43,9 a
	Gallec	A 45,4 a	A 44,8 a	A 45,1 a
2013	Aveline	A 39,8 a	A 40,1 a	A 40,5 a
	Gallec	A 40,2 a	A 40,2 a	A 40,9 a

Unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante ($\alpha = 0,5$) Unterschiede zwischen beiden Sorten innerhalb eines Jahres und einer Saatzeit; unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante ($\alpha = 0,5$) Unterschiede zwischen den Saatzeiten innerhalb einer Sorte und eines Jahres; signifikante Wechselwirkung von Jahr x Saatzeit x Sorte ($p=0,0024$).

Diskussion

Das Datum des Feldaufgangs – und damit die Dauer von der Saat bis zum Feldaufgang wurde weniger eindeutig durch die Saatzeit bestimmt, als vielmehr durch das Versuchsjahr. Im ersten Versuchsjahr herrschten für den Standort ungewöhnlich günstige Bedingungen mit relativ hohen Temperaturen zu Vegetationsbeginn. Diese, sowie die ausbleibenden Niederschläge vor der Saat, sorgten für das Abtrocknen der Böden auf der Versuchsfläche und damit eine raschere Erwärmung der Böden. Aufgrund der kühlen Witterung zur und nach Saat, die aufgrund dieser Bedingungen bewusst etwas tiefer (5 bis 6 cm) durchgeführt wurde als üblich. Diese etwas tiefere Saat könnte den sonst zu erwartenden raschen Feldaufgang verhindert haben, sodass sich die Anzahl der Tage bis zum Feldaufgang zwischen dem ersten Versuchsjahr 2011 und dem durch kühlere Bedingungen gekennzeichneten Versuchsjahr 2012 nicht unterschied. Die kühle und nasse Witterung im Mai 2013 verzögerte den Feldaufgang der Sojabohnen im Vergleich zu den vorherigen Versuchsjahren erheblich.

Der Blühbeginn (BBCH 61) und das Ende der Blüte wurden weder durch die Saatzeit noch durch die Sorte beeinflusst. Beide Variablen, sowie die davon abhängige Dauer der Blüte hingegen reagierten wiederum deutlich auf das Versuchsjahr und dessen Witterungsverlauf. Auf Grenzstandorten wie Frankenhausen spielt die Blühdauer eine nicht unwesentliche Rolle, denn: Während der Blüte ist die Sojabohne sehr anfällig für kühle Temperaturen. Daher sind Genotypen mit einem kürzeren Blühzeitraum wohl im Vorteil, weil sie dem Risiko niedrigerer Nachttemperaturen weniger lang ausgesetzt sind. Jedoch zeigten die Sorten kein

unterschiedliches Verhalten hinsichtlich ihrer Blühdauer und die Saatzeit hatte ebenfalls keinen Einfluss.

Auch der Termin der Vollreife reagierte sehr deutlich auf das Anbaujahr. Zur Abreife wird eine warme, trockene Witterung benötigt, die auf dem Standort Frankenhausen im September keineswegs immer durchgehend herrscht. Zur Vollreife sind die Sojabohnen trocken. Die physiologische Reife ist erreicht. Als Maß für den Reifegrad der Sojabohnen wurde der Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen genutzt. Aufgrund der Tendenz abreifender Sojabohnen zur starken Wasseraufnahme im Falle von Niederschlägen oder feuchter Luftverhältnisse repräsentieren die zur jeweiligen Zeiternte gemessenen absoluten Werte nicht den Grad der Abreife. Jedoch dienen sie, um eventuelle Unterschiede zwischen den Prüfgliedern (Saatzeit; Sorte) darzustellen. Mit Einschränkungen zeigen die Daten jedoch auch den Verlauf der Abreife (bei mehreren Probenahmeterminen). Aufgrund der starken Wiederbefeuchtung bei entsprechender Witterung können physiologisch reife Sojabohnen in einzelnen Jahren über längere Zeiträume technologisch unreif sein, wenn der optimale Druschtermin zum Zeitpunkt des Erreichens der physiologischen Reife nicht genutzt werden konnte. Das kann eine Verzögerung bedeuten, die im Herbst auf solchen Standorten einen reibungslosen Drusch stark gefährdet, sodass bei ersten Anzeichen einer bevorstehenden physiologischen Reife gedroschen werden sollte. Gleichwohl unterstreichen die Ergebnisse, dass bereits Schönwetterperioden von 5 bis 7 Tagen Ende (2011) bzw. Mitte September (2013) den Abreifeprozess derart beschleunigen, dass zwei Wochen vorher noch grüne Bohnen rasch in die Abreife gehen.

Die Bestandesdichte unterschied sich in Abhängigkeit vom Jahr deutlich zwischen den Sorten. Der Effekt war jedoch nicht konsistent über die Anbaujahre. Aufgrund der Wechselwirkungen von Anbaujahr, Sorte und Saatzeit ist es nicht möglich, klare Schlussfolgerungen zu ziehen.

Ähnliches gilt für die Ertragskomponenten Hülsen/Pflanze, Bohnen pro Hülse sowie die Tausendkornmasse. Die Anzahl der Hülsen/Pflanze scheint stark auf die Wechselwirkung von Sorte und Saatzeit zu reagieren, jedoch bleibt ungeklärt, wodurch das Anbaujahr diese wiederum beeinflusste.

Die sehr viel höhere Tausendkornmasse von Sorte Gallec im Jahr 2012 ist wohl auf ihre erheblich niedrigere Bestandesdichte zurückzuführen. Ein vergleichbarer Effekt war tendenziell auch im dritten Versuchsjahr 2013 zu erkennen. Der Saatzeitpunkt, wie er im vorliegenden Feldversuch variiert wurde, kann jedoch nicht als Strategie genutzt werden, um gezielt die Bestandesdichte und damit die Tausendkornmasse zu manipulieren.

Die statistische Auswertung des Ertrages der Sojabohnen zeigte eine signifikante Wechselwirkung von Saatzeit und Sorte sowie Sorte und Anbaujahr. Sorte Gallec wies in zwei von drei Jahren die höheren Erträge auf und reagierte auf die Saatzeit mit dem höchsten Ertrag bei später Saatzeit, wobei nur der Unterschied zur zweiten Saatzeit statistisch abgesichert werden konnte. Die Ertragunterschiede in Folge einer variierten Saatzeit können nicht aus den zur zweiten Zeiternte anhand von 10 Pflanzen/Parzelle bestimmten Ertragskomponenten erklärt werden. Das sehr wahrscheinlich höhere Ertragspotenzial von Sorte Gallec gegenüber Aveline hingegen ist wohl vor allem durch die genetisch bedingte höhere Tausendkornmasse zu erklären.

Der Rohproteingehalt der Sojabohnen wurde im ersten Versuchsjahr von einer Wechselwirkung von Sorte und Saatzeit geprägt. Die Saatzeit hatte zwar einen nachweisbaren Einfluss auf den Rohproteingehalt, jedoch war der Effekt nicht für beide Sorten konsistent. Der höchste RP-Gehalt wurde dennoch bei beiden Sorten bei später Saatzeit (SZ-3) erreicht. Aufgrund der beiden folgenden Versuchsjahre lassen sich keine eindeutigen Erkenntnisse zum Einfluss des

Saatzeitpunktes, der Sorte, oder deren Wechselwirkung ableiten. Der Rohproteingehalt reagierte dagegen sehr deutlich auf das Anbaujahr, was sich ebenfalls im dreijährig durchgeführten Sortenversuch widerspiegelte.

5.10 Arbeitspaket 3b: Anwendungen unterschiedlicher Verfrühungstechniken

5.10.1 Versuche am Standort Osnabrück (HS Osnabrück)

Im Jahr 2012 wurden die erste und zweite Wiederholung des Versuches aufgrund von Vogelfraß komplett zerstört. Die Schäden spiegeln sich in den Ergebnissen der Erträge wider, die in Abbildung 87 mit Mittelwerten der Wiederholungen für die Versuchsjahre dargestellt sind. Die Ertragsergebnisse wurden mit den Ergebnissen der Handernte von 6 m² Soja auf den Exakt-Ertrag berechnet. Diese Handernte erfolgte wegen Verlusten an den Rändern durch Aufbringen und Befestigung von Vlies und Folie aus den inneren Parzellen. Die Abnahme der Folien- bzw. Vliesabdeckung wurde in Abhängigkeit von Witterung und Beikrautdruck vorgenommen. Im Jahr 2011 erfolgte das Abnehmen nach acht Tagen, 2012 und 2013 bedingt durch hohe Niederschläge nach 16 bzw. 23 Tagen.

Durch die Verwendung verschiedener Verfrühungstechniken (Vlies/Folie) wurde eine Beschleunigung des Auflaufens und eine frühere Jugendentwicklung erreicht (Tabelle 66). Im Jahr 2011 reiften die abgedeckten Varianten früher ab, konnten allerdings wegen hoher Niederschlagsmengen nicht früher geerntet werden. Somit wurden die abgedeckten Varianten und die Kontrollvariante zum gleichen Zeitpunkt geerntet, und der während des Auflaufens erzielte Vorsprung der abgedeckten Soja erbrachte hinsichtlich einer verfrühten Ernte keinen Vorteil. Die Ernte fand jeweils von Ende September bis Ende Oktober statt. Die Hülsen trockneten bei beiden Sorten ungleichmäßig ab und nahmen wieder Feuchtigkeit auf, wodurch große Ertragsverluste bei der Ernte mit dem Parzellenmähdrescher entstanden.

Tabelle 66: Entwicklungsstadien der Sojabohnen am Standort Osnabrück in den Versuchsjahren 2011 bis 2013

	2011				2012				2013			
	BBCH Stadien				BBCH Stadien				BBCH Stadien			
Tage	7	9	14	19	7	9	14	19	7	9	14	19
Kontrolle	00	-	08	10	-	00	08	11	-	00	08	10
Vlies	08	-	11	12	-	08	10	12	-	08	10	12
Folie	08	-	11	12	-	08	10	12	-	08	10	12

Die Sorte Klaxon wurde nur im Jahr 2011 angebaut und stand danach nicht mehr zur Verfügung. Sie wurde in den beiden Folgejahren durch die Sorte Sultana ersetzt. Es wurden keine signifikanten Ertragsunterschiede hinsichtlich dieser Sorten und der Varianten mit/ohne Abdeckung nachgewiesen. Die Sorte Klaxon unterschied sich hoch signifikant von der Sorte Gallec in Bezug auf das Tausendkorngewicht und den untersten Hülsenansatz.

Auf den ökologischen Anbauflächen stellte die Witterung im Frühjahr der Versuchsjahre ein Problem dar, da sie einerseits das Beikrautwachstum begünstigte, andererseits jedoch für die Entwicklung der Sojabohnen nicht förderlich war. Witterungsdaten, die mittels einer Wetterstation zu den Versuchen direkt an der Fläche aufgezeichnet wurden, befinden sich im Anhang in Kapitel 10.7.

Ein nennenswerter Befall mit Sklerotinia fand in den drei Jahren auf keiner Fläche statt.

2011 erwies sich in Hinblick auf den Sojaanbau am Standort Osnabrück als überdurchschnittlich ertragreiches Jahr, es konnte durchschnittlich ein Ertrag von 34,1 dt/ha erzielt werden. Im Jahr 2012 und 2013 wurden durchschnittliche Erträge von 27,6 und 22,9 dt/ha erzielt, die sich signifikant voneinander unterscheiden (Abbildung 87).

Die Daten zu den Erträgen aus dem Versuchsjahr 2012 können in Bezug auf die unabgedeckte Variante nur eingeschränkt berücksichtigt werden, da es zu hohen Verlusten durch Vogelfraß kam.

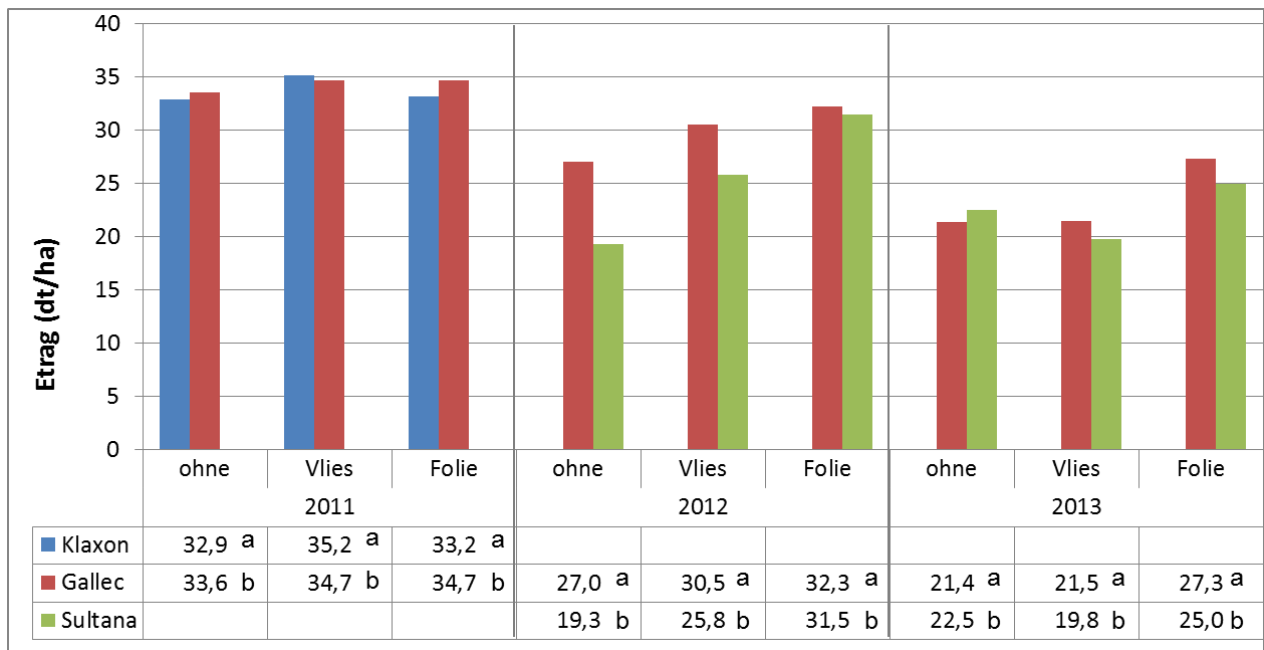


Abbildung 87: Erträge (dt/ha) bei Verfrühungsmaßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Jahren 2011 bis 2013

Die Qualität erwies sich im Vergleich der Versuchsjahre signifikant unterschiedlich (Gallec 2013, $Pr > \text{ChiSq} = 0,0689$). Durch die Verfrühungsmaßnahmen wurde kein Einfluss auf die Qualität erkennbar. 2011 wurde der durchschnittlich höchste Proteingehalt mit 41,5 % erreicht. 2012 lag er bei 39,9 %. Der niedrigste durchschnittliche Wert ergab sich für das Jahr 2013 mit einem Eiweißgehalt von 37,9 % (Abbildung 88).

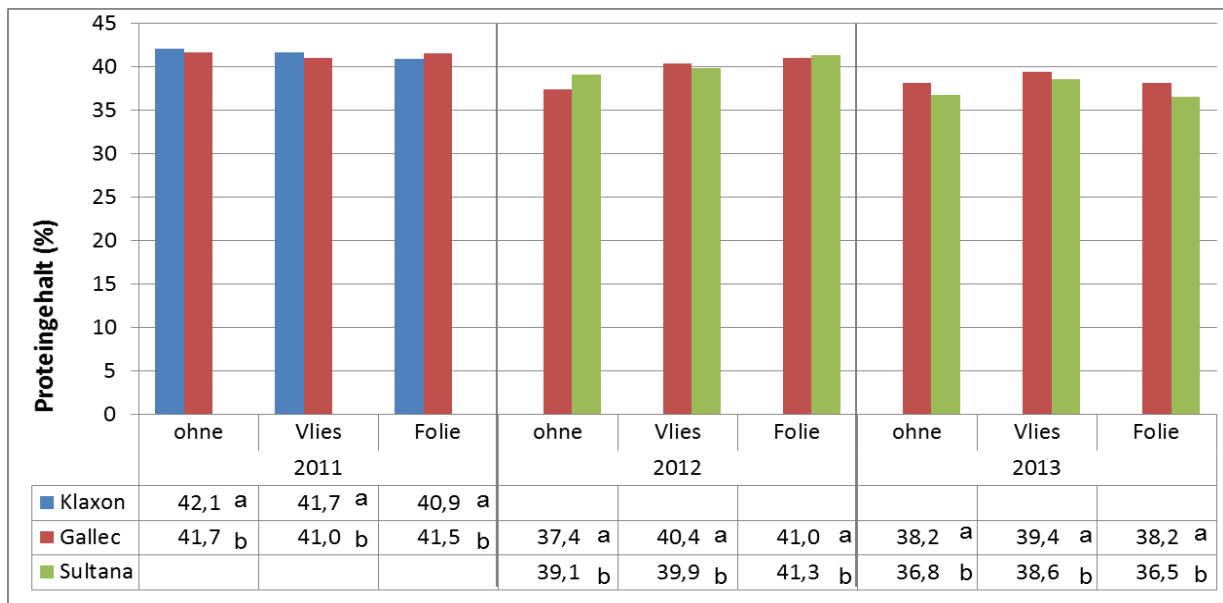


Abbildung 88: Proteingehalt der Sojabohnen bei Verfrühungsmaßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Jahren 2011 bis 2013

Bei den Ernten der Jahre 2012 und 2013 wurde zusätzlich der Ölgehalt der Sojabohnen untersucht. Hier konnte kein Einfluss der Verfrühungsmaßnahmen auf die Qualität nachgewiesen werden. Es zeigten sich signifikante Jahres- sowie Sortenunterschiede (Sultana 2013, $P > \text{ChiSq} = 0,214$).

Aus Abbildung 88 und Abbildung 89 wird deutlich, dass eine negative Korrelation zwischen Protein- und Ölgehalt besteht. Bei höheren Proteingehalten werden, wie die Ergebnisse für 2012 deutlich machen, entsprechend geringere Ölgehalte festgestellt.

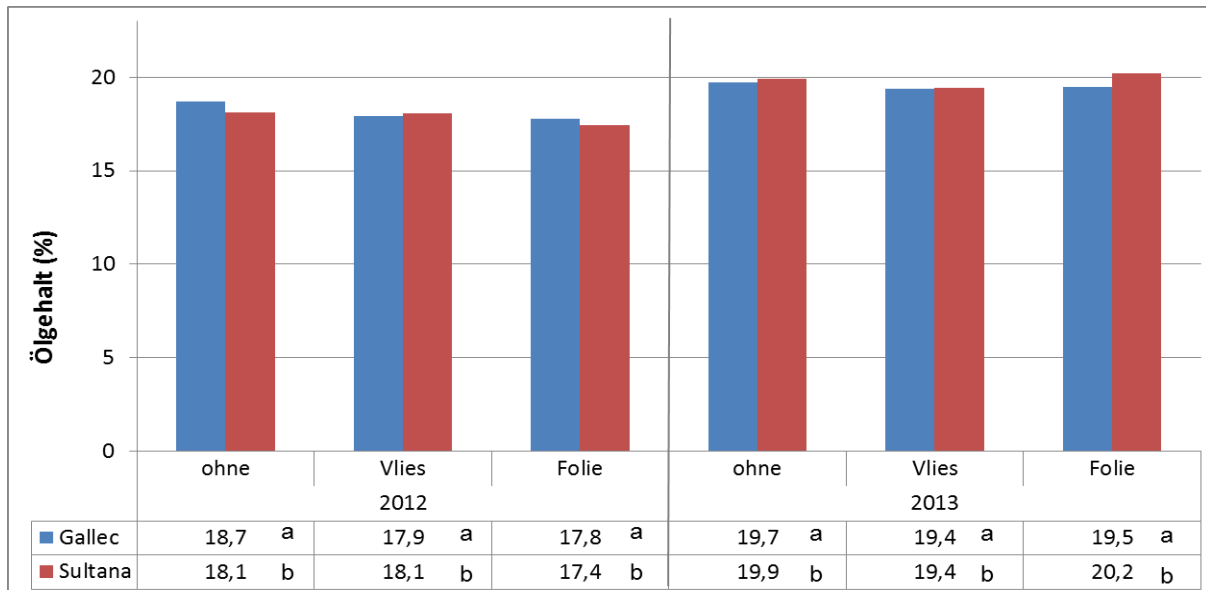


Abbildung 89: Ölgehalt (%) der Sojabohnen bei Verfrühungsmaßnahmen am Standort Waldhof Osnabrück in den Jahren 2012 und 2013

Die Ergebnisse zur Tausendkorntmasse der Sorten unter Verfrühungsmaßnahmen, sowie die Ergebnisse aller durchgeführten Bonituren am Standort Osnabrück befinden sich im Anhang in Kapitel 10.7.

Im Rahmen des Versuches wurden zahlreiche Bodenproben entnommen und auf den Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff untersucht. Bei näherer Betrachtung aller Analyseergebnisse ist keine Streuung der Werte über alle Parzellen vor Vegetationsbeginn zu erkennen. Die Durchsicht der Analysewerte von Bodenproben, die nach der Ernte genommen wurden, ergibt ebenfalls keine erkennbaren Schwankungen zwischen den Parzellen. Auch zwischen den Maßnahmen gibt es keine nennenswerten Unterschiede. Im Anhang befindet sich eine Übersichtstabelle zu den Ergebnissen der Bodenanalysen (N_{\min} Bodenschicht 0 - 30 cm).

Als weitere Verfrühungsmaßnahme wurde 2011 der Einfluss von Vorquellverfahren auf die keim- und Jugendentwicklung in Labor und Gewächshaus untersucht. Dabei ergab sich, dass Keimrate und -geschwindigkeit der vier und sechs Stunden vorgequollenen Varianten im Petrischalenversuch am zehnten Versuchstag im Vergleich zu den nicht vorgequollenen Varianten signifikant höher waren (Abbildung 90). In den anderen Varianten zeigten sich entsprechende Tendenzen (nicht dargestellt). Die Gesamtkeimrate am zehnten Versuchstag betrug bei der Kontrolle 83,75 %, bei den vorgequollenen Varianten (4 und 6 Std.) 98,75 %. Die verbleibenden Bohnen zeigten keine Keimungstendenz und wurden als keimunfähig eingestuft.

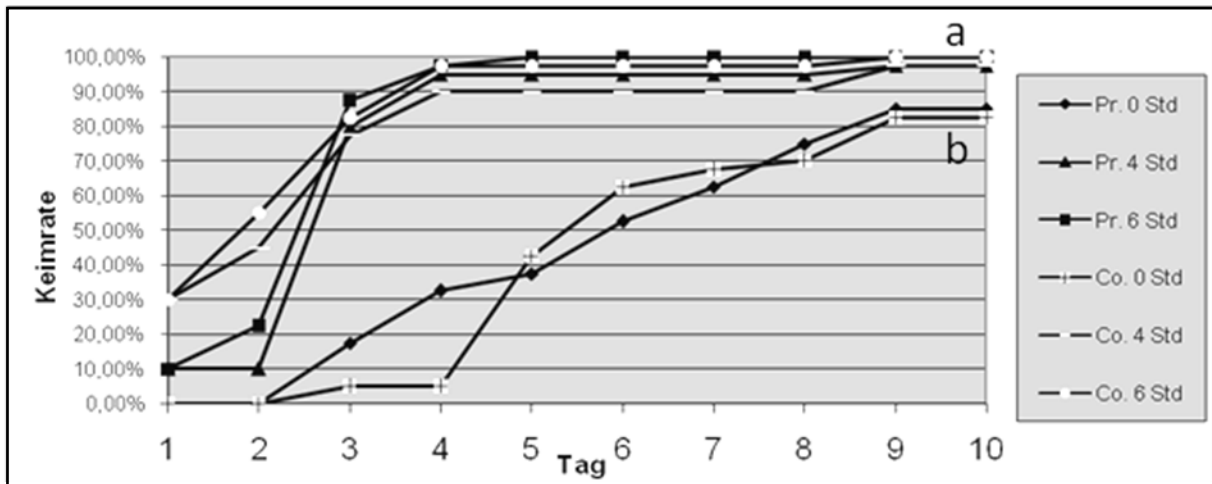


Abbildung 90: Keimrate der Sojabohnensorten Protina (Pr.) und Cordoba (Co.) bei verschiedenen Vorquellzeiten (Labor, GD 4,1)

Im Topfversuch differierten die Auflafraten nach 21 Tagen je nach Wasserkapazität und Vorquellzeit deutlich. In allen Varianten war die Auflafrate der nicht vorgequollenen Varianten signifikant höher als die der vorgequollenen (Tabelle 67). Abgesehen von den Varianten der Sorten Protina bei 40 % und Cordoba bei 60 % Wasserkapazität konnten die höchsten Auflafraten bei der Vorquellvariante mit vier Stunden beobachtet werden. Die nach 21 Tagen nicht aufgelaufenen Bohnen zeigten keine Keimungstendenzen und wurden als keimunfähig bonitiert.

Tabelle 67: Auflafrate (%) der Sojabohnen bei unterschiedlichen Bodenwasserkapazitäten und Vorquellzeiten am 21. Versuchstag

Vorquellzeit (Stunden)	0	2	4	6	8	10
Sorte						
20 % Bodenwasserkapazität						
Protina	77,5 a	47,5 b	65,0 b	35,0 b	55,0 b	40,0 b
Cordoba	85,0 a	62,5 b	82,5 b	60,0 b	67,5 b	60,0 b
40 % Bodenwasserkapazität						
Protina	97,5 a	70,0 b	62,5 b	65,0 b	65,0 b	52,5 b
Cordoba	92,5 a	80,0 b	87,5 b	77,5 b	80,0 b	70,0 b
60 % Bodenwasserkapazität						
Protina	70,0 a	50,0 b	65,0 b	60,0 b	57,5 b	40,0 b
Cordoba	77,5 a	60,0 b	62,5 b	65,0 b	55,0 b	55,0 b

Diskussion

Die Untersuchungen zu den Verfrühungsmaßnahmen zeigen, dass eine Beschleunigung des Auflaufens und der frühen Jugendentwicklung im Sojaanbau am Standort Osnabrück möglich ist. Dabei wird die Dauer der Abdeckung im Ökolandbau durch den Beikrautdruck bestimmt. Ein Effekt auf den Ertrag konnte nicht festgestellt werden. Hinsichtlich der Qualitätsparameter der Sojabohnen, Öl- und Proteingehalt, war kein Einfluss durch die Verfrühungsmaßnahmen

erkennbar. Die Abdeckung war kosten- und arbeitsintensiv. Als wirksamer Nebeneffekt von Vlies und Folie kann der Schutz vor Vogelfraß genannt werden.

Während bei dem Vorquellversuch signifikante Vorteile für die Vorquellvarianten mit vier und sechs Stunden hinsichtlich der Keim- und Jugendentwicklung zu beobachten waren, konnte dies im Topfversuch nicht wiederholt werden. Des Weiteren ist die technische Ausbringung von vorgequollenem Saatgut durch die Abnahme der Bruchfestigkeit sehr schwierig.

5.10.2 Systemversuch I (2011, Uni Kassel)

Bodentemperatur

Auf der jeweiligen Saattiefe der Varianten Turiel-Damm-75, Flach-DS-37,5 und Damm-EKS-75 wurden sogenannte Tinytag-Temperaturlogger im Boden auf Saattiefe inseriert. Die Saattiefe variierte systemabhängig: In den Varianten Flach-DS-37,5 und Damm-EKS-75 konnte die angestrebte Saattiefe von 4-6 cm erreicht werden, in der Variante Turiel-Damm-75 lag das Saatgut auf 12 cm. Da die Temperatur auf Saattiefe gemessen wurde, verlief der Verlauf der Temperatur vom Legen bis zum Auflaufen in den einzelnen Varianten entsprechend der Distanz des Temperaturloggers zur Bodenoberfläche. Die Variante Flach-DS-37,5 wies zu jedem Zeitpunkt des Messverlaufs die höchste maximale Tagestemperatur auf (Abbildung 91), während die von Turiel-Damm-75 nur geringfügig niedriger war als die bei Damm-EKS-75. Bei der Darstellung der Temperaturminima in Abbildung 91 kann man erkennen, dass die Temperatur in der flachen Variante nachts stets tiefer absank als in den beiden Dammvarianten. Der Unterschied betrug hier lediglich 1 – 2 °C.

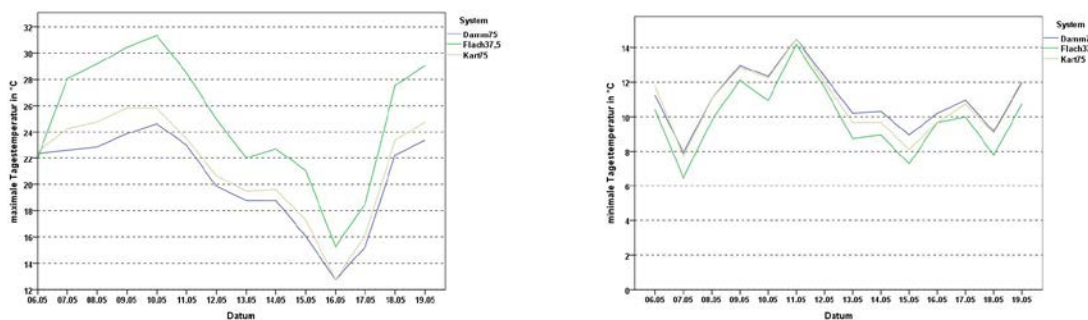


Abbildung 91: Systemversuch I-2011: Verlauf der täglichen maximalen und minimalen Bodentemperatur [°C] für die Systeme Turiel-Damm-75, Flach-DS-37,5 und Kart.-Damm-EKS-75 (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)

Von den Datenloggern, die zur Temperaturmessung auf der jeweiligen Saattiefe des Anbausystems dienten, standen nur sechs Stück zur Verfügung. Sie wurden in jeweils drei Feldwiederholungen der Systeme Turiel-Damm-75, Flach-DS-37,5 und Damm-EKS-75 inseriert.

In den Varianten Flach-DS-37,5 und Damm-EKS-75 konnte die angestrebte Saattiefe von 4-6 cm erreicht werden, in der Variante Turiel-Damm-75 lag das Saatgut auf 12 cm. Da die Temperatur auf Saattiefe gemessen wurde, verlief der Verlauf der Temperatur vom Legen bis zum Auflaufen in den einzelnen Varianten entsprechend der Distanz des Temperaturloggers zur Bodenoberfläche. Die Variante Flach-DS-37,5 wies zu jedem Zeitpunkt des Messverlaufs die höchste maximale Tagestemperatur auf, während die von Turiel-Damm-75 nur geringfügig niedriger war als die bei Damm-EKS-75.

Benjamin et al. (1990) und He et al. (2010) weisen auf einen besseren Wärmetransport und höhere Bodentemperaturen in Dammkulturen hin, was mit den hier erfassten Daten jedoch nicht bestätigt werden kann. Entgegen der Erwartung erwärmte sich im vorliegenden Versuch die flache Variante im Vergleich zu den Dämmen stets schneller, kühlte in der Nacht aber auch stärker ab. Dies ist auf die unterschiedlichen Messtiefen zurückzuführen, da die Geräte in Ablagetiefe der jeweiligen Systeme installiert wurden. Aufgrund der geringen Anzahl an Geräten, die zur Überprüfung der Bodentemperatur zur Verfügung standen, war es auch nicht

möglich, Unterschiede bei den Sorten oder den Einfluss der Kompostapplikation auf die Bodentemperatur zu messen. Das wäre aber für eine Aussage dieser Faktoren zur Förderung der Jugendentwicklung durch eine höhere Bodentemperatur eine wichtige Fragestellung für zukünftige Feldversuche. Die Technik der einzelnen Anbausysteme sollte zudem so ausgereift sein, dass in allen Systemen eine annähernd gleiche Saattiefe erreicht werden kann. Nur dann, wenn in gleicher Entfernung zur Bodenoberfläche gemessen werden kann, ist eine Aussage über den durch die Dammbildung veränderte Bodenstruktur in Dammanbausystemen möglich, die einen veränderten Wärmehaushalt erwarten ließe.

Tage bis zum Auflaufen

Nach der Aussaat Anfang Mai brauchten die Varianten zwischen 8 und 15 Tage bis zum Erreichen des BBCH-Stadiums 09 wie in Tabelle 68 zu sehen ist. Besonders die Turiel-Damm-Varianten brauchten im Vergleich zur Flachsaat 3 bis 5 Tage länger. Dies lässt sich durch die Ablagetiefe von 12 cm erklären, die aufgrund der Einstellungen des Turiel-Gerätes entstanden ist, wobei der Damm eventuell nicht stark genug abgeschleppt wurde. Bei den Varianten Flach-DS-37,3 und Damm-EKS-75 wurde die angestrebte Ablagetiefe von 5 cm erreicht, bei Flach-EK-37,5 waren es 6 cm. Trotzdem brauchten die Pflanzen in System Damm-EKS-75 im Mittel 11 bis 13 Tage bis zum Auflaufen und damit genau so lange wie die 7 cm tiefer abgelegten Körner in der Variante Turiel-Damm-60. Die Streuung war in dieser Variante ebenfalls am größten. Der ungleichmäßige und späte Feldaufgang lässt sich durch die Trockenheit zur entsprechenden Zeit erklären, die in der Dammkrone zu einem Wassermangel führte, wogegen die tiefer abgelegten Damm-Varianten anscheinend kein Problem mit der Wasserversorgung hatten.

Tabelle 68: Systemversuch I-2011: Tage bis zum Auflaufen in Abhängigkeit vom System des Anbaus der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)

Faktor A: System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann** (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
Tage bis zum Auflaufen	9	9	13	12	14	12

Sorte und Kompost hatten keinen statistisch absicherbaren Einfluss auf dieses Merkmal.

Nach der Aussaat Anfang Mai brauchten die Varianten zwischen 8 und 15 Tage bis zum Erreichen des BBCH-Stadiums 09 (Auflaufen). Besonders die Turiel-Damm-Varianten brauchten im Vergleich zur Flachsaat 3-5 Tage länger. Dies lässt sich durch die Ablagetiefe von 12 cm erklären, die eine Folge der Einstellungen des Turiel-Gerätes war, bei dem der Damm vermutlich nicht stark genug abgeschleppt wurde. Bei den Varianten Flach-DS-37,3 und Damm-EKS-75 wurde die angestrebte Ablagetiefe von 5 cm erreicht, bei Flach-EK-37,5 waren es 6 cm. Trotzdem brauchten die Pflanzen in System Damm-EKS-75 im Mittel 11 bis 13 Tage bis zum Auflaufen und damit genau so lange wie die 7 cm tiefer abgelegten Körner in der Variante Turiel-Damm-60. Die Streuung war in dieser Variante ebenfalls am größten. Der ungleichmäßige und späte Feldaufgang lässt sich durch die Trockenheit zu diesem Zeitpunkt erklären, die in der Dammkrone zu einem Wassermangel führte, wogegen die tiefer abgelegten

Damm-Varianten anscheinend kein Problem mit der Wasserversorgung hatten. Sorte und Kompost zeigten im Auflaufzeitpunkt überhaupt keinen Effekt innerhalb der jeweiligen Systemvarianten. Es kam somit weder durch die Sortenwahl noch durch den Komposteinsatz zu verfrühtem Auflaufen, was den Hypothesen des Einflusses dieser Faktoren auf eine schnellere Pflanzenentwicklung in diesem Stadium widerspricht. Andererseits könnte dies auch am Parameter „Anzahl der Tage bis zum Auflaufen“ als Kenngröße für eine rasche Jugendentwicklung zweifeln lassen, weil es auch in späteren Stadien zu Unterschieden kommen kann.

Bestandesdichte

Die Bestimmung der Bestandesdichte ergab ein heterogenes Ergebnis, wie in Tabelle 69 zu sehen ist. Alle Turiel-Damm-Varianten hatten eine große Streuung von 20-65 Pflanzen/m² bei Turiel-Damm-45 bzw. 30 bis 65 Pflanzen/m² bei den anderen Turiel-Systemen, der Median lag aber jeweils bei 45 Pflanzen/m², was nur 70 % der Aussaatstärke entsprach. Das flache Einzelkorn-System erreichte dagegen mit dem gleichen Median bei geringer Streuung eine Bestandesdichte, die sogar höher war als die angestrebte Aussaatstärke. Die Variante Flach-DS-37,5 hatte eine höhere Bestandesdichte mit 58 Pflanzen/m² im Median. Damit wurde die Aussaatstärke zu 90 % realisiert. Bei der Variante Damm-EKS-75 gab es im Median nur eine Bestandesdichte von 16 Pflanzen/m², die damit deutlich unter den Ergebnissen der anderen Varianten lag. Die Turiel-Dammvarianten lagen also nur knapp unter dem von Soldati (1999) beschriebenen Bereich

Tabelle 69: Systemversuch I-2011: Bestandesdichte [Pflanzen/m²] in Abhängigkeit vom System des Anbaus der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011); Median

Faktor A: System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann** (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
[Pflanzen/m ²]	59	46	46	44	46	18

Die Bestandesdichte der Sorte Gallec war mit 46 Pflanzen/m² signifikant höher als die der Sorte Klaxon mit 40 Pflanzen/m² bei einer Grenzdifferenz von 2,8 Pflanzen/m² ($\alpha=0,5$) (Daten nicht dargestellt).

Für das Merkmal Bestandesdichte gab es auch eine signifikante Wechselwirkung der drei Faktoren, sodass keine eindeutige Tendenz zur positiven oder negativen Auswirkung des Komposteinsatzes oder der Sorte auf die Bestandesdichte abzuleiten wäre.

Die Bestandesdichte der Sorte Gallec war mit 46 Pflanzen/m² signifikant höher als die der Sorte Klaxon mit 40 Pflanzen/m² bei einer Grenzdifferenz von 2,8 Pflanzen/m² ($\alpha=0,5$) (Daten nicht dargestellt).

Der schlechte und ungleichmäßige Feldaufgang der Turiel-Damm-Systeme kann mit der tiefen Ablage von 12 cm zusammenhängen. Das Ergebnis bei Flach-EKS-37,5 kann nur durch technische Mängel und die gute Keimfähigkeit des Saatgutes erklärt werden. Beispielsweise können bei einem zu starken Vakuum des Einzelkornsägerates auch zwei Sojabohnensamen pro Loch in der Lochscheibe mitgeführt werden. Auffällig ist die extrem niedrige

Bestandesdichte bei der Variante Damm-EKS-75. Ursachen dafür sind zum einen technische Mängel bei der Aussaat. Die Lochscheiben des Einzelkornsägerätes im System Damm-EKS-75 passten nicht optimal zum Sojaaatgut und auch das Vakuum war bei der ersten zu säenden Parzelle suboptimal, weshalb nicht jedes Loch besetzt war. Zum anderen könnte die geringe Ablagetiefe von 5 cm bei der anhaltenden Trockenheit nach der Aussaat ein Grund für die niedrige Bestandesdichte sein.

Durchwurzelung

Bei der Erhebung der Wurzelmasse im Boden ließen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen. Der maximale Mittelwert lag bei 5,8 g Wurzelmasse/ccm Boden (TS) im System Turiel-Damm-45, der niedrigste Mittelwert dagegen im flachen Einzelkornsystem mit 4,6 g Wurzelmasse/ccm Boden (TS). Die Mittelwerte sind bei allen Dammvarianten tendenziell höher als bei den beiden Flachvarianten. In Tabelle 70 ist die Wurzelmasse dargestellt.

Tabelle 70: Systemversuch I-2011: Wurzelmasse [mg/ccm trockener Boden] in Abhängigkeit vom System des Anbaus der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)

Faktor A: System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann** (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
Wurzeldichte [mg/ccm]:	4,34	4,13	5,41	5,17	4,25	4,81

Die Wurzelbildung ist anscheinend in kleinen Dämmen ausgeprägter als in großen Dämmen, was mit den Ergebnissen von Benjamin et al. (1990) im Bezug auf die Optimierung des Wurzelraumes übereinstimmen würde.

Effizienz der Unkrautregulierung

Bei den verschiedenen Systemen gab es einen signifikanten Unterschied in der Effizienz zwischen Turiel-Damm-60 und Turiel-Damm-75 und den restlichen. Im Mittel lag bei den beiden Systemen die Effizienz bei 81 % (Turiel-Damm-60) und 76 % (Turiel-Damm-75). Von den übrigen Varianten war Turiel-Damm-45 mit 54% am effizientesten. Die Unkrautregulierung im Kartoffeldammsystem hatte mit 38 % die niedrigste Effizienz. Tabelle 71 zeigt diese Unterschiede.

Tabelle 71: Systemversuch I-2011: Effizienz der Unkrautregulierung [%] in Abhängigkeit vom System des Anbaus der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)

Faktor A: System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann** (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
Effizienz der Unkrautregulierung [%]	48 b	41 bc	54 b	81 a	76 a	38 c

Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Turiel-System für eine effiziente Unkrautregulierung gut eignet. Im ersten Versuchsjahr 2011 bestand aber aufgrund der Witterung und der intensiven Bearbeitung des Bodens vor der Aussaat ein generell niedriger Unkrautdruck, der auch durch den intensiven Hackfrucht-Anbau in den drei Jahren vor dem Versuch reduziert worden war. Bei der Pflege von Damm-EKS-75 waren das Striegeln auf den Dämmen und das Hacken in den Furchen möglicherweise nicht ausreichend. Im Vergleich zu den Kartoffeldämmen des Wirtschaftsbetriebes der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen waren die mit Kartoffelanbautechnik geformten Dämme (Damm-EKS-75) verhältnismäßig kleiner und hätten vielleicht besser angehäufelt werden sollen. Dazu kommt die geringere Bestandesdichte, die in der Reihe mehr Platz für Unkräuter ließ. In der Praxis ist der Dammanbau von Sojabohnen nicht verbreitet, stattdessen werden im Ökologischen Landbau bis zu acht Bearbeitungsgänge zur Unkrautregulierung von Soja durchgeführt (von Beesten 2011).

Pflanzenentwicklung

Hinsichtlich der Pflanzenentwicklung nach der BBCH-Skala waren sowohl die systembedingten (Tabelle 72) als auch die sortenbedingten Unterschiede (Tabelle 73) zum Teil signifikant.

Tabelle 72: Systemversuch I-2011: BBCH-Stadien während der Abreife in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Kruskal-Wallis-Test) der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)

Datum	Signifikanz	BBCH-Stadium		signifikanter Unterschied	
		Median	Streuung	früh	spät
26.08	0,002	93	90-96	Turiel-Damm-60	Damm-EKS-75
05.09	0,000			Turiel-Damm-45	Damm-EKS-75
		96	92-97	Turiel-Damm-60	
				Turiel-Damm-75	
13.09	0,000			Turiel-Damm-60	Damm-EKS-75
		99	95-99	Turiel-Damm-75	
				Flach-EKS-37,5	

Zu den unterschiedlichen Bestimmungszeitpunkten wurde immer eine spätere Entwicklung bei der Variante Damm-EKS-75 beobachtet, wie in Tabelle 72 zu sehen ist. Zur Abreife war jeweils die Variante Turiel-Damm-60 signifikant weiter entwickelt, als die Variante Damm-EKS-75.

Tabelle 73: Systemversuch I-2011: BBCH-Stadien zur Jugendentwicklung (17.06.) und während der Abreife in Abhängigkeit von der Sorte (Kruskal-Wallis-Test) der Sojabohnen (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)

Datum	Signifikanz	BBCH-Stadium		signifikanter Unterschied	
		Median	Streuung	früh	spät
17.06	0,000	13	12-13	Gallec	Klaxon
26.08	0,000	93	90-96	Klaxon	Gallec
05.09	0,000	96	92-97	Klaxon	Gallec
13.09	0,001	99	95-99	Klaxon	Gallec

Hinsichtlich der Pflanzenentwicklung nach der BBCH-Skala waren sowohl die systembedingten als auch die sortenbedingten Unterschiede zum Teil signifikant.

Zu den unterschiedlichen Bestimmungszeitpunkten wurde immer eine spätere Entwicklung bei der Variante Damm-EKS-75 beobachtet. Da durch die geringe Bestandesdichte die Nährstoff-, Wasser- und Lichtkonkurrenz deutlich geringer war, könnte man einen Einfluss der Bestandesdichte auf die Vegetationsdauer vermuten.

Zur Abreife war jeweils die Variante Turiel-Damm-60 signifikant weiter entwickelt, als die Variante Damm-EKS-75. Da sich die Variante Flach-DS-37,5 zur Abreife nicht signifikant im Stadium von Damm-EKS-75 unterschied, darf man annehmen, dass die Entwicklung auf den Turiel-Dämmen, speziell mit einem Reihenabstand von 60 cm, schneller war.

Auffällig ist die Tatsache, dass bei der Bestimmung des Wachstumsstadiums am 17.06.2011 die Sorte Gallec signifikant weiter in der Entwicklung war, wobei zur Abreife hin immer die Sorte Klaxon einen signifikanten Entwicklungsvorsprung hatte. Eine Wechselwirkung des Sorteneinflusses mit dem Zeitpunkt der Bonitur, wofür sich keine eindeutige Erklärung finden lässt.

Dies unterstützt auch die Forderung nach einer Einteilung der Sorte Klaxon in eine neue frühere Reifegruppe als 000 (Mücke und Meyercordt, 2011), da die Sorten sonst beide als „000“-Sorten gekennzeichnet wären, was der ausgeprägteren Frühreife von Klaxon nicht gerecht würde.

Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen

Die beiden Zeiternten am 08.09.2011 und am 22.09.2011 lagen 14 Tage auseinander. In dieser Zeit hat sich die Kornfeuchte bei allen Varianten stark reduziert, wie Tabelle 74 zeigt. Bis auf Flach-DS-37,5 hatten bei der ersten Zeiternte noch alle Varianten erst einen Trockensubstanzgehalt von unter 50 %. Zur zweiten Zeiternte hatten bis auf Damm-EKS-75 alle Varianten einen TS-Gehalt von über 65 % erreicht. Die Kornfeuchte der Variante Kart-Damm-75 betrug zu dem Zeitpunkt erst 60 %.

Tabelle 74: Systemversuch I-2011: Reifegrad [% Trockensubstanz] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)

Faktor A: System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann** (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
Trockensubstanz der Sojabohnen [%]						
am 08.09.2011:	53	45	44	49	46	43
am 22.09.2011:	74	66	68	70	67	60

Die beiden Zeiternten am 08.09.2011 und am 22.09.2011 lagen 14 Tage auseinander. In dieser Zeit hat sich die Kornfeuchte bei allen Varianten stark reduziert. Bis auf Flach-DS-37,5 hatten bei der ersten Zeiternte die Sojabohnen aller Systeme erst einen Trockensubstanzgehalt von unter 50 %. Zur zweiten Zeiternte hatten bis auf Damm-EKS-75 alle Varianten einen TS-Gehalt von über 65 % erreicht. Die Kornfeuchte der Variante Damm-EKS-75 betrug zu dem Zeitpunkt erst 60 %. Deren langsamere Abreife könnte durch die geringe Bestandesdichte und die daraus resultierende, geringere Nährstoffkonkurrenz erklärt werden.

Die Zeiternte fand ca. 14 Tage vor der Haupternte (Parzellendrusch) statt, sodass mindestens eine weitere Untersuchung des Trockensubstanzgehaltes interessant gewesen wäre, um sich dem genauen Termin des Erreichens der angestrebten Druschfeuchte von mindestens 84 % TS anzunähern.

Ein Sortenunterschied ließ sich nur bei der ersten Zeiternte feststellen. Der Trockensubstanzgehalt zum zweiten Termin lag bei beiden Sorten bei 69 %. Die statistische Auswertung ergab auch signifikante Unterschiede in den Wechselwirkungen von Sorte und Kompost bzw. bei der Wechselwirkung aller drei Faktoren, aber die Residuen der Daten waren nicht normalverteilt, weshalb diese Angaben unsicher sind.

Ertragsstruktur zur zweiten Zeiternte

Das System Flach-DS-37,5 wies jeweils die geringste Anzahl an Hülsen/Pflanze auf. Diese war bei Damm-EKS-75 am höchsten (Tabelle 75).

Tabelle 75: Systemversuch I-2011: Hülsen/Pflanze, Bohnen/Hülse, Tausendkornmasse [g] der Sojabohnen am 22.09.2011 und zum Drusch, sowie Ertrag [dt/ha bei 86 % TS] zum Drusch in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011)

Faktor A: System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
Hülsen/Pflanze						
am 22.09.2011:	16,8 d	20,9 b	20,0 bc	20,4 b	17,9 cd	28,4 a
Bohnen/Hülse						
am 22.09.2011:	2,2	2,2	2,2	2,3	2,2	2,3
zum Drusch:	2,2	2,3	2,1	2,3	2,2	2,2
Tausendkornmasse [g]						
am 22.09.2011:	180 a	170 b	162 c	174 b	169 b	166 b
zum Drusch:	178	171	160	171	172	173
Ertrag [dt/ha bei 86 % TS]						
zum Drusch:	27,1 a	27,1 a	23,3 b	22,1 b	21,8 b	16,2 c

Das Merkmal Hülsen/Pflanze ließ beim Faktor Kompost einen tendenziellen Unterschied erkennen, der allerdings nicht signifikant war. Die untersuchten Pflanzen der mit Kompost behandelten Parzellen besaßen im Mittel zwei Hülsen/Pflanze mehr (Daten nicht dargestellt).

Bei der Anzahl der Bohnen/Hülse gab es während der ersten Zeiternte einen Unterschied zwischen den beiden Sorten (Gallec: 2,3; Klaxon: 2,2), das Anbausystem hatte keinen Einfluss.

Zu beiden Zeiternten zeigten sich sowohl bei der Tausendkornmasse (TKM) als auch bei der Anzahl der Hülsen/Pflanze signifikante Unterschiede zwischen den Systemen und auch zwischen den beiden Sorten. Die TKM war bei Turiel-Damm-45 jeweils mit 162/160 g am niedrigsten, während die Variante Flach-DS-37,5 mit 180/178 g die höchste TKM hatte.

Bei den beiden Sorten war eine ähnliche Trendumkehr von TKM und Anzahl Hülsen/Pflanze zu erkennen. Sorte Gallec hatte jeweils eine 14-15 g höhere TKM, Sorte Klaxon hatte dagegen drei bis vier Hülsen/Pflanze mehr. Es gab bei der TKM auch eine signifikante Wechselwirkung von System und Sorte, wobei der niedrigste Wert für Gallec in etwa dem höchsten Wert für Klaxon entsprach (Daten nicht dargestellt).

Das System Flach-DS-37,5 wies jeweils die geringste Anzahl an Hülsen/Pflanze auf. Diese war bei Damm-EKS-75 am höchsten. Dieser Unterschied von ungefähr 11 Hülsen/Pflanze (am 22.09.2011) ist wohl auf die sehr unterschiedliche Bestandesdichte der beiden Systeme zurückzuführen. Der Einfluss der Sorte und der Kompostanwendung hatte keine Relevanz für die Ausprägung der Anzahl Hülsen/Pflanze bzw. der Bohnen/Hülse.

Zu beiden Zeiternten zeigten sich sowohl bei der Tausendkornmasse (TKM) als auch bei der Anzahl der Hülsen/Pflanze signifikante Unterschiede zwischen den Systemen und auch

zwischen den beiden Sorten. Die TKM war bei Turiel-Damm-45 am niedrigsten, während die Variante Flach-DS-37,5 die höchste TKM hatte.

Über die Bestandesdichte der Sojabohne lässt sich Einfluss nehmen auf die Anzahl Hülsen pro Pflanze. Eine Veränderung in der Anzahl Hülsen/Pflanze hat Wirkung auf die Tausendkornmasse, ohne dass sie Anzahl der Bohnen/Hülse reagierte.

Ertrag der Sojabohnen

Die Auswertung des Parzellendrusches ergab nach der Umrechnung auf einen TS-Gehalt von 86 % deutlich höhere Erträge in den beiden Flachvarianten sowie bei Sorte Gallec.

In den Systemen, für die eine langjährige Erfahrung vorlag, konnten die höchsten Erträge erzielt werden. Die flache Einzelkornvariante (Flach-EKS-37,5) und Flach-DS-37,5 erzielten den höchsten Ertrag (27,1 dt/ha). Die um fast 40% geringere Aussaatstärke, beziehungsweise die deutlich niedrigere Bestandesdichte der Einzelkornsaat, wurde vollständig kompensiert.

Die flachen Varianten unterschieden sich signifikant von den Turiel-Damm-Systemen, die sich wiederum von dem Kartoffeldamm-System abhoben, das mit 16,2 dt/ha den geringsten Ertrag aufwies. Die niedrige Bestandesdichte konnte nur bedingt kompensiert werden, was vor allem an der schlechten Wasserversorgung in diesem System gelegen haben mag.

Im Mittel über alle Varianten lag der Ertrag in diesem Jahr bei 22,9 dt/ha, was über den mittleren Erträgen der Versuche in 2009 und 2010 liegt (Hüsing et al., 2011; Hubenthal et al., 2011). Im direkten Jahresvergleich von 2011 und 2009 für die beiden Sorten hatte Gallec einen 8 % höheren und Klaxon einen 16 % höheren Kornertrag, was den starken Jahreseinfluss auf den Anbauerfolg erkennen lässt (Daten nicht dargestellt).

Bestandeshöhe und unterster Hülsenansatz

Die gemessene Bestandeshöhe zur Haupternte betrug bei allen Varianten zwischen 59 cm und 72 cm. Ähnlich wie bei der TKM war der Mittelwert von Flach-DS-37,5 am höchsten und die Varianten Turiel-Damm-45 und Damm-EKS-75 wiesen die kürzesten Pflanzen, also geringste Bestandeshöhe auf (Tabelle 76).

Tabelle 76: Systemversuch I-2011: Bestandeshöhe [cm] und unterster Hülsenansatz [cm] der Sojabohnen zum Drusch in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011); Mittelwert über die Faktoren Sorte und Kompost

Faktor A: System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
Bestandeshöhe [cm]	72 a	70 a	59 c	63 b	66 b	60 c
Unterster Hülsenansatz [cm]	15	12	12	12	13	10

Die Höhe der untersten Hülse war mit 9,7 cm bei Damm-EKS-75 und 14,5 cm bei Flach-DS-37,5 insgesamt auf einem niedrigen Niveau. Im Durchschnitt hatten die flachen Anbauverfahren

einen höheren Hülsenansatz, aber es war kein signifikanter Unterschied zu den Dammvarianten gegeben.

Auch die beiden Sorten unterschieden sich signifikant in Bezug auf die Bestandeshöhe und die Höhe der untersten Hülse. Die Sorte Gallec hatte sowohl um 13 cm längere Pflanzen als auch einen 2 cm größeren Abstand der untersten Hülse zum Boden (13,2 cm) (Daten nicht dargestellt).

Der Quotient der besetzten Knoten pro vorhandene Knoten an jeder Pflanze war ähnlich verteilt wie die Anzahl der Hülsen/Pflanze. Am niedrigsten war der Besatz bei Flach-DS-37,5 mit 74 %, bei Damm-EKS-75 waren 86 % der Knoten besetzt und bei Turiel-Damm-60 war es mit 88 % die höchste Quote.

Die Bestandeshöhe zur Haupternte betrug bei allen Varianten zwischen 59 cm und 72 cm. Ähnlich wie bei der Tausendkornmasse war der Mittelwert von Flach-DS-37,5 am höchsten und die Varianten Turiel-Damm-45 und Damm-EKS-75 wiesen die kürzesten Pflanzen, also geringste Bestandeshöhe auf.

Die Höhe der untersten Hülse lag im System Damm-EKS-75 bei 9,7 cm und im System Flach-DS-37,5 bei 14,5 cm. Die Aussage von Stock et al. (1996), wonach niedrige Bestandesdichten auch zu einem niedrigen Hülsenansatz führen, konnte bestätigt werden, da Damm-EKS-75 mit der extrem niedrigen Bestandesdichte auch einen niedrigen Hülsenansatz aufwies.

Auch die beiden Sorten unterschieden sich signifikant in Bezug auf die Bestandeshöhe und die Höhe der untersten Hülse. Die Sorte Gallec hatte sowohl um 13 cm längere Pflanzen als auch einen 2 cm größeren Abstand der untersten Hülse zum Boden (13,2 cm) (Daten nicht dargestellt). Das lag wahrscheinlich wiederum an der höheren Bestandesdichte, die bei Gallec festzustellen war (Daten nicht dargestellt).

Rohproteingehalt

Die Ergebnisse der NIRS-Untersuchungen ergaben folgende Werte: Die Rohproteingehalte variierten zwischen 35 % (i.d. TS) bei Turiel-Damm-45 und 39 % bei Flach-DS-37,5. Der zweithöchste Wert war Flach-EKS-37,5, die zweite flache Variante, mit 37 %. Alle Dammvarianten hatten niedrigere Rohproteingehalte, wobei der Gehalt tendenziell mit größer werdendem Reihenabstand stieg. Der Rohproteingehalt war damit ebenso ein Spiegel der erfolgreichen Bestandesetablierung eines Systems wie der Sojabohnenertrag.

Das einzige Merkmal mit einer signifikant nachweisbaren Wechselwirkung zwischen Sorte und Kompost war der Rohproteingehalt. Hier war der Gehalt der Sorte Gallec jedes Mal höher, bei Gallec hatte er Kompost jedoch einen leicht negativen Einfluss auf den Rohproteingehalt, wogegen der Einfluss bei Klaxon positiv war (Daten nicht dargestellt).

Tabelle 77: Systemversuch I-2011: Rohproteingehalt der Sojabohnen zum Drusch in Abhängigkeit vom System des Anbaus (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen 2011); Mittelwert über die Faktoren *Sorte* und *Kompost*

System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
Rohproteingehalt [%]	38,9	37,1	35,4	35,9	36,3	36,5

Da der Rohproteingehalt im Durchschnitt deutlich unter dem von Vollmann et al. (2005) beschriebenen Mindestgehalt von 42 % lagen, war keine Charge in diesem Jahr für die Tofuproduktion geeignet. Auch der höchste gemessene Einzelwert (Parzellenniveau) lag mit 41 % noch unter der Grenze. Die Ergebnisse der anderen Versuche zeugen davon, dass der Rohproteingehalt stark von der Sorte und dem Anbaujahr abhängt.

5.10.3 Systemversuch I (2012-2013, Uni Kassel)

Bestandesdichte

Die Bestandesdichte unterschied sich systemabhängig ($p < 0,000$). Auch das Versuchsjahr beeinflusste die Anzahl der Pflanzen/m² signifikant ($p < 0,000$). Die höchste Pflanzendichte wurde bei Turiel-Damm-45 gemessen, gefolgt von Flach-DS-37,5 und Turiel-Damm-75 (Tabelle 78). Die niedrigsten Werte wurden bei Einzelkornsaat, Turiel-Damm-60 und Damm-EKS-75 vorgefunden. In 2012 (39,8 Pflanzen/m²) lag die Bestandesdichte fast doppelt so hoch wie 2013 (20,6).

Diese Ergebnisse entsprechen den systembedingt niedrigeren Aussaatstärken des Systems Einzelkornsaat. Das schlechte Ergebnis des Systems Turiel-Damm-60 kann nicht erklärt werden. In 2012 lag die Bestandesdichte fast doppelt so hoch wie 2013, was auf die günstigeren Witterungsbedingungen zurückzuführen ist.

Tabelle 78: Systemversuch I (2012-2013); Bestandesdichte [Pflanzen/m²] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
2012	46,6	36,0	54,5	29,0	42,1	30,5
2013	25,2	15,2	31,0	19,4	22,2	10,3
Mittelwert	35,9 b	25,6 cd	42,8 a	24,2 d	32,2 bc	20,4 d

Hülsen/Pflanze

Die Anzahl der Hülsen/Pflanze wurde lediglich vom Anbausystem signifikant beeinflusst. Der Jahreseinfluss (höhere Anzahl Hülsen/Pflanze im Jahr 2013) war nur tendenziell vorhanden, nicht aber statistisch absicherbar. Im Durchschnitt beider Versuchsjahre hatten die Pflanzen im System Damm-DS-75 die höchste Dichte, statistisch gleich mit Turiel-Damm-60, das sich jedoch nicht von Turiel-Damm-75, und Flach-EKS-37,5 unterschied, letztere statistisch gleichauf mit Flach-DR-37,5 und Turiel-Damm-45 (Tabelle 79).

Tabelle 79: Systemversuch I (2012-2013); Hülsen/Pflanze in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
2012	26,9	30,7	30,2	39,8	33,9	36,1
2013	30,9 c	34,1 c	26,2 c	43,0 b	36,0bc	58,8 a
Mittelwert	28,9	32,4	28,2	41,4	34,9	47,5

Der Jahreseinfluss ist vermutlich durch die geringere Bestandesdichte in 2013 zu erklären. Im Durchschnitt beider Versuchsjahre hatten die Pflanzen im System Damm-DS-75 die höchste Anzahl Hülsen, was auf die geringe Bestandesdichte zurückzuführen ist.

Bohnen/Hülse

Die Anzahl der Bohnen/Hülse reagierte lediglich auf das Versuchsjahr ($p < 0,000$), nicht auf das Anbausystem. Im Jahr 2012 wurde entsprechend der Tendenz zu einer niedrigeren Anzahl Hülsen/Pflanze in diesem Jahr auch eine signifikant niedrigere Anzahl Bohnen/Hülse gemessen als im Jahr 2013 (Tabelle 80).

Tabelle 80: Systemversuch I (2012-2013); Bohnen/Hülse in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
2012	2,10	2,09	2,21	2,15	2,13	2,21
2013	2,56	2,50	2,36	2,46	2,56	2,56
Mittelwert	2,33	2,29	2,29	2,30	2,35	2,38

Diese Ergebnisse bestätigen die Tendenz aus dem Systemversuch I-2011, wonach die Bohnen/Hülse kaum auf eine Änderung in den Ertragskomponenten Pflanze/m² und Hülsen pro Pflanze reagieren, jedoch auf die Umwelt (vermutlich: Witterung zur Zeit der Blüte).

Ertrag (dt/ha bei 86 % TS)

Der Ertrag der Sojabohnen wurde dagegen nicht vom Versuchsjahr, wohl aber vom System ($p < 0,000$) und deren Wechselwirkung ($p = 0,003$) beeinflusst. In beiden Versuchsjahren wurde zwar dieselbe Menge Sojabohnen (27,8 dt/ha) gedroschen, jedoch lag eine signifikante

Wechselwirkung ($p = 0,003$) mit dem Anbausystem vor. Bei den Systemen Flach-DS-37,5 und Turiel-Damm-45 wurden 2012 die höchsten Erträge erzielt. Der Ertrag der beiden anderen Turiel-Systeme unterschied sich nicht signifikant von dem des Systems Flach-EKS-37,5, jedoch von Damm-EKS-75 (Tabelle 81).

Über beide Jahre konsistent war lediglich das sehr hohe Ertragsniveau des Standardanbauverfahrens Flach-DS-37,5 und von Turiel-Damm-45.

Tabelle 81: Systemversuch I (2012-2013); Ertrag [dt/ha] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
2012	29,1 a	29,6 a	30,7 a	22,3 b	27,8 a	27,5 a
2013	32,2 a	24,8 cd	32,5 a	27,1 bc	28,3 b	21,9 d
Mittelwert	30,6	27,2	31,6	24,7	28,0	24,7

Tausendkornmasse (g)

Die Tausendkornmasse wurde signifikant durch das Anbaujahr ($p < 0,000$) und das Anbausystem ($p = 0,002$) beeinflusst. Damm-EKS-75, Turiel-Damm-60 und Flach-EKS-37,5 wiesen die signifikant geringste Tausendkornmasse auf. 2012 (181 g) war diese deutlich höher als im Jahr 2013 (157 g) (Tabelle 82). Dies belegt wiederum die hohe Relevanz der Tausendkornmasse für den Sojabohnenertrag.

Tabelle 82: Systemversuch I (2012-2013); Tausendkornmasse [g] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
2012	184 b	181 b	185 ab	174 c	188 a	176 c
2013	162 ab	150 d	159 bc	157 c	163 a	153 cd
Mittelwert	173	165	172	166	176	164

Rohproteingehalt (% i.d. TS)

Für den Rohproteingehalt wurde sowohl den Haupteffekten Anbaujahr und Anbausystem, als auch deren Wechselwirkung ein signifikanter Einfluss nachgewiesen.

Den geringsten Rohproteingehalt wies im Jahr 2012 Damm-EKS-75 und Damm-Turiel-60, die sich zwar nicht von Flach-EKS-37,5 unterschieden, jedoch von Flach-DS-37,5 und Damm-Turiel-45 und -75. Somit ging der Rohproteingehalt mit dem Ertragspotenzials des geprüften

Systems einher. Im Anbaujahr 2013 hatten die Sojabohnen aus den Systemen Flach-EKS-37,5 und Damm-EKS-75 die geringste Konzentration an Rohprotein. Innerhalb eines jeden der geprüften Systeme waren die jeweiligen Rohproteingehalte im Jahr 2012 signifikant höher als in 2013, ein Effekt der durch die Ergebnisse in den anderen Feldversuchen gestützt wird und den starken Einfluss des Anbaujahres belegt.

Tabelle 83: Systemversuch I (2012-2013); Rohproteingehalt [% i.d. TS] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

System	Anbau flach		Anbau Damm			
	Drill-saat	Einzel-kornsaat	Turiel (Drillsaat)			Strothmann (EKS)
Reihenabstand [cm]:	37,5	37,5	45	60	75	75
2012	43,8 a	42,7 ab	43,9 a	41,7 b	43,4 a	41,7 b
2013	38,8 a	33,8 c	38,0 a	36,5 b	38,1 a	34,9 c
Mittelwert	41,3	38,2	41,0	39,1	40,8	38,3

5.10.4 Systemversuch II (2012, Uni Kassel)

Bei allen in der Folge aufgeführten Parametern wies der Faktor Anbausystem eine signifikante Wirkung auf, mit Ausnahme des Rohproteingehaltes, der nicht auf das Anbausystem reagierte. Eine Wirkung auf die Anzahl der Knöllchen/Pflanze war lediglich tendenziell vorhanden ($p = 0,053$). Die Art der Anwendung des Kompostes hatte keine statistisch absicherbare Wirkung.

Bestandesdichte

Die statistisch absicherbar höchste Anzahl von Pflanzen/m² aller geprüften Anbausysteme erreichte Turiel-Damm-60, während sich die unterschiedliche Bestandesdichte der Komposttechnik statistisch nicht von der des Systems Flach-DS-37,5 unterscheiden ließ (Tabelle 84).

Tabelle 84: Systemversuch II (2012): Bestandesdichte [Pflanzen/m²] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

Faktor Anbausystem	Faktor Kompostanwendung			Mittelwert
	nach Saat aufgebracht	zur Saat eingebracht	ohne Kompost	
Flach-Drillsaat	41,1	24,8	33,0	32,9 b
Komposttechnik	39,0	34,6	46,5	40,0 b
Turiel-Damm-60	46,7	59,2	62,4	56,1 a
Mittelwert	42,3	39,5	47,3	

Die sehr gute Bestandesetablierung des Systems Turiel-Damm-60 widerspricht den Ergebnisse aus Systemversuch I (2011 und 2012-2013), belegt aber gleichzeitig das Potenzial der Technik, wenn die Einstellung des Gerätes optimal verläuft.

Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen zum Drusch

Der TS-Gehalt der Sojabohnen zum Drusch wurde ebenfalls durch das Anbausystem beeinflusst. Der niedrigste TS-Gehalt der Sojabohnen wurde im System Komposttechnik ermittelt, während sich der TS-Gehalt im System Flach-DS-37,5 nicht von dem im System Turiel-Damm-60 unterscheiden ließ. Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert betrug einen Prozentpunkt (Tabelle 85).

Tabelle 85: Systemversuch II (2012): Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen [%] in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

Faktor Anbausystem	Faktor Kompostanwendung			Mittelwert
	nach Saat aufgebracht	zur Saat eingebracht	ohne Kompost	
Flach-Drillsaat	88,3	88,9	89,3	88,8 ab
Komposttechnik	89,6	89,4	89,3	89,4 a
Turiel-Damm-60	88,2	88,9	87,9	88,4 b
Mittelwert	88,7	89,1	88,8	

Der Trockensubstanzgehalt der Sojabohnen zum Drusch kann als optimal bezeichnet werden, da bei diesem Grad der Abreife keine Trocknungskosten mehr anfallen würden.

Ertrag (dt/ha bei 86 % TS)

Der mittlere Ertrag im Feldversuch lag im Durchschnitt bei 28,8 dt/ha. Der signifikant niedrigste Ertrag wurde im System Damm-Turiel-60 gemessen. Die beiden anderen Systeme unterschieden sich nicht statistisch absicherbar (Tabelle 86).

Tabelle 86: Systemversuch II (2012): Ertrag [dt/ha bei 86 % TS] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

Faktor Anbausystem	Faktor Kompostanwendung			Mittelwert
	nach Saat aufgebracht	zur Saat eingebracht	ohne Kompost	
Flach-Drillsaat	30,7	31,0	29,8	30,5 a
Komposttechnik	29,4	29,1	30,1	29,5 a
Turiel-Damm-60	25,7	26,3	27,1	26,4 b
Mittelwert	28,6	28,8	29,0	

Tausendkornmasse

Die signifikant höchste Tausendkornmasse (243 g) wurde im System Turiel-Damm-60 ermittelt. Die Tausendkornmasse der beiden anderen geprüften Systeme unterschied sich nicht (Tabelle 87).

Tabelle 87: Systemversuch II (2012): Tausendkornmasse [g] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

Faktor Anbausystem	Faktor Kompostanwendung			Mittelwert
	nach Saat aufgebracht	zur Saat eingebracht	ohne Kompost	
Flach-Drillsaat	228	234	229	230 b
Komposttechnik	221	227	230	226 b
Turiel-Damm-60	243	243	244	243 a
Mittelwert	230	235	234	

Das Abschneiden des Systems Damm-Turiel-60 steht im krassen Gegensatz zur erhobenen Bestandesdichte und kann auch nicht durch die Tausendkornmasse der Prüfglieder erklärt werden. Anscheinend hat also die Anzahl Hülsen/Pflanze oder – weniger wahrscheinlich – die Anzahl der Bohnen pro Hülse die vergleichsweise geringe Bestandesdichte der beiden flachen Anbausysteme überkompensiert. Dieses Ergebnis belegt die Relevanz der Erhebung aller Ertragskomponenten zur Erklärung von Ertragsunterschieden zwischen, z.B. Anbauverfahren, zum Drusch der Sojabohne.

Knöllchen/Pflanze

Die Wirkung des Anbausystems auf die Anzahl der Knöllchen/Pflanze war lediglich tendenziell vorhanden. Das System Flach-DS-37,5 wies die geringsten Werte auf gegenüber den auf gleichem Niveau befindlichen Systemen Komposttechnik und Turiel-Damm-60 (Tabelle 88).

Die Anzahl der Knöllchen/Pflanze wurde zwar ebenfalls nicht signifikant von der Anwendung von Kompost beeinflusst, jedoch zeigen die Mittelwerte (über die Anbausysteme) gewisse Tendenzen: So wurde bei Einarbeitung des Kompostes in das Saatbett (Komposttechnik) die höchste Anzahl Knöllchen/Pflanze ermittelt, gefolgt von dem Verzicht auf Kompost und dem System mit oberflächlicher Ausbringung nach Saat der Sojabohnen.

Tabelle 88: Systemversuch II (2012): Knöllchen/Pflanze in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

Faktor Anbausystem	Faktor Kompostanwendung			Mittelwert
	nach Saat aufgebracht	zur Saat eingebracht	ohne Kompost	
Flach-Drillsaat	19,9	30,3	30,0	26,8
Komposttechnik	29,8	48,4	31,8	36,7
Turiel-Damm-60	35,2	30,3	41,3	35,6
Mittelwert	28,3	36,3	34,4	

Dies entspricht – wenn auch nicht statistisch absicherbar der Hypothese, dass die Einbringung kohlenstoffreichen Materials die Knöllchenbildung. Dadurch sollte auch mehr Stickstoff fixiert werden und schlussendlich ein höherer Ertrag erzielt werden, eine Wirkung der Kompostanwendung, die sich aber in dem einzigen Versuchsjahr 2012 nicht nachweisen ließ.

Rohproteingehalt

Der Rohproteingehalt reagierte weder auf das Anbausystem noch auf die Anwendung von Kompost. Der mittlere Rohproteingehalt der Sojabohnen im Systemversuch II (2012; Sorte Merlin) lag bei 43,5 % (i.d. TS) (Tabelle 89).

Tabelle 89: Systemversuch II (2012): Rohproteingehalt [% in der TS] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom System des Anbaus und der Kompostanwendung (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

Faktor Anbausystem	Faktor Kompostanwendung			Mittelwert
	nach Saat aufgebracht	zur Saat eingebracht	ohne Kompost	
Flach-Drillsaat	43,4	42,7	42,9	43,0
Komposttechnik	43,5	44,1	43,4	43,6
Turiel-Damm-60	43,8	43,8	43,7	43,8
Mittelwert	43,6	43,5	43,3	

Der mittlere Rohproteingehalt der Sojabohnen im Systemversuch II lag trotz gleicher Sorte (Merlin) aber im Vergleich zum Systemversuch I (2012-2013) deutlich höher, was auf die Praxistauglichkeit aller drei geprüften Systeme hinweist.

5.10.5 Systemversuch III (2012-2013, Uni Kassel)

Bestandesdichte [Pflanzen/m²]

Die Bestandesdichte wurde signifikant durch das Anbaujahr ($p < 0,000$) und das Anbausystem (Dammweite und spezifische Saatstärke) ($p < 0,000$) beeinflusst. Auch deren Wechselwirkung ($p < 0,000$) war statistisch absicherbar. Die Bestandesdichte bei der orthogonal (bei allen Systemen) geprüften Saatstärke 45 keimfähige Körner/m² ließ keine konsistente Reaktion auf das Anbausystem über die beiden Versuchsjahre erkennen. Während 2012 die tendenziell höchste Bestandesdichte im System Turiel-Damm-45 erzielt wurde, so war dies in 2013 im System Turiel-Damm-75 der Fall (Tabelle 90).v deutlicher als der Systemeffekt ist der Effekt des Anbaujahres. Die schlechte Bestandesetablierung 2013 ist auf die sehr ungünstigen Witterungsbedingungen im Mai zurückzuführen.

Tabelle 90: Systemversuch III (2012-2013): Bestandesdichte [Pflanzen/m²] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

	Dammweite [cm]									Mittelwert
	45			60			75			
Saatstärke [keimfähige Körner/m ²]	45	55	65	35	45	55	25	35	45	
2012	34,6	46,3	50,6	24,1	31,6	41,8	21,6	27,3	29,9	34,2
2013	11,4	14,1	12,8	18,1	23,0	26,6	10,6	22,1	30,2	18,8
Mittelwert	23,0	30,2	31,7	21,1	27,3	34,2	16,1	24,7	30,0	

Im Jahr 2013 war die Bestandesdichte auf sehr niedrigem Niveau (11 bis 30 Pflanzen/m²; 2012: 24 bis 46). Der Effekt des Anbaujahres war jedoch nicht konsistent: Bei zwei der drei geprüften Saatstärken im System Turiel-Damm-75 (35 und 45 keimfähige Körner/m²) war der Unterschied der jeweiligen Bestandesdichten zwischen den beiden Jahren nicht signifikant. Innerhalb der beiden Anbaujahre ging eine Steigerung der Saatstärke um jeweils 10 keimfähige Körner/m² meist (Ausnahme: Turiel-Damm-45, 2013) mit einer deutlich höheren Bestandesdichte einher, wobei die jeweilige Steigerung in vier von zwölf Fällen signifikant, in weiteren sieben tendenziell vorhanden war.

Der Erfolg der Etablierung der Saat (% etablierte Körner / ausgesäte keimfähige Körner/m²) variierte ebenfalls sehr stark zwischen und auch innerhalb der Jahre, jedoch nicht konsistent über die beiden Jahre. Die Bandbreite der Etablierungsraten in den einzelnen Jahren rangierte zwischen 67 und 87 % im Jahr 2012 und – deutlich stärker – zwischen 20 und 67 %. Es ließ sich aus den Ergebnissen nicht eindeutig ableiten, ob die Saatstärke einen Einfluss auf den Erfolg der Etablierung der ausgesäten Körner hat oder nicht.

Innerhalb der beiden Anbaujahre ging eine Steigerung der Saatstärke um jeweils 10 keimfähige Körner/m² meist (Ausnahme: Turiel-Damm-45, 2013) mit einer deutlich höheren Bestandesdichte einher, wobei die jeweilige Steigerung in vier von zwölf Fällen signifikant, in weiteren sieben tendenziell vorhanden war. Erst anhand des Ertrages der Sojabohnen nach Drusch lässt sich bewerten, ob sich höhere Saatstärken auch ökonomisch auszahlen.

Hülsen/Pflanze

Die Anzahl der Hülsen/Pflanze wurde nicht durch das Jahr, jedoch durch das Anbausystem signifikant ($p = 0,002$) beeinflusst. Die Wechselwirkung aus Jahr und Anbausystem war ebenfalls signifikant ($p = 0,018$). Die Tendenz zu einer höheren Anzahl von Hülsen/Pflanze bei abnehmender Saatstärke innerhalb einer Dammweite war in fünf von sechs Fällen (Ausnahme: Turiel-Damm-60 in 2013) erkennbar (Tabelle 91). Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse der beiden Jahre die enorme Elastizität der Sojapflanze bei der Anlage von Hülsen, da trotz sehr stark divergierender Bestandesdichte zwischen den Jahren die Anzahl Hülsen/Pflanzen kaum abwich.

Tabelle 91: Systemversuch III (2012-2013): Hülsen/Pflanze der Sojabohnen in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

	Dammweite [cm]									Mittelwert
	45			60			75			
Saatstärke [keimfähige Körner/m ²]	45	55	65	35	45	55	25	35	45	
2012	42,7	29,5	26,3	35,7	27,9	27,8	35,2	30,9	30,3	31,8
2013	26,1	26,2	24,0	24,6	32,6	28,3	49,7	29,0	28,3	29,9
Mittelwert	34,4	27,8	25,1	30,1	30,2	28,1	42,4	29,9	29,3	

Bei einer Saatstärke von 45 keimfähigen Körnern/m² beeinflussten die unterschiedlichen Dammweiten die Anzahl der Hülsen/Pflanze über die beiden Anbaujahre ebenfalls nicht konsistent. Im Anbaujahr 2012 wurde im System Turiel-Damm-45 die signifikant höchste Anzahl Hülsen/Pflanze (43) gemessen, im Jahr unterschieden sich die Anbausysteme nicht.

Bei einer Saatstärke von 45 keimfähigen Körnern/m² beeinflussten die unterschiedlichen Dammweiten die Anzahl der Hülsen/Pflanze über die beiden Anbaujahre ebenfalls nicht konsistent. Im Anbaujahr 2012 wurde im System Turiel-Damm-45 die signifikant höchste Anzahl Hülsen/Pflanze gemessen, im Jahr unterschieden sich die Anbausysteme nicht.

Bohnen/Hülse

Die Anzahl der Bohnen/Hülse reagierte nur auf das Anbaujahr. Innerhalb der Anbaujahre war die erzielte Bandbreite gering (2012: 2,0 bis 2,2; 2013: 2,5 bis 2,6). Der Jahresmittelwert lag bei 2,1 (2012) bzw. 2,5 Bohnen/Hülse (2013) (Tabelle 92).

Tabelle 92: Systemversuch III (2012-2013): Bohnen/Hülse in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

	Dammweite [cm]									Mittelwert
	45			60			75			
Saatstärke [keimfähige Körner/m ²]	45	55	65	35	45	55	25	35	45	
2012	2,18	2,07	2,20	2,14	2,14	2,12	2,18	2,22	2,00	2,14
2013	2,45	2,49	2,55	2,50	2,49	2,58	2,49	2,51	2,58	2,51
Mittelwert	2,31	2,28	2,38	2,32	2,31	2,35	2,33	2,36	2,29	

Im Gegensatz zu den anderen Feldversuchen reagierte die Anzahl der Bohnen/Hülse deutlich auf das Anbaujahr und unterscheid sich trotz der vergleichbaren Anzahl Hülsen/Pflanze.

Ertrag (dt/ha bei 86 % TS)

Der Ertrag wurde vom Anbaujahr ($p = 0,013$), stärker noch durch das Anbausystem ($p = 0,001$) beeinflusst. In beiden Jahren reagierte der Ertrag gleichgerichtet auf das System. Im Anbaujahr 2012 wurden die höheren Erträge (26,4 dt/ha) als 2013 (20,5 dt/ha) gedroschen. Bei jeder der drei geprüften Dammweiten wurden tendenziell die höheren Erträge bei höherer Saatstärke erzielt (Tabelle 93).

Tabelle 93: Systemversuch III (2012-2013): Ertrag [dt/ha] der Sojabohnen in Abhängigkeit Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

	Dammweite [cm]									Mittelwert
	45			60			75			
Saatstärke [keimfähige Körner/m ²]	45	55	65	35	45	55	25	35	45	
2012	25,5	28,3	26,6	23,2	27,0	29,6	24,3	27,0	26,5	26,4
2013	12,5	15,5	16,2	23,0	26,1	25,5	16,1	22,7	27,3	20,5
Mittelwert	19,0	21,9	21,4	23,1	26,5	27,5	20,2	24,9	26,9	

Der Ertragsunterschied zwischen jeweils geringster und höchster Saatstärke war in zwei von drei Fällen signifikant. Eine Ableitung optimaler systemspezifischer Saatstärken ist nicht möglich. Bei gleicher Saatstärke wies das System Turiel-Damm-45 die statistisch absicherbar niedrigsten Erträge auf. Der Ertrag wiederum reagierte auf das Anbaujahr und wurde damit wohl am stärksten von der Bestandesdichte, der Tausendkornmasse und der Anzahl der Bohnen/Hülse beeinflusst.

Tausendkornmasse

Die Tausendkornmasse unterschied sich lediglich zwischen den Jahren. Die Tausendkornmasse im Jahr 2012 (191 g) war signifikant höher als 2013 (162 g). Das System hatte keinen statistisch absicherbaren Effekt (Tabelle 94).

Tabelle 94: Systemversuch III (2012-2013): Tausendkornmasse [g] der Sojabohnen in Abhängigkeit vom Anbausystem (System x Aussaatstärke) und dem Anbaujahr (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)

	Dammweite [cm]									Mittelwert
	45			60			75			
Saatstärke [keimfähige Körner/m ²]	45	55	65	35	45	55	25	35	45	
2012	190	191	192	183	188	198	192	190	194	191
2013	167	165	169	160	163	158	156	155	164	162
Mittelwert	179	178	181	171	176	178	174	172	179	

5.11 Arbeitspaket 3c: Unterschiedliche Verfahren der Beikrautregulierung (HS Osnabrück)

Im Versuchsjahr 2011 wurde nach der Aussaat eine Blindstriegelung durchgeführt. Der erstmalige Einsatz der vier verschiedenen mechanischen Beikrautregulierungssysteme erfolgte 23 Tage nach dem Aussattermin zum Zeitpunkt des Pflanzenentwicklungsstadiums BBCH 12. 2012 und 2013 konnten diese Maßnahmen aufgrund ungünstiger Wetterperioden (Wetterdaten im Anhang in Kapitel 10.8) erst 30 Tage nach der Aussaat durchgeführt werden. Abbildung 92 zeigt die Regulationserfolge innerhalb der Reihen für die Jahre 2011 bis 2013. Aufgrund der Schlechtwetterperiode im Mai des Jahres unterscheiden sich die Ergebnisse aus Abbildung 8 für 2013 erheblich von denen der übrigen Versuchsjahre. Aufgrund der starken Durchfeuchtung des Ackerbodens konnten die einzelnen Geräte ihre volle Wirkung nicht erzielen. Die statistische Auswertung der Daten ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geräten und deren Wirkung auf den Beikrautbesatz. Für das Jahr 2011 zeigt die Torsionshacke im Vergleich zu den übrigen Varianten einen tendenziell besseren Erfolg in der Beikrautregulierung. Für 2012 ergibt sich der Flachhäufler tendenziell als effektiveres Regulierungsgerät.

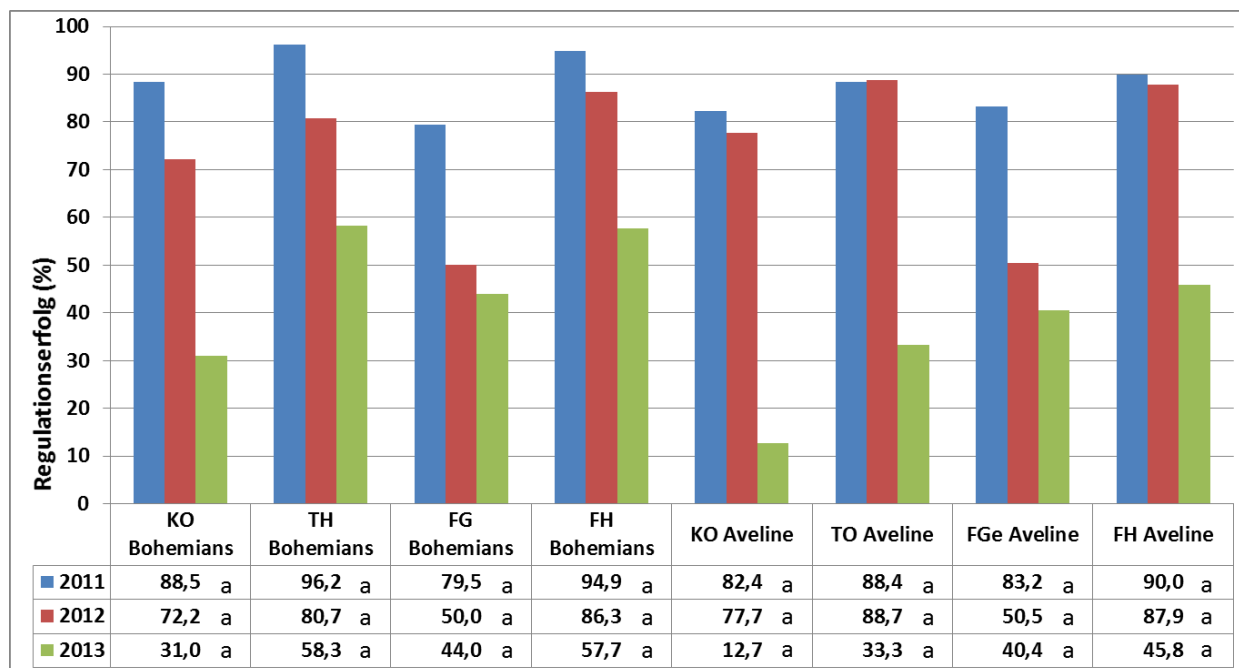


Abbildung 92: Regulationserfolge im Beikrautversuch in der Reihe, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013

Die Beikrautregulation zwischen den Reihen hat sich im Versuch als unproblematisch dargestellt, da hier alle eingesetzten Hackwerkzeuge positive Ergebnisse lieferten. Eine Handjäte zwischen den Reihen war in keinem Versuch erforderlich.

In Abbildung 93 sind die Erträge der beiden getesteten Sorten, Bohemians und Aveline, in Abhängigkeit der Varianten Kontrolle, Torsionshacke, Fingerhacke und Flachhäufler für die Jahre 2011 bis 2013 dargestellt.

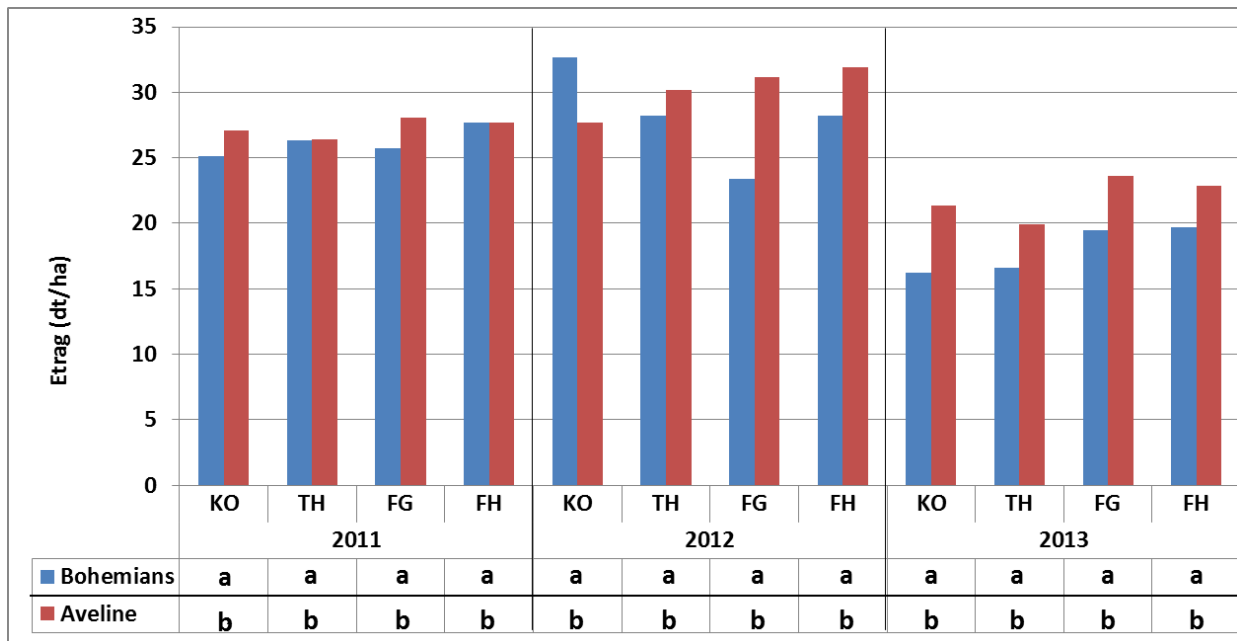


Abbildung 93: Ertragsvergleich über vier verschiedene Beikrautregulationsverfahren (KO= Kontrolle, TH= Torsionshacke, FG= Fingerhacke, FH= Flachhäufler), Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013

Die statistische Analyse der Daten erfolgte jahresbezogen aufgrund von Datenlücken, die durch Vogelfraß und starke Verunkrautung bedingt waren. Es konnten keine signifikanten Unterschiede im Bezug auf Ertrag und Maßnahmen für den gesamten Versuchszeitraum herausgearbeitet werden. Sortenunterschiede bezogen auf den Ertrag lassen sich in allen drei Jahren aufzeigen. In Bezug auf die Qualitätsparameter Protein- und Ölgehalt lassen sich in Zusammenhang mit Beikrautregulierungsmaßnahmen keine signifikanten Unterschiede nachweisen.

Die Ergebnisse zur Tausendkornmasse der Maßnahmen sowie aller durchgeführten Bonituren am Standort Osnabrück befinden sich in Kapitel 10.8.

Im Rahmen des Versuches wurden zahlreiche Bodenproben entnommen und auf den Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff untersucht. Bei näherer Betrachtung aller Analyseergebnisse ist keine Streuung der Werte über alle Parzellen vor Vegetationsbeginn zu erkennen. Die Durchsicht der Analysewerte von Bodenproben, die nach der Ernte genommen wurden, ergibt ebenfalls keine erkennbaren Schwankungen zwischen den Parzellen. Auch zwischen den Maßnahmen gibt es keine nennenswerten Unterschiede. Im Anhang befindet sich eine Übersichtstabelle zu den Ergebnissen der Bodenanalysen (N_{\min} Bodenschicht 0 – 30 cm).

Diskussion

Unter Berücksichtigung der Untersuchungen zu Beikrautregulierungsmaßnahmen im Sojaanbau ergeben sich für den Standort Osnabrück keine Unterschiede zwischen den einzelnen Prüfvarianten. Eine weitergehende mehrjährige Untersuchung der Wirksamkeit einzelner Geräte könnte die Vorteile der einzelnen Systeme verdeutlichen, die sich in der Untersuchung nur tendenziell gezeigt haben. Der überdurchschnittliche Regulationserfolg einiger Geräte ist vermutlich in Zusammenhang mit den Wetterverhältnissen in den verschiedenen Jahren zu sehen und es ist davon auszugehen, dass einige Geräte unter bestimmten Wetterbedingungen

Vorteile aufweisen. Weitere Untersuchungen zum Einfluss der Bodenart auf die Wirksamkeit der Maßnahmen könnten hilfreiche Hinweise zu differenzierten Einsatzbereichen der jeweiligen Maschinen ergeben.

5.12 Arbeitspaket 3d: Soja in Direktsaat

5.12.1 Direktsaatversuche an der Hochschule Osnabrück

Die Anbauversuche auf dem ökologischen Versuchsbetrieb der Hochschule Osnabrück 2012 fanden unter ungünstigen Rahmenbedingungen statt. Die Beikräuter konnten sich im Frühjahr vor der Sojaaussaat gut entwickeln, da durch große Auswinterungsschäden in der Vorfrucht (Winterroggen) bei beiden Aussaatstärken (130 kg und 160 kg) Bestandeslücken auftraten. Zudem gab es im Frühjahr ausreichend Niederschläge, sodass die Vorfrucht, die vor der Sojaaussaat abgemulcht wurde, zusammen mit den Beikräutern aufwachsen konnte. Durch massive Fraßschäden von Tauben und Krähen nach dem Auflaufen der Sojapflanzen und der zudem langsamen Jugendentwicklung der Soja, verunkrautete der Bestand und war nicht mehr erntefähig.

Aufgrund der Erfahrungen aus dem Vorjahr wurde das Versuchsdesign im ökologischen Landbau modifiziert und um Varianten im konventionellen Anbau erweitert. Die dabei eingesetzten Vorfrüchte waren Winterroggen und Gelbsenf. In der folgenden Abbildung 94 sind die Sojaerträge bei 86 % TM unter zwei verschiedenen Vorfrüchten im konventionellen Anbau (rot markiert) zu sehen. Die Erträge lagen bei der Ernte mit 23,4 dt/ha (Winterroggen) und 24,2 dt/ha (Gelbsenf) im Mittel der vier Wiederholungen auf gleichem Niveau und unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Da der Versuch zusätzlich durchgeführt wurde, wurden aus Zeit und Kostengründen keine weiteren Messungen von Qualitätsparametern (Rohprotein, Rohfett) durchgeführt.

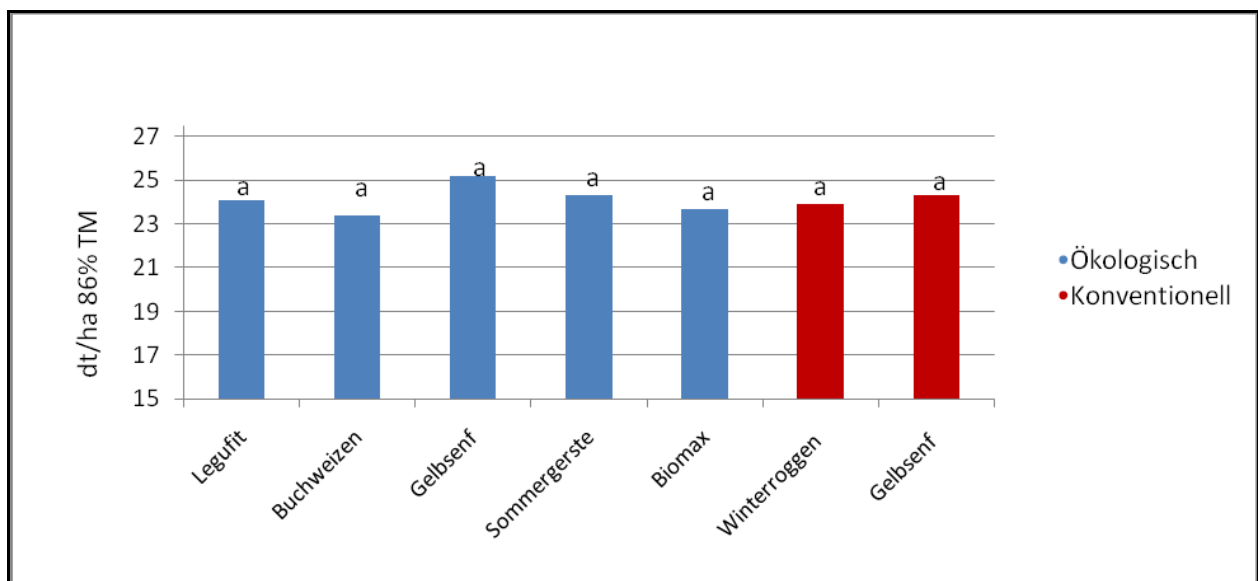


Abbildung 94: Erträge des Direktsaatversuchs mit verschiedenen Vorfrüchten (konventionell und ökologisch) 2013 (GD 5 %)

Der Ertrag lag bei beiden Betriebssystemen auf gleichem Niveau. Zwischen den verschiedenen Vorfrüchten konnten bezüglich des Beikrautdruckes und des Ertrags keine Unterschiede festgestellt werden. Auch die Pflanzenwachstumsbonituren (aufgelaufene Pflanzen/m² und Pflanzenlänge) zeigten bezüglich der Vorfruchtvarianten keine signifikanten Unterschiede. Wie

in der oben aufgeführten Abbildung 1 zu erkennen ist, unterschieden sich die einzelnen ökologischen Versuchsvarianten nicht voneinander (blau markiert).

Die Schwankungsbreite der Sojaerträge lag zwischen 23,4 und 25,2 dt/ha im Mittel der vier Wiederholungen, die Unterschiede waren jedoch nicht absicherbar. Eine tendenzielle Ertragszunahme war von der Vorfrucht Buchweizen (23,4 dt/ha) ausgehend über Biomax (23,7 dt/ha), Legufit (24,1 dt/ha), Sommergerste (24,3 dt/ha), hin zum Gelbsenf (25 dt/ha) zu beobachten.

Diskussion

In den zwei Versuchsjahren des Direktsaatversuchs an der Hochschule Osnabrück wurden in beiden Bewirtschaftungsformen (öko/konv.) keine signifikanten Unterschiede im Ertrag bezogen auf die Vorfrucht festgestellt. In 2012 konnte aufgrund des massiven Tauben- und Krähenfraß verbunden mit einem sehr hohen Beikrautdruck auf der Versuchsfläche kein Ergebnis generiert werden. Aus den Erfahrungen von 2012 kann festgehalten werden, dass sich Klee gras als Vorfrucht für Sojabohnen nicht eignet. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass abgemulchte, nicht abgestorbene Vorfrüchte (z. B. Winterroggen) bei ausreichenden Niederschlägen wieder durchwachsen und somit die Sojabohne erheblich beeinträchtigen können. Sojadirektsaatversuche im ökologischen Pflanzenbau sind auf Flächen mit hohem Beikrautdruck aufwändig und schwierig und mussten in jedem Jahr durch Handjäte beikrautfrei gehalten werden. Die ausgeweiteten Versuchsvarianten 2013 erwiesen sich mit guten Erträgen zwischen 20 und 25 dt/ha als durchaus erfolgversprechend. Die Soja zeigte im Vegetationsverlauf eine positive Bestandsentwicklung und dies lässt bei zukünftigen Forschungsvorhaben im Bereich der Direktsaat gute Ergebnisse erwarten.

5.12.2 Direktsaat-Praxisversuche

Bei den 2-jährigen Tastversuchen an jeweils 3 Orten, von denen zwei in beiden Jahren vertreten waren, konnte bereits ein breites Spektrum an Erfahrungen gewonnen werden. Durch einen gegensätzlichen Witterungsverlauf mit 2012 eher günstigen und 2013 eher ungünstigen, da feucht-kühlen Frühjahrsverhältnissen, konnten sowohl die Möglichkeiten als auch die Grenzen des Verfahrens erkannt werden. Die realisierten Erträge reichten von 0 bis knapp 30 dt/ha Sojabohnen (s. Tabelle 252 im Anhang). In den günstigeren Fällen dürften sie um 10 bis 20 % unter den mit optimaler herkömmlicher Anbautechnik erzielbaren Erträgen gelegen haben. In den ungünstigeren Fällen kam es praktisch zum Totalausfall. Gründe dafür waren ungenügende Unkrautunterdrückung durch die überwinternde Vorfrucht, wenn diese nicht dicht und wüchsig genug war – unabhängig davon, ob der Aufwuchs niedergewalzt oder gemäht und abgefahren wurde –, Vogelfraß und mangelhafter Feldaufgang bei schlechter Saatgutablage und unzureichender Bodenüberdeckung – hier gibt es Unterschiede zwischen den Sämaschinen –, sowie Schneckenfraß im feuchten Frühjahr 2013. Notwendige Voraussetzung für das Gelingen dieses Anbauverfahrens ist also eine rechtzeitig und ordentlich ausgesäte Winterung, damit diese sich gut entwickelt und jegliches Unkraut unterdrückt. Wenn die Unkrautregulierung durch die Vorfrucht nicht ausreicht, spielt auch die Konkurrenzkraft der Sojasorte eine Rolle, wobei Sorten mit langsamer Jugendentwicklung (hier Annushka) leichter unterdrückt werden als wüchsigeren Sorten. Durch die in der Regel um 1 bis 2 oder gar drei Wochen verspätete Aussaat reifen die ortsüblichen Sojasorten nicht sicher ab, so dass auf die Sorten einer früheren Reifegruppe zurückgegriffen werden muss. Varianten mit zusätzlicher NPK-Startdüngung oder Schwefeldüngung zeigten keine Mehrerträge. Dem Mehraufwand für die Sätechnik und den Einbußen beim Sojaertrag stehen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus ein zusätzlicher Trockenmasseertrag von 20-50 dt/ha Grünroggen oder Grün-Wintergerste sowie die Einsparung mehrerer zeitkritischer Arbeitsgänge zur Unkrautregulierung gegenüber. Im konventionellen Anbau mögen die erreichbaren Trockenmasseerträge der Winterung noch höher liegen. Für belastbare Ergebnisse sind jedoch weitere Exaktversuche, insbesondere unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus erforderlich.

Die 2-jährigen Tastversuche zu Soja in Direktsaat nach Unkraut unterdrückenden Vorfrüchten, die niedergewalzt oder gemäht und abgefahren werden, haben gezeigt, dass dieses Verfahren auch im Ökolandbau grundsätzlich geeignet erscheint, wenn die vorhandene Unkrautflora durch die Vorfrucht erfolgreich unterdrückt werden kann. Dies scheint möglich zu sein, wenn Samenunkräuter vorherrschen. Perennierende Unkräuter wie Winden oder Disteln scheinen mit diesem Verfahren im Ökolandbau aber nicht beherrschbar zu sein. Des Weiteren ist sicherzustellen, dass der Winterroggen oder die Wintergerste zum Zeitpunkt des Niederwalzens oder der Beerntung bereits das Stadium der Blüte erreicht hat. Ansonsten besteht die Gefahr, dass sich die Getreidehalme in größerem Umfang wieder aufrichten oder aus der Stoppel neu austreiben. Im kleineren Umfang sind das Wiederaufrichten oder ein Wiederaustrieb von Wintergetreide verträglich mit der Entwicklung der in Direktsaat darin eingesäten Sojabohnen. Bei der Direktsaat kommt es darauf an, dass die eingesetzte Technik in der Lage ist, die Sojabohnen gleichmäßig in etwa 4-5 cm Bodentiefe abzulegen, mit Erde zu überdecken und diese anzudrücken, so dass das Saatgut gleichmäßig aufläuft und möglichst wenig durch Schnecken und Vogelfraß geschädigt wird. In feuchten Jahren mag auch der Einsatz von Schneckenkorn erforderlich sein.

Wenn es also gelingt, mit diesem Verfahren ähnliche oder lediglich geringfügig (10 - 20 %) niedrigere Erträge zu produzieren wie mit den herkömmlichen Anbauverfahren unter

Einbeziehung intensiver und zeitkritischer Unkrautregulierungsmaßnahmen, kann dieses Verfahren in Zukunft durchaus in größerem Umfang zum Einsatz gelangen. Dies gilt insbesondere für Gebiete mit Erosionsproblemen, aber auch für Gebiete, in denen das Grüngetreide über Biogasanlagen verwertet werden kann und die Sojabohne zu einer Auflockerung der Fruchtfolgen beitragen kann. Ganz allgemein könnte in ökologisch bewirtschafteten Großbetrieben, die durch eine mehrfache mechanische Unkrautbekämpfung überfordert würden, mit diesem Verfahren ein Sojaanbau ermöglicht werden. Ziel weitergehender Exaktversuche in solchen Gebieten sollte es sein, die jeweils geeigneten Vorfrüchte und Anbauverfahren zu identifizieren und dadurch die Gefahr von Fehlschlägen auf ein Minimum zu reduzieren.

5.13 Arbeitspaket 3e: Schwefelversorgung im Sojaanbau

Im folgenden Abschnitt Schwefelversorgung im Sojaanbau werden die wichtigsten Ergebnisse aus dem Schwefelsteigerungsversuch und dem Schwefelformenversuch vom Standort Osnabrück dargestellt.

In Abbildung 95 ist der Ertrag (dt/ha) mit Mittelwerten der vier Wiederholungen separat für das Jahr 2012 dargestellt. Es wurden die beiden Standorte (ökologisch und konventionell) separat betrachtet. Die geerntete Soja der beiden Standorte ist in 2012 auf gleichem Ertragsniveau. In der ökologischen Anbauvariante bestehen innerhalb der S-Düngungsstufen der jeweiligen Sorten keinen signifikanten Ertragsunterschied. Das Ertragsniveau der Sorte Sultana ist auf dem ökologischen Versuchsstandort signifikant niedriger als bei Opaline. Merlin bewegt sich im Mittel der Varianten zwischen den beiden anderen Sorten. Auf dem konventionellen Standort sind die drei Sorten in 2012 auf gleichem Ertragsniveau. Auch hier gibt es innerhalb der Düngungsstufen keinen signifikanten Unterschied. Das Ertragsniveau in 2012 schwankt zwischen 14,5 dt und 27 dt/ha.

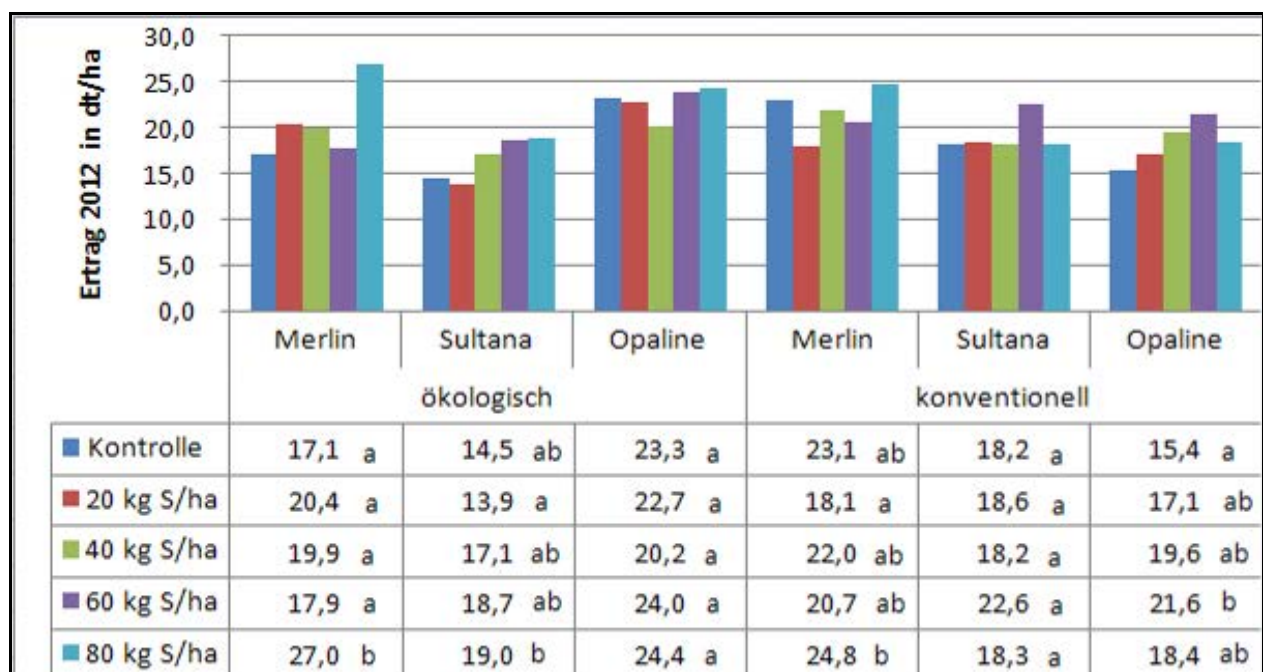


Abbildung 95: Ertrag in den ökologisch und konventionell angebauten Sorten Merlin, Sultana, Opaline im Schwefelsteigerungsversuch 2012 (GD=5%)

Neben der Erfassung des Standardertrages wurden Rohprotein- und Rohölanalysen durchgeführt, um die Wirkung der Schwefeldüngung auf diese Parameter quantifizieren zu können. In Abbildung 96 ist der Rohproteingehalt der Sojasorten Merlin, Sultana und Opaline in den einzelnen Düngungsstufen auf dem konventionellen und dem ökologischen Standort für das Jahr 2012 dargestellt. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schwefeldüngungsvarianten festgestellt werden. Die Sorte Sultana erzielte auf beiden Standorten einen Rohproteingehalt von 40 %. Auch Merlin konnte dies auf dem ökologischen Standort realisieren. Auf dem konventionellen Standort lagen Merlin und Opaline tendenziell

etwas niedriger. Zwischen den einzelnen Schwefeldüngungsstufen gab es innerhalb der Sorten keine Unterschiede.

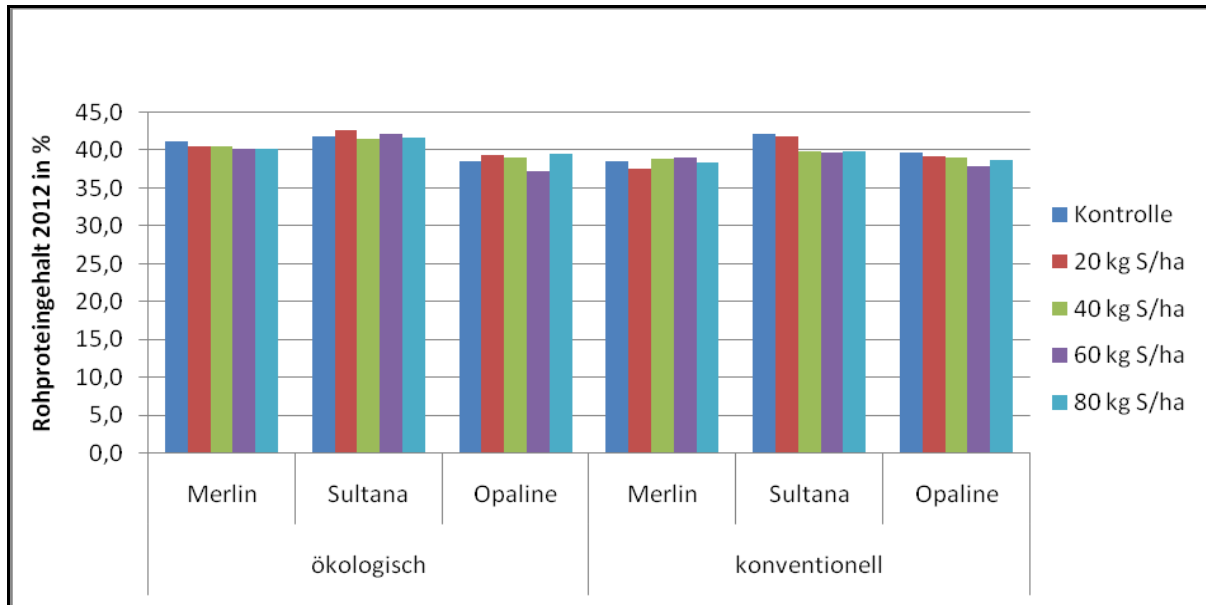


Abbildung 96: Rohproteingehalt der Schwefelsteigerungsversuche ökologisch und konventionell Sorten Merlin, Sultana, Opaline im Versuchsjahr 2012 GD=5% (keine Signifikanzen vorhanden)

Der Rohölgehalt der einzelnen Versuchsvarianten des Schwefelsteigerungsversuchs aus dem Jahr 2012 ist in Abbildung 97 dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die Rohölgehalte der Sorten sich tendenziell zwischen den beiden Bewirtschaftungsformen (öko/konv) unterscheiden. Eine Signifikanz konnte hier jedoch nicht nachgewiesen werden. Es ist zu erkennen, dass der Rohölgehalt der Sorte Sultana am niedrigsten ist. Bei der Sorte Merlin ist der Rohölgehalt mit 18 % (ökologisch) bzw. fast 19 % (konventionell) tendenziell am höchsten. Die Sorte Opaline liegt auf beiden Standorten zwischen Merlin und Sultana. Innerhalb der Sorten gibt es zwischen den Schwefeldüngungsstufen keinen signifikanten Unterschied im Rohölgehalt. Signifikanzen konnte aber zwischen den Sorten festgestellt werden.

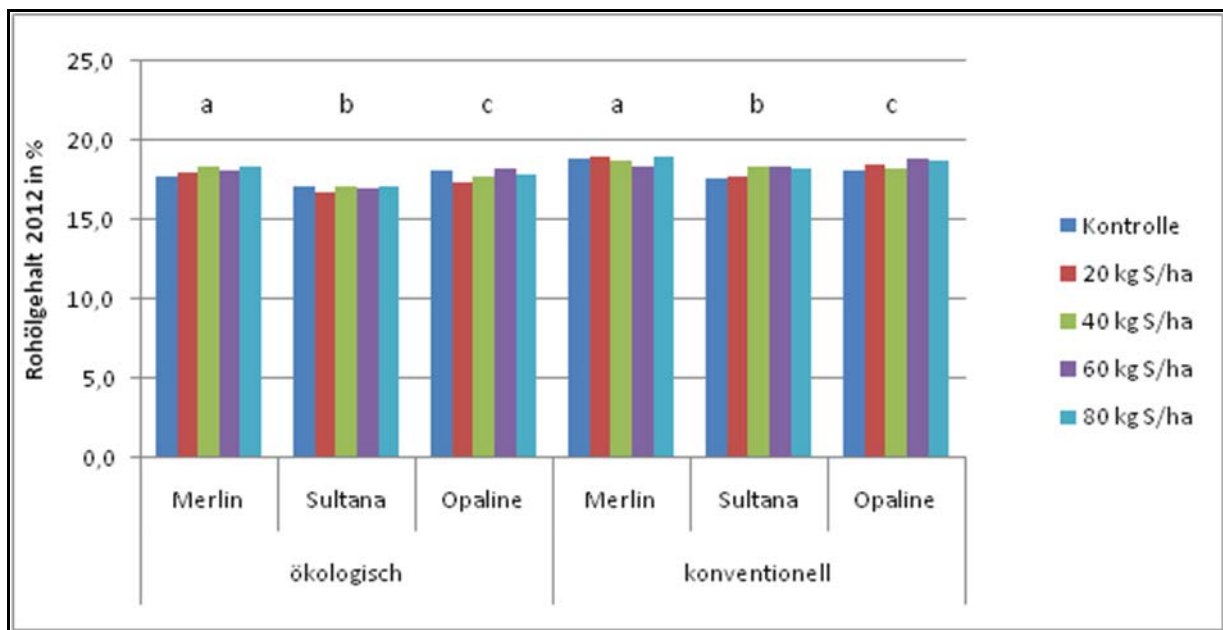


Abbildung 97: Rohölgehalt in dem ökologisch und konventionell angebauten Schwefelsteigerungsversuch 2012 der Sorten Merlin, Sultana, Opaline (GD=5%)

In Abbildung 98 ist der Ertrag der ökologischen und konventionellen Schwefelsteigerungsversuche aus dem Versuchsjahr 2013 dargestellt. Sowohl auf dem ökologischen, als auch auf dem konventionellen Standort, besteht zwischen den drei Sorten kein signifikanter Ertragsunterschied. Das Ertragsniveau liegt zwischen 11,4 und 20,4 dt/ha auf dem konventionellen und zwischen 13,4 und 25,2 dt/ha auf dem ökologischen Standort und ist mit dem Erträgen aus 2012 vergleichbar. Dennoch ist das Ertragsniveau 2013 aufgrund eines nassen Frühjahrs und langanhaltender Trockenheit im Sommer niedrig. Trotz des Abdeckens der Versuche mit Kulturschutznetzen zum Schutz vor Vogelfraß, wurden Fraßschäden an vielen Pflanzen festgestellt. Die Netze blieben bis zu 6 Wochen nach der Aussaat auf den Versuchspartellen. Nach Abnahme der Netze konnten ebenfalls Fraßschäden von Hasen und Rehen an vielen Pflanzenteilen festgestellt werden. Auffällig ist, dass der Ertrag der Sorte Sultana auf dem ökologischen Standort in der Kontrolle im Vergleich zu den anderen Varianten signifikant höher ist. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass die Schwefeldüngung bei diesem sehr niedrigen Ertragsniveau keine positiven Effekte auf den Ertrag bringen konnte und den Pflanzen ausreichend Schwefel aus dem Bodenvorrat zur Verfügung stand. Merlin produziert auf dem ökologischen Standort im Jahr 2013 den geringsten Ertrag. Sultana liegt tendenziell auf beiden Standorten am höchsten, während Opaline auf beiden Standorten dazwischen liegt.

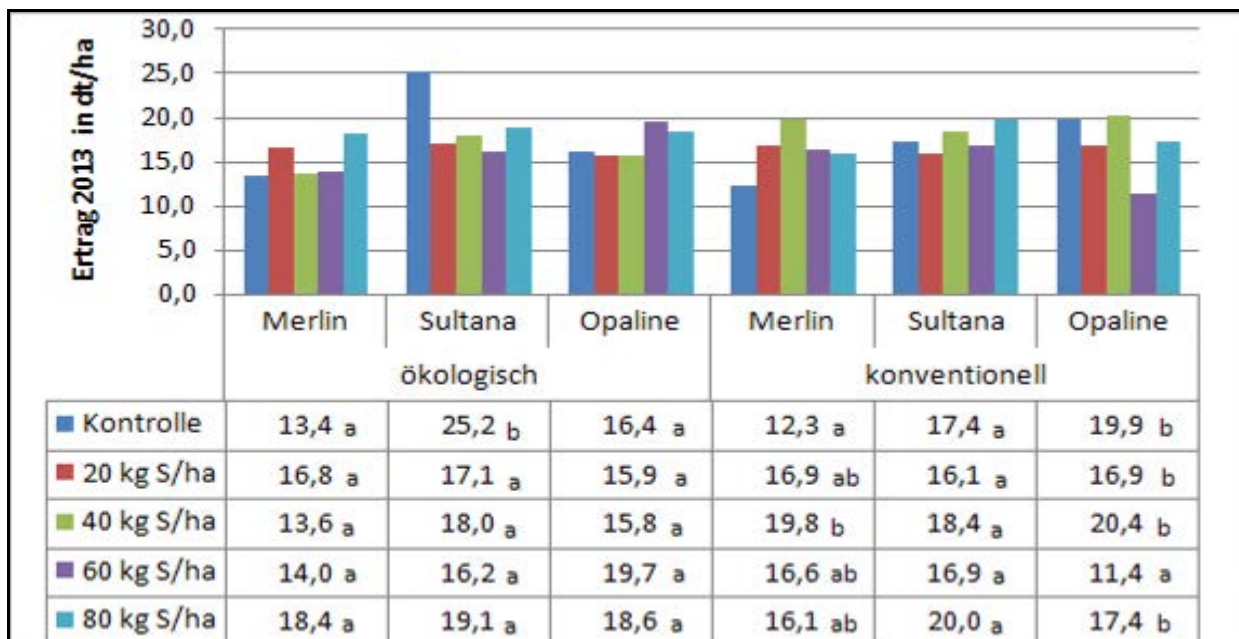


Abbildung 98: Ertrag in den ökologisch und konventionell angebauten Sorten Merlin, Sultana, Opaline im Schwefelsteigerungsversuch 2013 (GD=5%)

Ebenso wie 2012 wurden neben der Erfassung des Standardertrages auch Rohprotein- und Rohölanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den

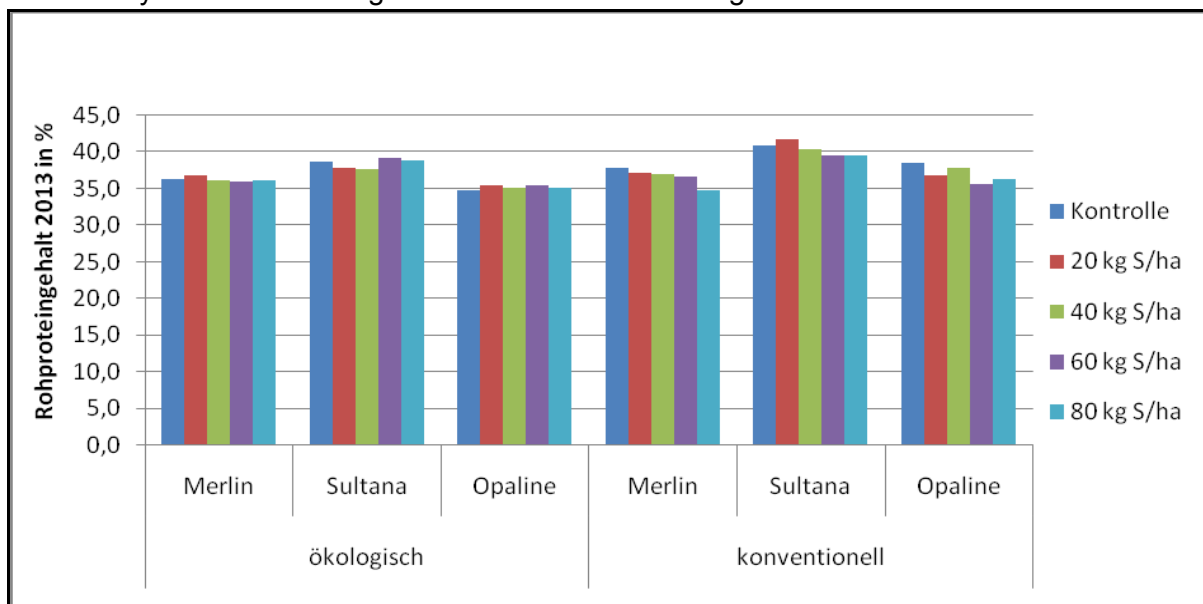


Abbildung 99 und Abbildung 100 dargestellt. Die Rohproteingehalte liegen im Jahr 2013 tendenziell etwas niedriger als in 2012. Es gibt ebenso wie 2012 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsstufen. Teilweise liegen die Rohproteingehalte der Kontrollvarianten tendenziell höher als die der jeweiligen Düngungsstufen. Opaline hat mit rund 35 % (ökologisch) bzw. 35,5 - 37,0 % (konventionell) im Vergleich zu den beiden anderen Sorten die tendenziell niedrigsten Proteingehalte. Sultana zeigt tendenziell die höchsten Rohproteingehalte auf beiden Standorten und erreicht konventionell 2013 als einzige Sorte 40 %. Merlin liegt mit rund 36 % auf beiden Standorten zwischen den Sorten Sultana und Opaline.

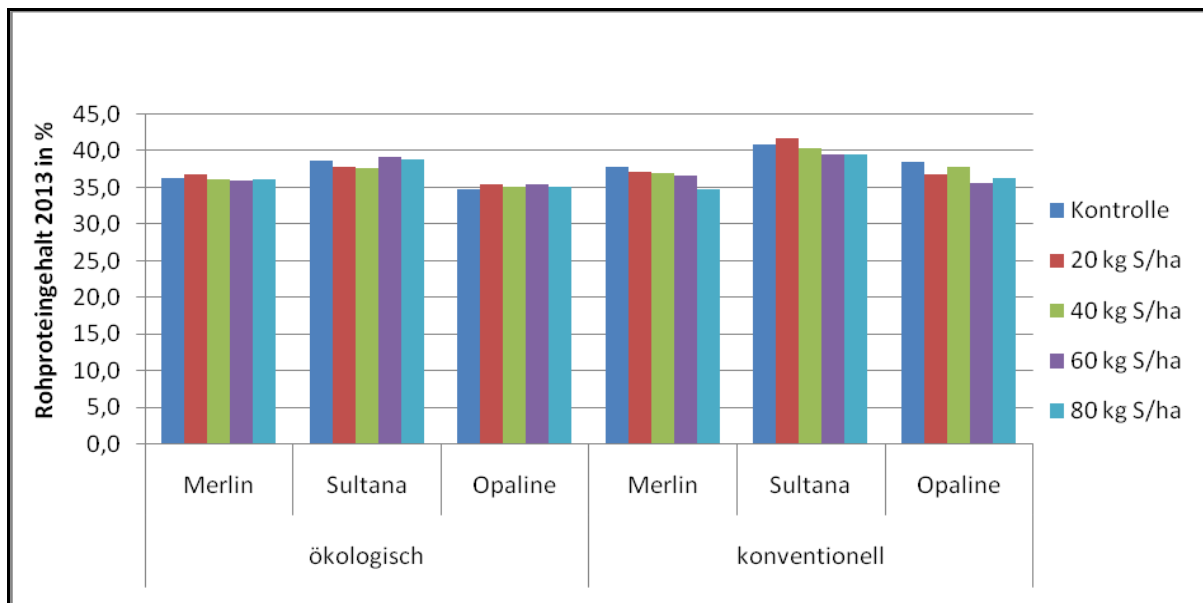


Abbildung 99: Rohproteingehalt der Schwefelsteigerungsversuche ökologisch und konventionell Sorten Merlin, Sultana, Opaline im Versuchsjahr 2013 GD=5% (keine Signifikanzen vorhanden)

In Abbildung 100 ist der Rohölgehalt der Sojabohnen des Schwefelsteigerungsversuchs 2013 dargestellt. Im Vergleich zu den Rohölgehalten 2012, liegen diese in 2013 wesentlich höher. Es ergibt sich 2013 kein durch die Schwefeldüngung signifikanter Unterschied zwischen dem Rohölgehalt. Die Rohölgehalte zwischen den Sorten und den Standorten schwanken ähnlich wie in dem Jahr 2012. So liegen auf beiden Standorten die Rohölgehalte der Sorte Merlin mit fast 21 % (ökologisch) bzw. 20 % (konventionell) am höchsten. Die tendenziell niedrigsten Rohölgehalte weist die Sorte Sultana auf beiden Standorten mit 18,5 % (konventionell) bzw. 19 % (ökologisch) auf. Dies ist ebenso wie 2012 darauf zurückzuführen, dass die Rohproteingehalte bei Sultana am höchsten sind und eine negative Korrelation zwischen Rohprotein und Rohölgehalt besteht. Die Sorte Opaline liegt mit ca. 20 % ökologisch und 19 % konventionell zwischen den beiden anderen Sorten. Zwischen den Düngungsstufen innerhalb einer Sorte wurden keine Unterschiede festgestellt. Dennoch gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Sorten.

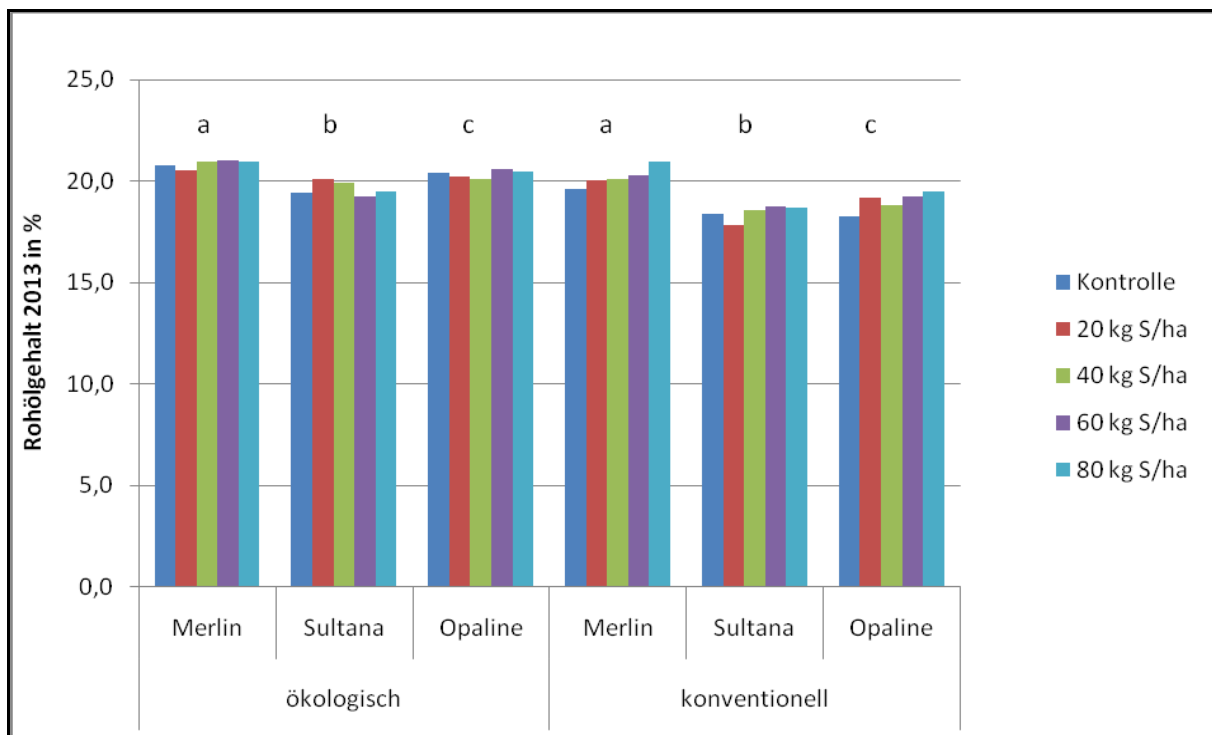


Abbildung 100: Rohölgehalt in dem ökologisch und konventionell angebauten Schwefelsteigerungsversuch 2013 der Sorten Merlin, Sultana, Opaline (GD=5%)

Die Ergebnisse zur Tausendkornmasse der Sorten unter Schwefeldüngungsmaßnahmen sowie die Ergebnisse aller durchgeführten Bonituren am Standort Osnabrück befinden sich im Anhang.

In Abbildung 101 werden die Gehalte von mineralischem S (S_{\min}) der Bodenproben (0 - 30 cm), die an drei Zwischenernteterminen innerhalb der Vegetation und nach der Gesamtparzellenernte gezogen wurden dargestellt. Die angegebenen Daten sind Mittelwerte der drei untersuchten Sorten (Merlin, Sultana, Opaline) und der vier Wiederholungen. Somit setzt sich jeder Messwert aus 12 Einzelwerten zusammen. Bei allen Düngungsstufen reduziert sich der S_{\min} -Gehalt in der Bodenschicht 0 - 30 cm im Vegetationsverlauf durch Schwefelaufnahme der Pflanzen bzw. durch Schwefelverlagerung in tiefere Schichten. Die erste Beprobung fand ca. 6 Wochen nach der Aussaat und vier Wochen nach der Düngungsmaßnahme statt. Die Schwefelsteigerungsstufen differenzierten insbesondere zu den ersten beiden Zeitpunkten deutlich voneinander ab. In der Versuchsvariante 80 kg Schwefeldüngung, konnte zum ersten Probenentwurf im Juni ein Schwefelgehalt von 160 kg/ha nachgewiesen werden. Dies lag an den S_{\min} -Gehalten im Boden, der Schwefeldüngung mit 80 kg/ha und an der S-Freisetzung aus dem Bodenvorrat. Bei der Zugabe von 60 kg S/ha konnten im Juni ca. 110 kg S_{\min} gemessen werden und in den Kontrollparzellen lag der gemessene Schwefelgehalt über den gesamten Vegetationszeitraum zwischen 10 und 15 kg/ha. Zum Vegetationsende im Oktober sanken die Schwefelgehalte in allen Düngungsstufen auf unter 20 kg S_{\min} in der obersten Bodenschicht. Da durch eine gesteigerte Schwefeldüngung kein positiver Einfluss auf den Ertrag und die Qualität erreicht werden konnte, ist davon auszugehen, dass bei dem vorliegenden Ertragsniveau, Schwefelgehalte von 10 - 15 kg/ha in der Bodenschicht 0 - 30 cm während der Vegetation ausreichen.

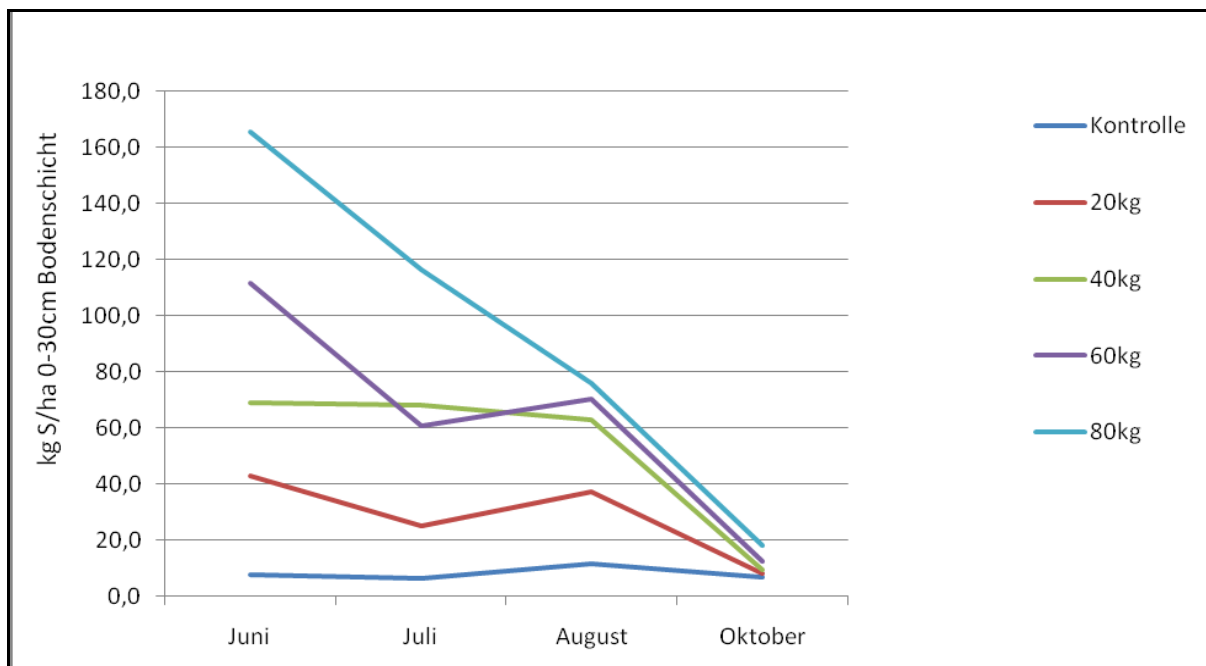


Abbildung 101: Verlauf der Boden S_{\min} - Gehalte gemittelt über drei Sorten im konventionellen Schwefelsteigerungsversuch 2013

Ergebnis Pflanzenproben

Wie im Material und Methodenteil erwähnt, wurden im Schwefelsteigerungsversuch zu drei Zwischenernteterminen Pflanzenproben entnommen und auf S und N analysiert. Die Gehalte an Schwefel im Pflanzenmaterial erwiesen in keiner Düngungsstufe signifikante Unterschiede auf. Die durchschnittlichen S-Gehalte bei der ersten Probenahme der Sorte Merlin lagen von 0,23 % (ohne S-Düngung) bis hin zu 0,26 % bei der 40 und 80 kg S/ha gedüngten Variante. Bei dem zweiten Zwischenerntetermin lagen alle Varianten zwischen 0,28 % und 0,29 % und bei dem letzten Zwischenerntetermin schwankten die S-Gehalte der unterschiedlichen Düngungsstufen zwischen 0,21 und 0,23 %.

Ähnliche Werte konnten bei den Sorten Sultana und Opaline festgestellt werden. Auch bei den Sorten stieg der Schwefelgehalt von der ersten Probenahme (0,24 %) hin zum zweiten Termin (0,30 %) und fiel zum dritten Probenahme wieder auf 0,27 % ab. Dieser Verlauf der S-Konzentration der Soja konnte in beiden Versuchsjahren auf beiden Standorten (ökologisch/konventionell) festgestellt werden. Der kritische Grenzwert von 0,18 % S in den jüngsten vollentwickelten Blättern, wurde zu keinem Zeitpunkt innerhalb der Vegetation 2012 und 2013, in keiner Versuchsvariante unterschritten.

Ergebnisse Malat-Sulfat -Verhältnis

In Abbildung 102 ist die Wirkung der Schwefeldüngungsstufen und die damit verbundene Veränderung des Malat-Sulfat-Verhältnisses (M:S-Verhältnis) des ökologischen und des konventionellen Schwefelsteigerungsversuches zusammengefasst dargestellt. Bei der Sorte Merlin verändert sich das Verhältnis der ungedüngten Kontrollvariante von 6 auf unter 4 in der am höchsten versorgten Düngungsstufe (80 kg S/ha). Die Sorte Sultana zeigte im konventionellen Versuch das höchste M:S-Verhältnis. Auch hier wurde, genau wie bei der Sorte Opaline, mit zunehmender Schwefeldüngung das M:S-Verhältnis reduziert. Zu erkennen ist,

dass zwischen dem M:S-Verhältnis und der Schwefeldüngungsstufe Sortenunterschiede bestehen. Die Sorte Opaline lag im konventionellen Anbau nahezu auf dem gleichen Niveau wie die Sorte Merlin. Die Sorte Sultana hat ein deutlich weiteres M:S-Verhältnis. Diese deutlichen Unterschiede auf dem konventionellen Standort spiegeln sich auf dem ökologischen Standort nicht in gleicher Weise wider. Die Verengung des M:S-Verhältnisses ist im Vergleich dazu deutlich abgeschwächt.

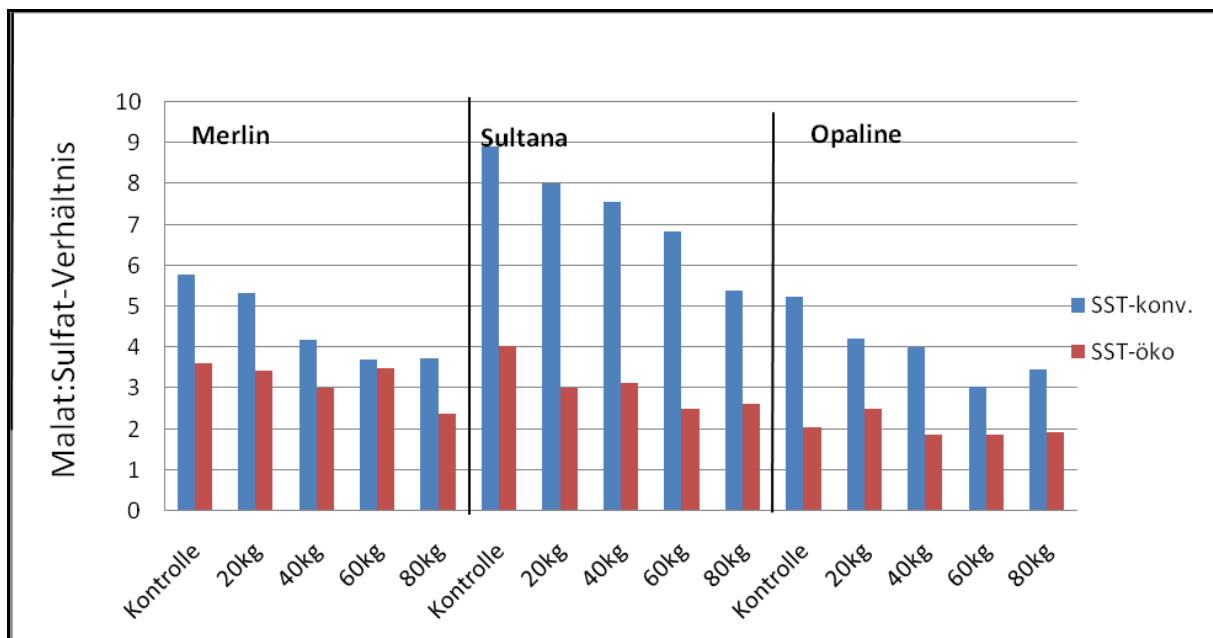


Abbildung 102: Einfluss einer S-Steigerung auf das Malat:Sulfat-Verhältnis des ökologischen und konventionellen Schwefelsteigerungsversuches 2013 (BBCH 22)

Bei der ökologischen Bewirtschaftung ist das M:S-Verhältnis bei allen drei Sorten enger und im Niveau insgesamt niedriger. Derzeit gibt es noch keine Möglichkeit aus dem M:S-Verhältnis für Soja eine S-Düngeempfehlung abzuleiten. Als Tendenz ist dennoch zu erkennen, dass durch zunehmende Schwefeldüngung das M:S-Verhältnis reduziert werden kann. Da die gesteigerte Schwefeldüngung weder den Ertrag noch die Qualitätsparameter (Rohprotein, Rohöl) beeinflusst hat, ist es nicht möglich anhand der vorliegenden M:S-Verhältnisse eine S-Düngeempfehlung abzuleiten. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass Schwefel nicht im Mangel vorlag und somit kein Effekt erreicht werden konnte.

S-Versorgungsstatus

In Abbildung 103 sind die Schwefelgehalte der Sorte Merlin von 2012 und 2013 auf verschiedenen Standorten dargestellt. Die Standorte sind, je nach ihrer Wärmesumme in 3 Zonen aufgeteilt. In der Zone 1 sind optimale Bedingungen für den Sojaanbau gegeben, da die Wärmesumme in der Vegetationszeit zwischen Mai und September deutschlandweit den höchsten Wert aufweisen. In der Zone 2 werden mittel hohe Wärmesummen vorgefunden, sodass der Sojaanbau auch für diese Standorte geeignet ist. Die Zone 3 kennzeichnet Grenzstandorte in denen die Wärmesummen niedriger liegen und sich nicht so hohe Temperatursumme für den Sojaanbau vorfinden lassen. Von Versuchsstandorten aller drei Zonen wurden Pflanzenproben der Sorte Merlin auf den Schwefelgehalt analysiert. Zu jedem

Termin ist eine Mischprobe aus den jeweiligen Versuchen (ohne Wiederholungen) entnommen worden. Die Entnahme der Pflanzenproben fand bei den jüngsten voll entwickelten Blättern im BBCH-Stadium 65 (Vollblüte) statt. Die Optimalversorgung der Sojapflanze zu diesem Zeitpunkt liegt nach Reuter et al. (1997) zwischen 0,18 und 0,40 %. In Abbildung 10 ist der Optimalversorgungsgehalt oberhalb der roten Linie dargestellt. Auffällig ist, dass die Schwefelgehalte standortunabhängig 2012 höher lagen als die Schwefelgehalte 2013. Eine Schwefelunterversorgung wurde 2013 auf den Standorten Göttingen und Wartmannsroth festgestellt. Alle anderen Standorte lagen in beiden Versuchsjahren im optimalen Versorgungsbereich. Eine Schwefelübersversorgung (Gehalte oberhalb von 0,40 %) wurde nicht festgestellt. Um eine Vergleichbarkeit mit dem Schwefelversuch der Hochschule Osnabrück zu ermöglichen, sind die S-Gehalte der Steigerungsvarianten eingefügt. Diese Gehalte liegen von 0,19 % (Kontrolle) bis zu 0,23 % in der 80 kg-Variante alle im optimalen Versorgungszustand.

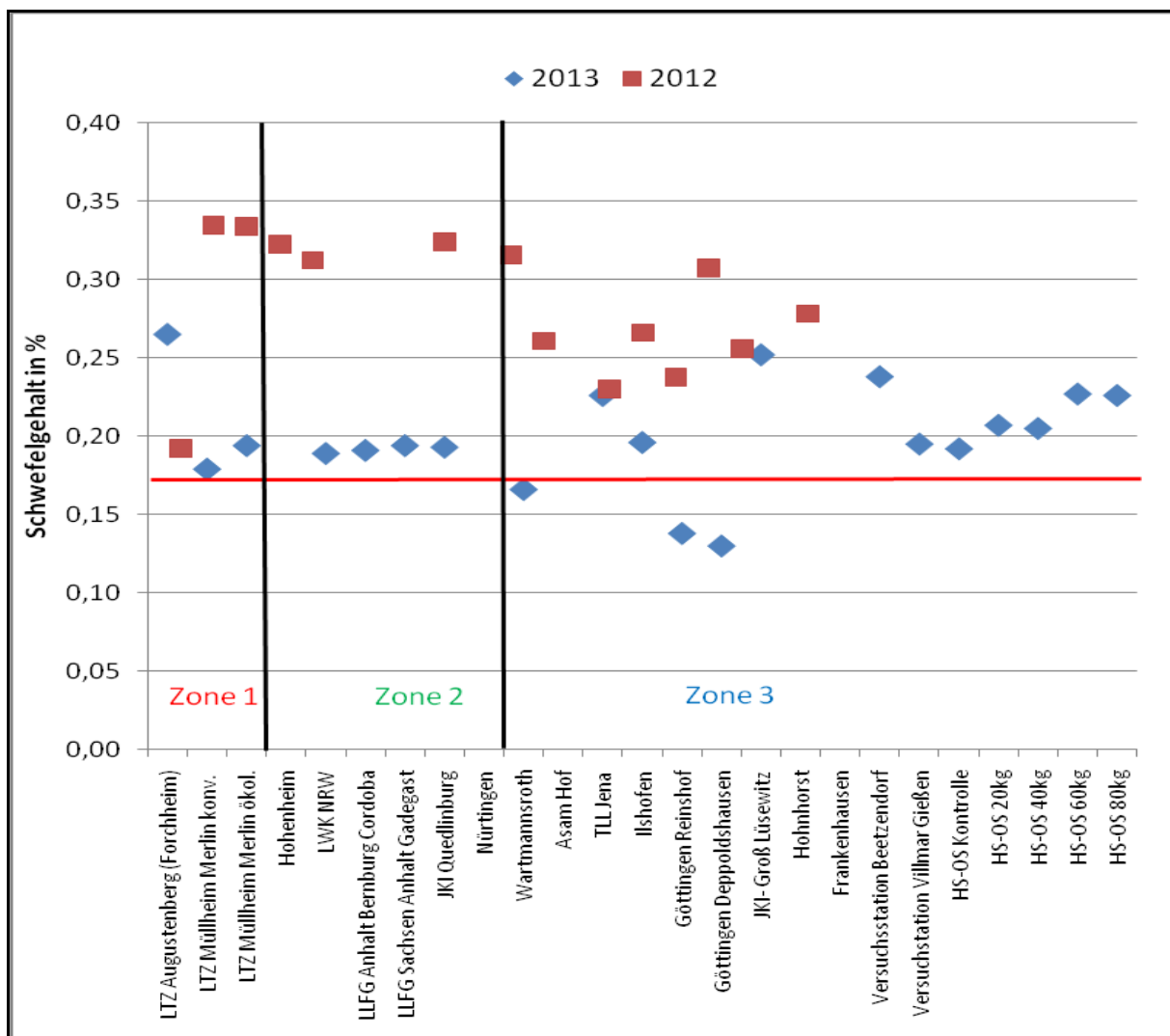


Abbildung 103: S-Versorgungsstatus der Sorte Merlin an verschiedenen Standorten 2012-2013

Schwefelformenversuch

In Tabelle 95 sind die Ertrags- und Qualitätsergebnisse in Form der Mittelwerte aus dem Jahr 2012 dargestellt. Es gibt im Ertrag (dt/ha bei 86 % TM) zwischen den Versuchsvarianten keine

signifikanten Unterschiede. Das Ertragsniveau ist aufgrund von Vogelfraß und Witterungsbedingungen niedrig und liegt zwischen 15,5 und 19,6 dt/ha. Der tendenziell niedrigste Ertrag wurde mit 15,5 dt/ha in der ungedüngten Kontrollvariante erreicht. Der tendenziell höchste Ertrag (19,6 dt/ha) wurde beim Einsatz von Patentkali erreicht. Die tendenzielle Ertragsabstufungen beim Einsatz der organischen Dünger stellt sich wie folgt dar: Kompost 19,3 dt/ha, Rindermist 18,2 dt/ha, Rindergülle 18,1 dt/ha, Hühnertrockenkot (HTK) sowie Gärsubstrat 18 dt/ha und Schweinemist 17,8 dt/ha. (Tabelle 95)

Durch die Applikation von Gärsubstrat konnten mit 41,8 % Rohprotein im Vergleich zu den anderen organischen Düngern signifikant höhere Gehalte erzielt werden. Der Rohproteingehalt der Kontrollvarianten liegt mit 37,3 % signifikant niedriger als die anderen Varianten. Beim Einsatz von Schweinemist konnten mit 40,1 % die zweitbesten Rohproteingehalte erreicht werden und nur minimal weniger Rohprotein konnte beim Einsatz von HTK und Patentkali erreicht werden. Danach folgten Rindergülle, Kompost und Rindermist. Dass eine negative Korrelation zwischen Rohproteingehalt und Rohölgehalt besteht, ist den vorliegenden Ergebnissen zu entnehmen. Der niedrigste Rohproteingehalt wurde in der Kontrollparzelle gemessen. Bei dem Rohölgehalt liegt die Kontrolle mit 19,5 % am höchsten. Der niedrigste Rohölgehalt wurde mit 18,3 % beim Einsatz vom Gärsubstrat erreicht, bei dem zugleich der höchste Proteingehalt erfasst werden konnte.

Tabelle 95: Ertrags und Qualitätsergebnisse des Schwefelformenversuchs 2012 am Standort Osnabrück (*=signifikante Unterschiede, GD = 5%)

Versuchsvarianten	Sojaertrag dt/ha		Rohprotein in %		Rohfettgehalt in %		TKM in g	
Kontrolle	15,5	A	37,3	A	19,5**	B	165,9	A
Patentkali	19,6	A	39,8	B	18,7*	A	172,7	A
Rindermist	18,2	A	38,5	B	18,6*	A	169,3	A
Rindergülle	18,1	A	39,2	B	19,0	B	177,1	A
Schweinemist	17,8	A	40,1	B	18,5*	A	178,2	A
Kompost	19,3	A	38,9	B	19,0	B	166,3	A
Hühnertrockenkot	18,0	A	39,9	B	18,6*	A	177,9	A
Gärsubstrat	18,0	A	41,8	C	18,3*	A	183,7	A

Wie der Tabelle 95 zu entnehmen ist, schwankt das Gewicht der Tausendkornmasse von 165,9 g in der Kontrollparzelle bis 183,7 g bei dem Einsatz von Gärsubstrat. Nur unwesentlich höher als bei der Kontrolle liegt das TKG beim Einsatz von Kompost (166,3 g) und Rindermist (169,3 g). Bei Rindergülle, HTK und Schweinemist wurden keine nennenswerten Unterschiede gemessen. Die Streuung der Einzelwerte ist bei den durchgeführten Bonituren und den erhobenen Daten niedrig.

Diskussion

In den zwei Versuchsjahren (2012-2013), in denen Sojaschwefelversuche am Standort Osnabrück durchgeführt wurden, konnten keine signifikante Unterschiede hinsichtlich der Flächen und Bewirtschaftungsformen als auch der Sorten festgestellt werden. Ertrags - und Qualitätssteigerungen durch eine gesteigerte Schwefeldüngung konnten in beiden Jahren nicht

festgestellt werden. Es ist deutlich geworden, dass bei dem vorliegenden Ertragsniveau der Schwefelbedarf der Sojapflanze ausreichend aus dem Bodenvorrat gedeckt werden konnte.

Der Einsatz organischer S-Dünger im ökologischen Sojaanbau hat nach den vorliegenden Erfahrungen keine pflanzenbaulichen Vorteile generiert, weder Ertrags- noch Qualitätssteigerungen konnten gemessen werden. Trotz eines in 2012 mit 15,5 bis 19,6 dt/ha relativ geringem Ertragsniveau im Schwefelformenversuch erbrachte der Einsatz organischer Dünger keine pflanzenbaulichen Vorteile. Der Nährstoffbedarf der Sojapflanzen konnte über die im Boden befindlichen und mobilisierten/freigesetzten Nährstoffe gedeckt werden. Eine Inokulierung der Soja vor der Aussaat mit dem Bakterienstamm *Bradyrhizobium japonicum* führte zu einer Symbiose, bei der die Knöllchenbakterien Stickstoff für die Sojapflanze zur Verfügung stellten und diese ihren Bedarf hierdurch decken konnte. Festzuhalten bleibt dennoch, dass keine positiven Effekte einer Schwefeldüngung sowohl auf den Ertrag als auch auf die Qualität unter den am Standort Osnabrück vorherrschenden Bedingungen festgestellt werden konnten.

Auch im Schwefelformen- und Steigerungsversuch ist deutlich geworden, dass besonders in 2012 Tauben und Krähen massive Fraßschäden verursachen können, da diese nur unzureichend vergrämt werden konnten. Durch die Abdeckung der Versuchsfelder mit Kulturschutznetzen konnte ein Totalausfall in den kritischen Entwicklungsstadien vermieden werden. Dennoch traten auch nach der Abnahme der Kulturschutznetze (6 Wochen nach Aussaat) erhebliche Fraßschäden durch Tauben, Hasen und Rehe auf.

5.14 Arbeitspaket 4: Optimierung der Qualitäten von Speisesoja anhand einer eigens entwickelten Labortofurei (Life Food GmbH)

5.14.1 Bewertung der entwickelten Methode „Labortofurei“

Zielerreichung bezüglich Zeit- und Materialbedarf

Im letzten Projektjahr (2013) wurden zur Herstellung und Bewertung eines Tofus ca. 45 Personenarbeitsminuten benötigt. Darin eingeschlossen sind Vor- und Nachbereitungszeiten (Probenvorbereitung, Gerinnungsmittelinwiegung, Abwasch), Herstellungszeiten, Zeit für Dateneingabe, sowie Zeiten für Festigkeitsmessung und Sensorik. Das Ziel von 40 Personenarbeitsminuten konnte damit nicht ganz erreicht werden. Gegenüber der Situation vor Projektbeginn, als pro Tofu 120 Personenarbeitsminuten benötigt wurden, konnte aber eine deutliche Verbesserung erzielt werden. Entscheidend dafür waren die Automatisierung der Erhitzung der Sojamilch durch drei programmgesteuerte Magnetrührer und die Automatisierung der Tofupressung durch drei programmgesteuerte Pressen.

Eine kontinuierliche Leistung von 45 Personenarbeitsminuten je Tofu wurde von einem Zweierteam erst nach ca. einer Woche Einarbeitungszeit und einer weiteren Woche mit verminderter Probenzahl erreicht. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn die Labortofurei als Saisongeschäft betrieben wird und Saisonarbeitskräfte eingelernt werden müssen.

Der Sojabedarf konnte von 400 g je Probe auf 80 g reduziert werden. Die Zielmarke von 100 g wurde damit unterschritten, was insbesondere mit Blick auf die sehr geringen Sojamengen, die am Anfang des Züchtungsprozesses zur Verfügung stehen, zu begrüßen ist.

Alternative Entwicklungsschritte, Besonderheiten, offene Fragen

Die eingesetzten Sojaprobe wurden einheitlich behandelt, so dass von einem gleichen Wassergehalt ausgegangen werden konnte. Eine ausreichend genaue, schnelle und zerstörungsfreie Messmethode für den Wassergehalt stand nicht zur Verfügung. Der tatsächliche Wassergehalt der geprüften Sojabohnen war daher nicht bekannt, so dass Aussagen über die Tofuausbeute je Sojabohntrockensubstanz nicht getroffen werden konnten.

Eine noch stärkere Automatisierung der Sojamilchgewinnung (Trennung von Sojamilch und Faserstoffen) war im Verlauf der Entwicklung angestrebt worden. So wurden ohne Erfolg auch ein Entsafter (Power Juicer Plus), eine Laborzentrifuge und ein vorhandener Mini-Dekanter getestet. Es konnte aufgrund des vergleichsweise hohen Materialbedarfs für den Einfahrvorgang keine ausreichende Trennschärfe zwischen den Proben erzielt werden (Zentrifuge und Dekanter) oder die Trennung von Faserstoffen und Sojamilch war unzureichend (Zentrifuge).

Die Gerinnungsmittel in der Labortofurei wurden gegenüber den Verhältnissen in der realen Tofuproduktion mit der Sorte Primus um ca. 25% überdosiert. Außerdem wurde in der Labortofurei verhältnismäßig mehr Nigari als Calciumsulfat Dihydrat eingesetzt. Dies war nötig, um auch Genotypen mit potentiell hohem Gerinnungsmittelbedarf sicher zur Koagulation zu bringen. Nachteilig an dieser Überdosierung ist, dass Genotypen und Sorten (Primus) mit potentiell geringerem Gerinnungsmittelbedarf zu fest werden können. Auch die Fehlnoten „adstringierend“ und „bitter“ sowie das Mundgefühl „trocken“ können verstärkt auftreten. Sobald

Genotypen in die engere Wahl geraten und ausreichend Sojabohnen zur Verfügung stehen, sollten Messreihen mit unterschiedlichen Gerinnungsmittelkonzentrationen gefahren werden.

Wiederholgenauigkeit und Einführung des Parameters „Tofuwert“

Tabelle 96 zeigt die Tofueigenschaften der in den Jahren 2012 und 2013 verwendeten Standards der Sorte Primus. Bei der „Ausbeute Sojamilch“ wurde eine sehr gute Wiederholbarkeit (rel. Fehler max. 1,6%) erreicht. Für die Tofuausbeute wurde eine gute und für die übrigen Größen eine gute bis zufriedenstellenden Wiederholbarkeit erzielt.

Tabelle 96: Primus-Standards der Jahre 2012 und 2013. n = Anzahl, RP = Rohproteingehalt M(*) = stärkere Entmolkung ab Probe Nr. 112 im Jahr 2013.

Standard	n		Ausb. Milch [g/g]	Ausb. Tofu [g/g]	Festigk. [N]	Tofu-wert	Fehl-note	Mund-gefühl
Primus	29	Mittelw.	7,99	2,61	70	469	96	95
EWE 2012		Stabw.	0,12	0,11	10	35	8	11
44,5% RP		rel. Fehl.	1,5%	4,1%	14,5%	7,4%	8,7%	11,6%
Primus	21	Mittelw.	8,07	2,56	73	476	90	93
KHO 2012		Stabw.	0,07	0,13	13	41	14	11
44,8% RP		rel. Fehl.	0,9%	5,1%	17,6%	8,7%	15,6%	11,8%
Primus	29	Mittelw.	7,61	2,49	69	438	93	96
Rue 2013		Stabw.	0,11	0,10	9	16	10	7
42,0% RP		rel. Fehl.	1,5%	4,2%	12,9%	3,7%	11,1%	6,8%
Primus	14	Mittelw.	7,53	2,39	77	439	98	96
Rue 2013 M (*)		Stabw.	0,12	0,09	8	22	6	7
42,0% RP		rel. Fehl.	1,6%	3,9%	10,1%	5,0%	5,7%	7,0%
Primus Ren	106	Mittelw.	7,56	2,14	111	509	96	98
2013 M (*)		Stabw.	0,09	0,08	11	36	6	10
42,9% RP		rel. Fehl.	1,6%	3,9%	10,1%	5,0%	5,7%	7,0%

Bei der Herstellung von Labortofu aus demselben Primus-Standard wurden zwischen einzelnen Labortagen immer wieder unbefriedigende Schwankungen bei den Messgrößen Ausbeute und Festigkeit festgestellt. Dabei besteht zwischen den beiden Größen ein auch aus der Praxis der großtechnischen Herstellung bekannter Zusammenhang. Mit höherer Ausbeute nimmt die Festigkeit des Tofus eher ab und umgekehrt liefert sehr festes Tofu häufig eine geringere Ausbeute. Grund dafür sind vermutlich u.a. die Schwierigkeiten bei der Standardisierung der Entmolkung des Tofubruchs, bevor er in die Presse gegeben wird. Entsprechend sind im festen

Tofu nach der Pressung unterschiedliche Mengen von Molke eingelagert. Je höher die Molkeeinlagerung, desto höher die Ausbeute und desto geringer die Festigkeit des Tofus.

Um die beiden zentralen Erfolgsparameter Ausbeute und Festigkeit simultan betrachten zu können, wurde deren Zusammenhang mittels linearer, polynomieller und exponentieller Regression analysiert. Unter den Gesichtspunkten der Korrelation und Varianz der Residuen wurde ein polynomieller Zusammenhang bevorzugt:

$$\text{Tofuwert} = \text{Festigkeit} \times \text{Ausbeute}^2$$

Der Tofuwert wurde anschließend auf alle Probenergebnisse mit **Festigkeiten im Intervall von 70 N – 130 N** angewendet und soll bei zukünftigen Untersuchungen vertiefend untersucht werden.

5.14.2 Festlegung einer Mindest-Tofufestigkeit als Selektionskriterium

Bei der Bestimmung der Tofufestigkeit konnte zwischen den menschlichen Beurteilungen und den Messwerten des Texturmessgerätes eine zufriedenstellende Korrelation gefunden werden (vgl. Abbildung 104). Da Tofu zur Weiterverarbeitung eher fester sein sollte, wurde ein Bereich von 80 – 105 N als optimale Tofufestigkeit definiert und als Selektionsmerkmal festgelegt.

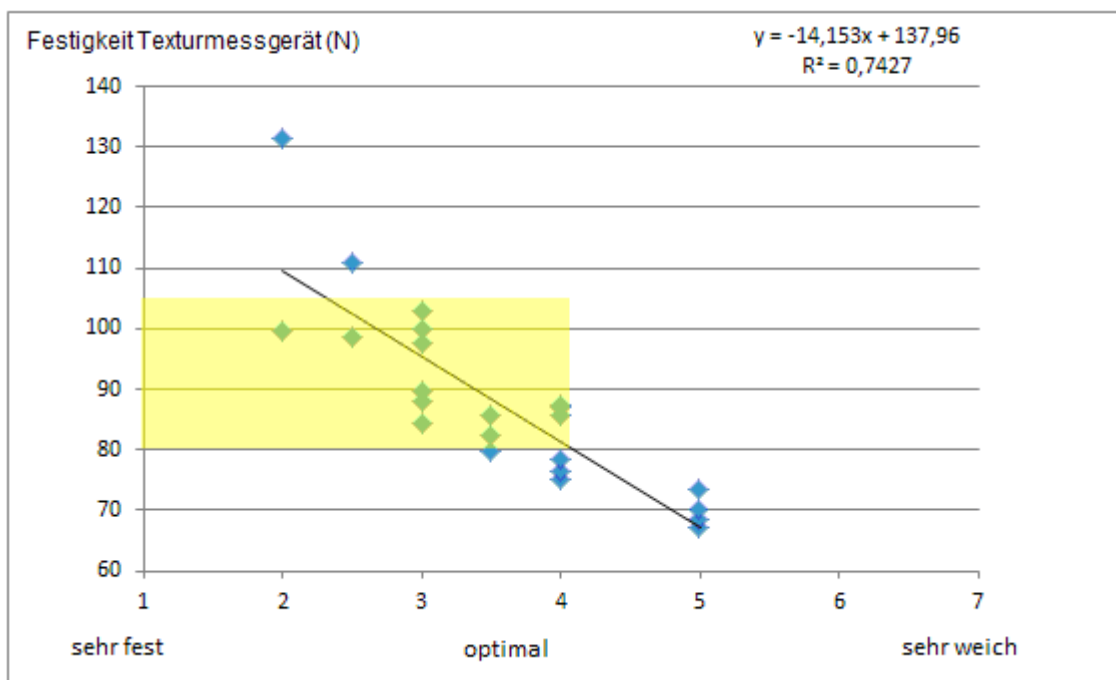


Abbildung 104: Beziehung zwischen Tofufestigkeit ermittelt durch Mensch und Texturmessgerät

5.14.3 Tofu-Eigenschaften ausgewählter Sorten und Linien

Abbildung 105 und Abbildung 106 zeigen die Tofueigenschaften der im deutschen Sojaanbau am stärksten verbreiteten Sorten. Auffällig ist, dass ES Mentor und Sigalia durchaus die Tofuabbeute der Standard Tofusorte Primus erreichen. Bei der Tofufestigkeit dagegen sind die verbreiteten Sorten mit Ausnahme von Merlin signifikant weicher als Primus. **Die für Taifun-Tofu nötige Mindestfestigkeit von 70 N wird von diesen Sorten nicht erreicht.** Signifikante Abweichungen bei Mundgefühl und Geschmack konnten nicht festgestellt werden.

Anders bei den neuen Sorten **Korus** aus der Reifegruppe 00 und **Protibus** aus der Reifegruppe 000 (Abbildung 107 und Abbildung 108). Beide wurden von den Züchtern (Prograin bzw. ACW) mit Blick auf Tofueignung gezüchtet. Korus übertrifft bei den Parametern Tofuabbeute und Festigkeit sogar die Sorte Primus und weist wie Primus keine Fehlnoten auf. Lediglich beim Mundgefühl ist Korus signifikant schwächer (Attribute „trocken“ und „krümelig“) als Primus. Weitergehende Versuche haben allerdings gezeigt, dass diese Fehler im Mundgefühl bei reduziertem Gerinnungsmittelleinsatz deutlich schwächer ausgeprägt sind. Damit kann Korus, die einen signifikant besseren Tofuwert als Primus zeigt, und die zudem auch sehr gute agronomische Eigenschaften aufweist, als außerordentlich vielversprechende Tofusorte im frühreifen Bereich angesehen werden.

Protibus zeigt eine sehr gute Tofuabbeute bei ausreichender Festigkeit sowie keine sensorischen Makel. Protibus ist daher möglicherweise eine interessante Tofusorte für den sehr frühen Bereich. Erste Erfahrungen im Feld weisen allerdings auf Schwächen bei Standfestigkeit und Ertrag hin.

Die von der Landessaatzuchtanstalt (UHOH) entwickelten Kreuzungen (Genotypen) 1 bis 3 (Abbildung 107 und Abbildung 108) aus der Reifegruppe 000 sind ebenfalls vielversprechend. Alle erbringen signifikant bessere Abbeuten als Primus bei ausreichender Festigkeit. Der Tofuwert aller drei Kreuzungen ist mit Primus vergleichbar. Bei Fehlnoten und Mundgefühl gibt es keine Auffälligkeiten.

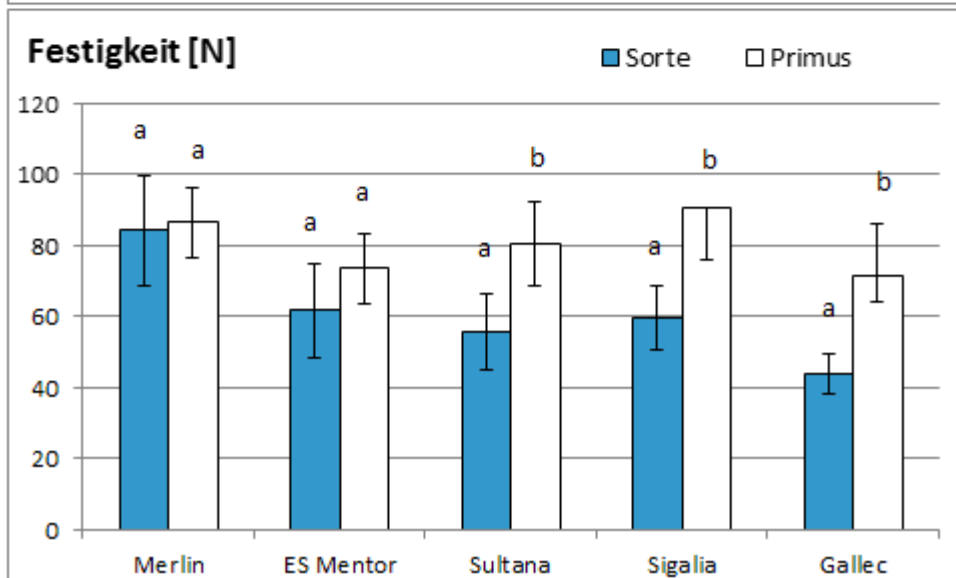
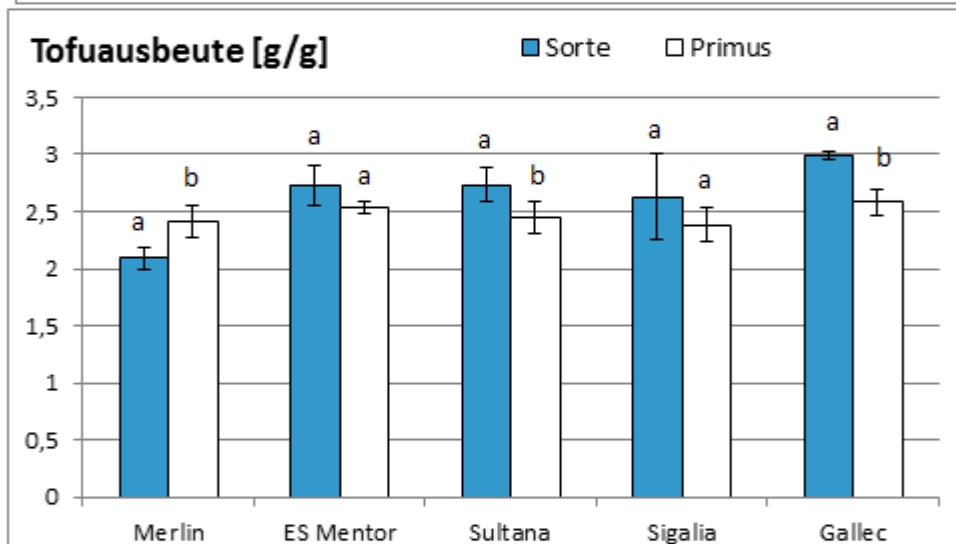
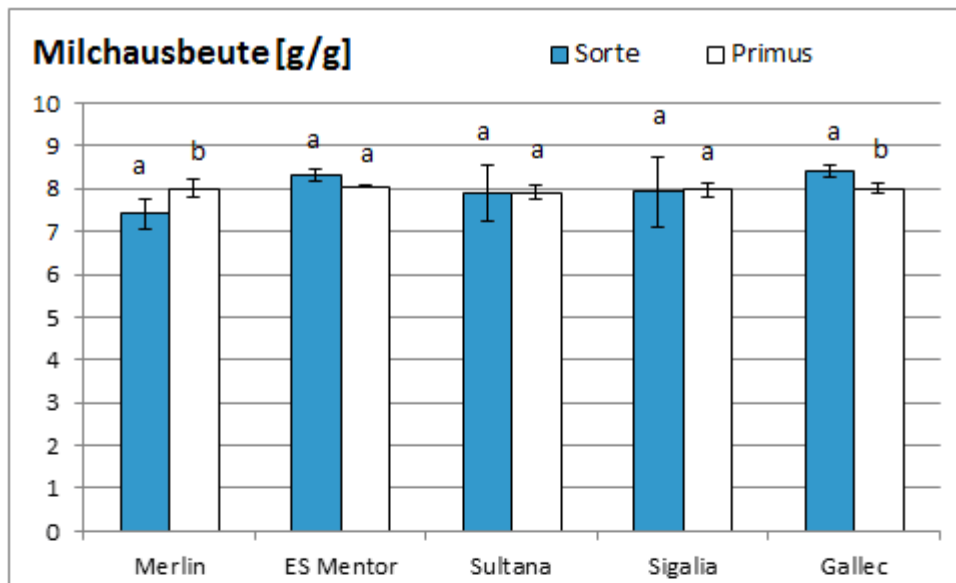


Abbildung 105: Vergleich verbreiteter Sorten mit Standard Primus desselben Tages. Mittelwerte mit demselben Buchstaben zweier direkt benachbarter Säulen sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$). Fehlerindikatoren = Standardabweichungen.

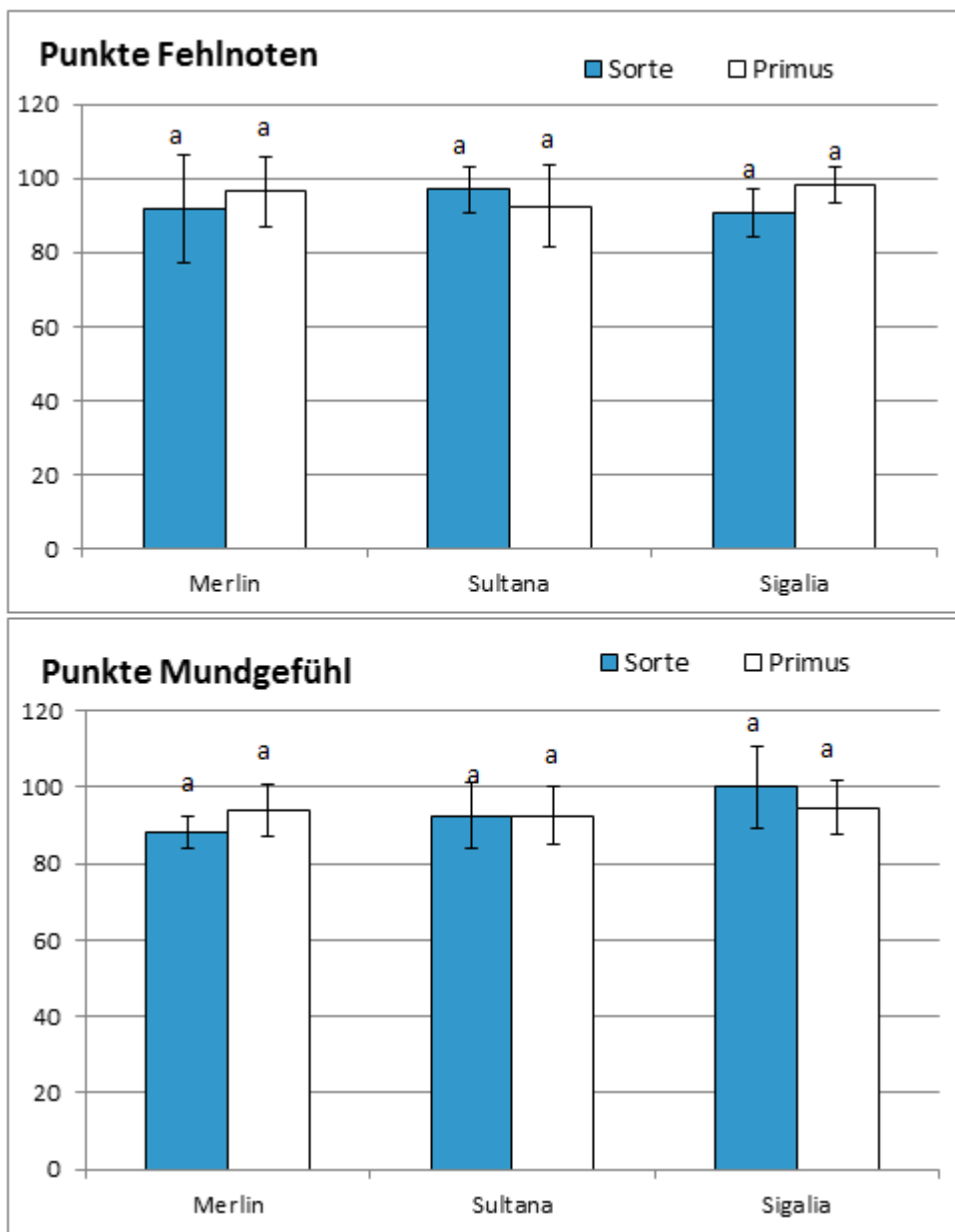


Abbildung 106: Vergleich verbreiteter Sorten mit Standard Primus desselben Tages. Mittelwerte mit demselben Buchstaben zweier direkt benachbarter Säulen sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$). Fehlerindikatoren = Standardabweichungen.

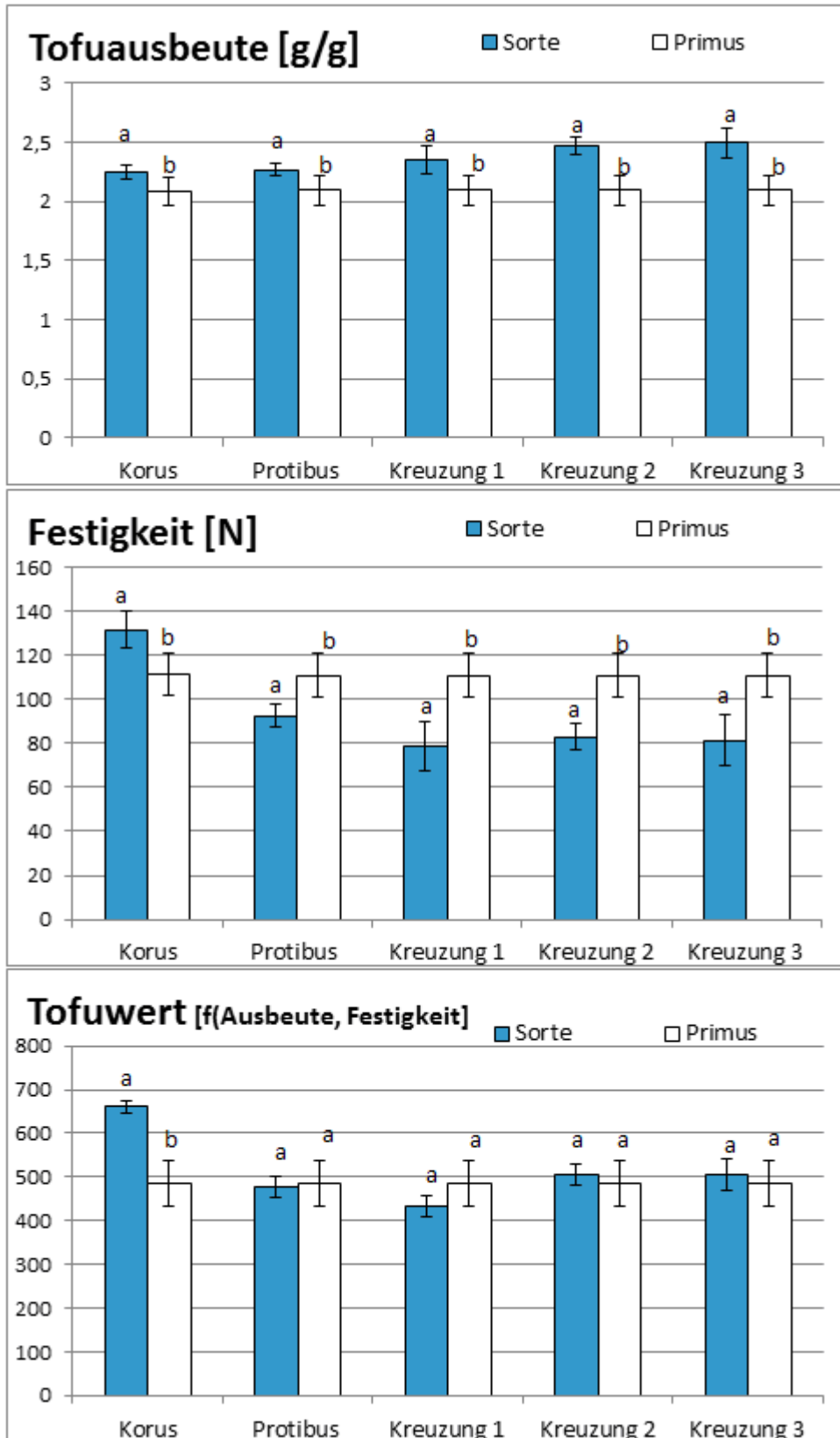


Abbildung 107: Vergleich vielversprechender neuer Tofu-Sorten und -Kreuzungen mit Standard Primus desselben Tages. Mittelwerte mit demselben Buchstaben zweier direkt benachbarter Säulen sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$). Fehlerindikatoren = Standardabweichungen.

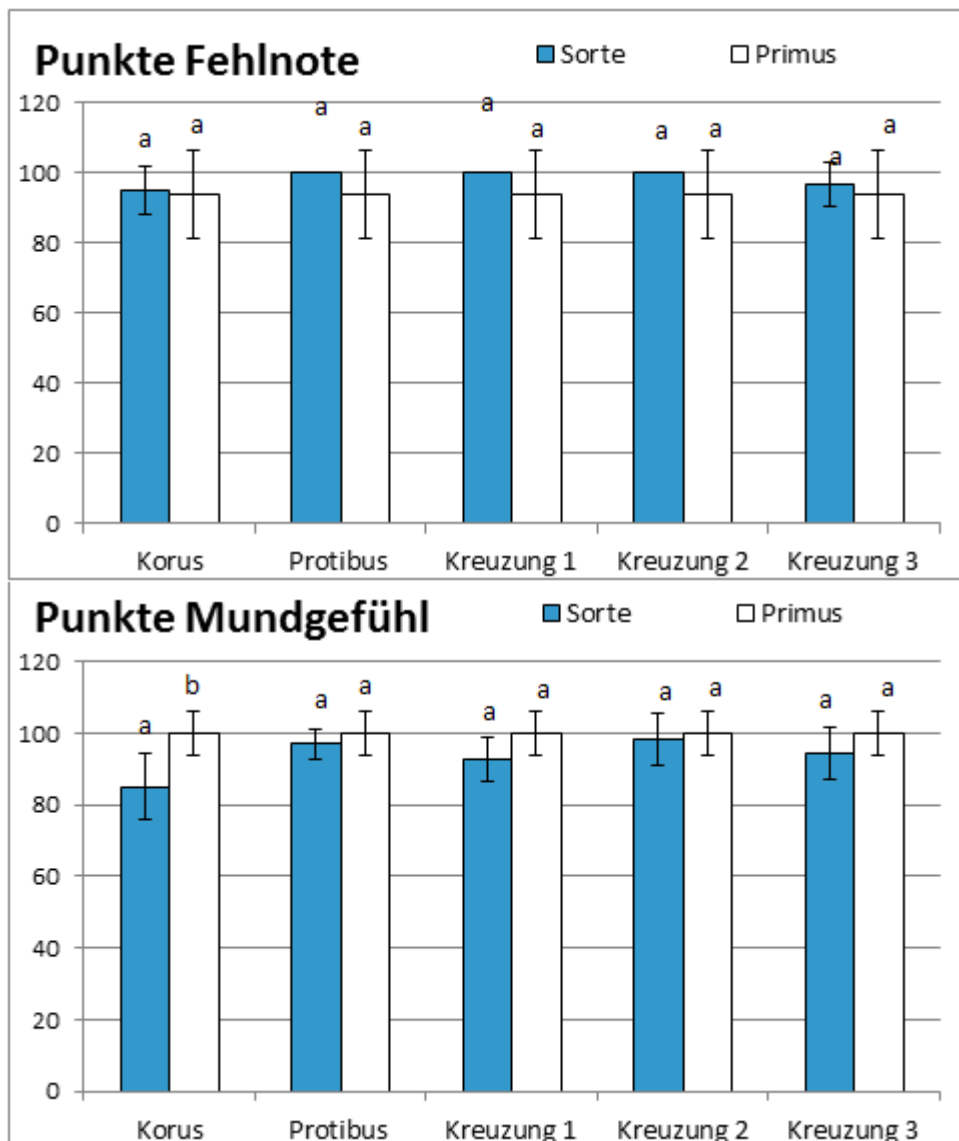


Abbildung 108: Vergleich vielversprechender neuer Tofu-Sorten und -Kreuzungen mit Standard Primus desselben Tages. Mittelwerte mit demselben Buchstaben zweier direkt benachbarter Säulen sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$). Fehlerindikatoren = Standardabweichungen.

5.14.4 NIRS-Untersuchungen

NIRS-Untersuchungen zur Ermittlung der Tofu-Qualität von Sojalinien

Die Ergebnisse der Labortofuferei wurden als Referenzwerte für eine NIRS-Kalibration eingesetzt. Trotz der Verwendung verschiedenster Spektrenbehandlungen und mathematischer Modelle konnte keine Kalibration erstellt werden, die einen RPD-Wert über 2,5 aufwies. Das heißt, keine der Kalibrationen ist ausreichend genau, um die damit erhaltenen Schätzwerte für eine Vorselektion verwenden zu können. Daher ist es derzeit nicht möglich, die Tofuqualität von Sojabohnen anhand der NIRS-Spektren vorherzusagen. Weitere Untersuchungen sind zukünftig notwendig, um einen Schnelltest für eine Vorselektion entwickeln zu können.

NIRS-Untersuchungen zur Ermittlung des Cadmium-Gehalts von Sojalinien

Es ist bekannt, dass Sojabohnen hohe Gehalte an Cadmium aufweisen können. Da Cadmium gesundheitsgefährdend ist, ist es sinnvoll, nur Chargen mit niedrigen Gehalten zu verwenden. Gemäß der Rückstandshöchstmengenverordnung der EU (VO (EG) Nr. 1881/2006) dürfen Sojabohnen maximal 0,20 mg/kg Cadmium enthalten. Es wurden deutliche Unterschiede im Cadmiumgehalt der untersuchten Sorten und Herkünfte gefunden; der niedrigste Wert lag bei 0,14 mg/kg, der höchste bei 0,59 mg/kg Cadmium. Eine aussagekräftige NIRS-Kalibration zur Ermittlung des Cadmiumgehaltes konnte jedoch nicht erstellt werden.

NIRS-Untersuchungen zur Bestimmung des 11S/7S Verhältnisses von Sojalinien.

In der Literatur ist beschrieben, dass eine Beziehung besteht zwischen der Tofu-Qualität und der Zusammensetzung der Protein-Untereinheiten (Stanojevic *et al.*, 2011). Vor allem das Verhältnis zwischen Glycinin (11S) und beta-Conglycinin (7S) soll die Qualitätseigenschaften von Tofu beeinflussen.

Da 11S/7S-Untersuchungen aber vergleichsweise teuer sind, wurde geprüft, ob eine NIRS-Kalibration möglich ist. Es wurden 50 unterschiedliche Sojalinien bzw. Sorten auf ihr 11S/7S Verhältnis untersucht. Die erhaltenen Werte dienten als Referenz für eine NIRS-Kalibration. Wie in Abbildung 109 und Abbildung 110 ersichtlich, stehen die Chancen gut, eine NIRS-Kalibration für die Bestimmung der 11S- und 7S-Gehalte des Sojaproteins zu erstellen. Allerdings ist die Anzahl an Untersuchungen noch nicht ausreichend, um eine abschließende NIRS-Kalibration durchzuführen.

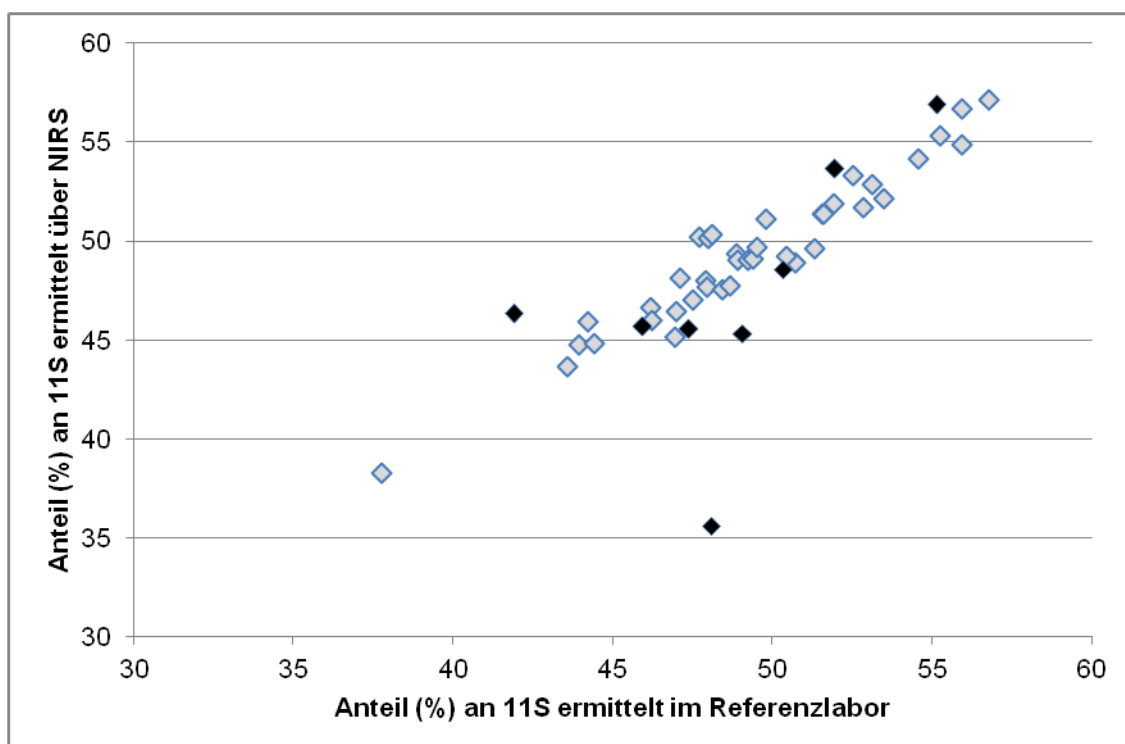


Abbildung 109: Gegenüberstellung der über NIRS und im Referenzlabor ermittelten Gehalte an 11S. Die für die Kalibration verwendeten Werte sind hell, die unabhängig validierten Werte sind dunkel dargestellt.

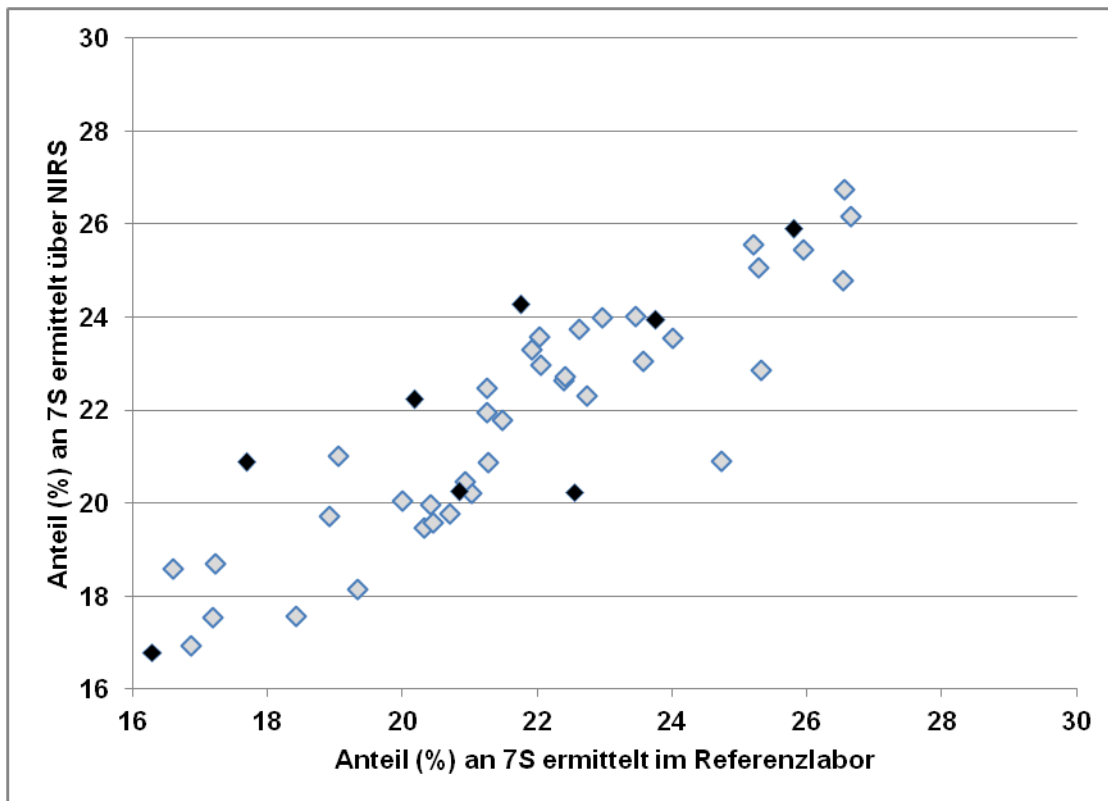


Abbildung 110: Gegenüberstellung der über NIRS und im Referenzlabor ermittelten Gehalte an 7S. Die für die Kalibration verwendeten Werte sind hell, die unabhängig validierten Werte sind dunkel dargestellt.

5.15 Arbeitspaket 5: Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit

5.15.1 Website

Allgemein

Im ersten Halbjahr 2011 wurde die Website www.sojainfo.de programmiert und mit ersten Inhalten zum Projekt und zu Anbaufragen befüllt. Daneben wurde der Terminkalender, der auf Veranstaltungen zum Thema Soja hinweist, stetig aktuell gehalten. Die Website wurde von Beginn an publik gemacht. Neben Pressemeldungen mit Hinweisen auf die Website sowie auf neue Inhalte (siehe 5.15.2) wurden zur Bekanntmachung auch Flyer und Visitenkarten erstellt, die auf die Website hinweisen. Mit der Ausweitung des Projektes, das zunächst nur für den ökologischen Anbau konzipiert war, auch auf den konventionellen Sojaanbau wurde die Website um Informationen zum konventionellen Sojaanbau und hier insbesondere zum chemischen Pflanzenschutz ergänzt. Im Durchschnitt besuchten ca. 1600 Personen die Website pro Monat, in den letzten Monaten sowie zu Beginn der Anbausaison lagen die Besucherzahlen bei über 2500.

In der weiteren Projektlaufzeit wurden kontinuierlich neue Inhalte auf die Website gestellt.

Neue Inhalte

Im Rahmen des Projektes wurden die Informationen zur Verwertung stark ausgeweitet. Es wurden ausführliche Beiträge zu den antinutritiven Faktoren sowie weiteren Qualitätsparametern von Sojafuttermitteln erstellt. Daneben wurden die verschiedenen Aufbereitungsverfahren für Sojabohnen detailliert beschrieben und zu jedem Verfahren ein Anlagentyp ausführlich vorgestellt. Es wurden auch Informationen zur Haltbarkeit von verschiedenen Sojafuttermitteln bereitgestellt.

Zum Anbau wurde in den Bereichen Krankheiten, Schädlinge, Mulch- und Direktsaat und Mähdrusch recherchiert und es wurden vertiefte Informationen auf der Website eingestellt.

Außerdem wurden Beiträge von Projektpartnern oder Dritten zum Sojaanbau in den Bundesländern bzw. im Ausland, zu Anbausystemen etc. veröffentlicht.

Als besonderes Element wurde im Jahr 2011 das Sojatagebuch auf der Website geführt. In diesem beschrieb Naturland Landwirt Ludwig Asam wöchentlich in Wort und Bild, wie sich die neun verschiedenen Sojasorten in seinem Streifenversuch entwickeln und was es beim Sojaanbau allgemein zu beachten gilt.

FAQ

Mit der Funktion „Häufige Fragen“ wurde auf der Website ein interaktives Element geschaffen. Über ein Formular konnten Fragen zum Sojaanbau gestellt werden, die vom Wissenstransfer-Team beantwortet und veröffentlicht wurden. Diese Funktion wurde von den Nutzern gut angenommen, es wurden über 50 Fragen eingeschickt und veröffentlicht.

Fazit: Inhaltlich konnte die Website informativ und vielseitig gestaltet werden, neue Themen und Artikel konnten zeitnah umgesetzt werden. An den Besucherzahlen und dem Feedback der Nutzer lässt sich erkennen, dass das Ziel, eine Plattform für den heimischen Sojaanbau zu schaffen, gut erreicht wurde.

5.15.2 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Pressemeldungen

Im Rahmen des Projektes wurden fünf Pressemeldungen herausgegeben, die Meldung zum Sojatag 2013 und zum Abschluss des Projektes wurde unterstützend begleitet.

Tabelle 97: Übersicht über die veröffentlichten Pressemeldungen

Meldung	Veröffentlichungsdatum	Inhalt/Anlass
Forschungsprojekt zum heimischen Sojaanbau gestartet	28. Januar 2011	Projektstart
Informationen zum Sojaanbau – beim Feldtag und online	28. Juni 2011	Werbung Website und Feldtag
Sojaaufbereitung im Fokus von Forschung & Entwicklung	13. Januar 2012	Projekterweiterung
Praxistipps zum Sojaanbau	2. Mai 2012	Veröffentlichung der Soja-Praxistipps
Heimische Sojabohnen auf dem eigenen betrieb verfüttern – Fütterungsfibel gibt Praxistipps	14. Mai 2013	Veröffentlichung der Fütterungsfibel

Sämtliche Pressemeldungen wurden gut angenommen und sind unter anderem in Agrar europe, proplanta, agrar-heute, topagrar, oekolandbau.de, den Naturland-Nachrichten, dem Bioland-Magazin und den landwirtschaftlichen Wochenblättern der Länder erschienen. Daneben konnte die Öffentlichkeitsarbeit ihre Ausstrahlung sogar bis nach Luxemburg entfalten, wo auch eine Meldung aus dem Projekt erschienen ist.

Daneben wurde für die Presse eine vierseitige Übersicht über das Projekt erstellt, das auf der Website zum Download zur Verfügung gestellt wurde und per Mail bzw. als Printversion an interessierte Journalisten verteilt wurde. Diese ist unter folgendem Link zu finden: http://sojainfo.de/fileadmin/soja/documents/Presse/soja_projektbeschreibung_uebersicht.pdf

Flyer und RollUps

Um auf das Projekt und die Website aufmerksam zu machen, wurde ein Flyer mit Informationen zum Projekt erstellt. Die Printversion wurde bei Veranstaltungen ausgelegt, daneben wurde der Flyer auch über die Website verfügbar gemacht: http://sojainfo.de/fileadmin/soja/documents/Flyer/sojainfo_flyer.pdf

Außerdem wurden zwei RollUps mit Projektlogo und -titel angefertigt. Diese kamen bei den Projektveranstaltungen zum Einsatz und wurden z.B. auch dem BMELV bzw. der BLE für Veranstaltungen zur Verfügung gestellt.

Öffentlichkeitsarbeit allgemein

Per Telefon und E-Mail wurde zahlreichen Journalisten sowie Landwirten und Studenten Auskunft über den heimischen Sojaanbau gegeben.

Artikel rund um das Projekt

Zahlreiche von Dritten verfasste Artikel über Veranstaltungen aus dem Projekt sowie zu den Themen Sojaanbau und Sojaaufbereitung sind während der Projektlaufzeit erschienen. Dazu zählen Artikel in der WirtschaftsWoche Green Economy, in der ZEIT, im Hamburger Abendblatt und im AgriBizz. Aus Platzgründen wird auf die Aufzählung der einzelnen Artikel verzichtet.

Fazit: Die begleitende Öffentlichkeitsarbeit konnte in den entsprechenden Fachmedien und weit darüber hinaus eine hohe Aufmerksamkeit für den heimischen Sojaanbau und somit auch für das Projekt und die Website erzeugen.

5.15.3 Veranstaltungen und Feldtage

Veranstaltungen

Der Sojatag 2012 fand am 18. Dezember 2012 in Frankfurt am Main statt. Es wurden erste Projektergebnisse vorgestellt. Mit knapp 90 Teilnehmern aus Deutschland und dem gesamten deutschsprachigen Ausland war die Veranstaltung gut besucht.

Der Sojatag 2013, der gleichzeitig Abschlussveranstaltung des Projektes war, fand am 17. Dezember 2013 in Frankfurt am Main statt. An dieser Veranstaltung nahmen rund 120 Personen teil, womit sie außerordentlich erfolgreich war.

Daneben wurde bei der BioFach 2013 ein Fachforum zum heimischen Sojaanbau organisiert und durchgeführt.

Feldtage

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Feldtage, zum Teil in Kooperation mit weiteren Partnern, geplant, organisiert und durchgeführt:

- Feldtag Öko-Soja in Kissing (Bayern) am 25. Juni 2011
- Feldtag Sojasorten in Werneck-Mühlhausen (Bayern) am 13. Juli 2011
- Ökofeldtag Groß-Lüsewitz (Mecklenburg-Vorpommern) am 12. Juni 2012
- Feldtag Bodenfruchtbarkeit und Soja in Frankenhausen (Hessen) am 2. Juli 2012
- Sojatag in Leuchtenberg (Rheinland-Pfalz) am 23. Juni 2012
- Sojatag in Buttstedt (Thüringen) am 4. Juli 2012
- Sojatag in Maibach (Bayern) am 13. Juli 2012
- Feldtag „Eiweiß für Mensch und Tier von heimischen Feldern“ in Ahorn-Hohenstadt (Baden-Württemberg) am 8. Juni 2013
- Ökofeldtag Sojabohnen- und Buchweizenanbau in Lessien (Niedersachsen) am 20. Juni 2013
- Feldtag Leguminosen in Frankenhausen (Hessen) am 26. Juni 2013
- Feldtag Sojaanbau und Direktsaat in Waldenburg (Sachsen) am 3. Juli 2013
- Feldtag „Eiweiß für Mensch und Tier von heimischen Feldern“ in Altheim (Baden-Württemberg) am 10. Juli 2013

- › Drusch- und Aufbereitungsfeldtag in Aschau am Inn (Bayern) am 8. September 2013
- › Feldbesichtigung und Vorträge zu „Öko-Sojaanbau – passend für meinen Betrieb?“ am 11. September 2013 in Tübingen (Baden-Württemberg)
- › Feldtag in Belm (Langsenkamp) 2013 Vehrter Pionierarbeit in Sachen Soja NOZ 17. September 2013
- › Feldtag zu Drusch und Toasten in Fochtenberg-Schöntal am 22. September 2013
- › Bioland Regionaltagungen (Waldhof – Osnabrück) Juni 2013, Juni 2012, Juni 2011

Zu einem Teil der Feldtage gibt es Berichte, die unter http://sojainfo.de/soja_terminrueckschau.html bzw. <http://orgprints.org/19821/> nachgelesen werden können.

Sämtliche Feldtage waren gut besucht, was das große Interesse seitens der Berater und Praktiker widerspiegelt.

Im Jahr 2011 wurden folgende Feldtage durch das Projekt unterstützt und zum Teil für die Projektwebsite als virtuelle Feldtage aufbereitet:

- › Juli: Exkursion im Raum Augsburg
- › August: Feldtag in Frankenhausen
- › September: Feldtag in Osnabrück

Das Projekt war über Referenten an zahlreichen weiteren Feldtagen in den Jahren 2011 bis 2013 beteiligt.

Fazit: Sowohl die Vortragsveranstaltungen als auch die Feldtage waren sehr gut besucht, was die derzeit große Relevanz des Themas widerspiegelt.

5.15.4 Veröffentlichungen und Recherche

Anbaubroschüre

Rechtzeitig zur Anbausaison 2012 wurde jeweils eine Anbaubroschüre zum konventionellen und biologischen Sojaanbau erstellt und auf der Website zum Download angeboten. Sie enthalten die wichtigsten Informationen zum Anbau von der Vorfurcht bis zur Ernte. Anfang 2013 wurden die Informationen aktualisiert. Die Broschüren sind unter http://sojainfo.de/fileadmin/soja/documents/Praxistipps/soja_praxistipps_konventionell_2013.pdf bzw. http://sojainfo.de/fileadmin/soja/documents/Praxistipps/soja_praxistipps_bio_2013.pdf oder <http://orgprints.org/19821/> zu finden.

Fütterungsfibel

Bei der Begutachtung der verschiedenen UFOP-Praxisbroschüren, die bei Praktikern sehr beliebt sind, wurde festgestellt, dass zu Sojabohnen keine Informationen vorhanden waren. (<http://www.ufop.de/medien/downloads/agrar-info/praxisinformationen/oel-und-proteinpflanzen/>).

Durch Hinweise von Praktikern auf diese Wissens- und Informationslücke im Bereich der Fütterung von Nutztieren mit Vollfettsojafuttermitteln und Sojakuchen wurde Professor Bellof, der Hochschule Weihenstephan angesprochen, einen Überblick über den Stand des Wissens zu erstellen. Herr Bellof hatte sich im Vorfeld umfangreich mit den Futtermitteln beschäftigt und Fütterungsversuche durchgeführt (STEINER UND BELLOF 2009). Die Fütterungsfibel wurde frei zugänglich unter

http://sojainfo.de/fileadmin/soja/documents/Fuetterungsfibel/soja_fuetterungsfibel.pdf

oder <http://orgprints.org/24970/> veröffentlicht.

Agrar Dossier Nr. 28: Futtermittel

Auf Anfrage der Agrar Koordination – Forum für internationale Agrarpolitik e.V. wurde ein Kapitel für das Futtermitteldossier erstellt, das über Futtermittelimporte und Möglichkeiten zur heimischen Futtermittelproduktion informiert. Dafür wurde ein Kapitel zu den Chancen des heimischen Sojaanbaus verfasst.

Nicht-wissenschaftliche Fachartikel

Tabelle 98: Übersicht über die nicht-wissenschaftlichen Veröffentlichungen

Titel	Publikationsdatum	Publikationsort
Interview: Sojaanbau in Deutschland	August 2011	Naturland Nachrichten 4/2011
Neun Sojasorten im Praxistest	Januar 2012	Bioland Magazin 1/2012
Neun Sojasorten im Praxistest – ein Erfahrungsbericht	Dezember 2011	Naturland Nachrichten 6/2011
Leguminosen verdienen mehr Anerkennung	Februar 2012	Agrazzeitung von 3. Februar 2012
Sojaanbau in Niedersachsen ist sinnvoll	März 2012	BioHandel
Soja in Mulchsaat	August 2012	BWagrar 31/2012
Mehr Soja aus Deutschland?	Dezember 2012	www.oekolandbau.de
Mehr Soja aus Deutschland	Januar 2013	AckerPLUS 1/2013
Künftig mehr Soja aus Deutschland	Januar 2013	Fränkische Nachrichten, 17.1.2013
Erste Ergebnisse aus der Sojaanbau-Forschung	Januar 2013	Agrarheute 2.1.2013
Sojaanbau - und dann? Möglichkeiten zur	März 2013	www.oekolandbau.de

Sojaverwertung		
Anbau von Sojabohnen in Mulch- und Direktsaat nach Futterroggen – geht das in der Praxis?	Mai 2013	Landwirtschaft ohne Pflug 5/2013
Sojabohnen Sortenversuch in Unterfranken von 2011 bis 2013	Dezember 2013	Naturland Nachrichten 6/2013
Klimawandel ermöglicht den Sojaanbau in Deutschland (Podcast)	November 2012	Agrarheute (D. Trautz)
Soja breitet sich in Deutschland aus	November 2012	www.klimaretter.info (D. Trautz)
Interview Rückblick: Sag ja zur Soja	Dezember 2012	www.taz.de (D. Trautz)
Chancen und Begrenzung. Fachforum Eiweißstrategie – Potentiale einheimischer Rohstoffe als Proteinquelle für Mensch und Tier	Juli 2012	Landesinitiative Ernährungswirtschaft (D. Trautz)
Vehrter Pionierarbeit in Sachen Soja	September 2013	Neue Osnabrücker Zeitung http://www.noz.de/lokales/belm/artikel/413874/vehrter-pionierarbeit-in-sache-soja
Unsere Gier nach Futter	Dezember 2011	www.zeit.de (D. Trautz)

Für die April-Ausgabe der Naturland Nachrichten ist außerdem der Themenschwerpunkt Sojaanbau geplant, hier werden Artikel aus dem Projekt beigetragen.

5.15.5 Vorträge

Folgende Vorträge wurden von den Projektpartnern im Rahmen des Projektes gehalten.

Tabelle 99: Übersicht über die im Rahmen des Projektes gehaltenen Vorträge

Vortrag	Veranstalter	Ort	Datum	Gehalten von
Sojabohnen - eine Alternative in der Fruchtfolge?	Landratsamt Ludwigsburg	Ludwigsburg	16.02.2011	Jürgen Recknagel
Sojabohnen - eine Alternative in der Fruchtfolge?	Landratsamt Biberach	Biberach	1.03.2011	Jürgen Recknagel
Sojabohnen - eine Alternative in der Fruchtfolge?	Beratungsbesprechung Landratsämter - ZG Raiffeisen	Karlsruhe-Rüppur	16.03.2011	Jürgen Recknagel
Anbau von Soja für die menschliche Ernährung	Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL)	Schwäbisch Gmünd	01.06.2011	Martin Miersch
Sojabohnenanbau in Deutschland	Naturland-Feldtag ‚Öko-Soja‘	Dasing/Kissing:	26.06.2011	Jürgen Recknagel
Sojabohnen - Anbau und Verwertung	LEL Schwäbisch Gmünd; Fortbildung Eiweißpflanzenanbau	Schwäbisch Gmünd	29.06.2011	Jürgen Recknagel
Der Anbau von Premium Tofu-Sojabohnen	Demeter Baden-Württemberg	Freiburg	30.06.2011	Martin Miersch

Pflanzenbauliche Herausforderungen und Fragen der Verwertung von Soja	HfWU Nürtingen	Tachenhausen	02.07.2011	Jürgen Recknagel
Der Anbau von Premium Tofu-Sojabohnen	Universität Hohenheim	Freiburg	05.07.2011	Martin Miersch
Ausweitung Sojaanbau in Deutschland	FiBL/Naturland	Obbach	13.07.2011	KP. Wilbois
Ausweitung Sojaanbau in Deutschland	Bioland	Dasing	14.07.2011	KP. Wilbois
Anbauwürdigkeit von Soja (Hirsen = Malinowski) sowie frühen Raps- und Winterweizensorten?	LTZ (intern)	Rheinstetten-Forchheim	22.07.2011	Jürgen Recknagel
Anbau von Soja in Deutschland: Forschungsstand und Praxisbeispiele.	Universität Kassel	Frankenhausen	02.08.2011	Jürgen Recknagel
Sojaanbau in Deutschland	ZIA	CZ-Ostrava	07.09.2011	Jürgen Recknagel
Sojabohnen – Anbau und Nutzung	Landwirtschaftsamt Enzkreis	Mühlacker	16.01.2012	Jürgen Recknagel
Anbau von Körnerleguminosen – Ansprüche, Erträge, Verwertbarkeit als Viehfutter	ULB Backnang	Backnang	18.01.2012	Jürgen Recknagel
Ergebnisse Sortenversuch Kissling, Vergleich Einzelkorn, Drillsaat und ökologischer Anbau	Rieder Asamhof GmbH & CoKG	Dasing	18.01.2012	Ludwig Asam
Pflanzenbauliche Ansatzpunkte zur Steigerung des Anbaus von Körnerleguminosen	LEL Schwäbisch Gmünd	Schwäbisch Gmünd	24. und 26.01.2012	Jürgen Recknagel
Verarbeitungsmöglichkeiten von Körnerleguminosen	IBLA e.V.	Luxemburg	10.02.2012	Ludwig Asam
Möglichkeiten des Körnerleguminosenanbaus in Mitteleuropa	IBLA e.V.	Luxemburg	10.02.2012	Ludwig Asam
Best Practice Ökolandbau und Forschungsbedarf, Schwerpunkt Sojaanbau/Körnerleguminosen	Deutscher Bauernverband (DBV)	Nürnberg, Biofach	15.02.2012	Ludwig Asam
Soja und Co., Anbau von Eiweißpflanzen in Baden-Württemberg	LTZ, Frühjahrstagung 2012	Karlsruhe-Rüppur	02.03.2012	Jürgen Recknagel
Tofuprodukte aus regionalen Bio-Sojabohnen für den Naturkostmarkt	LTZ, Frühjahrstagung 2012	Karlsruhe	02.03.2012	Martin Miersch
Innovative Soja-Anbauverfahren	Bioland e.V.	Schloss Blumenthal, bei Aichach	08.03.2012	Ludwig Asam
Sojabohnen in Franken – Wieso? Wo? Wie?	Akademie für Landbau, Kupferzell	Kupferzell	16.03.2012	Jürgen Recknagel
Beispiel Soja: Was kann die Pflanzenzüchtung zur Eiweißstrategie beitragen?	Symposium Pflanzenzüchtung	München	30.03.2013	Volker Hahn

Ausweitung des Sojaanbaus durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung	Ehemaligenverband Weihenstephan-Schönbrunn	Fachhochschule Weihenstephan, Freising	03.05.2012	Ludwig Asam
Innovative Soja-Anbauverfahren	Bioland e.V.	Mahlerten bei Nordstemmen (Jan Wittenberg)	06.06.2012	Ludwig Asam
Was leisten deutsche Sojabohnen?	DLG	Bernburg, DLG-Feldtag	20.06.2012	Jürgen Recknagel
Vorstellung Sojaprojekt	DLG	Bernburg, DLG-Feldtag	21.06.2012	KP.Wilbois
Soja im Ökolandbau	DLG	Bernburg, DLG-Feldtag	21.06.2012	Ludwig Asam
Öko-Sojtag auf Grenzstandorten - Aktueller Stand und Züchtungsfortschritt	Naturland	Leuchtenberg	23.06.2012	Volker Hahn
Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland	Pressefeldtag mit nds. Landwirtschaftsminister	Mahlerten	2.08.2012	KP.Wilbois
Soja – eine neue Kultur für den Kraichgau?	Eiweiß für Mensch und Tier von baden-württembergischen Feldern	Eppingen	10.07.2012	Jürgen Recknagel
Sojaanbau und Verarbeitung in Deutschland	ZIA	Kutna Hora, Tschechien	04.09.2012	Ludwig Asam
Breeding for improved soybean - Bradyrhizobia symbiosis	Erste DonauSoja Konferenz	Wien	05.-07.09.2012	Monika Messmer
Vortrag zu Sojasorten	Luxemburger-Saatbau-Genossenschaft, Centrale Paysanne, Lycée Technique Agricole, Administration des Services Techniques de l'Agriculture	Beringen, Luxembourg	11.09.2012	Steffi Zimmer
Selektion von kühletoleranten Bradyrhizobien Stämmen und Interaktion mit frühreifen Sojasorten	GPZ-Tagung „Brennpunkt Leguminosen: Ertrag und Qualität“ an der Landessaatzuchtanstalt	Willstätt	12.-13.09.2012	Monika Messmer
Sojaanbau und Sojaverarbeitung in Deutschland	Fachhochschule Bernburg	Bernburg	21.09.2012	Ludwig Asam
Eignung von Bradyrhizobien Impfpräparaten zur Inokulation von Sojabohnen	Gemeinsame Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. und den Kommissionen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung sowie Bodenschutz und Bodentechnologie	Berlin	24.-27.09.2012	Steffi Zimmer
Sojaanbau und Sojaverarbeitung in Deutschland	Biopark e.V.	Nottleben	27.09.2012	Ludwig Asam
Soja in Deutschland – Stand der Dinge	BMELV	Bonn	06.10.2012	Jürgen Recknagel
Soja Projektvorstellung	BMELV	Bonn	08.10.2012	KP.Wilbois

Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland - Verarbeitung und Aufbereitung	Fraktion Bündnis 90, die Grünen	Dachswanger Mühle, bei Freiburg	15.10.2012	Ludwig Asam
Die Situation des Eiweißpflanzenanbaus in Baden-Württemberg	Fraktion Bündnis 90, die Grünen	Dachswanger Mühle, bei Freiburg	15.10.2012	Jürgen Recknagel
Biologischer Anbau von Sojabohnen in Deutschland unter feuchteren Bedingungen	HLFS St. Florian	St. Florian	08.11.2012	Jürgen Recknagel
Kosten gentechnikfreier Fütterung	Bund Naturschutz e. V.	München	10.11.2012	Ludwig Asam
Auswirkungen des Saattermins bei Sojabohnen: Sojatag bei Taifun-LifeFood	Taifun-LifeFood	Freiburg	12.11.2012	Jürgen Recknagel
Züchterische Anpassung von Soja für den Anbau in Deutschland	Aktion Grundwasserschutz, Regierung Unterfranken	Würzburg	12.11.2012	Ludwig Asam
Anbauwürdigkeit von Körnerleguminosen als regionales Futtermittel	Kolloquium für PhD Studenten am „Fachgebiet ökologischer Land- und Pflanzenbau“ der Universität Kassel	Witzenhausen	04.12.2012	Steffi Zimmer
Aktuelles zur Sojabohne	ZG-Maismesse	Tiengen	23.11.2012	Jürgen Recknagel
Vorläufige Ergebnisse aus dem BÖLN-Projekt ‚Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland‘	Rieder Asamhof GmbH & CoKG	Dasing	16.01.2013	Jürgen Recknagel
Vorstellung einzelner Ergebnisse aus dem Sojaforschungsprojekt	Rieder Asamhof GmbH & CoKG	Dasing	16.01.2013	Ludwig Asam
Soja - Eine Alternative in der Fruchtfolge nur für begünstigte Standorte?	ULB Calw	Ebhausen	17.01.2013	Jürgen Recknagel
Sojabohnenanbau – eine Alternative in der Fruchtfolge für Hohenlohe?		Satteldorf-Gröningen	23.01.2013	Jürgen Recknagel
Wie aussichtsreich ist der Sojabohnenanbau in der südlichen Rheinebene? Für welche Betriebe kommt er in Frage?	ULB Lörrach	Engemühle	25.01.2013	Jürgen Recknagel
Ausweitung Sojaanbau in Deutschland	Landwirtschaftskammer/Umweltministerium Saarland	Lebach	29.01.2013	KP. Wilbois
Vortrag zu Sojasorten	Luxemburger-Saatbau-Genossenschaft, Centrale Paysanne, Lycée Technique Agricole, Administration des Services Techniques de l'Agriculture	Beringen, Luxembourg	31.01.2013	Steffi Zimmer
Sojabohnen und Erbsen – Eine Alternative in der Fruchtfolge für den Kraichgau?	Kraichgau-Raiffeisen eG	Eppingen-Richen	06.02.2013	Jürgen Recknagel
Expansion of soybean cropping in Germany	EAT Group Meeting Rauschholzhausen	Rauschholzhausen	12.02.2013	KP. Wilbois
Dezentrale, innovative Sojaaufbereitungskonzepte in Forschung und Praxis	FiBL Deutschland e.V., BioFach	Nürnberg	15.02.2013	Ludwig Asam

Anbau von Körnerleguminosen im Überblick	Seminar CONVIS „Eiweißergänzung mit betriebseigenem Futtermittel“	Ettelbrück, Luxembourg	20.02.2013	Steffi Zimmer
Soja im Südwesten – anbauen, verarbeiten und verfüttern. Wie sind die Perspektiven?	Beratungsbesprechung ZG-Raiffeisen + RP Freiburg	St. Märgen	21.02.2013	Jürgen Recknagel
Soja und Körnerleguminosen	LLH	Eichhof	21.02.2013	KP. Wilbois
Eignung von Bradyrhizobien-Impfpräparaten zur Inokulation von Soja	IBLA, Bio-Letzebuerg	Beringen, Luxembourg	22.02.2013	Steffi Zimmer
Eignung von Bradyrhizobien Impfpräparaten im Sojaanbau	Kolloquium für PhD Studenten am „Fachgebiet ökologischer Land- und Pflanzenbau“ der Universität Kassel	Witzenhausen	24.02.2013	Steffi Zimmer
Soja: eine Alternative in der Fruchtfolge? Welche Potentiale stecken in der Sojazüchtung?	Firma Horsch	Rieden	07.03.2013	Volker Hahn
Résultats préliminaires sur le projet BÖLN ‚Développement de la culture du soja en Allemagne‘	Rencontres professionnelles de l'AB	Toulouse	11.06.2013	Jürgen Recknagel
Heimsicher Sojaanbau	Ökoherz Thüringen	Thüringen	04.05.2013	Werner Vogt-Kaute
Kann man das essen? Züchtung von Sojabohnen für die menschliche Ernährung.	Hochschultag der Universität Hohenheim	Hohenheim	12.6.2013	Volker Hahn
Breeding of soybean for improved symbiosis	FiBL Schweiz, MarieCurie Austauschstudenten und Jungwissenschaftler von LegumePlus	Frick, Schweiz	19.06.2013	Monika Messmer
Rolle der Soja zur Eiweißversorgung im Biolandbau	FiBL Schweiz, Austausch mit Regierungsabgeordneten von Baden-Württemberg	Frick, Schweiz	03.07.2013	Monika Messmer
Heimsicher Sojaanbau	Feldtag Landwirtschaftskammer Niedersachsen	Era-Lessien	20.06.2013	Werner Vogt-Kaute
Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland	Sojafeldtag	Waldenburg/Sachsen	03.07.2013	KP.Wilbois
Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland	Gäa-Feldrundfahrt	Wermisdorf/Sachsen	4.07.2013	KP.Wilbois
Dezentrale, innovative Sojaaufbereitungskonzepte in Forschung und Praxis	LTZ - Weiterbildung Pflanzenbauberater	Forchheim	09.07.2013	Ludwig Asam
Soja in Deutschland – Stand der Dinge	Eurosivo	Oerlenbach	24.08.2013	Jürgen Recknagel
Heimischer Sojaanbau	Eurosivo	Oerlenbach	24.08.2013	Werner Vogt-Kaute
Sojaanbau für einen Tofuhersteller	LTZ	Tübingen-Bühl	11.09.2013	Martin Miersch
Breeding for improved symbiosis	Swiss rhizobia Working Group	Frick	16.09.2013	Monika Messmer
Sojaanbau - Chancen in Deutschland	BfN	Insel Vilm	23.10.2013	Jürgen Recknagel

Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung	GFP-Tagung	Bonn	05.11.2013	Volker Hahn
Körnerleguminosen, Schwerpunkt Soja – Versuchsergebnisse und Praxiserfahrungen	FiBL Projekte GmbH - Weiterbildung Öko Pflanzenbauberater	Trier	20.11.2013	Ludwig Asam
17 Years of successful Contract Farming on organic Tofu-Type-Soybeans in Europe Taifun's Partnership with 100 Growers in Germany, France and Austria	Donau-Soja	Augsburg	25.11.2013	Martin Miersch
Breeding Goals for different Industries - Tofu	Donau-Soja	Augsburg	26.11.2013	Martin Miersch
Soybean Production in Germany	Donau-Soja	Augsburg	26.11.2013	Jürgen Recknagel
Building new Supply Chains in the Danube Region	Donau-Soja	Augsburg	26.11.2013	Ludwig Asam

5.15.6 Wissenschaftliche Publikationen und Tagungsbeiträge

- ›Balko, C.: Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung und pflanzenbauliche Optimierung – Teilprojekt Kühletoleranz. Gemeinsame Arbeitstagung der AG Öl- und Eiweißpflanzen und der AG Ertrags- und Stressphysiologie der GPZ „Brennpunkt Leguminosen: Ertrag und Qualität“, 12-13.9.2012, Eckartsweier, Poster
- ›Balko, C.: Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische und pflanzenbauliche Optimierung. GFP-Jahrestagung, Abt. Öl- und Eiweißpflanzen, Bonn, 06.11.2013, Vortrag
- ›Balko, C.: Chilling tolerance in soybeans – pod setting and indirect selection criteria. Book of Abstracts . First Legume Society Conference 2013: A Legume Odyssey. Novi Sad, Serbia, 9-11 May 2013, S. 190, Posterabstract
- ›Berset, E., Hertenstein, F., Peláez, S., Bufe, C., Thonar, C., Wilbois, K. P., & Messmer, M. (2013). Selektion der Soja und deren Symbiosepartner auf Kühletoleranz und Effizienz der biologischen Stickstoff-Fixierung. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau Bonn, 5.-8. März 2013 S. 122-125
- ›Gloger D, Horneburg B (2013) Selection for frost tolerance in soybean. In: Breeding for Nutrient Efficiency. Joint Meeting of EUCARPIA Section Organic & Low-Input Agriculture and EU NUE-Crops Project. Conference Booklet. Göttingen, Germany, 24. – 26. September 2013. 120 p. ISBN: 978-3-9815926-3-4. P. 85.
- ›Haase, T.; Hüsing, B.; Schulz, H.; Vergara, M. E.; Mindermann, A.; Trautz, D.; Heß, J.; (2012): Zum Einfluss von Saattermin und Sorte auf Jugendentwicklung, Abreife, Ertrag und Proteingehalt von Sojabohnen (*Glycine max*) an zwei Grenzstandorten. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 24, 329-330
- ›Hahn, V., T. Miedaner (2013): Sojaanbau in der EU – Lohnender Anbau ohne GVO. DLG-Verlag. ISBN 978-3-7690-2019-9

- › Hüsing, B., Wessel-Terharn, M., Vergara, M.; Schön, H.; Trautz, D. Einfluss der Inokulierung auf Ertrag, Rohproteingehalt und N-Gehalt der Gesamtpflanze unterschiedlicher Sojabohnensorten (*Glycine max*) am Versuchsstandort Osnabrück 2011. Beitrag zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn 5.-8. März 2013
- › Hüsing, B.; Schliephake, U.; Haase, T.; Mindermann, A.; Trautz, D.; Heß, J. (2011): „Sortenprüfung frühabreifer Sojabohnensorten im ökologischen Landbau, 15-18. März 2011, Gießen. Beitrag zur 11. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Köster Verlag, 298-301
- › Messmer, M., Berset, E., Zimmer, S., Haase, T., Habekus, A., Peláez, S., Thonar, C., Salomé, C., Ordon, F., Hess, J., & Wilbois, K.-P. (2012). Breeding for improved soybean-Bradyrhizobia symbiosis for cool growing conditions in Central Europe. In: Hartmann, A., Ott, T., and Parniske, M., (Eds.), "10th European Nitrogen Fixation Conference ", Munich. 11-16.
- › Seiffert S, Horneburg B (2013) Weed tolerance in soybean: A selection system. In: Breeding for Nutrient Efficiency. Joint Meeting of EUCARPIA Section Organic & Low-Input Agriculture and EU NUE-Crops Project. Conference Booklet. Göttingen, Germany, 24. – 26. September 2013. 120 p. ISBN: 978-3-9815926-3-4. P. 86.
- › Trautz, D.; Hüsing, B.; Schliephake, U.; Haase, T.; Mindermann, A.; Heß, J.; (2012): Variety Testing of Early Maturation in Soybean Varieties Under Adverse Climate Conditions in Northwest Germany. 3rd ICERD – International Conference on Environmental and Rural Development, January 2012, Khon Kaen, Thailand, Book of Abstracts, 37
- › Vergara, M.; Hüsing, B.; Zurheide, T., Schön, H. ;Trautz, D. Charakterisierung von Sojabohnensorten hinsichtlich Pflanzenhöhe und Hülsenansatz und deren Einfluss auf den Mähdruschertrag. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn 5.-8. März 2013
- › Wehling, P.; Ruge-Wehling, B.; Rudloff, E.; Jansen, G.; Balko, C.: Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Tierernährung. Züchtungsforschung kann heimische Leguminosen für die Tierernährung attraktiver machen. Forschungsreport 1/2012, S. 11-15
- › Zimmer, S., Messmer, M., Haase, T., Mindermann, A., Schulz, H., Wilbois, K.-P., & Hess, J. (2012): Eignung von Bradyrhizobien-Impfpräparaten zur Inokulation von Sojabohnen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 24. S- 341-342.
- › Zimmer, S., Messmer, M., Haase, T., Mindermann, A., Schulz, H., Wilbois, K.-P., & Hess, J. (2012): Eignung von Bradyrhizobien-Impfpräparaten zur Inokulation von Sojabohnen. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau Bonn, 5.-8. März 2013. S.106-109.
- › Zurheide, T.; Hüsing, B.; Vergara, M.E.; Trautz, D. Examination of different earliness effects on harvest point and Yield of Soybean (*Glycine max*). Beitrag für Pflanzenbautagung 2014 in Istanbul
- › Zurheide, T.; Vergara, M. E.; Olf, H-W.; Trautz, D. (2012): Untersuchung eines Vorquellverfahrens hinsichtlich des Einflusses auf Keim- und Jugendentwicklung bei Soja (*Glycine max*). Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 24, 343-344

5.15.7 Projekttreffen

Es wurde jährlich ein internes Projekttreffen organisiert und durchgeführt.

Tabelle 100: Übersicht über die internen Projekttreffen

Projekttreffen	Datum	Ort
2011	12. August 2011	Freiburg und Willstätt
2012	10. August 2012	Hochschule Osnabrück
2013	6. September 2013	Universität Göttingen

5.15.8 PAG-Treffen

Es wurde jährlich ein halbtägiges Treffen mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) organisiert und durchgeführt.

Tabelle 101: Übersicht über die Treffen mit der PAG

PAG-Treffen	Datum	Ort
2011	14. Dezember 2011	Frankfurt am Main
2012	17. Dezember 2012	Frankfurt am Main
2013	16. Dezember 2013	Frankfurt am Main

5.16 Arbeitspaket 6a: Untersuchungen der verschiedenen Sojaaufbereitungskonzepte

5.16.1 Erfassung der verschiedenen Sojaaufbereitungskonzepte

Verschiedene Anlagenbetreiber in Deutschland, darunter die großen Ölmühlen mit dem Extraktionsverfahren waren nicht bereit, Auskünfte über ihre Anlagen zu geben. Dadurch wurde es notwendig Anlagen im angrenzenden Ausland zu beproben und zu befragen, um all die verschiedenen Verfahren zur Sojaaufbereitung abbilden zu können.

Die wichtigsten Erkenntnisse aus den Befragungen sind, dass es in Deutschland eine große Vielfalt an Aufbereitungsanlagen gibt und keine baugleichen Anlagen mehrfach anzutreffen sind. In Abbildung 151 im Anhang ist eine Übersicht über die momentanen Standorte in Deutschland zu sehen. Festzustellen ist, dass die Verarbeitungskapazität der Anlagen in Deutschland das Angebot an den in Deutschland angebauten Sojabohnen deutlich übersteigt (Tabelle 102).

Tabelle 102: Kapazitäten der Sojaverarbeitung und Angebotsmenge in Deutschland

Art der Aufbereitung	Menge in t (geschätzt)
Große Ölmühlen (Extraktionsanlagen)	4.000.000
Dezentrale Anlagen	100.000
Geerntete Sojamenge in Deutschland 2012	15.000

Im Rahmen des vorliegenden Projekts konnten verschiedene Anlagen mit unterschiedlichen Sojaaufbereitungsverfahren besichtigt werden (Tabelle 103). Am weitesten verbreitet ist das Verfahren der **Röstung** in Trommelröstern. Hierbei werden die Sojabohnen entweder einer direkten Flamme ausgesetzt oder indirekt über Heißluft oder Infrarotstrahlung geröstet.

Weiterhin kommt in Deutschland das **Toastverfahren** zum Einsatz. Bei diesem Verfahren werden Sojabohnen mit Wasserdampf erhitzt und über einen gewissen Zeitraum von ca. 30 bis 60 Minuten in einem hydrothermischen Reaktor behandelt.

In weiteren Anlagen kommt das **Extrusionsverfahren** zum Einsatz, wobei meist mit Trockenextrudern gearbeitet wird. Vereinzelt kommen auch Doppelwellenextruder zum Einsatz. Manche Extruder sind wiederum doppelwandig ausgestaltet; in die Kammer zwischen erster und zweiter Wandung kann ggf. Dampf oder Thermoöl eingeleitet werden, um zusätzlich Wärme zuzuführen.

Tabelle 103: Dezentrale Aufbereitungsverfahren die in Deutschland zum Einsatz kommen.

Art der Aufbereitung	Art des Verfahrens	Basieren auf:
Röstung	Thermische Behandlungsverfahren	Heißluftbehandlung, Infrarotstrahlung
Toastung	Hydrothermische Aufbereitung	Erhitzung mit Wasserdampf
Druckthermische Behandlungsverfahren	Extrusion, Expansion	Extruder, Expander

Die unterschiedlichen Aufbereitungskonzepte sind ausführlich in AHMED (2001) und STEINER UND BELLOF (2009) beschrieben.

5.16.2 Möglichkeit der Sojaaufbereitung mit Biogasabwärme

In Tabelle 104 sind die Ergebnisse zur Aufbereitung mit Biogasabwärme dargestellt. Zusammenfassend ist zu sagen, dass es mit ausschließlich indirekter, länger einwirkender, trockener Wärmeeinwirkung schwierig ist, gute Aufbereitungsqualitäten zu erzielen. Einerseits dauert es lange, bis die TIA/TIU abgebaut sind, andererseits treten durch die lange Verweildauer in der Wärme häufig Maillard-Reaktionen auf, die die Eiweißlöslichkeiten stark sinken lassen. Aufbauend auf den Versuchen in 2012 wurden noch zwei weitere Versuche 2013 durchgeführt, um eventuell noch bessere Ergebnisse zu erzielen. Jedoch bestätigten sich auch in diesen Versuchen die bereits gefundenen Resultate: Bei geringen Einwirkzeiten sind die TI zu hoch bei, bei längeren war die Eiweißlöslichkeit zu niedrig.

Tabelle 104: Hitzeschädigungsparameter und Eiweißlöslichkeiten nach Biogas-Abwärmebehandlung.

Variante	Ureaseaktivität (UA) in mg N/g *min	Proteinlöslichkeit in KOH %	PDI (Eiweißlöslichkeit in Wasser)	TIA mg/g	TIU in U/mg TS
Rohe Sojabohnen	1,96	98,6	81,2	21,8	41,4
30 min 120°C trockene Wärme, 30 min Nachbehälter	0,38	81,30	30,60	30,60	9,10
Erhitzt, 1 h, bei ca. 115 °C	0,79	84,6	-*	8,2	15,6
1h 115°C trockene Wärme & 30 min Nachbehälter	0,57	87,5	-*	6,2	11,8
1h 20min 120°C trockene Wärme	0,16	68,4	-*	3,9	7,5
1h 45min bei 120°C trockene Wärme	0,08	63,1	-*	2,8	5,4

bei diesen Proben wurde der PDI nicht analysiert.

Ähnliche Probleme weisen zum Teil auch Kleinaufbereitungsanlagen wie das System von Dilts-Wetzel auf. Bei diesem wird das zu behandelnde Gut mittels Schnecke durch eine Röhre mit Heizmantel bewegt. Das behandelte Gut weist deutliche Anzeichen von Maillard-Reaktionen bei den Aminosäuregehalten auf, insbesondere beim Lysin, dessen Gehalt um bis zu 15 % im Vergleich zum Ausgangsgehalt reduziert wurde. Ab einer Reduktion des Lysins um 7% geht man in der Literatur bereits von einer starken Hitzeschädigung aus (Parson et al. 1992). Diese ist auch bei Varianten mit längeren Behandlungszeiten bei der Applikation trockener Hitze von 1h 20 min festzustellen, siehe Abbildung 111.

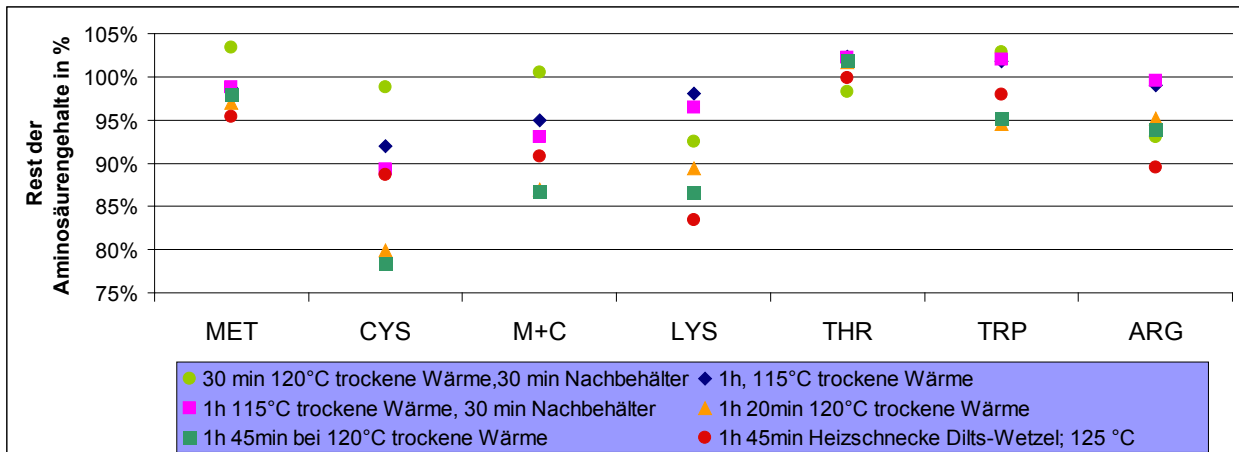


Abbildung 111: Anteil der feststellbaren Aminosäuren nach der Aufbereitung im Vergleich zum Ausgangsgehalt im Rohmaterial.

5.16.3 Untersuchung der Steuerungsparameter zur Aufbereitung

Bezüglich der Steuerungsparameter der Anlagen, waren nur wenige Anlagenbetreiber bereit hierüber Auskünfte zu erteilen. Auch den Investitionsbedarf für die installierten Anlagen wollten die Betreiber, aber auch die Hersteller der Anlagen, nicht für die Veröffentlichung mitteilen. Es wird deshalb empfohlen, dass Interessenten mit Herstellern direkt Kontakt aufnehmen. Somit kann lediglich eine Aussage getroffen werden, wie gut die Proben, die die Anlagenbetreiber für eine Untersuchung zur Verfügung gestellt haben, im Blick auf ihre qualitative Aufbereitung, eingestuft werden. In Tabelle 105 ist eine Übersicht über die mitgeteilten Steuerungsparameter zu finden.

Tabelle 105: Steuerungsparameter Anlagentypen

Anlagentyp	Hersteller	Verbrauch	Steuerungsparameter
Trommelröster, Flachbettröster, offene Flamme	Gem Grain Roaster	-*	Neigung der Trommel, Produkttemperatur am Trommelausgang 105 °C
Flachbettröster, indirekte Flamme	Mecmar, mobile Variante	Ca. 2 l Heizöl/dt Soja, (Anlage ohne Wärmetauscher)	Lufttemperatur 240°C, Ausgangstemperatur 120°C; Zeit der Behandlung ca. 30 – 60s; anschließende Homogenisierung bei 120°C für ca. 1h
Trommelröster, indirekte Flamme	Cimbria, Crocus	1,7 m ³ - 2,2 m ³ Gas/dt Soja	Neigung der Trommel Abgastemperatur aus der Trommel 130 °C Produkttemperatur am Trommelausgang 100 – 105 °C Brennertemperatur: 700 – 900 °C
Dämpfanlagen	Streckel und Schrader	-*	102 °C für 30 bis 40 min, anschließende Flockierung und Trocknung
Dämpfanlagen in Kombination mit Expander/Extruder	Amandus Kahl, Farnet, Almex	-*	Aufbereitung der Sojabohnen für 10 min mit 102 °C Endtemperatur am Expander/Extruderausgang 120 - 130 °C
Reine Trocken-Extrusionisanlagen	Farnet	ca. 60 kWh/t	Minimum 135 °C Endtemperatur am Extruder-Ausgang, besser 160°C

-* es konnten bei diesen Verfahren keine Angaben über den Energieverbrauch ermittelt werden bzw. wurden nicht mitgeteilt

Auch an kleinere und mobile Aufbereitungsverfahren sind die gleichen Anforderungen hinsichtlich der Futter- und Aufbereitungsqualität zu stellen, wie sie für große Extraktionsanlagen gelten (siehe Kapitel 4.14.3).

Zur weiteren Bewertung und Empfehlung von Steuerungsparametern wurden die Ableitungen aus dem Aufbereitungsversuch bei Amandus Kahl verwendet. Bei diesem Versuch wurden alle Maschinenparameter überwacht und es konnten gute Ableitungen gewonnen werden.

Ableitungen von Steuerungsparametern

Bei dem Aufbereitungsversuch bei Amandus Kahl wurden aus den gemessenen Temperaturen an den einzelnen Maschinen über die Zeit integrierte Wärmesummen in der Einheit °C*min berechnet, welcher die Sojabohnen ausgesetzt waren. In verschiedenen Varianten wurde neben einer hydrothermischen Hitzebehandlung zusätzlich eine Expanderbehandlung durchgeführt. Aus den Daten ist ersichtlich, dass hohe Temperaturen am Expanderkopf eine noch stärkere Reduzierung auf der TIA bewirken, als eine alleinige Hitzebehandlung (siehe Abbildung 122). Deshalb fließen Expanderkopftemperaturen ≥ 120 °C doppelt und ≥ 140 °C dreifach in die Bildung des Produktes aus Temperatur und Zeit ein. Aus Abbildung 112 ist ersichtlich, dass bei geviertelten, hydrothermisch behandelten Sojabohnen Temperatursummen von 1450 °C*min eine hinreichende Sicherheit geben, um die Ausgangs-TIA um 90 % zu senken. Entscheidende Voraussetzung bei diesem Konzept ist, dass die Sojabohnen mindestens einmalig Temperaturen über 100°C während der Behandlung erfahren haben.

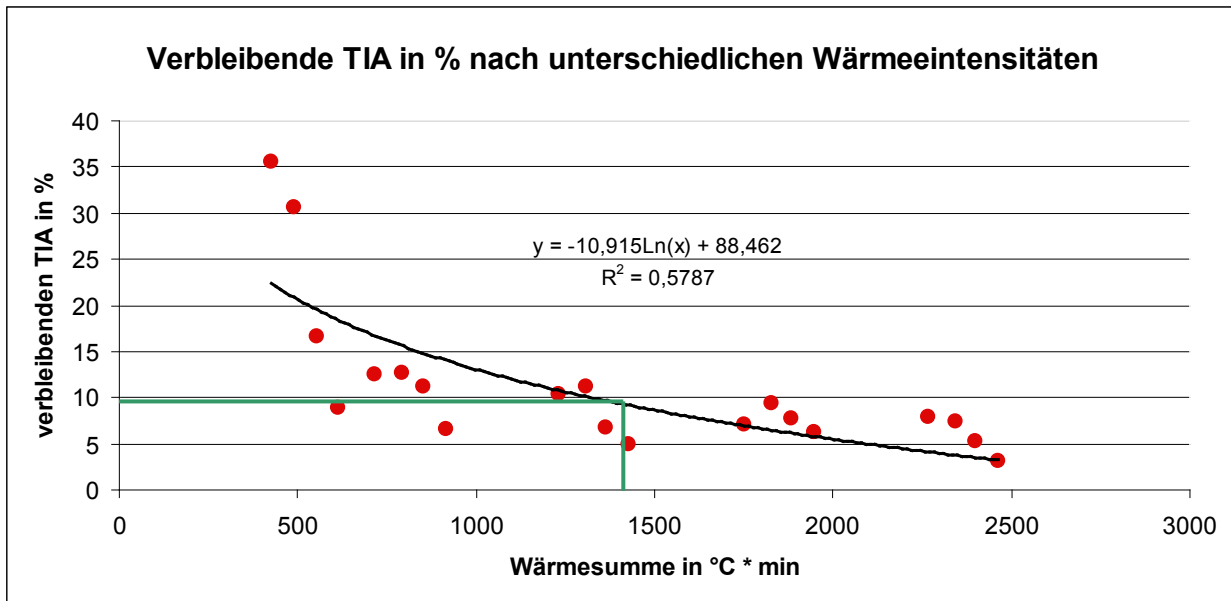


Abbildung 112: Verbleibende TIA in den aufbereiteten VFP in Abhängigkeit von der eingewirkten Temperatursumme bei der Aufbereitung.

Bis jetzt findet das Konzept der Wärmesumme für die Charakterisierung von Steuerungsparameter für die Aufbereitung in der Literatur zur Sojaaufbereitung keine Anwendung. Nur beim Anbau verschiedener Nutzpflanzen, wie Mais und Soja spielt die Wärmesumme eine wichtige Rolle. Lucht (2003) verfolgte das Konzept der Korrelation des Energieeintrags am Expander mit dem TIU und der UA. Dieser Ansatz der hier berechneten Wärmesumme erfolgt jedoch systemübergreifend und weist ein gutes Bestimmtheitsmaß von ca. 0,58 auf. Da die Wärmesumme die einwirkende Temperatur über die Zeit integriert, könnte das Konzept zukünftig bei der systemübergreifenden Charakterisierung von Steuerungsparametern Verwendung finden.

Korngröße hat einen weiteren Einfluss

Weiterhin ist bei der hydrothermischen Aufbereitung entscheidend, wie die Korngröße der zu behandelnden Sojabohnen ist. In Abbildung 113 ist zu erkennen, dass mit zunehmender Zerkleinerung von Sojabohnen einer ausgewählten Sorte, der Behandlungseffekt und entsprechend die Inaktivierung der TIA umso höher ist. So waren nach einer Behandlungszeit von 5 min die TIA bei geachtelten Sojabohnen um fast die Hälfte, bei geviertelten Bohnen um ca. ein Drittel reduziert. Für die Werte bei einer Expanderbehandlung gab es fast keinen Unterschied bei den geachtelten oder geviertelten Bohnen. Nach einer Behandlungszeit von 10 min hatte die Expanderbehandlung keinen erkennbaren Effekt mehr auf die TIA bei geachtelten Bohnen. Mit zunehmenden Behandlungszeiten war der Effekt bei den geviertelten Bohnen ebenfalls nicht mehr nachweisbar.

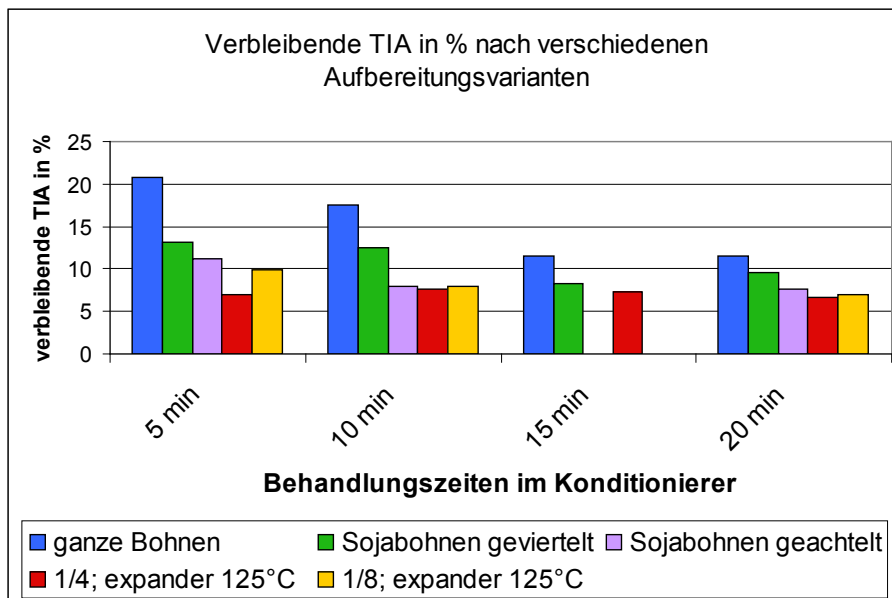


Abbildung 113: Einfluss der Korngröße auf die TIA bei unterschiedlichen Behandlungszeiten.

Kriterien für die Aufbereitung

Aufbereiter haben folgende Steuerungsparameter für ihre Anlagen zu beachten:

- › Die Korngröße der Sojabohnen, die bei hydrothermischen Anlagen über eine Zerkleinerung, wie z. B. durch einen Brechwalzenstuhl vereinheitlicht werden kann. Falls ganze Sojabohnen getoastet oder geröstet werden, dann kann diese durch eine Siebsortierung erfolgen, kleinere Sojabohnengrößen benötigen geringere Intensitäten, wie aus Abbildung 113 hervorgeht.
- › Temperatur am Expander-Ausgang: falls Anlagen nur die Möglichkeit einer Kurzzeit-Konditionierung vor der Expandierung oder Extrusion haben, kann eine erhöhte Temperatur auf über 140°C am Austritt zu einer ausreichenden Reduktion der TI führen (siehe Abbildung 122). Dies kann durch die Verringerung des Austrittspaltes und die Erhöhung des Energieeintrages, der notwendig wird, um das Material „durchzuquetschen“ erfolgen. Die Verringerung des Spaltmaßes geht jedoch mit einem höheren Materialverschleiß einher.

5.16.4 Möglichkeit und Grenzen der Sojaaufbereitung in Grünfütterertrocknungswerken

Zwei Trocknungswerke hatten bei der Aufbereitung von Soja in ihren Anlagen schon Erfahrungen gesammelt und ca. zehn Trocknungswerke zeigten sich interessiert, eine Sojaaufbereitung auszuprobieren. Bei manchen Trocknungswerken wäre auch die Trocknung der ganzen Sojapflanze möglich. So hatte ein Trocknungswerk 2012 Sojabohnen anbauen lassen, um diese in einem Versuch aufzubereiten. Leider wurde jedoch letztendlich in keinem der Trocknungswerke 2012 Sojabohnen aufbereitet und Muster zur Beprobung verschickt. 2013 wurden die gleichen Anlagenbetreiber nochmals um Aufbereitungsproben gebeten, doch auch in diesem Jahr hat kein Trocknungswerk aufbereitete Sojabohnenproben für die Qualitätsuntersuchung zur Verfügung gestellt.

Lediglich ein Trocknungswerk hatte 2013 in Deutschland Sojabohnen in einem Versuch zu „Sojapellets“ aufbereitet. Leider zog es der Betrieb vor, die Proben nicht für eine Analyse

bereitzustellen, sondern sie selbst analysieren zu lassen. Bei der Aufbereitung fand keine Entölung statt. Bei dieser Art der Aufbereitung wurden ähnlich wie bei der Graströcknung die Sojabohnen mit erwärmter Luft von 100-120 °C nur kurzzeitig auf eine Produkttemperatur von ca. 70°C erhitzt und direkt anschließend pelletiert (8 mm Durchmesser). Die Analysen ergaben folgende Ergebnisse, die in Tabelle 106 vergleichend mit anderen Vollfettsojaprodukten (VFP) aus dezentralen Anlagen abgebildet sind.

Tabelle 106: Vergleich des Sojaaufbereitungsversuchs in einer Grünfütterrocknung mit Vollfettsojaprodukten (VFP) aus dezentralen Anlagen.

Produkt	TS in %	Faser in %	Protein in %	Fett in %	Asche in %	Stärke in %	Zucker in %	ADFom in %	UA in mg N/g TM	PDI in %	Anzahl
Rohe Sojabohnen	88	4,50	38,25	18,30	4,66	4,76	7,07	6,21	5,50	59,25	46
Sojapellets	88	3,78	33,70	18,12	4,75	8,45	2,38	5,72	3,30	42,4	1
VFP aus dezentralen Anlagen (siehe Tabelle 260)	88	4,24	36,26	19,73	4,76	5,59	6,44	5,86	0,30	17,73	25
Standardabweichung (SA) der VFP aus dezentralen Anlagen	88	0,81	3,05	1,24	0,19	0,92	1,42	1,30	0,33	7,32	8

Im Blick auf die Inhaltsstoffe zeigte sich, dass bei den Sojapellets die Proteingehalte niedriger als bei anderen rohen Sojabohnen oder anderen VFP waren. Der Zuckergehalte sind um zwei Drittel niedriger im Vergleich zum Durchschnitt den VFP. Jedoch ist die Aussagekraft auf Grundlage von Ergebnissen aus einer einzigen Probe als gering zu bewerten.

Bei der Versuchsbeobachtung wird deutlich, dass bei Behandlungsvarianten, bei denen die von Ahmed (2001) als notwendig beschriebenen Produkttemperaturen von größer 100 °C nicht erreicht werden, die Sojafuttermittel als unbehandelt zu betrachten sind. Von den Sojapellets wurde zwar nicht die TIA untersucht, aber anhand der UA ist deutlich erkennbar, dass sie mit 3,30 mg N/g TM weit über der geforderten Grenze von 0,3 mg N/g TM liegt. Es ist zwar erkennbar, dass die Behandlung einen geringen Effekt auf die UA hatte, da in Rohbohnen der Gehalt um mehr als ein Drittel höher lag. Im Durchschnitt lagen die aufbereiteten VFP aus dezentralen Anlagen genau am Grenzwert. Auch der PDI bei den Sojapellets war mit 42,4 % erheblich über dem Optimalbereich, so dass bei diesem Verfahren eine noch wesentlich intensivere Behandlung möglich ist. Da nach Aussage von einigen Anlagenbetreibern in der Trocknungstrommel Luft-Temperaturen von > 600 °C erzielt werden können, sollte es grundsätzlich möglich sein, in Grünfütterrocknungswerken Sojabohnen dort aufzubereiten. Jedoch müssen hier die Steuerungszeiten an die Zeiten und Temperaturen von Trommelröstern angepasst werden und die optimale Behandlungszeit in weiteren Untersuchungen ermittelt werden.

5.16.5 Analyse von Proben aus dezentralen, zum Teil mobilen Aufbereitungsanlagen aus anderen Ländern

Ein Teil der gewünschten Proben aus dezentraler Aufbereitung konnte beschafft werden. Die Ergebnisse der analysierten Proben sind der Tabelle 257 im Anhang zu entnehmen.

Es zeigt sich, dass die Aufbereitungsqualitäten der untersuchten Anlagenproben sehr unterschiedlich sind. Teilweise wurden Sojabohnen nicht ausreichend behandelt, bei anderen Proben wurden deutlich wahrnehmbare Anzeichen von Überhitzung festgestellt. Entscheidend für die Qualität der Behandlung war auch die Art der Aufbereitung, und zwar unabhängig davon, ob es sich um mobile oder stationäre Anlagen handelte. Bei der Betrachtung der Ergebnisse der TIA, zeigt sich, dass die alleinige Trocken-Extrusion von Soja unzureichend war. Keine der Proben zeigte Werte unterhalb der geforderten 5 mg/g bei TIA.

Bei der Röstung war bei einigen Proben ein ähnliches Ergebnis festzustellen. Die Röster von Roastech und EST wurden elektrisch beheizt und die meisten produzierten Proben müssen als unterbehandelt bezeichnet werden. Bei einer Versuchsreihe mit dem Roastech Röster konnte festgestellt werden, dass bei einer Lufttemperatur von 182 °C und einer Behandlungszeit von 5,5 min eine ausreichende Behandlung bei gleichzeitig nicht zu starker Absenkung der Proteinlöslichkeit in KOH erzielt wurde (siehe Abbildung 114). Daraus ist zu schließen, dass auch bei elektrischer Beheizung in Röstern, Sojaprodukte im Hinblick auf die erforderlichen Qualitätskriterien ausreichend aufbereitet werden können.

Bei den Röstern, die mit der offenen Gasflamme arbeiteten, wie z. B. Roast-A-Matic, wurde bei einer Probe eine deutliche Überbehandlung festgestellt. Hier lag die Proteinlöslichkeit in KOH deutlich unter der Grenze von 72 %. Dies traf ebenso auf bei einer Probe aus dem Dilts-Wetzell-Verfahren zu (Tabelle 257 und Abbildung 111).

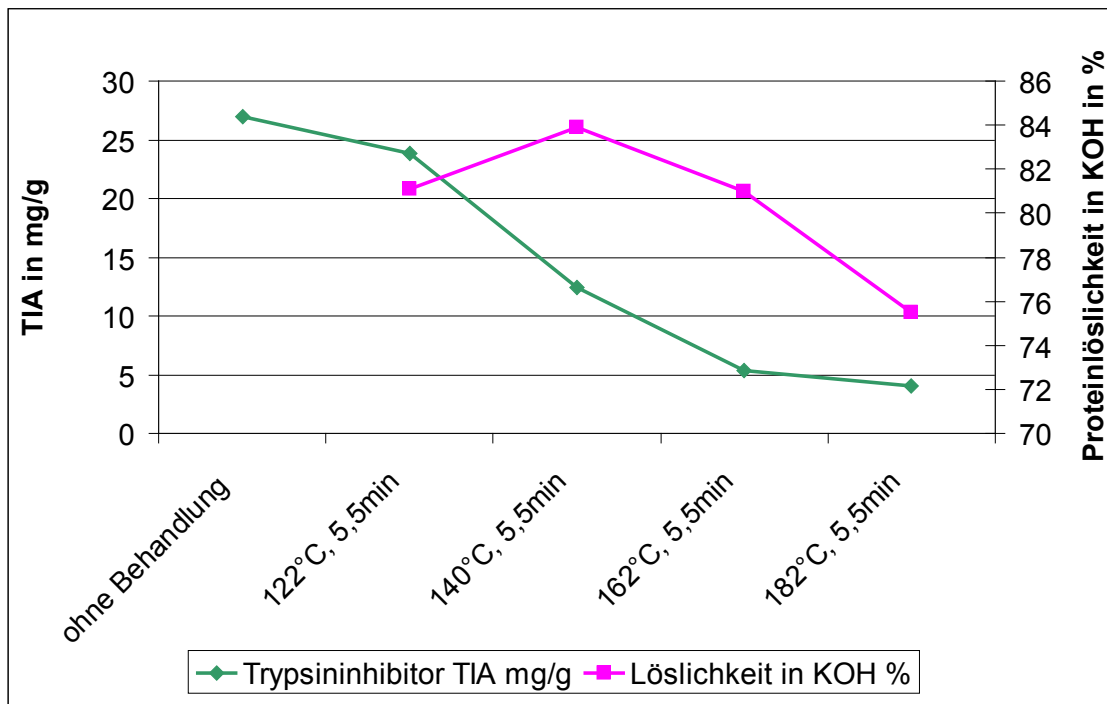


Abbildung 114: Ergebnisse aus dem Aufbereitungsversuch mit dem Roastech Röster am JTI.

5.17 Arbeitspaket 6b: Sortenunterschiede und Qualitätsanforderungen in der Sojaverarbeitung

5.17.1 Untersuchung von Sorten auf ihre Trypsininhibitorgehalte

Zwischen den Sorten und Standorten sind deutliche Unterschiede in der TIA und den TIU zu erkennen (siehe Abbildung 115 und Abbildung 117). Sorten wie Primus und Protina, die für ihren relativ hohen Proteingehalt bekannt sind, scheinen weniger stark in den Gehalten zwischen den Standorten zu schwanken. Die höchsten Schwankungen zeigen die Sorten Solena und Merlin. Sultana hat noch geringere TIA/TIU als Josefine, obwohl Josefine speziell auf niedrige Gehalte gezüchtet wurde. Teilweise sind Standorteffekte aus der Grafik abzulesen, jedoch sind Sortenreaktionen auf den Standort uneinheitlich. Lissabon und Merlin wiesen z. B. in Oberhummel geringere Gehalte auf, obwohl alle anderen Sorten in Frankenhausen die niedrigsten Gehalte zeigten. In Eckartsweiher wiederum wiesen alle Sorten höhere TIA/TIU auf als an den anderen Standorten.

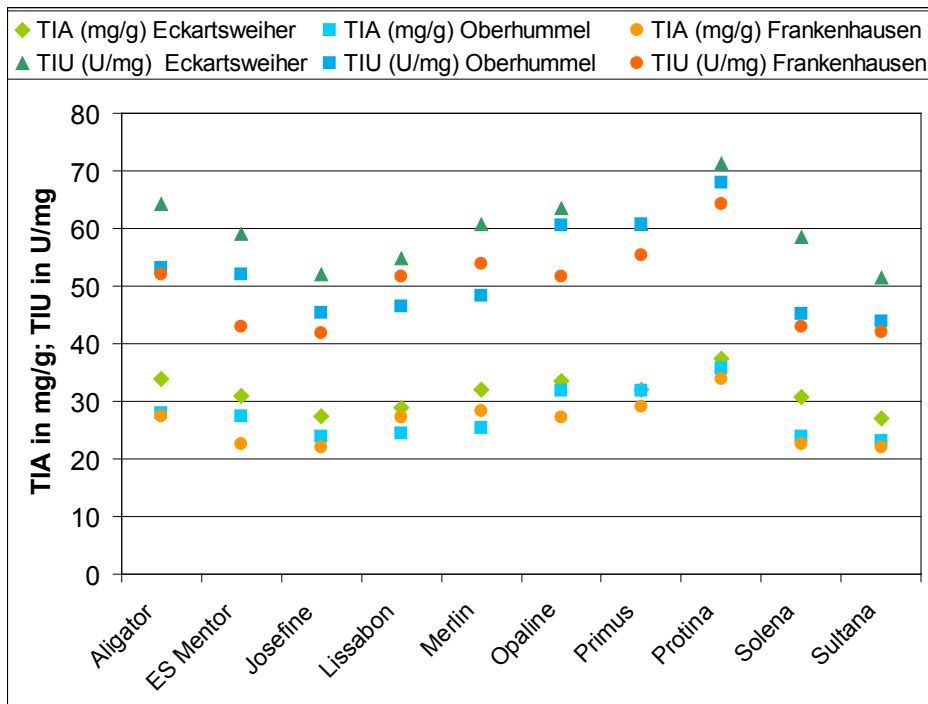


Abbildung 115: Unterschiede im Gehalt an Trypsininhibitoren zwischen verschiedenen Sorten und Standorten

Ursache für die Unterschiede können die unterschiedlichen Wärmesummen an den verschiedenen Standorten sein. Diese sind aus der Abbildung 116 ersichtlich. Interessant ist, dass zwischen den Standorten Oberhummel und Frankenhausen nur geringe Unterschiede in den Wärmesummen herrschten. Jedoch sorgten die Anfang Oktober zu sehenden Unterschiede in der Wärmesumme von ca. 100°C*d für eine frühere Abreife. Bei der Betrachtung einer Beziehung zwischen der TIA und der Wärmesumme, ist erkennbar, dass mit steigenden Wärmesummen an einem Standort die Gehalte zunehmen. Aus Tabelle 107 ist weiterhin ersichtlich, dass sich die Standorte in der erforderlichen Vegetationsdauer (in Tagen) von der

Aussaat bis zur Ernte stark unterscheiden. In der Tendenz wird die TIA mit zunehmender erforderlicher Vegetationsdauer der Sojabohnen geringer. Eine Überprüfung der Niederschlagsmenge von Aussaat bis zur Ernte an den verschiedenen Standorten lässt hingegen keinen Einfluss auf die TIA erkennen.

Diese Ergebnisse sollten die Grundlage für weitere Forschungen darstellen, in der die hier gefundenen Beziehungen überprüft und ggf. erhärtet werden können. In unserer Untersuchung war dies nicht möglich, da der Umfang an Proben- und Standorten für eine endgültige Aussage zu gering war. Sollten sich die hier aufgezeigte Beziehung zwischen Vegetationsdauer und TIA jedoch bestätigen, würde es bedeuten dass an Standorten mit hohen Wärmesummen möglichst spätreifende Sorten angebaut werden sollten, um niedrige TIA in den Sojabohnen zu erzielen. Niedrigere TIA in geernteten Sojabohnen könnten ggf. geringere Behandlungsintensitäten ermöglichen, was sich in einem geringeren Energieverbrauch für die Aufbereitung widerspiegeln kann (siehe Kapitel 5.17.2).

Tabelle 107: Niederschlagssummen 2012 während der Vegetation der Sojapflanzen an den drei Standorten

Ort	Eckartsweier (EW)	Frankenhausen (FH)	Oberhummel (OH)
Mittelwert TIA in mg/g über alle Sorten	31,4	26,2	27,6
Niederschlagssumme (Aussaat bis zur Ende Erntemonat) in mm	473	309	546
Anzahl Tage zwischen Aussaat und Ernte	124	175	155
Wärmesummen in °C*d – Aussaat bis Ernte	1319	1332	1305

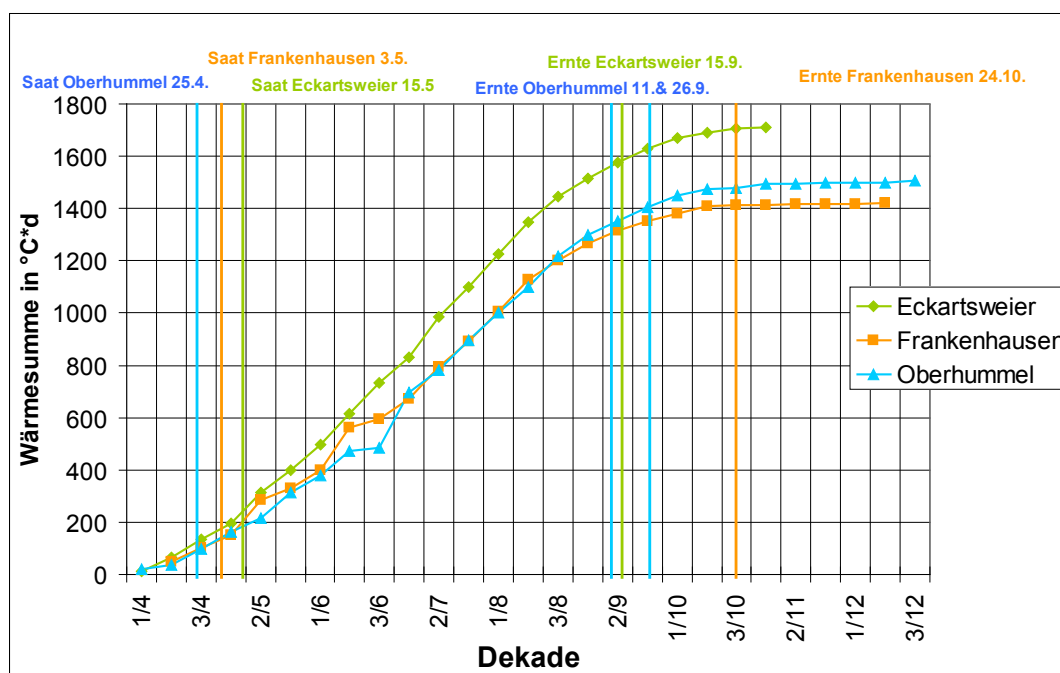


Abbildung 116: Unterschiede in den Wärmesummen 2012 zwischen den Standorten

Der Sorteneinfluss ist nach unseren Untersuchungen zusätzlich in erheblichem Maße dafür verantwortlich, wie hoch die jeweiligen TIA bzw. TIU liegen. Dies ist bei der Zusammenfassung der TIA Ergebnisse der Sorten über alle Standorte hinweg aus Abbildung 117 ersichtlich.

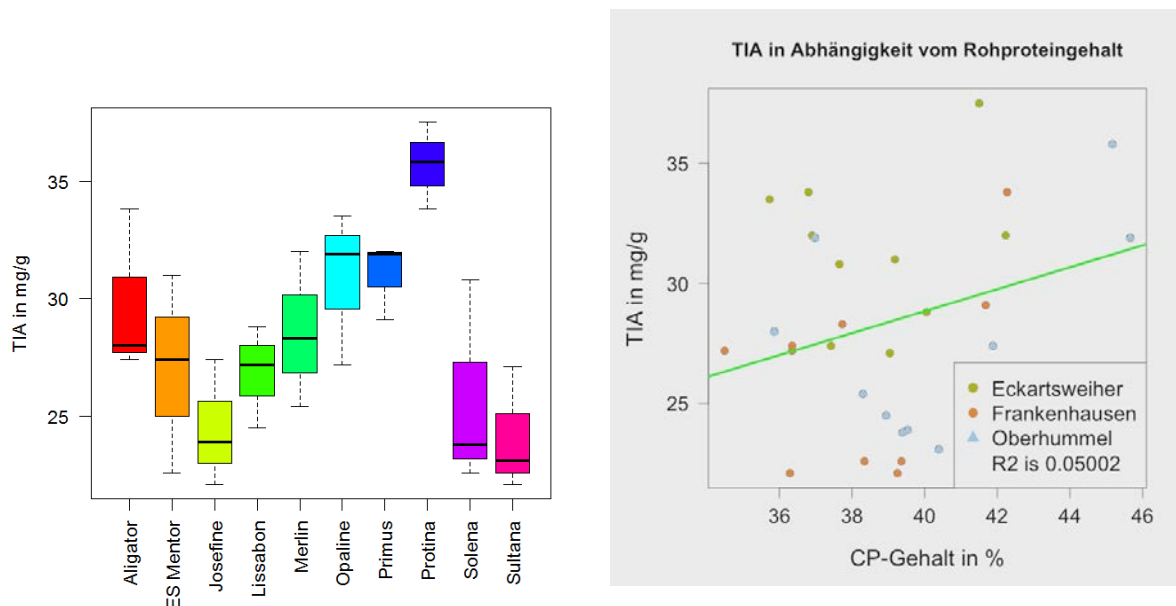


Abbildung 117: TIA in mg/g in Abhängigkeit von der Sorte über alle Standorte und Korrelation zwischen TIA und Rohproteingehalt (n=30).

Die Sorte Protina hatte die höchsten TIA Gehalte. Hieraus könnte eine Beziehung zwischen dem Proteingehalt in Sojabohnen und den TIU abgeleitet werden. Aus Abbildung 117 ist jedoch ersichtlich, dass es zwar eine leichte Tendenz gibt, aber das Bestimmtheitsmaß (R^2) so gering ist, dass keine gesicherte Aussage über den Zusammenhang von Rohproteingehalt und TIA getroffen werden kann.

Weiterhin wurden Korrelationen zwischen allen analysierten Inhaltsstoffen bei den Sojabohnen berechnet. Diese wurden auf der Grundlage von 200 Daten ermittelt und sind in Tabelle 108 dargestellt. Bei der Betrachtung der Korrelationen zwischen den verschiedenen Parametern fällt auf, dass die höchsten Korrelationen naheliegenderweise zwischen dem Proteingehalt und den Aminosäuregehalten bestehen. Auch das TKG korreliert positiv, sowohl mit dem Aminosäuregehalt und als auch dem Proteingehalt. Protein- und Aminosäuregehalt korrelieren mit den anderen analysierten Parametern negativ. Interessant ist, dass Ertrag und Ölgehalt eine hohe, positive Korrelation aufweisen.

Tabelle 108: Korrelationen (R) nach Pearson zwischen den Parametern nach Auswertung von drei Sortenversuchen, unabhängig vom Standort auf der Grundlage von 200 Einzeldaten.

	Proteingehalt	Aminosäuregehalte	TKG	Hektolitergewicht	Ertrag in dt/ha bei 88% TS	Ölgehalt
Aminosäuregehalt	0,95 - 0,99					
TKG	0,39	0,32 - 0,44				
Hektolitergewicht	-0,27	-0,24 bis -0,34	-0,36			
Ertrag in dt/ha	-0,3	-0,21 bis -0,37	0,01	0,35		
Ölgehalt	-0,75	-0,64 bis -0,80	-0,00	0,3	0,68	
Pflanzenlänge	-0,21	-0,18 bis -0,28	-0,36	0,26	0,35	0,01

Die Konsequenzen daraus ergeben, dass eine Sojazüchtung rein auf den Ertrag indirekt den Ölgehalt der Sojabohnen erhöht und gleichzeitig, aber in geringem Maße den Proteingehalt senkt. Demgegenüber würde eine Selektion auf größere Sojabohnen über eine Erhöhung des TKG den Proteingehalt mit ansteigen lassen.

Weiterhin wurden Einzelproben jeder Wiederholung einer Sorte an einem Standort zu Mischproben zusammengefasst. Aus den Analyseergebnissen der Mischproben wurden Korrelationen errechnet, die in Tabelle 258 im Anhang ersichtlich sind. Die höchste Korrelation bei TIA und TIU besteht zwischen den Inhaltsstoffen Zucker (-0,46) und Asche (0,47). Bei den Aminosäuren wurde die höchste Korrelation zwischen Tryptophan mit 0,5 festgestellt. Jedoch sind diese Ergebnisse nicht so aussagekräftig, da der Probenumfang mit n=30 hier deutlich geringer ausfiel.

Unterschiede in den Aminosäuregehalten zwischen den Sorten

Bei der weiteren Betrachtung der Aminosäuregehalte zwischen den Sorten ist zu sehen, dass es zwischen dem Rohproteingehalt und den Aminosäuren eine sehr hohe Korrelation gibt. Die Korrelation beträgt je nach Aminosäure zwischen 0,95 – 0,99. Aus Abbildung 155 ist ersichtlich, dass bei der Betrachtung der Aminosäure in Abhängigkeit vom Rohproteingehalt die Sorten unabhängig vom Standort, an dem sie gewachsen sind, sehr nahe beisammen liegen. Neben den zehn getesteten Sorten (Abbildung 117), wurden die im Blick auf hohe Tofuspeisequalität im vorliegenden Projekt gezüchteten Zuchtstämme sowie Schweizer Tofusorten auf ihre Aminosäuregehalte analysiert. Die Ergebnisse dieser Analysen zeigen, dass sich mit der Züchtung auf Speisequalität, speziell für die Tofuproduktion, die Aminosäurezusammensetzung der Sorten verändern und die neu gezüchteten Sorten nicht mehr auf den Korrelationskurven vorhandener Sorten liegen.

Würde man bei diesen neuen Sorten die Lysingehalte aus dem Rohproteingehalt mit den bereits vorhandenen Korrelationskurven schätzen, so würden die Gehalte überschätzt werden und die Futterrationsgehalte für die Monogastrierfütterung entsprechend falsch berechnet werden.

Um einen direkten Vergleich zwischen den Sorten in der Proteinzusammensetzung anzustellen, sind die Aminosäuregehalte pro Prozentpunkt Rohprotein entscheidend. Die essentiellen Aminosäuregehalte bei der Schweinefütterung sind zum einen Lysin, in der Geflügelfütterung vor allem Methionin + Cystein. Aus Abbildung 118 und Abbildung 119 ist ersichtlich, dass sich

die Sorten in diesen Merkmalen in Abhängigkeit vom Zuchtziel signifikant unterscheiden. Bei der reinen Selektion im Rahmen des vorliegenden Projekts auf die Tofueigenschaften, waren diese signifikant ($p < 0,05$) niedriger, als bei den anderen zehn, bereits im Anbau befindlichen Sorten. Entscheidend für dieses Ergebnis war wahrscheinlich die Qualitätseitersorte Primus, die im Methionin+Cystein (M_C)-Gehalt pro Prozent Rohprotein (CP) schon signifikant niedriger lag, als acht weitere getestete Sorten. Bei Lysin (LYS) fällt die deutliche Reduktion des Gehaltes in der Rohproteinzusammensetzung auf. Im Gegensatz dazu enthält das Rohprotein einen signifikant höheren Isoleucin (ILE) -Gehalt, als andere Sorten (Abbildung 157).

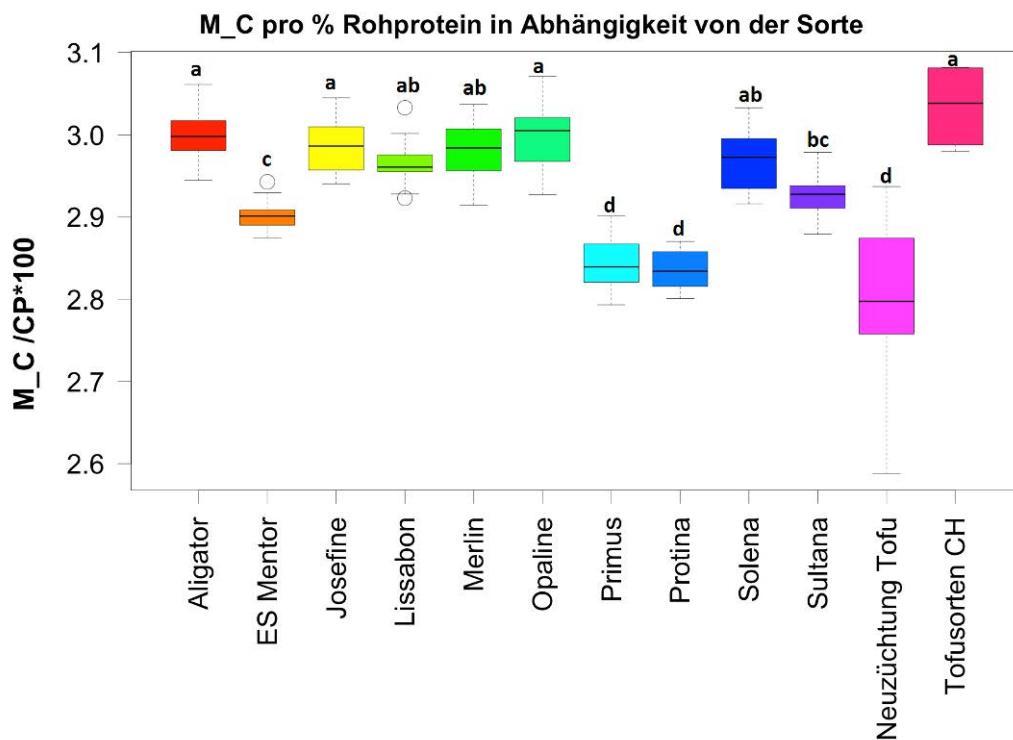


Abbildung 118: M_C Gehalt pro % Rohprotein der verschiedenen Sorten. Buchstaben kennzeichnen statistische Unterschiede (Kruskal Wallis & Scheffé Test, $\alpha = 0,05$).

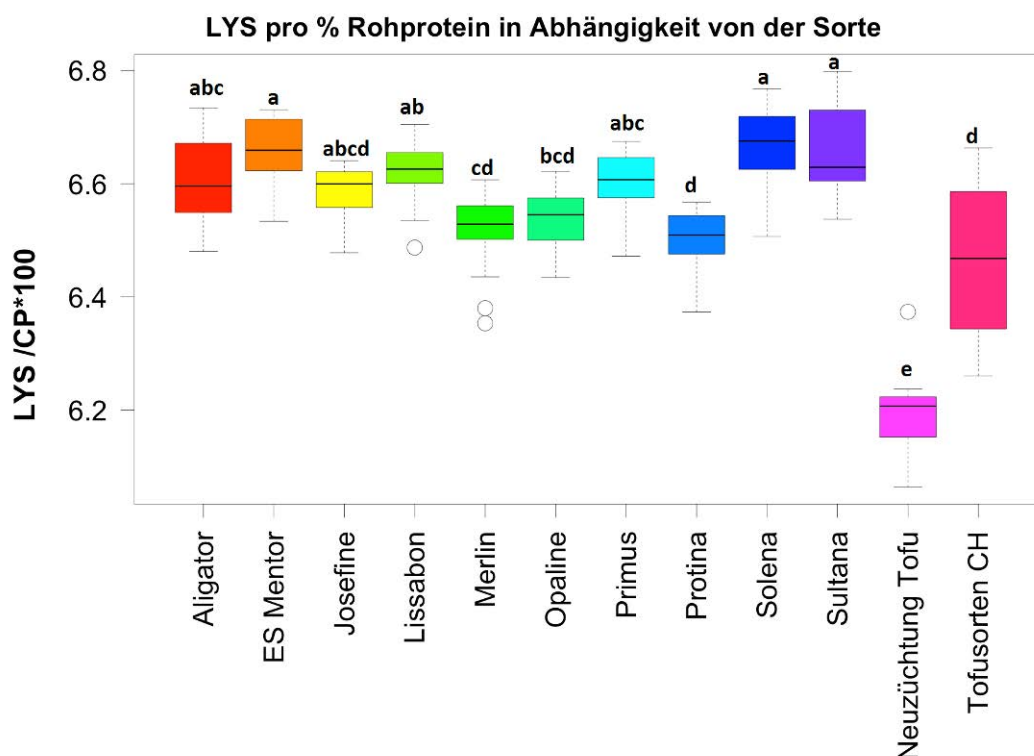


Abbildung 119: LYS Gehalt pro % Rohprotein der verschiedenen Sorten. Buchstaben kennzeichnen statistische Unterschiede (Kruskal Wallis & Scheffé Test, $\alpha = 0,05$).

5.17.2 Sorten mit unterschiedlicher TIA im Aufbereitungsverhalten – Aufbereitungsversuch bei Amandus Kahl

Aus Tabelle 109 ist ersichtlich, dass es bei der Auswahl der vier getesteten Sorten gelungen ist, eine gewünschte Variabilität in der TIA durch verschiedene Sorten zu erzielen. Bemerkenswert war, dass die Sorte Sultana nicht die niedrigste TIA aufwies, wie aus dem Sortenscreening (Abbildung 115) zu erwarten gewesen wäre.

Weiterhin werden alle ermittelten Hitzeschädigungsparameter aus den Ergebnissen der Aufbereitungsversuche begutachtet.

Tabelle 109: TIA-Gehalte und weitere Inhaltsstoffgehalte in den ausgewählten Sorten für den Aufbereitungsversuch.

Sorte	TIA (mg/g)	Rohprotein (CP) in % TM	Rohfett (XL) in % TM	Rohfaser (XF) in % TM	Rohasche (XA) in % TM	UA in mg N/g*min	Proteinlöslichkeit in KOH in %	PDI in %
Primus	32,1	47,12	22,15	5,15	5,71	7,95	96,8	65,7
Protina	39,1	41,08	20,91	6,93	5,60	5,34	93,2	75
Sultana	30,3	43,58	22,73	6,01	5,35	2,48	96	81,2
Merlin	23,2	42,63	22,60	6,44	4,95	6,23	96,2	15,1
Mittelwert (MW)	31,2	43,60	22,10	6,13	5,40	5,50	95,55	59,25
Standardabweichung (SA)	6,53	2,56	0,83	0,75	0,34	2,29	1,60	30,11

Protein-Dispersibility-Index (PDI)

Aus Abbildung 120 ist ersichtlich, dass es starke Schwankungen bei den Ergebnissen zur PDI gibt. Bei den Varianten, bei denen der Expander nicht eingesetzt wurde, oder bei denen die Expanderkopftemperatur nur 100 °C betrug, waren die PDI Werte deutlich höher als bei jenen wo 125 °C, bzw. 145 °C erzielt wurden. Für diese höheren Temperaturvarianten lagen die PDI-Werte bei einer Behandlungszeit von 5 min die PDI Werte alle unterhalb des von MONARY (1992) als optimal beschriebenen Bereichs von 15 - 30 %. Für die Varianten, die nur im Autoklaven, der als Konditionierer fungierte, oder mit 100 °C am Expanderkopf behandelt wurden, wurde eine optimale Aufbereitungsqualität erst in einem Bereich nach 10 min erzielt, und das obwohl die TIA schon ausreichend inaktiviert waren (Abbildung 122). Aus den Ergebnissen des PDI wäre zu folgern, dass bei den heißeren Expandervarianten schon eine Proteinschädigung eingetreten sein müsste. Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Proteinlöslichkeit in KOH waren jedoch fast alle Expandervarianten, bis auf jene mit 140 °C und 20 min Behandlungszeit im optimaleren Bereich von 73 % - 85 %.

Somit ist für VFP festzustellen, dass bei der PDI-Analysemethode das Wasser als Lösungsmittel eine zu geringe Löslichkeit für Proteine bei fetthaltigen Futtermitteln besitzt und der PDI bei VFP entsprechend fälschlicherweise eine Eiweißschädigung vorgeben kann. KOH wäre bei diesen Futtermitteln als Lösungsmittel vorzuziehen. Palic et al. (2011 und 2012) stellten in ihren Broilerfütterungsversuchen ebenfalls fest, dass die Varianten mit einem PDI bei VFP von 8,5 – 10,5 % die besten Zunahmen erzielten. Als Schlussfolgerung ist festzuhalten, dass die Proteinlöslichkeit in KOH hier deutlich konsistentere Ergebnisse liefert, u. a. in der näheren Betrachtung der Entwicklung der LYS Gehalte nach den verschiedenen Aufbereitungsvarianten, bei denen nur geringe Eiweißschädigungen von 3 % nach 20-minütiger Konditionierung nachgewiesen werden konnten (Abbildung 159).

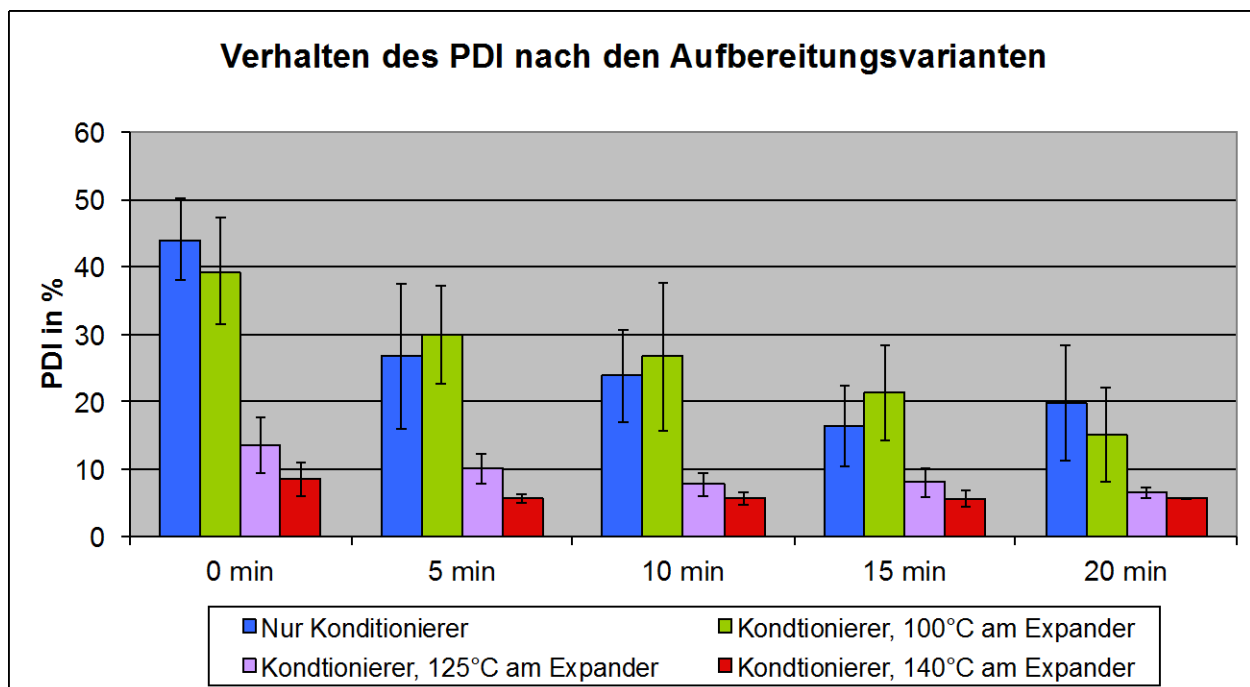


Abbildung 120: Ergebnisse der PDI's bei den verschiedenen Varianten über alle vier geprüften Sorten hinweg.

Proteinlöslichkeit in KOH

Die Ergebnisse der Löslichkeit in KOH (Abbildung 121) zeigen am besten die Aufbereitungsergebnisse bei VFP an. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Palic et al. (2011 und 2012) und Frikha et al. (2012). Dieser Parameter gibt ein Indiz für Überbehandlungen, wenn die Proteinlöslichkeit unter 73 % sinkt und zeigt auch gleichzeitig Unterbehandlungen an, wenn sie über 85 % liegt. Im vorliegenden Versuch lagen nur Unterbehandlungen bei den 0-min-Varianten und 5-min-Variante mit der niedrigsten Expanderstufe vor. Somit wurden alle Varianten erfasst, die unterbehandelt wurden. Auch was die Überbehandlung betrifft hat der Parameter nur bei der höchsten Expanderstufe mit 140 °C bei 10, 15 und 20 min eine leichte Überbehandlung angezeigt und war somit korrekt bezüglich der Lysinschädigung (Abbildung 159). Im Gegensatz dazu gab der PDI schon bei niedrigen Behandlungszeiten und bei mittleren Expanderstufen Proteinschädigungen bei VFP an.

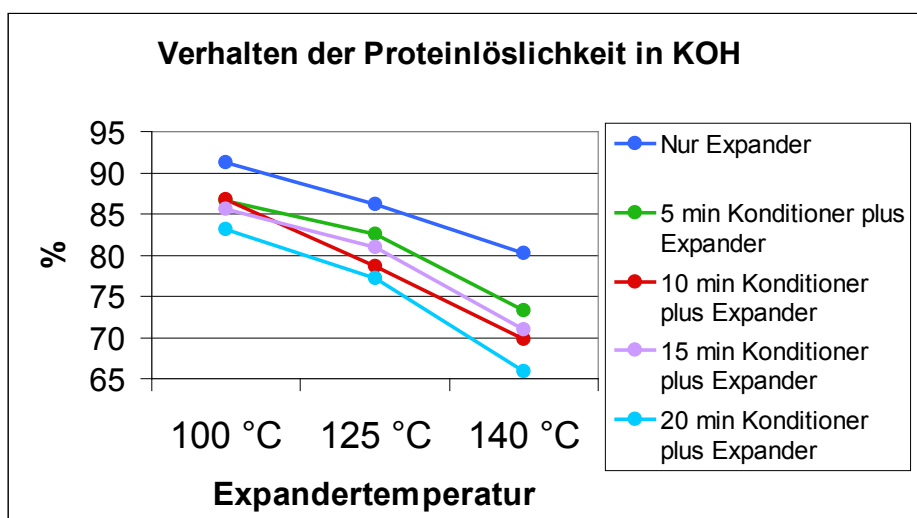


Abbildung 121: Mittelwerte der Ergebnisse der Proteinlöslichkeit in KOH über alle Sorten hinweg.

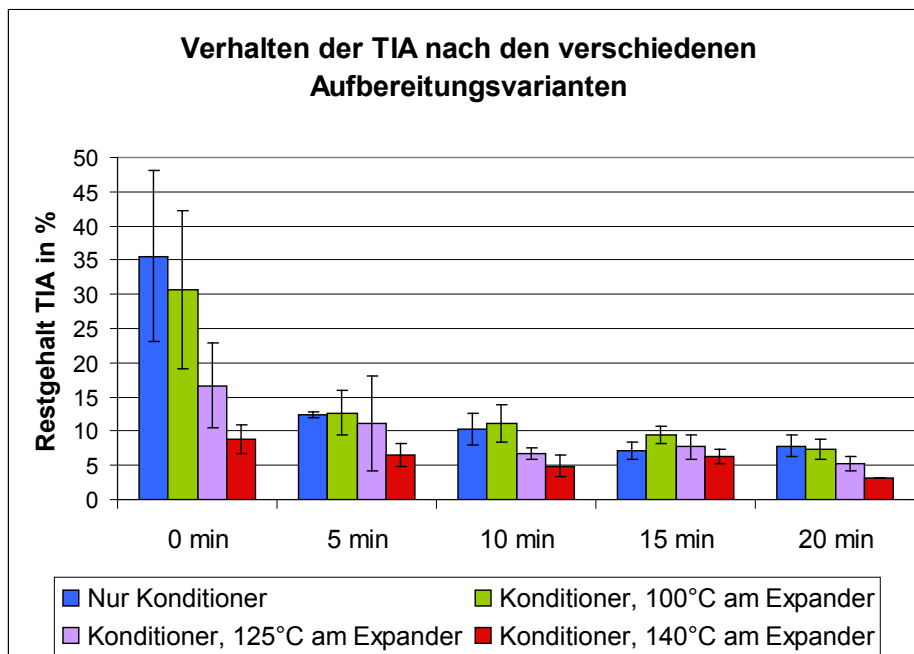


Abbildung 122: Restliche Trypsininhibitoraktivität nach der Aufbereitungsvarianten über alle Sorten hinweg.

Trypsininhibitoraktivität (TIA)

Die TIA wurde in dem vorhandenen Versuchsdesign relativ schnell beseitigt. Sogar bei einer Behandlungszeit von null Minuten im Konditionierer war die TIA schon im Durchschnitt über alle vier Sorten um 65 % reduziert. Allerdings ist hier anzumerken, dass die Sojabohnen im Vorkonditionierer innerhalb von drei Minuten von ca. 20 °C auf 100 °C erhitzt wurden und diese Erhitzung schon einen großen Effekt auf die TIA gehabt haben dürfte. Weiterhin konnte in dem Vorkonditionierer nicht exakt festgestellt werden, nach welcher Zeit die 100 °C schon erreicht wurden, so dass sie ggf. dort schon für ca. 1,5 Minuten ein Behandlungsprozess stattgefunden hat. Zusätzlich wurden die Proben nicht direkt nach der Aufbereitung gekühlt, wie es in Praxisanlagen üblich ist, so dass über eine gewisse Zeit weiterhin eine hohe Temperatur in den Sojafuttermitteln nachwirkte. Dies kann auch bei der 0-min-Variante mit alleiniger Expanderbehandlung zu der stärkeren Reduktion der TIA geführt haben.

Die Expandervarianten 125 °C und 140 °C hatten bei null Minuten Konditionierung noch einen deutlichen Effekt auf die TIA, bei 5 min und 10 min fiel dieser bereits geringer aus. Bei 15 und 20 Minuten ist zu sehen, dass die TIA allein durch die Konditionierung schon ausreichend reduziert wurde und eine Expanderbehandlung hier nicht mehr nötig gewesen wäre. Expanderbehandlungen haben aber dennoch den Vorteil, dass sie zu einer Verbesserung der Ölverfügbarkeit aus VFP beitragen und zu besseren Futterverwertungen führen (Lucht 2004).

Als Fazit für eine ausreichende Inaktivierung der TIA, ist aus unseren Versuchsergebnissen abzuleiten, dass eine Behandlungszeit im Konditionierer von zehn Minuten kombiniert mit einer Expanderbehandlung von 125 °C und einer Vorkonditionierung ausreicht, um die TIA unter das geforderte Maß von 10 % Restaktivität zu bringen. Mit diesen Behandlungsparametern wurde auch die Sorte Protina mit dem höchsten TIA-Gehalt hinreichend behandelt. Die anderen Sorten waren bereits nach fünf Minuten Konditionierung mit zusätzlicher Expanderbehandlung von 125 °C ausreichend aufbereitet. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch Herkelman et al. (1991), der außerdem feststellte, dass die Aminosäuren von Sorten mit einer reduzierten TIA nach einer optimalen Aufbereitung für Monogastrier besser verdaulich waren.

Jedoch gibt der Parameter der TIA alleine keine Information zu etwaiger eingetretener Eiweißschädigungen bei den Versuchen (Clark und Wiseman 2007). In Kombination mit den Ergebnissen der Proteinlöslichkeit in KOH kann eine gute Aussage über die Qualität eines behandelten VFP getroffen werden.

Ureaseaktivität (UA)

Aus den Ergebnissen in Abbildung 123 geht hervor, dass der geforderte Grenzwert für die UA von 0,4 mg N/g*min nur von einer 100 °C-Expandervariante ohne Konditionierung nicht eingehalten wurde. Alle anderen Varianten lagen unter diesem Grenzwert. So gibt der Parameter bei der Variante 0 min und 125 °C schon eine ausreichende Behandlung vor und liegt im Durchschnitt bei 0,07 mg N/g*min obwohl die TIA noch leicht über 5 mg/g liegt. Bei den weiteren Ergebnissen mit Behandlungszeiten ab fünf Minuten im Konditionierer sind kaum mehr Differenzierungen möglich, und zwar auch unabhängig von den Expanderstufen. Bei der höchsten Stufe mit 140 °C ergaben die Analysewerte einheitlich 0,00 mg N/g*min. Somit würde man bei alleiniger Betrachtung der UA daraus schließen, dass keine Konditionierung nötig ist um die TIA ausreichend zu inaktivieren. Über eine eventuelle Eiweißschädigung erhält man durch diesen Parameter keine Information (Van Eys 2012). Bei einer UA von 0,00 mg N/g*min könnte von einer Schädigung der Aminosäuren durch Maillard-Reaktion ausgegangen werden (Monary 1989), jedoch wurde bei den Aminosäureergebnissen von LYS nur eine geringe Reduktion festgestellt (Abbildung 159).

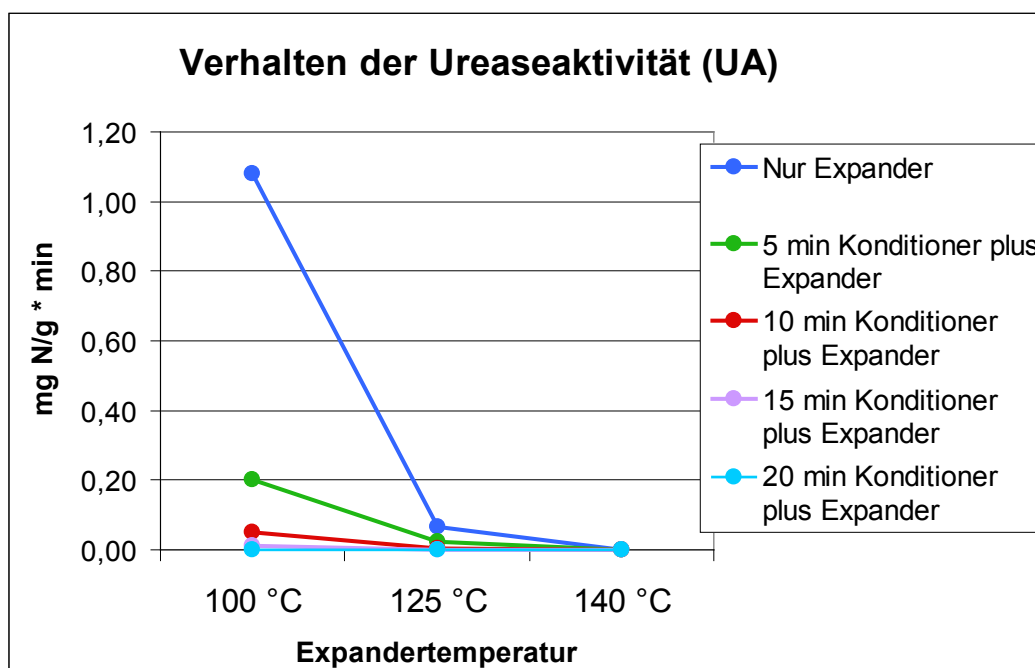


Abbildung 123: Ergebnisse der UA bei den verschiedenen Varianten mit Expanderbehandlung.

Aminosäureergebnisse

Aus den Aminosäureergebnissen ist zu erkennen, dass die Intensität der Aufbereitung durchaus einen Effekt auf die gemessenen Aminosäuregehalte in den VFP hatte. Die Sorten unterschieden sich in den Rohprotein- und Aminosäuregehalten. Über alle Sorten hinweg war

eine Abnahme im LYS - und M_C - Gehalt mit steigender Aufbereitungsintensität festzustellen. Bei LYS beträgt diese im Schnitt ca. 3 % im Vergleich zum Ausgangsgehalt über alle Sorten hinweg. Somit ist der Verlust noch vergleichsweise gering, wenn man dieses Ergebnis mit den Resultaten aus den Aufbereitungsversuchen mit Biogasabwärme (Kapitel 5.16.2) vergleicht, bei denen sogar ein Verlust von ca. 15 % (siehe Abbildung 111) festgestellt werden konnte. Bei MET und M_C zeigte sich eine stärkere Reduktion mit zunehmender Behandlungszeit, jedoch nicht mit steigender Expandertemperatur.

Aus Abbildung 125 ist die Abnahme durch die Behandlung bei M_C über alle Sorten hinweg zu sehen. MET und CYS werden in der Tierernährung meist zu schwefelhaltigen Aminosäuren zusammengefasst und der Bedarf gemeinsam angegeben (Kirchgessner 2010). Bei der separaten Betrachtung der Aminosäure MET (Abbildung 126) ist festzustellen, dass bei dieser Aminosäure keine eindeutige Reduktion zu sehen ist. Somit ist die Reduktion bei M_C insbesondere auf den Verlust von CYS zurückzuführen.

Bei der Betrachtung, welches Verfahren den größten Effekt auf die Reduktion dieser Aminosäuren hatte, ist aus den Abbildungen ersichtlich, dass bei einer Expandertemperatur von 140 °C meist die größte Reduktion festzustellen ist. Dies ist bei den Sorten Primus und Protina bei LYS am deutlichsten zu sehen. Merlin und Sultana zeigen hier nicht ganz konsistente Ergebnisse. Weiterhin zeigt sich eine stärkere Reduktion mit zunehmender Behandlungszeit. Daraus ist zu folgern, dass Anlagenbetreiber bestrebt sein sollten, Sojabohnen nur so lange einem Hitzeeinfluss auszusetzen, bis die TI ausreichend reduziert sind.

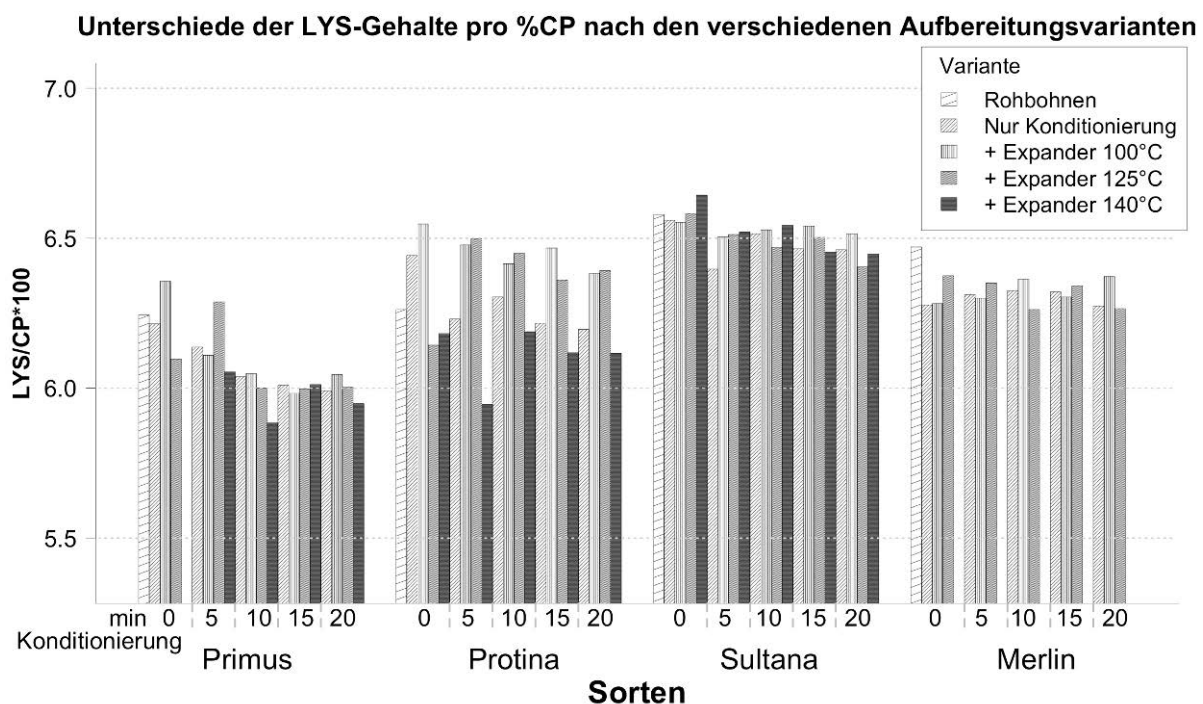


Abbildung 124: Unterschiede in den LYS Gehalten bei den vier Sorten nach den Aufbereitungsvarianten.

Unterschiede der M_C-Gehalte pro %CP nach den verschiedenen Aufbereitungsvarianten

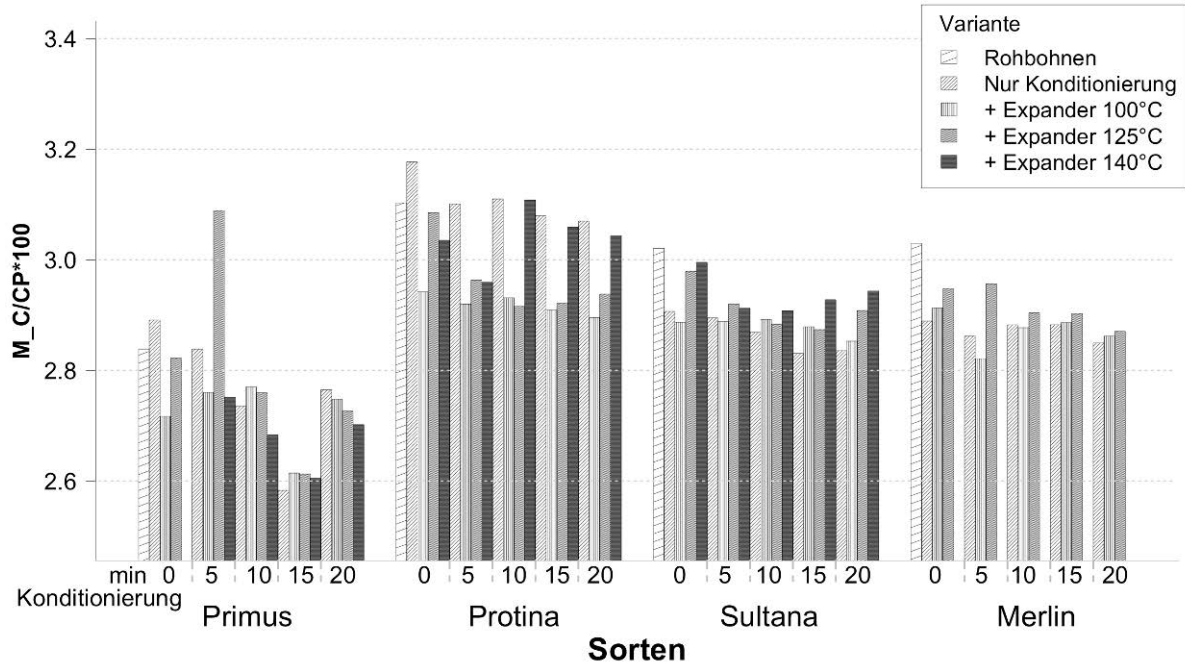


Abbildung 125: Unterschiede in den M_C Gehalten bei den vier Sorten nach den Aufbereitungsvarianten.

Unterschiede der MET-Gehalte pro %CP nach den verschiedenen Aufbereitungsvarianten

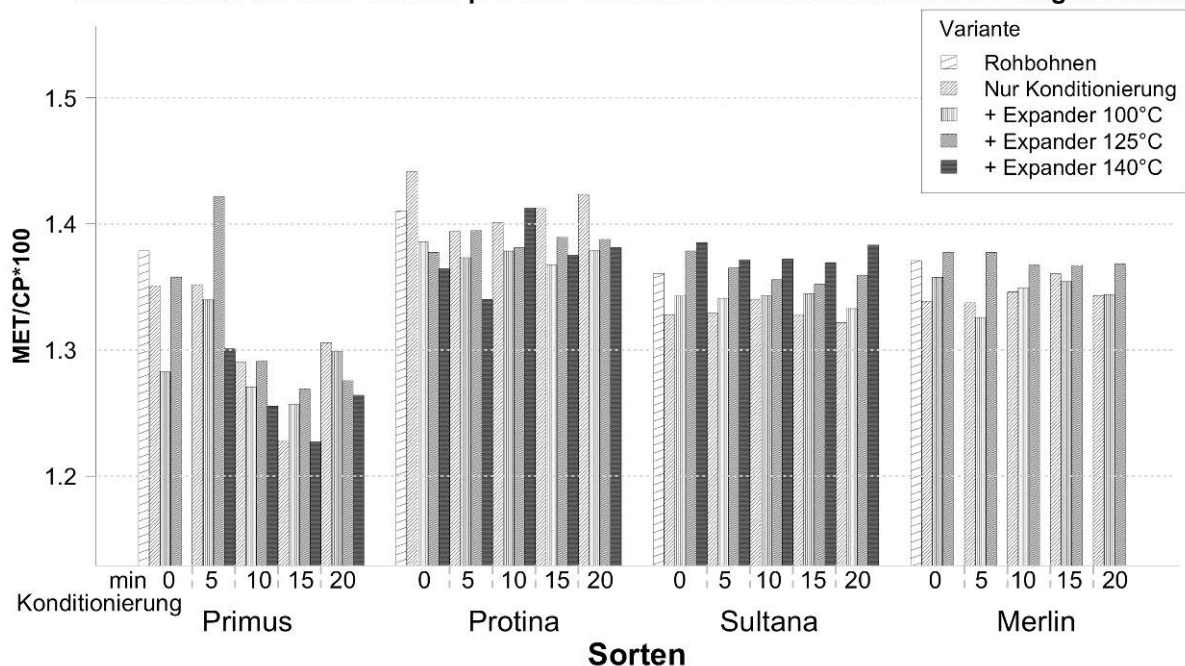


Abbildung 126: Unterschiede in den MET Gehalten bei den vier Sorten nach den Aufbereitungsvarianten.

Bei der Betrachtung des Verhaltens mehrerer Aminosäuren (Abbildung 127) in dem Aufbereitungsversuch mit ganzen Sojabohnen der Sorte Sultana ist festzustellen, dass neben

LYS und CYS auch HIS mit einer Reduktion im Gesamtgehalt reagiert. Auch bei MET ist ein geringfügiger Verlust von ca. 2 % festzustellen. Keine Änderung zeigte sich bei den ARG und den THR Gehalten. Die stärkste Reduktion zeigte sich bei CYS, diese Aminosäure war um fast 10 % reduziert ab einer Behandlungszeit von 50 Minuten.

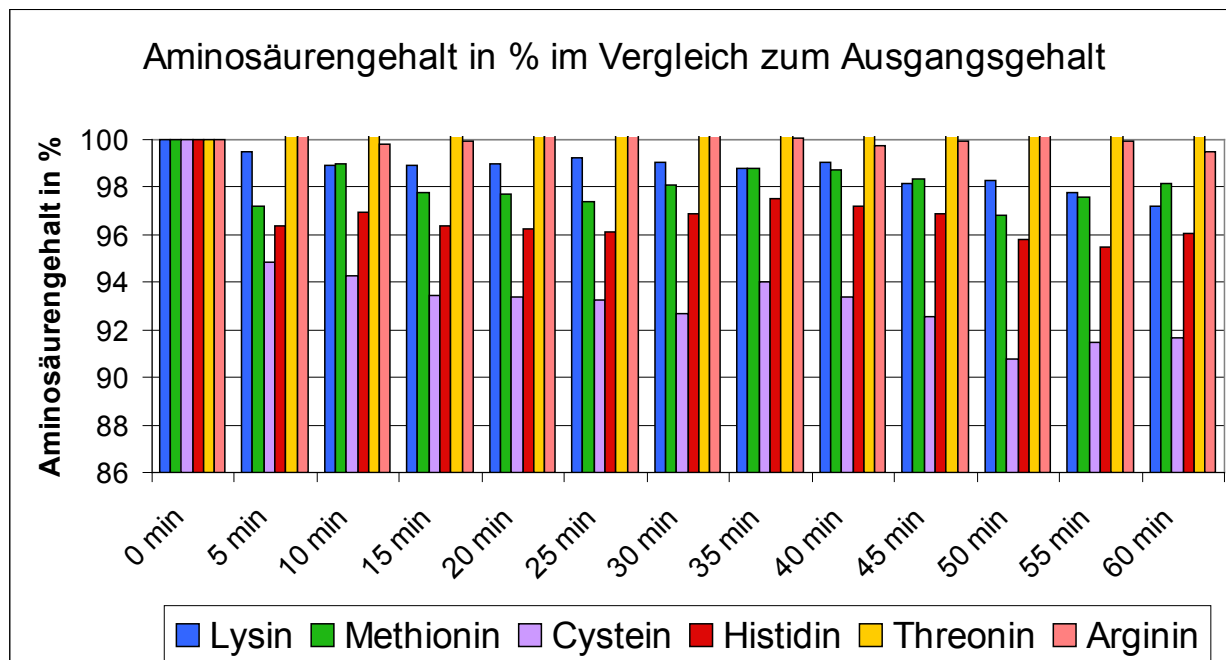


Abbildung 127: Verhalten mehrerer Aminosäuren nach verschiedenen Behandlungszeiten mit ganzen Sojabohnen der Sorte Sultana.

Aus den wissenschaftlichen Studien von Fontaine et al. (2007), Herkelman et al. (1992) und Batal et al. (2000) geht hervor, dass einige Aminosäuren wie LYS, CYS aber auch Arginin durch Maillard Reaktionen zerstört werden und somit verloren gehen. Bei der Betrachtung der Gesamtgehalte der Aminosäure, wie z. B. bei LYS ist jedoch darauf zu achten, dass dieser Gehaltswert nicht Verdaulichkeit widerspiegelt. Beispielsweise können durch Hitzebehandlungen auch Amadori-Verbindungen und glycolisiertes LYS entstehen, die im Gesamtgehalt mit erfasst werden, aber dennoch nicht verdaulich sind (Helmbrecht et al. 2010). Aus dem geschilderten Zusammenhang geht hervor, dass es sinnvoll ist, neben den genannten Parameter auch die reaktive Lysinfraktion zu bestimmen (Fontaine et al. 2007).

Bei der Betrachtung der einzelnen Aminosäuren zeigte sich die stärkste Reduktion nach einer Erhitzung vor allem beim CYS (Abbildung 127). Das ist im insbesondere darauf zurückzuführen, dass die TI, speziell die Bowman-Birk-Inhibitoren einen hohen Gehalt an CYS aufweisen können (Ahmed 2001). Mit der Inaktivierung der TI geht somit eine Reduktion an CYS einher. Aus den Ergebnissen bei der Aufbereitung von Soja mit der Biogas-Abwärme geht hervor (Abbildung 111), dass diese deutlich schädigender auf die Aminosäuren wirkt, als eine Erhitzung mit Dampf. Dass unterschiedliche Aufbereitungsverfahren einen unterschiedlichen Effekt auf das Sojaprotein haben, stellen auch Samadi und Yu (2011) fest. Bei in situ Versuchen im Pansen von Kühen stellten sie eine verzögerte Abbaubarkeit des Proteins von hydrothermisch getoasteten Sojabohnen im Vergleich zu gerösteten oder rohen Sojabohnen fest.

Neben den indirekten Parametern für die Aufbereitung ist die Verdaulichkeit bei den monogastrischen Nutztieren für die Beurteilung des Sojafuttermittels entscheidend. Hierzu müssten jedoch weitere Fütterungs- und Verdaulichkeitsversuche mit aufbereiteten Sojafuttermitteln durchgeführt werden. Für zukünftige Aufbereitungsversuche wäre es zusätzlich wünschenswert, mehrere Wiederholungen mit der gleichen Sorte durchzuführen, um eine statistische Verrechnung zu ermöglichen.

5.18 Arbeitspaket 6c: Anforderung an die Tierfutterqualität von aufbereiteten Sojafuttermitteln

Zusammenstellung von Fütterungsempfehlungen durch Professor Bellof

In Zusammenarbeit mit Herrn Professor Bellof, von der Fachhochschule Weihenstephan (Fachgebiet Tierernährung) wurde eine Fütterungsfibel erstellt. Diese wurde zum kostenfreien Download auf http://www.sojainfo.de/soja_fuetterungsempfehlungen.html bzw. <http://orgprints.org/24970/> gestellt und als Ausdruck auf zahlreichen Veranstaltungen ausgeteilt. Schwerpunkt war die Einsatzempfehlung bei Schwein und Geflügel, auf Einsatzgrenzen bei Wiederkäuern wurde hingewiesen. Die Einsatzgrenzen wurden auch je nach Tieralter dargestellt.

Bei der Fütterungsfibel standen vor allem die Futtermittel Vollfettsoja und Sojakuchen im Mittelpunkt, da es bis jetzt kaum Veröffentlichungen und Hinweise für Praktiker hierfür gab. Entscheidend bei diesen Futtermitteln war jedoch auch, dass die TI durch die Aufbereitung ausreichend inaktiviert wurden.

Im Blick auf die Verwendung von Vollfettsoja oder mechanisch entölter Soja als Futtermittel kann zusammenfassend gesagt werden, dass der hohe Ölgehalt von ca. 20 % bei Vollfettsoja bei den meisten Tierarten, außer beim Geflügel, limitierend in der Einsatzmenge in einer Ration ist. Allerdings kann Sojakuchen fast in ähnlichen Rationsanteilen wie Sojaschrot bei allen Tierarten eingesetzt werden, sofern die Ölgehalte kleiner als 10 % sind. Somit wäre es wichtig in weiteren Forschungsprojekten einen Schwerpunkt auf die Optimierung von mechanischer Entölungstechnik zu legen und die Auspressgrade zu erhöhen. Eine Entölung in großtechnischen Extraktionsanlagen ist derzeit bei dem geringen Anbauumfang nicht sinnvoll und würde darüber hinaus auch Wertschöpfung aus der Landwirtschaft ziehen.

5.19 Arbeitspaket 6d: Ernährungsphysiologische Eigenschaften von Sojaprodukten für Mensch und Tier

Extraktion und mechanische Entölung von Sojabohnen.

Die Recherche zur Extraktion von Öl aus Soja in großtechnischen Anlagen ergab, dass dieses Verfahren mittlerweile weltweit zum Einsatz kommt. An dem Verfahren der Ölgewinnung bei der Extraktion mit Hilfe von Hexan hat sich seit den letzten 30 Jahren nicht viel geändert (Schlichenmaier 2013). Auf <http://www.sojainfo.de/847.html> (bzw. unter <http://orgprints.org/19821/> hinterlegt) wurde das Verfahren am Beispiel der Extraktionsanlage in Güssing beschrieben.

In Deutschland betreibt nur noch ein Unternehmen Soja-Extraktionsanlagen. Leider war es nicht möglich, diese Anlagen Vor-Ort zu besichtigen, jedoch wurden Proben für Untersuchungen und Analysen von dem Unternehmen zur Verfügung gestellt. Durch den geringen Anbauumfang in Deutschland werden die hier angebauten Sojabohnen bis jetzt nicht in den Extraktionsanlagen verarbeitet.

Pressvorgang in Schneckenpressen

Bei dem Pressvorgang in Schneckenpressen durchläuft das Pressgut verschiedene Phasen. Bei der Kompression ohne Flüssigkeitsabgabe werden zunächst die Pflanzenzellen aufgeschlossen und aus den Hohlräumen entweicht Luft. Nach einer immer stärkeren Kompression und Verdichtung verringert sich das Porenvolumen, so dass Öl abgegeben wird. Anschließend wird der Sojakuchen je nach Pressenbauart geformt. Von den Bauformen sind Lochseih-Schneckenpressen und Seihstab-Schneckenpressen im Angebot von verschiedenen Ölpresenherstellern zu finden (FNR 2009).

Bei den befragten Anlagenbetreibern kommen zur Entölung von Soja hauptsächlich so genannte Seihstab-Schneckenpressen zum Einsatz. In einem zylindrischen Mantelsieb (Seiher) verläuft bei diesen meist eine kernprogressive Schnecke, wobei in einem kontinuierlichen Verfahren das zu entöhlende Material zum Pressenausgang hin, immer stärker verdichtet wird. Das bei der Passage abgepresste Öl tritt durch das perforierte Mantelsieb aus.

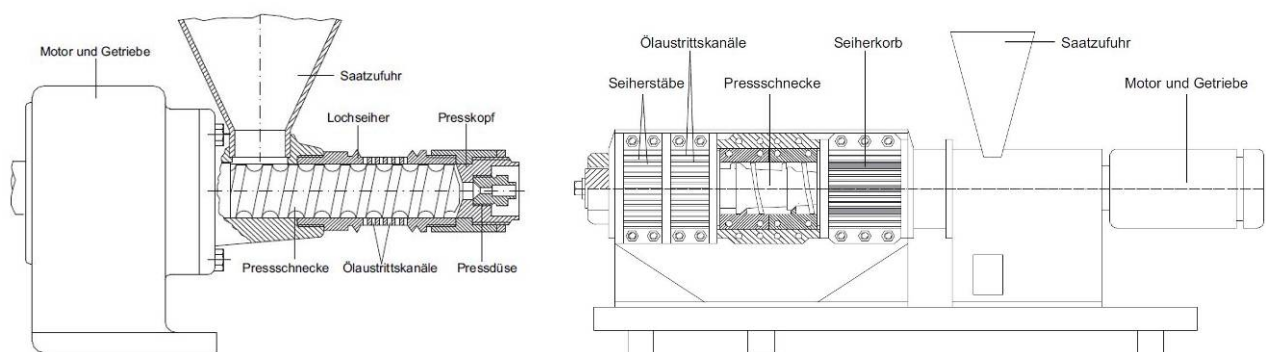


Abbildung 128: Abbildung Loch und Schneckenseierpresse. Quelle: FNR (2009).

Hauptsächlich kommt die mechanische Entölung in dezentralen Ölmühlen für die Entölung von Raps zum Einsatz, jedoch beschäftigen sich immer mehr dieser Ölmüller mit der Entölung von

Soja mit der gleichen Technik. Weiterhin dienen bei Raps Schneckenpressen, denen eine Extraktion nachgeschaltet ist, dazu, den Ölgehalt auf ca. 20 % zu reduzieren, sie werden als „Vorpresse“ bezeichnet. In Soja-Entölungsanlagen, die ausschließlich mit mechanischer Entölung arbeiten, wird angestrebt, den Restölgehalt im Presskuchen möglichst niedrig zu bekommen.

Optimierung/ Vergleich verschiedener Verfahren

Bei der Sojabohne, welche einen durchschnittlichen Ölgehalt von 20 % aufweist, bedeutet ein Restfettgehalt von 5 % einen 25-prozentigen Restölverbleib im Sojakuchen. Bei einem Ölgehalt von 10 % handelt es sich sogar um einen 50-prozentigen Verbleib im Kuchen, was unter wirtschaftlicher Betrachtung nach Seiler (2006) und Erickson (1995) und der Tatsache, dass das Öl das Hauptprodukt zu Deckung der kommerziellen Verfahrenskosten liefert, eigentlich unakzeptabel ist.

Als Zielwert von dezentralen Ölmüllern dient jedoch momentan ein Ölgehalt von geringfügig unter 10 % in der TM bei Sojakuchen. Mehr sei bei den derzeitigen Verfahren nach den Erhebungen in der Praxis verfahrenstechnisch und hinsichtlich des Verschleißes nicht möglich. Durch die Erhebungen konnten Ergebnisse von den verschiedenen Entölungsverfahren ermittelt werden, wie sie in Tabelle 110 dargestellt werden.

Tabelle 110: Unterschiede in den Rohfett- (XL) und den Rohprotein- (CP) Gehalten der verschiedenen Sojafuttermittel aus unterschiedlichen Entölungsvarianten im Vergleich zu VFP.

Inhaltsstoff		VFP	Entölung roher Sojabohnen	Entölung nach hydrothermischer Aufbereitung	Entölung gerösteter Sojabohnen	Entölung extrudierter, gekühlter Sojabohnen	Entölung von Sojabohnen direkt nach der Extrusion im heißen Zustand	Soja-schrot
XL in % TM	MW	22,21	9,53	12,51	14,64	10,79	8,94	2,89
	Median	22,16	9,17	12,77	14,64			2,79
	SA	1,54	0,66	1,04	4,17			0,42
	Max	25,53	10,48	13,54	17,59			3,57
	Min	18,99	8,93	11,10	11,69			2,30
	Anzahl Proben (n)	33	9	5	2	1	1	11
CP in % TM	MW	41,19	48,75	47,73	43,84	42,82	49,20	52,39
	Median	41,41	48,71	47,77	43,84			53,25
	SA	3,19	1,55	1,15	3,48			2,55
	Max	47,32	51,36	49,11	46,30			56,39
	Min	31,91	46,66	46,00	41,38			49,42
	Anzahl Proben (n)	33	9	5	2	1	1	11

Die geringsten Restfettgehalte wurden bei den Sojaextraktionsschroten festgestellt (siehe Tabelle 110). Hier lag der Ölgehalt (XL in % TM) im Durchschnitt bei 2,89 %. Zwischen den einzelnen Proben wurden bei den Schroten die geringsten Abweichungen festgestellt. Bei der Teilentölung konnten Proben von fünf verschiedenen Verfahren analysiert werden. Hierbei wurden die Sojabohnen mit Seiherstab-Pressen unterschiedlicher Hersteller (Florapower, Strähle, Kernkraft, Farmet und Reinartz) entölt. Leider konnte nicht von jeder Variante der Teilentölung eine gleiche Vielzahl an Proben analysiert werden.

Die geringsten Ölgehalte in Sojakuchen wurden bei der direkten Entölung von rohen Sojabohnen (Min = 8,93 %) und von heiß extrudiertem Soja gemessen (8,94 %). Am wenigsten effektiv war die Entölung von gerösteten und hydrothermisch aufbereiteten Sojabohnen. Hier waren die Ölgehalte mit 14,64 % bzw. 12,51 % mit am höchsten. Die Entölung gekühlter, extrudierter Sojabohnen war mit einem Ölgehalt von 10,79 % im Mittelfeld der verschiedenen Teilentölungsvarianten.

Die Berechnung der Effektivität der verschiedenen Teilentölungen konnte nur bei wenigen Proben durchgeführt werden, da die jeweils zugehörige Partie roher Sojabohnen, aus denen die Kuchen produziert wurden, nicht mitgeliefert oder durch die Anlagenbetreiber nicht eindeutig bestimmt werden konnte. Dadurch war hier die Anzahl an Proben geringer, die zur Ermittlung der Auspressgrade herangezogen werden konnten. Auch die Auspressgrade der Entölung von Soja direkt nach einer Trockenextrusion konnten nicht ermittelt werden.

Bei der Teilentölung roher Sojabohnen konnte der Anteil an Öl, im Vergleich zum Ausgangsgehalt, um durchschnittlich 56,39 % am stärksten reduziert werden. Die geringste Ausbeute mit nur 34,35 % war bei der Entölung gerösteter Sojabohnen, gefolgt von 44,80 % bei hydrothermisch aufbereiteten Sojabohnen, festzustellen. Effektiver zeigte sich weiterhin die Entölung von extrudierten, gekühlten Sojabohnen, mit einer Ausbeute von 51,19 %. Der Proteingehalt im Sojakuchen stieg in dieser Variante mit 16,83 % am meisten an. Es zeigten sich bei allen Teilentölungsvarianten jedoch hohe Schwankungen bei den Ausbeuten von Sojaöl. Bei der Entölung von rohen Sojabohnen schwankten diese um ca. 6 % Punkte, bei HT-aufbereiteter Soja um 13 % Punkte, bei der Entölung von gerösteter Soja sogar um 19 % Punkte.

Bei der Betrachtung der Ausbeuten muss berücksichtigt werden, dass die Probenanzahl mit einer bis drei Proben pro Entölungsvariante sehr gering war. Gleichzeitig kann die Pressenbauart, die durch die Hersteller bedingt ist, und der Zustand der Ölpresen, für die der Ölmüller verantwortlich ist, eine Rolle für die Effektivität der Entölung spielen. Bei der Entölung roher Sojabohnen kamen Strähle-Ölpresen, bei gerösteten Strähle und Kernkraft, und bei HT aufbereiteten Sojabohnen Ölpresen von Florapower zum Einsatz. Bei zukünftigen Forschungsprojekten wäre es vorteilhaft, auf mehreren Pressen verschiedener Hersteller unterschiedlich aufbereitete VFP und auch rohe Sojabohnen zu entölen.

Tabelle 111: Prozentuale Veränderung der Relativgehalte von XL und CP im Vergleich zu den Rohbohnen nach unterschiedlichen Entölungsarten.

Inhaltsstoff		VFP	Entölung roher Sojabohnen	Entölung nach HT-Aufbereitung	Entölung gerösteter Sojabohnen	Entölung extrudierter, gekühlter Sojabohnen
XL in % TM	Durchschnitt	100,00%	-56,39%	-44,80%	-34,45%	-51,19%
	Max	100,00%	-52,96%	-38,54%	-24,92%	
	Min	100,00%	-58,78%	-51,70%	-43,98%	
	Anzahl Proben (n)		3	3	2	1
CP in % TM	Durchschnitt	100,00%	+15,30%	+13,98%	+9,42%	+16,83%
	Max	100,00%	+17,46%	+16,07%	+12,30%	
	Min	100,00%	+13,69%	+10,64%	+6,53%	
	Anzahl Proben (n)		3	3	2	1

Steiner und Bellof (2009) kamen bei einem Screening von Sojakuchen aus ökologischer Herkunft zu ähnlichen Ergebnissen wie in Tabelle 110 und Tabelle 111. Sie stellten ähnlich hohe Schwankungen im Öl- und Proteingehalt bei dem Futtermittel fest. Bei ihren Fütterungsversuchen mit unterschiedlichen Sojakuchen hatte auch der Kuchen aus gerösteten Sojabohnen den höchsten Ölgehalt. Daraus ist zu folgern, dass dieses Verfahren anscheinend zu schlechteren Ölausbeuten führt. Einzelne Ölmüller berichten von ähnlichen Ergebnissen. Bei der Teilentölung von rohen oder aufbereiteten Sojabohnen wurde von Ölmüllern außerdem berichtet, dass der TM-Gehalt sich im Bereich von 88,50 – 94,00 % bewegen darf, ansonsten seien die Ausbeuten zu schlecht oder eine Entölung nicht möglich. Bei zu hohem Feuchtigkeitsgehalt „schmiert“ der Kuchen aus der Presse, bei zu niedrigem Gehalt tritt Soja nur in Pulverform wieder aus bzw. die Presse verstopft.

Im Vergleich zu einer Teilentölung von Raps, bei der durchschnittlich ein Auspressgrad von 80 % erzielt wird (FNR 2009), sind die Auspressgrade in allen Varianten (Tabelle 111) deutlich niedriger. Eine Verbesserung der Entölungsleistungen könnte ggf. durch eine vorangegangene Flockierung und ggf. Expandierung erzielt werden. Eine Extrusion könnte die Ölfreisetzung aus der Sojamatrix erleichtern, zum einen, indem die Ölzellen durch mechanische Einwirkung zerstört werden, zum anderen, indem durch die Formgebung der Abstand des einstigen Bohnenkerns zur Austrittsoberfläche verringert wird (Seiler 2006). Bei den extrudierten Sojakuchenvarianten wurden bei den beprobten Partien geringere Ölgehalte erzielt, besonders bei der direkten Entölung der noch heißen Sojabohnen nach der Extrusion.

Eine feuchte Erhitzung durch Dampfzugabe sorgt für eine gewisse Plastifizierung des Materials und beugt einem Spröde-Werden unter dem Einfluss von Scherkräften vor. Ein zu ausgeprägter Formverlust der Flocken dagegen würde einerseits die Ausbeute verringern, andererseits den Anteil an im Presssaft suspendierten Feststoffpartikeln erhöhen (Seiler 2006). Dies könnte auch die geringeren Entölungsausbeuten bei den hydrothermisch aufbereiteten Sojabohnen erklären. Vom Hersteller und Anlagenbetreiber wurde weiterhin bessere Ausbeuten bei der Entölung von

rohen Sojabohnen berichtet, bevor auf die Entölung von hydrothermisch aufbereiteten Sojabohnen in der Anlage umgestellt wurde.

Vergleich der Aufbereitungsqualitäten bei den verschiedenen Teil-Entölungsvarianten

Aus dem Vergleich verschiedener Sojafuttermittel (Tabelle 112) ist ersichtlich, dass es Unterschiede zwischen den beprobten Verfahren in der TIA, der UA, der Proteinlöslichkeit in KOH und dem PDI gibt.

Unter dem geforderten Grenzwert bei der TIA von 5 mg/g lagen im Median die VFP, die Sojaextraktionsschroten und bei der Teilentölung die Sojakuchen, die roh entölt und anschließend hydrothermisch aufbereitet wurden. Sojakuchen aus hydrothermisch aufbereiteten Sojabohnen wies bei manchen Proben Optimalwerte bei der TIA und bei anderen nicht ausreichend behandelte Partien auf. Bei den Sojakuchen, die extrudiert wurden, können aufgrund der geringen Probenzahl (n=1) keine eindeutigen Tendenzen abgeleitet werden. Es scheint jedoch, dass bei der direkten Entölung nach der Trockenextrusion die TIA stärker inaktiviert wird, im Vergleich zu einer zwischengeschalteten Kühlung vor der Entölung. Die gerösteten Sojakuchen waren noch nicht ausreichend aufbereitet, jedoch stammten sie aus elektrischen Versuchsröstern. Ein ähnliches Bild wie die TIA zeigt auch die UA bei all den beprobten Varianten.

Bei der Proteinlöslichkeit in KOH zeigte sich, dass die VFP und die Sojaextraktionsschrote im Median in dem von Van Eys (2012) beschriebenen Optimalbereich von 73 % bis 85 % liegen. Alle Sojakuchen, aus den unterschiedlichen Varianten der Teilentölungen lagen im Mittelwert und Median darüber. Daraus ist zu schließen, dass die Aufbereiter in den dezentralen Anlagen noch intensiver die Sojabohnen behandeln könnten, ohne eine zu starke Schädigung der Aminosäuren durch Maillard Reaktionen zu verursachen.

Beim PDI lagen die Sojaextraktionsschrote und die Sojakuchen aus hydrothermisch aufbereiteten Sojabohnen in dem für diesen Parameter nach Monary 1989 für optimal befundenen Bereich von 15 - 30 %. Die VFP und Sojakuchen aus den anderen Teilentölungsvarianten lagen unter dem Optimalbereich. Jedoch lagen diese Futtermittel bei der Proteinlöslichkeit in KOH im Median im Optimalbereich. Sojakuchen, der hydrothermisch aufbereitet wurde, lag bei der Proteinlöslichkeit in KOH im Median sogar über dem Optimalbereich. Daraus ist zu folgern, dass bei gleichzeitiger Betrachtung der TIA, die Proteinlöslichkeit in KOH konsistentere Ergebnisse liefert. Nicht ausreichend behandelte Sojafuttermittel (TIA > 5 mg/g), unabhängig von Sojakuchen aus einer Teilentölung oder VFP, weisen gleichzeitig Werte größer als 85 % bei der Proteinlöslichkeit in KOH auf. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Thurner et al. (2013) bei der Beprobung von dezentralen Aufbereitungsanlagen in Bayern.

Tabelle 112: Unterschiede in den TIA, der UA, der Proteinlöslichkeit in KOH und des PDI zwischen verschiedenen Futtermitteln aus unterschiedlichen Teilentölungsvarianten im Vergleich zu VFP und Sojaextraktionsschrot

Parameter		VFP	roh entölt, anschließend HT- Aufberei- tung	Entölung nach HT- Aufberei- tung	Entölung gerösteter Soja- bohnen	Entölung extru- dierter, gekühlter Sojabohn en nach der Extrusion	Entölung von Sojabohne n direkt nach der Extrusion im heißen Zustand	Soja- schrot
TIA in mg/g	MW	3,97	4,88	6,10	10,00	10,50	6,00	2,56
	Median	3,40	4,40	5,60	10,00	-	-	2,50
	SA	2,13	1,04	2,60	2,40	-	-	0,45
	Max	10,80	6,70	9,00	11,70	-	-	3,50
	Min	1,90	4,20	2,60	8,30	-	-	2,00
	Probenanzahl (n)	22	5	5	2	1	1	10
UA in mg N/g*min	MW	0,18	0,21	0,55	1,10	0,53	0,01	0,03
	Median	0,09	0,21	0,53	1,10	-	-	0,03
	SA	0,22	0,07	0,39	1,15	-	-	0,03
	Max	0,80	0,31	1,04	1,91	-	-	0,09
	Min	0,00	0,13	0,06	0,29	-	-	0,00
	Probenanzahl (n)	22	4	5	2	1	1	10
Proteinlöslich- keit in KOH in %	MW	81,31	85,98	88,26	83,90	85,20	85,30	80,34
	Median	81,95	86,10	89,60	83,90	-	-	79,70
	SA	8,62	3,23	3,18	1,98	-	-	2,58
	Max	91,70	89,80	91,80	85,30	-	-	84,20
	Min	56,60	81,50	84,70	82,50	-	-	76,40
	Probenanzahl (n)	22	5	5	2	1	1	10
PDI in %	MW	15,59	12,95	20,38	32,30	-	11,60	15,60
	Median	13,90	12,95	20,60	32,30	-	-	15,00
	SA	5,84	0,24	7,03		-	-	3,00
	Max	26,20	13,20	26,50	32,30	-	-	21,70
	Min	7,10	12,70	13,80	32,30	-	-	12,60
	Probenanzahl (n)	14	4	4	1	0	1	7

- = Keine Berechnung wegen zu geringer Probenanzahl möglich.

Verschleiß und Kosten bei den verschiedenen Teil-Entölungsvarianten

Soja enthält durchschnittlich 20 % Fett in der TM und damit deutlich weniger im Vergleich zu Raps, der durchschnittlich 42 % enthält (FNR 2009). Dadurch ist der Anteil anderer Inhaltsstoffe bei Soja größer, was zur Folge hat, dass der mechanische Aufwand größer ist, Öl aus Soja abzupressen als aus Raps. In den Entölungsanlagen werden die gleichen Schneckenseiherpressen eingesetzt wie bei Raps, an den Seiherkörben wird keine Modifikation vorgenommen.

Nach den Aussagen der Ölmüller verhält sich Soja aber abrasiver in den mechanischen Ölpresen als Raps. Es wird von einem zwei bis dreimal so hohen Verschleiß bei der Entölung von Soja berichtet. Falls in der Presse keine gepanzerten Schneckenelemente eingesetzt werden, kann der Verschleiß sogar auf das vierfache ansteigen. Dieser ist an den Schneckenelementen am höchsten, besonders an den Flanken der Windungen, die das Material vorwärts transportieren. Bei den Seiherstäben ist der Verschleiß im vorderen Bereich der Ölpresse am größten, kurz vor Austrittschacht des Sojakuchens, an dem der Großteil der Ölfraktion austritt. Dort ist der Druck innerhalb der Ölpresse am höchsten (Ströbele 2014).

Um die Kosten beim Verschleiß gering zu halten, setzen die meisten Ölmüller deshalb gepanzerte Schneckenelemente in ihren Ölpresen ein. Manche schweißen Schneckenelemente mit geringerem Verschleiß an den Abnutzungsspuren nochmals auf, um sie länger einsetzen zu können. Ein Anlagenbetreiber berichtet von einer Reduzierung des Verschleißes, wenn die Ölpresen mit einer geringeren, als der maximal möglichen Durchsatzleistung betrieben werden.

Ein Vergleich zum Verschleiß und zum Energieverbrauch zwischen den verschiedenen Teilentölungsvarianten (Tabelle 111) war nicht möglich, da einige Ölmühlen sich erst seit kurzem mit der mechanischen Entölung beschäftigen. Manche Anlagenbetreiber wollten zudem darüber keine Auskunft erteilen.

Für die Entölung von Soja berechneten die befragten Ölmühlen Preise zwischen 5 – 7 €/dt. Da die Erlöse durch den Verkauf des Sojaöls stark schwanken und oft nicht die Kosten für die Entölung decken, wird ein Großteil der Entölungskosten auf den Preis des Sojakuchens umgelegt. Durch regionale Markenprogramme für tierische Lebensmittel gelingt es den meisten Anlagenbetreibern, den Sojakuchen zu diesen Preisen entsprechend zu vermarkten, so dass die Entölungskosten gedeckt wurden.

Vermarktung von Sojaöl aus dezentralen Anlagen

Das meiste Sojaöl, das aus der Pressung in dezentralen Anlagen in Deutschland gewonnen wird, wird momentan im Futterbereich eingesetzt. Jedoch ist der Anteil an Sojaöl aus diesen Anlagen vergleichsweise gering (ca. 1 %). Im Kraftstoffbereich kommt dieses Öl aus den dezentralen Ölmühlen zurzeit praktisch nicht zum Einsatz. Vereinzelt verkauft ein Ölmüller Übermengen, die er im Futterbereich nicht absetzen kann an Biodieselhersteller, aber als Reinkraftstoff wird es in der Praxis kaum angeboten.

Bei den meisten dezentralen Ölmühlen wird weiterhin das Lecithin im Öl belassen. In großen Extraktionsanlagen wird dieses bei der Entschleimung aus dem Sojaöl entfernt. Landwirte, v. a. Geflügelhalter, bevorzugen deswegen den Einsatz des Sojaöl aus dezentralen Anlagen in ihren Rationen, da sie der Meinung sind, dass Lecithin in der Ration die Gefahr von Fettlebern senkt. In der Arbeit von An et al. (1997) wurde bei Legehennen die Reduktion von Lipiden in der Leber durch die Beigabe von Phospholipiden nachgewiesen. Diese Phospholipide sind im Lecithin enthalten (Backmittelinstitut 2005). Emmert et al. (1996) berichten außerdem von besseren

Zunahmen bei Mastgeflügel bei steigendem Anteil an Lecithin in der Ration. Durch die Zugabe von Sojaöl in eine Futtermischung, kann die Energiekonzentration im Futter erhöht werden. Bei Legehennen wirkt sich eine erhöhte Energiekonzentration bis zu 2,850 kcal/kg in der Ration positiv auf die Legeleistung und das Eigewicht aus (Pérez-Bonilla et al. 2012).

Möglichkeiten und Grenzen von kaltgepresstem Sojaöl aus dezentralen Anlagen zu Speisezwecken

Im konventionellen Sojahandel werden Sojabohnen im Wesentlichen auf zwei Arten vermarktet: einerseits als Sojaöl und andererseits als proteinreiches Nahrungsmittel. Die Züchtung hat sich in der Vergangenheit vor allem auf die Verbesserung der Sojaölqualität und Verarbeitungseigenschaften konzentriert z.B. die Selektion auf niedrige Gehalte an ungesättigten Fettsäuren, aber auch die Reduzierung der mehrfach ungesättigten Fettsäure Linolensäure (18:3), um die Bildung von Trans-Fettsäuren zu verhindern. Im Gegensatz dazu werden biologisch angebaute Sojabohnen bisher vorwiegend für die menschliche Ernährung genutzt, weniger für die Ölextraktion oder Tierfütterung (Vollmann & Menken 2012).

Sojaöl liefert den Rohstoff für einen großen Teil der Speiseöle, Backfette und Margarinen etc. Um zu beurteilen, inwiefern kaltgepresstes Sojaöl aus dezentralen Anlagen auch für die menschliche Ernährung geeignet ist, sollen im Folgenden die ernährungsphysiologischen Eigenschaften näher betrachtet werden und mit anderen Ölen verglichen werden. Sojaöl enthält wenig gesättigte Fettsäuren und ebenso wie andere Pflanzenöle kein Cholesterin. Zudem enthält Sojaöl natürliche Antioxidantien (Vitamin E), die gesund für den menschlichen Körper sind. Sojaöl ist im Vergleich zu anderen Ölen wie Olivenöl, Walnussöl eher geschmacksneutral. (Erickson 1995).

Das Öl der Sojabohne ist eines der wenigen Pflanzenöle, das eine größere Menge an der zweifach ungesättigten Linolensäure sowie der dreifach ungesättigten Alfa-Linolensäuren enthält (siehe Tabelle 113).

Das Bundesinstitut für Risikobewertung problematisiert einen häufigen Konsum von Sojaprodukten, insbesondere die Verwendung von den isolierten Isoflavonen Genistein und Daidzein, die für die positive Wirkung von Soja auf die menschliche Gesundheit verantwortlich sein sollen: Die Isoflavone wirken auf den Hormonhaushalt des Menschen ein und werden deshalb auch Phytoöstrogene genannt. In großen Mengen oder regelmäßig genossen, können diese Isoflavone die Schilddrüsentätigkeit beeinflussen oder im Rahmen einer Hormonersatztherapie die Darmzellen schädigen. Allerdings ist der Gehalt an Isoflavonen in Sojaöl im Vergleich zu ganzen Sojabohnen relativ gering: (Sojabohnen: 1000-2400mg/kg, Tofu: 150-500 mg/kg, Sojaöl: 0-3 mg/kg) (Richter 2008). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein relativ hoher Gehalt an Isoflavonen in Sojaprodukten im Blick auf die menschliche Gesundheit problematisiert wird. Da in kaltgepressten Sojaölen jedoch nur noch ein sehr geringer Rest an Isoflavonen enthalten ist, erscheint der Verzehr dieses insgesamt hochwertigen Öls unproblematisch.

In der folgenden Tabelle ist die Fettsäurezusammensetzung verschiedener Öle im Vergleich zum Sojaöl dargestellt:

Tabelle 113: Fettsäurezusammensetzung in Gewichtsprozent bezogen auf Gesamtfettsäuren

Fettsäure	Symbol	Sojaöl	Rapsöl	Sonnenblumenöl	Traubenkernöl	Walnussöl
Palmitinsäure	16:0	8,0-13,5	2,5 - 7,0	5,0 - 7,6	5,5 - 11,0	6,0 - 8,0
Stearinsäure	18:0	2,0-5,4	0,8 - 3,0	2,7 - 6,5	3,0 - 6,5	1,0 - 3,0
Ölsäure*	18:1	17,0 - 30,0	51,0 - 70,0	14,0 - 39,4	12,0 - 28,0	14,0 - 21,0
Linolsäure*	18:2	48,0 - 59,0	15,0 - 30,0	48,3 - 74,0	58,0 - 78,0	54,0 - 65,0
Linolensäure*	18:3	4,5 - 11,0	5,0 - 14,0	NN - 0,3	NN - 1,0	9,0 - 15,0
Arachinsäure	20:0	0,1 - 0,6	0,2 - 1,2	0,1 - 0,5	0,2 - 0,5	NN - 0,3

* ungesättigte FS

Quelle: Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaften, (2011)

Wie Tabelle 113 zu entnehmen ist, weist Sojaöl hohe Gehalte an ungesättigten Fettsäuren, insbesondere der zweifach ungesättigten Fettsäure Linolsäure auf und ist damit vergleichbar mit hochwertigen Speiseölen wie beispielsweise Sonnenblumenöl oder Walnussöl. In eigenen Untersuchungen wurden verschiedene Sojaöle im Hinblick auf Ihre Fettsäurezusammensetzung, den Lecithingehalt, den Tocopherol-Gehalt (Vitamin E) und den Retinolgehalt (Vitamin A) untersucht. Die aus den Analysen resultierenden Ergebnisse sind in Tabelle 114 dargestellt. Anhand der Daten ist erkennbar, dass wichtige Inhaltsstoffe einem Ab- bzw. Umbau unterliegen, der sich bei längerer Lagerung deutlich bemerkbar macht. So nahm der Gehalt an Vitamin E und A sowie der Lecithingehalt nach sechsmonatiger Lagerung um etwa 30-40 % ab. Demnach ist Sojaöl ein interessantes Öl für die menschliche Ernährung, wie bei anderen Ölen mit hohem Anteil an ungesättigten Fettsäuren ist auf eine kühle und dunkle Lagerung in verschlossenen Behältnissen zu achten.

Tabelle 114: Lecithin-, Vitamingehalte und Fettsäurezusammensetzung (Gewichtsprozent bezogen auf Gesamtfettsäuren) verschiedener Sojaöle

Öl / Herkunft Fettsäure	Sojaöl- Haltbarkeits- versuch 05.05.2012	Sojaöl- Haltbarkeits- versuch* 06.11.2012	Sojaöl, raffiniert ADM	Sojaöl, entschleimt ADM	Sojaöl aus gerösteten Sojabohnen Stadlhuber	Sojaöl Meika	Sojaöl BAG Güssing
Lecithingehalt (als Phosphor) mg/kg	787	526	<100	5080	747	838	1054
Tocopherol- Gehalt mg/100g	10,3	6,8	14,0	15,4	6,8	6,4	18,5
Retinol-Gehalt µg/100g	190,0	123	110	230	155	117	127
C16:0 / Palmitinsäure	9,5	9,5	10,7	10,7	9,5	9,9	9,8
C18:0 / Stearinsäure	3,8	3,8	4,2	4,4	4,0	4,0	4,7
C18:1 / Ölsäure	29,1	29,0	26,4	27,0	28,2	26,0	23,6
C18:2 / Linolsäure	47,6	47,7	50,6	49,8	49,3	50,9	52,3
C18:3 / Linolensäure	8,7	8,7	6,5	6,4	7,7	8,1	7,1
C20:0 / Arachinsäure	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5

* nach sechsmonatiger Lagerung

Quelle: eigene Untersuchungen, 2013

Anforderungen an qualitätserhaltende Verarbeitungstechnik und Hygiene

Zu der Herstellung von Pflanzenölen gibt es keine gesetzlich notifizierte Anforderungen, jedoch gelten die Leitsätze zur Herstellung von Speiseölen. Die rechtliche Basis der Leitsätze ist das Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB). Die Leitlinien beschreiben die Herstellungsweisen und besondere Beschaffenheitsmerkmale für Öle, die für den menschlichen Verzehr bestimmt sind und sind damit für die Lebensmittelüberwachung von Bedeutung (Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaften 2011). Sie schreiben vor, dass kalt gepresste Speiseöle ohne Wärmezufuhr ausschließlich durch mechanische Verfahren gewonnen werden dürfen. Zum Entfernen von Trübstoffen ist Dekantieren, Filtrieren oder Zentrifugieren üblich. Zusätzliche Vor- oder Nachbehandlungsverfahren vor dem Pressen (z.B. Rösten oder Schälen) müssen deklariert sein. Kaltgepresste Speiseöle dürfen keine Zusatzstoffe enthalten. (Leitsätze für Speisefette und -öle, 2011).

Bezüglich der Beschaffenheit der Räumlichkeiten, die zur Ölverarbeitung genutzt werden, gelten die Anforderungen, die alle Verarbeiter einhalten müssen: die Lebensmittelhygiene-Verordnung¹ und die EU-Verordnung EG 852 über Lebensmittelhygiene².

Eine Genehmigung ist vor der Inbetriebnahme einer Sojaölverarbeitung nicht nötig, es ist aber empfehlenswert vor dem Bau- oder Umbau der Räumlichkeiten diese mit dem Veterinäramt (Amtstierarzt oder Lebensmittelkontrolleur) abzusprechen, damit spätere Änderungen vermieden werden können (beispielsweise die Reihenfolge des Warenflusses, Anordnung von Umkleiden und Personaltoiletten). Auch bei der Ölherstellung greift der Codex alimentarius³, die Standards der Vereinten Nationen für zahlreiche, zur Abgabe an den Verbraucher bestimmte Lebensmittel. Zu bedenken ist außerdem, dass Landwirte in der Regel Urproduktion betreiben und sie sich vor der Speiseölproduktion als Lebensmittelunternehmen registrieren lassen müssten. Eine Zulassung ist im Gegensatz zu tierischen Verarbeitungsprodukten jedoch nicht nötig (es gilt nur VO 852, nicht aber VO 853). Vor der Produktion müssen ein HACCP-Konzept⁴ sowie ein Eigenkontrollsystem vorgelegt werden. Nach der Registrierung werden die Betriebe in regelmäßigen Abständen von der Lebensmittelüberwachung kontrolliert (Brucke 2012). In den für die Verarbeitung verwendeten Räumen müssen die Böden und Decken glatt und abwaschbar sein. Ob ein Schwarz-Weiß-Bereich⁵ nötig ist, wird am besten während der Umbauphase mit der jeweils zuständigen Lebensmittel-Kontrollbehörde besprochen (Braun 2012).

¹ Lebensmittelhygieneverordnung: http://www.gesetze-im-internet.de/lmhv_2007/

² EU-Verordnung EG 852 über Lebensmittelhygiene: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:de:PDF>

³ Standards der Vereinten Nationen für zahlreiche zur Abgabe an den Verbraucher bestimmte Lebensmittel. Sie sollen dem Verbraucher ein gesundheitlich unbedenkliches, unverfälschtes und ordnungsgemäß gekennzeichnetes Lebensmittel garantieren. Er enthält außerdem Empfehlungen in Form von Verfahrensregeln, Richtlinien und andere empfohlene Maßnahmen, die darauf abzielen, die Zwecke des Codex Alimentarius zu erfüllen. http://www.bmelv.de/DE/Ernaehrung/SichereLebensmittel/Codex-Alimentarius/codex-alimentarius_node.html

⁴ HACCP-Konzept oder HCCP-Konzept: Hazard Analysis and Critical Control Points-Konzept (deutsch: Gefahrenanalyse und kritische Kontrollpunkte) ist ein vorbeugendes System, das die Sicherheit von Lebensmitteln und Verbrauchern gewährleisten soll.

⁵ Schwarz-Weiß-Prinzip: durch zahlreiche Maßnahmen erreichte Trennung von schmutzigen „Schwarz-“ und sauberen „Weiß-“, bzw. Außen- und Innenbereichen. Durch dieses Prinzip soll eine Verschleppung von unerwünschten Stoffen insbesondere durch Personen vermieden werden.

Bevor ein Betrieb in die Verarbeitung von Sojaöl einsteigt und einen Verarbeitungsraum plant, sollte er die Umbauten mit dem zuständigen Veterinäramt besprechen, die oben beschriebenen Verordnungen sind einzuhalten.

Absatzmöglichkeiten von Sojaöl für die menschliche Ernährung

Sojaöl wird neben der Nutzung als Speiseöl in vielfältiger Weise eingesetzt beispielsweise in Margarine, Brot, Mayonnaise oder Snacks. Durch seinen hohen Siedepunkt kann man Sojaöl gut als Frittieröl verwenden, es ist ein ideales Salat- und Rohkostöl, zum Kochen und Dünsten und durch den Lecithingehalt auch zum Backen ohne Ei geeignet (Erickson 1995).

Lecithin wird heute fast ausschließlich aus dem Öl der Sojapflanze gewonnen, deren Samen ca. 2-3 % Lecithin enthalten. Unter den pflanzlichen Lecithinquellen nimmt die Sojabohne mit einem Lecithingehalt von 2–3 % den ersten Platz ein (Franke 1985). Zudem kann Lecithin aus Eigelb oder Sonnenblumen gewonnen werden und enthält u.a. Phosphorsäure, Cholin, ungesättigte Fettsäuren, Glycolipide und Phospholipide (Backmittelinstitut 2005). Soja-Lecithin ist dafür bekannt, die geistige und körperliche Vitalität zu erhöhen und wird als "Nervennahrung" betrachtet. Soja-Lecithin wird dort eingesetzt, wo ein natürlicher Emulgator benötigt wird (z.B. Pharmaerzeugnisse oder bestimmte Nahrungsmittel) und ist beispielsweise der Emulgator, der Kakao und Kakaobutter in Schokoriegeln davon abhält, sich zu trennen. In Margarine und Bratfetten sorgt Lecithin dafür, dass beim Anbraten von Speisen die Margarine oder das Bratfett nicht zu stark spritzt (Erickson 1995). In der EU ist Lecithin als Nahrungszusatz eingestuft und mit der Nummer E322 gekennzeichnet (Backmittelinstitut 2005).

Sojaöl wird allerdings nicht nur in der Nahrungsindustrie verwendet, sondern ebenso als wieder verwertbares Rohmaterial für eine ganze Reihe von Produkten, die mit der Nahrungsindustrie nichts zu tun haben, so z.B. Biodiesel, Tinten, Farbstifte, Farben oder Kerzen. In den letzten Jahren wird es vor allem in den Vereinigten Staaten auch verstärkt zur Herstellung von Biodiesel und Sojamethylester (SME) verwendet, daneben gibt es eine Reihe weiterer Nutzungen: So beispielsweise als schnelltrocknendes Öl zur Herstellung von Alkydharzen, Anstrichfarben und Spachtelmassen sowie auch für Druckfarben. Die im Sojaöl enthaltenen Fettsäuren finden vor allem Verwendung in Kosmetik- und Körperpflegemitteln sowie in einem großen Spektrum weiterer Anwendungen, vor allem als Wirkstoffträger für lipidlösliche Pflanzeninhaltsstoffe und Vitamine sowie als Grundlage für Badeöle und Cremes. Obwohl Sojaöl keine abstoßende Wirkung auf Insekten hat, wird es auch verwendet, um die nur kurze Wirkdauer ätherischer Öle wie z. B. Geranienöl zu verlängern (Diepenbrock et. al. 1999, Erickson 1995).

5.20 Arbeitspaket 6e: Lagerung und Haltbarkeit aufbereiteter Sojaprodukte

5.20.1 Haltbarkeitsversuch

Temperatur und Luftfeuchte bei der Lagerung

Die Lagerung der Sojaprodukte fand auf einem ehemaligen Getreidespeicher mit offenen Fenstern statt, der Verlauf von Temperatur und Luftfeuchtigkeit entsprach im Wesentlichen den jahreszeitlichen Schwankungen der Außenatmosphäre (Tabelle 115). Die Temperatur schwankte zwischen -6 °C im Januar 2013 und 34 °C im Juli 2012 und lag im Mittel bei 14 °C. Die relative Luftfeuchte schwankte zwischen 20 % Ende April 2012 bei einer Temperatur von 27°C und 96 % im Dezember 2012 bei einer Temperatur von 10°C. Die durchschnittliche relative Luftfeuchte lag bei 67 %.

Tabelle 115: Schwankungsbreite der relativen Luftfeuchte und Temperatur und Mittelwerte

	Relative Luftfeuchte %	Temperatur °C
Minimum	20,7	-6,4
Maximum	95,8	34,0
Durchschnitt	66,6	14,2

Veränderung der Peroxidzahl bei der Lagerung

Futtermittel mit einer Peroxidzahl kleiner als 6 (Milli-Äquivalenten Sauerstoff je kg Fett) gelten als einwandfrei, bei einer Peroxidzahl größer als 10 geht man von oxidativem Verderb aus. Bei allen Versuchsvarianten außer dem Sojaöl lag die Peroxidzahl während des gesamten Versuchszeitraumes deutlich unter 6 und nicht höher als 2 Milli-Äquivalenten Sauerstoff je kg Fett. Bei dem Sojaöl stieg die Peroxidzahl während der Lagerung kontinuierlich an und lag nach 5 Monaten bei einem Wert von 7,5 Milli-Äquivalenten Sauerstoff je kg Fett. Zu Versuchsende wurde ein Wert von 15,3 Milli-Äquivalenten Sauerstoff je kg Fett erreicht (Abbildung 129). Dieser hohe Wert in der Peroxidzahl beim Sojaöl spiegelte sich auch in der Geruchsbonitur wider: das Sojaöl roch nach 5 Monaten deutlich ranzig und war somit nicht mehr für die Fütterung geeignet. Bis auf das Sojaöl hatten alle Sojafuttermittel auch noch einen angenehm aromatisch, nussigen Geruch. Wie oben beschrieben, gelten Fette und Öle mit einer Peroxidzahl kleiner als 6 als einwandfrei, somit waren alle Sojafuttermittel mit Ausnahme des Sojaöls auch nach einem Jahr noch keinem nennenswerten oxidativen Verderb unterworfen.

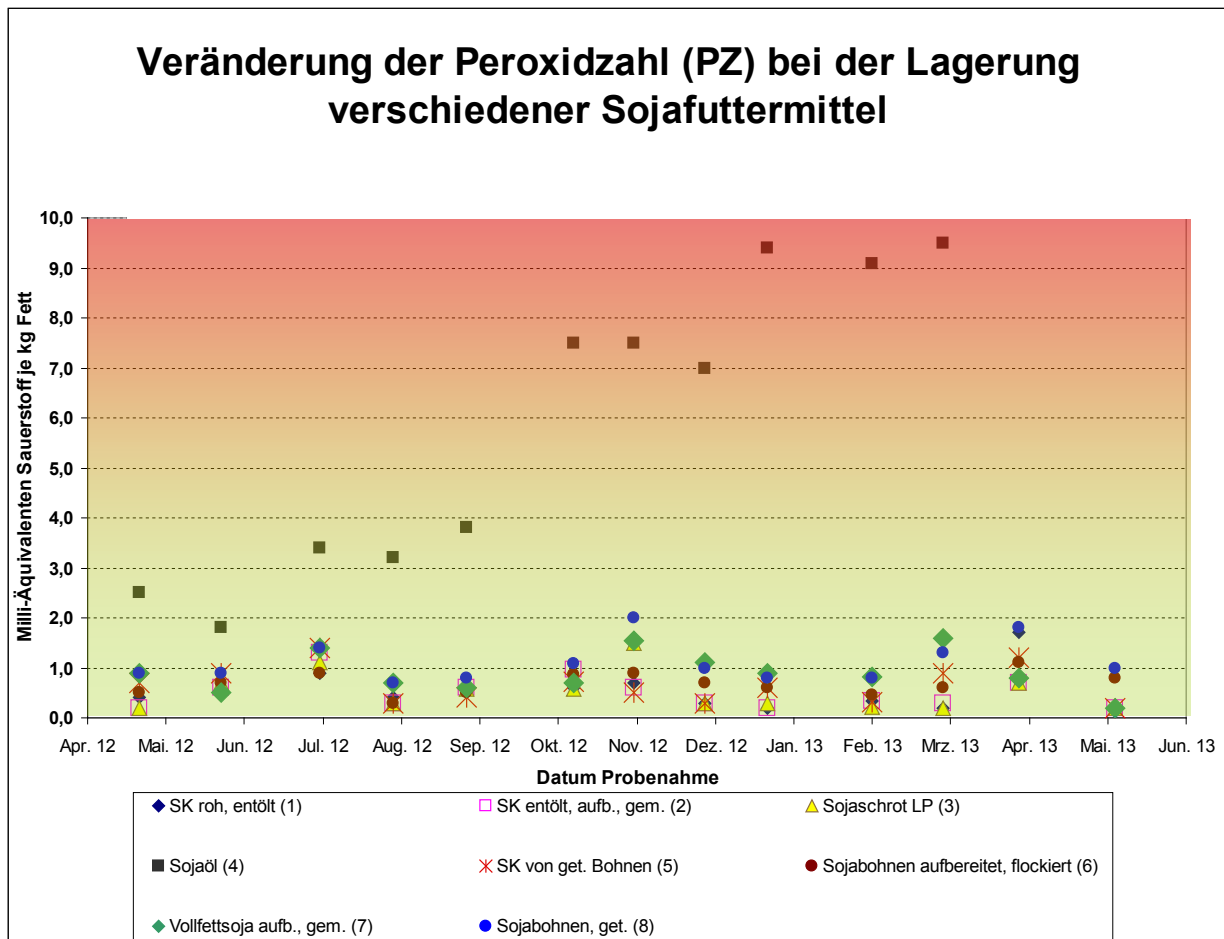


Abbildung 129: Veränderung der Peroxidzahl bei der Lagerung verschiedener Sojafuttermittel

Veränderung der Säurezahl bei der Lagerung

Bis zu einer Säurezahl von 4 gelten native und nicht raffinierte Speisefette und –öle als einwandfrei. Die Säurezahl lag bei allen Varianten innerhalb des Untersuchungszeitraumes zwischen 0,2 und max. 1,0 mg KOH (Abbildung 130).

Veränderung der Säurezahl (SZ) bei der Lagerung verschiedener Sojafuttermittel

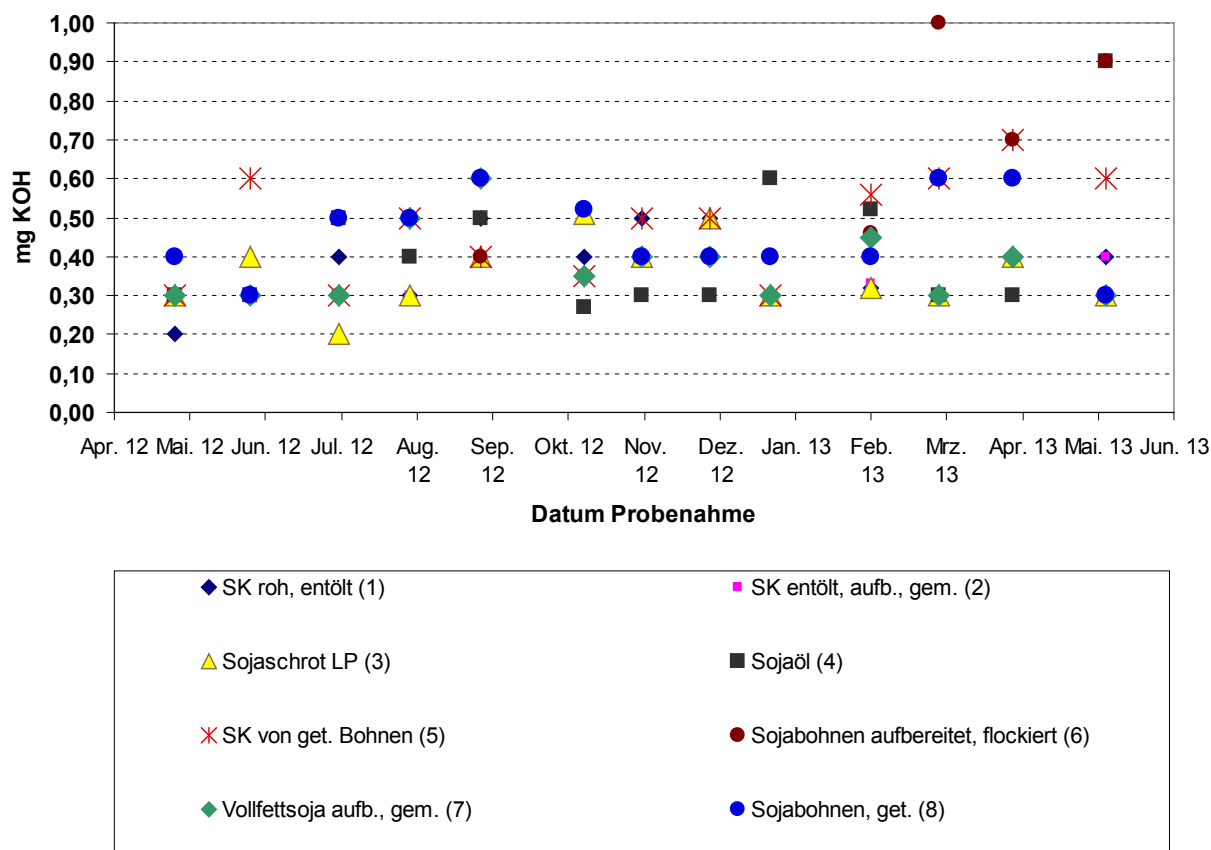


Abbildung 130: Veränderung der Säurezahl bei der Lagerung verschiedener Sojafuttermittel

Veränderung des Gehaltes an Freien Fettsäuren bei der Lagerung

Versuche von Tanteeratar et. al. (1989) haben gezeigt, dass der Anteil an freien Fettsäuren abhängig von der Reife der Sojabohnen bei der Ernte war. Gut abgereifte Körner wiesen geringere Gehalte an freien Fettsäuren auf als unreif geerntete, zudem stieg der Gehalt an Fettsäuren bei der Lagerung von reifen Bohnen langsamer an als bei Bohnen, die in unreiferen Stadien geerntet wurden.

Futtermittel mit einem Gehalt an freien Fettsäuren bis zu 2 % der Probe gelten als einwandfrei. Dementsprechend waren alle Futtermittel auch nach einem Jahr Lagerung in Bezug auf die freien Fettsäuren noch einwandfrei (siehe Tabelle 116).

Tabelle 116: Gehalt an freien Fettsäuren in % der Probe

Probenahme	05.05.12	04.08.12	06.11.12	03.02.13
Sojakuchen roh, entölt (1)	0,11	0,33	0,47	0,41
Sojakuchen entölt, aufbereitet, gemahlen (2)	0,10	0,19	0,23	0,72
Sojaextraktionsschrot LP (3)	0,06	0,23	0,29	0,21
Sojaöl (4)	0,21	0,24	0,23	0,22
Sojakuchen von getoasteten Sojabohnen (5)	0,13	0,36	0,36	0,95
Sojabohnen aufbereitet, flockiert (6)	0,22	0,51	0,40	0,57
Vollfettsoja aufbereitet gemahlen (7)	0,09	0,37	0,28	0,58
Sojabohnen, getoastet (8)	0,14	0,37	0,52	1,13

Veränderung der Bakterien-, Pilzkeimzahl während der Lagerung

Die Beurteilung der mikrobiologisch-hygienischen Beschaffenheit mit der Pilz- und Bakterienkeimzahl stützt sich auf die nachgewiesenen Gehalte an aeroben mesophilen Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen und orientiert sich an mikrobiologischen Erfahrungswerten (Orientierungswerte). Dabei versteht man unter einem Orientierungswert die Anzahl koloniebildender Einheiten je Gramm (KBE/g) an produkttypischen und verderbanzeigenden Keimen, die für das jeweilige Futtermittel bei normaler Beschaffenheit und Unverdorbenheit noch vertretbar ist. Die Keimgehalte geben ausschließlich die Anzahl der noch vermehrungsfähigen Keime wieder; nicht mehr vermehrungsfähige oder abgestorbene Keime werden hier nicht erfasst. Die Erfassung des Keimgehaltes erfolgt durch die Beurteilung von sieben verschiedenen Indikator-Keim-Gruppen. Die Gesamtbeurteilung der mikrobiologischen Futterqualität erfolgt in Anlehnung an die jeweils höchste Keimzahlstufe innerhalb der einzelnen Keimgruppen (Lufa 2012). Die Ergebnisse der Pilz- und Bakterienzahl sind in Tabelle 117 aufgeführt. Bei Keimzahlstufe 1 überschreiten die Keimgehalte den Orientierungswert nicht. Bei Keimzahlstufe 2 ist der Orientierungswert in der Regel um das Fünffache überschritten, die Qualität der Futtermittel ist geringfügig herabgesetzt. Wenn Keimzahlstufe 3 vorliegt, wie bei dem entölkten, aufbereiteten und gemahlenden Sojakuchen bei der Beprobung im November ist der Orientierungswert um das Zehnfache überschritten und die Qualität ist deutlich herabgesetzt. Bei der Keimzahlstufe 4, die das Sojaöl im November erreicht hat, gilt das Futtermittel als verdorben. Bei der Beprobung Anfang Februar 2013 haben alle Futtermittel wieder eine Keimzahlstufe von 1 erreicht. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass bedingt durch die Minusgrade im Januar und Februar die Keime nicht mehr vermehrungsfähig und abgestorben waren und somit bei der Messung nicht mehr erfasst wurden.

Tabelle 117: Bakterien-, Pilzkeimzahl bei verschiedenen Sojafuttermitteln im Versuchsverlauf

Probenahme	05.05.12	04.08.12	06.11.12	03.02.13
Sojakuchen roh, entölt (1)	1	1	1	1
Sojakuchen entölt, aufbereitet, gemahlen (2)	2	1	3	1
Sojaextraktionsschrot LP (3)	1	1	2	1
Sojaöl (4)	1	2	4	1
Sojakuchen von getoasteten Sojabohnen (5)	1	1	1	1
Sojabohnen aufbereitet, flockiert (6)	1	1	1	1
Vollfettsoja aufbereitet gemahlen (7)	1	1	1	1
Sojabohnen, getoastet (8)	1	1	1	1

(KZ 1: normal, KZ2: geringgradig herabgesetzt, KZ3: herabgesetzt, KZ4: verdorben)

Aus der Untersuchung der verschiedenen Verderbparameter bei den acht Sojafuttermitteln lässt sich schlussfolgern, dass alle Futtermittel außer dem Sojaöl nahezu bis zu einem Jahr haltbar sind. Bei den neben Sojaöl verbleibenden Sojafuttermitteln wiesen die Säurezahl und Peroxidzahl deutlich Werte unter den verderbanzeigenden Grenzen auf und auch bei der Geruchsbonitur waren keine negativen Veränderungen wie Ranzigkeit oder saurer Geruch erkennbar.

Allerdings begannen nach 6 Monaten bei einigen Futtermitteln mikrobiologische Veränderungen: das Sojaöl war verdorben, bei dem Sojakuchen (entölt, aufbereitet, gemahlen) war die Qualität deutlich herabgesetzt und bei dem Sojaextraktionsschrot war die Qualität geringfügig herabgesetzt.

Bei dem Sojaöl fand jedoch ein kontinuierlicher Fettverderb statt. Die Peroxidzahl lag nach 5 Monaten deutlich über 6 (Milli-Äquivalenten Sauerstoff je kg Fett) und auch bei der Geruchsbonitur konnte ab diesem Zeitpunkt ein deutlich ranziger Geruch festgestellt werden.

Als Empfehlung kann daher abgeleitet werden, dass in einem in der praktische Landwirtschaft üblichen Lager Sojaöl bis zu 3 Monaten haltbar ist, alle anderen Sojafuttermittel etwa 6 Monate.

Veränderung der Trypsininhibitoraktivität bei der Lagerung

Nach der Lagerungsperiode von sechs Monaten wurden alle acht Sojafuttermittel nochmals auf ihre TIA -Gehalte hin untersucht. Interessant war, dass bei allen Futtermitteln ein Rückgang um 6 - 42% festgestellt werden konnte (Tabelle 118). Um hier eine hinreichende statistische Absicherung zu erhalten, müssten jedoch noch weitere Versuche mit mehreren Wiederholungen durchgeführt werden.

Tabelle 118: Rückgang der TIA nach mehrmonatiger Lagerung in %

	TIA mg/g	TIA mg/g	
Datum	05.05.2012	06.11.2012	Rückgang in %
Sojakuchen (1) roh, entölt	29,30	27,40	6,48%
Sojakuchen (2) entölt, aufbereitet, gemahlen	4,30	3,70	13,95%
Sojaextraktionsschrot LP (3)	2,40	2,10	12,50%
Sojaöl (4)	0,00	0,10	
Sojakuchen (5) von getoasteten Sojabohnen	5,00	2,90	42,00%
Sojabohnen (6) aufbereitet, flockiert	4,80	2,90	39,58%
Vollfettsoja aufbereitet gemahlen (7)	5,30	3,20	39,62%
Sojabohnen, getoastet (8)	10,80	7,00	35,19%

Tanteeratar et. al. (1989) untersuchten zwei verschiedene Sojabohnensorten in jeweils vier verschiedenen Reifestadien im Hinblick auf Lagereigenschaften und Verarbeitungsqualität. Der Trypsininhibitorgehalt (TIA) stieg während der Reife der Bohnen signifikant an. Die TIA war sowohl in reifen als auch in unreifen Bohnen so hoch, dass die Bohnen vor der Weiterverwendung aufbereitet werden mussten. Während einer sechsmonatigen Lagerung veränderte sich der TIA-Gehalt beider Sorten und mit verschiedenen Reifestadien nicht signifikant. Der höhere Gehalt an TIA in reiferen Bohnen mache nach Ansicht der Autoren eine längere Hitze einwirkung erforderlich. Der Proteingehalt der getesteten Sorten stieg während der Reife nicht signifikant an und war während der Lagerung relativ stabil.

5.20.2 Ergebnisse des Lagerungsversuchs

Die Ergebnisse der Fließeigenschaften zeigt Tabelle 119.

Tabelle 119: Fließeigenschaften von Soja-Produkten (1 Pa = 1 N/m²)

Probe	σ_1 [Pa]	σ_c [Pa]	ffc [-]	ρ_b [kg/m ³]	ϕ_e [°]	ϕ_{lin} [°]	ϕ_{sf} [°]
Vollfettsoja	9297	1418	6,6	625	42	38	38
Sojakuchen	10238	1231	8,3	555	45	42	41
„Sojaextraktions- schrot“	./.		10 – 17	./.			

Die Fließfähigkeiten ffc in Tabelle 119 unterscheiden sich nicht sehr. Beide Proben (Vollfettsoja und Sojakuchen) sind mit einer Fließfähigkeit ffc = 6,6 bzw. 8,3 ohne Berücksichtigung der Zeitverfestigung als leicht fließend einzuordnen.

Zeitverfestigung

Um den Einfluss der Lagerzeit auf die Festigkeit des Schüttgutes ermitteln zu können, wurde die Schüttgutfestigkeit nach Lagerung der Proben unter der Verfestigungsspannung über einen Zeitraum von bis zu drei Tagen bestimmt. Dazu wurden die Proben über die entsprechende Zeit unter der Verfestigungsspannung gelagert. Anschließend wurde die Schüttgutfestigkeit σ_c , die sich nach der Lagerzeit ergeben hatte, gemessen. Tabelle 120 und Tabelle 120 zeigen die gemessenen Schüttgutfestigkeiten ohne Zeiteinfluss (0 Stunden, Werte aus Tabelle 119) sowie nach Lagerung.

Tabelle 120: Zeitverfestigung von Soja-Produkten bei einer Verfestigungsspannung von ca. 10 kPa

Probe	Schüttgutfestigkeit σ_c [Pa] bei Lagerzeit			Fließfähigkeit ffc [-] bei Lagerzeit		
	0 Stunden	1 Tag	3 Tage	0 Stunden	1 Tag	3 Tage
Vollfettsoja	1418	4314	6422	6,6	2,2	1,4
Sojakuchen	1231	4363	7888	8,3	2,3	1,3
„Sojaextraktionssc hrot“	./.			10 – 17	3,0 – 4,0	./.

Die Schüttgutfestigkeit nimmt durch Lagerung in Ruhe für beide Proben deutlich zu. Da Anstieg und absoluter Wert der Schüttgutfestigkeit bei der Probe Sojakuchen größer sind, wurde diese Probe detaillierter untersucht.

Fließeigenschaften von Sojakuchen in Schrotform

Die Fließeigenschaften von Sojakuchen in Schrotform zeigt Tabelle 121.

Tabelle 121: Fließeigenschaften von Sojakuchen in Schrotform

σ_1 [Pa]	σ_c [Pa]	ff_c [-]	ρ_b [kg/m ³]	φ_e [°]	φ_{lin} [°]	φ_{sf} [°]
5863	712	8,2	538	43	41	41
10238	1231	8,3	555	45	42	41
19228	2156	8,9	554	43	41	40

Die Zeitverfestigung bis zu einer Lagerzeit in Ruhe von sieben Tagen unter Umgebungsbedingungen zeigt Tabelle 122.

Tabelle 122: Zeitverfestigung unter Umgebungsbedingungen von Sojakuchen in Schrotform

Lagertemperatur	Schüttgutfestigkeit σ_c [Pa] bei Lagerzeit			
	0 Stunden	1 Tag	3 Tage	7 Tage
22 °C	1231	4363	7888	11396
40 °C/22 °C	1231	9579	10970	./.

Nach einer Verlängerung der Lagerzeit in Ruhe von drei auf sieben Tage steigt die Schüttgutfestigkeit weiter an und ist dann sogar größer als die Verfestigungsspannung. Ist die Schüttgutfestigkeit größer als die Verfestigungsspannung, ist Fließen unter dieser Verfestigungsspannung ohne Austraghilfen nicht mehr möglich.

Nach Lagerung bei 40 °C und anschließender Abkühlung nimmt die Schüttgutfestigkeit sehr schnell zu und erreicht schon nach einer Gesamtlagerzeit von einem Tag annähernd die Verfestigungsspannung. Daraus ist zu schließen, dass Fließprobleme wie Brückenbildung ohne besondere Maßnahmen kaum auszuschließen sind, wenn derartige Sojafuttermittel temporär einer höheren Temperatur ausgesetzt sind.

Wandreibung

Die Wandreibung wurde für beide Proben gegen verzinkten Normalstahl und GFK gemessen. Da sich bei der Probe „aufbereitete Volfettsoja“ ungünstigere Wandreibungswerte ergaben, wurde für diese Probe die Wandreibung auch gegen Polyestergewebe gemessen. Tabelle 123 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 123: Maximaler Wandreibungswinkel von Soja-Produkten

Probe	Wandmaterial	Wandreibungswinkel ϕ_x [°] bei Wandnormalspannung		
		600 Pa	3000 Pa	8000 Pa
Vollfettsoja	Stahl, verzinkt	24	20	20
	GFK	37	32	32
	PE-Gewebe	27	25	25
Sojakuchen	Stahl, verzinkt	18	17	16
	GFK	33	33	33
„Sojaextraktionsschrot“	Edelstahl, kaltgewalzt	./.		10 – 15
	GFK	./.		15 – 20

Die Wandreibung für beide Proben unterscheidet sich je nach Wandmaterial deutlich. Für verzinkten Normalstahl ergibt sich für beide Proben (besonders für Sojakuchen in Schrotform) eine niedrige und damit günstige Wandreibung. Im Gegensatz dazu ist die Wandreibung gegen GFK ausgesprochen groß und ungünstig. Für aufbereitete Vollfettsoja ist die Wandreibung gegen Polyestergewebe ungünstiger als gegen verzinkten Normalstahl, aber günstiger als gegen GFK.

Die Wandreibungswinkel in Tabelle 123 sind Maximalwerte, wie sie der Massenauslegung zugrunde zu legen sind. Für die festigkeitsmäßige Siloauslegung (z.B. nach DIN EN 1991-4) sind diese Werte nicht zu benutzen.

Verfahrenstechnische Siloauslegung

Auf der Grundlage der beschriebenen Messungen lassen sich die zum Erreichen von Massenfluss notwendigen Trichterneigungswinkel sowie die Auslaufabmessungen zur Vermeidung von Brückenbildung berechnen.

Die maximalen Trichterneigungswinkel für Massenfluss, die im Rahmen einer verfahrenstechnischen Siloauslegung bestimmt werden, sind in Abbildung 131 für verschiedene Trichterformen dargestellt und bedeuten:

Θ_{ax} [°] maximale Neigung der Wände eines konischen Trichters gegen die Vertikale, bei der Massenfluss noch erreicht wird.

Θ_{eb} [°] maximale Neigung der geneigten Wände eines lang gestreckten, keilförmigen Trichters gegen die Vertikale, bei der Massenfluss noch erreicht wird.

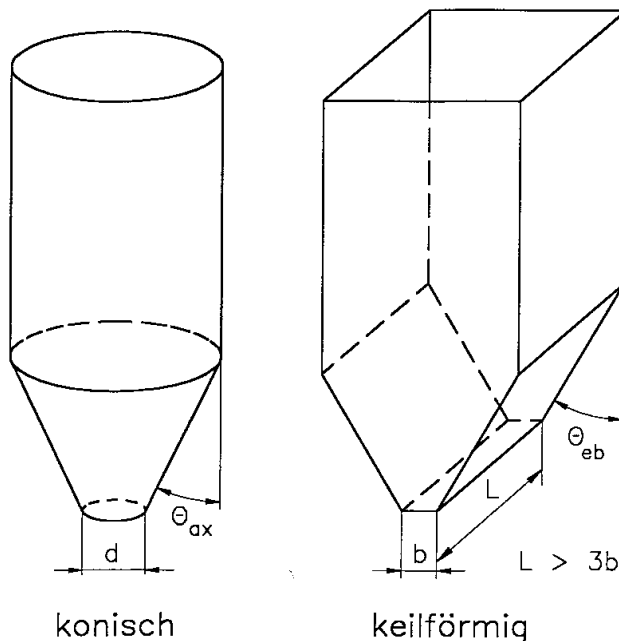


Abbildung 131: Trichterformen

Die gemessenen Wandreibungswinkel hängen teilweise von der Wandnormalspannung ab. Im unteren Bereich eines Massenflustrichters ist die Wandnormalspannung proportional zum Durchmesser des Trichters. Mit abnehmendem Durchmesser verringert sich auch die Wandnormalspannung. Da der Wandreibungswinkel mit abnehmender Wandnormalspannung größer (= ungünstiger) wird, ist die zugrunde zu liegende Abmessung der kleinste Trichterquerschnitt, also die Auslaufgröße. Für Auslaufdurchmesser von 300 mm und 1200 mm sowie Auslaufbreiten von 150 mm und 600 mm wurde die Wandnormalspannung zu 600 Pa bzw. 3000 Pa abgeschätzt.

Die Massenauslegung führte zu den in Tabelle 125 aufgeführten maximalen Neigungswinkeln der Trichterwände gegen die Vertikale. Es ist zu erkennen, dass ein konischer Trichter für Massenfluss steilere Trichterwände (Θ_{ax}) als ein keilförmiger Trichter (Θ_{eb}) benötigt.

Tabelle 124: Maximale Trichterneigungswinkel für Massenfluss (gemessen gegen die Vertikale)

Probe	Wandmaterial	Θ_{ax} [°] für d >		Θ_{ob} [°] für b >	
		300 mm	1200 mm	150 mm	600 mm
Aufbereitete Vollfettsoja	Stahl, verzinkt	19	25	28	34
	GFK	0	7	10	17
	PE-Gewebe	15	18	24	27
Sojakuchen in Schrotform	Stahl, verzinkt	27	28	37	38
	GFK	6	6	15	15

Für die Auslaufabmessungen sind folgende geometrische Größen zu berechnen (s. auch Abbildung 131):

d [mm] minimaler Durchmesser der Auslauföffnung eines konischen Trichters zur Vermeidung von Brückenbildung.

b [mm] Minimale Breite des Auslaufschlitzes eines keilförmigen Trichters zur Vermeidung von Brückenbildung bei Massenfluss. Hierbei wird vorausgesetzt, dass das Verhältnis der Länge zur Breite des Auslaufschlitzes mindestens 3 beträgt.

Die aus den Messergebnissen berechneten minimalen Auslaufgrößen zur Vermeidung von Brückenbildung für die Probe Sojakuchen in Schrotform unter Umgebungsbedingungen zeigen Tabelle 125 und Tabelle 124.

Tabelle 125: Minimale Auslaufgrößen zur Vermeidung von Brückenbildung von Sojakuchen in Schrotform unter Umgebungsbedingungen

Lagerzeit in Ruhe	d [mm]	b [mm]
0 Stunden	100	70
1 Tag	2100	1000
2 Tage	3200	1500

Die beschriebenen Ergebnisse sind nur für die untersuchte Schüttgutprobe und das verwendete Wandmaterial gültig. Soll ein anderes Schüttgut gelagert werden oder ist das zu lagernde Schüttgut nicht mit dem untersuchten Produkt identisch, so sind weitere Messungen und Berechnungen erforderlich.

Ziele und Probleme beim Silobau

Das Ziel beim Silobau für Sojaprodukte und anderer Produkte, die zur Zeitverfestigung neigen, ist ein Massenflusssilo. Beim Massenfluss ist der ganze Siloinhalt in Bewegung, dies ist nur möglich, wenn die Trichterwände ausreichend steil und/oder glatt sind. Falls das nicht so ist, erfolgt Kernfluss (siehe Abbildung 132). Die häufigsten Probleme bei Silos sind sogenannte Brückenbildung, Schachtbildung, unregelmäßiger Fluss des Siloinhaltes durch Aufbauen und Zusammenbrechen von Brücken oder Schächten. Dadurch entstehen lange Verweilzeiten im Silo durch Kernfluss, Entmischung nach Partikelgröße, -dichte oder -form. So kann bei Kernfluss eine schwankende Produktzusammensetzung am Auslauf entstehen, das Schüttgut

in den „toten Zonen“ wird erst bei vollständiger Entleerung ausgetragen. Kernfluss ist die Hauptursache für Auslaufstörungen.

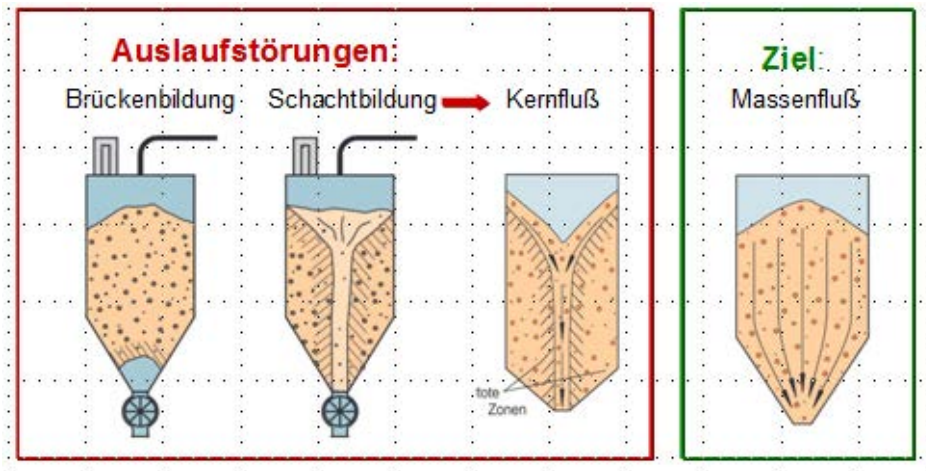


Abbildung 132: Auslaufstörungen bei Silos (verändert nach Schulze, 2010)

In einem **Massenflusssilo** muss nur die kritische Auslaufgröße zur Vermeidung der Brückenbildung eingehalten werden; Schachtbildung ist nicht möglich. Im Massenflusssilo bewegt sich bei jedem Schüttgutabzug das gesamte im Silo befindliche Schüttgut. Durch die Bewegung wird die Zeitverfestigung, die bei der ruhenden Lagerung des Schüttgutes unter den im Silo herrschenden Spannungen entsteht, aufgehoben. Entnimmt man das Schüttgut, bevor es so lange im Silo liegt, dass es über der vorhandenen Auslauföffnung eine Brücke bilden kann, so wird es störungsfrei ausfließen. Gleichzeitig wird die bis dahin entstandene Zeitverfestigung aufgehoben. Durch das Abziehen von Schüttgut aus einem Massenflusssilo in regelmäßigen Zeitintervallen kann die Zeitverfestigung so nicht über ein bestimmtes Maß hinaus ansteigen.

In einem Silo, in dem **Kernfluss** herrscht, ist zu berücksichtigen, dass das Schüttgut in den toten Zonen bei der Schüttgutentnahme nicht bewegt wird (außer bei der vollständigen Entleerung des Kernflusssilos) und daher über längere Zeit in Ruhe lagert und hohen Spannungen ausgesetzt ist. Entsprechend wird bei Kernflusslagerung die Zeitverfestigung in den toten Zonen bei der Schüttgutentnahme nicht aufgehoben. Die maximale Lagerzeit in Ruhe ist also bei einem Kernflusssilo nicht die Zeitspanne zwischen zwei Schüttgutabzügen, sondern die Zeitspanne zwischen dem Füllen des (vollständig entleerten) Silos und dem vollständigen Entleeren des Silos. (Schulze 2010).

Mit den Austraghilfen kann das Schüttgut in dem Bereich, in dem nach der vorgegebenen Lagerzeit Schüttgutbrücken möglich sind, zum Fließen angeregt werden. Sobald das Schüttgut in Bewegung gekommen ist, wird der Zeitverfestigungseffekt aufgehoben (s.o.) und das Schüttgut fließt auch ohne weitere Benutzung der Austraghilfen aus.

Nach dem Befüllen eines leeren Silos liegen im Trichter relativ große Spannungen vor, die eine entsprechend starke Zeitverfestigung nach sich ziehen. Wird das erste Mal Schüttgut aus einem Massenflusssilo abgezogen, ändern sich die Spannungen im Trichter derart, dass vor allem im unteren Bereich des Trichters deutlich kleinere Spannungen auftreten, weil die Trichterwände einen größeren Teil des Schüttgutgewichtes aufnehmen. Die kleineren Spannungen bleiben auch dann erhalten, wenn der Schüttgutabzug unterbrochen wird. Um im Silo Fließprobleme

durch die großen, beim Füllen des leeren Silos auftretenden Spannungen zu vermeiden, wird empfohlen, bereits während des ersten Füllens (z.B. nachdem der Trichterbereich gefüllt ist) oder unmittelbar danach etwas Schüttgut abzuziehen, um die geringeren Spannungen im Trichterbereich zu erhalten.

Anmerkung zu den Fließeigenschaften der getesteten Soja-Produkte

Die Fließfähigkeit, Zeitverfestigung und Wandreibung der beiden Soja-Produkte sind weitgehend ähnlich:

Beide Produkte sind ohne Berücksichtigung der Zeitverfestigung als leicht fließend zu bezeichnen. Wesentliche Unterschiede liegen nicht vor.

Beide Produkte zeigen eine ausgeprägte Zeitverfestigung, die bei Sojakuchen in Schrotform etwas größer ist.

Die Wandreibung für beide Produkte hängt stark von dem Wandmaterial ab: gegen Normalstahl, verzinkt ist die Wandreibung günstig, gegen GFK sehr ungünstig und Polyestergewebe liegt zwischen diesen Wandmaterialien. Für aufbereitete Vollfettsoja ergibt sich eine etwas ungünstigere Wandreibung.

Die Zeitverfestigung wurde für Sojakuchen in Schrotform auch bei Lagerung in Ruhe unter einer höheren Temperatur mit anschließender Abkühlung gemessen. Bei diesen Lagerbedingungen nimmt die Schüttgutfestigkeit schon nach kurzer Lagerzeit in Ruhe von einem Tag so stark zu, dass eine Lagerung in einem Silo mit Trichter ohne Austraghilfen nicht mehr störungsfrei möglich sein wird. Es ist zu erwarten, dass dies auch für aufbereitete Vollfettsoja gilt.

6 Nutzen und Verwertbarkeit, Anwendbarkeit der Ergebnisse in der Praxis

AP1 und AP4

Die Züchtung von Sojabohnen für die menschliche Ernährung war erfolgreich. Es wurden mehrere Linien selektiert, die an Pflanzenzuchtfirmen abgegeben wurden. Es ist zu erwarten, dass ein Teil der Linien in wenigen Jahren als Sorten der landwirtschaftlichen Praxis zur Verfügung stehen. Mit der im Projekt entwickelten Labortofurei wurde ein Züchtungsinstrument geschaffen, das auch zukünftig die weitere Entwicklung frühreifer Tofusojasorten für den Anbau in Deutschland unterstützen kann. Anfragen von Züchtern lagen zum Projektende bereits vor.

Der etablierte Test zur Ermittlung des Hülsenansatzes unter Kühlestress kann und sollte über die Charakterisierung von Sorten, Kreuzungseltern und Zuchtmaterial hinaus zur Phänotypisierung im Hinblick auf die Etablierung einer markergestützten Selektion genutzt werden, da der Aufwand für die Prüfung von Zuchtmaterial immer noch erheblich ist.

Die Schaffung der Möglichkeit, Kühletoleranz von Sojabohnen gezielt zu erfassen ist (A) eine Voraussetzung um dieses Merkmal in den Zuchtprozess einfließen zu lassen, wie es im Rahmen des vorliegenden Projektes auch erfolgt ist (Charakterisierung von Kreuzungseltern und Zuchtmaterial), (B) gibt die Charakterisierung eines breiten Sortenspektrums dem Praktiker vor allem auf Grenzstandorten wertvolle Entscheidungshilfen zur Sortenauswahl in die Hand und trägt damit (C) kurz-, mittel- und langfristig zur Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland bei.

Es ist gelungen kühletolerante Bradyrhizobien im Gefäßversuch zu identifizieren. Die Ergebnisse konnten in ersten Feldversuchen verifiziert werden. Dabei erzielte das kommerzielle Produkte Biodoz Rhizofilm besonders hohe Proteingehalte und kann daher für den Anbau von Soja in kühlen Klimaten empfohlen werden. Sollte sich in weiteren Feldversuchen der in der Literatur beschriebene kühletolerante Bradyrhizobienstamm USDA 30 bewähren, ist es möglich diesen relativ schnell zu kommerzialisieren. Die erste Formulierung wurde von einem Hersteller bereits in 2013 für die Versuche zur Verfügung gestellt. Eine gute Knöllchenbildung ist entscheidend für den erfolgreichen Sojaanbau. Die Ergebnisse haben daher direkte Relevanz für die Praxis. Durch eine Zusatzfinanzierung war es möglich den Anteil an biologisch fixiertem Stickstoff in den Jungpflanzen zu bestimmen. Die gefundenen Sortenunterschiede verdeutlichen, dass Sojapflanzen auf erhöhte Symbioseleistung selektiert werden können.

Die erweiterten Versuche zum Bradyrhizobien-Screening sind von direktem Nutzen für die Praxis. Ein stark beworbenes Bradyrhizobienpräparat stellte sich als völlig unwirksam heraus. Diese Information wurde direkt an die landwirtschaftliche Praxis als auch an den Hersteller weitergegeben, um Mindererträge um bis zu 50% zu verhindern. Hingegen sind Biodoz Rhizofilm aber auch Force 48 und HiStick für den Sojaanbau in Deutschland zu empfehlen. Die Ergebnisse des Bradyrhizobien-Screenings wurden an der Sojatagung im Dezember 2012 und 2013 präsentiert und sind auf unter der Homepage www.sojainfo.de abrufbar. Die Ergebnisse werden auch über andere Kanäle, z.B. das Sojamerklblatt, Sojaanbauempfehlungen, Vorträge und Poster den Landwirten vermittelt. Die Ergebnisse haben bei den Landwirten eine große Nachfrage nach Biodoz Rhizofilm ausgelöst. Die französische Herstellerfirma hat daraufhin mit der Raiffeisen Vereinbarungen getroffen, so dass das Impfmittel ab 2014 von deutschen Landwirten einfach bezogen werden kann. Vor der Kommerzialisierung sollten die Hersteller zum Wirksamkeitsnachweis ihrer Produkte verpflichtet werden und eine Zulassung erst nach staatlicher Prüfung erfolgen. Insgesamt sind diese Versuche auf sehr großes Interesse in der

Praxis gestoßen und zeigen, dass mit diesem Projekt eine Wissenslücke geschlossen werden konnte.

Es wurde außerdem ein System zur Selektion von Soja-Genotypen auf Beikrauttoleranz zur praktischen Anwendung in der Züchtung entwickelt.

AP2

Die Ergebnisse der Sortenversuche in ganz Deutschland ermöglichen es Praktikern, aus der breiten Palette von Sorten, die sich an vergleichbaren Standorten bewährt haben, diejenigen mit der optimalen Kombination von Eigenschaften für den heimischen Standort herauszufinden. Dies am besten durch einen Vergleich von mehreren Sorten auf überschaubarer Fläche, bevor dann die interessantesten großflächig angebaut werden. Aus Gründen der Risikostreuung empfiehlt es sich, bei größeren Anbauflächen mehrere Sorten anzubauen, die sich in der Reaktion auf Trockenphasen und Erntetermin etwas unterscheiden. Auch die Lagerneigung zeigt sich nicht im gleichen Ausmaß an jedem Standort und ist deshalb unterschiedlich stark zu gewichten. Nicht nur Neueinsteiger sollten nicht zu hoch pokern, was die Reifegruppe angeht und immer auch noch eine etwas früher abreifende als die unter optimalen Bedingungen abreifende Reifegruppe bzw. Sorte erproben. Die früher als Merlin abreifenden Sorten haben sich jedoch als deutlich ertragsschwächer erwiesen, so dass diese Sorte immer noch die Grenze der Anbauwürdigkeit von Sojabohnen in Deutschland markiert.

AP3

Durch die gewonnenen Kenntnisse in den Versuchen an der Hochschule Osnabrück konnte Wissen erlangt und durch Veröffentlichungen in Forschung und Praxis weitergegeben werden. Durch Informationsveranstaltungen und dem damit verbundenen Interesse von Praktikern wird in Zukunft mit steigenden Anbauflächen rund um Osnabrück gerechnet werden. Durch stetig ansteigendes Interesse, auch an neusten Forschungsergebnissen, zeigt sich das die Versuchsfragen einen hohen Stellenwert in der Praxis besitzen.

AP5

Der Wissenstransfer konnte insgesamt dazu beitragen, dass das Wissen in Praxis und Beratung um den Anbau von Soja in Deutschland deutlich gestiegen ist. Auch in der Presse könnte über die Pressemeldungen sowie die Weitergabe von Fachinformationen das Thema verstärkt in den Fokus gerückt werden. Die Website hat durch die hohe Anzahl an Besuchern und das positive Feedback gezeigt, dass es insbesondere bei weitgehend unbekanntem Themen und Kulturen sinnvoll ist, Wissensplattformen einzurichten. Die Website mit ihren Inhalten wird vom Modellvorhaben übernommen, womit deren Fortbestand gesichert ist.

AP 6

Für die Praxis haben sich viele wichtige Ergebnisse aus den Aufbereitungsversuchen ableiten lassen. Es wurden verschiedenste Methoden der Sojaaufbereitung begutachtet, dargestellt und aus den Verfahren produzierte Sojafuttermittel umfangreich beprobt. Die zu starke Erhitzung und deren Folgen auf die Aminosäuren wurden dargelegt. Weiterhin wurden wichtige Erkenntnisse und Ergebnisse aus den Arbeitspaketen auf www.sojainfo.de beschrieben und der Öffentlichkeit und Landwirten zugänglich gemacht. Um bei der Planung weiterer Anlagen einen

guten Überblick zu bekommen, sind all die Informationen sehr hilfreich. Mit der Fütterungsfibel haben die Landwirte zusätzlich eine Beschreibung bekommen, wie sie die Sojafuttermittel aus der dezentralen Aufbereitung optimal im eigenen Betrieb verwerten können. Durch den Lagerungs- und Haltbarkeitsversuch ist es nun möglich, Anleitungen für die Praxis zur optimalen Lagerung schwer fließender Sojafuttermittel in Hochsilos zu geben.

7 Geplante und tatsächliche Ziele, weiterführende Fragestellungen

AP1 und AP4

Die Züchtung von Sojabohnen für den Anbau unter unseren klimatischen Bedingungen war, gemessen an der für Züchtungsprojekte kurzen Laufzeit, sehr erfolgreich. Es wurde bereits Zuchtmaterial an Pflanzenzuchtunternehmen abgegeben, die ersten Stämme sollen 2014 und/oder 2015 in Wertprüfungen auf ihre Sorteneignung geprüft werden. Die Kreuzungsnachkommen, die im Rahmen des Projektes entwickelt wurden, sollen weiter auf ihre agronomischen und Qualitätseigenschaften selektiert werden. An der Erstellung eines Schnelltests, um zumindest eine Vorselektion auf Tofuqualität machen zu können, soll weiter gearbeitet werden.

An der Universität Göttingen konnten durch starke studentische Beteiligung ergänzende Versuche durchgeführt werden. So konnten genotypische Unterschiede in der Frosttoleranz von Keimlingen belegt und eine große genotypische Variation gezeigt werden. Große genetische Variation wurde auch für die Geschwindigkeit der Jugendentwicklung bei extremer Frühsaat und die Zeit bis zum Reihenschluss gefunden; beides Merkmale, die sowohl für sowohl für große Beikrauttoleranz, als auch für Frühsaat-Verträglichkeit relevant sind. Diese Aspekte könnten zukünftig züchterisch nutzbar gemacht werden.

Der Test zur Ermittlung des Hülsenansatzes unter Kühlestress wurde am JKI erfolgreich etabliert und ein breites Sortenspektrum sowie Zuchtmaterial charakterisiert. Ein Zusammenhang zum Verhalten der Sorten bei einem Kälteeinbruch im Feld konnte hergestellt werden.

Die Arbeiten zu den indirekten Selektionskriterien haben zu keinem positiven Ergebnis geführt. Hier wäre die Möglichkeit wünschenswert, weitere, vor allem tiefere Temperaturregimes in die Untersuchungen einzubeziehen, da es aus eigenen methodischen Untersuchungen sowie aus der Literatur Hinweise gibt, dass Reaktionen in tieferen Temperaturbereichen deutlicher ausfallen (Bsp. Prolin, Chlorophyllfluoreszenz).

Die Feldversuche am Standort sind sehr erfolgreich verlaufen. Drei Jahre sind jedoch für einschlägige Aussagen zur Anbauwürdigkeit von Sojabohnen an einem Grenzstandort nicht ausreichend. Diese Versuche sollten mit einem ausreichend großen Sortenspektrum fortgesetzt werden, um Reaktionen von Sorten/Zuchtmaterial unter unterschiedlichen Bedingungen zu verifizieren und Aussagen für die Praxis sicherer zu gestalten.

Die angestrebten Ziele zur Optimierung der Symbiose Soja-Bradyrhizobien konnten im Rahmen des Projekts erreicht werden. Die Verifikation der Gefäßversuche im Feldversuch sollte möglichst dreijährig durchgeführt werden, um statistisch gesicherte Unterschiede zu finden. Die Interaktionen zwischen Sojasorte x Bradyrhizobien sind sehr komplex und daher sind weitere Fragestellungen aufgetaucht, die in Tastversuchen zur Ko-Inokulation geprüft wurden. Es wird versucht, weitere Fördergelder einzuwerben, um die Selektion der Bradyrhizobienstämme auf Kühletoleranz sowie die Ko-Inokulation mit anderen Mikroorganismen weiterzuverfolgen. In einem weiteren Projekt sollen Bradyrhizobien aus europäischen Feldern isoliert, molekulargenetisch charakterisiert und auf Anpassungsfähigkeit untersucht werden.

Die angestrebten Ziele des Bradyrhizobien-Screenings kommerzieller Produkte unter Feldbedingungen wurden erreicht und es kann eine Empfehlung an die Landwirte gegeben werden. Die Rückstellproben des Exaktversuchs in Frankenhausen werden im Rahmen einer

Dissertation von Steffi Zimmer mit der ^{15}N Isotopmessung analysiert, um den Anteil an biologisch fixiertem Stickstoff mit der natürlichen Abundanzmethode nachzuweisen. Diese Methode könnte auch für die Selektion der Sojasorten auf verbesserte Stickstofffixierung eingesetzt werden. Um eine fundierte Empfehlung über vorinokuliertes Sojasaatgut abgeben zu können, die in den letzten Jahren auf den Markt gekommen sind, sollten zusätzliche Feldversuche mit Produkten von verschiedenen Anbietern durchgeführt werden. Hier wäre eine Kooperation mit den österreichischen Anbietern anzustreben.

AP2

Es konnte ein guter Überblick über das Abschneiden der einzelnen Sorten auf unterschiedlichen Standorten bereitgestellt werden. Für die Zukunft gilt es, an der Sortenprüfung dranzubleiben, den Markt für neue Sojasorten zu beobachten und diese ebenfalls an verschiedenen Standorten zu prüfen.

AP3

Über die Laufzeit des Versuches haben sich am Standort Osnabrück diverse weiterführende Fragestellungen und Themen aus allen Bereichen des Pflanzenbaues ergeben. Die folgende Aufzählung soll einen kurzen Überblick über die Fragen geben, die grundsätzlich noch zu klären sind bzw. die im Rahmen der durchgeführten Versuche nicht eindeutig geklärt werden konnten.

- › Was sind die Gründe für den Saatgutabbau?
- › Verbesserungsmöglichkeiten zum Schutz vor Fraßschäden unter Berücksichtigung der Praxistauglichkeit.
- › Entwicklung weiterer Systeme zur mechanischen Beikrautregulation innerhalb der Reihen.
- › Geeignete Vorfrüchte für den Anbau von Sojabohnen im Direktsaatverfahren.
- › Einfluss einer gesteigerten S-Düngung bei einem höheren Ertragsniveau.
- › Weiterführende mehrjährige Untersuchungen zum Aussaatzeitpunkt und möglicher damit verbundener Auswirkungen auf den Ertrag.
- › Optimierung des Drusches.

Die durchgeführten Feldversuche an der Universität Kassel gaben Antworten auf fast alle vorab formulierten Fragestellungen. Es wurde deutlich, dass der Aussaatzeitpunkt, wenn er innerhalb eines Zweiwochenfensters um einen vermeintlich optimalen Termin variiert wird, Auswirkungen auf die Jugendentwicklung zeitigt, die sich auch noch im frühen Stadium der Abreife wiederfinden. Auf die TS-Gehalte der Bohnen zum Drusch (technologische Reife) und auf den Ertrag hat der Saatzeitpunkt keine Auswirkung. Bei dem gegebenen Sortenspektrum auf Grenzstandorten sollte demnach der für die Aussaat optimale Termin (Bodenverhältnisse, Lufttemperatur) genutzt werden.

Die Versuche zum Anbau in Dammkultur belegen, dass Sojabohnen sich für den Dammanbau eignen. Bei etablierter Technik können Betriebe die hervorragenden Möglichkeiten eines Dammsystems zur Unkrautregulierung nutzen. Die Anwendung von Kompost beim Sävorgang weist Potenzial zur Erhöhung des Anteils an fixiertem Luftstickstoff auf.

In den dreijährigen Sortenversuchen konnten Sorten gefunden werden, die sich durch eine hohe Ertragsstabilität auszeichnen. Für alle in Nordhessen durchgeführten Feldversuchen lässt sich ableiten, dass ab einem Trockensubstanzgehalt von 80 % geerntet werden sollte, weil das Risiko einer verschleppten Abreife und hoher Wiederbefeuchtung der Sojabohnen bei einsetzender instabiler Witterung im Herbst den höheren Aufwand der Trocknung nach Drusch rechtfertigt.

AP5

Im Bereich Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit konnten die gesetzten Ziele übererfüllt werden: Das Interesse von Praxis, Beratung sowie Presse und breiter Öffentlichkeit war größer als erwartet und sowohl Feldtage als auch Website und weitere Informationsangebote erhielten großen Zuspruch. Zukünftig werden vor allem die Fragen nach einer regionalen Aufbereitung der Sojabohnen sowie insgesamt nach der Integration heimisch angebaute Sojabohnen in regionale Wertschöpfungsketten im Vordergrund stehen. Hier kann der Wissenstransfer den Aufbau von Netzwerken unterstützen.

AP6

Die gesteckten Ziele in den verschiedenen Arbeitspaketen zum Thema Sojaaufbereitung wurden insgesamt erreicht, zum Teil aber auch deutlich übertroffen. Übertroffen wurde die Zielerreichung insbesondere bei der Bewertung von Aufbereitungsverfahren und –varianten im Hinblick auf die erzeugte Futterqualität. Dass in diesem Bereich deutlich mehr erreicht werden konnte als zunächst veranschlagt, war einerseits der Verfügbarkeit moderner Analyseverfahren auf NIR-Basis und andererseits der sehr guten Zusammenarbeit bei der Analytik mit der Fa. Evonik Industries AG, der LfL Bayern und der Fa. Amandus Kahl zu verdanken.

Auf Grundlage der zahlreichen Analysen sowie hinreichend stark differenzierender TI-Gehalten von in Deutschland angebauten Sojasorten, war es möglich, ein qualitativ geeignetes Bündel an Kriterien für hydro- und druckthermischen Aufbereitung abzuleiten.

Durch die Realisierung der Fütterungsfibel in Zusammenarbeit mit Professor Bellof von der Hochschule Weihenstephan konnte den Landwirten ein Ratgeber für den Fütterungseinsatz von dezentral aufbereiteten Sojafuttermitteln an die Hand gegeben werden. Mit den Ergebnissen aus dem Lagerungsversuch und daraus abgeleiteten Spezifikation ist es nun möglich, Hochsilos für die schlecht fließenden Futtermittel Sojakuchen und VFP zu konzipieren.

Weiterführende Fragestellungen sowie Forschungsbedarf in diesem Kontext wären:

- › Die Entwicklung von Echtzeitsensoren auf NIR Basis für Aufbereitungsanlagen, die ständig die verschiedenen Parameter wie die TIA, AS-Verluste messen können und diese Messergebnisse für die notwendige Variation der Anlagesteuerung zu nutzen.
- › Weitere Untersuchungen zu Effekte der Aufbereitungsverfahren in Verdaulichkeits- und Mastversuchen. Bei der Verwertung dieser Futtermittel kann dem Alter von monogastrischen Tieren eine entscheidende Rolle zufallen, da anzunehmen ist, dass mit zunehmenden Alter höhere Gehalte an Trypsininhibitoren in Futtermitteln ohne Tierleistungsverlust toleriert werden können.
- › Bei der mechanischen Entölung von Soja liegt noch erheblich Verbesserungspotenzial vor, da bei vielen der beprobten Sojakuchen der Ölgehalt immer noch über 10 % in der TM lag. Hier

könnten die Ölpresen besser an den Rohstoff Soja angepasst und die Pressegeometrie verbessert werden.

- ▶ Bei knapper werdenden Ressourcen werden optimalen Aufbereitungsverfahren immer wichtiger und mit geringeren Aufbereitungsintensitäten könnten wertvolle Rohstoffe eingespart werden. Mit einer optimierten Entölung sowie einer im Sinne der notwendigen Aufbereitungsqualität optimalen Behandlungssteuerung ließen sich ressourcenschonend heimisch angebaute Futtermittel in dezentralen Aufbereitungsanlagen herstellen.

8 Zusammenfassung

Züchtung und Tofueigenschaften

Die für die Tofuherstellung gewünschten Eigenschaften konnten durch Kreuzungen mit der Sorte Primus auf die Kreuzungsnachkommen übertragen werden. Im Projekt konnte gezeigt werden, dass eine Züchtung auf diese Merkmale möglich ist. Allerdings erfordert dies eine Selektion zahlreicher Nachkommen, um die gewünschte Kombination der Merkmale erreichen zu können. Im Rahmen des Projektes ist es bereits gelungen, die Tofuqualität mit verbesserter Frühreife zu kombinieren. Mit der im Projekt entwickelten Labortofuferei wurde ein Züchtungsinstrument geschaffen, mit dem nicht nur vielversprechende Genotypen identifiziert wurden, sondern das auch die weitere Entwicklung frühreifer Tofusojasorten für den Anbau in Deutschland unterstützen kann. Das große Interesse der Zuchtfirmen an dem entwickelten Material zeigt, dass die im Projekt entwickelten Stämme und Kreuzungsnachkommenschaften eine Basis für den Aufbau einer eigenständigen deutschen bzw. europäischen Sojazüchtung darstellen können.

Hinsichtlich der Tofueigenschaften bereits verfügbarer Sorten zeigte sich Korus als außerordentlich vielversprechende Tofusorte im frühreifen Bereich. Sie wies einen signifikant besseren Tofuwert als Primus auf und hat zudem sehr gute agronomische Eigenschaften. Protibus lieferte eine sehr gute Tofuausbeute bei ausreichender Festigkeit sowie keine sensorischen Makel. Sie ist daher möglicherweise eine interessante Tofusorte für den sehr frühen Bereich. Auch die im Projekt erstellten Kreuzungen lieferten vielversprechende Tofueigenschaften.

Es konnten keine ausreichend genauen Kalibrationen für einen NIRS-Schnelltest zur Vorselektion von Sojalinien auf Tofuqualität generiert werden. Auch eine aussagekräftige NIRS-Kalibration zur Ermittlung des Cadmiumgehaltes konnte noch nicht erstellt werden. Dafür stehen die Chancen gut, eine NIRS-Kalibration für die Bestimmung der 11S- und 7S-Gehalte des Sojaproteins, die in Beziehung zur Tofu-Qualität stehen, zu erstellen. Allerdings ist die Anzahl an Untersuchungen dafür noch nicht ausreichend.

Reaktion auf Kühlestress

Die Gefäßversuche zeigten, dass die Reaktion auf Kühlestress während der Hülsenansatzphase zwischen den Sorten variiert. Es gab sowohl tolerante Sorten wie z.B. Merlin, Primus und Lissabon, die einen nur wenig verminderten Hülsenansatz unter Kühlestress produzierten. Daneben wurden Sorten identifiziert, die den Hülsenabwurf in Kühlestressphasen durch einen vermehrten Hülsenansatz kompensieren können, und zwar entweder ohne deutliche Reifeverzögerung (Paradis) oder mit Reifeverzögerung (Moravians). Schließlich gab es auch eine Gruppe von kühesensitiven Sorten wie Malaga oder Isidor, die den verminderten Hülsenansatz bis zur Ernte nicht kompensieren konnten.

Bezüglich der indirekten Selektionskriterien konnte kein Parameter identifiziert werden, der eng genug mit dem Hülsenansatz bei Kühlestress korreliert ist, um als Selektionsgrundlage in der Züchtung zu dienen.

Im Feldversuch am Standort Groß Lüsewitz zeigte sich, dass der Sojaanbau auch in sehr nördlichen Lagen erfolgreich sein kann, wenn entsprechend frühreife Sorten (frühe 00 - 0000) eingesetzt werden. Über alle (günstige und ungünstigere) Jahre gesehen waren die frühen

Sorten auf einem etwas niedrigeren Ertragsniveau ertragsstabiler. Robuste, ertragsstabile Sorten verfügen in der Regel auch über eine gute Kühletoleranz.

Selektion auf Kältetoleranz

Die praktische Selektion auf Kältetoleranz war erfolgreich: Es wurden mit Blick auf Frühzeitigkeit und Ertrag leistungsfähigere Genotypen als Merlin gefunden. Unselektierte Ramsche verfügten überraschender Weise über ein hohes Ertragsniveau, allerdings bei häufig verzögerter Abreife. Es konnten genotypische Unterschiede in der Frosttoleranz festgestellt werden, für die Erfassung sind aber eine größere Zahl von Wiederholungen bzw. mehr Prüforten notwendig.

Selektion auf Unkrauttoleranz

Durch die Arbeiten im Projekt konnte ein System zur Selektion von Soja-Genotypen auf Beikrauttoleranz für die praktische Anwendung erstellt werden. Dabei wird die Beikrautkonkurrenz durch Gemengesaat mit anderen Kulturpflanzen induziert. Dazu sollten unterschiedliche Kulturpflanzen verwendet werden, um Beikrautkonkurrenz in der Jugendentwicklung (Winterroggen, Winterrraps), in der Mitte der Saison (Sommerweizen, Senf, Buchweizen, Kolbenhirse, Phacelia) und am Ende (Buchweizen, Phacelia) zu induzieren. Das System ist zur Anwendung auch in kleinen Parzellen geeignet.

Rhizobien: Wirksamkeit von Handelspräparaten, Interaktionen von Stämmen und Sorten, Züchtung

Anhand der Exaktversuche und Streifenversuche können die kommerziellen Bradyrhizobienpräparate Bidoz Rhizofilm, Force 48 und HiStick positiv bewertet und für den Sojaanbau in Deutschland empfohlen werden, während Radicin nicht mehr eingesetzt werden sollte, um sich massive Ertragsausfälle zu ersparen.

Die Ergebnisse lassen keinen großen Vorteil bei der Jugendentwicklung durch sortenspezifische Bradyrhizobienstämme erwarten. Es zeigte sich jedoch, dass es schon im Jugendstadium eine gute Differenzierung der Sojasorten bei der N-Aufnahme und der biologischen Stickstofffixierung gibt, die züchterisch genutzt werden könnte. Gerade für den ökologischen Landbau mit begrenzten externen Inputs, könnte das ein noch ungenutztes Potential darstellen, um die Erträge und insbesondere die Ertragssicherheit zu erhöhen.

Die verschiedenen Rhizobienpräparate weisen hinsichtlich ihrer Kühletoleranz ein weites Spektrum auf. Die Versuche lieferten eine erste Bestätigung dafür, dass die Wahl der Bradyrhizobien die Kühletoleranz zur Blüte bzw. das Kompensationsverhalten nach dem Kühlestress beeinflussen kann. Insgesamt gesehen war die Sortenwahl aber der ausschlaggebendere Faktor für eine gute Kühletoleranz zur Blüte.

Weitere Versuche konnten erste Hinweise zum potenziellen Nutzen einer zusätzlichen Ko-Inokulation mit anderen Mikroorganismen liefern, hier sind aber auf Grund der geringen Datenmenge weitere Versuche nötig.

Sortenprüfungen und Standorte

Der Sojaanbau an den meisten der 33 über ganz Deutschland verteilten und dreijährig auswertbaren Standorten funktionierte gut, nur an einigen wenigen Standorten wurden die Grenzen der Anbauwürdigkeit erreicht. Dabei handelte es sich meist um kühlere Standorte, in Einzelfällen aber auch um warme Standorte mit leichten Böden ohne Beregnung. Lediglich in etwa 20 % der Fälle waren die Erträge mit weniger als 25 dt/ha unbefriedigend und in 9 % der Fälle konnte der Versuch nicht ausgewertet werden. Rund ein Drittel der Standorte lieferte mit Erträgen über 35 dt/ha sogar überdurchschnittliche Ergebnisse.

Es zeigte sich, dass in Regionen mit hohem und mittlerem Wärmeangebot in den Monaten Mai bis September bei ausreichender Wasserversorgung Sojaerträge zwischen 30 und 40 dt/ha erreichbar sind. Im dreijährigen Mittel lagen sie bei 34,9 dt/ha im mittleren und 37,2 dt/ha im warmen Gebiet. Unter optimalen Bedingungen mit Bewässerung wurden z.B. 2013 in Bingen mit zwei Sorten sogar die Marke von 60 dt/ha übertroffen, was beweist, dass auch schon heute verfügbare Sorten ein Ertragspotential aufweisen, das sich lohnt, mittels optimaler Produktionstechnik möglichst weitgehend auszuschöpfen. Im kühleren Gebiet lagen die Erträge dagegen bei rund 26 dt/ha.

Die Sortenerträge waren teilweise an den unterschiedlichen Standorten in Abhängigkeit vom Wärmeangebot variabel: Bei Merlin, Lissabon, Sultana, Opaline und eingeschränkt auch bei Aligator zeigte sich eine Steigerung der Relativerträge von der warmen über die mittlere bis zur kühlen Wärmeregion. Die umgekehrte Situation zeigte sich bei den Sorten OAC-Wallace, Malaga und Suedina. Sorten wie Primus, ES Mentor und Cordoba verhielten sich in dieser Hinsicht praktisch wärmeangebotsneutral.

Bei den Relativerträgen über alle Standorte lag ES Mentor (00) mit relativ 112,5 an der Spitze, gefolgt von Opaline (00/000) mit 109 und der späten OAC-Wallace (00) mit 105 %. Die sehr frühen 000-Sorten Sultana und Lissabon erreichten 103 und 104 %, Merlin und Aligator kamen auf 101 und 100 %. Auf Grund des Abreiferisikos sollte aber in kühleren Gebieten eher eine 000-Sorten mit etwas geringerem Relativertrag, anstatt eine ertraglich etwas besseren, aber stärker risikobehafteten 00-Sorte, angebaut werden.

Beim Rohproteintrag lagen ES-Mentor, Suedina und Primus (alle 00) vorne, beste 000-Sorte war Sultana. Allerdings wiesen die 000-Sorten Sultana, Lissabon und Merlin sowie die Übergangssorte Opaline im kühlen Gebiet überdurchschnittliche Ergebnisse auf.

Aus Gründen der Risikostreuung empfiehlt es sich, bei größeren Anbauflächen mehrere Sorten anzubauen, die sich in der Reaktion auf Trockenphasen und Erntetermin etwas unterscheiden.

Saatzeit

Der Saatzeitpunkt hatte in den Versuchen mit zwei Sorten keinen Einfluss auf die Dauer von der Saat bis zum Feldaufgang sowie den Blühbeginn und die Blühdauer. Insgesamt konnte auch kein eindeutiger Effekt der Saatzeit auf den Ertrag und den Rohproteingehalt festgestellt werden. Das Anbaujahr und damit die Witterung hatten dominierenden Einfluss auf diese Faktoren.

Verfrühungstechniken

Eine Beschleunigung des Auflaufens und der frühen Jugendentwicklung durch Abdeckung mit Folie oder Vlies konnte in den Versuchen nachgewiesen werden, allerdings wirkten sich diese relativ zeit- und kostenintensiven Maßnahmen nicht auf Ertrag, Öl- und Proteingehalt aus.

Das Vorquellen lieferte widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Verfrühung. Allerdings erwies sich die technische Ausbringung von vorgequollenem Saatgut durch die Abnahme der Bruchfestigkeit als sehr schwierig.

Anbausysteme

Beim flachen Anbau von Sojabohnen mit Reihenabstand 37,5 cm konnte im Vergleich zu verschiedenen Dammvarianten eine höhere Bestandesdichte und damit eine Auflauftrate von 90% erreicht werden. Der Kartoffeldamm (75 cm) lieferte die mit Abstand geringsten Bestandesdichten während die Turiel-Dammvarianten im Mittelfeld lagen. Dieses System war für eine effiziente Unkrautregulierung gut eignet. Dies könnte bei starker Unkrautkonkurrenz für den Dammanbau sprechen. Die Anwendung von Kompost bei der Saat direkt unter das Sojasaatgut fördert offenbar die Knöllchenbildung, muss aber nicht ertragswirksam sein.

Hinsichtlich der Erträge schnitten die flach in Einzelkornsaat gesäten Varianten am Besten ab, gefolgt vom Turiel-System und den Kartoffeldämmen. Die Erträge in den Systemen ließen sich auf die Bestandesetablierung im jeweiligen Anbausystem zurückführen ließ. Der Rohproteingehalt unterlag stark den Einflüssen des jeweiligen Anbaujahres und der Sorte.

Mechanische Unkrautregulierung

Es wurde die Unkrautregulierung mit Torsionshacke, Fingerhacke und Flachhäufler gegen eine Kontrolle getestet, wobei keine Unterschiede zwischen den Varianten gefunden wurden. Der punktuelle überdurchschnittliche Regulationserfolg einiger Geräte ist vermutlich in Zusammenhang mit den Wetterverhältnissen in den verschiedenen Jahren zu sehen und es ist davon auszugehen, dass einige Geräte unter bestimmten Wetterbedingungen Vorteile aufweisen.

Direktsaat

Im Exaktversuch zeigte die Soja im Vegetationsverlauf eine positive Bestandsentwicklung, was grundsätzlich bei zukünftigen Forschungsvorhaben im Bereich der Direktsaat gute Ergebnisse erwarten lässt.

Die Tastversuche auf Praxisbetrieben zeigten, dass die Erträge in den günstigsten Fällen um 10 bis 20% unter den mit optimaler herkömmlicher Anbautechnik erzielbaren Erträgen lagen. Die Erträge waren stark abhängig vom Witterungsverlauf, wobei ein feucht-kühles Frühjahr sich im Blick auf die Direktsaat als besonders ungünstig darstellte. Durch die in der Regel um ein bis zwei oder gar drei Wochen verspätete Aussaat reiften die ortsüblichen Sojasorten nicht sicher ab, daher sollte für die Direktsaat auf eine frühere Reifegruppe zurückgegriffen werden. Das Verfahren erscheint auch im Ökolandbau grundsätzlich geeignet, wenn die vorhandene Unkrautflora durch die Vorfrucht erfolgreich unterdrückt werden kann.

Schwefelversorgung

Ertrags- und Qualitätssteigerungen durch eine gesteigerte Schwefeldüngung konnten in den zweijährigen Versuchen nicht festgestellt werden. Es wurde deutlich, dass bei dem vorliegenden Ertragsniveau der Schwefelbedarf der Sojapflanze ausreichend aus dem Bodenvorrat gedeckt werden konnte. Der Einsatz organischer S-Dünger im ökologischen Sojaanbau konnte nach den vorliegenden Erfahrungen keine pflanzenbaulichen Vorteile bringen.

Wissenstransfer

Die Feldtage und die Website waren wichtige und erfolgreiche Mittel sowohl zur Bekanntmachung des Projektes, zur Verbreitung von Wissen und insbesondere zur Steigerung des Interesses am heimischen Sojaanbau.

Soja-Aufbereitungskonzepte

In Deutschland am weitesten verbreitet ist das Verfahren der Röstung in Trommelröstern. Hierbei werden die Sojabohnen entweder einer direkten Flamme ausgesetzt oder indirekt über Heißluft oder Infrarotstrahlung geröstet. Weiterhin kommt in Deutschland das Toastverfahren zum Einsatz. Bei diesem Verfahren werden Sojabohnen mit Wasserdampf erhitzt. In weiteren Anlagen kommt das Extrusionsverfahren zum Einsatz, wobei meist mit Trockenextrudern gearbeitet wird. Wichtig für eine optimale Aufbereitung der Sojabohnen ist eine einheitliche Korngröße, die entweder über Zerkleinerung oder Absieben erreicht werden kann.

Aus den Ergebnissen zur Sojaaufbereitung mit Biogasabwärme lässt sich schließen, dass es mit ausschließlich indirekter, länger einwirkender, trockener Wärme schwierig ist, gute Aufbereitungsqualitäten zu erzielen.

Qualitätsanforderungen und Sortenunterschiede in der Verarbeitung

Zwischen den Sorten und Standorten waren deutliche Unterschiede hinsichtlich Trypsininhibitorgehalt und –aktivität erkennbar. Sultana und Josefine wiesen besonders niedrige Gehalte auf, Protina hingegen die höchsten.

Als Fazit für eine ausreichende Inaktivierung der Trypsininhibitoraktivität ist aus den Versuchsergebnissen abzuleiten, dass eine Behandlungszeit im Konditionierer von zehn Minuten kombiniert mit einer Expanderbehandlung von 125 °C und einer Vorkonditionierung ausreicht, um den Wert unter das geforderte Maß von 10 % Restaktivität zu bringen. Eine unnötig hohe Erhitzung der Bohnen bei der Aufbereitung sollte vermieden werden, denn in Versuchen wurden die verdaulichen Methionin- und Cysteingehalte mit steigender Temperatur zunehmend reduziert. Weiterhin zeigt sich eine stärkere Reduktion mit zunehmender Behandlungszeit.

Um Landwirte über den Einsatz heimischer Sojafuttermittel zu informieren, wurde eine Fütterungsfibel zu den Futtermitteln Vollfettsoja und Sojakuchen erstellt.

Entölung von Sojabohnen

Am effektivsten erwies sich die Teilentölung roher Sojabohnen, gefolgt von extrudierten Bohnen sowie hydrothermisch aufbereiteten, Schlusslicht waren die gerösteten Sojabohnen.

Der größte Anteil des Sojaöls, das aus der Pressung in dezentralen Anlagen in Deutschland gewonnen wird, wird momentan im Futterbereich eingesetzt. Sojaöl ist aber auch interessant für die menschliche Ernährung, denn in kaltgepressten Sojaölen ist nur noch ein sehr geringer Rest an Isoflavonen enthalten, es ist hinsichtlich der Zusammensetzung aber sehr hochwertig. Daneben wird Sojaöl ebenso wie Sojalecithin häufig in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzt.

Lagerung und Haltbarkeit

In einem in der landwirtschaftlichen Praxis üblichen Lager waren nach einem Jahr alle Sojafuttermittel mit Ausnahme des Sojaöls noch keinem nennenswerten oxidativen Verderb unterworfen. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass alle Futtermittel außer Sojaöl mit Hinblick auf den oxidativen Verderb bis zu einem Jahr haltbar sind. Allerdings begannen nach 6 Monaten bei einigen Futtermitteln mikrobiologische Veränderungen, weshalb als Faustregel abgeleitet wurde, dass Sojafuttermittel rund 6 Monate haltbar sind, Sojaöl sogar nur ca. 3 Monate.

9 Literaturverzeichnis

- Ahmed, N.O. (2001) Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung unterschiedlich behandelter Sojabohnen in der Broilerernährung. Institut für Tierphysiologie und Tierernährung. Georg-August Universität Göttingen. Dissertation.
- Ahmed, N.O. (2001) Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung unterschiedlich behandelter Sojabohnen in der Broilerernährung. Institut für Tierphysiologie und Tierernährung. Georg-August Universität Göttingen. Dissertation. url: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=964913003&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=964913003.pdf
- An, B.K.; Nishiyama, H.; Tanaka, K.; Ohtani, S.; Iwata, T.; Tsutsumi, K.; Kasai, M. (1997) Dietary safflower phospholipid reduces liver lipids in laying hens. *Poult Science*. May;76(5):689-95.
- Anonym (2009): Dammanbau. <http://bisz.suedzucker.de/Anbau/Anbauverfahren/Dammanbau/>. 11.08.2009. 14:18.
- Arbaoui, M., Balko, C., Link, W. (2008) Study of faba bean (*Vicia faba* L.) winter-hardiness and development of screening methods. *Field Crops Research* 106 (1):60-67.
- Asam, J. (2011): mündliche Mitteilung, Rieder Asamhof GmbH & CoKG, Kissing, 15.08.2011
- Backmittelinstitut (2005): BMI aktuell: „Lecithin bewährte Funktionalität“, Ausgabe1/Mai 2005
- Bakker, M.G., Manter, D.K., Sheflin A.M., Weir, T.L., Vivanco J.M. (2012) Harnessing the rhizosphere microbiome through plant breeding and agricultural management. *Plant Soil* 360:1-13.
- Batal, A. B.; Douglas, M.; Engram A.,Parsons, C. (2000) Protein Dispersibility index as an indicator of adequately processed soybean meal. *Poultry Science* 79: 1592-1596.
- Bates, C.J., Waldern, R.P., Teare, I.D. (1973) Rapid determination of free proline for water - stress studies. *Plant Soil* 39, 205–207.
- Bellaloui N., Smith J.R., Ray J.D., Gillen A.M. (2009) Effect of maturity on seed composition in the early soybean production system as measured on near isogenic soybean lines. *Crop Science* 49: 608-620.
- Benjamin, J., Blaylock, A., Brown, H., & Cruse, R. (1990) Ridge tillage effects on simulated water and heat transport. *Soil and Tillage Research* (18), S. 167-180.
- Berg G. (2009) Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 84:11-18.
- Birk, Y. (1993) Antinutritional factors (ANFs) in lupins and in other legume seeds: pros and cons. In: Martins, J.M, M.L. Beirao da Costa (Eds.): *Advances in Lupin Research. Proc. 7th Int. Lupin Conf.*, Evora, Portugal 18.-23. April 1993, 424-429.
- Braun, K. (2012) Lebensmittelüberwachungsbehörde Reichelsheim, mündliche Mitteilung
- Brown, D.M., Bootsma A. (1993) Crop heat units for corn and other warm - season crops in Ontario. *Ont. Ministry Agric. & Food Factsheet No. 93-119, Agdex 111/31, 4 pp.*
- Brucke, D. (2012) Regierungspräsidium Gießen, Abt. Verbraucherschutz, mündliche Mitteilung.
- Bruns, C., Heß, J., Finckh, O., Hensel, O., Schulte-Geldermann, E. (2009) Komposteinsatz gegen *Rhizoctonia solani* im ökologischen Kartoffelbau. *Kartoffelbau* 03/09 (60 Jg.). 84-88.
- Bundessortenamt (2001) Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen, 4.13-1 – 4.13-6.
- Burkhardt (2011) mündliche Mitteilung, Firma A.B.S. Silo- und Förderanlagen GmbH, Osterburken, 30.08.2011.
- Cavigelli, M.A., Teasdale, J.R., Conklin, A.E. (2008) Long-term agronomic performance of organic and conventional field crops in the mid-Atlantic region. *Agronomy Journal* 100: 785-794.
- CETIOM <http://www.cetiom.fr/soja/cultiver-du-soja/inoculation/>) eingesehen am 29.1.2014
- Clarke, E., Wiseman, J. (2000) Developments in plant breeding for improved nutritional quality of soya beans II. Antinutritional factors. *Journal of Agricultural Science* 134: 125-136.
- Clarke, E., Wiseman, J. (2005) Effects of variability in trypsin inhibitor content of soya bean meals on true and apparent ileal digestibility of amino acids and pancreas size in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology* 121 (1-2), 125-138.
- Clarke, E., Wiseman, J. (2007) Effects of extrusion conditions on trypsin inhibitor activity of full fat soybeans and subsequent effects on their nutritional value for young broilers. *British Poultry Science*, 8(6): 703-712.
- Clement, M., Lambert, A., Heroulart, D., Boncompagni, E. (2008) Identification of new up-regulated genes under drought stress in soybean nodules. *Gene* 426: 15-22.
- Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaften (DGF) (2011) Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle (<http://www.dgfett.de/material/fszus.php>).
- Diepenbrock, W.; Fischbeck, G.; Heyland, K.-U.; Knauer, N. (1999) *Spezieller Pflanzenbau*, Ulmer, Stuttgart.

- Djordjevic, M.A., Oakes, M., Li, D.X., Hwang, C.H., Hocart, C.H., Gresshoff, P.M. (2007) The Glycine max xylem sap and apoplast proteome. *Journal of Proteome Research* 6: 3771-3779.
- Dorffling, K; Tantau, H; Balko, C; Dorffling, H: Improved frost tolerance and winter hardiness of in vitro-selected proline overaccumulating wheat and barley lines. *Acta Physiologiae Plantarum* 26 (3):137-138 2004.
- dos Santos, M.A., Nicolas, M.F., Hungria, M. (2006) Identification of QTL associated with the symbiosis of *Bradyrhizobium japonicum*, *B-elkanii* and soybean. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 41: 67-75.
- Egamberdiyeva, D., Qarshieva, D., Davranov, K. (2004) Growth and yield of soybean varieties inoculated with *Bradyrhizobium* spp in N-deficient calcareous soils. *Biology and Fertility of Soils* 40: 144-146.
- Emmert J. L., Garrow T. A., Baker D.H. (2009) Development of an experimental diet for determining bioavailable choline concentration and its application in studies with soybean lecithin. *J. Anim. Sci.* 74: 2738-2744.
- Erickson, D.R. (1995) *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*. AOCS Press, Champaign, Illinois, USA.
- Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2009) *Handbuch Herstellung von Rapsölkraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen*. (http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_300-rapsoelkraftstoff_2009b.pdf), eingesehen am 07.01.2014.
- FAOSTAT (2009) <http://faostat.fao.org/>.
- Fontaine, J., Zimmer U., Moughan P.J., Rutherford S.M. (2007) Effect of Heat Damage in an Autoclave on the Reactive Lysine Contents of Soy Products and Corn Distillers Dried Grains with Solubles. Use of the Results To Check on Lysine Damage in Common Qualities of These Ingredients. *J. Agric. Food Chem.* 55 (26): 10737-10743.
- Frikhaa M., Serranoa M.P., Valenciaa D.G., Rebollara P.G., Ficklerb J., Mateos G.G. (2012) Correlation between ileal digestibility of amino acids and chemical composition of soybean meals in broilers at 21 days of age. *Animal Feed Science and Technology*. 178: 103-114.
- Fritschi, F.B., Ray, J.D. (2007) Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. *Photosynthetica* 45 (1): 92-98.
- Funatsuki, H., Kurosaki, H., Murakami, T., Matsuba, S., Kawaguchi, K., Yumoto, S., Sato, Y. (2003) Deficiency of a cytosolic ascorbate peroxidase associated with chilling tolerance in soybean. *Theoretical and Applied Genetics* 106: 494-502.
- Gass, T., Schori, A., Fossati, A., Soldati, A., & Stamp, P. (1996) Cold tolerance of soybean (*Glycine max* (L) Merr) during the reproductive phase. *European Journal of Agronomy* 5: 71-88.
- Geisler, G. (1991) *Farbatlas landwirtschaftliche Kulturpflanzen*, Ulmer Verlag.
- Gertz C. (2005) DGF Workshop "Fast Alles über Rapsöl" Hagen, Vortrag: Veränderungen von Fetten und Ölen bei der Lagerung und küchentechnischen Verwendung (<http://www.dgfett.de/meetings/archiv/hagen2005/gertz2.pdf>).
- Ghaouti, L., Vogt-Kaute, W., Link W. (2008) Development of locally adapted faba bean cultivars for organic conditions in Germany through participatory breeding approach, *Euphytica* 162: 257-268.
- Ghaouti, L., Vogt-Kaute, W., Link, W. (2007) Interaktionen zwischen Genotyp und Ort sind ein Vorteil von lokaler Züchtung von Ackerbohnen, in: Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. 237 – 240.
- Gibson, D.J., Millar, K., DeLong, M., Connolly, J., Kirwan, L., Wood, A.J., Young, B.G. (2008) The weed community affects yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 371-381.
- Goldscheider, S. (2009) Soja und Sojaprodukte. http://www.biothemen.de/Qualitaet/korn_huelse/soja.html.
- Graf, T. (2005) Dezentrale Ölgewinnung heute. Gemeinschaftstagung Rapsölkraftstoff und Rapspeiseöl aus dezentraler Ölsaatenverarbeitung am 16./17. Juni 2005. url: http://www.ufop.de/downloads/03_Graf.pdf.
- Grossmanm J.M., Schipanski, M.E., Sooksanguan, T., Seehaver, S., & Drinkwater, L.E. (2011) Diversity of rhizobia in soybean (*Glycine may* (Vinton)) nodules varies under organic and conventional management. *Appl. Soil Ecol.* 50:14-20.
- Hagemeister, H., Voigt, J. (1997) Physiologische Aspekte der Fütterung hochleistender Milchkühe: Lipide in der Ration. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 40 (Sonderheft): 80-88.
- Hamerstrand, G.E., BLACK L.T., Glover J.D. (1981) Trypsininhibitors in soy products: Modification of the standard analysis procedure. *Cereal Chemistry* 58: 42-45.
- He, J., Li, H., Kuhn, N. J., Wang, Q., & Zhang, X. (2010) Effect of ridge tillage, no-tillage, and conventional tillage on soil temperature, water use, and crop performance in cold and semi-arid areas in Northeast China. *Australian Journal of Soil Research*, 48(8): 737-744.
- Heinz, V., Franke, K. (2007) Positive Beeinflussung der Fettsäurezusammensetzung im Produkt beim Vorfrittieren mit Rapsöl“, Abschlussbericht (UFOP) (http://www.ufop.de/files/1413/3879/4161/Abschlussber_Franke.pdf).
- Helnbrecht, A., Redshaw M.H., Lemme, A. (2010) AMINONews, Special Edition, June 2010.
- Henneberger, J. (2003) Ökologischer Anbau von Soja in kälteren Klimagebieten mit Berücksichtigung der N₂-Fixierungsleistung. Diplomarbeit Universität Kassel-Witzenhausen, 1. Betreuer Prof. Dr. J. Heß.
- Herkelmann, K.L., Cromwell G.L., Stahly T., Pfeiffer T.W., Knabe D.A. (1992) Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low trypsin inhibitor soybeans for pigs. *J. Anim. Sci.* 70: 818-826.

- Hilder, V.A., Gatehouse, A.M.R., Sheerman, S.E., Barker, R.F., Boulter, D. (1987) A Novel Mechanism of Insect Resistance Engineered into Tobacco. *Nature* 330: 160-163.
- Hofer, M., Schweiger, P., Putz, B., Hartl, W. (2009) Produktivität verschiedener Sojasorten im ostösterreichischen Anbauggebiet. In: S.P. Hartl W., Hofer M., Petrasek R., Bio Forschung Austria, Wien, Österreich (ed.), Österreichische Saatgut-Sortenprojekt für den Biolandbau 2004-2008: Manz Crossmedia GmbH & CoKG, Wien, Österreich.
- Horiguchi, I. (1980) The damage forecast of rice and soybean yield caused by cool summer temperature. *Memoirs of the Faculty of Agriculture Hokkaido University* 12 (3): 222-229.
- Hubenthal, C., Kruckelmann, I., Brünjes, L., & Stratmann, N. (2011) Soja - Anbaueignung auf klimatischen Grenzstandorten. Projektarbeit an der Universität Kassel, Fachge-biet: Ökologischer Land,- und Pflanzenbau.
- Hume, D., Jackson, A. (1981) Pod Formation in Soybeans at Low Temperatures. *Crop Science*, 21: 933-937.
- Hüsing, B., Schliephake, U., Haase, T., Mindermann, A., Trautz, D., & Heß, J. (2011) Sortenprüfung frühabreifer Sojabohnensorten im Ökologischen Landbau. In G. Leithold, K. Becker, C. Brock, S. Fischinger, A.-K. Spiegel, K. Spory, & K.-P. u. Wilbois, Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 15.-18. März 2011 (S. 298-301). Berlin: Verlag Dr. Köster.
- Hüsing, B., Trautz, D., Schliephake, U., Heuer, R. (2007) Untersuchungen über Auswirkungen unterschiedlicher Abdeckungen (Vlies/Folie) auf Wachstum und Ertrag von Frühkartoffeln im ökologischen Landbau. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. http://orgprints.org/9436/01/9436_H%C3%BCsing_Vortrag.pdf.
- Hyten, D.L., Song Q., Zhu, Y, Choi, I.Y., Nelson R.L., Costa J.M., Specht J.E., Shoemaker R.C., Cregan P.B. (2006) Impacts of genetic bottlenecks on soybean genome diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103:16666–16671.
- Imgraben, H., Recknagel, J. (2009) Anbauanleitung für Sojabohnen 2009. www.lfz-bw.de, 19.08.2009. 10:30.
- Jannink, J.L., Orf, J.H., Jordan, N.R., Shaw, R.G. (2000) Index selection for weed suppressive ability in soybean. *Crop Science* 40: 1087-1094.
- Keyser, H.H., Li, F. (1992) Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean. *Plant and Soil* 14: 119-135.
- Kiers, E.T., Rousseau, R.A., West S.A., Denison (2003) Host sanctions and the legume-rhizobium mutualism. *Nature* 425: 78-81.
- Kim, W.S., Ho, H.J., Nelson, R.L., Krishnan, H.B. (2008) Identification of several *gy4* nulls from the USDA germplasm collection provides new genetic resources for the development of high-quality tofu cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 11320-11326.
- Kirchgessner, M. (1992) Tierernährung. 8. Auflage DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Kling, M. & Wöhlbier, W. (1983) Handelsfuttermittel. Teil A. Futtermittel pflanzlicher Herkunft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Krampitz, T. (2009) Dammanbau und konventioneller Anbau von Zuckerrüben. Diplomarbeit, Leibniz Universität Hannover, 2005.
- Kurosaki, H., Yumoto, S. (2003) Effects of low temperature and shading during flowering on the yield components in soybean. *Plant Production Science* 6 (1): 17-23.
- Kurosaki, H., Yumoto, S., Matsukawa, I. (2003) Pod setting pattern during and after low temperature and the mechanism of cold weather tolerance at the flowering stage in soybeans. *Plant Production Science* 6 (4): 247-254.
- Kyauk, H., Hopper, N.W., Brigham, R.D. (1995) Effects of temperature and presoaking on germination, root length and shoot length of sesam (*Sesamum indicum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 35: 345-351.
- Leithold, G., Schulz, F., Franz, K.-P. (2003) Eignung von Sojabohnensorten mit kurzer Vegetationszeit für einen Anbau auf einem ökologisch bewirtschafteten Grenzstandort unter Berücksichtigung unterschiedlicher Reihenabstände. *Pflanzenbauwissenschaften* 7: 21-28. (http://www.ulmer.de/Artikel.dll/21-28_MTK5ODI.PDF), eingesehen am 03.01.2014.
- Leitsätze für Speisefette und -öle, 2011, vom 05.05.2011
http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/Lebensmittelbuch/LeitsaetzeSpeisefette.pdf;jsessionid=E19A80E7576A8277DF4133C25DFC393.2_cid288?__blob=publicationFile.
- Li, J., Brader, G., Palva, E.T. (2008) Kunitz trypsin inhibitor: An antagonist of cell death triggered by phytopathogens and fumonisin B1 in Arabidopsis. *Molecular Plant* 1: 482-495.
- Lindermayer, H. & Probstmeier, G. (2011) Reduzierte Futterkosten in der Schweinemast. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). url: http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/14704/linkurl_0_0_0_9.pdf.
- Lindermayer, H., Propstmeier, G., Preißinger, W. (2010): Andere Werte für Sojaschrot – Gehalt und Aufbereitung bestimmen den Einsatz. *Bayer. Landw. Wochenblatt* 33: 64 – 65.
- Link, W.; Balko, C.; Stoddard, F.L. (2008) Winter hardiness in faba bean: physiology and breeding. *Field Crops Research*; online verfügbar seit 01.10.2008.
- Liu, Y., Wu, L., Baddeley, J.A. & Watson C.A. (2010) Models of biological nitrogen fixation of legumes. A review. *Agron.Sustain. Dev.* 31: 155-172.
- Lucht, H.W. (2003) Hydrothermische Verfahren zur Inaktivierung antinutritiver Substanzen in Ölsaaten und Leguminosen. *Mühle und Mischfutter*. 140. Jahrgang, Heft 3.

- Lucht, H.W. (2004) Anti-Nutritional-Factors in Ölsaaten und Leguminosen. Vortrag im Januar 2004.
- Lufa. (2012) Mikrobiologisch-hygienische Beschaffenheit von Futtermitteln, http://www.landwirtschaftskammer.de/lufa/download/fachinfo/futtermittel/mikrobiol_hygien_beschaffenheit.pdf.
- Luna, R., Planchon, C. (1995) Genotype x Bradyrhizobium japonicum strain interactions in dinitrogen fixation and agronomic traits of soybean (*Glycine max* L Merr). *Euphytica* 86: 127-134.
- Markhart, A.H., Peet, M.M., Sionit, N., Kramer, P.J. (1980) Low temperature acclimation of root fatty acid composition, leaf water potential, gas exchange and growth of soybean seedlings. *Plant, Cell and Environment* 3: 435-441.
- Meitinger, J. (2011) mündliche Mitteilung, Meika Tiernahrung, Großaitingen, 15.08.2011.
- Messmer, M., Hildermann, I., Thorup-Kristensen, K., & Rengel, Z. (2012) Nutrient Management in Organic Farming and Consequences for Direct and Indirect Selection Strategies. In: Lammerts van Bueren, E.T., Myers, J.R. (Eds.), *Organic Crop Breeding*. John Wiley and Sons, 15-38.
- Michailov, V.G., Marjuskin, V.F., Sichkar, V.I. (1989) Cold tolerance during reproductive growth of soybean. *Soybean Genetic Newsletter* 16, 211-213.
- Monary, S. (1989) *Fullfat-Soya Handbook*. Brüssel, Belgien, 2. Aufl.
- Mücke, M., & Meyercordt, A. (2011) Ergebnisse der dreijährigen Öko-Sortenversuche Sojabohnen. Landwirtschaftskammer Niedersachsen.
- Nepomuceno, M., Alves, P., Dias, T.C.S., Pavani, M. (2007) Periods of weed interference in soybean under tillage and no-tillage. *Planta Daninha* 25: 43-50.
- Neuner, G., Larcher, W. (1991) The effect of light, during and subsequent to chilling, on the photosynthetic activity of 2 soybean cultivars, measured by in vivo chlorophyll fluorescence. *Photosynthetica* 25 (2): 257-266.
- Nik A.M., Tosh, S.M., Poysa, V., Woodrow, L., Corredig, M. (2008) Protein recovery in soymilk and various soluble fractions as a function of genotype differences, changes during heating, and homogenization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 10893-10900.
- Oberson, A., Nanzer, S., Bosshard, C., Dubois, D., Mader, P., Frossard, E. (2007) Symbiotic N₂ fixation by soybean in organic and conventional cropping systems estimated by N-15 dilution and N-15 natural abundance. *Plant and Soil* 290: 69-83.
- Paffrath, A., Henneberger, M., Mayer, J. (2002) Ökologischer Sojaanbau in kälteren Gebieten Deutschlands? SÖL-Beratertagung.
- Palacios M. F., Easter R. A., Soltwedel K. T., Parsons C. M., Douglas M. W., Hymowitz T., Pettigrew J. E. (2004) Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 2004, 82:1108-1114.
- Palic, D., Modika K.Y., Modika, B., Kokic, Djuragic O., Spasevski N. (2012) Precision of laboratory methods based on protein solubility in quality control of heat treated feedstuffs. *Hem Ind* 66 (1): 53-57.
- Palic, D., Modika K.Y., Oelofse A., Morey L., Coetzee L.E. (2011) The protein dispersibility index in the quality control of heat-treated full-fat soybeans: an inter-laboratory study. *SA J. Anim. Sci.* 41 (4).
- Parsons, C.M., Hashimoto, K., Wedekind K.J., Han Y. Baker D.H. (1992) Effect of overprocessing on availability of amino acids and energy in soybean meal. *Poultry Science* (71): 133-140.
- Pérez-Bonilla A., Novoa S., García J., Mohiti-Asli M., Frikha M., Mateos G.G. (2012) Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. *Poult Sci.*, Dec; 91(12): 3156-66.
- Pieringer, E. (2011) mündliche Mitteilung, Naturlandfachberater, Freising, 16.09.2011.
- Purcell, L.C., Ashley, D.A., Boerma, H.R. (1987) Effects of chilling on photosynthetic capacity, and leaf carbohydrate and nitrogen status of soybean. *Crop Science* 27: 90-95.
- Recknagel, J. (2008) Sojaanbau und Vermarktung von Soja-Lebensmitteln in Deutschland. Tagungsband zum 1. Österr. Soja-Symposium 135 Jahre Sojabohne und Sojaforschung: 14-16.
- Recknagel, J. (2011) Mündlich mitgeteilte Schätzung, Bioland Sojatag in Dasing, 14.7.2011.
- Recknagel, J. (2011) Sojabohnen – eine Alternative in der Fruchtfolge? Stickstoff gratis – Körnerleguminosen in der Fruchtfolge. Landratsamt Biberach am 01.03.2011. http://www.biberach.de/fileadmin/user_upload/Landwirtschaftsamt/Pflanzenbau/Vortraege_Pflanzenbau/soja.pdf.
- Remmele, E. (2011) Rapsqualität und DIN-Normen. Fachgespräch Rapsölkraftstoff in der Landwirtschaft. 4. November, Recherberg-Bienenmühle. url: http://www.bioenergie-portal.info/fileadmin/bioenergie-beratung/sachsen/dateien/Vortraege/Vortrag_Remmele_DIN.pdf.
- Rengel, Z. (2002) Breeding for better symbiosis. *Plant and Soil* 245: 147-162.
- Reuter, D., Robinson, J., Dutzkiewicz, C. (1997) *Plant Analysis: An interpretation manual*. CSIRO Verlag, Collingwood.
- Revellin C., Pinochet, X., Beauclair, P., Catroux, G. (1996) Influence of soil properties and soya bean cropping history on the Bradyrhizobium japonicum population in some French soils. *European Journal of Soil Science* 47: 505-510.

- Richter, K. (2008) Risiken pflanzlicher Stoffe – Das Beispiel Isoflavone, Präsentation BFR online: (http://www.bfr.bund.de/cm/343/risiken_pflanzlicher_stoffe_das_beispiel_der_isoflavone.pdf)
- Richter, W. et. al. (2005) Schimmelpilze und Mykotoxine in Futtermitteln (Futtergetreide, Grünfütter, Silage, Heu, Stroh), Bericht der Länderübergreifenden Zusammenarbeit der Landesanstalten für Landwirtschaft.
- Rodriguez-Navarro, D.N., Oliver, I.M., Contreras, M.A., & Ruiz-Sainz, J.E. (2011) Soybean interactions with soil microbes, agronomical and molecular aspects. *AGron. Sustain. Dev.* 31: 173-190.
- Rotzler, D., Stamp, P., Bétrix, C.A., De Groote, J.C., Moullet, O., Schori, A. (2009) Agronomic interest of lanceolate leaf in soybean. *Revue Suisse D Agriculture* 41: 153-158.
- Rühl, G., Bramm, A. & Greef, J. (2009) Aspekte des Anbaus von Körnerleguminosen. *Journal für Kulturpflanzen* 61: 312-317.
- Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht, J.E., Walters, D.T., Weiss, A., Dobermann, A. (2008) Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research* 108: 1-13.
- Schipanski, M.E., Drinkwater, L.E., Russelle, M.P. (2010) Understanding the variability in soybean nitrogen fixation across agroecosystems. *Plant Soil* 329: 379-397.
- Schlichenmaier, T. (2013) mündliche Mitteilung, Besichtigung Extraktionsanlage Güssing, 10.01.2013.
- Schori, A., Bétrix, C.-A., Charles, R. (2005) Anpassung der Sojabohne an niedrige Temperaturen und geringe Temperatursummen. In: Bericht über die 56. Tagung 2005 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs. HBLFA Raumberg, Gumpenstein, 22-24.November 2005.
- Schori, A., Charles, R., Peter, D. (2003) Sojabohne: Züchtung, Agronomie und Produktion in der Schweiz. *Agrarforschung* 10: 1-8.
- Schori, A., Fossati, A., Soldati, A., Stamp, P. (1993) Cold tolerance in soybean (*Glycine max* L. Merr.) in relation to flowering habit, pod set and compensation for lost reproductiveorgans. *European Journal of Agronomy* 2, 173-178.
- Schröder, A. & Pieper, B. (2000) Einsatz von pansengeschütztem Fett bei Hochleistungskühen aus der Sicht der Beratung. *Handbuch der tierischen Veredlung* S. 407 - 418, Kamlage-Verlag Osnabrück. (http://www.dr-pieper.com/content/ge/broschueren_informationsbl_tter.htm), eingesehen am 03.01.2014.
- Schulze, D. (2009) *Pulver und Schüttgüter*, 2. Auflage, Springer-Verlag.
- Schulze, D. (2010) Fließeigenschaften von Schüttgütern und verfahrenstechnische Siloauslegung (<http://www.dietmar-schulze.de/powtvd.pdf>), abgerufen am 09.01.2014.
- Seiler, M., (2006) Evaluierung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit eines neuartigen Verfahrenskonzepts zur Herstellung von Proteinprodukten aus Sojabohnen. Dissertation an der Fakultät III – Prozesswissenschaften. Technischen Universität Berlin.
- Silva, A.F., Ferreira, E.A., Concenco, G., Ferreira, F.A., Aspiazú, I., Galon, L., Sedyama, T., Silva, A.A. (2008) Effect of weed densities and control periods on soybean yield components. *Planta Daninha* 26: 65-71.
- Soldati, A. (1999) Sojabohne. In: E. R. Keller, *Handbuch des Pflanzenbaus*, Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer Verlag.
- Solomon, T. Pant, L.M., Angaw T. (2012) Effects of inoculation by brayrhizobium japonicum strains on nodulation, nitrogen fixation, and yield of soybean (*Glycine max*. L. Merrill) varieties on Nitisols of Bako, Western Ethiopia. *ISRN Agronomy*, doi:1055402/2012/261475.
- Stanojevic, S.P., Barac M.B., Pesic M.B., Vucelic-Radovic B.V. (2011) Assessment of soy genotype and processing method on quality of soybean tofu. *J. Agric. Food Chem.* 59: 7368-7376.
- Steiner, T., Bellof, G. (2009) Qualitätssicherung für Eiweißfuttermittel in der ökologischen Tierernährung: Sojabohnen und -kuchen. Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL). (<http://orgprints.org/16490/1/16490-06OE233-hswt-bellof-2009-eiweissfuttermittel.pdf>), eingesehen am 03.01.2014.
- Stockinger, B. (2011) Schriftliche Mitteilung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 18.08.2011.
- Stoddard, F. L., Balko, C., Erskine, W., Khan, H. R., Link, W., Sarker, A. (2006) Screening techniques and sources of resistance to abiotic stresses in cool-season food legumes. *Euphytica* 147: 167-186.
- Strauss, A.J., Krüger, G.H.J., Strasser, R.J., van Heerden, P.D.R. (2006) Ranking of dark chilling tolerance in soybean genotypes probed by the chlorophyll a fluorescence transient O-J-I-P. *Environmental and Experimental Botany* 56 (2): 147-157.
- Strauss, A.J., Krüger, G.H.J., Strasser, R.J., van Heerden, P.D.R. (2007) The role of low soil temperature in the inhibition of growth and PSII function during dark chilling in soybean genotypes of contrasting tolerance. *Physiologia Plantarum*, 131, 89-105.
- Ströbele M. (2014) mündliche Mitteilung. Entwickler von mechanischen Ölpresen, 14.01.2013.
- Szafranska, K., Kalwineka, J., Gabara, B. (2005) Phenolic compounds level and localization in chilled roots of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Journal of Biological Research* 4: 157-166.
- Szafranska, K., Posmyk, M.M., Wilmanska, D., Janas, K.M. (2004) Enhancement of soybean roots tolerance to *Fusarium culmorum* caused by low temperature. *Biologia* 59 (13): 191-194.
- Tambussi, E.A., Bartoli, C.G., Guiamet, J.J., Beltrano, J., Araus, J.L. (2004) Oxidative stress and photodamage at low temperatures in soybean (*Glycine max* L.Merr. leaves. *Plant Science* 167 (1): 19-26.

- Tantau, H.; Balko, C.; Brettschneider, B.; Melz, G.; Dörffling, K. (2004) Improved frost tolerance and winter survival in winter barley (*Hordeum vulgare* L.) by in vitro selection of proline overaccumulating lines. *Euphytica* 139, 19-32.
- Tanteeratararm, K.; Wie, L.S.; Steinberg, M. P. (1989) Effect of soybean maturity on storage stability and process quality. *Journal of food science* 54: 593-597.
- Tavaud-Pirra, M., Sartre, P., Nelson, R., Santoni, R., Textier, N., Roumet, P. (2009) Genetic diversity in a soybean collection. *Crop Science* 49: 895-902.
- Thurner S., Zeindl R., Asam L. (2013) Vergleich der Verfahrenstechnik zur Sojaaufbereitung. In: *Agrarforschung hat Zukunft. Tagungsband zur Wissenschaftstagung der LfL.* (http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/agrarforschung_zukunft.pdf), eingesehen am 03.01.2014.
- UFOP (2007) Heimische Körnerleguminosen - Bewertung von thermisch behandelten Lupinen als Rationskomponente für Hochleistungskühe mit geschütztem Protein in der Milchviehfütterung. *UFOP-Schriften* 33.
- Van Eys, J. (2012) Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry. Ph.D. thesis.
- Van Heerden, P.D.R., Krüger, G.H.J. (2002) Separately and simultaneously induced dark chilling and drought stress effects on photosynthesis, proline accumulation and antioxidant metabolism in soybean. *Journal of Plant Physiology* 159: 1077-1086.
- Van Heerden, P.D.R., Tsimill-Michael, M., Krüger, G.H.J., Strasser, R.J. (2003) Dark chilling effects on soybean genotypes during vegetative development: parallel studies of CO₂ assimilation, chlorophyll a fluorescence kinetics O-J-I-P and nitrogen fixation. *Physiologia Plantarum* 117: 476-491.
- Versuchsberichte zu den Sortenversuchen der Länder und Kammern siehe www.isip.de
- Vollmann, J. (2007) Plant nutrition and quality of soybean. In: Mendel University of Agriculture and Forestry Brno (ed.), *Plant Nutrition and its Prospects, Proceedings of International Conference, 5-6 September 2007, Brno, Czech Republic: 334-336.*
- Vollmann, J. (2008) Soybean Breeding for European Needs. 1. Österreichisches Soja- Symposium. 10 Dezember 2008, Wien.
- Vollmann, J., Fritz, C.N., Wagentristsl, H., Ruckenbauer, P. (2000) Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 1300-1306.
- Vollmann, J., Grausgruber, H., Wagentristsl, H., Wohleser H., Michele P. (2003) Trypsin inhibitor activity of soybean as affected by genotype and fertilisation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 1581-1586.
- Vollmann J, Menken M (2012) Soybean: Breeding for organic farming systems. In: *Organic Crop Breeding, First Edition, 203-214.*
- Vollmann, J., Schausberger, H., Bistrich, H., Lelley, T. (2002) The presence or absence of the soybean Kunitz trypsin inhibitor as a quantitative trait locus for seed protein content. *Plant Breeding* 121: 272-274.
- Vollmann, J., Wagentristsl, H. (2009) Aspekte der Sojabohnenzüchtung für den Biolandbau: Unkrautunterdrückung und Qualität des Ernteguts. In S.P. Hartl W., Hofer M., Petrasek R., *Bio Forschung Austria, Wien, Österreich (ed.), Österreichisches Saatgut-/Sortenprojekt für den Biolandbau 2004-2009 pp. 313-325*: Manz Crossmedia GmbH & CoKG, Wien, Österreich.
- Vollmann J, Wagentristsl H, Hartl W (2010) The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy* 32: 243-248.
- Vollmann, J., Walter, H., Sato, T., Schweiger, P. (2011) Digital image analysis and chlorophyll metering for phenotyping the effects of nodulation in soybean. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 75: 190-195.
- Wiersma, J.V., Orf, J.H. (1992) Early Maturing Soybean Nodulation and Performance with Selected *Bradyrhizobium-japonicum* Strains. *Agronomy Journal* 84: 449-458.
- Wissuwa, M., Mazzola, M., & Piccard, C. (2009) Novel approaches in plant breeding for rhizosphere-related traits. *Plant and Soil* 321: 409-430.
- Yadhegari L.Z., Heidari, R., Carapetian J. (2008) Cold pretreatment-induced changes in antioxidant enzyme activities and relative water content and soluble sugars in shoots and roots of soybean seedlings. *Research Journal of Agriculture and Biological Science* 3: 68-73.
- Yadhegari, L.Z., Heidari, R., Carapetian, J. (2008) Cold pretreatment-induced changes in antioxidant enzyme activities and relative water content and soluble sugars in shoots and roots of soybean seedlings. *Research Journal of Agriculture and Biological Science* 3: 68-73.
- Yemm, E.W., Willis, A.J. (1954) The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal* 57: 508-514.
- Yuan, S.; Chang, S. K. (2007) Texture profile of tofu as affected by Instron Parameters and sample preparation, and correlations of Instron hardness and springiness with sensory scores. *Journal of Food Science* 72, 136-145.
- Zhang, F., Charles, T.C., Pan, B., & Smith, D.L. (1996) Inhibition of the expression of *Bradyrhizobium japonicum* nod genes at low temperatures. *Soil Biology & Biochemistry* 28: 1579-1583.

Zhang, F., Smith, D.L. (1996) Genistein accumulation in soybean (*Glycine max* [L] Merr) root systems under suboptimal root zone temperatures. *Journal of Experimental Botany* 47: 785-792.

Zhang, H., Prithiviraj, B., Charles, T.C., Driscoll, B.T., & Smith, D.L. (2003) Low temperature tolerant *Bradyrhizobium japonicum* strains allowing improved nodulation and nitrogen fixation of soybean in a short season (cool spring) area. *European Journal of Agronomy* 19: 205-213.

10 Anhang

10.1 Arbeitspaket 1a

10.1.1 Anleitung zur Durchführung von Kreuzungen bei Sojabohnen

Morphologie:

Lilafarbene oder weiße Schmetterlingsblüten, 5-7 mm lang, stehen gepaart oder zu mehreren in den Blattachseln.



Abbildung 133: Sojabohnenblüte lila



Abbildung 134: Sojabohnenblüte weiß

Zwei Typen in der Blüte:

(1) Blüte der Mitteltraube ca. 10 Tage vor der Blüte der Seitenblütentrauben, asynchrone Blüte (meist lila Blüte und braune Behaarung) (Abbildung 133).

(2) Synchrone Blüte der Haupt- und Nebenblütentrauben (meist weiße Blüte und graue Behaarung) (Abbildung 134).

Ein Blütenstand blüht in 6 bis 8 Tagen von unten nach oben ab und eine Pflanze blüht ca. 2 bis 6 Wochen lang. Die Blüten öffnen sich früh am Morgen, die Narbe ist jedoch bereits 24 Stunden vor der Blütenöffnung empfängsfähig. Unter kühlen Wachstumsbedingungen (Kältestress) zeigen einige Linien und Sorten überhaupt keine Blütenblätter und blühen in der geschlossenen

Knospe ab (z.B. Merlin). Spätreife Sorten haben i.d.R. größere Knospen als frühreife Sorten und sind dadurch einfacher zu kastrieren.

Die Aussicht auf das Gelingen einer Kreuzung nach der Kastration beträgt 0-10 %, sehr gut sind 20-25 %.

Anzucht der Elternpflanzen:

Anbau der Eltern auf dem Feld oder in Töpfen im Gewächshaus oder im Folientunnel (s. Abbildung 135 und Abbildung 136). Der Anbau erfolgt in mehreren Aussaatzeiten, um den Kreuzungszeitraum zu verlängern.



Abbildung 135: Anzucht der Elternpflanzen auf dem Feld



Abbildung 136: Anzucht der Elternpflanzen in Töpfen im Folientunnel

Arbeitsmaterial

➤ Pinzette (sehr spitz, z.B. DUMONT No. 5)

- ›Nadel
- ›Lupe (20x Vergrößerung, z.B. von BERGEON)
- ›Alkohol zum Desinfizieren
- ›Watte
- ›Längliche Klebeetiketten
- ›Licht- und wasserfester Stift
- ›Schlaufenetiketten

Zeitpunkt Kastration

Die Knospe ist gut entwickelt (fest und groß, ca. 2 mm lang), fest verschlossen und es sind noch keine Blütenblätter sichtbar (s. Abbildung 137).

Die Kastration

Mit spitzer Pinzette vorsichtig die Kelchblätter der Reihe nach entfernen, dabei die Kelchblätter so tief wie möglich am Ansatz abziehen, um ein möglichst großes „Arbeitsfeld“ für die Entfernung der Antheren zu haben (s. Abbildung 138). Anschließend mit der Pinzette die Blütenblätter (Fahne, Schiffchen, Flügel) entfernen. Die Antheren (10 Stück) sind ringförmig um den gekrümmten Griffel und Fruchtknoten angeordnet (s. Abbildung 139). Von den 10 Antheren sind neun miteinander verwachsen und eine Anthere sitzt frei, direkt unter der Narbe. Mit der Lupe kontrollieren, ob die Antheren alle pollenfrei sind. Mit einer spitzen Präpariernadel die Antheren vorsichtig entfernen, dabei darauf achten, dass der Griffel und der Fruchtknoten nicht verletzt werden. Mit der Lupe anschließend kontrollieren, ob auch alle 10 Staubbeutel restlos entfernt sind und ob die Narbe unversehrt und frei von Pollen ist (s. Abbildung 140).



Abbildung 137: Kastrationsfähige Knospe, Größe der Knospe ca. 2 mm



Abbildung 138: Sojaknospe nach der Entfernung der Kelchblätter



Abbildung 139: Sojaknospe nach der Entfernung der Blütenblätter, die Antheren liegen jetzt frei, die Narbe ist sichtbar.



Abbildung 140: Kastrierte Sojaknospe, die Antheren sind entfernt und die Narbe kann bestäubt werden.

Die Bestäubung

Die Bestäubung der kastrierten Knospe ist unmittelbar nach der Kastration durchzuführen.

Vormittags geschlossene Pollenspender-Knospen zum Bestäuben verwenden und nachmittags offene, frische Blüten zur Bestäubung. Bei Temperaturen unter 15°C gibt es keinen Pollen.



Abbildung 141: Sojaknospe mit bereits geöffneten Antheren in der geschlossenen Blüte, die Knospe kann zur Bestäubung verwendet werden.

Bei der Pollenspender-Knospe ebenfalls die Kelchblätter und die Blütenblätter mit der Pinzette entfernen. Mit der Lupe kontrollieren, ob auf den Antheren Pollen zu finden sind. Dann die Knospe mit der Pinzette greifen und die Antheren vorsichtig auf die Narbe der kastrierten Blüte tupfen und somit den Pollen übertragen.

Isolation der offenstehenden Blüte

Nach der Bestäubung bis zum erfolgreichen Samenansatz wird um die offenliegende Blüte in einer Blattachsel ein kleines Stück Watte gelegt (nicht zu viel und zu dick) und mit einem länglichen Klebeetikett fixiert (Abbildung 142). Dies dient zur Isolation der bestäubten Blüte und als Schutz vor Austrocknung der Narbe.



Abbildung 142: Kastrierte und bestäubte Sojablüte mit Watte und Klebeetikett

Zur Kennzeichnung der kastrierten und bestäubten Blüte wird ein Schlaufenetikett um den Blattstiel an der betreffenden Blattachsel befestigt (s. Abbildung 142).

Angaben auf dem Schlaufenetikett: Mutter x Vater, Datum Kastration, Anzahl kastrierter Blüten



Abbildung 143: Mehrere gekreuzte Knospen an einer Sojapflanze

Anschließend sollten alle Arbeitsmaterialien, die potentiell mit Pollen in Berührung gekommen sein könnten (Pinzette, Nadel) mit Alkohol desinfiziert werden.

Kontrolle Kreuzungserfolg:

Nach ca. 10 bis 14 Tagen kann kontrolliert werden, ob die Bestäubung erfolgreich war. Dafür werden Klebeetikett und Watte vorsichtig entfernt. Bei einer erfolgreichen Bestäubung zeigt sich ein winziger Hülsenansatz an der Blüte. Wenn die Bestäubung nicht erfolgreich war, fällt die Blüte ab oder wurde bereits abgestoßen. Weitere nachgewachsene Knospen in der Blattachsel um die kastrierte Blüte vorsichtig entfernen, um die Versorgung der kastrierten Blüten zu verbessern. Anschließend wird die kastrierte Blüte nicht wieder „eingepackt“, die Kennzeichnung durch das Schlaufenetikett bleibt an der entsprechenden Blattachsel bestehen.



Abbildung 144: Sojapflanze mit mehreren erfolgreich gekreuzten Samenansätzen

Wichtig in dieser Zeit: kein Trockenstress für die Pflanzen (ggf. Bewässerung) und kein Kältestress (nicht < 10-15°C)

Die kastrierten Hülsen sind von den selbstbestäubten am Hülsenansatz zu erkennen. Bei den Hülsen aus Selbstbestäubung sind die Kelchblätter unversehrt und gut zu erkennen, bei den Hülsen aus kastrierten Blüten sind die Kelchblätter entfernt. Es ist ein gerader Rand mit einem schmalen braunen Saum am Hülsenansatz zu erkennen (s. Abbildung 145).



Abbildung 145: Kastrierte Hülsen

Samenreifung

Bei beginnender Abreife der Pflanzen (erste Gelbfärbung der Blätter) werden die gekreuzten Hülsen vorsichtig in dünne luftdurchlässige Crispac-Beutel verpackt.

Dabei das Schlaufenetikett von der Pflanze abnehmen und mit in den Crispac-Beutel stecken und anschließend den Beutel am Pflanzenstängel befestigen (s. Abbildung 146).



Abbildung 146: gekreuzte Hülsen in Crispac-Beuteln

Ernte

Sobald die Hülsen braun gefärbt sind und eine Kontrolle an benachbarten, nicht kastrierten Hülsen ergibt, dass die Bohnen reif sind, werden die kastrierten Hülsen geerntet.

Dazu die Hülsen mit dem Crispac-Beutel und dem Hängeetikett abschneiden. Die geernteten Hülsen werden in den Crispac-Beuteln bei max. 20-25°C für 2-4 Tage getrocknet.

Anbau der Hybridkörner (F1-Generation)

Die Hybridkörner werden gemeinsam mit den jeweiligen Eltern zur Kontrolle des Kreuzungserfolges angebaut. Alternativ können molekulare Marker verwendet werden, um festzustellen, ob es sich um Kreuzungskörner oder versehentliche Selbstungen handelt.

10.2 Arbeitspaket 1c - Kühletoleranz

10.2.1 Anhang Arbeitspaket 1c -1: Geprüftes Pflanzenmaterial

A: Überblick über die in Groß Lüsewitz geprüften Sorten

Sorte	Gefäßversuch Kühletoleranz			Feldversuch		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Sultana	x			x	x	x
ES Mentor	x			x	x	x
Merlin	x	x	x	x	x	x
Aligator	x			x	x	x
Daccor	x			x		
Opaline	x			x	x	x
Supra	x			x	x	
Mapel Arrow	x			x		
Petrina	x			x	x	x
Moravians	x	x		x	x	x
Cordoba	x			x	x	x
Lissabon	x			x	x	x
OAC Champion	x			x	x	
Cardiff	x			x		
Protina	x		x	x	x	x
Proteix	x			x		
Primus	x	x	x	x	x	x
Capnor				x	x	
Sigalia	x		x	x		
Gallec	x			x	x	x
Malaga	x	x	x	x	x	x
Aveline	x			x	x	x
Alma Ata	x			x	x	x
OAC Erin	x			x	x	
Sevilla	x			x	x	
Paradis	x			x	x	x
Lotus	x			x	x	
Tundra	x			x	x	
Josefine	x			x	x	x
Ohgata	x					
Fiskeby V	x					
Albinos	x					
Color	x	x				
London	x					
Isidor	x					
Neoplanta	x					
Kassidy				x	x	x

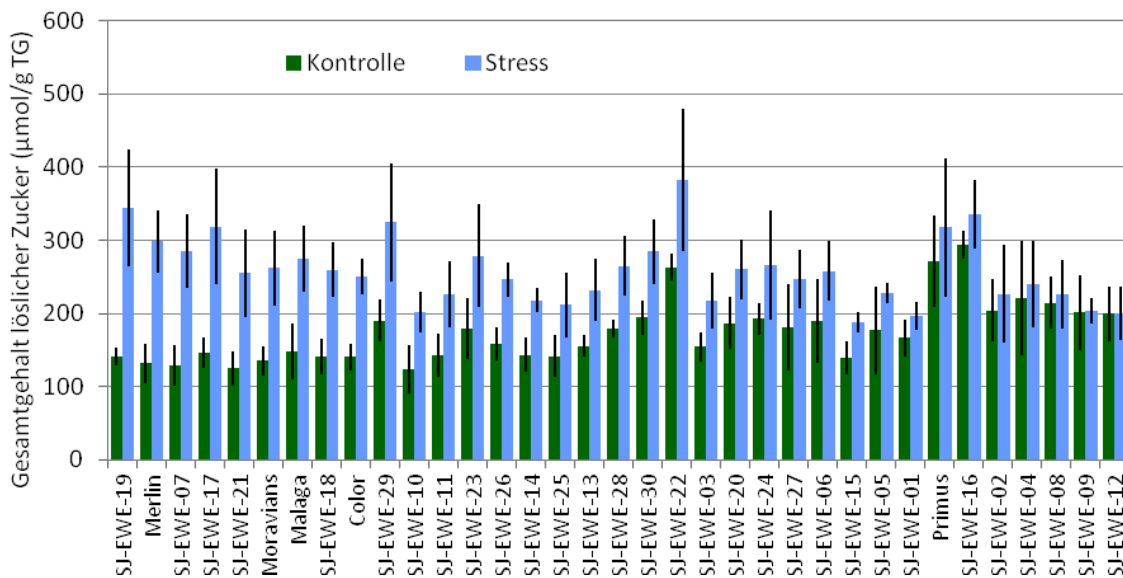
	Gefäßversuch Kühletoleranz			Feldversuch		
OAC Wallace				x	x	
Sinara				x		
Suedina				x	x	
Naya				x		
Flavia				x		
Bohemians				x	x	x
Klaxon				x	x	
Fortsetzung	Gefäßversuch Kühletoleranz			Feldversuch		
Sorte	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Nova				x		
Augusta				x	x	x
Annushka					x	
Aldana					x	x
Sirelia				x	x	
Favorit					x	
Gracia					x	
Amandine					x	

B: Überblick über das im Gefäß- und Feldversuch geprüfte Zuchtmaterial aus TP 1a (Volker Hahn)

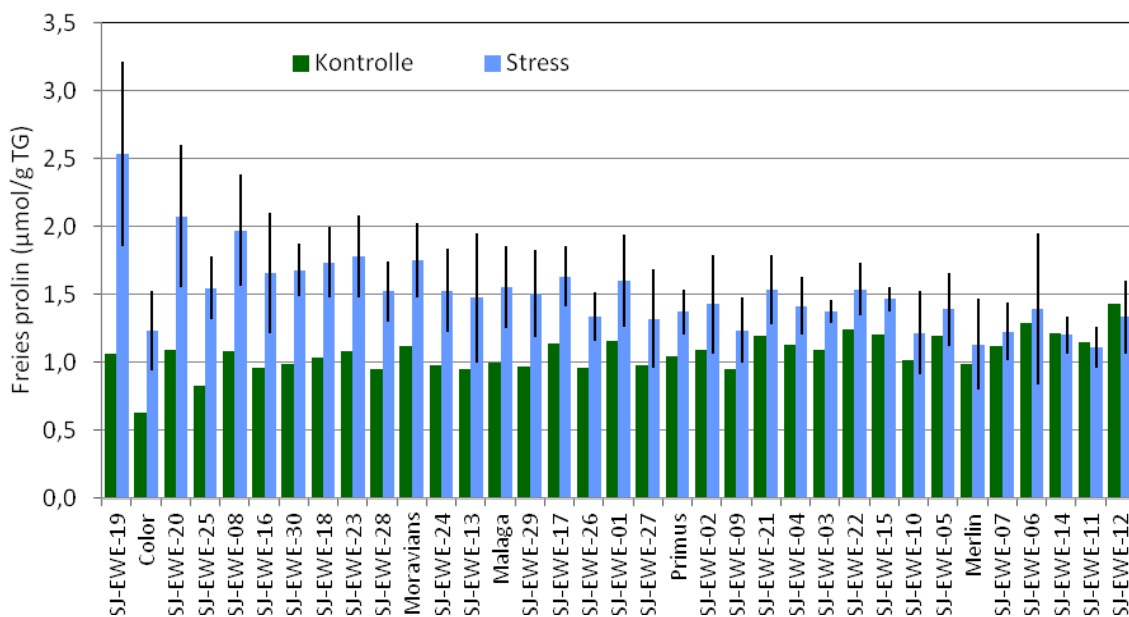
2012			2013			
Nummer	Pedigree	GV	Nummer	Pedigree	GV	FV
SJ-EWE-01	(PrimusxSultana)I4	x	SJ-EWE-101	(PrimusxProtina)I5	x	
SJ-EWE-02	(SigaliaxPrimus)I4	x	SJ-EWE-102	(PrimusxGallec)I5	x	x
SJ-EWE-03	(PrimusxGallec)I4	x	SJ-EWE-103	(PrimusxGallec)I5	x	
SJ-EWE-04	(ProtinaxCordoba)I4	x	SJ-EWE-104	(PrimusxProtina)I5	x	
SJ-EWE-05	(PrimusxSultana)I4	x	SJ-EWE-105	(PrimusxProteix)I5	x	
SJ-EWE-06	(GallecPrimus)I4	x	SJ-EWE-106	(ProtinaxPrimus)I5	x	
SJ-EWE-07	(PrimusxProtina)I4	x	SJ-EWE-107	(ProtinaxPrimus)I5	x	
SJ-EWE-08	(PrimusxSigalia)I4	x	SJ-EWE-108	(ProtinaxPrimus)I5	x	
SJ-EWE-09	(PrimusxSigalia)I4	x	SJ-EWE-109	(ProtinaxPrimus)I5	x	
SJ-EWE-10	(PrimusxSultana)I4	x	SJ-EWE-110	(OpalinexPrimus)I5	x	x
SJ-EWE-11	(PrimusxGallec)I4	x	SJ-EWE-111	(OpalinexPrimus)I5	x	
SJ-EWE-12	(PrimusxGallec)I4	x	SJ-EWE-112	(ProteixxProtina)I5	x	
SJ-EWE-13	(GallecPrimus)I4	x	SJ-EWE-113	(SigaliaxPrimus)I5	x	x
SJ-EWE-14	(MerlinxProteix)I4	x	SJ-EWE-114	(ProtinaxPrimus)I5	x	x
SJ-EWE-15	(PrimusxSultana)I4	x	SJ-EWE-115	(ProtinaxPrimus)I5	x	x
SJ-EWE-16	(ProtinaxSultana)I4	x	SJ-EWE-116	(ProtinaxMerlin)I5	x	x
SJ-EWE-17	(PrimusxGallec)I4	x	SJ-EWE-117	(ProtinaxSultana)I5	x	
SJ-EWE-18	(PrimusxCordoba)I4	x	SJ-EWE-118	(PrimusxGallec)I5	x	x
SJ-EWE-19	(PrimusxProtina)I4	x	SJ-EWE-119	(PrimusxGallec)I5	x	x
SJ-EWE-20	(PrimusxSultana)I4	x	SJ-EWE-120	(PrimusxGallec)I5	x	
SJ-EWE-21	(GallecPrimus)I4	x	SJ-EWE-121	(PrimusxProtina)I5	x	
SJ-EWE-22	(ProtinaxCordoba)I4	x	SJ-EWE-122	(PrimusxProtina)I5	x	x
SJ-EWE-23	(GallecPrimus)I4	x	SJ-EWE-123	(PrimusxProtina)I5	x	
SJ-EWE-24	(PrimusxProtina)I4	x	SJ-EWE-124	(PrimusxProtina)I5	x	x
SJ-EWE-25	(PrimusxSultana)I4	x	SJ-EWE-125	(PrimusxSultana)I5	x	x
SJ-EWE-26	(PrimusxProtina)I4	x	SJ-EWE-126	(PrimusxSultana)I5	x	x
SJ-EWE-27	(PrimusxOpaline)I4	x	SJ-EWE-127	(PrimusxSultana)I5	x	x
SJ-EWE-28	(PrimusxProtina)I4	x	SJ-EWE-128	(PrimusxOpaline)I5	x	x
SJ-EWE-29	(GallecPrimus)I4	x	SJ-EWE-129		x	
SJ-EWE-30	(ProtinaxCordoba)I4	x	SJ-EWE-130	(ProtinaxAveline)I5	x	x

10.2.2 Anhang Arbeitspaket 1c -2: Potenzielle indirekte Selektionskriterien für Zuchtmaterial und Standardsorten 2012

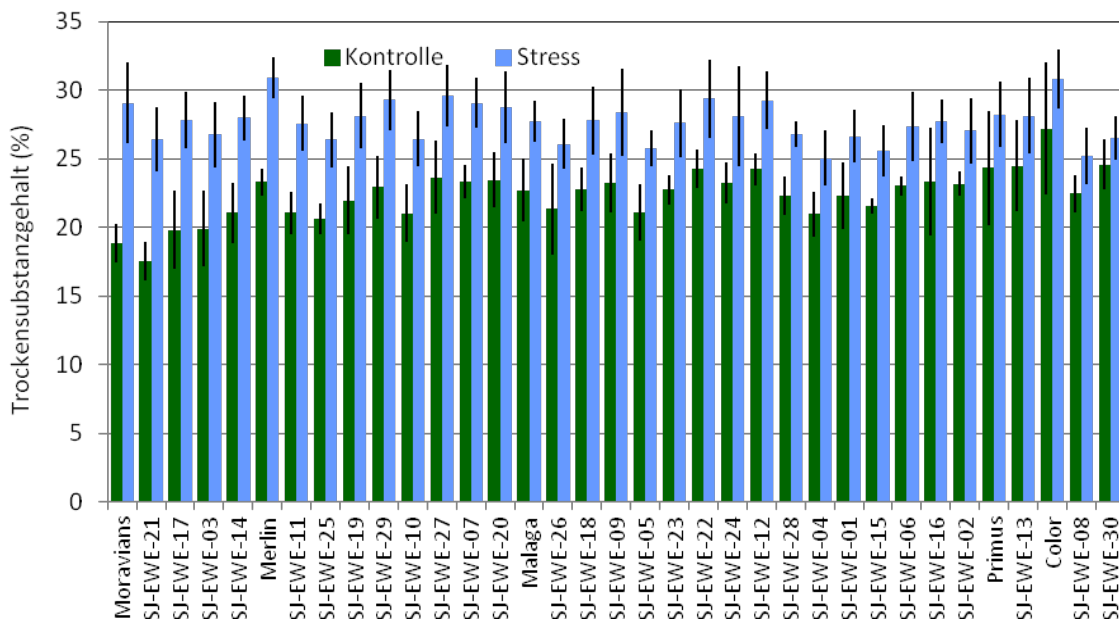
Veränderungen physiologischer Parameter nach Kühlstressbehandlung , Absteigend sortiert nach den Relativwerten für das jeweilige Merkmal



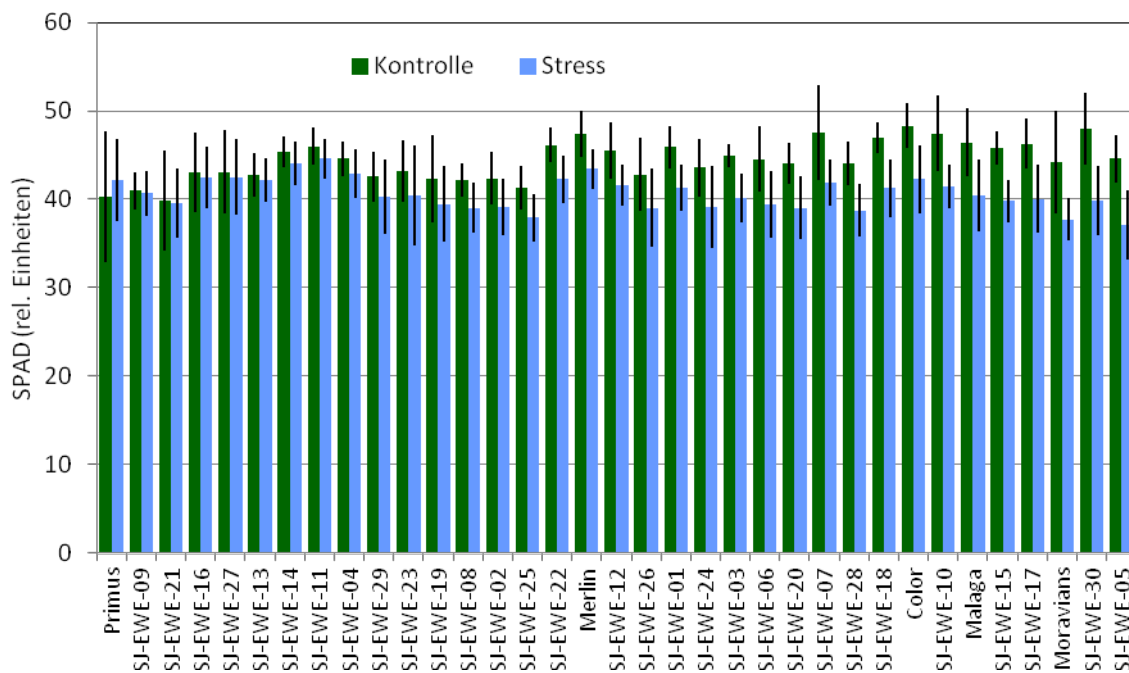
A: Veränderungen im Gesamtgehalt löslicher Zucker in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 103,9, Stress 86,8)



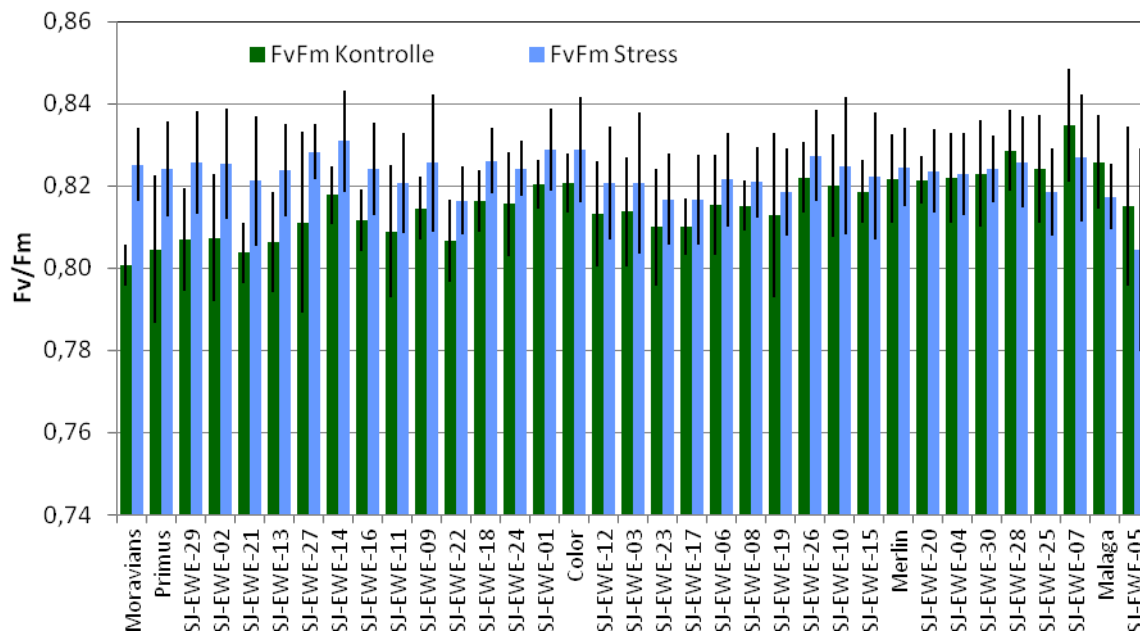
B: Veränderungen im Gesamtgehalt löslicher Zucker in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,74, Stress 0,82)



Trockensubstanzgehalt in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 6,2, Stress 4,2)



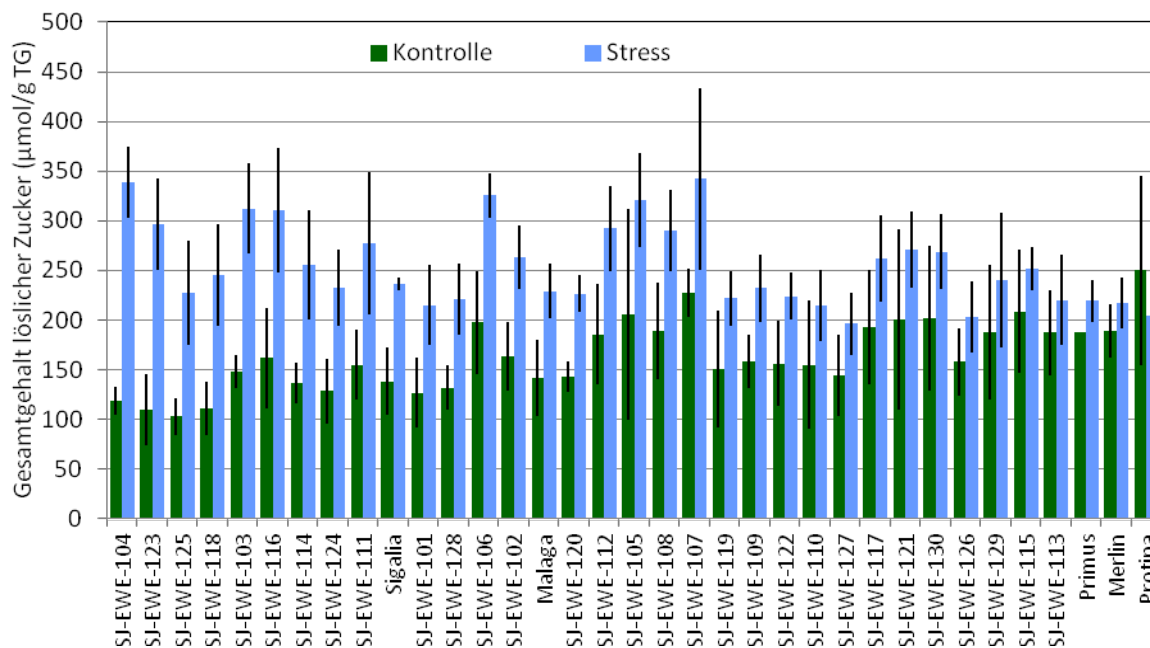
D: SPAD Werte in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 5,3, Stress 3,9)



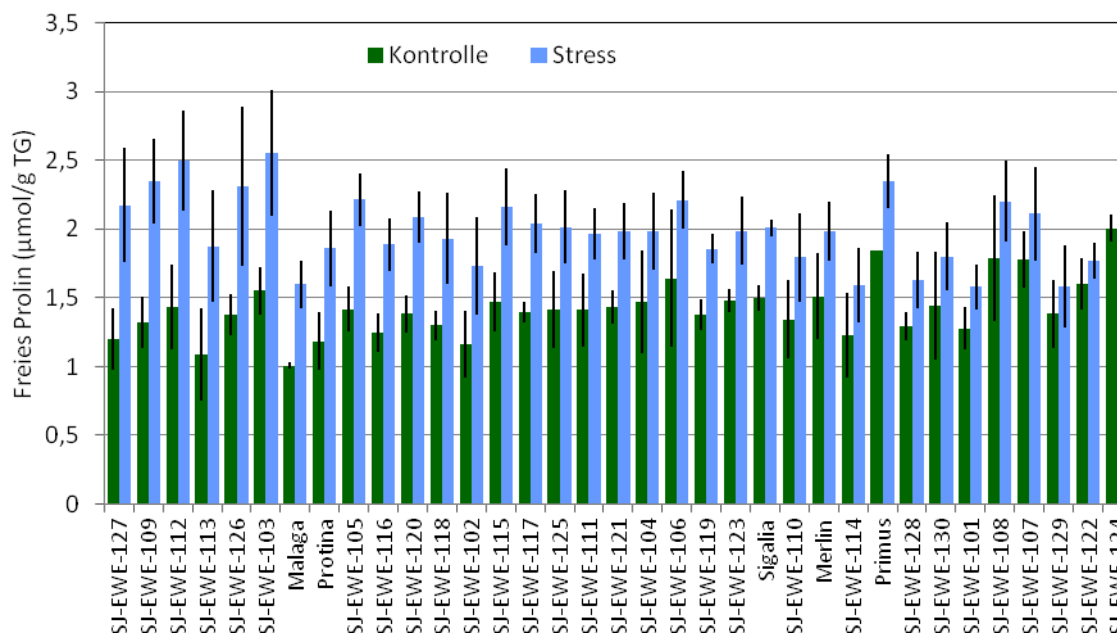
E: Das variable Fluoreszenzverhältnis Fv/Fm in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,018, Stress 0,015)

10.2.3 Anhang Arbeitspaket 1c -3: Potentielle indirekte Selektionskriterien für Zuchtmaterial und Standardsorten 2013

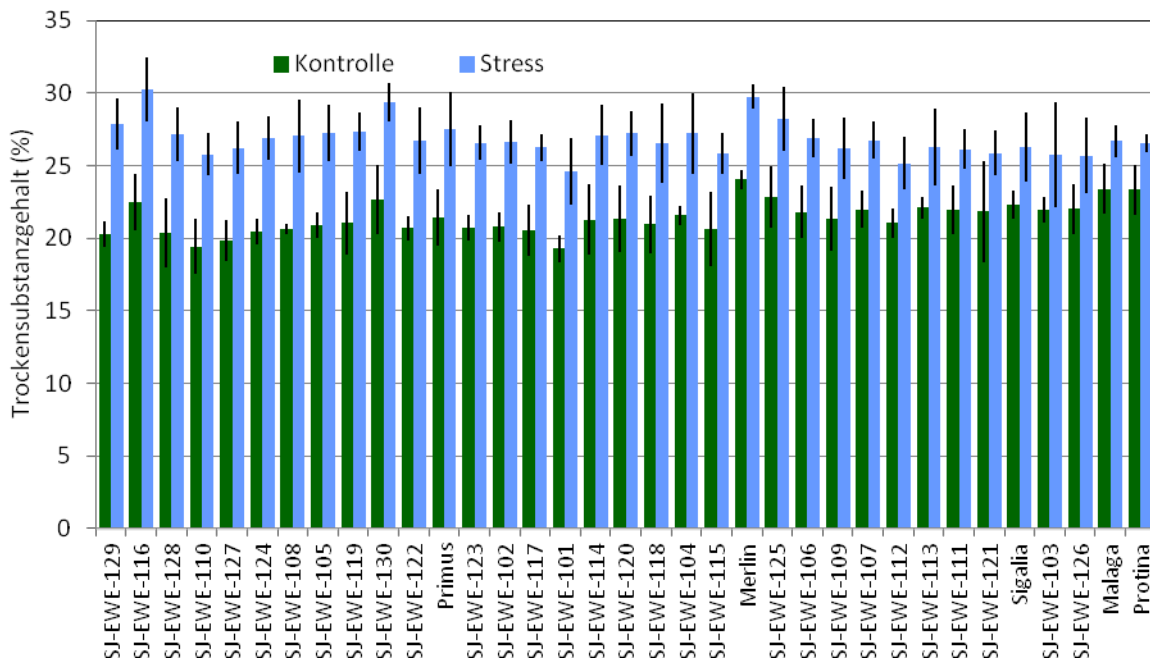
Veränderungen physiologischer Parameter nach Kühlestressbehandlung, Absteigend sortiert nach den Relativwerten für das jeweilige Merkmal



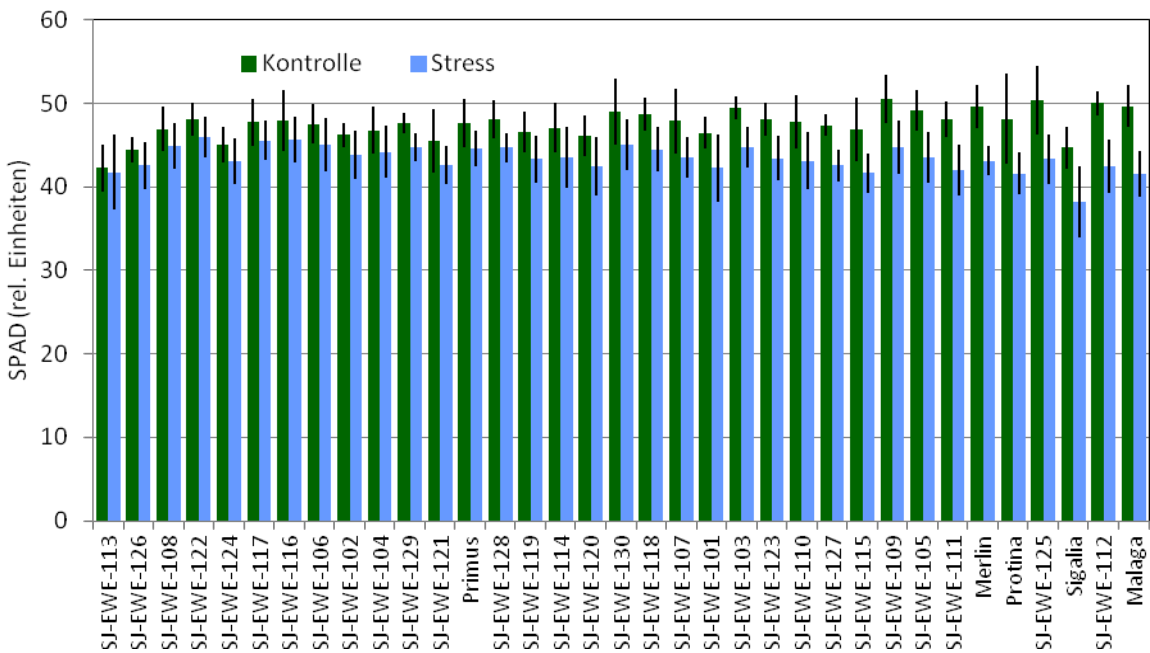
A: Veränderungen im Gesamtgehalt löslicher Zucker in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 98,5, Stress 80,6)



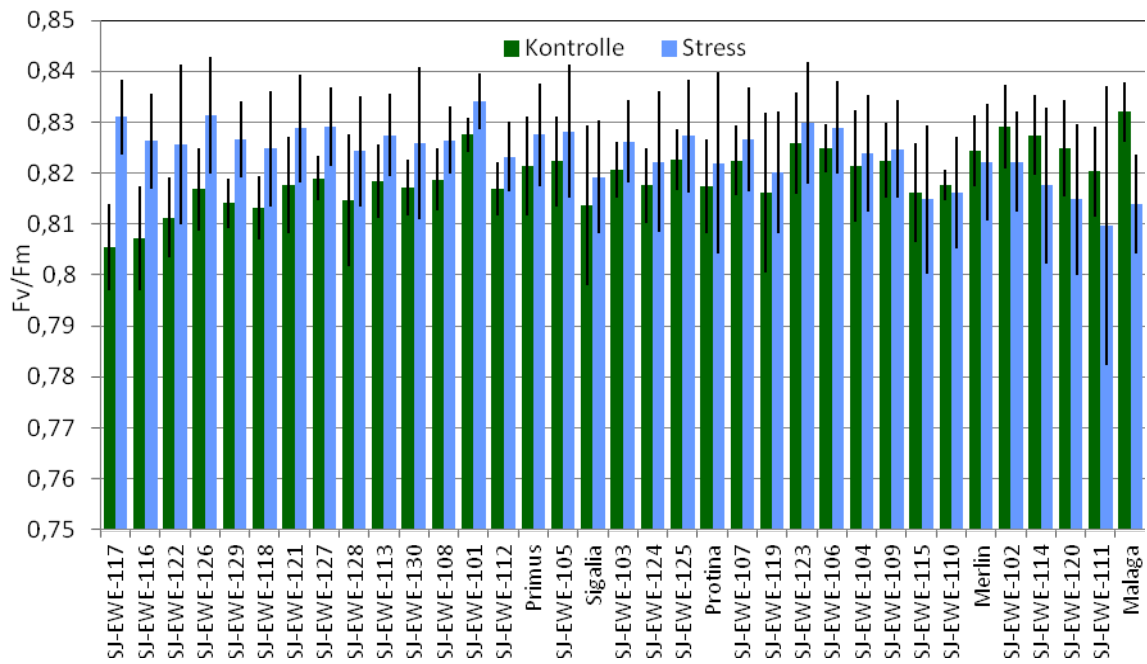
B: Gehalt an freiem Prolin in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,43, Stress 0,48)



C: Trockensubstanzgehalt in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 4,9, Stress 3,7)



D: SPAD Werte als indirektes Maß für den Chlorophyllgehalt in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 5,3, Stress 3,8)



E: Das variable Fluoreszenzverhältnis Fv/Fm in Blättern gestresster und nicht gestresster Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 3 Wochen nach Stressbeginn (LSD für $\alpha \leq 5\%$ Kontrolle 0,015, Stress 0,016)

10.2.4 Anhang Arbeitspaket 1c -4: Korrelationsmatrizen für die Jahre 2011-2013

Korrelationsmatrix für Hülsenansatz, Ertrag und potentielle indirekte Selektionskriterien für Sojasorten 2011

(K - Kontrolle, S – Kühlstress; HA1 – Hülsenansatz nach der Stressphase, HA2 Hülsenansatz zur Ernte; fett gedruckte Korrelationskoeffizienten signifikant für $\alpha \leq 5\%$)

Korrelationskoeffizient r	HA2-K	HA2-S	Ertrag-K	Ertrag-S	Reifeverz.	GLZ-K	GLZ-S	Prolin-K	Prolin-S	TS-K	TS-S	SPAD-K	SPAD-S	Fv/Fm-K	Fv/Fm-S
HA1-K	0.425		0.205			-0.270		-0.168		0.098		0.092		-0.007	
HA1-S		0.469		0.514	-0.406		-0.274		-0.214		0.298		0.176		0.260
HA2-K			0.723			-0.095		-0.178		0.128		0.189		0.140	
HA2-S				0.881	-0.489		0.153		-0.109		0.108		0.145		0.146
Ertrag-K						0.162		-0.214		0.443		-0.230		-0.072	
Ertrag-S					-0.331		0.186		-0.292		0.218		0.137		-0.030
Reifeverzögerung						0.072	-0.048	-0.152	-0.161	0.034	-0.093	-0.052	0.169	-0.115	-0.043
GLZ-K															
GLZ-S						0.260									
Prolin-K						0.132									
Prolin_S							0.307	0.191							
TS-K						0.307		-0.273							
TS-S							0.149		-0.296	0.537					
SPAD-K						-0.163		0.145		0.058					
SPAD-S							0.211		-0.070		0.313	0.733			
Fv/Fm-K						-0.215		0.148		-0.099		0.184			
Fv/Fm-S							-0.361		0.008		-0.037		0.367	0.149	

Korrelationsmatrix für Hülsenansatz, Ertrag und potentielle indirekte Selektionskriterien für Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 2012
(K - Kontrolle, S – Kühlstress; HA1 – Hülsenansatz nach der Stressphase, HA2 Hülsenansatz zur Ernte; fett gedruckte Korrelationskoeffizienten
signifikant für $\alpha \leq 5$)

Korrelations- koeffizient r	HA2- K	HA2- S	Ertrag- K	Ertrag- S	Reife- verz.	GLZ- K	GLZ- S	Prolin- K	Prolin- S	TS-K	TS-S	SPAD-K	SPAD-S	Fv/Fm-K	Fv/Fm-S
HA1-K	0.722		0.671			0.280		-0.160		0.601		0.250		-0.156	
HA1-S		0.380		0.444	-0.526		0.092		-0.350		0.339		0.577		-0.017
HA2-K			0.704			0.167		-0.418		0.586		0.247		0.249	
HA2-S				0.919	-0.303		0.225		-0.025		0.180		0.278		0.185
Ertrag-K						0.239		-0.325		0.567		-0.057		0.020	
Ertrag-S					-0.378		0.237		0.237		0.246		0.198		0.198
Reife- verzögerung						-0.032	-0.099	-0.149	-0.105	0.117	-0.065	0.306	-0.196	0.320	0.125
GLZ-K															
GLZ-S						0.379									
Prolin-K						0.088									
Prolin_S							0.360	0.018							
TS-K						0.408		-0.343							
TS-S							0.414		-0.150	0.506					
SPAD-K						-0.328		0.056		0.237					
SPAD-S							0.093		-0.465		0.397	0.333			
Fv/Fm-K						-0.266		-0.242		0.179		0.469			
Fv/Fm-S							-0.158		-0.237		0.285		0.398	0.171	

Korrelationsmatrix für Hülsenansatz, Ertrag und potentielle indirekte Selektionskriterien für Sojabohnenzuchtlinien und Standardsorten 2013
(K - Kontrolle, S – Kühlstress; HA1 – Hülsenansatz nach der Stressphase, HA2 Hülsenansatz zur Ernte; fett gedruckte Korrelationskoeffizienten
signifikant für $\alpha \leq 5\%$)

Korrelations- koeffizient r	HA2-K	HA2-S	Ertrag- K	Ertrag- S	Reife- verz.	GLZ-K	GLZ-S	Prolin- K	Prolin- S	TS-K	TS-S	SPAD-K	SPAD-S	Fv/Fm-K
HA1-K	0.626		0.516			-0.075		0.138		-0.131		-0.070		-0.18
HA1-S		0.617		0.612	-0.523		0.150		0.156		-0.026		0.381	
HA2-K			0.825			-0.047		0.079		0.341		-0.100		-0.38
HA2-S				0.931	-0.315		0.068		0.091		0.231		0.349	
Ertrag-K						0.177		-0.055		0.137		-0.235		-0.54
Ertrag-S					-0.369		0.054		0.054		0.203		0.381	
Reife- verzögerung						-0.027	-0.262	-0.327	-0.154	0.108	-0.028	0.000	-0.450	0.03
GLZ-K														
GLZ-S						0.174								
Prolin-K						0.129								
Prolin_S							0.291	0.509						
TS-K						0.244		-0.103						
TS-S							0.117	-0.201	0.480					
SPAD-K						-0.002		-0.019		0.182				
SPAD-S							0.320	0.027			0.373	0.386		
Fv/Fm-K						-0.164		-0.117		0.146		0.122		
Fv/Fm-S							0.123	0.186			-0.020		0.402	-0.17

10.3 Arbeitspaket 2

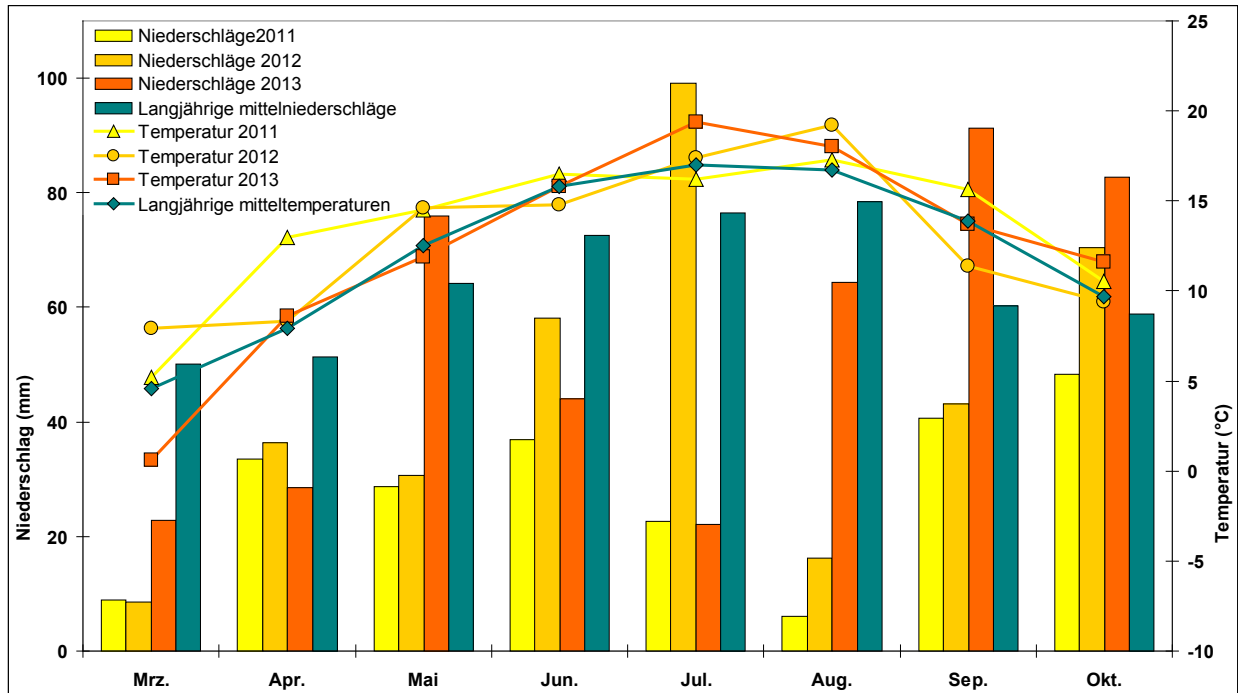


Abbildung 147: Wetterdaten an Standort Osnabrück im Vegetationszeitraum März bis Oktober, 2011 bis 2013 (langjährigen Mittelniederschläge / Mitteltemperaturen der Periode 1961 - 1991)

Tabelle 126: Bonituren in Prüfanbau Sorten (dreijährig), Standort Osnabrück 2011 bis 2013

Jahr	2011 ökologisch							2011 konventionell						
Sorte	BD	Anz. Körn.H ülse	HülsenA nsatz (cm)	TKM (g)	Anz. Hülsen/ Pflanze	Pflanzen Länge (cm)	Parz. Ertrag (dt/ha)	BD	Anz. Körn. Hülse	Hülsen Ansatz (cm)	TKM (g)	Anz. Hülsen/ Pflanze	Pflanzen Länge (cm)	Parz. Ertrag (dt/ha)
Bohemians	30	2,0	7,7	196,2	21,4	58,0	13,6	30	1,8	11,2	271,5	14,9	79,7	18,4
Merlin	34	1,9	8,1	216,4	24,9	66,9	20,5	31	1,8	10,4	229,8	20,4	86,7	27,2
Sultana	36	2,0	7,1	242,8	23,9	63,2	23,6	32	1,9	11,5	251,7	19,9	73,3	26,9
Aligator	30	2,1	8,7	257,0	22,7	66,7	21,3	32	1,9	12,8	259,2	15,1	79,2	22,0
Lissabon	35	2,1	9,4	240,3	19,3	65,0	19,5	31	2,1	10,6	271,4	17,4	72,0	31,6
Aveline	29	1,8	8,2	246,4	21,5	72,8	17,2	31	1,6	12,2	263,5	16,4	79,4	22,8
Gallec	31	2,0	8,5	247,2	22,2	63,9	18,7	34	2,1	12,3	252,7	20,2	82,6	27,3
Cordoba	35	1,9	10,8	264,3	17,3	73,7	21,7	32	1,9	12,7	261,2	16,0	87,1	22,2
Opaline	31	2,0	11,8	257,9	21,7	74,4	32,6	35	1,8	12,2	263,5	19,7	91,8	29,4
ES Mentor	40	2,1	7,5	270,6	19,7	66,9	28,7	39	1,9	10,7	275,3	16,7	73,5	31,9
Jahr	2012 ökologisch							2012 konventionell						
Bohemians	26	2,3	6,0	240,9	24,4	65,2	11,4	38	2,3	8,1	197,8	23,7	86,2	13,6
Merlin	40	2,1	5,9	182,1	25,9	68,7	22,8	53	1,8	13,3	166,4	21,0	101,3	16,9
Sultana	32	2,1	6,7	227,2	32,5	62,4	14,0	48	2,0	10,9	162,1	25,5	79,8	15,0
Aligator	24	2,1	6,6	241,8	31,5	63,3	13,6	36	1,9	11,6	194,4	22,5	97,9	14,4
Lissabon	38	2,4	8,1	199,6	26,5	74,0	17,9	39	2,2	10,5	181,3	25,9	83,9	18,5
Aveline	29	2,1	7,8	198,2	32,0	56,6	8,3	50	1,9	11,2	206,8	17,6	100,3	13,3
Gallec	33	2,6	6,3	197,8	29,0	45,2	13,9	49	2,2	11,0	188,9	21,0	96,2	17,2
Cordoba	13	2,1	6,7	222,2	29,6	45,8	6,0	34	2,0	11,4	200,9	23,0	91,0	12,6
Opaline	23	2,4	7,4	201,6	32,9	58,3	11,2	54	1,9	14,2	179,1	17,3	103,1	17,1
ES Mentor	23	2,1	6,8	230,2	27,6	48,1	9,8	45	2,0	8,9	216,7	19,0	88,2	18,0
Jahr	2013 ökologisch							2013 konventionell						
Bohemians	20	2,2	5,2	230,9	26,3	51,3	12,4	34	2,1	5,6	250,2	29,0	61,2	17,8
Merlin	31	2,3	6,2	183,9	27,3	55,2	19,8	39	2,0	8,3	181,9	29,6	72,8	18,4

Sultana	29	2,6	5,8	196,7	29,5	50,9	16,5	29	2,0	6,9	194,2	33,6	54,1	17,5
Aligator	28	2,4	6,6	215,2	25,3	52,4	13,7	33	2,1	7,9	229,8	29,0	66,2	19,1
Lissabon	26	2,3	5,6	189,5	28,3	56,0	12,6	32	2,0	8,9	201,6	30,0	72,0	20,5
Aveline	32	2,3	8,4	189,8	27,5	70,8	16,1	37	2,0	9,3	211,0	28,4	78,1	19,9
Gallec	30	2,5	5,7	217,2	27,0	60,4	17,7	38	2,0	8,9	210,9	27,2	72,2	24,1
Cordoba	21	2,1	6,2	199,9	31,0	60,0	16,4	32	2,1	10,6	207,9	29,7	78,5	23,1
Opaline	27	2,5	7,7	209,4	23,5	67,3	19,9	38	2,1	12,0	243,4	24,0	82,8	22,5
ES Mentor	26	2,7	6,0	229,0	25,8	59,6	14,8	40	2,1	9,3	239,1	28,3	76,4	24,0

Tabelle 127: Bonituren in Prüfanbau Sorten (zweijährig und einjährig), Standort Osnabrück 2011 bis 2013

Jahr	2011 ökologisch								2011 konventionell							
Sorte	BD	Anz. Körn.H ülse	Hülsen Ansatz. (cm)	TKM (g)	Anz. Hüls. Pflan.	Pflan Läng (cm)	Parz. Ertrag dt/ha	Exakt Ertrag dt/ha	BD	Anz. Körn. Hülse	Hülsen Ansatz. (cm)	TKM (g)	Anz. Hülsen Pflanze	Pflan Länge (cm)	Parz. Ertrag (dt/ha)	Exakt Ertrag dt/ha
Amandine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Augusta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aldana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solena	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sirelia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Protina	30	2,1	7,4	227,9	26,2	74,1	21,7	30,0	27	2,1	10,0	237,2	19,1	81,8	25,6	24,5
Klaxon	31	1,8	6,4	217,1	23,9	57,8	17,1	26,8	31	1,7	11,7	238,1	15,6	75,6	21,4	24,5
Petrina	30	1,7	9,5	250,1	18,0	68,7	16,4	24,2	28	1,6	12,3	246,0	11,6	77,1	14,6	14,7
Daccor	34	2,0	9,3	272,5	19,6	58,6	25,9	34,9	36	1,9	10,8	271,9	20,6	73,9	26,3	32,1
Jahr	2012 ökologisch								2012 konventionell							
Amandine	33	2,4	8,3	204,6	31,6	58,4	14,4	24,5	50	2,2	12,8	152,4	23,7	105,5	16,4	19,9
Augusta	38	2,2	5,8	146,4	29,8	45,3	18,1	23,8	53	1,8	13,5	137,3	22,0	87,5	18,1	23,5
Aldana	42	2,2	4,6	203,2	36,7	54,6	9,1	29,4	52	2,0	9,6	170,9	22,0	91,4	14,3	23,3
Solena	35	2,4	8,6	200,3	26,5	54,0	12,4	22,3	37	2,0	11,4	188,9	20,1	88,1	12,9	18,8
Sirelia	33	2,2	7,8	202,0	29,6	66,5	16,3	28,3	43	1,8	11,8	222,3	13,8	103,2	13,0	15,2
Protina	32	2,5	7,2	172,8	34,2	59,0	16,3	25,9	51	2,0	12,1	186,4	15,8	102,1	16,3	20,4
Klaxon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Petrina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Daccor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jahr	2013 ökologisch								2013 konventionell							
Amandine	24	2,9	7,3	176,1	31,7	67,5	17,7	24,3	35	2,2	10,2	180,2	25,4	80,6	21,8	28,2
Augusta	38	2,0	6,0	139,9	27,5	43,6	12,8	21,3	43	1,9	6,9	172,9	28,7	56,7	18,7	24,5
Aldana	32	2,0	4,6	215,2	18,5	44,0	9,4	20,0	47	1,8	5,8	202,7	23,8	56,4	20,4	24,9

Solena	27	2,3	6,7	196,7	30,0	54,1	12,8	28,4	38	1,9	10,3	234,2	29,4	70,5	18,6	28,9
Sirelia	23	2,1	6,5	198,1	28,3	63,6	17,2	25,3	31	2,1	10,8	236,5	28,7	81,0	20,6	28,6
Tourmaline	32	2,5	5,3	216,5	23,0	57,8	21,7	27,6	35	2,1	10,3	236,0	27,8	71,7	20,7	32,4
Protina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Klaxon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Petrina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Daccor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 128: Ergebnisse der Proteingehalt und Ölgehalt in Prüfanbau Sorten, Standort Osnabrück 2011 bis 2013

Jahr	2011 ökologisch		2011 konventionell	
Sorte	Proteingehalt (%)	Ölgehalt (%)	Proteingehalt (%)	Ölgehalt (%)
Bohemians	41,1	-	41,2	-
Merlin	42,0	-	42,3	-
Sultana	44,3	-	44,2	-
Aligator	41,5	-	41,4	-
Lissabon	40,9	-	41,4	-
Aveline	43,6	-	43,8	-
Gallec	42,1	-	43,1	-
Cordoba	39,5	-	40,7	-
Opaline	41,2	-	41,3	-
ES Mentor	43,7	-	44,7	-
Protina	47,0	-	47,3	-
Klaxon	41,8	-	42,8	-
Petrina	42,2	-	42,8	-
Daccor	43,9	-	44,6	-
Jahr	2012 ökologisch		2012 konventionell	
Amandine	40,1	19,2	40,8	19
Augusta	38,5	18,8	38,3	18,9
Aldana	38,9	19,0	37,8	19,1
Solena	38,3	18,7	38,8	18,7
Sirelia	36,7	19,6	38,6	18,9
Protina	41,8	17,5	46,0	17,1
Jahr	2013 ökologisch		2013 konventionell	
Amandine	36,8	20,4	39,8	18,8
Augusta	34,4	20,2	40,5	17,5
Aldana	38,5	19	37,9	19,5
Solena	37,6	19,3	41,4	17,4
Sirelia	36,7	19,9	40,6	17,9
Tourmaline	36,8	20,1	39,4	17,9

Tabelle 129: Ergebnisse Bodenanalyse (Nmin Bodenschicht 0 - 30 cm) in Prüfanbau Sorten, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013

N min 0-30 cm	Ökologisch 2011		Ökologisch 2012		Ökologisch 2013	
	Aussaat	Ernte	Aussaat	Ernte	Aussaat	Ernte
Sultana	48,9	16,8	99,3	27,5	52,0	15,0
Protina	54,3	15,0	56,1	15,6	-	-
Tourmaline	-	-	-	-	46,6	13,3
Gallec	59,9	16,6	63,0	19,7	52,7	16,1
Es Mentor	48,4	15,1	73,6	17,6	52,5	14,5
Aveline	49,5	15,4	65,2	19,5	49,0	8,2

Tabelle 130: Ergebnisse Bodenanalyse (Nmin Bodenschicht 0 - 30 cm) konventionell in Prüfanbau Sorten, Standort Osnabrück 2011 bis 2013

N min 0-30 cm	Konventionell 2011		Konventionell 2012		Konventionell 2013	
	Aussaat	Ernte	Aussaat	Ernte	Aussaat	Ernte
Sultana	56,9	17,5	81,8	20,3	67,2	17,8
Protina	54,0	22,0	56,8	31,0	-	-
Tourmaline	-	-	-	-	57,9	16,0
Gallec	56,8	18,8	71,7	20,6	62,3	14,6
Es Mentor	54,2	20,9	75,2	30,3	62,1	19,4
Aveline	53,9	19,3	86,3	32,2	62,5	17,6

10.4 Anhang zu den deutschlandweiten Sortenversuchen- AP2

10.4.1 Übersicht über die Ergebnisse der Standorte aus Region 1

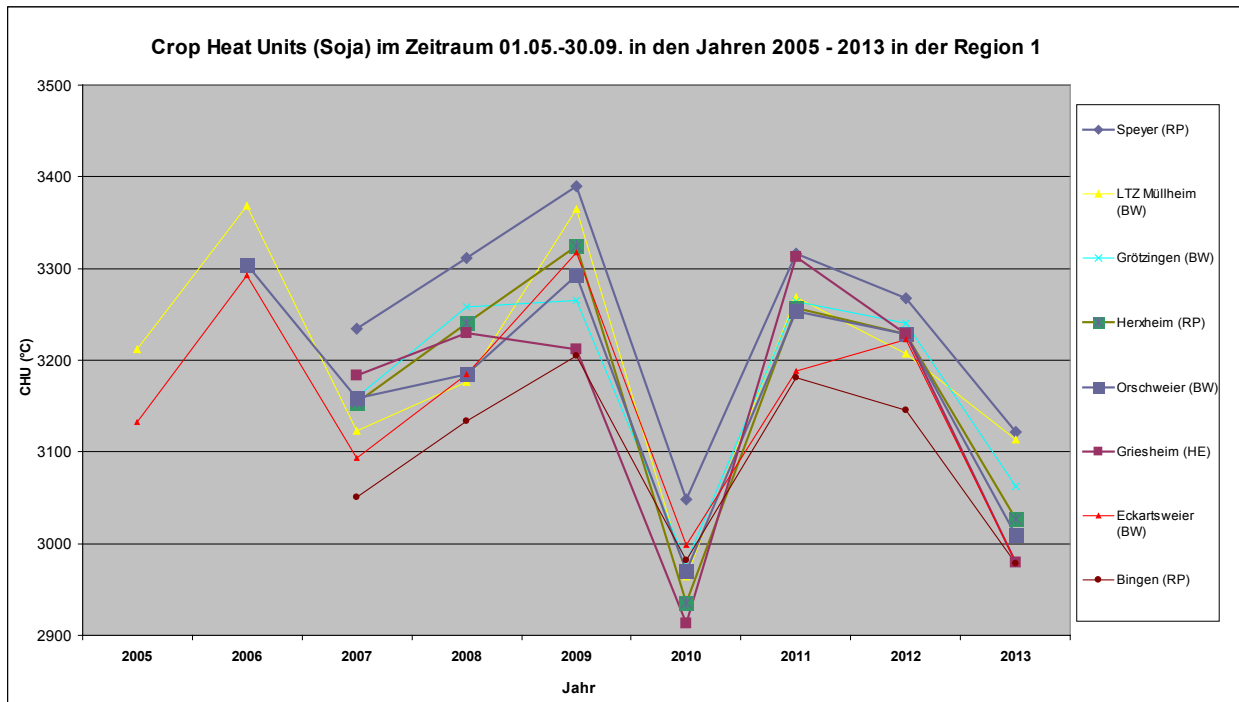


Abbildung 148: Crop Heat Units an den Standorten der Region 1

Tabelle 131: Standortbeschreibung Orschweier

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	sL		
Ackerzahl	85		
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,5		
Ø Jahresniederschlag (mm)	827		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	166		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)	0	0	0
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	48	51	32
Bodenuntersuchungsdatum	02.11.2010	15.09.2011	15.09.2012
pH	6,1	5,3	6,4
Humus (%)	schwach humos	schwach humos	schwach humos
Gehaltsklasse P	C (16)	C (18)	C (17)
Gehaltsklasse K	D (27)	D (31)	C (21)
Gehaltsklasse Mg	D (15)	B (5)	D (18)

Tabelle 132: Versuchsergebnisse Orschweier

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	26.04. – 29.09.	04.05. – 04.10.	08.05. – 02.10.
Unkrautregulierung	30.04.: 2,0 l/ha Stomp Aqua	04.05.: 2,0 kg/ha Artist	10.05.: 2,0 l/ha Stomp Aqua + 1,0 l/ha Spectrum
PS sonst			
Vorfrucht	Hafer	Hafer	Hafer
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	80	65	65
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	15	30	30
CHU Mai-September	3253	3228	3009
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	38,9	42,4	34,8
Ertrag min.-max. (dt)	29,0 – 46,2	36,2 – 50,4	29,6 – 38,8

Tabelle 133: Daten vom Standort Orschweier

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
3-jährig						
ES Mentor	42,9	111		43,0	15,9	3,4
Sultana	42,0	108		43,1	15,6	3,9
Flavia	41,5	107		40,8	14,5	5,9
Naya	41,0	106		42,9	15,1	3,2
Suedina	38,9	100		42,7	14,2	4,7
Kassidy	38,9	101		44,7	14,9	4,3
Primus	36,2	94		45,8	14,3	4,3
Merlin	35,6	92		41,4	12,7	4,6
Mittelwert	39,6	102		43,0	14,7	4,3
2-jährig						
PZO Silvia	43,4	112		38,2	14,2	3,5
OAC-Wallace	43,2	107		39,0	14,5	6,4
Korus	41,0	106		44,2	15,6	2,0
Solena	40,1	104		41,1	14,2	4,0
Sinara	41,1	101		41,3	14,6	5,9
Malaga	40,6	100		41,2	14,4	5,3
Cordoba	40,2	99		40,1	13,8	7,0
Pollux	36,9	96		39,6	12,6	4,5
Opaline	36,9	96		38,0	12,0	5,0
Capnor	37,9	94		40,5	13,2	6,6
Amandine	36,1	93		40,3	12,5	4,5
Mittelwert	39,8	101		40,3	13,8	5,0

Tabelle 134: Standortbeschreibung Müllheim

	2011	2012	2013
Gewinn	Wasserloch		
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	uL		
Ackerzahl	81		
Jahresmitteltemperatur (°C)	11,1		
Ø Jahresniederschlag (mm)	675		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	224		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)	0	0	0
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	14	21	
Bodenuntersuchungsdatum	17.02.2011	17.02.2011	25.04.2013
pH	6,6	6,2	6,2
Humus (%)	1,7	1,9	1,7
Gehaltsklasse P	C (10)	B (8)	B (9)
Gehaltsklasse K	C (19)	C (15)	C (21)
Gehaltsklasse Mg	C (10)	C (10)	C (11)

Tabelle 135: Versuchsergebnisse Müllheim

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	23.04. – 16.09.	27.04.. – 18.09./05.10.	08.05. – 28.09.
Unkrautregulierung	28.04.: 1,0 l/ha Spectrum	30.04.: 2,0 kg/ha Artist + 0,2 l/ha Centium	10.05.: 1,5 kg/ha Artist + 0,2 l/ha Centium
	24. + 30.05.: 7,5 g/ha Harmony SX 0,3 l/ha Trend 1,0 l/ha Basagran		
PS sonst			
Vorfrucht	Körnermais	Körnermais	Hafer
Impfung	HiStick	HiStick	HiStick
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	65	65
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	28,5	28,5	28,5
CHU Mai-September	3269	3207	3114
Bemerkungen		Herbizidschäden	Herbizidschäden

Ø Ertrag (dt/ha 86%)	45,5	42,6	36,0
Ertrag min.-max. (dt)	37,4 – 52,2	37,7 – 50,1	28,8 – 42,5

Tabelle 136: Daten vom Standort Müllheim konventionell

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
3-jährig							
Flavia	44,4	108		41,4	15,85	6,1	15. Sep.
Sultana	43,3	105		41,8	15,62	2,8	6. Sep.
Naya	41,8	102		43,0	15,45	2,8	12. Sep.
Merlin	41,4	100		41,1	14,64	4,5	3. Sep.
Suedina	40,8	99		43,4	15,25	4,3	13. Sep.
Kassidy	40,2	97		45,0	15,59	5,3	13. Sep.
Primus	39,8	97		46,8	16,03	6,0	11. Sep.
Mittelwert	41,7	101		43,2	15,5	4,5	
2-jährig							
PZO Silvia	45,3	115		38,7	15,1	5,3	17. Sep.
Opaline	43,0	110		39,2	14,5	4,4	17. Sep.
Sinara	48,1	109		43,6	18,0	6,4	7. Sep.
OAC-Wallace	47,4	108		40,4	16,5	4,6	7. Sep.
Cordoba	46,1	104		40,4	16,0	7,6	5. Sep.
Malaga	45,3	103		41,2	16,1	6,4	7. Sep.
Capnor	45,1	102		41,6	16,1	7,9	30. Aug.
Solena	39,7	101		42,3	14,5	6,8	16. Sep.
Korus	39,4	100		46,1	15,6	2,5	18. Sep.
Pollux	39,2	100		40,0	13,5	6,6	18. Sep.
Amandine	37,5	96		41,2	13,3	3,5	17. Sep.
Mittelwert	43,3	104		41,3	15,4	5,6	

Tabelle 137: Daten vom Standort Müllheim öko

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
3-jährig							
ES Mentor	44,8	109		43,0	16,58	2,8	13. Sep.
Lissabon	44,4	108		41,4	15,79	4,6	10. Sep.
Primus	41,6	101		46,1	16,47	4,8	11. Sep.
Cordoba	38,9	95		40,8	13,66	5,4	10. Sep.
Merlin	38,4	94		41,0	13,56	5,4	30. Aug.
Mittelwert	41,6	101		42,5	15,2	4,6	
2-jährige							
Protina	38,7	93		48,2	16,0	6,4	31. Aug.

Tabelle 138: Standortbeschreibung Grötzingen

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Öko		
Bodenart	sL		
Ackerzahl	60		
Jahresmitteltemperatur (°C)	10,1		
Ø Jahresniederschlag (mm)	750		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	120		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)	0	0	0
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			40
Bodenuntersuchungsdatum	30.09.2009	30.09.2009	15.03.2013
pH	7,3	7,3	7,1
Humus (%)	2,9	2,9	humos
Gehaltsklasse P	D (21)	D (21)	D (23)
Gehaltsklasse K	B (10)	B (10)	B (7)
Gehaltsklasse Mg	C (11)	C (11)	C (12)

Tabelle 139: Versuchsergebnisse Grötzingen

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	21.04. – 14.09.	27.04.. – 11.09.	08.05. – 28.09.
Unkrautregulierung	03.05./18.5. Handhacke/Jäten	30.4. Striegeln 25.5./15.6./10.7. Handhacke/Jäten	21.6./28.6./9.7. Handhacke/Jäten
PS sonst			
Vorfrucht	Körnermais	Körnermais	Körnermais
Impfung			
Saatstärke (kf. K./m²)	70	70	70
Bestand-dichte (P/m²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	25	25	30
CHU Mai-September	3264	3240	3063
Bemerkungen	durch trockenes Frühjahr und schnell schließenden Bestand relativ wenig Aufwand bei Unkrautregulierung	Blindstriegeln brachte nicht das gewünschte Ergebnis. Problem mit Ackerwinde	Keine Maschinenhacke möglich wegen Nässe
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	43,2	36,3	40,3
Ertrag min.-max. (dt)	39,8 – 50,6	32,5 – 39,8	30,3 – 47,8

Tabelle 140: Daten vom Standort Eckartsweier

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
2-jährig						
Petrina	52,7	123		42,4	19,14	4,0
ES Mentor	49,1	118		43,4	18,33	2,0
Capnor	48,7	110		39,9	16,56	7,0
Flavia	48,1	115		41,3	17,07	4,0
Suedina	47,4	111		42,9	17,43	5,0
Opaline	46,8	111		39,9	16,02	6,0
Sigalia	46,5	111		42,1	16,84	5,0
OAC-Erin	46,2	108		40,0	15,90	9,0
Gallec	46,1	108		41,8	16,43	3,0
Kassidy	45,8	108		45,5	17,89	5,0
Cardiff	45,4	107		43,5	16,94	5,0
OAC-Wallace	45,3	109		39,4	15,33	8,0
Cordoba	45,2	107		40,6	15,74	6,5
Sultana	45,1	106		42,3	16,41	4,0
Color	44,3	105		43,7	16,57	4,0
Lissabon	44,3	105		42,3	16,06	6,0
Malaga	44,2	104		40,9	15,51	4,0
London	43,2	103		40,5	15,01	2,0
Sinara	43,2	104		41,4	15,37	7,0
Sevilla	41,8	99		42,7	15,32	2,0
Alma Ata	41,2	97		43,5	15,36	2,0
Nova	40,8	96		44,7	15,63	6,0
Protina	40,0	96		47,3	16,24	5,0
Primus	39,8	94		45,2	15,46	3,0
Merlin	37,7	89		40,4	13,12	5,0
Josefine	37,5	90		41,1	13,24	7,0
Aligator	35,5	85		40,7	12,41	1,0
Aveline	34,9	81		43,0	12,81	5,0
Proteix	32,8	75		43,8	12,36	5,0
Aldana	32,1	73		41,7	11,38	1,0
Paradis	30,8	72		42,7	11,29	1,0
Mittelwert	42,7	101		42,3	15,5	4,5

Tabelle 141: Standortbeschreibung Giesheim

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage		Blockanlage	
Wiederholungen		4	
Bewirtschaftungssystem		Konv.	
Bodenart		tL	
Ackerzahl		55	
Jahresmitteltemperatur (°C)		9,8	
Ø Jahresniederschlag (mm)		550	
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)		100	
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)		97	34
Bodenuntersuchungsdatum			05.03.13
pH		7,6	7,7
Humus (%)		schwach humos	schwach humos
Gehaltsklasse P		D (21)	C (16)
Gehaltsklasse K		B (20)	A (10)
Gehaltsklasse Mg		B (9)	B (7)

Tabelle 142: Versuchsergebnisse Griesheim

	2011	2012	2013
Saat - Ernte		23.04. – 20.09.	18.04. – 01.10.
Unkrautregulierung		27.04.: 0,2l/ha Centium + 2,0 kg/ha Artist	25.04.: 2,0 kg/ha Artist +0,2l/ha Centium + 3,0 l/ha Roundup Ultra Max
PS sonst			
Vorfrucht		Erbsen	Kartoffeln
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)		65	60
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)		12,5	12,5
CHU Mai-September		3228	2980
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)		27,3	22,0
Ertrag min.-max. (dt)		23,7 - 31,1	17,3 - 30,0

Tabelle 143: Daten vom Standort Griesheim

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
2-jährig						
ES Mentor	28,4	115		41,7	10,20	1,0
OAC-Wallace	27,4	112		37,4	8,80	2,0
Opaline	26,3	105		37,7	8,63	3,3
Cordoba	26,0	106		36,9	8,27	4,4
Pollux	25,3	102		38,6	8,39	2,0
Solena	24,1	97		39,4	8,15	2,0
Primus	23,8	97		41,2	8,45	1,5
Lissabon	23,8	95		36,9	7,52	1,5
Sultana	23,7	95		41,0	8,38	2,5
Merlin	22,3	89		38,7	7,36	1,5
Amandine	21,4	87		40,3	7,44	1,9
Aligator	21,3	86		39,4	7,23	1,5
Mittel	24,5	99		39,1	8,23	2,1

Tabelle 144: Daten vom Standort Herxheim

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
2-jährig (2012+2013)						
PZO Silvia	33,2	118		34,1	9,76	1,0
ES Mentor	31,7	113		40,2	11,01	1,0
Pollux	30,3	108		37,1	9,68	1,0
Opaline	29,3	105		34,6	8,70	1,1
OAC-Wallace	28,8	104		34,6	8,49	1,5
Cordoba	27,3	98		35,8	8,43	2,0
Sultana	26,0	93		38,4	8,58	1,5
Lissabon	25,8	92		34,4	7,63	1,4
Primus	23,2	83		41,5	8,26	2,6
Merlin	22,9	79		35,5	7,14	1,0
Mittel	27,8	99		36,6	8,77	1,4

Tabelle 145: Daten vom Standort Speyer (2012)

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
Amandine	21,8	78		40,4	7,57	1,0	18.08.2012
Capnor	30,7	110		37,3	9,85	1,3	16.08.2012
Cordoba	31,0	111		35,3	9,41	1,0	19.08.2012
Lissabon	30,4	109		39,0	10,20	1,0	19.08.2012
Merlin	28,0	100		38,9	9,37	1,0	16.08.2012
OAC-Wallace	25,5	91		39,7	8,71	1,3	21.08.2012
Opaline	30,8	110		36,8	9,75	1,0	21.08.2012
Pollux	30,7	110		41,0	10,82	1,0	20.08.2012
PZO Silvia	28,7	103		38,9	9,60	1,3	21.08.2012
Sultana	22,0	79		40,5	7,66	1,3	19.08.2012
Mittelwert	28,0	100		38,8	9,29	1,1	

Tabelle 146: Standortbeschreibung Bingen

	2011	2012	2013
Gewinn	Büdesheim	Büdesheim	Büdesheim
Versuchsanlage	Spalt, 2 Faktoren		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	sL		
Ackerzahl	64		
Jahresmitteltemperatur (°C)	10,9 (2001-2010)		
Ø Jahresniederschlag (mm)	499 (2001-2010)		
Jahresniederschlag (mm) ist		362 Jan-Sep	293 Apr-Sep
Höhe über NN (m)	78		
Nutzbare Feldkapazität (mm)	200		
Durchwurzelbarkeit	100 cm		
Beregnung (mm)	0/ 6x E Jun-A Aug	0/220 18.07.-17.08.	0/280 02.07.–13.08.
Klimat. Wasserbilanz (mm)	-246	-251 (Jun-Sep)	-160 (Apr-Sep)
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	41 (0-60 cm)	67 (0-90)	25 (0-60)
Bodenuntersuchungsdatum	März 2011	März 2012	März 2013
pH	6,5		6,5 (C)
Humus (%)	2		2
Gehaltsklasse P	C (19)		D (27)
Gehaltsklasse K	C (16)		D (26)
Gehaltsklasse Mg	D (11)		C (10)

Tabelle 147: Versuchsergebnisse Bingen

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	14.04. – 28.09.	20.04. – 01.10.	17.04. – 02.10.
Unkrautregulierung	18.04.: 1,5 l/ha Stomp aq.	21.04.: 1,5 l/ha Stomp a.	18.04.: 1 l/ha Stomp
	11.5.: 0,5 l/ha Raptor 40 +0,5 l/ha Dash	11.05.: 0,75 l/ha Amplo	25.5.: 0,75 l Amplo + 1,0 l/ha Oleo
PS sonst	Basta 2,5 l/ha 2 W.v.Ernte		
Vorfrucht	WW	SW/WRa-Zwifru abgesp. 01.04. 3,0 l/ha Roundup	WG
Impfung	HiStick	HiStick	HiStick
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	65	65	65
Bestand-dichte (P/m ²)	70	30,5	20-26
Saattiefe (cm)	4-5	3	3
Reihenabstand (cm)	15	15	15
CHU Mai-September			
Bemerkungen	BB nichtwendend, RiGülle		
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	22,0 / 40,5	16,3 / 33,9	21,8 / 52,0
Ertrag min.-max. (dt)	12,5-28,6 / 22,6-51,4	13,1-18,3 / 25,8-40,6	12,4-28,6 / 41,4-61,8

NA-Herbizide: Raptor: 20 g/ha Imazamox (700 g/kg)

Amplo = 28 g/l Imazamox + 600 g/l Bentazon

Tabelle 148: Daten vom Standort Bingen ohne Bewässerung

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
3-jährig						
ES Mentor	24,8	122		40,9	8,66	1,0
Sinara	24,6	121		38,2	8,00	1,0
Suedina	24,1	119		39,0	8,10	1,0
OAC-Wallace	24,1	119		37,2	7,68	1,1
Kassidy	20,9	104		40,6	7,27	1,0
Flavia	20,6	103		38,3	6,77	1,1
Lissabon	20,6	103		37,9	6,67	1,4
Aligator	20,0	99		38,3	6,56	1,3
Merlin	19,2	97		38,1	6,32	1,4
Malaga	18,7	95		37,4	6,03	1,4
Primus	18,5	92		40,7	6,52	1,3
Petrina	18,4	92		38,6	6,10	1,5
Cordoba	17,9	89		36,8	5,65	1,9
Sultana	17,5	88		39,0	5,85	1,3
Bohemians	14,5	74		38,3	4,75	1,1
Mittelwert	20,3	101		38,6	6,73	1,2
2-jährig						
Capnor	20,0	105		36,3	6,20	1,6

Tabelle 149: Daten vom Standort Bingen mit Bewässerung

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
3-jährig						
ES Mentor	50,3	119		41,3	17,88	1,1
Sinara	49,0	117		38,8	16,45	1,8
Aligator	45,6	106		38,0	15,03	2,4
Suedina	44,9	107		41,0	15,91	1,3
Flavia	42,9	102		38,5	14,29	2,1
Sultana	42,6	101		40,2	14,74	1,6
Petrina	41,9	99		39,0	14,20	3,3
Kassidy	41,5	100		42,1	15,04	1,6
Primus	41,4	98		43,5	15,59	2,0
Merlin	41,3	98		38,3	13,72	1,5
Malaga	41,0	98		36,9	13,13	2,0
OAC-Wallace	40,9	97		36,8	13,02	1,9
Lissabon	39,7	95		38,4	13,26	2,0
Cordoba	39,0	91		37,2	12,64	2,8
Bohemians	31,2	74		37,2	10,10	1,8
Mittelwert	42	100		39,1	14,33	1,93
2-jährig						
Capnor	41,8	112		36,0	12,91	2,6

Tabelle 150: Dreijähriger Relativertrag auf den Standorten der Region 1

Sorte	Orschweier	Müllheim konv.	Müllheim bio	Grötzingen	Bingen ohne Bewässerung	Bingen mit Bewässerung	Mittelwert der Sorten Anzahl Standorte			
							4	4	5	6
3-jährig										
Aligator					99	106				
Bohemians					74	74				
Cordoba			95	91	89	91		92		
ES Mentor	111		109	111	122	119			114	
Flavia	107	108			103	102	105			
Kassidy	101	97			104	100	101			
Lissabon			108	88	103	95		99		
Malaga					95	98				
Merlin	92	100	94	90	97	98				95
Naya	106	102								
OAC-Wallace					119	97				
Petrina					92	99				
Primus	94	97	101	109	92	98				99
Sinara					121	117				
Suedina	100	99			119	107	106			
Sultana	108	105			88	101	100			
Mittelwert abs.	39,6	41,7	41,6	39,2	20,3	42,2	36,0	35,8	36,6	37,4

Tabelle 151: Sortenerträge (bei 86% TM) über alle Standorte der Region 1

Region 1	2011				2012				2013				Ø d. Jahre 2011 - 2013 n = 25			
	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min
Merlin	35,8	7	45,8	18,3	33,9	10	43,5	18,1	30,1	8	50,9	11,0	33,2	25	50,9	11,0
Primus	36,3	7	44,3	21,3	33,7	9	46,2	14,6	34,9	8	50,9	19,5	34,9	24	50,9	14,6
Cordoba	38,2	7	49,4	20,3	33,5	10	51,1	13,7	32,4	6	52,8	19,8	34,7	23	52,8	13,7
ES Mentor	46,9	7	54,4	31,8	36,5	8	51,0	16,9	38,7	7	60,7	25,8	40,5	22	60,7	16,9
Lissabon	38,4	7	45,2	23,3	33,5	8	50,1	18,2	31,0	6	49,4	19,1	34,4	21	50,1	18,2
Sultana	40,5	5	48,5	22,3	33,5	8	52,9	14,9	29,5	6	49,3	15,3	34,1	19	52,9	14,9
OAC-Wallace	40,4	5	46,5	27,3	33,3	8	48,3	16,5	34,0	4	48,8	27,1	35,6	17	48,8	16,5
Kassidy	36,7	5	42,9	23,3	39,1	5	52,7	17,2	31,6	6	44,8	22,2	35,5	16	52,7	17,2
Flavia	40,2	5	50,1	22,8	38,3	5	50,9	17,1	38,1	4	51,9	21,9	38,9	14	51,9	17,1
Suedina	38,1	5	44,0	28,3	39,0	5	55,2	17,3	38,8	4	54,8	26,8	38,7	14	55,2	17,3
Capnor	37,8	5	50,9	21,7	35,9	8	69,3	18,3					36,6	13	69,3	18,3
Aligator	37,2	5	45,3	24,5	26,7	4	37,6	14,8	33,2	4	61,8	18,0	32,7	13	61,8	14,8
Sinara	42,5	5	52,2	28,6	37,2	5	44,0	17,1	43,6	2	59,0	28,2	40,5	12	59,0	17,1
Solena					38,8	6	60,2	18,2	35,5	6	47,2	21,1	37,2	12	60,2	18,2
Malaga	36,3	5	47,3	17,3	37,6	5	50,1	17,6	34,8	2	48,4	21,2	36,6	12	50,1	17,3
Opaline	40,1	1	40,1	40,1	37,8	6	53,6	30,5	32,0	4	42,5	21,4	35,9	11	53,6	21,4
Petrina	38,4	5	46,7	21,9	36,5	3	63,0	14,8	35,1	2	51,6	18,7	37,2	10	63,0	14,8
Pollux					37,8	6	54,6	29,0	30,4	4	36,4	21,6	34,9	10	54,6	21,6
Naya	41,4	2	42,7	40,2	41,0	5	62,7	15,7	39,6	2	41,3	37,9	40,8	9	62,7	15,7
Protina	35,1	5	40,6	20,0	37,4	4	42,6	27,8					36,2	9	42,6	20,0
Bohemians	28,1	5	37,4	15,1	20,8	2	25,8	15,9	26,9	2	41,4	12,4	26,3	9	41,4	12,4
Korus					47,4	3	54,0	43,0	36,1	5	43,2	24,8	40,3	8	54,0	24,8
PZO Silvia					41,9	5	50,4	28,7	35,9	3	40,6	30,8	39,6	8	50,4	28,7
Amandine					36,2	5	55,4	21,8	28,8	3	36,6	19,1	33,4	8	55,4	19,1
Sevilla	35,0	5	42,1	20,8	47,1	1	47,1	47,1					37,0	6	47,1	20,8
Nova	28,5	5	40,5	14,3	46,5	1	46,5	46,5					31,5	6	46,5	14,3
Sirelia					62,9	1	62,9	62,9	37,5	4	57,5	25,2	42,6	5	62,9	25,2
Daccor	34,6	5	44,9	17,5									34,6	5	44,9	17,5
SY Eliot									38,3	4	50,5	23,2	38,3	4	50,5	23,2
Protibus									34,7	4	41,5	29,6	34,7	4	41,5	29,6
Tourmaline									34,6	4	52,2	20,8	34,6	4	52,2	20,8

Region 1	2011				2012				2013				Ø d. Jahre 2011 - 2013 n = 25			
	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min
Proteix	22,3	1	22,3	22,3	28,4	3	43,2	13,1					26,9	4	43,2	13,1
ES Senator									23,9	4	29,6	17,2	23,9	4	29,6	17,2
Kamichis					41,8	3	49,5	37,7					41,8	3	49,5	37,7
Gallec	37,1	1	37,1	37,1	40,2	2	55,1	25,3					39,1	3	55,1	25,3
Sigalia	43,0	1	43,0	43,0	50,1	1	50,1	50,1					46,5	2	50,1	43,0
OAC-Erin	36,8	1	36,8	36,8	55,6	1	55,6	55,6					46,2	2	55,6	36,8
Cardiff	38,5	1	38,5	38,5	52,3	1	52,3	52,3					45,4	2	52,3	38,5
Color	38,3	1	38,3	38,3	50,3	1	50,3	50,3					44,3	2	50,3	38,3
London	38,6	1	38,6	38,6	47,8	1	47,8	47,8					43,2	2	47,8	38,6
Alma Ata	33,7	1	33,7	33,7	48,7	1	48,7	48,7					41,2	2	48,7	33,7
Josefine	36,2	1	36,2	36,2	38,9	1	38,9	38,9					37,5	2	38,9	36,2
Champion PZO	38,5	1	38,5	38,5	36,1	1	36,1	36,1					37,3	2	38,5	36,1
SY Livius									35,0	2	38,0	32,1	35,0	2	38,0	32,1
Aveline	26,7	1	26,7	26,7	43,1	1	43,1	43,1					34,9	2	43,1	26,7
Herode									33,4	2	35,9	30,9	33,4	2	35,9	30,9
Herta PZO									32,8	2	33,0	32,7	32,8	2	33,0	32,7
Falbala									32,6	2	33,4	31,8	32,6	2	33,4	31,8
Aldana	19,6	1	19,6	19,6	44,7	1	44,7	44,7					32,1	2	44,7	19,6
Paradis	24,4	1	24,4	24,4	37,3	1	37,3	37,3					30,8	2	37,3	24,4
Laurentiana					51,7	1	51,7	51,7					51,7	1	51,7	51,7
Brunensis					50,9	1	50,9	50,9					50,9	1	50,9	50,9
Lotus					46,6	1	46,6	46,6					46,6	1	46,6	46,6
Augusta					45,7	1	45,7	45,7					45,7	1	45,7	45,7
Silesia					44,7	1	44,7	44,7					44,7	1	44,7	44,7
Klaxon					41,9	1	41,9	41,9					41,9	1	41,9	41,9
Padua					35,3	1	35,3	35,3					35,3	1	35,3	35,3
Annushka					23,0	1	23,0	23,0					23,0	1	23,0	23,0
Mittel d. Standorte	38,3	7	45,5	22,0	34,7	10	48,7	16,3	34,1	8	52,0	21,8	35,5	25	52,0	16,3

10.5 Übersicht über die Ergebnisse der Standorte aus Region 2

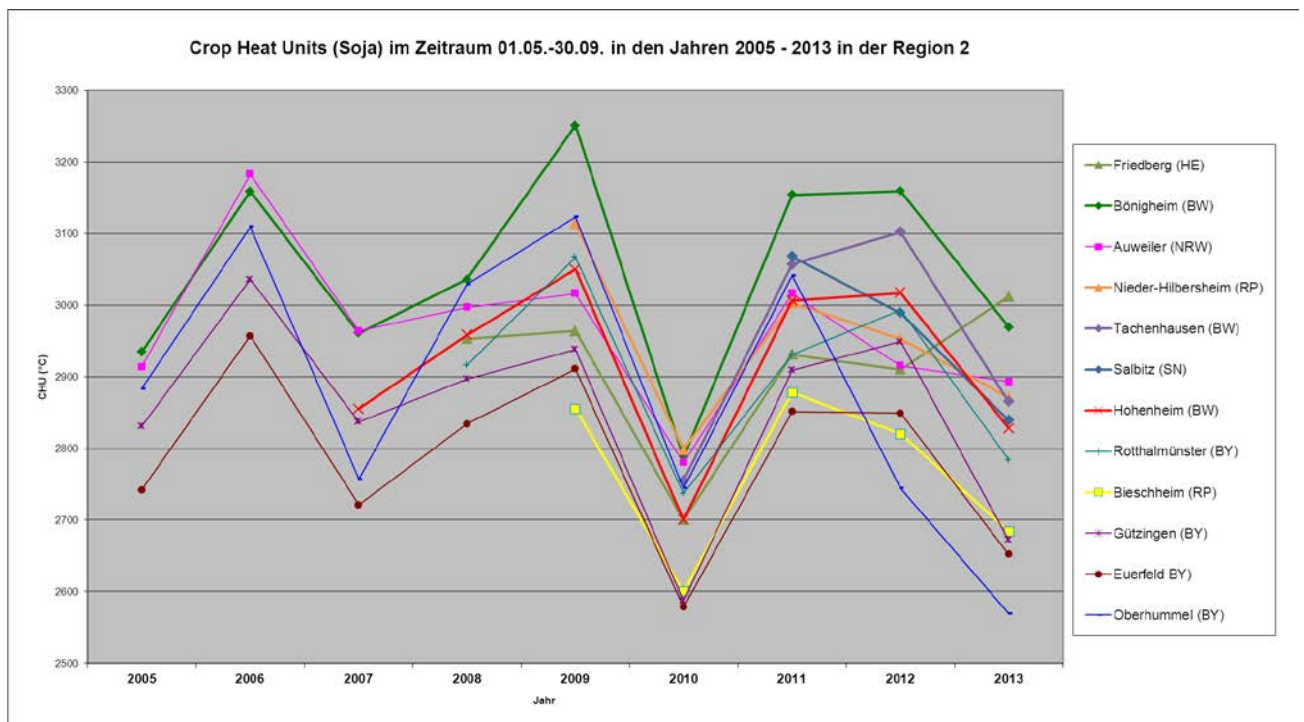


Abbildung 149: Crop Heat Units an den Standorten der Region 2

Tabelle 152: Standortbeschreibung Tachenhausen

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	L		
Ackerzahl	65		
Jahresmitteltemperatur (°C)	10,0		
Ø Jahresniederschlag (mm)	826		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	360		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	40		
Bodenuntersuchungsdatum			
pH	7,1	6,4	
Humus (%)		1,6	
Gehaltsklasse P	C (20)	D (22)	
Gehaltsklasse K	E (39)	C (19)	
Gehaltsklasse Mg	B (6)	C (8)	

Tabelle 153: Versuchsergebnisse Tachenhausen

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	15.04. – 04.10.2011	28.04. – 19.10.2012	26.04. – 02.10.2013
Unkrautregulierung	18.05.: Hacke 19.05. + 20.06.: Handhacke	22.05.: Hacke 24.05. + 19.06.: Handhacke	1 x Hacke 4 x Handhacke
PS sonst			
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	
Impfung	HiStick	HiStick	
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)			
Bestand-dichte (P/m ²)		65	65
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)		31	31
CHU Mai-September	3057	3102	2865
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	49,9	37,8	35,2
Ertrag min.-max. (dt)	37,6 – 56,7	28,3 – 44,6	27,7 – 42,8

Tabelle 154: Ergebnisse vom Standort Tachenhausen

Sorte	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
3-jährig					
ES Mentor	47,5	116		42,5	17,48
Sigalia	44,3	107		41,8	16,11
Opaline	42,9	104		38,1	14,19
Sultana	42,0	103		41,0	14,87
Aligator	41,2	100		40,1	14,30
Cordoba	40,5	99		38,1	13,41
Lissabon	40,3	98		39,4	13,72
Primus	38,9	95		44,5	14,99
Merlin	37,9	92		39,9	13,02
Mittel	41,7	102		40,6	14,68
2-jährig					
Proteix	38,9	107		41,4	13,87
Petrina	44,6	101		41,6	16,02
Malaga	36,5	100		38,2	12,05
Protina	42,8	98		46,8	17,27
Kassidy	35,6	98		42,5	13,00
Gallec	32,4	89		39,0	10,82
Aveline	34,6	78		43,6	12,97
Mittel	37,9	96		41,9	13,7

Tabelle 155: Standortbeschreibung Hohenheim

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Öko		
Bodenart	sL	sL	sL
Ackerzahl	53	62	60
Jahresmitteltemperatur (°C)			
Ø Jahresniederschlag (mm)			
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)			
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	47	47	24
Bodenuntersuchungsdatum	01.10.2008	12.03.2012	12.03.2012
pH	6,4	5,9	5,9
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	C (11)	C (10)	B (9)
Gehaltsklasse K	D (29)	C (15)	C (15)
Gehaltsklasse Mg	D (16)	D (14)	D (17)

Tabelle 156: Versuchsergebnisse Hohenheim

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	20.04. – 06.10.2011	30.04. – 25.09.2012	15.05. – 27.10.2013
Unkrautregulierung			
PS sonst			
Vorfrucht			
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	70	70
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	33	33	33
CHU Mai-September	3006	3017	2828
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	41,0	34,5	39,6
Ertrag min.-max. (dt)	37,5 – 46,0	32,8 – 36,0	32,4 – 45,9

Tabelle 157: Ergebnisse vom Standort Hohenheim

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
3-jährig							
ES Mentor	42,6	111		43,4	15,8	2,3	30.09.
Lissabon	39,6	103		40,8	13,8	4,1	22.09.
Cordoba	37,5	98		40,0	12,9	6,9	28.09.
Merlin	37,1	96		42,1	13,4	4,9	16.09.
Primus	36,8	96		48,8	15,4	3,6	24.09.
Mittelwert	38,7	101		43,0	14,3	4,4	
2-jährig							
Protina	36,2	96		48,5	15,1	4,4	14.09.

Tabelle 158: Standortbeschreibung Bönningheim

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage			Blockanlage
Wiederholungen			4
Bewirtschaftungssystem			Konv.
Bodenart			tL
Ackerzahl			75
Jahresmitteltemperatur (°C)			9,8
Ø Jahresniederschlag (mm)			765
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)			230
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			38
Bodenuntersuchungsdatum			27.08.2012
pH			7,0
Humus (%)			humos
Gehaltsklasse P			C (18)
Gehaltsklasse K			C (25)
Gehaltsklasse Mg			D (22)

Tabelle 159: Versuchsergebnisse Bönningheim

	2011	2012	2013
Saat - Ernte			15.05. – 26.10.2013
Unkrautregulierung			16.05.: 0,2 l/ha Centium +2,0 kg/ha Artist
PS sonst			
Vorfrucht			Sommergerste
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)			
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			15
CHU Mai-September	3154	3159	2969
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)			38,5
Ertrag min.-max. (dt)			33,0 – 45,0

Tabelle 160: Daten vom Standort Bönningheim (2013)

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
Amandine	40,3	105		34,6	11,99	1,0	26.09.2013
ES Mentor	38,3	100		38,5	12,68	1,0	22.10.2013
ES Senator	40,1	104		36,6	12,61	1,0	25.09.2013
Flavia	36,6	95		35,6	11,21	1,0	25.10.2013
Herta PZO	35,8	93		45,2	13,91	1,0	30.09.2013
Kassidy	33,7	87		38,7	11,21	1,0	23.10.2013
Korus	34,1	89		40,6	11,91	1,0	25.10.2013
Merlin	37,6	98		38,6	12,47	1,0	25.09.2013
Naya	33,3	87		38,1	10,93	1,0	22.10.2013
Opaline	40,5	105		32,7	11,39	1,0	30.09.2013
Pollux	44,3	115		34,3	13,07	1,0	29.09.2013
Primus	34,5	90		41,2	12,21	1,0	20.10.2013
Protibus	38,5	100		40,4	13,36	1,0	25.09.2013
PZO Silvia	33,0	86		38,6	10,95	1,0	26.10.2013
Sirelia	41,9	109		35,9	12,92	1,0	27.09.2013
Solena	45,0	117		36,4	14,07	1,0	24.09.2013
Suedina	39,6	103		37,9	12,90	1,0	23.10.2013
Sultana	43,5	113		35,8	13,39	1,0	25.09.2013
Tourmaline	40,7	106		33,5	11,72	1,0	26.09.2013
Mittel	38,5	100		37,5	12,36	1,0	

Tabelle 161: Daten vom Standort Bischheim (2012)

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
Sorte					
Amandine	26,7	89		41,7	9,58
Capnor	28,0	94		39,3	9,46
Cordoba	30,3	101		38,1	9,93
ES Mentor	31,9	107		43,9	12,04
Lissabon	29,5	99		39,1	9,92
Merlin	28,2	94		38,5	9,34
OAC-Wallace	30,6	102		38,8	10,21
Opaline	31,5	105		39,4	10,67
Pollux	31,1	104		40,5	10,83
PZO Silvia	34,3	115		38,8	11,45
Sultana	27,2	91		43,1	10,08
Mittelwert	29,9	100		40,1	10,32

Tabelle 162: Daten vom Standort Münchweiler (2013)

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
Aligator	26,7	90		37,8	8,67	1,0
Cordoba	29,0	97		37,4	9,33	1,0
ES Mentor	34,2	115		40,5	11,90	1,0
ES Senator	28,8	97		40,3	9,99	1,0
Kassidy	30,7	103		42,6	11,23	1,0
Lissabon	27,2	91		39,5	9,23	1,0
Merlin	28,0	94		40,1	9,66	1,0
OAC-Wallace	29,0	97		-		1,0
Opaline	29,8	100		36,7	9,39	1,0
Pollux	31,7	106		40,6	11,07	1,0
Primus	31,2	105		46,4	12,44	1,0
PZO Silvia	32,9	110		38,4	10,85	1,0
Solena	30,5	102		40,6	10,64	1,0
Sultana	27,8	93		39,7	9,50	1,0
Mittel	29,8	100		40,0	10,30	1,0

Tabelle 163: Daten vom Standort Nieder-Hilbersheim (2013)

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
Aligator	23,8	92		37,2	7,61	1,0
Cordoba	26,1	101		34,0	7,64	1,0
Kassidy	25,3	98		39,2	8,54	1,0
Lissabon	25,4	98		34,5	7,53	1,0
Merlin	23,9	92		34,8	7,15	1,0
OAC-Wallace	23,1	89		35,5	7,06	1,0
Opaline	28,9	112		34,7	8,62	1,0
Pollux	25,9	100		35,9	7,99	1,0
Primus	26,9	104		42,2	9,77	1,0
PZO Silvia	27,9	108		34,7	8,33	1,0
Solena	29,1	112		39,1	9,78	1,0
Sultana	24,1	93		39,2	8,11	1,0
Mittel	25,9	100		36,8	8,18	1,0

Tabelle 164: Standortbeschreibung Friedberg

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	uL		
Ackerzahl	70		
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,1		
Ø Jahresniederschlag (mm)	620		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	190		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	50	103	49
Bodenuntersuchungsdatum	27.03.2011	16.03.2012	20.03.2013
pH	7,4	7,4	7,7
Humus (%)	Humos	Humos	Humos
Gehaltsklasse P	C (10)	C (13)	D (25)
Gehaltsklasse K	C (20)	E (42)	D (30)
Gehaltsklasse Mg	C (9)	C (12)	B (7)

Tabelle 165: Versuchsergebnisse Friedberg

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	11.04. – 04.10.2011	24.04. – 11.10.2012	17.04. – 29.09.2013
Unkrautregulierung	12.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 12.05.: 2,0 l/ha Basagran	27.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 18.05.: 0,01 kg/ha Harmony SX 24.05.: 2,0 l/ha Basagran	20.04.: 1,6 l/ha Stomp Aqua 20.05.: 1,5 l/ha Basagran 0,01 kg/ha Harmony SX
PS sonst		21.09.: 2,5 l/ha Reglone	
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
Impfung			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	65	65
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	12,5	12,5	12,5
CHU Mai-September	2931	2910	3012
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	34,7	32,6	25,8
Ertrag min.-max. (dt)	22,2 – 41,3	28,8 – 38,3	22,3 – 30,0

Tabelle 166: Daten vom Standort Friedberg

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
3-jährig						
Opaline	35,1	112		39,1	11,85	5,9
Sultana	33,7	108		42,0	12,20	3,8
ES Mentor	32,9	105		42,1	11,97	1,7
Aligator	31,4	101		39,5	10,67	4,0
Merlin	31,1	100		39,0	10,41	4,2
Primus	29,2	94		44,0	11,04	2,4
Cordoba	29,1	94		38,1	9,57	5,1
Mittel	31,8	102		40,5	11,1	3,9
2-jährig						
Solena	32,4	111		39,4	10,96	4,6
Pollux	32,2	110		39,5	10,94	4,3
OAC-Wallace	29,1	100		36,6	9,16	3,8
Amandine	28,1	95		41,2	9,99	3,1
Lissabon	27,4	95		37,1	8,75	4,7
Mittel	29,8	102		38,7	10,0	4,1

Tabelle 167: Standortbeschreibung Salbitz

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	L		
Ackerzahl	86		
Jahresmitteltemperatur (°C)	8,8		
Ø Jahresniederschlag (mm)	596		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	126		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	46	76	41
Bodenuntersuchungsdatum	17.06.2010	12.07.2011	16.07.2012
pH	6,7	6,7	6,4
Humus (%)	Humos		
Gehaltsklasse P	D (34)	D 34)	D (21)
Gehaltsklasse K	E (99)	B (14)	B (12)
Gehaltsklasse Mg	D (16)	C (12)	

Tabelle 168: Versuchsergebnisse Salbitz

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	21.04. – 05.10.2011	02.05. – 08.10.2012	26.04. – 01.10.2013
Unkrautregulierung	20.05.: 2,0 l/ha Basagran	30.05. + 11.06.: 2,0 l/ha Basagran	13. + 21.06.: 0,008 kg/ha Harmony SX 1,0 l/ha Basagran 0,3 l/ha Trend
PS sonst			
Vorfrucht	Winterweizen	Wintergerste	Markerbse
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	65		
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	30	30	50
CHU Mai-September	3068	2989	2839
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	48,3	36,1	41,4
Ertrag min.-max. (dt)	40,1 – 61,3	29,7 – 41,4	32,3 – 44,9

Tabelle 169: Daten vom Standort Salbitz

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
3-jährig							
OAC-Wallace	48,2	114		37,2	15,40	1,4	26. Sep.
ES Mentor	47,6	113		41,5	17,10	1,2	27. Sep.
Suedina	43,9	105		40,5	15,37	1,0	25. Sep.
Aligator	41,9	100		38,4	13,92	1,0	23. Sep.
Merlin	41,4	99		38,6	13,77	1,2	25. Sep.
Primus	41,3	99		42,5	15,21	1,0	21. Sep.
Cordoba	40,9	98		36,8	12,99	1,0	27. Sep.
Alma Ata	40,0	95		38,4	13,28	1,0	27. Sep.
Lissabon	39,3	95		38,1	12,90	1,0	23. Sep.
Sultana	39,0	93		39,5	13,25	1,0	23. Sep.
Mittel	42,4	101		39,1	14,3	1,1	
2-jährig							
Malaga	45,0	106		36,0	14,07	1,0	23. Sep.
Sigalia	44,7	105		38,1	14,83	1,0	25. Sep.
Lotus	37,2	88		41,0	13,28	1,0	23. Sep.
Amandine	31,0	80		39,4	10,54	1,0	25. Sep.
Mittel	39,5	95		38,6	13,2	1,0	

Tabelle 170: Standortbeschreibung Bernburg

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage		Blockanlage	
Wiederholungen		4	
Bewirtschaftungssystem		Konv.	
Bodenart		L	
Ackerzahl		96	
Jahresmitteltemperatur (°C)		8,9	
Ø Jahresniederschlag (mm)		483	
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)		80	
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			
Bodenuntersuchungsdatum			
pH			
Humus (%)			
Gehaltsklasse P			
Gehaltsklasse K			
Gehaltsklasse Mg			

Tabelle 171: Versuchsergebnisse Bernburg

	2011	2012	2013
Saat - Ernte		27.04. – 08.10.2012	25.04. – 30.09.2013
Unkrautregulierung		02.05.: 0,2 l/ha Centium 0,5 l/ha Spectrum 0,35 kg/ha Sencor WG	26.04.: 0,2 l/ha Centium 0,5 l/ha Spectrum 0,4 kg/ha Sencor WG
PS sonst			
Vorfrucht			Winterweizen
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)		70	70
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)		25	25
CHU Mai-September			
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)		41,2	31,7
Ertrag min.-max. (dt)		33,8 – 46,6	27,7 – 36,1

Tabelle 172: Daten vom Standort Bernburg

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
2-jährig (2012+2013)						
Merlin	40,6	111		36,7	12,98	2,0
Sultana	36,1	99		39,2	12,31	1,5
Alma Ata	35,0	98		37,3	11,18	1,0
Aligator	34,9	95		37,4	11,37	1,5
Amandine	34,5	94		39,7	11,90	1,5
Mittel	36,2	99		38,0	11,9	1,5

Tabelle 173: Standortbeschreibung Rossleben

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	sL		
Ackerzahl	78		
Jahresmitteltemperatur (°C)			
Ø Jahresniederschlag (mm)			
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)			
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	68	29	
Bodenuntersuchungsdatum		22.03.2012	
pH	7,1	6,9	7,2
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	C (14)	C (10)	
Gehaltsklasse K	C (18)	C (19)	
Gehaltsklasse Mg	B (7)	C (8)	

Tabelle 174: Versuchsergebnisse Rossleben

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	11.04. – 25.09.2011	25.04. – 25.10.2012	25.04. – 09.10.2013
Unkrautregulierung	14.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 13. + 27.05.: 0,01 kg/ha Harmony SX 1,0 l/ha Basagran 0,3 l/ha Trend	26.04.: 2,4 l/ha Stomp SC 0,3 kg/ha Sencor WG 07.06.: 0,007 kg/ha Harmony SX 1,5 l/ha Basagran 0,3 l/ha Trend	30.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 0,75 l/ha Spectrum 0,3 kg/ha Sencor WG
PS sonst	12.09.: 2,0 l/ha Reglone	06.10.: 2,0 l/ha Reglone	
Vorfrucht	Sommerraps	Sommerraps	Dinkel
Impfung			
Saatstärke (kf. K./m ²)			70
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			25
CHU Mai-September			
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	43,8	25,4	16,6
Ertrag min.-max. (dt)	41,1 – 47,3	19,8 – 32,5	13,8 – 20,2

Tabelle 175: Daten vom Standort Rossleben

Sorte	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
3-jährig							
OAC-Wallace	29,1	106		38,0	9,48	2,2	26. Sep.
Suedina	29,6	104		41,4	10,64	1,9	17. Sep.
Lissabon	29,9	104		39,1	10,22	2,0	15. Sep.
ES Mentor	29,3	102		42,7	10,79	1,6	21. Sep.
Cordoba	28,8	102		38,9	9,65	2,6	17. Sep.
Alma Ata	28,6	101		40,4	10,05	1,7	21. Sep.
Sultana	28,7	100		42,3	10,43	1,8	13. Sep.
Aligator	29,1	99		40,6	10,05	1,5	18. Sep.
Primus	27,5	96		45,1	10,52	1,9	18. Sep.
Merlin	27,4	95		41,0	9,58	1,8	10. Sep.
Mittel	28,8	101		41,0	10,1	1,9	
2-jährig							
Malaga	34,4	97		40,3	11,83	2,1	23. Sep.
Sigalia	33,5	96		42,8	12,25	2,3	
Amandine	20,2	95		41,8	7,27	1,9	17. Sep.
Lotus	30,9	87		46,0	12,10	2,0	12. Sep.
Mittel	29,7	94		42,7	10,9	2,1	

Tabelle 176: Standortbeschreibung Gadegast

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	IS		
Ackerzahl	35		
Jahresmitteltemperatur (°C)	8,7		
Ø Jahresniederschlag (mm)	574		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	93		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	87	91	101
Bodenuntersuchungsdatum	02.08.2010	18.07.2011	23.05.2012
pH	5,2	5,4	6,2
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	C (11)	C (16)	C (14)
Gehaltsklasse K	B (6)	B (8)	B (8)
Gehaltsklasse Mg	C (6)	C (7)	D (10)

Tabelle 177: Versuchsergebnisse Gadegast

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	20.04. – 28.09.2011	30.04. – 25.09.2012	23.04. – 01.10.2013
Unkrautregulierung	21.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 18.05.: 1,8 l/ha Basagran	02.05.: 2,0 l/ha Stomp Aqua 30.05.: 1,0 l/ha Fusilade MAX 2,0 l/ha Basagran	24.04.: 0,25 l/ha Centium 0,6 l/ha Spectrum 0,4 kg/ha Sencor WG
PS sonst			
Vorfrucht	Wintertriticale	Winterweizen	Körnererbsen
Impfung	HiStick		
Saatstärke (kf. K./m²)	70	70	70
Bestand-dichte (P/m²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	25	25	25
CHU Mai-September			
Bemerkungen	Düngung mit Stallmist, kohlensaurem Mg-Kalk und PK-Dünger	Düngung mit kohlensaurem Mg-Kalk und PK-Dünger	Düngung wie 2012. Wegen Staunässe nur 2 Wdh wertbar
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	32,2	20,8	17,2
Ertrag min.-max. (dt)	22,1 – 45,9	16,2 – 26,8	15,6 – 21,5

Tabelle 178: Daten vom Standort Gadegast

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
3-jährig							
Cordoba	23,5	101		38,4	7,67	1,4	14. Sep.
Lissabon	23,3	101		40,5	8,05	1,0	14. Sep.
Sultana	23,4	100		43,3	8,65	1,1	13. Sep.
Merlin	22,6	100		41,1	7,94	1,1	11. Sep.
Aligator	21,3	91		41,6	7,58	1,0	17. Sep.
Alma Ata	19,1	86		42,3	6,93	1,0	17. Sep.
Mittel	22,2	96		41,2	7,8	1,1	
2-jährig							
ES Mentor	32,8	122		44,6	12,45	1,0	20. Sep.
OAC-Wallace	31,8	114		39,0	10,44	1,7	21. Sep.
Malaga	28,1	106		39,5	9,50	1,2	14. Sep.
Suedina	28,5	106		43,8	10,63	1,2	16. Sep.
Sigalia	28,3	103		42,5	10,19	1,2	16. Sep.
Primus	26,4	100		45,5	10,41	1,2	15. Sep.
Amandine	18,2	95		44,1	6,89	1,4	13. Sep.
Lotus	23,1	88		46,3	9,21	1,0	11. Sep.
Mittel	27,2	104		43,2	10,0	1,2	

Tabelle 179: Standortbeschreibung Oberhummel

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	sL	sL	sL
Ackerzahl	68	68	60
Jahresmitteltemperatur (°C)	7,8		
Ø Jahresniederschlag (mm)	814		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	450		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			
Bodenuntersuchungsdatum	16.11.2005	19.03.2012	19.03.2012
pH	6,5	6,7	6,6
Humus (%)	Humos	Humos	Humos
Gehaltsklasse P	C (11)	D (28)	D (24)
Gehaltsklasse K	C (18)	C (19)	C (21)
Gehaltsklasse Mg	D (15)	D (18)	D (16)

Tabelle 180: Versuchsergebnisse Oberhummel

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	11.04. – 28.09./05.10.11	25.04. –11./26.09./05.10.	24.04. – 24.09./02.10.
Unkrautregulierung	15.04.: 2,0 kg/ha Artist 0,25 l/ha Centium	10.05.: 0,8 l/ha Basagran 0,8 l/ha Fusilade MAX	29.04.: 2,0 kg/ha Artist 0,25 l/ha Centium
PS sonst			
Vorfrucht	Silomais	Winterweizen	Wintergerste
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	70	70
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	17	17	17
CHU Mai-September	3041	2744	2569
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	29,0	46,3	48,2
Ertrag min.-max. (dt)	13,9 – 37,6	40,1 – 51,2	41,2 – 52,1

Tabelle 181: Daten vom Standort Oberhummel

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
3-jährig							
ES Mentor	44,7	111		43,8	16,79	2,0	29. Sep.
Merlin	43,9	110		41,8	15,75	4,3	11. Sep.
Sultana	43,4	108		43,7	16,26	3,1	18. Sep.
Lissabon	43,0	106		41,0	15,14	3,7	22. Sep.
Mittel	43,8	109		42,6	16,0	3,3	
2-jährig							
Pollux	50,7	107		42,1	18,33	5,3	22. Sep.
Solena	49,7	105		41,7	17,84	4,9	17. Sep.
Opaline	48,3	102		39,7	16,49	6,4	20. Sep.
Aligator	34,0	90		40,9	11,92	3,8	26. Sep.
Mittel	45,7	101		41,1	16,1	5,1	

Tabelle 182: Standortbeschreibung Rotthalmünster

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	sL	sL	sL
Ackerzahl	70	70	72
Jahresmitteltemperatur (°C)	8,1		
Ø Jahresniederschlag (mm)	750		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	375		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	32	68	48
Bodenuntersuchungsdatum	24.10.2009	15.09.2009	15.09.2009
pH	6,4	6,4	5,5
Humus (%)	Humos	Humos	Humos
Gehaltsklasse P	C (17)	C (18)	C (17)
Gehaltsklasse K	B (14)	C (15)	B (11)
Gehaltsklasse Mg	C (13)	D (14)	C (13)

Tabelle 183: Versuchsergebnisse Rotthalmünster

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	12.04. – 06.10.2011	25.04. – 17.09.2012	18.04. – 07.10.2013
Unkrautregulierung	15.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 0,75 l/ha Spectrum	22.+30.05.: 1,5 l/ha Basagran 0,75 l/ha Fusilade MAX	26.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 0,75 l/ha Spectrum
PS sonst			
Vorfrucht	Körnermais	Körnermais	Körnermais
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	60	60
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	13	13	13
CHU Mai-September	2931	2993	2784
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	30,6	45,7	27,9
Ertrag min.-max. (dt)	15,9 – 39,3	43,4 – 47,9	16,2 – 37,6

Tabelle 184: Daten vom Standort Rothalmünster

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
3-jährig						
ES Mentor	41,1	121		43,4	15,37	2,9
Lissabon	36,4	107		40,6	12,74	4,0
Sultana	36,7	105		43,4	13,80	3,3
Merlin	33,9	98		41,9	12,34	4,4
Aligator	34,1	97		41,7	12,35	3,3
Mittel	36,4	106		42,2	13,3	3,6
2-jährig						
Solena	40,6	112		42,1	14,85	2,1
Opaline	39,3	109		38,7	13,16	3,0
Pollux	39,1	107		41,3	13,95	2,6
Mittel	39,7	110		40,7	14,0	2,6

Tabelle 185: Standortbeschreibung Gützingen/Euerfeld

	2011	2012	2013
Ort	Euerfeld	Gützingen	Gützingen
Versuchsanlage	Blockanlage	Blockanlage	Blockanlage
Wiederholungen	4	4	4
Bewirtschaftungssystem	Konv.	Konv.	Konv.
Bodenart	uL	IU	IU
Ackerzahl	75	86	82
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,1	9,1	9,1
Ø Jahresniederschlag (mm)			
Jahresniederschlag (mm) ist	622	680	680
Höhe über NN (m)	281	281	281
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	83	104	84
Bodenuntersuchungsdatum	10.03.2011	20.04.2012	20.04.2013
pH	7,2	7,2	7,5
Humus (%)	Humos	Humos	Humos
Gehaltsklasse P	E (55)	C (17)	D (24)
Gehaltsklasse K	B (14)	B (12)	C (21)
Gehaltsklasse Mg	C (12)	C (9)	C (13)

Tabelle 186: Versuchsergebnisse Gützingen/Euerfeld

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	11.04. – 04.10.2011	18.04. – 11.09.2012	19.04. – 30.09.2013
Unkrautregulierung	13.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 0,75 l/ha Spectrum 28.04.: 0,008kg/ha Harmony SX 1,0 l/ha Basagran 0,3 l/ha Trend	20.04.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 0,75 l/ha Spectrum	22.04.: 0,8 l/ha Spectrum 0,2 l/ha Centium 0,2 kg/ha Sencor WG
PS sonst			
Vorfrucht	Zuckerrüben	Winterweizen	Winterroggen
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	70	70
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	13	13	13
CHU Mai-September	2851	2949	2672
Bemerkungen		28.06.: 2 kg/ha KAS, da nur	

		wenige Knöllchen	
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	41,5	26,4	40,3
Ertrag min.-max. (dt)	33,7 – 44,8	24,5 – 28,8	32,7 – 43,5

Tabelle 187: Daten vom Standort Gützingen

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
3-jährig						
ES Mentor	39,2	109		39,0	13,49	1,6
Lissabon	35,7	99		36,2	11,41	2,0
Sultana	35,3	98		37,9	11,82	1,5
Merlin	34,5	95		36,0	10,97	1,8
Mittel	36,2	100		37,3	11,9	1,7
2-jährig						
Pollux	34,4	104		34,4	10,51	2,9
Solena	34,6	103		35,3	10,82	1,6
Opaline	32,6	98		33,1	9,57	2,6
Aligator	32,6	97		35,2	10,13	2,1
Mittel	33,6	100		34,5	10,3	2,3

Tabelle 188: Standortbeschreibung Köln-Auweiler

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage			
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Bio		
Bodenart	sL		
Ackerzahl	70 - 80		
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,5		
Ø Jahresniederschlag (mm)	750		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	46		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)	35 mm	35 mm	-
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	22	33	34
Bodenuntersuchungsdatum	10.03.2011	19.04.2012	11.04.2013
pH	6,3	6,6	6,3
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	B (8)	C (15)	C (13)
Gehaltsklasse K	B (13)	C (19)	B (9)
Gehaltsklasse Mg	B (7)	C (9)	B (7)

Tabelle 189: Versuchsergebnisse Köln-Auweiler

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	11.05. – 17.10.2011	14.05. – 22.10.2012	08.05. – 08.10.2013
Unkrautregulierung	2 x Hacke 2 x Handhacke	3 x Hacke 2 x Handhacke	1 x Hacke 1 x Handhacke
PS sonst			
Vorfrucht			
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)			
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			
CHU Mai-September	3016	2915	2893
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	39,6	30,2	29,5
Ertrag min.-max. (dt)	26,9 – 52,1	23,3 – 36,3	17,5 -35,9

Tabelle 190: Daten vom Standort Köln-Auweiler

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
3-jährig							
ES Mentor	38,9	116		41,5	13,82	1,2	16. Okt.
Cordoba	36,2	110		38,3	11,97	2,9	9. Okt.
Opaline	36,4	109		38,7	12,21	3,0	4. Okt.
Lissabon	35,1	107		38,9	11,78	2,7	4. Okt.
Gallec	34,6	103		40,2	12,03	2,9	29. Sep.
Aligator	34,0	103		38,6	11,35	2,7	6. Okt.
Petrina	33,7	102		40,5	11,71	3,3	12. Okt.
Sultana	33,8	100		41,8	12,22	2,4	3. Okt.
Merlin	33,0	100		39,8	11,29	2,7	26. Sep.
Bohemians	27,1	83		40,6	9,55	2,4	20. Sep.
Aveline	25,8	79		40,6	8,99	2,8	3. Okt.
Mittel	33,5	101		40,0	11,5	2,6	
2-jährig							
Solena	33,5	112		40,5	11,75	3,9	9. Okt.
Sirelia	32,6	109		39,8	11,13	3,8	6. Okt.
Protina	36,1	105		46,6	14,45	2,9	4. Okt.
Paradis	21,0	70		40,6	7,45	2,0	23. Sep.
Mittel	30,8	99		41,9	11,2	3,1	

Tabelle 191: Standortbeschreibung Kerpen-Buir

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		Blockanlage
Wiederholungen	4		4
Bewirtschaftungssystem	Konv.		Konv.
Bodenart	L		uL
Ackerzahl	80		90
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,6		10,0
Ø Jahresniederschlag (mm)	690		600
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	82		106
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			
Bodenuntersuchungsdatum			22.04.2013
pH			7,0
Humus (%)	Schwach humos		humos
Gehaltsklasse P			D (25)
Gehaltsklasse K			E (41)
Gehaltsklasse Mg			C (10)

Tabelle 192: Versuchsergebnisse Kerpen-Buir

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	04.05. – 30.09./17.10.11		19.04. – 27.03.2013
Unkrautregulierung	06.05.: 1,5 l/ha Stomp Aqua		19.04.: 1,0 l/ha Spectrum 0,4 kg/ha Sencor WG 0,2 l/ha Centium 0,4 l/ha Herbosol
PS sonst			
Vorfrucht	Winterweizen		Winterweizen
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m²)			
Bestand-dichte (P/m²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			
CHU Mai-September			
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	30,4		25,8
Ertrag min.-max. (dt)	22,8 – 38,0		20,7 – 28,6

Tabelle 193: Daten vom Standort Kerpen-Bruir

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
Sorte					
2-jährig					
ES Mentor	31,8	113		41,5	11,52
Merlin	31,6	112		37,5	10,40
Sultana	31,0	109		40,4	11,05
Opaline	28,4	101		37,9	9,32
Lissabon	28,4	100		36,5	9,10
Aligator	27,6	98		37,2	8,89
Primus	25,7	93		42,9	9,38
Mittel	29,2	104		39,1	10,0

Tabelle 194: Übersicht über die Relativerträge an den Standorten der Region 2

Ertrag (dt/ha)	Tachenhausen	Hohenheim	Friedberg	Salbitz	Rossleben	Gadegast	Oberhummel	Rotthalmünster	Euerfeld/Gützingen	Auweiler
Sorte										
3-jährig										
Aligator	100		101	100	99	91		97		103
Alma Ata				95	101	86				
Aveline										79
Bohemians										83
Cordoba	99	98	94	98	102	101				110
ES Mentor	116	111	105	113	102		111	121	109	116
Gallec										103
Lissabon	98	103		95	104	101	106	107	99	107
Merlin	92	96	100	99	95	100	110	98	95	100
OAC-Wallace				114	106					
Opaline	104		112							109
Petrina										102
Primus	95	96	94	99	96					
Sigalia	107									
Suedina				105	104					
Sultana	103		108	93	100	100	108	105	98	100
Mittel	41,7	38,7	31,8	39,0	28,8	22,2	43,8	36,4	36,2	33,5

Tabelle 195: Sortenerträge (bei 85% TM) über alle Standorte der Region 2

Region 2	2011				2012				2013				Ø d. Jahre 2011 - 2013 n = 38			
	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min
Merlin	39,3	11	48,1	25,5	33,3	12	49,2	21,3	30,6	15	45,0	15,6	34,0	38	49,2	15,6
Sultana	40,8	10	51,2	31,9	33,9	11	49,0	22,1	30,3	14	45,8	15,2	34,4	35	51,2	15,2
Lissabon	38,9	10	50,8	29,8	33,3	11	44,6	23,1	31,3	14	50,5	16,9	34,1	35	50,8	16,9
ES Mentor	45,1	11	57,8	36,2	36,0	11	46,8	23,7	36,2	12	50,1	13,8	39,0	34	57,8	13,8
Aligator	38,0	10	52,9	26,2	33,8	10	46,9	19,1	26,2	11	39,9	15,1	32,5	31	52,9	15,1
Cordoba	37,0	11	49,0	24,5	31,8	8	41,2	23,0	29,3	10	41,9	16,5	32,9	29	49,0	16,5
Primus	36,3	7	46,1	22,8	34,2	8	43,2	20,9	30,7	9	44,9	15,0	33,5	24	46,1	15,0
Opaline	43,1	4	54,1	30,9	37,4	7	49,8	25,9	33,7	10	46,8	25,8	36,7	21	54,1	25,8
Solena					39,0	6	50,2	26,3	34,0	14	49,2	18,0	35,5	20	50,2	18,0
Pollux					38,6	5	51,2	27,7	35,6	9	50,2	25,1	36,7	14	51,2	25,1
OAC-Wallace	49,4	3	61,3	41,1	31,8	6	43,6	17,7	28,1	5	41,8	20,2	34,3	14	61,3	17,7
Amandine					29,5	6	41,8	20,0	26,1	8	40,3	15,4	27,5	14	41,8	15,4
Petrina	35,6	10	54,1	13,9	31,9	2	36,5	27,4	33,8	1	33,8	33,8	34,9	13	54,1	13,9
Malaga	38,2	6	52,8	22,2	32,5	5	40,9	22,2	33,4	1	33,4	33,4	35,4	12	52,8	22,2
Sigalia	44,1	6	56,7	30,5	30,2	4	42,6	17,8	33,4	1	33,4	33,4	38,1	11	56,7	17,8
Suedina	40,0	5	49,8	32,3	30,6	3	40,7	20,3	32,2	3	41,2	15,8	35,3	11	49,8	15,8
Alma Ata	36,4	3	43,6	22,1	27,0	4	33,8	16,2	28,9	4	43,1	17,5	30,3	11	43,6	16,2
Capnor	37,4	7	45,0	28,0	32,4	2	36,7	28,0					36,3	9	45,0	28,0
Bohemians	29,6	7	37,6	23,5	29,1	1	29,1	29,1	23,4	1	23,4	23,4	28,8	9	37,6	23,4
Protina	41,8	3	48,4	37,6	35,6	5	44,3	28,8					37,9	8	48,4	28,8
PZO Silvia					34,3	1	34,3	34,3	34,9	7	49,5	19,3	34,8	8	49,5	19,3
Protibus									32,3	7	41,2	21,4	32,3	7	41,2	21,4
Lotus	37,4	3	42,5	27,5	27,7	4	40,5	18,7					31,8	7	42,5	18,7
Kassidy					36,1	1	36,1	36,1	29,6	6	35,1	24,1	30,6	7	36,1	24,1
Sirelia					31,8	1	31,8	31,8	40,0	5	50,1	31,0	38,6	6	50,1	31,0
Korus									34,4	6	48,3	14,7	34,4	6	48,3	14,7
Gallec	46,6	1	46,6	46,6	29,5	3	31,5	28,1	31,3	2	33,3	29,3	33,0	6	46,6	28,1
ES Senator									32,1	5	40,1	25,1	32,1	5	40,1	25,1
Aveline	34,7	2	40,8	28,5	25,8	2	28,3	23,3	25,6	1	25,6	25,6	29,3	5	40,8	23,3
Tourmaline									40,8	4	52,1	30,0	40,8	4	52,1	30,0
Herta PZO									36,0	4	49,5	20,0	36,0	4	49,5	20,0
Daccor	47,4	2	52,0	42,8									47,4	2	52,0	42,8

Region 2	2011				2012				2013				Ø d. Jahre 2011 - 2013 n = 38			
	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min
Proteix					38,9	1	38,9	38,9	39,0	1	39,0	39,0	38,9	2	39,0	38,9
Flavia					38,7	1	38,7	38,7	36,6	1	36,6	36,6	37,6	2	38,7	36,6
Sinara	27,8	1	27,8	27,8	40,2	1	40,2	40,2					34,0	2	40,2	27,8
Klaxon	27,9	2	29,0	26,9									27,9	2	29,0	26,9
Paradis					24,5	1	24,5	24,5	17,5	1	17,5	17,5	21,0	2	24,5	17,5
Soprana									42,4	1	42,4	42,4	42,4	1	42,4	42,4
Josefine					40,1	1	40,1	40,1					40,1	1	40,1	40,1
Toliman									38,8	1	38,8	38,8	38,8	1	38,8	38,8
SY Livius									36,2	1	36,2	36,2	36,2	1	36,2	36,2
Naya									33,3	1	33,3	33,3	33,3	1	33,3	33,3
NL 06.310	27,0	1	27,0	27,0									27,0	1	27,0	27,0
NL 06.086	22,2	1	22,2	22,2									22,2	1	22,2	22,2
Annushka									16,2	1	16,2	16,2	16,2	1	16,2	16,2
Mittel d. Standorte	38,3	11	49,9	29,0	33,9	12	46,3	20,8	31,6	15	48,2	16,6	34,2	38	49,9	16,6

10.5.1 Übersicht über die Ergebnisse der Standorte aus Region 3

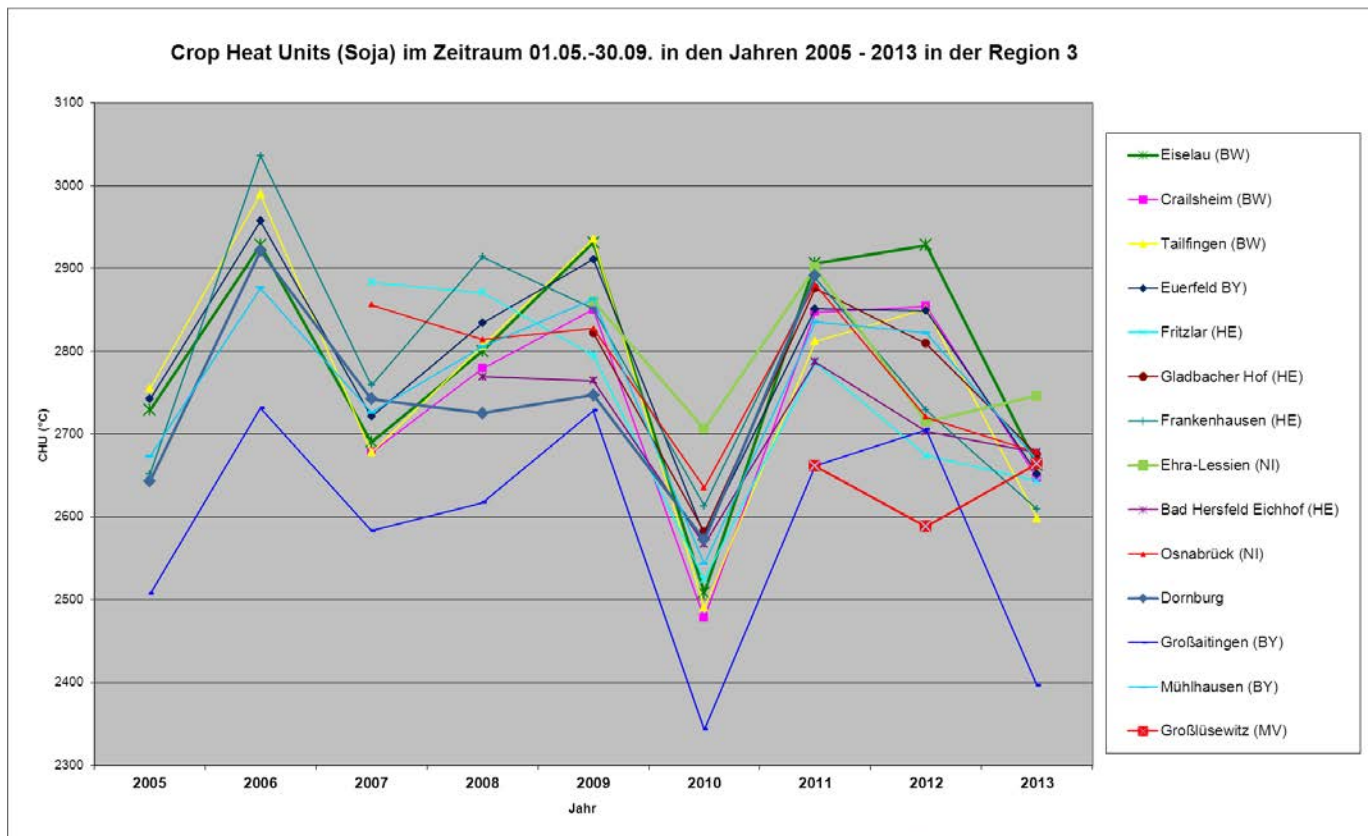


Abbildung 150: Crop Heat Units an den Standorten der Region 3

Tabelle 196: Standortbeschreibung Crailsheim

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Öko		
Bodenart	uL		
Ackerzahl	50		
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,0		
Ø Jahresniederschlag (mm)	800		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	430		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	38	78	
Bodenuntersuchungsdatum	08.03.2011	30.04.2012	
pH	6,4	6,5	
Humus (%)	Humos	Humos	
Gehaltsklasse P	A (5)	B (6)	
Gehaltsklasse K	C (21)	C (16)	
Gehaltsklasse Mg	E (23)	E (20)	

Tabelle 197: Versuchsergebnisse Crailsheim

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	04.05. – 24.10.2011	03.05. – 25.09.2012	
Unkrautregulierung			
PS sonst			
Vorfrucht	Winterweizen	Wintergerste	
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	60	70	
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	22,5	29	
CHU Mai-September	2847	2854	2647
Bemerkungen	Düngung mit Rindergülle		
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	18,4	32,3	
Ertrag min.-max. (dt)	11,2 – 22,4	31,4 – 34,2	

Tabelle 198: Daten vom Standort Crailsheim

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
2-jährig							
Cordoba	24,7	97		40,1	8,4	4,5	4. Okt.
ES Mentor	27,8	112		43,8	10,4	1,0	6. Okt.
Lissabon	28,3	114		41,2	10,0	3,4	29. Sep.
Merlin	25,0	99		42,1	8,9	2,5	29. Sep.
Primus	21,5	79		46,1	8,3	2,5	29. Sep.
Protina	25,2	99		47,5	10,1	1,3	29. Sep.
Mittelwert	38,7	101		43,0	14,3	4,4	

Tabelle 199: Standortbeschreibung Tailfingen

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage		Blockanlage	
Wiederholungen		4	
Bewirtschaftungssystem		Konv.	
Bodenart		uL	
Ackerzahl		65	
Jahresmitteltemperatur (°C)		7,8	
Ø Jahresniederschlag (mm)		770	
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)		450	
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)		84	
Bodenuntersuchungsdatum		11.10.2011	
pH		6,0	
Humus (%)		Humos	
Gehaltsklasse P		C (13)	
Gehaltsklasse K		D (31)	
Gehaltsklasse Mg		D (15)	

Tabelle 200: Versuchsergebnisse Tailfingen

	2011	2012	2013
Saat - Ernte		27.04. – 25.09.2012	
Unkrautregulierung		30.04.: 2,0 kg/ha Artist 0,25 l/ha Centium	
PS sonst			
Vorfrucht		Winterweizen	
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)		70	
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)		15	
CHU Mai-September	2812	2851	2598
Bemerkungen		Bodenbearbeitung pfluglos	
Ø Ertrag (dt/ha 86%)		44,6	
Ertrag min.-max. (dt)		40,9 – 51,9	

Tabelle 201: Daten vom Standort Tailfingen (2012)

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
Amandine	44,1	99		43,5	16,49	2,8	22.09.2012
Capnor	40,9	92		42,1	14,80	6,8	22.09.2012
Cordoba	42,1	94		42,1	15,24	6,5	20.09.2012
Malaga	43,9	98		41,6	15,72	3,8	23.09.2012
Merlin	41,1	92		42,9	15,17	4,3	22.09.2012
Opaline	48,2	108		41,1	17,02	5,8	21.09.2012
Pollux	51,9	116		43,0	19,20	3,5	21.09.2012
Sirelia	46,3	104		45,4	18,06	6,0	23.09.2012
Solena	43,4	97		45,0	16,80	3,8	22.09.2012
Sultana	44,5	100		44,9	17,18	2,3	21.09.2012
Mittelwert	44,6	100		43,2	16,57	4,5	

Tabelle 202: Standortbeschreibung Eiselau

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage			Blockanlage
Wiederholungen			4
Bewirtschaftungssystem			Konv.
Bodenart			uL
Ackerzahl			55
Jahresmitteltemperatur (°C)			7,2
Ø Jahresniederschlag (mm)			790
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)			609
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			137 (13.06.)
Bodenuntersuchungsdatum			24.01.2012
pH			6,8
Humus (%)			Humos
Gehaltsklasse P			C (13)
Gehaltsklasse K			C (20)
Gehaltsklasse Mg			C (9)

Tabelle 203: Versuchsergebnisse Eiselau

	2011	2012	2013
Saat - Ernte			25.04. – 02.10.2013
Unkrautregulierung			30.04.: 1,0 l/ha Spectrum
PS sonst			
Vorfrucht			Silomais
Impfung			HiStick
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)			
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			
CHU Mai-September			
Bemerkungen			Umgeknickte Pflanzen mit Einschnürungen am Stängel knapp über dem Boden, evtl. Herbizidschaden
Ø Ertrag (dt/ha 86%)			20,6
Ertrag min.-max. (dt)			9,8 – 25,9

Tabelle 204: Daten vom Standort Eiselau (2013)

Sorte	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Amandine	24,3	118		35,4	7,39	3,0	02.10.2013
ES Senator	18,7	90		36,5	5,86	6,0	10.10.2013
Herta PZO	12,3	59		42,2	4,45	9,0	10.10.2013
Merlin	23,4	113		36,5	7,34	2,0	25.09.2013
Opaline	25,9	126		32,0	7,13	5,0	02.10.2013
Pollux	23,3	113		38,3	7,67	5,0	10.10.2013
Protibus	9,8	48		39,7	3,35	7,0	30.09.2013
Sirelia	19,7	95		34,4	5,82	4,0	04.10.2013
Solena	23,8	115		34,9	7,14	2,0	07.10.2013
Sultana	23,7	115		35,7	7,27	2,0	23.09.2013
Tourmaline	22,1	107		32,6	6,20	3,0	10.10.2013
Mittelwert	20,6	100		36,2	6,33	4,4	

Tabelle 205: Standortbeschreibung Bad Hersfeld-Eichhof

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	3	4	4
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	sL	uL	sL
Ackerzahl	52	63	52
Jahresmitteltemperatur (°C)	8,3	8,6	
Ø Jahresniederschlag (mm)	605	675	
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	200	240	
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	74	74	38
Bodenuntersuchungsdatum	24.03.2011	29.05.2012	28.02.2013
pH	6,7	6,0	6,6
Humus (%)	Humos	Humos	Humos
Gehaltsklasse P	D (30)	C (11)	D (25)
Gehaltsklasse K	B (9)	E (51)	B (10)
Gehaltsklasse Mg	C (8)	D (15)	C (12)

Tabelle 206: Versuchsergebnisse BadHersfeld-Eichhof

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	29.04. – 18.10.2011	02.05. – 22.10.2012	24.04. – 30.09.2013
Unkrautregulierung	25.05.: 0,008 kg/ha Harmony SX	04.06.: 1,0 l/ha Basagran	15.05.: 1,0 l/ha Basagran 1,0 l/ha Mero
PS sonst	04.10.: 2,0 l/ha Reglone	02.10.: 4 l/ha Figaro	
Vorfrucht	Winterweizen	Silomais	Silomais
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	95	65	65
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	22,5	22,5	12,9
CHU Mai-September	2787	2703	2678
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	23,5	21,2	34,5
Ertrag min.-max. (dt)	14,7 – 33,3	15,0 – 28,0	29,6 – 37,5

Tabelle 207: Daten vom Standort Bad Hersfeld-Eichhof

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
Sorte					
3-jährig					
Opaline	32,2	126		37,4	10,34
Sultana	28,3	107		42,1	10,14
Lissabon	26,0	101		39,8	8,84
Merlin	26,3	100		40,6	9,03
Aligator	24,8	92		38,9	8,16
Cordoba	23,8	90		38,1	7,72
Mittelwert	26,9	103		39,5	9,04
2-jährig					
Pollux	32,1	118		38,9	10,64
Protina	25,7	115		47,5	10,51
Amandine	29,1	109		41,4	10,26
ES Mentor	29,6	106		37,2	9,50
Capnor	22,6	101		42,0	8,19
OAC-Wallace	28,1	98		36,0	8,46
Primus	27,5	97		42,4	9,90
Solena	25,3	87		37,7	8,20
Mittelwert	27,5	103,8		40,4	9,46

Tabelle 208: Standortbeschreibung Fritzlar

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	uL		
Ackerzahl	68		
Jahresmitteltemperatur (°C)			
Ø Jahresniederschlag (mm)			
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)			
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			53
Bodenuntersuchungsdatum	03.05.2011		21.03.2013
pH	7,0		6,4
Humus (%)	Humos		Humos
Gehaltsklasse P	E (35)		E (46)
Gehaltsklasse K	D (34)		D (26)
Gehaltsklasse Mg	B (8)		C (11)

Tabelle 209: Versuchsergebnisse Fitzlar

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	14.04. – 18.10.2011		25.04. – 22.10.2013
Unkrautregulierung	19.05.: 0,0075 kg/ha Harmony 1,0 l/ha Basagran 0,3 l/ha Trend		25.04.: 2,0 l/ha QUANTUM 0,15 kg/ha Echelon
PS sonst			04.10.: 4,0 l/ha Taifun forte
Vorfrucht	Weißkohl		Zuckerrüben
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	80		65
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	12,5		12,5
CHU Mai-September	2786	2674	2643
Bemerkungen			Bodenbearbeitung pfluglos
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	17,5		27,0
Ertrag min.-max. (dt)	15,2 – 19,3		23,7 – 30,1

Tabelle 210: Daten vom Standort Fritzlar

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
2-jährig (2012+2013)						
Opaline	24,0	107		36,8	7,44	1,8
Sultana	22,9	104		39,0	7,56	1,8
Aligator	22,6	103		38,4	7,42	1,5
Cordoba	22,2	100		38,7	7,39	2,6
Merlin	21,0	96		37,6	6,79	1,9
Lissabon	20,3	92		37,5	6,52	1,6
Mittelwert	22,2	100		38,0	7,19	1,9

Tabelle 211: Standortbeschreibung Gladbacher Hof

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage			
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Öko		
Bodenart	IU		
Ackerzahl	74		
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,5		
Ø Jahresniederschlag (mm)	649		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	185		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	104 (18.05.)	95 (10.05.)	
Bodenuntersuchungsdatum	18.05.2011	18.05.2012	25.05.2013
pH	6,1	6,5	6,5
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	C (11)	A (4)	B (7)
Gehaltsklasse K	C (16)	B (7)	B (9)
Gehaltsklasse Mg	C (11)	C (12)	C (10)

Tabelle 212: Versuchsergebnisse Gladbacher Hof

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	20.04. - 16.09./18.10.11	30.04. - 18.09/25.10.12	23.04. – 02./22.10.13
Unkrautregulierung	16.05.: Hacke 17.05.+03.06.+15.06.: Handhacke	20.+24.05.: Hacke 25.05.+05.06.: Handhacke	03.05.: Blindstriegeln 05.06.: Hacke+Striegel 17.06.: Hacke 05.06.+05.07.: Handhacke
PS sonst			
Vorfrucht	Winterroggen	Winterroggen	Winterroggen
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)			
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			
CHU Mai-September	2876	2809	2675
Bemerkungen	13.08.10: Rindergülle		
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	33,6	27,6	37,8
Ertrag min.-max. (dt)	28,1 – 45,7	13,5 – 36,1	23,8 – 47,1

Tabelle 213: Daten vom Standort Galdbacher Hof

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
Sorte					
3-jährig					
Opaline	41,1	125		39,5	14,02
Lissabon	36,9	113		40,1	12,73
Gallec	36,4	112		41,9	13,11
ES Mentor	37,0	111		44,0	13,90
Merlin	36,2	110		41,1	12,76
Primus	33,9	102		45,9	13,23
Sultana	33,1	100		43,5	12,33
Aveline	31,8	98		43,0	11,76
Cordoba	31,6	94		39,8	10,73
Aligator	31,4	94		40,6	10,94
Aldana	27,4	85		39,9	9,42
Bohemians	27,3	83		40,4	9,45
Petrina	26,2	77		42,5	9,59
Sigalia	25,4	75		42,7	9,25
Mittelwert	32,6	99		41,8	11,66
2-jährig					
Solena	38,2	118		41,1	13,5
Kassidy	36,5	112		44,1	13,8
Protina	32,2	105		48,1	13,3
Malaga	32,3	96		39,4	10,8
Mittelwert	34,8	108		43,2	12,83

Tabelle 214: Standortbeschreibung Frankenhausen

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage			
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Öko		
Bodenart	tU		
Ackerzahl	75		
Jahresmitteltemperatur (°C)	8,5		
Ø Jahresniederschlag (mm)	698		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	230		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)		159	78
Bodenuntersuchungsdatum		04.04.2012	07.05.2012
pH		7,3	6,6
Humus (%)			
Gehaltsklasse P		C (11)	B (6)
Gehaltsklasse K		B (11)	A (8)
Gehaltsklasse Mg		B (7)	B (6)

Tabelle 215: Versuchsergebnisse Frankenhausen

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	02.05. – 01.11.2011	03.05. – 24.10.2012	06.05. – 22.10.2013
Unkrautregulierung		3 x Radhacke 3 x Handhacke	2 x Hacke 2 x Handhacke
PS sonst			
Vorfrucht	Rote Bete	Möhren	Winterweizen
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)			
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			
CHU Mai-September	2888	2729	2609
Bemerkungen		Rindermist zur Vorfrucht	
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	26,4	26,9	34,5
Ertrag min.-max. (dt)	16,4 – 31,1	11,1 – 40,2	27,0 – 39,3

Tabelle 216: Daten vom Standort Frankenhausen

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
Sorte					
3-jährig					
Opaline	35,8	124		38,5	11,82
Gallec	33,1	114		42,2	12,00
ES Mentor	33,2	114		43,0	12,28
Lissabon	32,1	111		40,0	11,08
Merlin	31,0	107		41,0	10,89
Aligator	30,7	105		39,7	10,49
Sultana	28,6	98		42,4	10,40
Bohemians	26,5	92		39,3	8,95
Cordoba	26,7	91		39,9	9,14
Malaga	26,1	88		40,7	9,13
Aveline	25,4	86		42,5	9,27
Mittelwert	29,9	103		40,8	10,50
2-jährig					
Solena	35,4	116		41,2	12,5
Amandine	33,3	112		41,0	11,8
Capnor	29,2	110		38,9	9,8
Protina	27,5	103		45,5	10,8
Silesia	31,0	101		42,3	11,3
Primus	29,7	95		45,0	11,4
Sirelia	29,4	93		41,1	10,4
Josefine	26,4	85		40,2	9,1
Mittelwert	30,2	102		41,9	10,88

Tabelle 217: Standortbeschreibung Großaitingen

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	sL		
Ackerzahl	70		
Jahresmitteltemperatur (°C)	7,8	7,9	
Ø Jahresniederschlag (mm)	797	820	
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	480	542	
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	55	77	
Bodenuntersuchungsdatum	09.03.2011	12.03.2012	
pH	6,9	6,5	
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	C (15)	B (6)	
Gehaltsklasse K	C (19)	B (13)	
Gehaltsklasse Mg	C (9)	D (14)	

Tabelle 218: Versuchsergebnisse Großaitingen

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	21.04. – 05.10.2011	27.04. – 17.09.2012	
Unkrautregulierung	21.04.: 0,8 l/ha Spectrum 0,2 l/ha Centium 0,2 kg/ha Sencor WG	27.04.: 1,0 l/ha Spectrum 0,25 l/ha Centium 0,4 kg/ha Sencor WG	
PS sonst			
Vorfrucht	Wintergerste	Winterweizen	
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	70	
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	12,9	12,9	
CHU Mai-September	2662	2705	2396
Bemerkungen			Hagel
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	30,9	37,5	
Ertrag min.-max. (dt)	22,9 – 39,9	33,8 – 41,5	

Tabelle 219: Daten vom Standort Großaitingen

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
2-jährig (2012+2013)						
ES Mentor	40,7	120		45,1	15,76	2,0
Lissabon	35,9	106		42,1	12,98	4,3
Sultana	35,2	103		45,8	13,84	3,5
Merlin	34,0	100		43,8	12,80	3,5
Aligator	32,9	97		42,0	11,84	3,6
Mittelwert	35,7	105		43,7	13,44	3,4

Tabelle 220: Standortbeschreibung Gottmannsdorf

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage		Blockanlage	
Wiederholungen		4	
Bewirtschaftungssystem		Konv.	
Bodenart		sL	
Ackerzahl		40	43
Jahresmitteltemperatur (°C)		8,7	
Ø Jahresniederschlag (mm)		660	
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)		388	
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)		157	42
Bodenuntersuchungsdatum		02.04.2012	26.03.2013
pH		5,6	5,9
Humus (%)		Humos	Humos
Gehaltsklasse P		C (13)	C (11)
Gehaltsklasse K		C (24)	D (26)
Gehaltsklasse Mg		C (13)	C (11)

Tabelle 221: Versuchsergebnisse Gottmannsdorf

	2011	2012	2013
Saat - Ernte		27.04. – 18.09.2012	18.04. – 02.10.2013
Unkrautregulierung		02.05.: 1,0 l/ha Spectrum 0,25 l/ha Centium 0,4 kg/ha Sencor WG 04.06.: 1,0 l/ha Basagran 0,5 l/ha Oleo FC	22.04.: 1,0 l/ha Spectrum 0,25 l/ha Centium 0,4 kg/ha Sencor WG 15.06.: 2,0 l/ha Fusilade MAX
PS sonst			
Vorfrucht		Sojabohnen	Winterweizen
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)		65	65
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)		13	13
CHU Mai-September			
Bemerkungen		Blüten vertrocknet pfluglos	Ackerwinden + Disteln Stallmist, pfluglos

Ø Ertrag (dt/ha 86%)		17,1	27,1
Ertrag min.-max. (dt)		12,6 – 21,6	22,8 – 29,7

Tabelle 222: Daten vom Standort Gottmannsdorf

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
2-jährig (2012+2013)						
Sultana	25,6	118		41,7	9,11	1,1
Pollux	23,2	105		39,3	7,70	1,0
Lissabon	22,7	104		38,7	7,43	1,0
Merlin	21,4	100		39,7	7,24	1,0
Opaline	21,2	96		38,2	6,81	1,1
ES Mentor	20,5	89		41,4	7,17	1,0
Solena	19,9	87		39,6	6,62	1,3
Mittelwert	22,0	100		39,8	7,44	1,1

Tabelle 223: Standortbeschreibung Mühlhausen

	2011	2012	2013
Gewann/Ort	Mühlhausen	Maibach	Sulzthal
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	3		
Bewirtschaftungssystem	Öko		
Bodenart	L		
Ackerzahl	75		
Jahresmitteltemperatur (°C)	9	9	9,5
Ø Jahresniederschlag (mm)	640	600	540
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	260	300	300
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			132
Bodenuntersuchungsdatum	15.04.2009	13.11.2008	
pH	7,0	6,9	6,6
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	C (19)	C (13)	C (15)
Gehaltsklasse K	B (12)	B (12)	C (20)
Gehaltsklasse Mg			

Tabelle 224: Versuchsergebnisse Mühlhausen

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	26.04. – 17.10.2011	04.05. – 04.10.2012	08.05. – 08.10.2013
Unkrautregulierung	2 x Rollhacke Handhacke	1 x Striegel Handhacke	Handhacke
PS sonst			
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen (Kleeuntersaat)
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)			
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			
CHU Mai-September	2835	2822	2668
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	29,8	20,9	21,0
Ertrag min.-max. (dt)	19,5 – 36,4	11,9 -26,0	14,7 – 24,9

Tabelle 225: Daten vom Standort Mülhausen

Sorte	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
3-jährig					
Lissabon	26,7	110		38,8	9,04
Gallec	26,0	108		41,3	9,36
Merlin	25,1	106		40,5	8,82
Aligator	24,6	102		39,9	8,53
Cordoba	23,6	99		38,9	7,96
Aveline	23,4	97		42,2	8,56
Mittelwert	24,9	103		40,3	8,71
2-jährig					
ES Mentor	29,8	118		43,3	11,17
Amandine	24,5	116		38,9	8,39
Alma Ata	26,9	108		41,5	9,62
Sultana	26,0	102		42,6	9,59
Solena	20,3	97		39,4	7,86
Protina	23,6	94		45,6	9,28
Capnor	23,2	90		40,4	8,16
Bohemians	232,5	89		41,1	7,96
Mittelwert	24,6	102		41,6	8,88

Tabelle 226: Standortbeschreibung Großenstein

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	L		
Ackerzahl	58		
Jahresmitteltemperatur (°C)	7,8		
Ø Jahresniederschlag (mm)	608		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	300		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	71	87	
Bodenuntersuchungsdatum	12.01.2011	02.11.2011	
pH	6,5	6,8	
Humus (%)	Humos	Humos	
Gehaltsklasse P	C (12)	C (17)	
Gehaltsklasse K	C (23)	C (18)	
Gehaltsklasse Mg	D (16)	E (27)	

Tabelle 227: Versuchsergebnisse Großenstein

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	27.04. – 14.10.2011	02.05. – 23.10.2012	
Unkrautregulierung	27.04.: 0,4 kg/ha Sencor WG	04.05.: 0,4 kg/ha Sencor WG	
PS sonst	27.04.: 4 l/ha Contans gegen Sclerotinia		
Vorfrucht	Hafer (Grünnutzung)	Winterweizen	
Impfung	HiStick	HiStick	
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	70	
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	30	30	
CHU Mai-September			
Bemerkungen		Hagel im Juli und Sommertrockenheit	
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	27,3	26,9	
Ertrag min.-max. (dt)	23,4 – 32,4	23,6 -32,3	

Tabelle 228: Daten vom Standort Großenstein

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
2-jährig (2012+2013)							
OAC-Wallace	30,8	114		40,3	10,67	3,9	25. Sep.
ES Mentor	30,7	113		44,5	11,75	1,5	26. Sep.
Lissabon	29,8	110		41,0	10,50	2,9	14. Sep.
Sultana	29,2	108		44,7	11,23	2,5	13. Sep.
Merlin	29,0	107		42,2	10,52	3,3	8. Sep.
Aligator	28,3	104		41,3	10,05	2,0	16. Sep.
Suedina	27,7	102		44,5	10,60	2,4	23. Sep.
Cordoba	26,8	99		40,5	9,34	3,3	24. Sep.
Alma Ata	26,2	97		43,1	9,70	2,3	23. Sep.
Sigalia	25,1	93		44,6	9,63	3,5	1. Okt.
Primus	25,0	92		48,2	10,37	2,3	18. Sep.
Malaga	24,6	91		41,6	8,77	2,6	27. Sep.
Lotus	24,4	90		47,3	9,93	1,8	21. Sep.
Mittelwert	27,5	101		43,4	10,24	2,6	

Tabelle 229: Standortbeschreibung Dornburg

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage		Blockanlage	
Wiederholungen		4	
Bewirtschaftungssystem		Konv.	
Bodenart		tU	
Ackerzahl		61	
Jahresmitteltemperatur (°C)		8,1	
Ø Jahresniederschlag (mm)		578	
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)		260	
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	52	64	41
Bodenuntersuchungsdatum	21.10.2010	16.08.2011	30.07.2012
pH	7,1	7,3	6,6
Humus (%)	Schwach humos	Schwach humos	
Gehaltsklasse P	D (31)	D (25)	D (22)
Gehaltsklasse K	C (19)	C (17)	C (17)
Gehaltsklasse Mg	D (16)	D (17)	C (13)

Tabelle 230: Versuchsergebnisse Dornburg

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	26.04. – 26.09.2011	26.04. – 18.10.2012	25.04. – 25.09.2013
Unkrautregulierung	28.04.: 0,3 kg/ha Sencor WG	27.04.: 0,35 kg/ha Sencor WG	27.04.: 0,35 kg/ha Sencor WG
PS sonst		3 l/ha Reglone	
Vorfrucht	Winterroggen	Winterroggen	Gemenge Getreide/ Körnerleguminosen
Impfung	keine		
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	70	
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	21	21	
CHU Mai-September	2891		
Bemerkungen	22.06.: 1,5 dt/ha KAS, da keine Impfung	Mängel im Aufgang durch Trockenheit	
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	Versuch nicht gewertet	28,2	30,2
Ertrag min.-max. (dt)		15,1 – 35,9	25,2 – 33,8

Tabelle 231: Daten vom Standort Dornburg

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
Sorte					
2-jährig (2012+2013)					
Cordoba	32,6	112		39,9	11,18
Merlin	31,4	108		42,3	11,41
Alligator	30,7	106		41,8	11,06
Suedina	30,0	103		43,4	11,19
Primus	30,0	103		47,5	12,25
Maple Arrow	29,8	102		41,9	10,74
ES Mentor	29,8	102		44,1	11,30
Sultana	28,9	99		42,1	10,45
Lissabon	28,9	99		41,0	10,17
Alma Ata	28,4	97		43,0	10,48
OAC-Wallace	26,4	90		39,5	8,84
Amandine	20,2	69		43,7	7,52
Mittelwert	28,9	99		42,5	10,55

Tabelle 232: Standortbeschreibung Beetzendorf

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	IS		
Ackerzahl	45		
Jahresmitteltemperatur (°C)	8,4		
Ø Jahresniederschlag (mm)	575		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	47		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	41	58	92
Bodenuntersuchungsdatum	09.08.2010	05.08.2011	02.08.2012
pH	6,0	5,6	6,8
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	C (10)	C (12)	C (16)
Gehaltsklasse K	B (8)	B (10)	B (7)
Gehaltsklasse Mg	B (4)	B (4)	A (3)

Tabelle 233: Versuchsergebnisse Beetzendorf

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	21.04. – 26.09.2011	07.05. – 18.10.2012	23.04. – 07.10.2013
Unkrautregulierung	27.04.: 0,4 kg/ha Sencor WG 18.05.: 2,0 l/ha Basagran	08.05.: 2,0 l/ha Stomp Aqua 0,3 kg/ha Sencor WG	24.04.: 0,75 l/ha Spectrum 0,3 l/ha Centium 0,5 kg/ha Sencor WG 28.05.: 2,0 l/ha Aramo
PS sonst		01.08.: 0,1 l/ha Karate	
Vorfrucht	Winterroggen	Erbsen	Erbsen
Impfung			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	70	70
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)	25	25	25
CHU Mai-September			
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	33,4	27,7	23,6
Ertrag min.-max. (dt)	27,9 – 37,8	24,3 – 30,6	20,7 – 26,6

Tabelle 234: Daten vom Standort Beetendorf

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte	Reifedatum
Sorte							
3-jährig							
Lissabon	31,1	110		40,1	10,73	3,5	21. Sep.
Merlin	29,4	104		41,3	10,44	4,3	15. Sep.
Cordoba	28,3	101		40,0	9,75	4,0	22. Sep.
Alma Ata	28,2	100		42,1	10,21	2,3	21. Sep.
Sultana	28,2	99		43,7	10,61	3,4	23. Sep.
Aligator	27,6	97		40,9	9,70	2,8	21. Sep.
Mittelwert	28,8	102		41,3	10,24	3,4	
2-jährig							
OAC-Wallace	33,0	108		39,5	11,23	5,4	22. Sep.
Amandine	26,5	103		41,9	9,52	3,5	26. Sep.
ES Mentor	30,8	101		44,0	11,65	4,1	24. Sep.
Suedina	30,0	99		43,7	11,30	5,5	17. Sep.
Malaga	29,8	97		40,8	10,41	5,1	24. Sep.
Sigalia	29,6	96		43,9	11,16	6,4	26. Sep.
Primus	27,3	89		46,4	10,88	4,1	16. Sep.
Lotus	26,3	86		48,0	10,86	3,5	16. Sep.
Mittelwert	29,2	97		43,5	10,88	4,7	

Tabelle 235: Standortbeschreibung Ehra-Lessien

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage	Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Öko		
Bodenart	S		
Ackerzahl	18		
Jahresmitteltemperatur (°C)			
Ø Jahresniederschlag (mm)			
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	74		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)	75 mm in 4 Gaben	40 mm in 2 Gaben	
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)			
Bodenuntersuchungsdatum			
pH	5,3	5,2	
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	B	B	
Gehaltsklasse K	A	A	
Gehaltsklasse Mg	B	A	

Tabelle 236: Versuchsergebnisse Ehra-Lessien

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	05.05. – 21.+29.09.11	08.05. -19.09.+11.10.12	
Unkrautregulierung			
PS sonst			
Vorfrucht	Hafer	Hafer	
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m ²)	70	70	
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)	5	3	
Reihenabstand (cm)	40	40	
CHU Mai-September			
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	27,3	15,4	
Ertrag min.-max. (dt)	12,1 – 33,8	7,7 – 18,8	

Tabelle 237: Daten vom Standort Ehra-Lessien

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
Sorte					
2-jährig (2012+2013)					
Gallec	27,9	133		41,9	10,00
Merlin	26,1	122		40,8	9,31
Lissabon	23,9	112		41,1	8,55
Sultana	23,5	111		43,8	8,91
Protina	23,4	110		47,2	9,64
Aligator	23,7	108		42,9	8,83
Aveline	21,1	96		43,0	7,87
Bohemians	17,7	86		40,1	6,14
Augusta	12,6	65		37,9	4,10
Aldana	12,7	58		39,8	4,44
Mittelwert	21,3	100		41,8	7,78

Tabelle 238: Standortbeschreibung Osnabrück öko

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage			
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Öko		
Bodenart	IS		
Ackerzahl	38 - 40		60
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,1		
Ø Jahresniederschlag (mm)	780		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	96		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	119	25	57
Bodenuntersuchungsdatum	10.05.2011	12.04.2012	
pH	5,1	5,1	
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	B (7)	B (7)	
Gehaltsklasse K	A (3)	A (5)	
Gehaltsklasse Mg	B (4)	A (3)	

Tabelle 239: Versuchsergebnisse Osnabrück öko

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	27.04. – 30.09.-25.10.11	30.04. – 11.+20.10.12	05.05. – 02./07./22.11.2013
Unkrautregulierung	05.05.: Striegel 11.05.:Hacke+Striegel 4 x Fingerhacke 11.07.: Handhacke	08.05.: Striegel 20.05.: Hacke 3 x Fingerhacke 27.06.: Flachhäufler 2 x Handhacke	06.05.: Striegel 28.05.:Hacke+Striegel 3 x Fingerhacke
PS sonst			
Vorfrucht	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln
Impfung			
Saatstärke (kf. K./m ²)			
Bestand-dichte (P/m ²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			
CHU Mai-September	2880	2720	2678
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	31,3	24,4	25,5
Ertrag min.-max. (dt)	24,2 – 40,5	14,9 – 31,0	19,9 – 29,0

Tabelle 240: Daten vom Standort Osnabrück öko

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
Sorte						
3-jährig						
Sultana	31,3	116		41,5	11,22	1,0
ES Mentor	30,4	111		41,7	10,97	1,0
Aligator	29,7	111		39,1	10,01	1,0
Lissabon	28,6	106		38,9	9,61	1,2
Merlin	28,6	105		38,6	9,59	1,0
Gallec	28,0	104		39,2	9,48	1,0
Opaline	26,6	98		37,4	8,62	1,2
Aveline	25,4	93		41,0	9,03	1,0
Cordoba	22,5	82		37,3	7,20	1,1
Bohemians	21,7	80		39,2	7,34	1,0
Mittelwert	27,3	101		39,4	9,31	1,0
2-jährig						
Sirelia	26,8	108		36,7	8,46	1,0
Solena	25,3	101		37,9	8,24	1,0
Protina	27,9	101		44,4	10,71	1,0
Aldana	24,7	100		38,8	8,25	1,0
Amandine	24,5	98		38,5	8,11	1,0
Augusta	22,6	91		36,6	7,13	1,0
Mittelwert	25,3	100		38,8	8,48	1,0

Tabelle 241: Standortbeschreibung Osnabrück konventionell

	2011	2012	2013
Gewinn			
Versuchsanlage			
Wiederholungen	4		
Bewirtschaftungssystem	Konv.		
Bodenart	IS		
Ackerzahl	42		
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,4		
Ø Jahresniederschlag (mm)	760		
Jahresniederschlag (mm) ist			
Höhe über NN (m)	67		
Nutzbare Feldkapazität (mm)			
Durchwurzelbarkeit			
Beregnung (mm)			
Klimat. Wasserbilanz (mm)			
Nmin zu Veg. Beg. (kg/ha)	114	16	
Bodenuntersuchungsdatum	11.05.2011		
pH	6,2		
Humus (%)			
Gehaltsklasse P	C (15)		
Gehaltsklasse K	B (11)		
Gehaltsklasse Mg	B (6)		

Tabelle 242: Versuchsergebnisse Osnabrück konventionell

	2011	2012	2013
Saat - Ernte	27.04. -24.10.2011	29.04. – 10./21.10.12	02.05. – 02./07./22.10.2013
Unkrautregulierung	18.05.: Herbizideinsatz 19.07.: Handhacke	04.05.: 1,5 l/ha Stomp Aqua 01.06.: Hanmony+Basagran mit 75% Aufwandmenge	04.05.: 2,0 l/ha Stomp Aqua
PS sonst			
Vorfrucht	Wintergerste	Wintergerste	Wintergerste
Impfung			
Abdeckung (Zeitraum)			
Saatstärke (kf. K./m²)			
Bestand-dichte (P/m²)			
Saattiefe (cm)			
Reihenabstand (cm)			
CHU Mai-September	2880	2720	2678
Bemerkungen			
Ø Ertrag (dt/ha 86%)	28,7	21,6	29,3
Ertrag min.-max. (dt)	14,7 – 38,0	15,2 – 26,1	23,1 – 36,0

Tabelle 243: Daten vom Standort Osnabrück konventionell

Sorte	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)	Lager vor der Ernte
3-jährig						
ES Mentor	32,8	123		42,9	12,13	1,0
Lissabon	32,4	122		38,8	10,93	1,0
Opaline	29,9	112		39,3	10,14	2,3
Gallec	29,6	111		41,7	10,62	1,0
Sultana	29,1	110		41,5	10,45	1,0
Merlin	27,2	102		38,8	9,09	3,0
Aligator	26,7	101		39,1	9,02	2,7
Cordoba	25,4	95		38,4	8,44	2,0
Bohemians	24,1	93		39,3	8,12	1,0
Augusta	23,9	92		38,3	7,88	2,7
Aveline	24,2	91		41,7	8,70	1,2
Aldana	23,0	89		38,2	7,56	1,0
Mittelwert	27,4	103		39,8	9,42	1,7
2-jährig						
Amandine	24,0	94		40,3	8,30	1,0
Solena	23,9	93		40,2	8,29	1,0
Protina	22,5	90		46,6	9,02	1,0
Sirelia	21,9	84		39,6	7,50	5,0
Mittelwert	23,1	90		41,7	8,28	2,0

Tabelle 244: Daten vom Standort Groß Lüsewitz

	Ertrag (dt/ha) (86% TS)	Relativ zu Stand- ortmittel	Korrelations- koeffizient	XP (%)	XP (dt/ha)
Sorte					
3-jährig					
Kassidy	24,5	133		43,5	9,18
Merlin	23,2	130		38,5	7,67
ES Mentor	22,5	121		42,2	8,15
Aligator	21,1	116		39,2	7,11
Paradis	19,5	113		41,0	6,86
Lissabon	19,8	112		38,4	6,54
Opaline	20,2	112		38,2	6,67
Primus	19,8	111		43,1	7,37
Gallec	19,3	111		40,2	6,69
Moravians	19,9	110		41,2	7,05
Sultana	20,6	109		40,2	7,16
Protina	19,5	108		44,0	7,38
Bohemians	18,2	106		39,0	6,12
Malaga	18,3	101		39,6	6,24
Alma Ata	17,5	98		39,8	6,00
Cordoba	17,7	95		39,4	5,99
Petrina	17,5	93		39,3	5,90
Augusta	15,1	91		35,8	4,63
Aveline	16,3	90		41,4	5,80
Josefine	15,2	84		39,3	5,13
Mittelwert	16,8	93		39,2	5,67
2-jährig					
Klaxon	18,4	107		38,0	6,01
Capnor	19,1	105		39,4	6,45
Sevilla	18,5	104		39,6	6,34
Lotus	17,1	96		46,2	6,82
OAC-Wallace	18,9	90		38,2	6,24
OAC-Erin	16,0	85		41,7	5,71
Suedina	16,2	83		42,3	5,90
Aldana	12,4	83		39,5	4,21
Tundra	15,2	82		40,0	5,23
Supra	16,4	79		38,5	5,44
Mittelwert	16,8	91		40,3	5,83

Tabelle 245: Übersicht über die Relativerträge an den Standorten der Region 3

Relativertrag Sorte	Eichhof	Gladbacher-Hof	Frankenhausen	Mühlhausen	Betzen-dorf	Osnabrück öko	Osnabrück konv.	Groß Lüsewitz	Mittelwert der Sorten Anzahl Standorte			
									5	6	7	8
3-jährig												
Aldana		85					89					
Aligator	92	94	105	102	97	111	101	116				102
Alma Ata					100			98				
Augusta							92	91				
Aveline		98	86	97		93	91	90		92		
Bohemians		83	92			80	93	106	91			
Cordoba	90	94	91	99	101	82	95	95				93
ES Mentor		111	114			111	123	121	116			
Gallec		112	114	108		104	111	111		110		
Josefine								84				
Kassidy								133				
Lissabon	101	113	111	110	110	106	122	112				111
Malaga			88					101				
Merlin	100	110	107	106	104	105	102	130				108
Moravians								110				
Opaline	126	125	124			98	112	112		116		
Paradis								113				
Petrina		77						93				
Primus		102						111				
Protina								108				
Sigalia		75										
Sultana	107	100	98		99	116	110	109			106	
Mittelwert abs.	26,9	32,6	29,9	25,3	28,8	27,3	27,4	19,6				

Tabelle 246: Sortenerträge (bei 86% TM) über alle Standorte der Region 3

Region 3	2011				2012				2013				Ø d. Jahre 2011 - 2013 n = 40			
	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min	Ertrag	Anz.	max	min
Merlin	29,9	13	38,6	18,0	26,8	15	41,1	18,6	27,4	12	38,6	20,3	28,0	40	41,1	18,0
Lissabon	30,8	13	39,6	16,8	26,9	14	36,1	16,9	27,5	11	36,5	16,3	28,4	38	39,6	16,3
Sultana	31,3	12	35,2	18,9	25,9	14	44,5	13,0	28,1	11	36,9	16,5	28,3	37	44,5	13,0
Aligator	29,2	12	33,8	19,3	23,6	13	34,2	15,2	28,5	10	39,0	19,3	26,9	35	39,0	15,2
Cordoba	26,7	13	34,9	17,5	23,9	12	42,1	11,6	27,9	10	38,2	16,4	26,1	35	42,1	11,6
ES Mentor	33,8	10	40,5	22,4	26,1	13	41,5	12,6	33,2	9	47,1	23,3	30,5	32	47,1	12,6
Opaline	31,9	7	45,7	18,2	29,5	9	48,2	15,7	30,2	9	42,4	18,0	30,4	25	48,2	15,7
Gallec	32,0	7	36,2	23,2	25,5	8	36,1	20,5	27,5	7	36,9	14,0	28,2	22	36,9	14,0
Aveline	24,6	9	31,5	16,0	20,7	7	32,5	12,2	24,8	6	31,9	15,0	23,4	22	32,5	12,2
Bohemians	23,0	10	28,5	17,6	21,5	7	28,5	15,1	23,2	5	31,1	14,0	22,5	22	31,1	14,0
Solena					25,3	10	43,4	12,9	30,3	11	41,2	21,8	27,9	21	43,4	12,9
Amandine					25,3	11	44,1	14,4	26,4	9	31,1	22,4	25,8	20	44,1	14,4
Protina	26,0	10	35,5	18,2	23,7	9	31,7	14,8	19,6	1	19,6	19,6	24,6	20	35,5	14,8
Primus	23,6	5	30,1	11,2	24,5	8	31,7	16,3	32,3	6	43,7	19,5	26,7	19	43,7	11,2
Petrina	22,5	12	32,2	14,7	11,5	2	13,5	9,6	27,1	2	36,8	17,4	21,7	16	36,8	9,6
Malaga	25,7	5	34,1	21,5	26,1	7	43,9	12,1	33,3	3	42,6	20,2	27,4	15	43,9	12,1
Capnor	26,7	8	34,8	17,1	23,4	6	40,9	14,8					25,3	14	40,9	14,8
Aldana	24,6	4	30,7	17,4	20,6	5	29,5	7,9	20,1	4	24,9	11,7	21,7	13	30,7	7,9
Sirelia					23,4	6	46,3	14,8	27,4	6	39,3	19,7	25,4	12	46,3	14,8
Alma Ata	26,9	4	32,5	21,7	24,4	5	28,5	14,6	23,4	3	30,6	16,1	25,0	12	32,5	14,6
OAC-Wallace	33,8	3	37,8	31,5	20,7	5	29,5	6,3	33,2	3	37,3	30,1	27,7	11	37,8	6,3
Augusta	19,6	4	28,9	12,1	20,0	4	23,9	13,2	19,3	3	24,5	12,2	19,7	11	28,9	12,1
Pollux					34,0	4	51,9	18,0	30,1	6	41,5	22,5	31,7	10	51,9	18,0
Sigalia	28,7	4	34,8	23,3	22,9	4	28,8	14,1	31,0	1	31,0	31,0	26,4	9	34,8	14,1
Suedina	26,7	3	30,6	23,9	25,2	4	33,0	8,6	26,9	1	26,9	26,9	26,0	8	33,0	8,6
Klaxon	24,0	7	28,2	18,6	17,6	1	17,6	17,6					23,2	8	28,2	17,6
Kassidy	34,1	1	34,1	34,1	23,9	2	32,1	15,8	31,5	4	40,8	23,7	29,7	7	40,8	15,8
Lotus	23,7	3	27,9	19,9	21,7	4	25,5	14,4					22,6	7	27,9	14,4
Daccor	30,6	6	34,9	27,3									30,6	6	34,9	27,3
Tourmaline									26,4	5	32,4	20,0	26,4	5	32,4	20,0
ES Senator									24,5	5	33,2	15,6	24,5	5	33,2	15,6
Josefine	17,0	1	17,0	17,0	15,4	2	21,4	9,4	25,3	2	31,3	19,3	19,7	5	31,3	9,4

Protibus									20,5	4	30,0	9,8	20,5	4	30,0	9,8
Annushka					9,7	4	11,9	7,7					9,7	4	11,9	7,7
Korus									30,9	3	35,7	27,4	30,9	3	35,7	27,4
Silesia					26,7	1	26,7	26,7	29,9	2	35,2	24,5	28,8	3	35,2	24,5
Maple Arrow	25,5	1	25,5	25,5	29,8	1	29,8	29,8	29,8	1	29,8	29,8	28,4	3	29,8	25,5
Herta PZO									21,4	3	29,2	12,3	21,4	3	29,2	12,3
Moravians	25,1	1	25,1	25,1	15,4	1	15,4	15,4	19,1	1	19,1	19,1	19,9	3	25,1	15,4
Paradis	21,0	1	21,0	21,0	20,9	1	20,9	20,9	16,5	1	16,5	16,5	19,5	3	21,0	16,5
Sevilla	21,5	1	21,5	21,5	15,5	1	15,5	15,5					18,5	2	21,5	15,5
Supra	26,6	1	26,6	26,6	6,1	1	6,1	6,1					16,4	2	26,6	6,1
OAC-Erin	21,6	1	21,6	21,6	10,4	1	10,4	10,4					16,0	2	21,6	10,4
Tundra	19,5	1	19,5	19,5	10,9	1	10,9	10,9					15,2	2	19,5	10,9
Champion PZO	24,1	1	24,1	24,1	5,2	1	5,2	5,2					14,7	2	24,1	5,2
PZO Silvia									33,3	1	33,3	33,3	33,3	1	33,3	33,3
Sinara	26,2	1	26,2	26,2									26,2	1	26,2	26,2
Cardiff	24,0	1	24,0	24,0									24,0	1	24,0	24,0
Proteix	23,7	1	23,7	23,7									23,7	1	23,7	23,7
Naya	21,1	1	21,1	21,1									21,1	1	21,1	21,1
Flavia	21,0	1	21,0	21,0									21,0	1	21,0	21,0
Corbett	17,9	1	17,9	17,9									17,9	1	17,9	17,9
Nova	16,9	1	16,9	16,9									16,9	1	16,9	16,9
NL 06.310	16,0	1	16,0	16,0									16,0	1	16,0	16,0
NL 06.086	15,2	1	15,2	15,2									15,2	1	15,2	15,2
Favorit					9,1	1	9,1	9,1					9,1	1	9,1	9,1
Gracia					8,2	1	8,2	8,2					8,2	1	8,2	8,2
ST.200378					4,2	1	4,2	4,2					4,2	1	4,2	4,2
Mittel d. Standorte	27,1	13	33,6	17,5	25,7	15	44,6	13,2	27,4	12	37,8	17,5	26,7	40	44,6	13,2

10.6 Arbeitspaket 3a

Tabelle 247: Bonituren in Saatzeit Versuche, Standort Waldhof Osnabrück 2011

2011									
Sorte	Termin	BD	Hülsen Pflanze	Körner/ Hülse	Parz. Ertrag (dt/ha)	Protein gehalt (%)	TKM (g)	Pflanz. Länge (cm)	unterster Hülsen- ansatz (cm)
Aveline	T1	42	25	1,6	16,8	42,7	246,4	62,5	5,9
Gallec	T1	40	26	2,2	20,7	40,9	251,2	53,8	7,7
Aveline	T2	33	23	1,8	21,2	42,8	249,1	59,0	4,8
Gallec	T2	40	20	2,2	26,2	42,2	259,8	59,8	6,0
Aveline	T3	44	20	2,0	20,1	43,8	256,3	62,0	6,0
Gallec	T3	42	23	2,1	27,1	43,0	259,0	61,3	5,4

10.7 Arbeitspaket 3b

Tabelle 248: Bonituren in Verfrühungsmaßnahmen, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013

Jahr	2011								
	ohne Abdeckung (Kontrolle)			Vlies			Folie		
Bonitur/Sorte	Sultana	Gallec	Klaxon	Sultana	Gallec	Klaxon	Sultana	Gallec	Klaxon
Bestandesdichte	-	47	50	-	48	56	-	49	50
Anzahl Hülsen/ Pflanze	-	21,6	22,6	-	20,6	23,7	-	20,1	24,3
Anzahl Körner/ Hülse	-	2,0	1,9	-	2,0	2,0	-	2,0	1,9
Tausendkornmasse (g)	-	232,4	206,4	-	235,0	206,4	-	233,2	205,9
Pflanzenlänge (cm)	-	62,9	54,7	-	50,2	55,5	-	56,2	50,1
unterster Hülsenansatz (cm)	-	7,9	6,5	-	8,4	5,7	-	8,0	5,9
Jahr	2012								
Bestandesdichte	16	19	-	30	44	-	40	45	-
Anzahl Hülsen/ Pflanze	33	36	-	27	21	-	27	22	-
Anzahl Körner/ Hülse	1,7	2,2	-	1,6	2,1	-	1,8	2,2	-
Tausendkornmasse (g)	229,6	219,4	-	223,9	201,9	-	233,7	208,5	-
Pflanzenlänge (cm)	43,6	73,7	-	76,6	93,5	-	76,1	92,7	-
unterster Hülsenansatz (cm)	6,8	6,9	-	8,8	9,8	-	9,1	8,3	-
Jahr	2013								
Bestandesdichte	27	26	-	29	33	-	28	26	-
Anzahl Hülsen/ Pflanze	24	22	-	19	19	-	28	28	-
Anzahl Körner/ Hülse	2,1	2,0	-	2,0	2,0	-	2,1	2,1	-
Tausendkornmasse (g)	194,1	199,1	-	209,6	208,0	-	201,1	204,4	-
Pflanzenlänge (cm)	54,6	46,7	-	49,1	42,2	-	55,0	49,0	-
unterster Hülsenansatz (cm)	5,8	5,4	-	6,4	5,8	-	6,4	6,4	-

Tabelle 249: Ergebnisse Bodenanalyse (Nmin Bodenschicht 0 - 30 cm) in Verfrühungsmaßnahmen, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013

	Klaxon			Gallec		
N min 0-30 cm	Kontrolle	Vlies	Folie	Kontrolle	Vlies	Folie
	2011					
Aussaat	43,2	48,6	53,3	40,7	46,8	42,2
Ernte	9,9	14,9	10,9	12,7	12,9	16,5
	Sultana			Gallec		
	2012					
Aussaat	44,9	55,0	48,5	42,2	60,7	54,1
Ernte	13,4	21,9	21,6	14,6	23,2	19,3
	2013					
Aussaat	67,0	39,1	61,9	45,3	47,3	62,8
Ernte	11,7	10,6	10,7	10,6	11,2	11,4

10.8 Arbeitspaket 3c

Tabelle 250: Bonituren in Beikrautregulationsverfahren, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013

Jahr	2011							
	Kontrolle		Torsionshacke		Fingerhacke		Flachhäufler	
Bonitur/Sorte	Bohemians	Aveline	Bohemians	Aveline	Bohemians	Aveline	Bohemians	Aveline
Bestandesdichte	46	45	49	50	45	49	47	52
Anzahl Hülsen/Pflanze	14	20	14	20	14	19	15	18
Anzahl Körner/Hülse	2,1	1,8	2,1	1,8	2,1	1,8	2,1	1,9
Tausendkornmasse (g)	268,8	227,2	275,5	234,6	268,6	233,9	271,3	236,1
Pflanzenlänge (cm)	50,5	57,2	54,9	56,8	66,7	59,0	64,1	57,6
unterster Hülsenansatz (cm)	7,7	5,6	7,4	6,8	8,6	6,8	6,6	6,2
Jahr	2012							
Bestandesdichte	33	34	29	27	30	35	30	37
Anzahl Hülsen/Pflanze	28	32	30	38	31	33	31	33
Anzahl Körner/Hülse	2,2	1,8	2,3	2,0	2,3	2,0	2,3	2,0
Tausendkornmasse (g)								
Pflanzenlänge (cm)	75,4	64,5	65,5	89,5	73,5	84,3	65,8	92,9
unterster Hülsenansatz (cm)	8,3	10,7	8,0	11,1	5,3	10,2	7,8	9,9
Jahr	2013							
Bestandesdichte	22	32	23	30	23	34	24	29
Anzahl Hülsen/Pflanze	22	24	25	24	24	26	25	28
Anzahl Körner/Hülse	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Tausendkornmasse (g)	254,9	222,6	252,6	229,0	261,1	215,8	252,5	223,3
Pflanzenlänge (cm)	65,1	72,8	63,8	72,6	64,4	71,7	66,4	73,3
unterster Hülsenansatz (cm)	5,2	8,4	5,5	8,3	5,8	9,0	5,2	8,4

Tabelle 251: Ergebnisse Bodenanalyse (N_{min} Bodenschicht 0 - 30 cm) in Beikrautregulationsverfahren, Standort Waldhof Osnabrück 2011 bis 2013

	Bohemians				Aveline			
N min 0-30 cm	Kontrolle	Torsionshacke	Fingerhacke	Flachhäufler	Kontrolle	Torsionshacke	Fingerhacke	Flachhäufler
	2011							
Aussaat	39,6	28,3	45,5	45,7	42,8	48,1	43,5	47,2
Ernte	8,7	7,0	10,7	10,2	16,1	20,8	16,7	16,9
	2012							
Aussaat	54,4	63,4	55,3	56,1	58,1	38,0	55,0	54,1
Ernte	7,4	9,4	6,9	14,8	9,1	7,0	12,9	8,5
	2013							
Aussaat	49,4	53,3	28,6	53,6	57,8	57,3	56,2	53,0
Ernte	-	-	-	-	-	-	-	-

10.9 Arbeitspaket 3d

Tabelle 252: Übersicht über die Tastversuche mit Direktsaat von Sojabohnen in den Jahren 2012 und 2013

	Müllheim (FR) 2012	Müllheim (FR) 2013	Ottenheim (OG) 2012	Ottenheim (OG) 2013	St. Afra i.F. (AIC) 2012	Hohnhorst (CE) 2012	Osnabrück-Waldhof 2012	Waldenburg (ZW) 2013
Betrieb	LTZ Augustenberg	LTZ Augustenberg	Wenz	Wenz	Schneider	Drögemüller	Hochschule	Sander
Bewirtschaftung	Bioland	Bioland	Demeter	Demeter	konv.	konv.	Bioland	konv.
Höhenlage (ü. N.N.)	231 m	231 m	154 m	154 m	486 m	ca. 75 m	ca. 90 m	ca. 250 m
Ø Jahrestemp.	11,1°C	11,1°C	9,8°C	9,8°C	8°C		9,1 °C	8,2°C
Ø Jahresniedersch.	675 mm	675 mm	720 mm	720 mm	800 mm		760 mm	750 mm
Bodenart	uL	uL	IS - sL	IS - sL	LMO		IS	sL
Ackerzahl	88	88			48		ca. 50	75
Vorfrucht 1 (= Kultur, in die Soja eingesät wird)	Keine (= Kontrolle)	Keine (= Kontrolle)	W-Roggen	W-Roggen	W-Roggen	W-Roggen 'Protector' siliert am 18.05.2012	Kleegrass	Senf-Ölrettich Zwifru.
Vorfrucht 2	W-Roggen (48 dt/ha TM)	W-Roggen (20-37 dt/ha TM)	-	-	-	-	Winterroggen 130 kg/ha	DSV MaisPro Zwifru.
Vorfrucht 3	-	W-Gerste (22-43 dt/ha TM)	-	-	-	-	Winterroggen 160 kg/ha	-
Saattermin Vorfrucht	22.10.2011	19.10.2012	11/2011	14.10.2012	18.10.2011		10/2011	27.07.2012
Behandlung 1 (Resultat Unkraut)	(keine = herkömmliche BB = 'Kontrolle') Striegel + 2*Hacke	(Keine = herkömml. BB = 'Kontrolle') / 2*Striegel Polygonum!!!	walzen	Direktsaat Primus in stehenden Roggen, der später gemäht wird	Ohne Herbizid	Ohne Herbizid	Abmulchen 4 Tage vor Direktsaat	Mit Herbizid
Behandlung 2 (Resultat Unkraut)	Knickwalze im Frontanbau mit Sämaschine im Heck (o.k.)	Glattwalze an Grünland-Walzschepper (o.k.)	Mulchen (auf 2-3 cm)	Direktsaat Annushka in gemähten Roggen	Mit Herbizid (NA 02.07.12: 2 l Basagran + 7,5 g/ha Harmony)	Mit Herbizid im VA (Sencor, Centium, Spectrum)	Abmulchen 5 Tage nach der Aussaat	-
Behandlung 3	gemäht +	gemäht +	Mulchen (auf 10 cm bzw. 25	-	-	Mit Herbizid im NA (Basagran +	-	-

	Müllheim (FR) 2012	Müllheim (FR) 2013	Ottenheim (OG) 2012	Ottenheim (OG) 2013	St. Afra i.F. (AIC) 2012	Hohnhorst (CE) 2012	Osnabrück-Waldhof 2012	Waldenburg (ZW) 2013
(Resultat Unkraut)	abgefahren (o.k.)	abgefahren (o.k.)	cm)			Hamony Fusliade max.		
Düngung 1	keine	keine	keine	keine	keine		keine	keine
Düngung 2	21+12+21 (UFD bio)	-	-	-	-	-	-	20 kg S/ha elementar
Schneckenkorn	Nein	Ja (Ferramol)	Nein	Nein	Nein		nein	nein
Saattermin	11.05.2012	28.05.2012	10.05.2012	10.05. / 13.06.2013	15.05.2012	21.05.2012	02.05.2012	14.05.2013
Sojasorte 1	Primus (00)	Protibus (000)	Primus (00)	Primus (00)	Merlin (000)	Merlin (000)	Merlin (000)	Merlin (000)
Sojasorte 2	Protina (000)	-	Protina (000)	Annushka (0000) 13.06.	Annushka (0000)	Sultana (000)	-	Annushka (0000)
Sojasorte 3						Annushka (0000)	-	
Saatstärke	65 kf. K/m ²	65 kf. K/m ²	65 kf K./m ²		65 kf. K/m ²	70/70/85	70 kf.K./m ²	75 kf K./m ²
Bestandesdichte		41-51 Pfl./m ² (10-80 Pfl/m ²)			oh. Herbizid: 36-37 Pfl/m ² ; mit Herbiz.: 52-60 Pfl./m ²		18.05.2012: ca. 24 Pfl./m ²	ca. 35 Pfl./m ²
Reihenweite	40 cm	17 cm			12 cm		34 cm	45 cm
Sätechnik	12 Jahre alte Semeato (verschlissen) 6-reih., UFD	Semeato TDNG 300M	EcoDyn	EcoDyn	Treffler-Grubber (Mulchsaat)	Accord Optima NT - edrive (Mulchsaat)	Direktsaat Semeato 7-reihig	Argentinische Direktsaatmaschine
Parzellengröße	360 m ²	360 m ²	500-1.000 m ²	500-1.000 m ²	50-6.000 m ²	50/500/500m ²	100 m ²	360 m ²
Erntetermin	02.10.2012	19.10.2013		02.10.2013	18.10.2012	15.11.2012	-	18.10.2013
Erträge (dt/ha)	23,2 – 29,0 dt/ha Primus: 26,2 Protina: 26,6 gewalzt 25,3 gemäht: 27,5	28,4 - 29,8 dt/ha	Nicht auswertbar (ca. 6 dt/ha)	Nicht auswertbar (0-4-8,8 dt/ha)	ohne Herbizid = 10,8-11,6 dt/ha; mit Herbiz. = 25-26 dt/ha	Oh. Herbiz.: 9,5/10/n.a.; Herbiz. VA: 21/19,5/18; Herbiz. NA: 20/22,5/n.a.	Nicht auswertbar	insges. 12-23dt/ha; Annushka: 12-13 dt/ha; Merlin: 22-23 dt/ha; S-Düngung ohne Effekt
Bemerkungen	Bodenstruktur zur	Boden zur Saat fast	Boden b. Aus-	Annushka zu	Oh. Herbizid	Mit Fusilade	Versuchsab-	Nach Starkregen

	Müllheim (FR) 2012	Müllheim (FR) 2013	Ottenheim (OG) 2012	Ottenheim (OG) 2013	St. Afra i.F. (AIC) 2012	Hohnhorst (CE) 2012	Osnabrück-Waldhof 2012	Waldenburg (ZW) 2013
	Saat=ideal, Saat zu flach, Unterfußdüngung eher negativ, Ernte problemlos	noch zu feucht; Kontrollparzelle völlig verunkrautet, da nicht hackbar	saat zu feucht; schlechter Feldaufgang; total verunkrautet; nicht beerntbar	konkurrenzschwach; Primus zu spät abreifend; auf 1 Fläche starker Pythiumbefall	starke Unkrautkonkurrenz durch Wurzelunkräuter	lässt sich auch der Wiederaustrieb des Roggens unterbinden	bruch im Juli 2012, da nach Taubenfraß + Unkrautkonkurrenz nur 5% Bestanddichte	schlechter Feldaufgang; Hagelschaden im August

10.10Arbeitspaket 3e

Tabelle 253: Pflanzenbonituren Schwefelformenversuch 2012 Sorte Merlin HS-OS

Jahr	2012 ökologisch			
	Hülsen/ Pflanze	Körner/ Hülse	unterster Hülsenansatz in cm	TKM
Kontrolle	20,4	2,1	10,2	165,9
Patentkali	22,6	2,1	8,6	172,7
Rindermist	21,9	2,2	9,5	169,3
Rindergülle	20,4	2,2	11,0	177,1
Schweinemist	17,3	2,0	11,3	178,2
Kompost	19,2	2,1	10,7	166,3
Hühnertrockenkot	15,9	2,1	10,5	177,9
Gärsubstrat	18,1	2,2	9,4	183,7

Tabelle 254: Pflanzenbonituren Schwefelsteigerungsversuch 2012 bis 2013 HS-OS

Jahr	2012 ökologisch				2012 konventionell			
Variante	Hülsen/ Pflanze	Körner/ Hülse	unterster Hülsenansatz in cm	TKM	Hülsen/ Pflanze	Körner/ Hülse	unterster Hülsenansatz in cm	TKM
Merlin 0 kg	19,5	1,9	10,2	157,6	19,5	1,9	10,2	157,5
Merlin 20 kg	19,5	2,0	13,4	154,6	19,5	2,0	13,4	154,5
Merlin 40 kg	19,0	1,9	11,1	155,4	19,0	1,9	11,1	155,4
Merlin 60 kg	18,4	1,8	11,0	154,0	18,4	1,8	11,0	154,1
Merlin 80 kg	22,0	1,9	11,7	156,3	22,0	1,9	11,7	156,2
Sultana 0 kg	23,1	1,8	12,2	157,7	23,1	1,8	12,2	157,6
Sultana 20 kg	24,0	1,9	10,7	151,9	24,0	1,9	10,7	151,8
Sultana 40 kg	21,7	1,8	10,9	167,6	19,7	1,8	11,3	167,6
Sultana 60 kg	26,6	1,9	10,8	156,9	26,6	1,9	10,8	156,9
Sultana 80 kg	24,6	1,7	10,6	151,4	24,6	1,7	10,6	151,4
Opaline 0 kg	13,0	1,9	14,9	167,7	13,0	1,9	14,9	167,7
Opaline 20 kg	16,1	1,9	15,1	163,1	16,1	1,9	15,1	163,2
Opaline 40 kg	17,4	1,9	12,8	164,9	17,4	1,9	12,8	164,8
Opaline 60 kg	16,8	1,9	14,8	154,7	16,8	1,9	14,8	154,7
Opaline 80 kg	14,8	1,9	13,7	161,3	14,8	1,9	13,7	161,3
Jahr	2013 ökologisch				2013 konventionell			
Merlin 0 kg	23,0	2,4	5,0	155,4	16,6	2,0	6,3	162,0
Merlin 20 kg	21,4	2,4	5,7	167,8	17,5	2,0	7,6	191,1
Merlin 40 kg	25,5	2,2	5,4	173,3	15,2	1,9	7,5	189,9
Merlin 60 kg	22,0	2,1	6,2	162,2	16,9	2,0	6,2	186,1
Merlin 80 kg	20,3	2,1	5,0	169,0	19,3	1,9	7,2	176,9
Sultana 0 kg	20,8	2,1	4,7	200,6	23,6	2,1	5,9	203,6
Sultana 20 kg	24,9	2,2	5,3	210,7	18,2	1,8	6,3	204,5
Sultana 40 kg	23,3	2,5	4,6	196,2	16,4	2,1	6,8	201,5

Sultana 60 kg	21,2	2,2	5,1	176,6	18,7	2,1	7,0	207,6
Sultana 80 kg	21,4	2,0	4,4	191,1	19,4	1,9	6,9	208,7
Opaline 0 kg	23,1	2,3	6,0	217,9	16,8	2,0	9,8	215,6
Opaline 20 kg	21,5	2,5	6,8	200,9	14,5	2,1	9,1	207,7
Opaline 40 kg	21,5	2,3	7,3	220,1	12,2	2,1	10,7	215,4
Opaline 60 kg	17,3	2,4	5,9	188,1	17,3	2,1	9,8	203,4
Opaline 80 kg	21,6	2,4	5,6	206,0	16,7	2,2	9,4	199,2

Tabelle 255: Schwefelsteigerungsversuch der beiden Standorte Smin –Gehalte in kg/ha Bodenschicht 0-30cm

2012	konventionell 0-30cm S				ökologisch 0-30cm			
	Juni	Juli	August	November	Juni	Juli	August	November
Merlin 0 kg	14,9	13,5	11,4	8,6	12,60	6,85	5,14	11,00
Merlin 20 kg	30,3	43,7	64,4	14,5	20,83	20,91	31,37	10,05
Merlin 40 kg	83,8	59,2	60,9	23,4	66,59	33,92	38,11	10,20
Merlin 60 kg	95,2	77,9	78,1	29,5	73,60	36,35	43,89	12,98
Merlin 80 kg	131,2	126,5	126,4	34,4	119,04	53,16	42,18	21,05
Sultana 0 kg	15,0	14,3	9,0	9,4	11,22	7,84	5,51	20,43
Sultana 20 kg	29,2	28,9	27,0	16,4	26,23	12,08	15,82	17,88
Sultana 40 kg	74,2	71,0	34,1	18,9	50,05	35,73	26,10	21,85
Sultana 60 kg	89,2	78,0	88,7	35,4	69,35	48,04	61,20	23,18
Sultana 80 kg	84,1	52,4	84,2	36,7	92,37	44,83	53,22	17,68
Opaline 0 kg	15,0	11,0	23,9	11,8	9,83	6,73	3,81	17,23
Opaline 20 kg	43,9	20,3	36,9	16,3	33,04	21,20	22,44	15,45
Opaline 40 kg	53,6	49,4	88,8	24,1	46,36	23,57	15,60	33,28
Opaline 60 kg	72,6	56,5	74,2	26,2	56,90	72,52	66,89	12,45
Opaline 80 kg	99,6	133,6	115,3	40,9	62,31	36,35	54,78	31,08

Tabelle 256: Schwefelsteigerungsversuch der beiden Standorte Smin –Gehalte in kg/ha Bodenschicht 0-30cm

2013	konventionell 0-30cm S				ökologisch	0-30cm	
	Juni	Juli	August	November		Juni	Juli
Merlin 0 kg	7,9	6,3	8,3	7,3	10,30	12,58	10,75
Merlin 20 kg	48,7	21,0	30,3	9,3	38,45	20,43	24,50
Merlin 40 kg	49,9	74,0	51,5	26,8	58,60	30,28	59,00
Merlin 60 kg	95,6	46,3	73,8	30,8	58,18	61,28	53,50
Merlin 80 kg	191,1	105,5	101,8	60,5	85,53	54,23	96,25
Sultana 0 kg	8,6	7,3	10,3	8,0	8,23	6,50	8,75
Sultana 20 kg	28,5	25,0	53,8	14,8	19,10	20,48	26,25
Sultana 40 kg	71,6	48,3	48,5	19,3	38,50	31,88	41,00
Sultana 60 kg	104,0	53,3	69,3	43,8	40,28	30,43	55,00
Sultana 80 kg	179,3	119,5	67,3	51,0	79,85	106,00	59,25
Opaline 0 kg	6,6	5,8	15,8	6,3	9,68	9,08	9,75
Opaline 20 kg	50,9	28,8	26,8	13,8	23,90	15,55	86,50
Opaline 40 kg	85,3	81,3	89,0	33,8	35,65	30,75	25,00
Opaline 60 kg	134,9	81,8	67,5	39,0	56,38	38,80	77,50
Opaline 80 kg	126,4	124,8	58,8	29,3	40,40	56,70	46,00

10.11 Arbeitspaket 6a

Soja- Verarbeitungsstandorte

- > Ölmühlen für Soja 
- > Mittlere Aufbereitungsanlagen (Kapazität bis ca. 10.000 t / Jahr) 
- geplante Anlagen  
- Mobile Anlage 

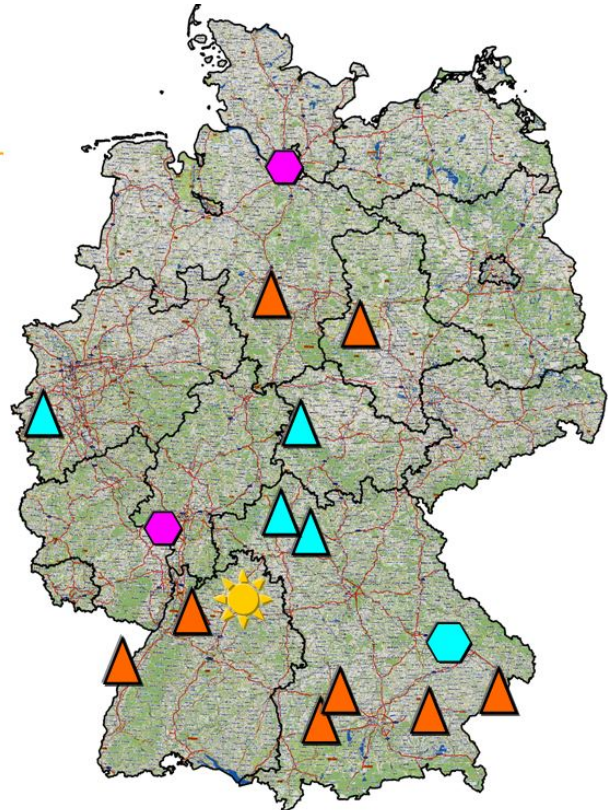


Abbildung 151: Sojaverarbeitungsstandorte in Deutschland (© 2012-2014, terrestris GmbH & Co. KG).

Tabelle 257: Ergebnisse aus der Beprobung weltweiter, dezentraler Aufbereitung.

Anlagenhersteller	Futtermittel	Herstellungsart	Herkunft	UA in mg N/g TM 30°C	Proteinlöslichkeit in KOH in %	TIA mg/g	TIU in U/mg TS
Farmet	Sojakuchen	Trocken-Extrusion	Tschechien	0,53	85,2	10,5	20,0
unbekannt	Sojakuchen	Röstung	China	0,14	75,1	3,7	7,0
EST	Sojakuchen	Röstung	Deutschland	1,91	85,3	11,7	22,7
EST	Sojakuchen	Röstung	Österreich	0,29	82,5	8,3	15,7
Florapower	VFP	Durchlaufschwingungserhitzung	Deutschland	0,75	76,5	7,0	13,4
Florapower	VFP	Durchlaufschwingungserhitzung	Deutschland	0,24	79,4	3,8	7,3
Farmet	VFP	Trocken-Extrusion	Tschechien	0,08	80,9	5,7	10,8
unbekannt	VFP	Trocken-Extrusion	Ukraine, Miniextruder	5,05	97,9	26,1	49,5
Privatperson	VFP	Kaltwegverfahren,	Ungarn	0,27	88,1	5,1	9,8
Dilts-Wetzel	VFP	Ölmantelheizschnecke	USA	0,10	56,6	2,1	4,0
EST	VFP	Röstung	Deutschland	1,78	74,4	9,4	17,8
Roast-A-Matic	VFP	Röstung	USA	0,00	72,1	2,1	4,0
Roast-A-Matic	VFP	Röstung	USA	0,01	64,6	2,0	3,8
Roastech	VFP	Röstung, 122°C, 5,5min	Schweden	4,19	81,1	23,8	45,3
Roastech	VFP	Röstung, 140°C, 5,5min	Schweden	2,49	83,9	12,4	23,6
Roastech	VFP	Röstung, 162°C, 5,5min	Schweden	0,41	81	5,4	10,2
Roastech	VFP	Röstung, 182°C, 4min 20s	Schweden	0,83	81,0	8,4	16,1
Roastech	VFP	Röstung, 182°C, 5,5min	Schweden	0,02	75,5	4,0	7,5

10.12Arbeitspaket 6b

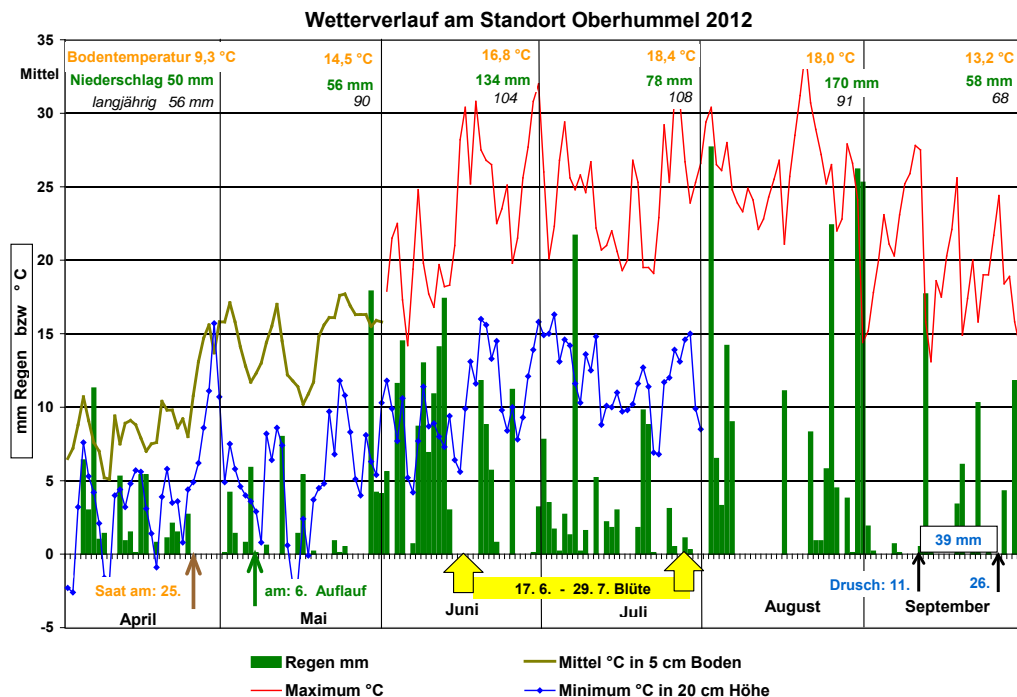


Abbildung 152: Wetterdaten aus Oberhummel

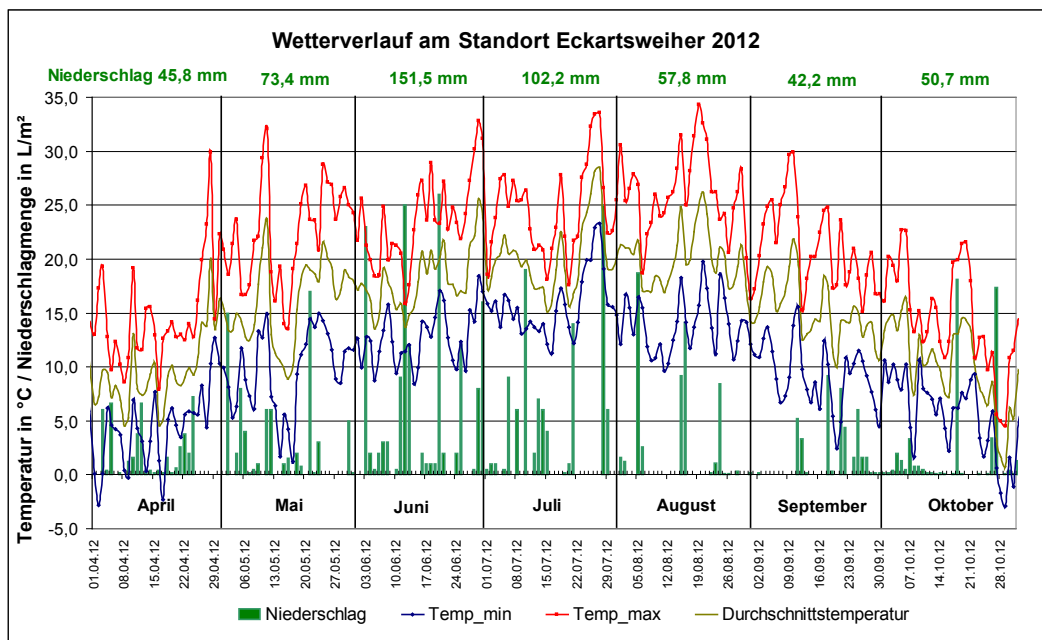


Abbildung 153: Wetterverlauf am Standort Eckartsweiher 2012.

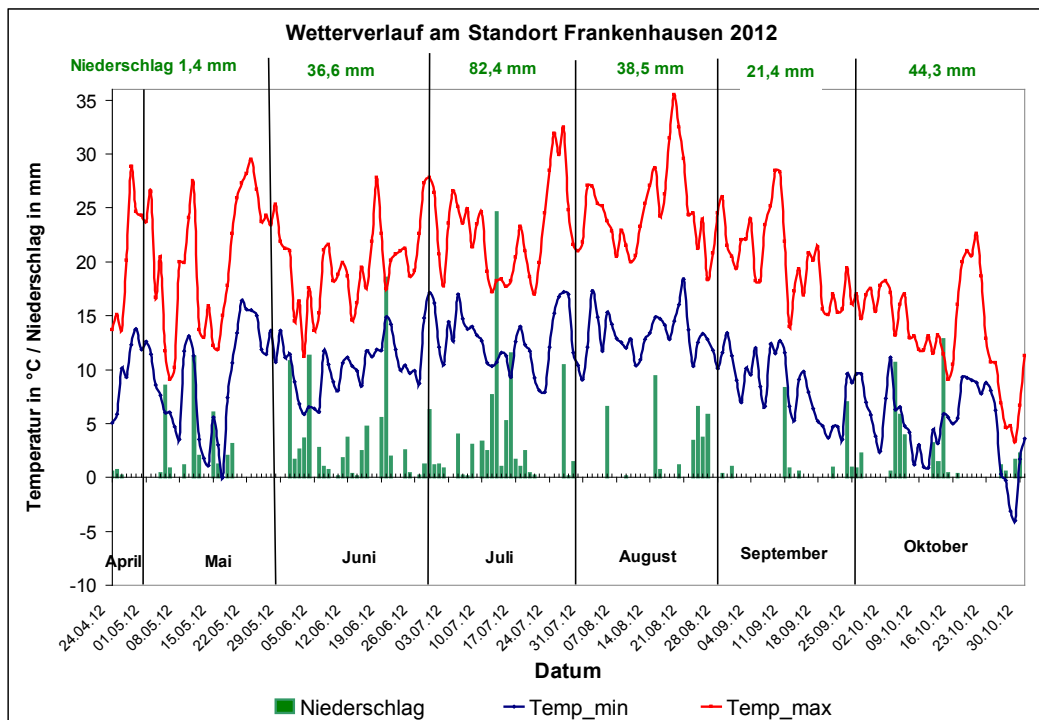


Abbildung 154: Wetterverlauf am Standort Frankenhausen 2012.

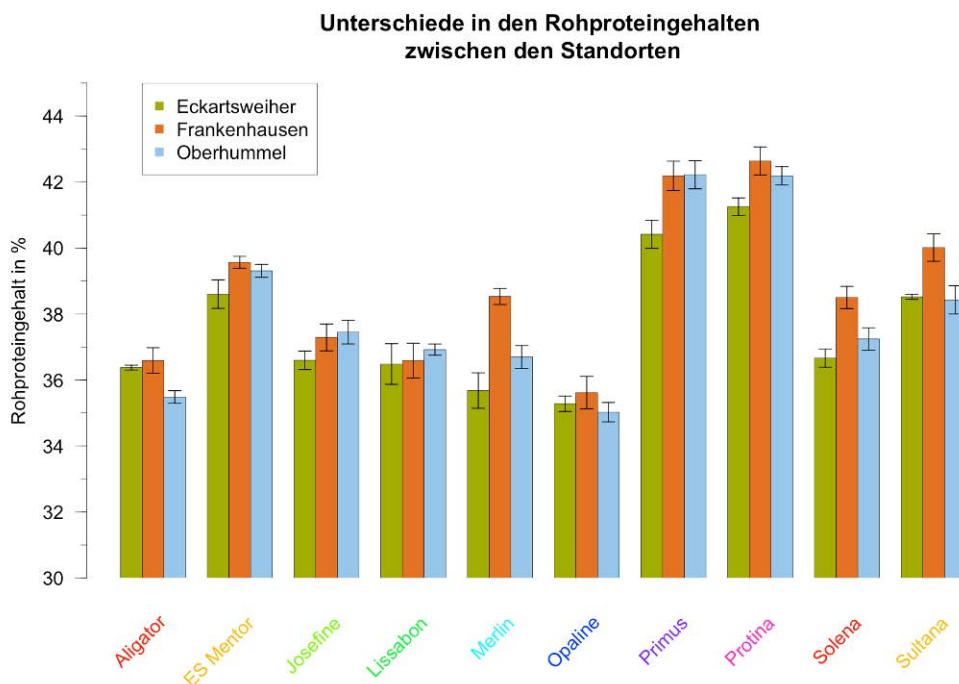


Abbildung 155: Unterschiede in den Rohproteingehalten zwischen den Standorten.

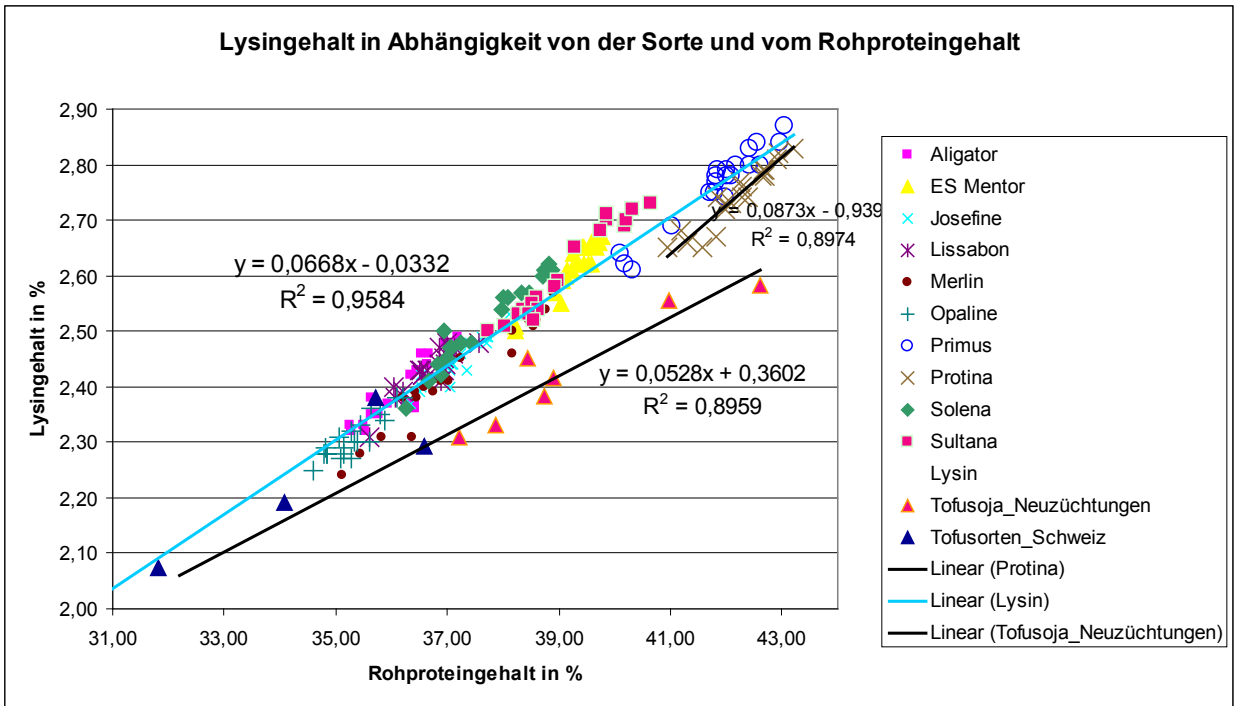


Abbildung 156: Lysingehalte in Abhängigkeit der Sorte und dem Rohproteingehalt.

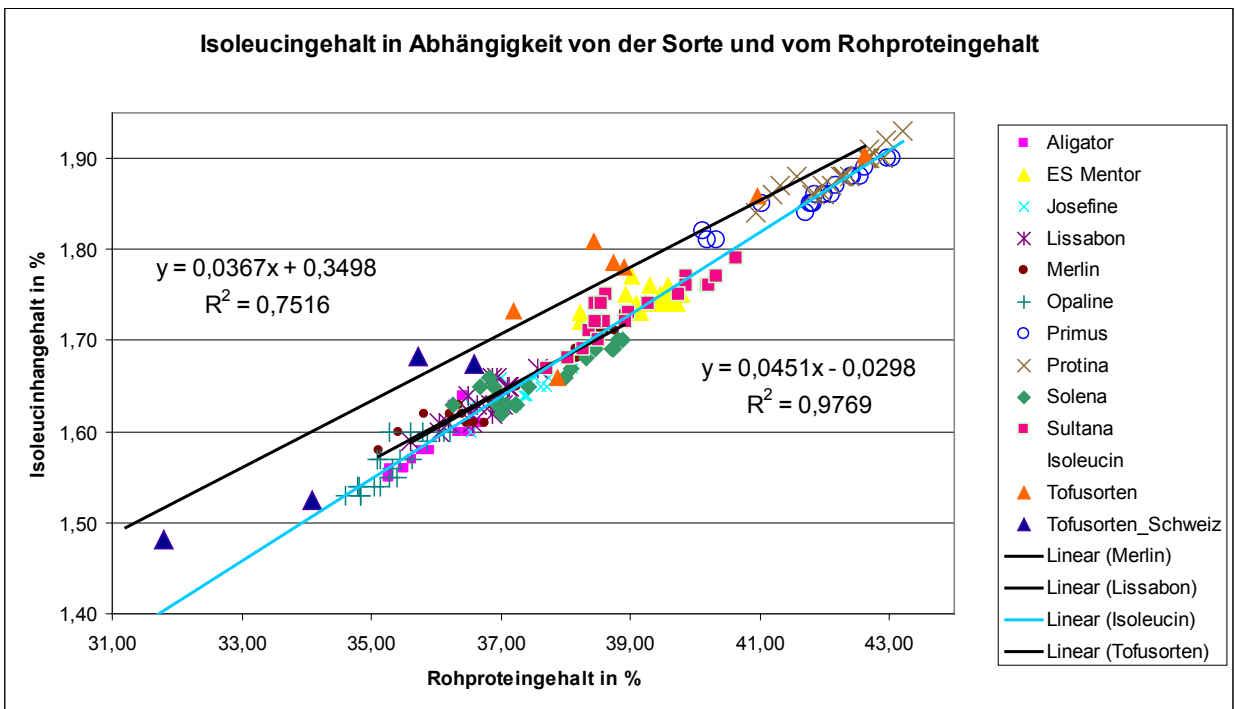


Abbildung 157: Isoleucingehalt in Abhängigkeit von der Sorte und vom Rohproteingehalt.

Tabelle 258: Korrelationen zwischen den Inhaltsstoffen. Datenbasis Mischproben (n=30), Standort Eckartsweiher, Oberhummel und Frankenhausen

	XF	CP	XL	XA	Stärke	Zucker	Gas- bildung	ELOS	AD- Fom	Amino- säuren	TIA	TIU	TKG
CP	0,01												
XF	0,55	-0,54											
XA	0,16	0,76	-0,32										
Stärke	0,26	-0,80	0,57	-0,57									
Zucker	0,00	-0,48	0,15	-0,39	0,56								
Gas- bildung	0,42	-0,43	0,46	-0,38	0,44	0,63							
ELOS	-0,25	0,69	-0,79	0,50	-0,67	-0,27	-0,20						
ADFom	0,47	-0,22	0,54	0,00	0,27	-0,24	0,12	-0,35					
Amino- säuren	-0,21 bis 0,19	0,87 bis 0,99	-0,31 bis - 0,64	0,54 bis 0,78	-0,66 bis - 0,84	-0,26 bis - 0,63	-0,08 bis - 0,58	0,46 bis 0,72	-0,32 bis 0,00				
TIA	0,12	0,29	0,06	0,47	-0,11	-0,46	-0,41	-0,05	0,30	0,05 bis 0,5			
TIU	0,11	0,29	0,06	0,47	-0,11	-0,46	-0,41	-0,05	0,30	0,05 bis 0,5	1,00		
TKG	-0,04	0,45	-0,16	0,63	-0,40	-0,29	-0,32	0,33	-0,05	0,30 bis 0,51	0,13	0,13	
hl-Gewicht	0,41	-0,21	0,32	0,10	0,23	0,04	0,27	-0,11	0,09	-0,38 bis- 0,15	0,17	0,17	-0,16

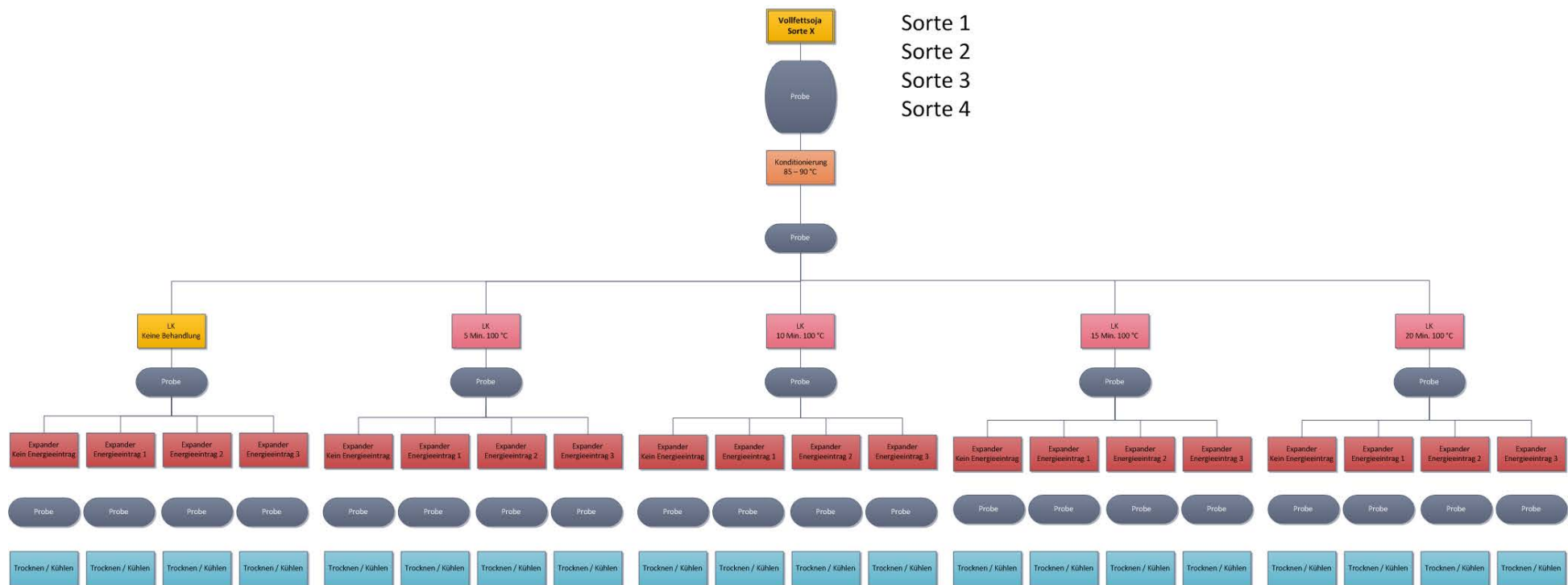


Abbildung 158: Versuchsdesign des Aufbereitungsversuchs bei Amandus Kahl.

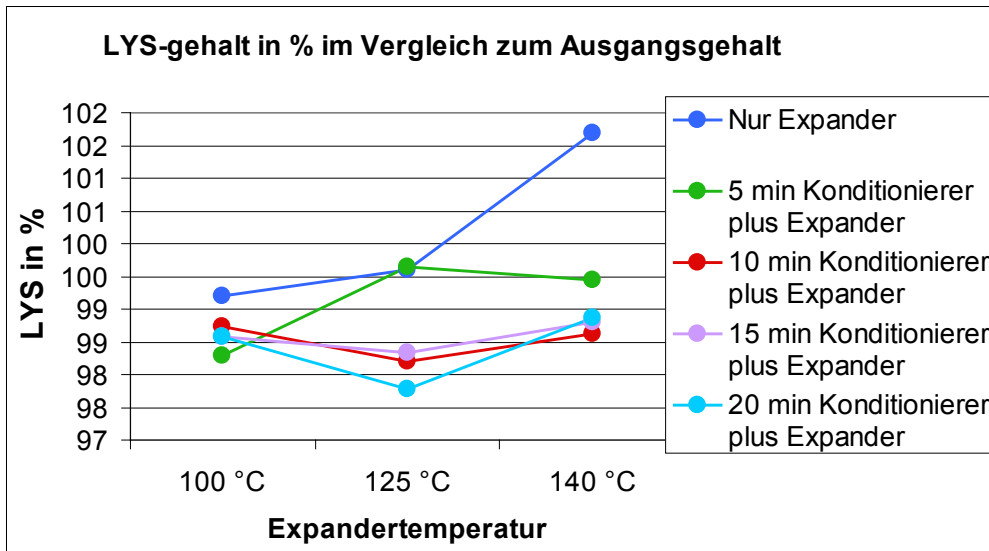


Abbildung 159: Lysingehalte nach verschiedenen Aufbereitungsvarianten im Vergleich zum Ausgangsgehalt.

10.13 Arbeitspaket 6d

Tabelle 259: Durchschnittlichen Inhaltsstoffgehalte in den analysierten rohen Sojabohnen von dezentralen Aufbereitungsanlagen (n=33).

	TS	XF	CP	XL	XA	Stärke	Zucker	Gasbildung	E-LOS	ADFom	MET	CYS	M+C	LYS	THR	TRP	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE	
Einheit	%	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	ml/200 mg TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM
MW	88,85	5,09	41,19	22,21	5,48	6,10	7,88	44,19	74,69	6,73	0,58	0,68	1,26	2,72	1,60	0,54	3,22	1,88	3,23	1,92	1,16	2,10	
Median	88,58	5,08	41,41	22,16	5,48	5,94	7,73	44,21	74,46	6,81	0,58	0,70	1,28	2,75	1,61	0,54	3,24	1,92	3,27	1,95	1,17	2,12	
SA	1,41	0,58	3,19	1,54	0,21	0,70	1,65	2,30	2,64	0,84	0,04	0,07	0,10	0,31	0,14	0,04	0,39	0,22	0,34	0,20	0,09	0,22	
Max	93,54	7,39	47,32	25,53	5,82	7,31	10,93	46,99	79,36	9,03	0,63	0,78	1,41	3,22	1,79	0,60	3,93	2,24	3,81	2,23	1,32	2,53	
Min	86,72	4,21	31,91	18,99	4,97	4,83	4,91	34,38	65,57	5,05	0,41	0,43	0,84	1,77	1,01	0,45	1,96	1,15	2,09	1,24	0,93	1,37	

Tabelle 260: Durchschnittlichen Inhaltsstoffgehalte in den analysierten aufbereiteten VFP von dezentralen Aufbereitungsanlagen (n=25).

	TS	XF	CP	XL	XA	Stärke	Zucker	Gasbildung	E-LOS	ADFm	MET	CYS	M+C	LYS	THR	TRP	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE
	%	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	ml/200 mg TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM
MW	90,42	4,82	41,21	22,42	5,41	6,35	7,32	45,13	75,59	6,66	0,58	0,64	1,21	2,64	1,64	0,54	3,18	1,91	3,24	1,96	1,13	2,13
Median	89,77	4,92	41,71	22,11	5,41	6,60	7,05	46,66	76,23	6,78	0,58	0,66	1,25	2,71	1,67	0,55	3,25	1,96	3,33	2,02	1,15	2,19
SA	3,00	0,81	3,05	1,24	0,19	0,92	1,42	4,44	6,49	1,30	0,03	0,05	0,07	0,27	0,11	0,04	0,36	0,19	0,29	0,19	0,07	0,21
Max	96,02	6,01	48,80	25,31	5,77	7,89	10,10	53,48	96,32	8,48	0,63	0,71	1,30	3,06	1,84	0,63	3,83	2,11	3,59	2,25	1,26	2,39
Min	85,23	2,28	32,47	20,78	4,99	4,84	4,81	32,27	60,39	2,68	0,51	0,50	1,02	1,83	1,30	0,40	2,10	1,20	2,23	1,27	0,97	1,45

Tabelle 261: Durchschnittlichen Inhaltsstoffgehalte in den analysierten Sojakuchen aus dezentraler Aufbereitungsanlagen (n=18).

	TS	XF	CP	XL	XA	Stärke	Zucker	Gasbildung	E-LOS	ADFo m	MET	CYS	M+C	LYS	THR	TRP	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE	
Einheit	%	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	ml/200 mg TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM
MW	90,36	5,45	47,62	10,96	6,32	6,35	9,50	51,64	88,39	6,97	0,66	0,75	1,41	3,07	1,86	0,62	3,68	2,17	3,69	2,26	1,28	2,41	
Median	90,15	5,50	48,15	10,45	6,21	6,33	9,11	52,55	89,55	7,17	0,67	0,77	1,43	3,10	1,89	0,63	3,77	2,20	3,75	2,30	1,29	2,46	
SA	1,46	0,72	2,46	2,26	0,28	0,64	2,01	4,15	4,56	0,93	0,04	0,05	0,08	0,22	0,11	0,04	0,29	0,14	0,23	0,15	0,07	0,16	
Max	92,80	6,88	51,36	17,59	6,92	7,12	12,79	56,29	94,13	8,50	0,71	0,82	1,51	3,41	1,99	0,67	4,11	2,35	4,00	2,45	1,41	2,60	
Min	87,98	3,45	41,38	8,93	5,92	5,09	5,91	38,89	76,22	5,02	0,57	0,64	1,25	2,51	1,61	0,54	2,91	1,80	3,10	1,90	1,11	1,98	

Tabelle 262: Durchschnittlichen Inhaltsstoffgehalte in den analysierten Sojaextraktionsschroten (n=11).

	TS	XF	CP	XL	XA	Stärke	Zucker	Gasbildung	ELOS	ADFo m	MET	CYS	M+C	LYS	THR	TRP	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE	
Einheit	%	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	ml/200 mg TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM	% TM
MW	87,29	6,09	52,39	2,89	7,13	6,17	9,00	51,86	89,27	6,45	0,71	0,78	1,47	3,26	2,06	0,70	3,89	2,38	4,02	2,46	1,39	2,69	
Median	87,06	6,32	53,25	2,79	7,20	6,52	8,65	53,76	91,42	6,44	0,71	0,78	1,49	3,33	2,06	0,73	3,96	2,40	4,06	2,49	1,43	2,70	
SA	0,82	1,93	2,55	0,42	0,59	0,63	1,14	4,70	5,30	0,77	0,04	0,04	0,08	0,19	0,11	0,04	0,22	0,17	0,28	0,18	0,09	0,18	
Max	88,71	9,15	56,39	3,57	8,20	6,80	11,59	57,43	95,31	7,65	0,76	0,83	1,57	3,55	2,21	0,76	4,19	2,63	4,40	2,71	1,53	2,95	
Min	86,28	3,74	49,42	2,30	6,27	5,09	7,80	43,54	78,32	5,42	0,66	0,72	1,37	3,01	1,91	0,65	3,56	2,14	3,65	2,22	1,27	2,44	