

Vergleichender Anbau verschiedener Wintererbsenherkünfte in Rein- und Gemengesaat zur Integration in das Anbausystem Ökologischer Landbau

Comparison of different origins of winterpea in pure stands and mixture for integration in organic farming

FKZ: 03OE074

Projektnehmer:

Universität Kassel
Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau
Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen
Tel.: +49 5542 98-1565
Fax: +49 5542 98-1568
E-Mail: schueler@wiz.uni-kassel.de
Internet: <http://www.uni-kassel.de>

Autoren:

Urbatzka, Peer; Graß, Rüdiger; Schüler, Christian

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

Abschlussbericht

Projektnehmer:

**FG Ökologischer Land- und Pflanzenbau (FÖL)
FB Ökologische Agrarwissenschaften
Universität Kassel – Witzenhausen**

Projekttitle:

**Vergleichender Anbau verschiedener Wintererbsenherkünfte
in Rein- und Gemengesaat zur Integration
in das Anbausystem Ökologischer Landbau**

Kurztitel:

Integration von Wintererbsen

Projektnummer:

03OE074

*In Kooperation mit Fakultät Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur
an der Fachhochschule Osnabrück und dem Naturland-Verband*

Projektleiter:

Dr. Christian Schüler

Bearbeiter:

**Dipl. Ing. agr. Peer Urbatzka
Dr. Rüdiger Graß**

Projektlaufzeit:

1.3.2004 bis 31.1.2008

Berichtszeitraum:

1.3.2004 bis 31.12.2007

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassungen/Abstract.....	1
1 Einleitung.....	3
1.1 Ziele und Aufgaben des Projektes	3
1.2 Planung und Ablauf des Projektes	3
1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	5
2 Material und Methoden	7
2.1 Sortenversuch	7
2.1.1 Standorte und Witterung.....	7
2.1.2 Sorten.....	13
2.1.3 Mischungsverhältnisse der Gemenge.....	14
2.1.4 Versuchsanlage.....	14
2.1.5 Versuchsdurchführung.....	15
2.1.6 Untersuchungsmethoden.....	19
2.1.7 Bonituren	20
2.1.8 Bodenproben.....	20
2.1.9 Statistik.....	21
2.2 Optimaler Saatzeitpunkt in Reinsaat und Gemenge.....	21
2.2.1 Standort und Witterung.....	22
2.2.2 Sorten und Mischungsverhältnis im Gemenge.....	22
2.2.3 Versuchsanlage	22
2.2.4 Versuchsdurchführung.....	23
2.2.5 Untersuchungsmethoden.....	24
2.2.6 Bonituren	25
2.2.7 Bodenproben.....	25
2.2.8 Statistik.....	25
2.3 Standortversuche in Zusammenarbeit mit der AG Versuchsansteller	26
2.3.1 Standortbeschreibung und Witterung.....	26
2.3.2 Sorten und Mischungsverhältnis im Gemenge.....	27
2.3.3 Versuchsanlage.....	28
2.3.4 Versuchsdurchführung.....	28
2.3.5 Untersuchungsmethoden.....	28
2.3.6 Bonituren	28
2.3.7 Bodenproben.....	28
2.3.8 Statistik.....	29
3 Ergebnisse.....	30
3.1 Sortenversuch	30
3.1.1 Feldaufgang Erbsen	30
3.1.2 Feldaufgang Getreide	32
3.1.3 Entwicklungsstadien	32
3.1.4 Überwinterung	34
3.1.5 Grünertrag zu Blühbeginn.....	38
3.1.6 Beikraut	46
3.1.7 Kornertrag	53
3.1.8 Stickstoffdynamik im Boden.....	64
3.2 Versuch zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in Reinsaat.....	71
3.2.1 Feldaufgang	71

3.2.2	Entwicklungsstadien	71
3.2.3	Überwinterung	72
3.2.4	Grünertrag	74
3.3	Versuch zum Optimalen Aussaatzeitpunkt im Gemenge.....	76
3.3.1	Feldaufgang.....	76
3.3.2	Entwicklungsstadien	76
3.3.3	Überwinterung	76
3.3.4	Kornertrag.....	78
3.4	Standortversuche in Niedersachsen und Baden-Württemberg.....	80
3.4.1	Feldaufgang.....	80
3.4.2	Entwicklungsstadien	81
3.4.3	Überwinterung	81
3.4.4	Grünernte	82
3.4.5	Beikraut	82
3.4.6	Kornertrag.....	83
3.5	Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	84
3.5.1	Winterhärte	84
3.5.2	Grünernte	84
3.5.3	Korndrusch	86
3.5.4	Kornqualität	88
3.6	Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse	89
4	Zusammenfassung	92
4.1.1	Sortenversuch	92
4.1.2	Versuche zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in Rein- und Gemengesaat.....	94
4.1.3	Standortversuche.....	95
5	Gegenüberstellung geplanter zu erreichten Zielen.....	97
5.1	Balkenpläne.....	98
5.2	Weiterführende Fragestellung.....	99
6	Literaturverzeichnis.....	101
7	Verzeichnisse	104
7.1	Abbildungsverzeichnis	104
7.2	Tabellenverzeichnis	105
8	Anhang	107

Abkürzungsverzeichnis

AG	Arbeitsgemeinschaft
AZP	Versuch zum Aussaatzeitpunkt
Ba-Wü	Baden-Württemberg
DFH	Hessische Staatsdomäne Frankenhausen, Versuchsstandort Universität Kassel
Gem	Gemenge
Gem1	Gemenge 1 (25 % Erbsenanteil)
Gem2	Gemenge 2 (50 % Erbsenanteil)
HEB	Hebshausen, Versuchsstandort Universität Kassel
LHL	Landesbetrieb Hessisches Landeslabor in Kassel (ehemals LUFA)
kf	keimfähig
N	Stickstoff
NEL	Nettoenergielaktation
NIRS	Nah-Infrarot-Spektroskopie
N _{min}	mineralischer Stickstoff
NS	Niederschlag
ÖL	Ökologischer Landbau
RS	Reinsaat
RYT	Relative Yield Total
ST1	Saattermin 1
ST2	Saattermin 2
ST3	Saattermin 3
SV	Sortenversuch
Temp.	Temperatur
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
WE	Wintererbse
WH	Waldhof, Versuchshof der FH Osnabrück

Kurzfassung

In vier Vegetationsperioden wurde im Hauptversuch die Anbaueignung von vier normalblättrigen Wintererbsen aus der Genbank Gatersleben mit drei Wintererbsensorten (cv. *Assas*, *Cheyenne* (04/05 – 06/07) bzw. *Spirit* (03/04), *EFB 33*) und einer Sommererbse (cv. *Santana*) in Rein- und Gemengesaat mit Roggen bzw. Sommergetreide für den Ökologischen Landbau auf je zwei Standorten geprüft: in 03/04 Frankenhausen (DFH) und Hebenshausen (HEB), Universität Kassel und in 04/05 – 06/07 Frankenhausen und Waldhof (WH, FH Osnabrück). Hierzu wurden die Winterhärte sowie die Erträge und Qualitäten bei einem Grünschnitt zu Blühbeginn und zum Korndrusch ermittelt.

Für alle Standorte wiesen die Herkünfte und die *EFB 33* eine ausreichende Winterhärte auf, während dagegen bei *Assas* und *Cheyenne* eine ungenügende Winterfestigkeit bestimmt wurde.

Die Biomasseerträge der normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat lagen in DFH bei 40 – 60 dt TM ha⁻¹, in WH bei 30 – 50 dt TM ha⁻¹ und in HEB bei 60 – 80 dt TM ha⁻¹. Die Qualität wurde bei 15 bis über 20% Rohprotein und etwa 5,5 MJ NEL in der TM analysiert. Im Gemenge wurden überwiegend signifikant höhere Erträge und signifikant geringere Qualitäten bestimmt.

Beim Korndrusch in DFH waren die Erbsenerträge der Herkünfte und der *EFB 33* im Gemenge mit denen der Sommererbse in Reinsaat vergleichbar, da in je zwei Jahren gute Ertragsleistungen zwischen 30 und 40 dt ha⁻¹ und geringe Ertragsmengen von unter 20 dt ha⁻¹ erzielt wurden. In WH lagen die Erbsenerträge dieser Wintererbsen im Gemenge mit 15 – 20 dt ha⁻¹ höher als bei *Santana* in Reinsaat mit 10 – 15 dt ha⁻¹. Außerdem wurden bei den Winterungen nahezu keine Probleme beim Beikrautaufkommen festgestellt, während bei *Santana* fast immer eine Regulierung von Hand erfolgen musste.

Die Kornqualität dieser Wintererbsen war bei den wertbestimmenden Inhaltsstoffen mindestens mit der der *Santana* vergleichbar, wobei bei den Winterungen aber höhere Gehalte an wertmindernden Inhaltsstoffen vorgefunden wurden.

Abstract

During four subsequent seasons the suitability of four regular-leaf type winter pea (*Pisum sativum* L.) origins from the gene bank in Gatersleben as compared to three winter pea cultivars (cvs *Assas*, *Cheyenne* 2003-4 – 2006-7) and *Spirit* (2003-4); *EFB 33*) and one spring pea (cv. *Santana*) in pure and mixed stands with rye (*Secale cereale*) and spring cereals, respectively were examined at two different sites per season (2003-4: at Frankenhausen and Hebenshausen, DFH and HEB, University of Kassel, during 2004-5 to 2006-7 at DFH and Waldhof, WH, University of Applied Sciences, Osnabrueck). Winter-hardiness of the crop, as well as yields and quality of the grain at early flowering and maturity were assessed.

All sites the origins and cv. *EFB 33* showed sufficient winter-hardiness, whereas cvs *Assas* and *Cheyenne* were not adequately winter-hardy. Biomass dry matter (DM) yield of regular-leaf type winter peas in pure stands at DFH ranged between 4 and 6 t DM ha⁻¹, between 3 and 5 t DM ha⁻¹ at WH and 6 to 8 t DM ha⁻¹ at HEB. Crude protein content of peas varied between 15 and more than 20 % and contained around 5.5 MJ NEL in DM. Mixed stands predominantly gave higher biomass DM yields of significantly lower quality.

At grain harvest at DFH, pea grain yields of the origins and *EFB 33* when cultivated in mixed stands were comparable to those of spring pea in pure stands, both yielding between 3 and 4 t DM ha⁻¹ during two seasons and under 2 t DM ha⁻¹ into other years. At WH yields of mixed

stands were higher by around 1.5 to 2 t DM ha⁻¹ than with cv. Santana in pure stand (1 to 1.5 t DM ha⁻¹). Moreover hardly any weed infestation of the winter pea crops was established, while cv. Santana pure stands regularly manual weeding was required.

Grain quality of winter peas is comparable with grain quality of cv. Santana in terms of all important substances of content, at which winter types gave higher concentrations of substances that devalue the nutritive quality.

Kurzfassung für Berater und Praxis

Im Rahmen des Projektes wurden drei Versuche durchgeführt. Im Sortenversuch wurde in vier Vegetationsperioden die Anbaueignung von vier normalblättrigen Wintererbsen aus der Genbank Gatersleben (cv. *Griechische*, *Nischkes Riesengebirgs*, *Württembergische*, *Unrra*) mit drei Wintererbsensorten (cv. *Assas*, *Cheyenne* (04/05 – 06/07) bzw. *Spirit* (03/04), *EFB 33*) und einer Sommererbse (cv. *Santana*) in Rein- und Gemengesaat mit Roggen bzw. Sommergetreide für den Ökologischen Landbau auf je zwei Standorten geprüft (in 03/04 Frankenhausen und Hebenshausen (DFH, HEB; Universität Kassel), in 04/05 – 06/07 Frankenhausen und Waldhof (WH; FH Osnabrück)). Hierzu wurden die Winterhärte sowie die Erträge und Qualitäten bei einem Grünschnitt zu Blühbeginn und zum Korndrusch ermittelt. Da bisher für Deutschland kein optimaler Saatzeitpunkt für Wintererbsen beschrieben worden ist, wurden in DFH zwei Versuche (in Reinsaat zur Grünnutzung in 04/05 bis 06/07 bzw. im Gemenge mit Roggen zum Drusch in 05/06 und 06/07) mit je sechs Wintererbsengenotypen angelegt (cv. *Assas*, *Cheyenne*, *EFB 33*, *Griechische*, *Nischkes Riesengebirgs*, *Württembergische*). Als Saattermine wurden je Mitte September (ST1), Ende September/Anfang Oktober (ST2) und Mitte Oktober (ST3) gewählt.

Auf allen Standorten wurde bei den Herkünften und EFB 33 eine ausreichende Winterhärte festgestellt, wobei zwischen den einzelnen Saatterminen nur geringe Unterschiede bestimmt wurden. Ob dies für alle Regionen in Deutschland gilt, muss in weiteren Versuchen geprüft werden. Dagegen war die Winterfestigkeit bei *Assas* und *Cheyenne* ungenügend.

Die Biomasseerträge der normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat lagen in DFH bei 40 – 60 dt TM ha⁻¹, in WH bei 30 – 50 dt TM ha⁻¹ und in HEB bei 60 – 80 dt TM ha⁻¹, wobei die Ertragsmenge im ST1 zumeist höher als bei späterer Saat ausfiel. Die Qualität wurde bei 15 bis über 20% Rohprotein und etwa 5,5 MJ NEL in der TM analysiert. Im Gemenge wurden überwiegend signifikant höhere Erträge und signifikant geringere Qualitäten bestimmt. Von daher ist der Anbau in Reinsaat mit einer Aussaat Mitte September zu empfehlen.

Beim Korndrusch in DFH waren die Erbsenerträge der Herkünfte und der EFB 33 im Gemenge mit denen der Sommererbse in Reinsaat vergleichbar, da in je zwei Jahren gute Ertragsleistungen zwischen 30 und 40 dt ha⁻¹ und geringe Ertragsmengen von unter 20 dt ha⁻¹ erzielt wurden. In WH lagen die Erbsenerträge dieser Wintererbsen im Gemenge mit 15 – 20 dt ha⁻¹ höher als bei *Santana* in Reinsaat mit 10 – 15 dt ha⁻¹. Außerdem wurden bei den Winterungen nahezu keine Probleme beim Beikrautaufkommen festgestellt, während bei *Santana* fast immer eine Regulierung von Hand erfolgen musste. Von daher ist der Anbau von Wintererbsen zu präferieren. Beim Saattermin erwies sich vermutlich der ST2 als günstig, da dann der Roggen sich nicht zu stark entwickelte, aber auch noch eine ausreichende Stützwirkung für die Wintererbsen hatte.

Die Kornqualität dieser Wintererbsen war bei den wertbestimmenden Inhaltsstoffen mindestens mit der *Santana* vergleichbar, wobei bei den Winterungen höhere Gehalte an wertmindernden Inhaltsstoffen vorgefunden wurden.

1 Einleitung

Das Forschungsprojekt 03OE074 wurde im Bereich der F + E – Projekte unter „Pflanze/Pflanzenbau“ im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau gefördert.

1.1 Ziele und Aufgaben des Projektes

Gesamtziel des Vorhabens

Ziel des beantragten Forschungsprojektes war es, die Prüfung der Anbaueignung verschiedener Herkünfte von normalblättrigen Wintererbsen für den Ökologischen Landbau aus dem Projekt 02OE556 „Untersuchung verschiedener Wintererbsenherkünfte auf ihre Winterhärte und ihre Anbauwürdigkeit im Ökologischen Landbau“ fortzuführen (1), geeignete Genotypen für einen Anbau in Deutschland für eine Grün- und Körnernutzung zu evaluieren (2), geeignete Mischungsverhältnisse im Gemengeanbau mit Roggen für eine Druschnutzung zu entwickeln (3), den Aussaatzeitpunkt für diese Wintererbsengenotypen in Rein- bzw. in Gemengesaat mit Roggen für eine Grün- bzw. Druschnutzung zu optimieren (4) und durch Vorträge, Führungen und Tagungen den Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis zu gewährleisten (5). Weiterhin sollte durch das Forschungsprojekt für Betriebe des Ökologischen Landbaus die Kulturpflanzenvielfalt und die Fruchtfolgegestaltung erweitert werden.

Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen

Das Forschungsvorhaben soll einen Beitrag zur Lösung von spezifischen Problemen beim Anbau von Körnerleguminosen - speziell von Erbsen – und zur Versorgung der Fruchtfolge mit Stickstoff im Ökologischen Pflanzenbau leisten. Gerade Sommererbsen sind aufgrund einer hohen Verunkrautungsgefahr (ELERS 2001, KIMPEL-FREUND et al. 1998) und/oder einer mangelnde Standfestigkeit (STELLING 1997, SCHOOLS und LANGELAAN 1994) häufig schwer erntbar. Hierdurch kann es im Ökologischen Landbau beim Drusch dieser Kultur alle drei bis vier Jahre zu einer Missernte kommen (VÖLKEL und SCHINDLER 2005). Dagegen werden bei der Kultivierung von Wintererbsen Beikräuter effektiv reguliert (Graß 2003) und aufgrund der hohen Stickstofffixierleistung ein Beitrag zur Stickstoffversorgung der Fruchtfolge geleistet.

Maßnahmen des Technologie- und Wissenstransfers

Zum Technologie- und Wissenstransfer wurden für die einzelnen Zielgruppen unterschiedliche Maßnahmen durchgeführt: Für Praktiker und Berater wurden mehrere Vorträge im Rahmen von Feldtagen und Ackerbauseminaren sowie sechs Artikel in landwirtschaftlichen Fachzeitschriften publiziert. Außerdem wurden mit dieser Zielgruppe sechs Feldrundgänge durchgeführt und weiterhin über den Anbau von Wintererbsen auf den beiden DLG-Feldtagen in Dummerstorf bei Rostock vom 22.-24.6.2004 und auf der Hessischen Staatsdomäne Baiersröderhof bei Hanau vom 20.–22. Juni 2006 informiert. Für die eher wissenschaftliche Zielgruppe wurden insgesamt vier Beiträge zu verschiedenen Tagungen veröffentlicht. Diese Maßnahmen werden unter 3.6 genauer beschrieben. Weiterhin wurden die Versuche in Frankenhausen und auf dem Waldhof in die Lehre der Universität sowie der Fachhochschule integriert.

1.2 Planung und Ablauf des Projektes

Das Vorhaben wurde von der Universität Kassel, FG Ökologischer Land- und Pflanzenbau, in Kooperation mit der Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften & Land-

schaftsarchitektur, durchgeführt. Die Arbeitsschritte konnten weitestgehend wie geplant durchgeführt werden. Aufgrund von unterschiedlichen Schädigungen v.a. Auswinterung einzelner Genotypen aber auch durch verschiedene Tiere und Witterungseinflüssen konnten nicht alle Bonituren und Parameter in allen Jahren bei allen Varianten erhoben werden. Dies wird genauer im Kapitel 5 beschrieben.

Der Sortenversuch (Hauptversuch) wurde im Herbst der Jahre 2003 bis 2006 auf dem Versuchsstandort der Universität Kassel Hessische Staatsdomäne Frankenhausen, im Herbst 2003 auf den zweiten Versuchsstandort der Universität Kassel in Hebenshausen und im Herbst 2004 bis 2006 auf dem Versuchsstandort der Fachhochschule Osnabrück Waldhof angelegt. In diesem Versuch wurden zwölf bzw. acht verschiedene Erbsengentypen (im ersten Jahr bzw. in den Folgejahren) in Rein- und Gemengesaat mit Getreide sowie die beiden Getreidereinsaaten angebaut. Unter den Erbsengentypen befand sich immer eine Sommererbse, bei den anderen handelte es sich um Wintererbsen verschiedener Convarietäten. Es wurden zwei Ernten, eine Grünernte zu Blühbeginn der einzelnen Genotypen und der Korndrusch der reifen Bestände, durchgeführt. Dazu wurde die Qualität der Ernteprodukte analysiert. Hierzu wurde bei der Grünernte eine allgemeine Futteranalyse mittels dem NIRS-Verfahren in allen Vegetationsperioden durchgeführt. Die Erbsenkörner wurden auch über NIRS in allen Jahren analysiert. Zudem wurde auch ihr Gehalt an Aminosäuren aus drei Jahren, der an kondensierten Tanninen, an Gesamtphenolen und die Trypsininhibitoraktivität aus zwei Jahren ermittelt. Außerdem wurden Bodenproben vor und nach Winter und zu den Ernteterminen zur Ermittlung der Stickstoffdynamik gezogen. Neben der Überwinterungsleistung wurden die Entwicklungsstadien, die Beikrautentwicklung und die Lagerneigung in den einzelnen Varianten bonitiert.

Als zweiten Feldversuch wurde auf dem Standort Frankenhausen der Versuch zum optimalen Aussaatzeitpunkt in Reinsaat in den Vegetationsperioden 04/05 bis 06/07 durchgeführt. Hier wurden sechs verschiedene Herkünfte von Wintererbsen zu drei verschiedenen Saatterminen auf ihre Überwinterungsleistung und ihren Grünmasseertrag zu Blühbeginn geprüft. Weiterhin wurde die Beikrautentwicklung und Neigung zum Lagern aufgenommen. Im ersten Jahr wurde zusätzlich der Kornertrag der Varianten ermittelt.

Als dritter Feldversuch wurde im Herbst der Jahre 2005 und 2006 der Versuch zum optimalen Aussaatzeitpunkt im Gemenge auf dem Standort Frankenhausen angelegt. In diesem Versuch wurden die gleichen sechs Herkünfte wie im Versuch zum optimalen Aussaatzeitpunkt in Reinsaat im Gemenge mit Winterroggen zu drei Aussaatterminen hinsichtlich des Kornertrages geprüft. Weiterhin wurde die Auswinterungsrate, die Beikrautentwicklung und die Lagerneigung bonitiert.

Zusätzlich wurden in der Vegetationsperiode 06/07 je zwei Versuche in Krummhörn bei Norden in Niedersachsen und in Syrgenstein-Staufen bei Giengen in Baden-Württemberg durchgeführt. In diesen Standortversuchen wurden fünf verschiedenen Wintererbsengentypen in Reinsaat und im Gemenge mit Winterroggen untersucht. Es wurde neben der Auswinterungsrate die Beikrautentwicklung und die Lagerneigung bonitiert. Bei dem Versuch in Reinsaat wurde der Biomasseertrag zu Blühbeginn und bei dem Versuch im Gemenge der Kornertrag ermittelt.

1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Im Ökologischen Landbau ist der Anbau von Leguminosen neben der organischen Düngung die wichtigste Quelle für die Zufuhr von Stickstoff in die Fruchtfolge der Betriebe. Weitere Stickstoffquellen, welche vor allem im Gemüsebau verwendet werden, sind entweder seit der BSE - Krise verboten oder nur noch eingeschränkt nutzbar (Düngemittel tierischer Herkunft) oder kostenaufwendig (Leguminosenschrot). Der Leguminosenanbau selber ist in der Ökologischen Landwirtschaft ein etabliertes Fruchtfolgeglied. Trotzdem sind die beiden größten Problembereiche im ökologischen Pflanzenbau in einer häufig mangelnden Stickstoffversorgung mit den daraus resultierenden geringeren Erträgen und in einer oft schwierigen Beikrautregulierung zu sehen. Ferner besteht bei Körnerleguminosen bedingt durch die Frühjahrsaussaat bisher das Problem, dass das Feld im Winter zuvor häufig brach liegt und damit eine hohe Gefahr von Bodenerosion und Stickstoffverlagerung besteht. Demgegenüber stehen die Vorteile des Anbaus winterharter, normalblättriger Erbsenherkünfte:

- Bodenbedeckung über Winter und Erosionsschutz (GRAß 2003)
- Nährstoffentzug über Winter bzw. geringere Auswaschungsgefahr (LÜTKE-ENTRUP und ZERHUSEN 1992)
- effektive Beikrautregulierung (GRAß 2003)
- höheres Ertragspotential als bei den Sommerformen (CHARLES 2001)
- höhere Ertragsstabilität als bei den Sommerformen (STELLING 1996)
- hohe Stickstofffixierungsleistung (GABE 1991, KARPENSTEIN-MACHAN und STÜLPNAGEL 2000)
- Erweiterung der Kulturpflanzenvielfalt
- Erweiterungsmöglichkeiten bei der Fruchtfolgegestaltung im Rahmen von Zweikulturnutzungssystemen z.B. System Graß/Scheffer, Wintererbse/Silomais (GRAß 2003).

Erbsen sind in Vollblatt- und in halbblattlose (semi-leafless) Typen zu unterscheiden, von denen es jeweils Sommer- und Winterformen gibt.

Winterharte Formen der Körnerleguminosen werden hierzulande kaum angebaut. Die Gründe dafür liegen vor allem in der mangelnden Winterhärte und in der Verdrängung durch andere Kulturpflanzenarten, durch den Import von Sojaschrot und durch den vermehrten Einsatz von mineralischen Düngern. Die Nachfrage von Praxisbetrieben nach Wintererbsen ist in Deutschland stark zunehmend. In Frankreich wird derzeit Wintererbsenanbau auf etwa 17.000 ha betrieben, was auch zur Entwicklung neuer, moderner semi-leafless Sorten führte.

Die Nutzung der Wintererbsen erfolgt in den am Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau der Universität Kassel entwickelten Anbausystemen entweder als Ganzpflanze zum Zeitpunkt der Blüte oder als Druschfrucht (GRAß und SCHEFFER 2005). Gerade bei der Ganzpflanzenernte und der Nutzung des Erntegutes als Futter können die genannten Vorteile des Anbaus einer winterharten Leguminose sehr gut von einer direkt im Anschluss gesäten Folgekultur genutzt werden. Beim folgenden Anbau von Mais konnte auch ohne weitere Stickstoffdüngung mit bis zu 120 dt TM ha⁻¹ ein guter Ertrag erzielt werden und der Aufwand für die Unkrautregulierung sank deutlich (GRAß, 2001). Gerade bei Sommerkulturen mit einem hohen Stickstoffbedarf (Feldgemüse) kann der positive Vorfruchtwert hinsichtlich einer hohen Stickstofffixierungsleistung sehr gut in Ertrag umgesetzt werden. Im Gemengeanbau hat sich für die Wintererbsensorte EFB 33 als Stützfrucht Winterroggen bewährt.

Leider liegen bisher nur Erfahrungen mit dieser einen Sorte vor, was eine Übertragung in die Praxis erschwert. Für die Praxiseinführung ist eine wesentlich breitere genetische Grundlage notwendig, die den Anbau an unterschiedlichen Standorten sichert.

Im Versuchsjahr 2002/2003 des durch die BLE geförderten Projektes „Prüfung verschiedener Herkünfte von Wintererbsen auf ihre Anbaueignung im Ökologischen Landbau“ (Projektnr. 02OE556) hat sich bisher gezeigt, dass Anfang März 2003 bei den aus Frankreich und Großbritannien importierten Wintererbsensorten ein Totalausfall zu verzeichnen war, während die eingesetzten Herkünfte aus der Genbank sowie die EU-Sorte EB 33 die bis dahin vorherrschenden Klimabedingungen mit nur leichten Ausfällen überstanden haben. Dies weist auf eine bessere Eignung der Herkünfte aus der Genbank Gatersleben für die klimatischen Bedingungen in Deutschland hin.

In der Zeit vom März 2003 bis Anfang April 2003 traten an beiden Versuchsstandorten sehr starke Wechselfröste auf. Diese führten zu Schädigungen von über 50% bei den verbliebenen Wintererbsen, aber auch bei anderen Kulturen wie Wintergetreide und Winterraps. In einigen nordhessischen Gebieten wurden bis zu 70 Prozent der Fläche mit Wintergerste umgebrochen (ANONYMUS 2003). Die seit über 20 Jahren am Versuchsstandort Hebenshausen vermehrte Sorte EFB 33 wurde in diesem Winter zum ersten Mal deutlich geschädigt.

Im Rahmen dieses Projektes wurde der Kornertrag der Wintererbsen bestimmt: Trotz der starken Auswinterungsschädigungen wurden von den Herkünften und der EU-Sorte EFB 33 in Reinsaat ein Kornertrag von 30 – 40 dt ha⁻¹ erzielt.

2 Material und Methoden

In diesem Kapitel werden Material und Methoden für die einzelnen Versuche beginnend mit den Sortenversuch unter 2.1 beschrieben. Anschließend werden unter 2.2 diese für die Versuche zum Optimalen Aussaatzeitpunkt und unter 2.3 die für die Standortversuche in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft der Versuchsansteller im ÖL dargestellt.

2.1 Sortenversuch

2.1.1 Standorte und Witterung

Der Sortenversuch wurde auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen der Universität Kassel (DFH), auf dem Landwirtschaftlichen Versuchsbetrieb Waldhof der Fachhochschule Osnabrück (WH) und dem Versuchsstandort Hebenshausen in der Gemeinde Neu-Eichenberg der Universität Kassel durchgeführt.

Die Domäne **Frankenhausen** liegt etwa 10 km nördlich von Kassel in der Gemeinde Grebenstein im Landkreis Kassel. Seit Juli 1998 wird die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche von der Universität Kassel nach den Richtlinien der EU-Verordnung 2092/91 bewirtschaftet und ist seit dem Jahr 2000 von den Anbauverbänden Bioland und Naturland zertifiziert. Der Betrieb umfasst ca. 300 Hektar, von denen etwa 25 Hektar als Versuchsfläche genutzt werden. Die Betriebsflächen liegen auf einer Höhe von 150 – 300 m über NN. Die Wetterstation wurde erst im Jahr 2001 installiert, so dass die Daten der langjährigen Mittel von der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes in Kassel herangezogen wurden. Danach beträgt die mittlere Jahrestemperatur 8,5 °C und die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge liegt bei 698 mm. Da die Wetterstation auf der Domäne zeitweise ausfiel, wurden die Daten des benachbarten Flughafens Kassel – Calden für die Fehlzeiten verwendet.

Der Versuchsstandort **Hebenshausen** dient als Versuchsfläche für verschiedene Institute am Fachbereich 11 der Universität Kassel / Witzenhausen und liegt ca. 12 Kilometer östlich von Witzenhausen und ist ein Ortsteil der Gemeinde Neu - Eichenberg am nördlichen Rand des Werra – Meißner - Kreises. Der Standort befindet sich auf einer mittleren Höhe von ca. 250 Meter über NN. Die Geländeformation der Versuchsfläche ist eben. Der Versuchsstandort nimmt eine Sonderstellung ein, da er konventionell bewirtschaftet wird, auch wenn der Versuch entsprechend den Richtlinien des Ökologischen Landbaus durchgeführt wurde. Die Jahresdurchschnittstemperatur aus dem langjährigen Mittel, der am Versuchsstandort aufgezeichneten Wetterdaten, beträgt 8,7 °C. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge ist mit 672 mm angegeben.

Der nach BIOLAND –Richtlinien bewirtschaftete „**Waldhof**“ ist einer der zwei Versuchsbetriebe der Fachhochschule Osnabrück. Der Betrieb liegt ca. 3 km entfernt am Nordrand von Osnabrück. Die Betriebsfläche umfasst ca. 42 ha, davon sind ca. 7 ha Grünland und ca. 6 ha Versuchsfläche. Die Bodenbeschaffenheit ist heterogen. Sie reicht von leichten Standorten mit ca. 25 Bodenpunkten über z.T. aufgesuchte und tiefgründige lehmige Sande bis hin zu reinen Lehmböden mit bis zu 60 Bodenpunkten. Die Höhenlage schwankt von 60 – 100 m über NN. Die verwendeten Wetterdaten wurden direkt auf dem Betrieb aufgezeichnet. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9,0 °C und die durchschnittlichen Niederschläge liegen bei 760 mm.

Im Folgenden werden für die einzelnen Vegetationsperioden die Schläge auf den drei Standorten dargestellt. Die Beschreibung hierfür stammt für Frankenhausen nach BRANDT 2001

und BRANDT et al. 2001, für Hebenshausen nach WILDHAGEN 1998 und für den Waldhof nach SCHLIEPHAKE 2006.

2.1.1.1 Vegetationsperiode 2003/2004

Schlagbeschreibung

In der Vegetationsperiode 2003/2004 wurde der Sortenversuch auf den Standorten Frankenhäusen (Schlag Lindenbreite) und Hebenshausen (Schlag Meierbreite) durchgeführt.

Beim Flurstück Lindenbreite handelt es sich um eine Parabraunerde mit Abschnitten eines Kolluvisols. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein mittel tonigen Schluff (Ut3). Die Bodenschätzung ergab für den Standort folgende Deklaration: L3 Lö 80/75. Die Fläche ist leicht nach Süden und Osten geneigt. Die Höhe über NN beträgt 248 m. Der pH-Wert im Oberboden lag zwischen 6,6 – 6,7 und die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Phosphat (P_2O_5), für Kalium (K_2O) und für Magnesium (Mg) die Gehaltsklasse C. Die Vorfrucht war Sommergerste, als Vorfrucht wurde Sommerweizen angebaut.

Bei dem Schlag Meierbreite in HEB handelt es sich um eine Pseudogley-Parabraunerde mit Ausgangssubstrat Löss. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein stark toniger Schluff (Ut4). Die Bodenschätzung ergab folgende Deklaration: L3 Lö 78/80. Die Versuchsfläche ist eben und die Höhe über NN beträgt 247 m. Der pH-Wert im Oberboden lag zwischen 6,4 – 6,6 und die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Phosphat (P_2O_5) und für Kalium (K_2O) die Gehaltsklasse C sowie für Magnesium (Mg) die Gehaltsklasse D. Bei der Vorfrucht handelte es sich um Winterraps, die Vorfrucht war Winterweizen.

Witterung

Die mittlere Jahrestemperatur entsprach in der Vegetationsperiode 2003/2004 ebenso wie die Temperatur in den Wintermonaten ungefähr dem langjährigen Mittel beider Versuchsstandorte (Abb. 1 und Abb. 2). Der Monat Oktober fiel ebenso wie der Mai und Juli etwas kälter aus, während der November im Vergleich als zu warm anzusehen ist. Die Minimumtemperatur in dieser Vegetationsperiode betrug jeweils am 23.12.2003 in Heb $-12,4\text{ °C}$ und in DFH $-11,2\text{ °C}$. Jeweils in der letzten Januar- und Februardekade gab es eine längere Frostperiode auf beiden Versuchsstandorten (A-Tab. 1, A-Tab. 5).

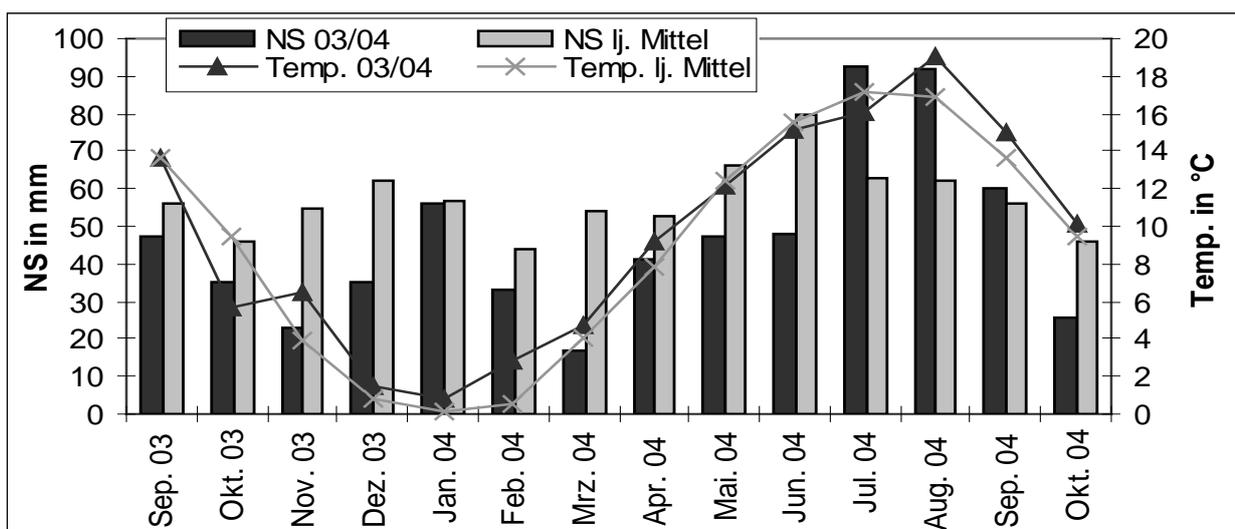


Abb. 1: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2003/2004, Frankenhäusen

Im Vergleich zum langjährigen Mittel handelte es sich an beiden Versuchsstandorten um eine eher trockene Vegetationsperiode mit je ca. 550 mm Niederschlag. V.a. das Frühjahr,

aber auch in den Herbstmonaten fiel weniger Niederschlag als im langjährigen Mittel. Dagegen regnete es in den Sommermonaten Juli und August im Vergleich deutlich mehr.

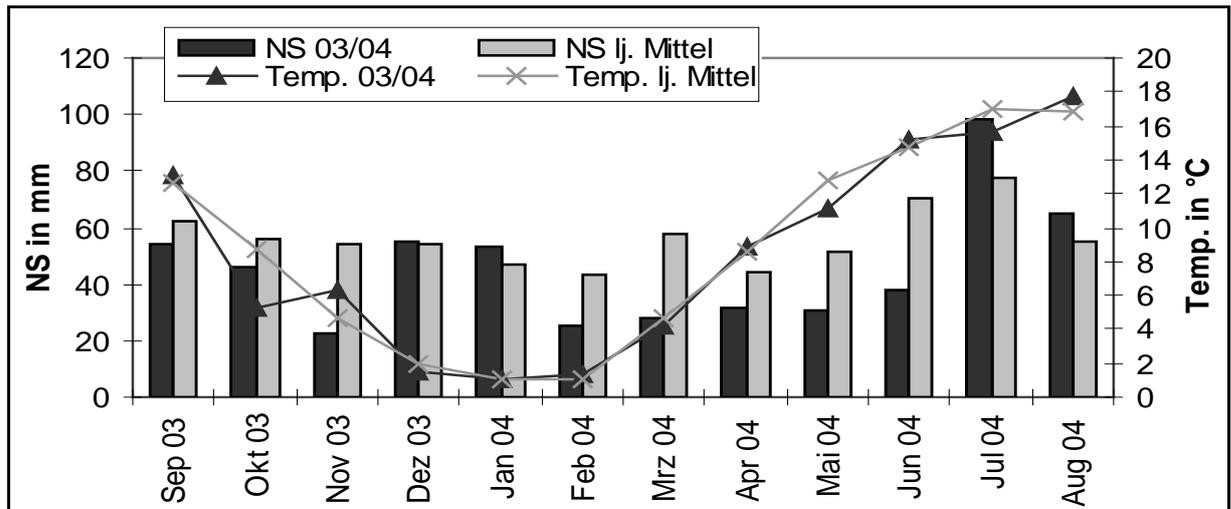


Abb. 2: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2003/2004, Hebenshausen

2.1.1.2 Vegetationsperiode 2004/2005

Schlagbeschreibung

In dieser Vegetationsperiode wurde der Sortenversuch auf den beiden Standorten Frankenhäusen (Schlag Holzbeck 3) und Waldhof (Schlag Grothaus II) angelegt.

Der Versuch auf dem Schlag Holzbeck 3 befand sich auf einem Kolluvisol mit Abschnitten von Parabraunerde. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein mittel toniger Schluff (Ut3) und die Bodenschätzung ergab für den Standort folgende Deklaration: L3 Lö 78/75. Die Höhe über NN liegt bei 240 m. Die Fläche ist leicht nach Norden geneigt. Der pH-Wert im Oberboden wurde bei 6,9 bestimmt und die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Phosphat (P_2O_5) und für Kalium (K_2O) die Gehaltsklasse C sowie für Magnesium (Mg) die Versorgungsstufe D. Bei der Vorfrucht handelte es sich um Winterroggen, als Vorvorfrucht wurde Winterweizen angebaut.

Der Sortenversuch auf dem Waldhof wurde auf dem Schlag Grothaus II angelegt. Es handelt sich dabei um einen lehmigen Sand bis sandigen Lehm mit durchschnittlich 38 Bodenpunkten. Die Fläche ist eben. Die Höhe über NN beträgt 80 m. Der pH-Wert im Oberboden wurde bei 5,4 bestimmt und die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Magnesium (Mg) und für Kalium (K_2O) die Gehaltsklasse B sowie für Phosphat (P_2O_5) die Versorgungsstufe D. Die Vorfrucht war Sommerweizen und die Vorvorfrucht ein einjähriges Klee gras.

Witterung

Die Vegetationsperiode auf dem Standort **Frankenhäusen** fiel mit einer Temperatur von 8,8 °C geringfügig wärmer als das langjährigen Mittel mit 8,5 °C aus, während beim Niederschlag mit 507 mm etwa 190 weniger als im langjährigen Mittel fielen. V.a. der Winter und das Frühjahr zeichneten sich durch geringere Niederschläge aus (Abb. 3). Bei den Wintermonaten fielen der Januar zu warm und der Februar und März zu kalt aus. In der letzten Januardekade sowie vom 23.2.2005 bis zum 10.3.2005 gab es Dauerfrostperioden. Die Tiefsttemperatur wurde am 1.3.2005 mit -17,1 °C erreicht (A-Tab. 2).

Die Vegetationsperiode 2004/2005 auf dem Standort **Waldhof** fiel mit durchschnittlichen 9,6 °C etwa ein halbes Grad zu warm aus. Dies betrifft v.a. die Monate Januar und April. Insgesamt fielen in diesem Zeitraum 709 mm Niederschlag, im langjährigen Mittel sind es 757

mm. In den Monaten November und Mai fiel deutlich mehr und in den meisten anderen weniger Niederschlag als im Durchschnitt der Jahre (Abb. 4). In der letzten Januardekade und vom 22.2.2005 bis zum 8.3.2005 herrschten Dauerfrostperioden vor. Die Tiefsttemperatur auf diesem Standort wurde am 5.3.2005 mit knapp -20 °C gemessen (A-Tab. 6).

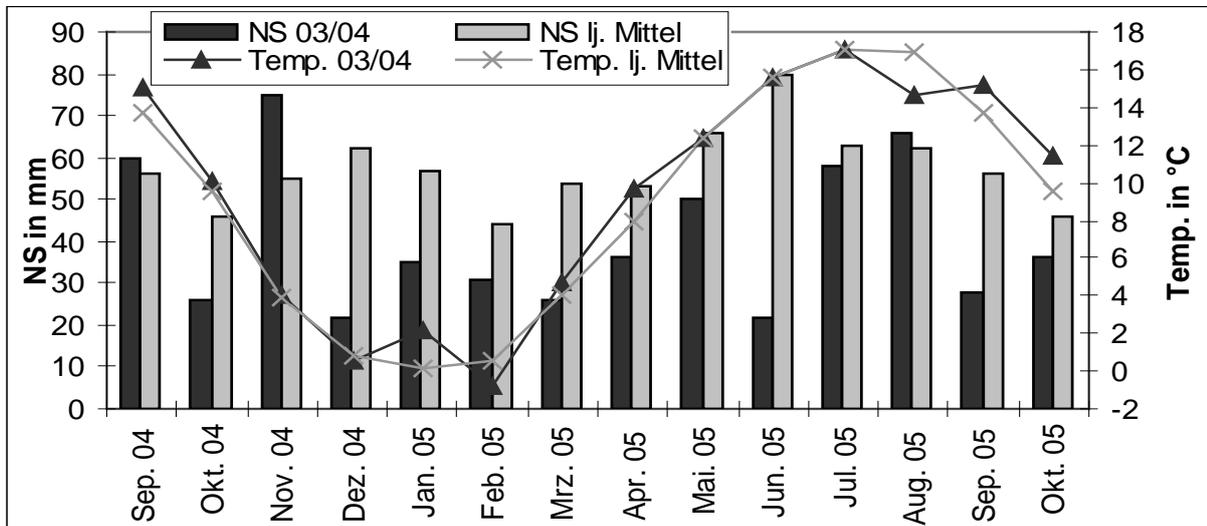


Abb. 3: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2004/2005, Frankenhausen

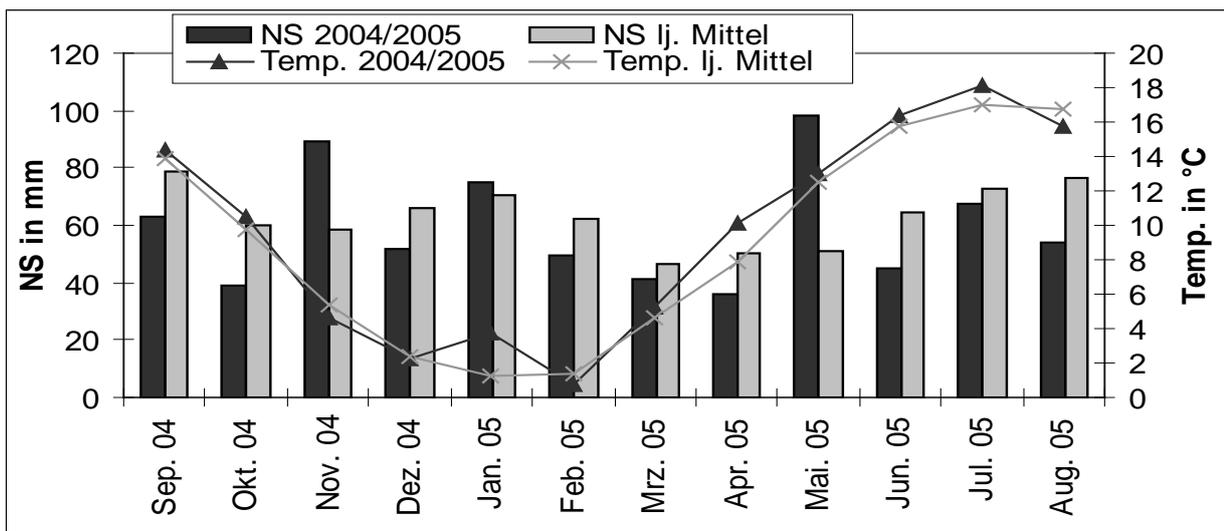


Abb. 4: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2004/2005, Waldhof

2.1.1.3 Vegetationsperiode 2005/2006

Schlagbeschreibung

In dieser Vegetationsperiode wurde der Sortenversuch auf den beiden Standorten Frankenhausen (Schlag Holzbeck 1) und auf dem Waldhof (Schlag Grothaus II) durchgeführt. Bei dem Schlag Holzbeck 1 handelt es sich um ein Kolluvisol mit Abschnitten von einer Parabraunerde. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein mittel tonigen Schluff (Ut3). Die Bodenschätzung ergab für den Standort folgende Deklaration: L4 L₀ 71/70. Die Fläche ist nahezu eben. Die Höhe über NN liegt bei ca. 230 m. Der pH-Wert im Oberboden wurde bei 6,6 ermittelt und die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Phosphat (P₂O₅) und für Magnesium (Mg) die Gehaltsklasse D sowie für Kalium (K₂O) die Versorgungsstufe C. Bei der Vorfrucht handelt es sich um Kartoffeln, die Vorvorfrucht war Winterweizen.

Das Flurstück Grothaus II wurde bereits unter dem Kapitel 2.1.1.2 beschrieben. Der pH-Wert im Oberboden wurde bei 5,3 analysiert und die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Magnesium (Mg), für Kalium (K₂O) sowie für Phosphat (P₂O₅) die Versorgungsstufe B. Die Vorfrucht war Dinkel, als Vorfrucht wurden Grünlupinen angebaut.

Witterung

Die Vegetationsperiode auf dem Standort Frankenhausen fiel mit 9,0 °C etwa ein halbes Grad zu warm aus, während beim Niederschlag mit 481 mm über 200 mm weniger als im langjährigem Mittel fielen. Mit Ausnahme der Monate Mai und August lag die Niederschlagsrate z.T. deutlich unter den jeweiligen Monatsmitteln (Abb. 5). Die Monate Januar, Februar und März fielen zu kalt und v.a. der Monat Juli und alle Herbstmonate zu warm aus. In den Wintermonaten herrschte die meiste Zeit über Dauerfrost und teilweise lag eine geschlossene Schneedecke. Die tiefste Temperatur wurde am 30.1.2006 mit -14,6 °C aufgezeichnet (A-Tab. 3).

Die Vegetationsperiode 2005/2006 auf dem Standort Waldhof fiel mit durchschnittlichen 10,0 °C etwa ein Grad zu warm aus, wobei die Wintermonate Januar und März zu kalt und die Monate Oktober, Juni und Juli zu warm waren. In der letzten Januardekade sowie vom 20.2.2006 bis zum 10.3.2006 gab es Dauerfrostperioden. Die Tiefsttemperatur wurde am 29.1.2006 mit -10,3 °C erreicht (A-Tab. 7). Insgesamt fielen in dieser Vegetationsperiode 739 mm Niederschlag; dies ist mit dem langjährigen Mittel vergleichbar. V.a. im Monat August fiel deutlich mehr und in den Monaten September, Januar und Juni deutlich weniger Niederschlag als im Durchschnitt der Jahre (Abb. 6).

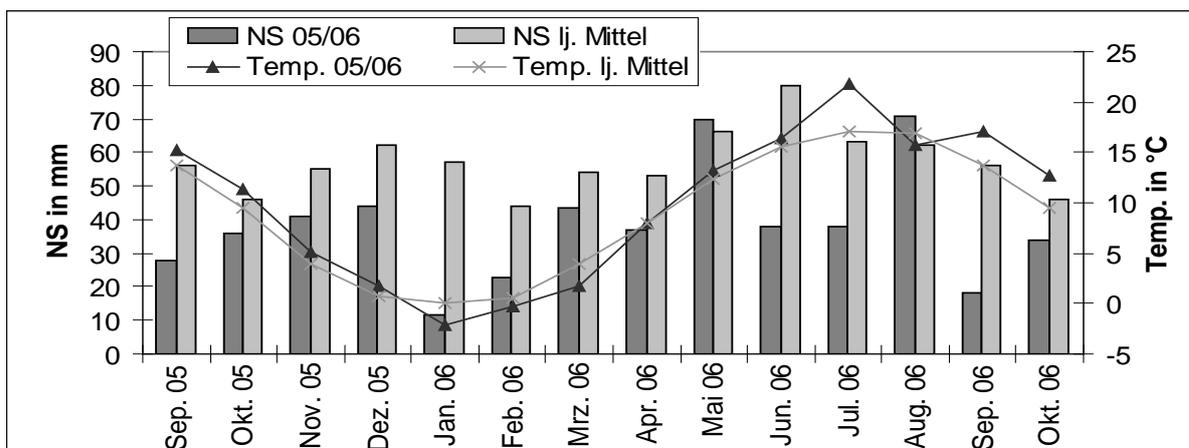


Abb. 5: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2005/2006, Frankenhausen

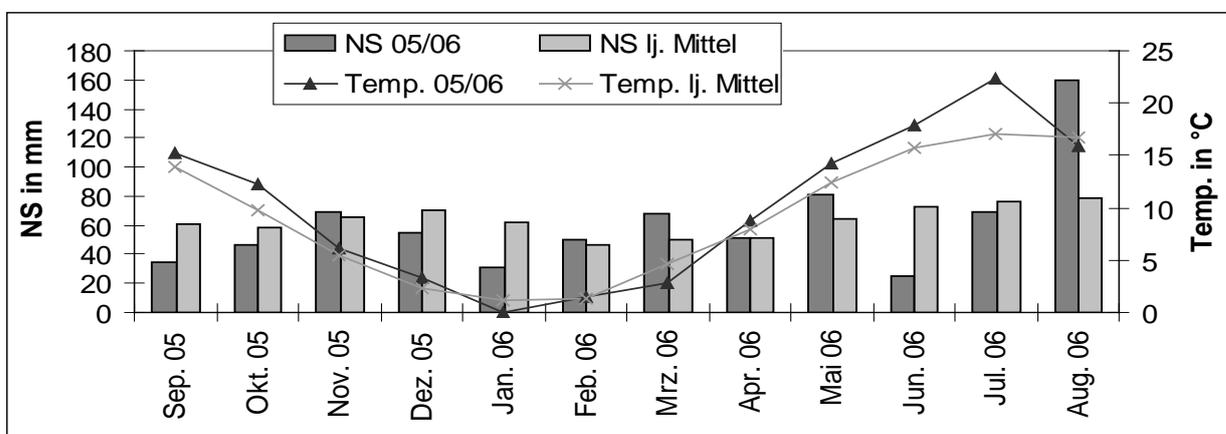


Abb. 6: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2005/2006, Waldhof

2.1.1.4 Vegetationsperiode 2006/2007

Schlagbeschreibung

In der Vegetationsperiode 2006/2007 wurde der Sortenversuch auf den beiden Standorten Frankenhausen (Schlag Holzbeck 2) und auf dem Waldhof (Schlag An der Hecke) durchgeführt.

Der Versuch auf dem Schlag Holzbeck 2 befand sich auf einem Kolluvisol mit Abschnitten von Parabraunerde. Bei der Bodenart im Ap-Horizont handelt es sich um einen mittel tonigen Schluff (Ut3). Die Bodenschätzung ergab für den Standort folgende Deklaration: L4 LÖ 70/71. Die Fläche ist nahe zu eben. Die Höhe über NN liegt bei 234 m. Bei 6,8 wurde der pH-Wert im Oberboden bestimmt und die Klassifizierung der Nährstoffe lag für Phosphat (P_2O_5) und für Magnesium (Mg) in der Gehaltsklasse D sowie für Kalium (K_2O) in der Versorgungsstufe C. Die Vorfrucht war Möhre, bei der Vorvorfrucht handelte es sich um Kartoffel.

Der Sortenversuch auf dem Waldhof wurde auf dem Flurstück An der Hecke durchgeführt. Es handelt sich dabei um einen lehmigen Sand mit durchschnittlich 40 Bodenpunkten. Die Fläche ist eben und die Höhe über NN liegt 75 m. Der pH-Wert im Oberboden wurde bei 5,8 bestimmt. Die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Magnesium (Mg) und für Kalium (K_2O) die Gehaltsklasse B sowie für Phosphat (P_2O_5) die Versorgungsstufe D. Die Vorfrucht war Kartoffel, als Vorvorfrucht wurde Getreide angebaut.

Witterung

Auf dem Standort Frankenhausen fiel diese Vegetationsperiode mit über 2,5 ° deutlich wärmer als die Durchschnittstemperatur aus. Dazu fielen im Vegetationsverlauf mit 778 mm 80 mm mehr als im langjährigen Mittel. Bis auf Juli und August lag die monatliche Durchschnittstemperatur höher als im Schnitt der Jahre (Abb. 7). Dies betraf v.a. die Wintermonate. Ende Januar wurde eine kurze Frostperiode mit der Tiefsttemperatur von -9,6 °C am 26.1.2007 verzeichnet (A-Tab. 4). In den Herbstmonaten und im April war die Niederschlagsrate zum Teil deutlich geringer und in den übrigen Monaten teilweise deutlich höher als im langjährigen Mittel.

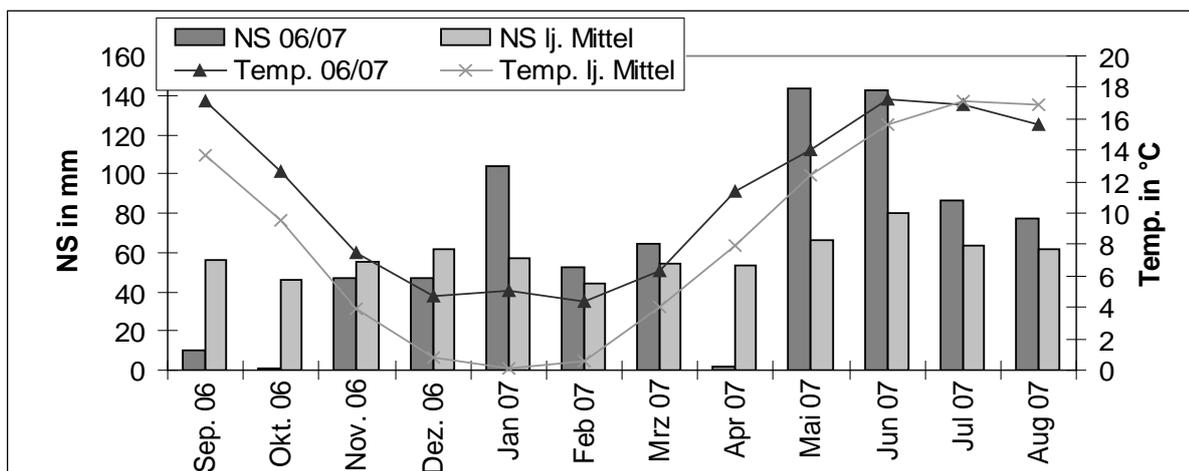


Abb. 7: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2006/2007, Frankenhausen

Auch auf dem Waldhof war die Jahresdurchschnittstemperatur mit 11,8 °C über 2,5° wärmer als der Durchschnitt der Jahre und es fielen mit 814 mm ca. 50 mm mehr als im langjährigen Mittel. Ebenso wurde bei allen Monaten mit Ausnahme des Juli und des August eine höhere Durchschnittstemperatur gemessen, wobei bei den Wintermonaten die Differenz zum langjährigem Mittel etwas größer war (Abb. 8). Auch auf diesem Standort wurde Ende Januar eine kurz Frostperiode mit der Tiefsttemperatur von -10,1 °C am 26.1.2007 festgestellt (A-

Tab. 8). In den Monaten November, Dezember, April und August wurde teilweise deutlich weniger und in den übrigen Monaten zumeist deutlich mehr Niederschlag aufgezeichnet.

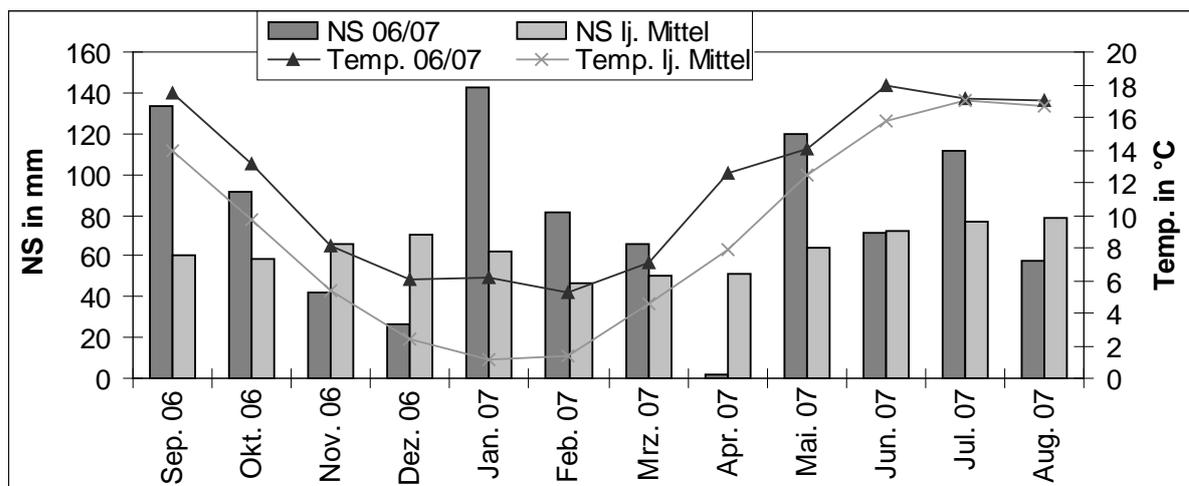


Abb. 8: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2006/2007, Waldhof

2.1.2 Sorten

Im Sortenversuch wurden in der Vegetationsperiode 2003/2004 elf verschiedene Genotypen von Wintererbsen und eine Sommererbse ausgesät. Ab der zweiten Vegetationsperiode 2004/2005 wurde die Anzahl der geprüften Genotypen aus Kostengründen auf zehn reduziert, wobei die Lucienhofer und die Münchner Tiroler nur in Reinsaat als Zusatzvarianten untersucht wurden (siehe 2.1.4). Alle anderen Erbsen wurden in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide (Winterroggen 2003/2004: cv. *Amilo* bzw. 2004/2005-2006/2007: cv. *Danko*; 2004: Sommerhafer cv. *Aragon* bzw. 2005- 2007: Sommergerste cv. *Ria*) angebaut. Die verwendeten Wintererbsen sind in drei EU-Sorten und acht bzw. sechs Herkünfte zu unterscheiden (Tab. 1).

Bei den EU-Sorten handelt es sich um die französischen Genotypen Assas und Spirit bzw. Cheyenne sowie die deutsche EFB 33. Die Sorte Spirit wurde in der Vegetationsperiode 2003/2004 ausgesät und musste ab der zweiten Vegetationsperiode durch die Sorte Cheyenne ersetzt werden, da kein Saatgut von Spirit verfügbar war. Diese beiden Sorten sind sich aber nach HEBEISEN und CHARLES (2006) in ihren pflanzenbaulichen Eigenschaften sehr ähnlich. Die seit 1964 zugelassene Sorte Assas wird in Frankreich von Betrieben des Ökologischen Landbaus im Gemenge mit Getreide angebaut; die Neuzüchtung Spirit ist neben der Sorte Cheyenne eine der meist ausgesäten Körnererbsen in Frankreich und der Schweiz. Die Sorte EFB 33 wird seit über 20 Jahren am Institut für Nutzpflanzenkunde der Universität Kassel - Witzenhausen zu Versuchszwecken eingesetzt.

Bei den Herkünften handelt es sich um alte Populationen oder Landsorten. Das Saatgut für die Herkünfte wurde von der Genbank in Gatersleben bezogen und in einem Vorversuch in den Jahren 2001/2002 am Standort Hebenschhausen sowie in der Vegetationsperiode 2002/2003 auf den beiden Standorten Hebenschhausen und Frankenhausen aus insgesamt 43 Herkünften ausgesucht und vermehrt.

Bei der Sommererbse wurde die Sorte Santana als Vergleich ausgewählt. Hierbei handelt es sich um eine moderne Erbse, welche in Deutschland häufig von den Landwirten verwendet wird.

Tab. 1: Übersicht der Wintererbsengenotypen (Sortenversuch)

Name [#]	Herkunftsland	Convarietät	Blatttyp*	Vegetationsperioden
“Albanien” 1 (H)	Albanien	speciosum	nb.	03/04
“Albanien” 2 (H)	Albanien	speciosum	nb.	03/04
Assas (S)	Frankreich	sativum	nb.	03/04-06/07
EFB 33 (S)	Deutschland	speciosum	nb.	03/04-06/07
“Griechenland” (H)	Griechenland	speciosum	nb.	03/04-06/07
Lucienhofer (H)	Deutschland	speciosum	nb.	03/04-06/07
Münchner Tiroler (H)	Deutschland	speciosum	nb.	03/04-06/07
Nischkes Riesengebirgs (H)	Deutschland	speciosum	nb.	03/04-06/07
Santana (S), Sommererbse		sativum	sl.	03/04-06/07
Spirit bzw. Cheyenne (S)	Frankreich	sativum	sl.	03/04 bzw. 04/05-06/07
Unrra (H)	Ungarn	speciosum	nb.	03/04-06/07
Württembergische (H)	Deutschland	speciosum	nb.	03/04-06/07

[#]H = Herkunft, S = Sorte; * sl. = semi-leafless-Typ, nb. = normalblättriger Typ

2.1.3 Mischungsverhältnisse der Gemenge

Die Winter- und Sommererbsen sind in Reinsaat und in zwei Gemengestufen mit Getreide angebaut worden. Dazu wurden zur Gemengeverrechnung die beiden verwendeten Getreidearten ebenfalls in Reinsaat gedrillt. Die Aussaatmenge bei den Erbsen in Reinsaat lag bei 80 und bei den Getreidearten bei 300 keimfähigen Körnern je m². Bei den Gemengen wurden jeweils substitutiv ein Viertel bzw. die Hälfte der Aussaatstärke der Erbsenreinsaat (20 bzw. 40 keimfähige Körner) und drei Viertel bzw. die Hälfte der Aussaatstärke der Getreide-reinsaat (225 bzw. 150 keimfähige Körner) gesät. Ab der Vegetationsperiode 2005/2006 wurde für den Standort Waldhof aufgrund der Anbauerfahrung im Vorjahr die Saatstärke für das Getreide auf 380 keimfähige Körner je m² und in den Gemengestufen entsprechend auf 285 bzw. 190 keimfähige Körner erhöht.

2.1.4 Versuchsanlage

In der ersten Vegetationsperiode wurde der Versuch auf dem Standort Hebenschhausen als 2-faktorielle, vollständig randomisierte Blockanlage und auf dem Standort Frankenhausen als Lateinisches Rechteck angelegt. Ab der zweiten Vegetationsperiode wurde als Versuchsanlage jeweils eine 2-faktorielle Spaltanlage gewählt.

Der erste Faktor (Kleinfaktor) bestand in den unterschiedlichen Erbsengenotypen: im ersten Jahr wurden zwölf und in den Folgejahren jeweils acht verschiedene Genotypen ausgesät. Diese sind unter 2.1.2 beschrieben.

Als zweiter Faktor (Großfaktor) wurden drei unterschiedlichen Gemengestufen mit Erbsen herangezogen. Die Angaben beziehen sich auf die Saatstärken der Erbsen:

- Reinsaat (80 kf. Körner/m²)
- Gem1 (20 kf. Körner/m²)
- Gem2 40 kf. Körner/m²)

Die Getreidereinsaat wurde in den Spaltanlagen innerhalb des Großfaktors Gem1 randomisiert, da diese den höheren Getreideanteil aufwiesen. Dadurch konnten in den anderen beiden Großfaktoren Reinsaat und Gem2 jeweils noch Zusatzvarianten ausgesät werden. Hierbei handelte es sich um zwei weitere Herkünfte von Wintererbsen in Reinsaat (Lucienhofer, Münchner Tiroler) sowie um das Landsberger Gemenge und die Wintererbsensorte Picar aus Frankreich im Gemenge mit Getreide. Insgesamt ergaben sich im ersten Jahr 38 und ab dem zweiten Jahr 30 Varianten, die jeweils in vier Wiederholungen untersucht wurden. Die vier Herkünfte, welche nur im ersten Jahr mit Getreide geprüft worden sind, wurden ebenso wie die Zusatzvarianten ab dem 2. Jahr statistisch nicht ausgewertet.

2.1.5 Versuchsdurchführung

Im folgendem wird die Durchführung der Versuche für die einzelnen Vegetationsperioden beschrieben.

2.1.5.1 Vegetationsperiode 2003/2004

Nach der Vorfrucht Sommergerste (DFH) bzw. Winterraps (HEB) wurde eine Stoppelbearbeitung durchgeführt. Zur Aussaat der Versuche wurde am 17.9.2003 (DFH) bzw. am 22.9.2003 (HEB) gepflügt (Tab. 2). Zur Saatbettbereitung wurde die Fläche mit der Kreiselegge bearbeitet. Die Aussaat fand am 22.+24.9.2003 (HEB) bzw. am 24.+25.9.2003 (DFH) statt. Die Parzellen wurden in Doppelparzellen auf einer Fläche von 24 (DFH) bzw. 30 m² (HEB) ausgesät. Die Saattiefe lag bei ca. vier cm. In Frankenhausen wurde 7-reihig und in Hebenshausen 10-reihig ausgesät, so dass der Reihenabstand in DFH ca. 21 cm und in Hebenshausen etwa 15 cm betrug. Zwischen den Parzellen lag der Abstand aufgrund der großen Pflanzlänge der normalblättrigen Wintererbsen auf beiden Standorten bei 80 cm. Der Parzellenzwischenraum wurde mit einer Handfräse mehrfach im Laufe der Vegetationsperiode bearbeitet, um das Beikraut zu regulieren.

Tab. 2: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Sortenversuch 2003/2004

Arbeitsgang	DFH	HEB
Pflugfurche	17.9.2003	22.9.2003
Saatbettbereitung	24.9.2003	22.9.2003
Aussaat Winterung	24.+25.9.2003	22.+24.9.2003
Aussaat Sommerung	6.4.2004	22.3.2004
Handhacke zwischen d. Reihen, Sommerung	6.5.2004	19.4.2004
Jäten Sommerung	-	3.5.2004
Grünernte	18.5.2004, 3.+4.6.2004, 11.6.2004	17.5.2004, 1.+2.6.2004, 8.6.2004
Jäten Spirit, Sommerung in RS vor Drusch	21.7.2004, 18.8.2004	24.7.2004
Korndrusch	21.7.2004, 4.+5.8.2004, 18.8.2004	24.7.2004, 6.+7.8.2004, 15.8.2004

Die Grünernte der Ganzpflanzen von der modernen, französischen Wintererbse Spirit wurde am 17.5. (HEB) bzw. am 18.5.2004 (DFH), die der normalblättrigen Wintererbsen Anfang Juni und die der Sommerungen am 8.6. (HEB) bzw. 11.6.2004 (DFH) durchgeführt.

Bei den Winterungen war mit Ausnahme der Sorte Spirit in Reinsaat keinerlei Bestandespflege notwendig. Auf beiden Standorten wurde eine Handhacke zwischen den Reihen bei den Sommerungen am 19.4.2004 (HEB) und am 6.5.2004 (DFH) durchgeführt. In HEB wurden die Sommerungen am 3.5.2004 zusätzlich gejätet. Vor dem Drusch musste bei der modernen Sorte Spirit in Reinsaat auf beiden Standorten und bei der Sommererbse Santana in Reinsaat auf dem Standort Frankenhausen per Hand gejätet werden.

Der Drusch der Sorte Spirit in Reinsaat fand Ende Juli, der der normalblättrigen Erbsen Anfang August und der der Sommerungen Mitte August statt.

2.1.5.2 Vegetationsperiode 2004/2005

In dieser Vegetationsperiode wurde nach der Vorfrucht Winterroggen (DFH) bzw. Sommerweizen (WH) eine Stoppelbearbeitung durchgeführt. Kurz vor der Aussaat der Versuche wurde am 20.9.2004 (DFH) bzw. am 23.9.2004 (WH) gepflügt (Tab. 3). Die Fläche wurde zur Saatbettbereitung mit der Kreiselegge bearbeitet. Die Aussaat fand auf beiden Standorten gleichzeitig am 5.10.2004 statt. Die Parzellen wurden in Frankenhausen als Doppelparzellen auf einer Fläche von 24 m² und auf dem Waldhof als „einfache“ Parzellen auf einer Fläche von 12 m² ausgesät. Die Saattiefe betrug wie im Vorjahr vier cm. Der Reihenabstand betrug in DFH etwa 21 cm und auf dem Standort Waldhof 15 cm, da in DFH 7-reihig und auf dem Waldhof 10-reihig gesät worden war. Zwischen den Parzellen betrug der Abstand aufgrund der großen Pflanzenlänge der normalblättrigen Wintererbsen in Frankenhausen 80 cm und auf dem Standort Waldhof wurden zwischen den Versuchsparzellen Parzellen mit Wintergetreide eingesät. Das Wintergetreide wurde mit einem Rasenmäher im Frühjahr und Sommer ein bis zweimal kurz gemäht und in Frankenhausen wurde der Parzellenzwischenraum mit einer Handfräse mehrfach im Laufe der Vegetationsperiode bearbeitet, um das Beikraut zu regulieren.

Tab. 3: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Sortenversuch 2004/2005

Arbeitsgang	DFH	WH
Pflugfurche	20.9.2004	23.9.2004
Saatbettbereitung	5.10.2004	5.10.2004
Aussaat Winterung	5.10.2004	5.10.2004
Aussaat Sommerung	4.4.2005	25.3.2005
Handhacke zwischen d. Reihen, Chey. RS + Sommerung	-	12.4.2005
Handhacke Sommerung in RS	-	12.5.2005
Grünernte	13.5.2005, 30.5.2005, 14.6.2005	12.5.2005, 26.5.2005, 10.6.2005
Korndrusch	2.+3.8.2005	3.8.2005

Die Grünernte der Ganzpflanzen wurde jeweils zu Blühbeginn der einzelnen Genotypen durchgeführt. Die moderne, französische Wintererbse Cheyenne wurde Mitte Mai, die normalblättrigen Wintererbsen Ende Mai und die Sommerungen Mitte Juni beerntet.

Auf dem Standort Frankenhausen waren in dieser Vegetationsperiode keine Pflegemaßnahmen notwendig. Auf dem Waldhof wurde bei den Sommerungen und bei der Sorte Cheyenne in Reinsaat am 12.4.2005 sowie bei der Sommerung in Reinsaat am 12.5.2005

zwischen den Reihen eine Handhacke durchgeführt, während bei den Winterungen keine Pflegemaßnahmen nötig waren.

Der Drusch konnte aufgrund verschiedener Schädigungen v.a. auf dem Waldhof nur eingeschränkt Anfang August 2005 durchgeführt werden: In Frankenhausen wurde die Sorte Cheyenne in Reinsaat komplett durch Taubenfraß geschädigt, während der Sortenversuch auf dem Waldhof zum Zeitpunkt des Korndrusches mit Ausnahme der Sommerungen sowie des Winterroggens und des Gemenges aus Winterroggen und der modernen Wintererbsensorte Cheyenne nicht mehr zu beernten war. Grund war ein frühzeitiger Taubenfraß, der zu Beginn der Druschreife bei der frühreifenden Sorte Cheyenne in Reinsaat einsetzte und sich über die Herkünfte in Reinsaat als auch im Gemenge mit starkem Lager (v.a. die Gem2 der normalblättrigen Herkünfte) fortsetzte. Das starke Lager resultierte v.a. aus den zu kurzen und zu schwach entwickelten Roggenpflanzen als Folge der Saat Anfang Oktober und des trockenen Frühjahrs (v.a. April).

2.1.5.3 Vegetationsperiode 2005/2006

Nach der Vorfrucht Dinkel wurde auf dem Standort Waldhof eine Stoppelbearbeitung durchgeführt. Auf dem Standort Frankenhausen war dies aufgrund der Vorfrucht Kartoffel nicht notwendig. Zur Aussaat der Versuche wurde am 20.9.2005 (WH) bzw. am 21.9.2005 (DFH) gepflügt (Tab. 4). Zur Saatbettbereitung wurde die Fläche mit der Kreiselegge bearbeitet. Die Aussaat wurde in DFH am 22.9.2005 und auf dem Waldhof am 27.9.2005 durchgeführt. In Frankenhausen wurden die Parzellen als so genannte Doppelparzellen auf einer Fläche von 24 m² und auf dem Waldhof als „einfache“ Parzellen auf einer Fläche von 12 m² ausgesät. Die Saattiefe betrug vier cm. In Frankenhausen wurde 7-reihig und auf dem Waldhof 10-reihig ausgesät, so dass der Reihenabstand in DFH bei ca. 21 cm und in WH bei 15 cm lag. Zwischen den Parzellen betrug der Abstand wie in den Vorjahren aufgrund der großen Pflanzenlänge der normalblättrigen Wintererbsen in Frankenhausen 80 cm und auf dem Standort Waldhof wurden zwischen den Versuchsparzellen Parzellen mit Wintergetreide eingesät. Die Regulierung des Wintergetreides bzw. des Beikrauts in den Parzellenzwischenräumen wurde analog zum Vorjahr durchgeführt.

Tab. 4: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Sortenversuch 2005/2006

Arbeitsgang	DFH	WH
Pflugfurche	21.9.2005	20.9.2005
Saatbettbereitung	22.9.2005	27.9.2005
Aussaat Winterung	22.9.2005	27.9.2005
Pflege Winterung	19.10.2005	9.11.2005
Aussaat Sommerung	11.4.2006	20.4.2006
Handhacke Sommerung	24.5.2006	11.5.2006
Grünernte	5.+7.6.2006, 22.6.2006	6.6.2006, 19.6.2006
Jäten Sommerung, RS	8.6.2006	-
Korndrusch	25.7.2006, 30.7.2006	19.7.2006, 26.7.2006

Die Grünernte der Ganzpflanzen von den normalblättrigen Wintererbsen wurde Anfang Juni und die der Sommerungen Mitte Juni durchgeführt. In Frankenhausen wurde zusätzlich die

Varianten mit der EFB 33 und dem Winterroggen am 22.6.2006 in einem zweiten Grünschnitt beerntet.

Die Winterungen wurden im Herbst 2005 in Frankenhausen maschinell gehackt und auf dem Waldhof gestriegelt. Bei den Sommerungen wurde im Mai 2005 auf beiden Standorten eine Handhacke zwischen den Reihen durchgeführt und in Frankenhausen war zusätzlich noch ein Jäten der Variante Sommererbse in Reinsaat erforderlich.

Der Drusch wurde mit Ausnahme der ausgewinterten Erbsen in der zweiten Julihälfte 2006 durchgeführt, wobei die Sommerungen einige Tage nach den Winterungen geerntet wurden.

2.1.5.4 Vegetationsperiode 2006/2007

Wenige Tage vor der Versuchsaussaat wurde auf beiden Standorten am 25.9.2006 nach den Vorfrüchten Möhre (DFH) bzw. Kartoffel (WH) gepflügt (Tab. 5). Zur Saatbettbereitung wurde die Fläche mit der Kreiselegge bearbeitet. Die Aussaat fand auf beiden Standorten parallel am 28.9.2006 statt. Die Parzellen wurden in Frankenhausen als Doppelparzellen mit einer Breite von 3 m auf einer Fläche von 24 m² und auf dem Waldhof als „einfache“ Parzellen mit einer Breite von 1,5 m auf einer Fläche von 12 m² ausgesät. Die Saattiefe lag bei ca. vier cm. In Frankenhausen wurde 7-reihig und auf dem Waldhof 10-reihig ausgesät, so dass der Reihenabstand in DFH ca. 21 cm und in WH etwa 15 cm betrug. Zwischen den Parzellen betrug der Abstand aufgrund der großen Pflanzenlänge der normalblättrigen Wintererbsen in Frankenhausen 80 cm und auf dem Standort Waldhof wurden zwischen den Versuchsparzellen Parzellen mit Wintergetreide eingesät. Die Regulierung des Wintergetreides bzw. des Beikrauts in den Parzellenzwischenräumen wurde analog zum Vorjahr durchgeführt.

Der Biomasseschnitt der normalblättrigen Wintererbsen und des Landsberger Gemenges wurde Mitte Mai und der der Sommerungen Anfang Juni durchgeführt. In Frankenhausen wurden zusätzlich die Varianten mit EFB 33 und dem Winterroggen am 19.6.2007 und das Landsberger Gemenge Anfang Mai geschnitten.

Tab. 5: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Sortenversuch 2006/2007

Arbeitsgang	DFH	WH
Pflugfurche	25.9.2006	25.9.2006
Saatbettbereitung	28.9.2006	28.9.2006
Aussaat Winterung	28.9.2006	28.9.2006
Pflege Winterung	-	18.10.2006
Aussaat Sommerung	5.4.2007	29.3.2007
Handhacke zwischen d. Reihen, Sommerung	3.5.2007	2.5.2007
Jäten Sommerung in RS	23.5.2007	-
Grünernte	3.5.2007, 18.5.2007, 6.6.2007	21.5.2007, 4.6.2007
Korndrusch	17.7.2007	18.7.2007

Auf beiden Standorten wurden die Sommerungen in dieser Vegetationsperiode zwischen den Reihen per Hand im Mai gehackt werden. Zusätzlich hierzu musste auf dem Standort Frankenhausen die Sommererbse in Reinsaat Anfang Juni per Hand gejätet werden. Außerdem wurde die Winterung auf dem Standort Waldhof im Herbst 2006 gestriegelt.

Der Drusch wurde mit Ausnahme der ausgewinterten Erbsen Mitte Juli 2007 durchgeführt, wobei bei den Sommerungen auf dem Standort Waldhof aufgrund der Verunkrautung und in Frankenhausen wegen der starken Mäusepopulation 1,5 bzw. 3 m² per Hand geschnitten und zum Nachreifen getrocknet wurden. Diese wurden dann zusammen mit den Schnitten zur Berechnung des Strohertrages mit dem Parzellenmähdrescher gedroschen (s.u.). Aufgrund der sehr starken Schädigung durch Mäuse konnten die Wintererbsen in Reinsaat auf dem Standort Frankenhausen nicht gedroschen werden.

2.1.6 Untersuchungsmethoden

2.1.6.1 Ertragsermittlung

Zur Ertragsermittlung der Ganzpflanzen Erbse, Erbsen-Getreide-Gemenge sowie Getreide als Grünschnitt wurden in Reinsaat jeweils im Mai und Juni pro Variante eine Fläche von drei bzw. 1,5 m² (DFH, HEB bzw. WH) mit Hilfe eines Balkenmähers oder von elektronischen Heckenscheren geerntet. Im Gemenge wurden hierzu pro Variante zwei Probeschnitte durchgeführt. Diese erfolgten mit Hilfe eines Rahmens auf einer Fläche von jeweils 0,348 m² bzw. 0,373 m² (HEB, WH bzw. DFH). Die Proben wurden gewogen und bei bis zu 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Hieraus ließen sich der Trockenmasseertrag und der TS-Gehalt bestimmen. Bei den Gemengevarianten wurden zusätzlich die Gemengeanteile der beiden Kulturen bestimmt.

Zur Ermittlung des Kornertrages wurde jeweils die Restparzelle auf einer Fläche von 15 – 20 m² (DFH), 25 – 28 m² (HEB) bzw. acht bis zehn m² (WH) mit einem Parzellenmähdrescher von Hege Model 140 (DFH und HEB) bzw. Model 160 (WH) gedroschen. Die Fläche variierte, je nachdem welche Schnitte vorher durchgeführt worden sind. Die Körner wurden anschließend auf einer Belüftungstrocknung bis zu einem TS-Gehalt von etwa 90 % getrocknet. Anschließend wurden sie auf einer Mini-Petkus der Firma Röber gereinigt und gewogen.

2.1.6.2 Qualitätsuntersuchung

Die Qualitätsuntersuchung wurde für die Proben der einzelnen Varianten an dem Landesbetrieb Hessisches Landeslabor in Kassel - Harleshausen (LHL vorher LUFA), der LUFA Nord-West in Oldenburg und an der Universität Göttingen, Institut für Tierphysiologie und Tierernährung durchgeführt.

Die allgemeine Futterwertuntersuchung des Grünschnitts und der Erbsenkörner wurden mit dem NIRS-Verfahren (Nah-Infrarot-Spektroskopie, N-Bestimmung nach Kjeldahl) und die Aminosäurebestimmung der Körner am LHL in Kassel ausgeführt.

Der Gehalt an kondensierten Tannin nach PORTER et al. (1986) und den Gesamtphenolen nach MAKKAR et al. (1993) bei den Erbsenkörner aus dem Gem2 wurden in den Jahren 2005 und 2006 an der Universität Göttingen in einer Doppelbestimmung analysiert. Bei jedem Durchgang wurde zusätzlich die Ackerbohne Scirocco aus den Beständen des Instituts für Tierphysiologie und Tierernährung als Referenz untersucht.

Die Aktivität der Trypsininhibitoren wurde nach SMITH et al. (1980) bei den Erbsenkörnern aus dem Gem2 in den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 ermittelt. Zusätzlich wurde das Saatgut der Sorte Cheyenne untersucht, um einen Eindruck der Trypsininhibitoraktivität bei dieser Sorte zu bekommen.

2.1.7 Bonituren

Bei allen Varianten wurde die Bestandesentwicklung nach dem BBCH-Code des BUNDESSORTENAMTES (2000) bonitiert. Da für Wintererbsen kein eigener Code vorliegt, wurde auf den für Sommererbsen zurückgegriffen.

Der Feldaufgang aller Varianten wurde jeweils auf 3 laufenden Metern ermittelt. Zur Bestimmung der Auswinterung bei den Wintererbsen wurden in jeder Parzelle drei laufende Meter mit Stöckchen ausgesteckt und i.d.R. zu den Terminen Anfang Dezember, Anfang März und Anfang April wurde die Anzahl Pflanzen gezählt.

Der Beikrautbesatz wurde mit Hilfe eines Göttinger Schätzrahmens in der Größe 1600 cm² aufgenommen. Dazu wurde in jeder Parzelle dreimal das Beikrautauflkommen zu den folgenden Wachstumsstadien der Wintererbsen geschätzt: Vegetationsbeginn nach Winter Anfang April, Längenwachstum Anfang Mai, Grünernte Ende Mai, Hülsenfüllen Ende Juni bis Anfang Juli sowie Druschreife Mitte Juli bis Anfang August.

Die Lagerneigung der Varianten wurde vom Blühbeginn Ende Mai bis zur Kornreife Anfang August nach dem Boniturschema des BUNDESSORTENAMTES (2000) bestimmt (Boniturnoten von 1-9, wobei 1 = kein Lager). Hierbei wurde zu folgenden Zeitpunkten bonitiert: Grünernte Ende Mai, Blühende Anfang bis Mitte Juni, Hülsenfüllen Mitte Juni bis Anfang Juli und Abreife Mitte Juli bis Anfang August.

Die Ertragsparameter TKG und Körner/Hülse bei den Erbsen wurden in allen Jahren erhoben. Dazu wurden in jeder Variante jeweils 50 Hülsen gepflückt und die Körner mit Hilfe eines Seed Counters gezählt. Beim TKG wurden jeweils dreimal 200 Körner aus den einzelnen Proben mit einem Seed Counter gezählt. Bei den beiden semi-leafless Erbsen Cheyenne und Santana wurde die Anzahl der Hülsen pro Pflanze bei zehn zufällig ausgewählten Pflanzen in jeder Parzelle ermittelt. Bei den normalblättrigen Wintererbsen war dies aufgrund des starken Längenwachstums nicht möglich: hier wurde die Anzahl Hülsen/Pflanze aus den anderen Ertragsparametern errechnet. In einem Jahr wurde dieser Ertragsparameter bei allen drei Varianten mit der Sorte EFB 33 überprüft, indem auf 1,5 m² alle Hülsen gezählt und durch die Anzahl der Pflanzen geteilt wurden. Weiterhin wurden die Relativ Yield Totals, RYTsnach AUFHAMMER (1999) bestimmt:

$$\text{RYT} = \frac{\text{Ertrag Erbse Gem}}{\text{Ertrag Erbse RS} + \text{Ertrag Getreide Gem}} / \frac{\text{Ertrag Getreide RS}}$$

2.1.8 Bodenproben

Etwa einen Monat nach der Aussaat wurde im Oberboden eine Probe zur allgemeinen Bodenuntersuchung (pH-Wert, P, K, Mg) genommen. Weiterhin wurden während jeder Vegetationsperiode beim Sortenversuch Bodenproben zur Bestimmung des mineralischen Stickstoffgehalts (N_{\min}) im Boden zu folgenden Zeitpunkten gezogen:

- ein Monat nach der Aussaat der Winterungen
- Vegetationsbeginn im Frühjahr (i.d.R. Anfang März)
- Grünernte (je nach Variante Mitte Mai bis Mitte Juni)
- zweiter Grünschnitt (Mitte Juli bei den Varianten mit EFB 33; nur zwei Jahre)
- Korndrusch (je nach Variante Mitte Juli bis Mitte August)

Die Proben wurden mit einem dreiteiligen Bohrstockset in den Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm auf den Standorten Frankenhausen und Hebenschhausen gezogen. Auf dem Waldhof konnte die Beprobung aufgrund des flachgründigen Standortes nur in zwei Tiefen bis 60 cm durchgeführt werden. Über Winter wurden die Proben blockweise und ab der Grünernte parzellenweise genommen. Die Bodenproben wurden nach der Entnahme eingefroren.

Alle Bodenproben wurden an dem Landesbetrieb Hessisches Landeslabor in Kassel - Harleshausen (LHL ehemals LUFA) analysiert.

2.1.9 Statistik

Der Sortenversuch wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.1 ausgewertet. Die Daten wurden varianzanalytisch mit der Prozedur MIXED und der Prozedur GLIMMEX ausgewertet (PIEPHO und BÜCHSE 2003; PIEPHO et al. 2003). Die Prozedur GLIMMEX bietet im Gegensatz zur Prozedur MIXED auch die Möglichkeit einer Anzeige der signifikanten Unterschiede über Buchstaben an. Daten mit Messwiederholung (z.B. Anzahl Pflanzen über Winter) wurden mit dem REPEATED-Statement ebenfalls mit der Prozedur MIXED und der Prozedur GLIMMEX ausgewertet (PIEPHO und BÜCHSE 2003; PIEPHO et al. 2004). Nach Prüfen der Homogenität und der Normalverteilung wurde für die acht Erbsengenotypen in den drei Gemengestufen ein Mittelwertvergleich i.d.R. mit dem Tukey-Test durchgeführt. In Ausnahmefällen wurde der T-Test verwendet. Aufgrund von Versuchs- oder Auswinterungsschädigungen wurde die statistische Auswertung teilweise mit weniger als acht Erbsengenotypen durchgeführt. Da in den einzelnen Jahren unterschiedliche Versuchsanlagen gewählt worden sind, wurde die Verrechnung über mehrere Jahre mit Hilfe von Dummies durchgeführt (PIEPHO 2005, mündliche Mitteilung). Zudem sind die Faktoren Jahr und Standort als ein fester Faktor Umwelt verrechnet worden.

Der Roggen in Reinsaat sowie das Landsberger Gemenge wurde mit den Gemengen und den Erbsen in Reinsaat über Lineare Kontraste und den Bonferroni-Test mit der Prozedur GLIMMEX verglichen. Hierzu wurde aus den beiden Faktoren Sorte und Gemenge der Faktor Prüfglied gebildet.

Die Normalverteilung der Residuen wurde mit dem Test von Shapiro-Wilk in der Prozedur UNIVARIATE NORMAL (DUFFNER et al. 2004, S. 203) als auch graphisch mit QQ-Plots (DUFFNER et al. 2004, S. 151) geprüft. Die Varianzhomogenität wurde mit dem Test von Levene sowie Brown und Forsythe überprüft (DUFFNER et al. 2004, S. 205). Konnte trotz Transformieren eine der beiden Voraussetzungen für die Varianzanalyse nicht erreicht werden, wurde diese wegen mangelnder Verfügbarkeit von 2-faktoriellen, nicht-parametrischen Tests trotzdem durchgeführt (PIEPHO 2004, schriftliche Mitteilung); im Ergebnisteil wird bei diesen Parametern darauf hingewiesen.

Boniturnoten (Lager) wurden vor der Verrechnung in Prozentwerte umgerechnet, welche wiederum mit der Winkeltransformation umgewandelt wurden (SACHS 1992). Der Parameter Anzahl Pflanzen nach Winter (Überwinterung) wurde bei allen Varianten mit einem Korrekturfaktor varianzanalytisch ausgewertet. Damit wurde über den Faktor Zeit festgestellt, ob eine statistisch signifikante Auswinterung stattgefunden hat. Weiterhin konnten so, quantitative Unterschiede in der Auswinterung über die drei Gemengestufen verglichen werden und es wurden prozentuale Überwinterungsraten über 100 vermieden. Bei den Ergebnissen der Qualitätsanalysen wurde der Faktor Umwelt als Wiederholung verrechnet, da jeweils eine Mischprobe aus den vier Wiederholungen analysiert worden ist.

2.2 Optimaler Saatzeitpunkt in Reinsaat und Gemenge

Für den Versuch Saatzeitpunkt werden im Folgenden die Abkürzungen ST1 für den ersten Saattermin, ST2 für den zweiten und ST3 für den dritten verwendet.

2.2.1 Standort und Witterung

Die beiden Versuche wurden auf dem Standort Frankenhausen durchgeführt. Die allgemeine Beschreibung des Versuchsstandortes sowie des Witterungsverlaufs sind dem Kapitel 2.1.1 zu entnehmen. Im Folgenden werden für die einzelnen Vegetationsperioden die Schläge dargestellt. Die Beschreibung hierfür ist nach BRANDT 2001 und BRANDT et al. 2001.

2.2.1.1 Vegetationsperiode 2004/2005

In dieser Vegetationsperiode wurde der Versuch in Reinsaat auf dem Flurstück Schmalenbeck angelegt. Bei diesem Schlag handelt es sich um eine Parabraunerde. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein mittel bis stark tonigen Schluff (Ut3 – Ut4). Die Bodenschätzung ergab für den Standort die Deklaration L3 Lö 78/75. Die Höhe über NN liegt bei 234m und die Fläche ist leicht nach Osten geneigt. Der pH-Wert im Oberboden wurde bei 6,9 analysiert und die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Phosphat (P_2O_5) die Versorgungsstufe C, für Kalium (K_2O) die Gehaltsklasse B und für Magnesium (Mg) die Versorgungsstufe D. Als Vorfrucht wurde Kartoffel und als Vorvorfrucht Winterweizen angebaut.

2.2.1.2 Vegetationsperiode 2005/2006

Die auf der Gartenbreite durchgeführten Versuche befanden sich auf dem Bodentyp Kolluvisol. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein mittel tonigen Schluff (Ut3). Nach der Bodenschätzung liegt ein Lehmboden aus Löß in der Zustandstufe 2 vor (L2 Lö (87/82)). Die Fläche ist leicht nach Südosten geneigt und befindet sich auf ca. 235 m Höhe über NN. Der pH-Wert im Oberboden betrug 6,6 und die Versorgungsstufen für Phosphat (P_2O_5) lag bei D, für Kalium (K_2O) betrug sie B und für Magnesium (Mg) lag sie bei C. Bei der Vorfrucht handelte es sich um Sommerweizen bei dem Versuch zum Saatzeitpunkt im Gemenge bzw. Kartoffel bei dem Versuch zum Saatzeitpunkt in Reinsaat. Die Vorvorfrucht war jeweils ein zweijähriges Klee-gras.

2.2.1.3 Vegetationsperiode 2006/2007

In dieser Vegetationsperiode wurden beide Versuche ebenfalls auf dem Flurstück Gartenbreite angelegt. Eine Schlagbeschreibung findet sich im Kapitel 2.2.1.2. Der pH-Wert im Oberboden lag bei 6,9 und die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Phosphat (P_2O_5) die Gehaltsklasse D, für Kalium (K_2O) die Gehaltsklasse B im Gemengeversuch und C im Reinsaatversuch und für Magnesium (Mg) die Gehaltsklasse D. Die Vorfrucht war bei beiden Versuchen Kartoffel, bei der Vorvorfrucht handelt es sich jeweils um Sommerweizen.

2.2.2 Sorten und Mischungsverhältnis im Gemenge

Geprüft wurden in den beiden Versuchen sechs verschiedene Genotypen von Wintererbsen. Hierbei handelte es sich um die drei EU-Sorten Assas, Cheyenne und EFB 33 sowie um die drei Herkünfte Griechische, Nischkes Riesengebirgs und Württembergische. Im Versuch Saatzeitpunkt im Gemenge wurden die Wintererbsen zusammen mit Winterroggen (cv. Danko) als ein substitutives Gemenge ausgesät. Die Mischung bestand je m^2 aus 20 kf. Körnern Erbsen und 225 kf. Körner Roggen. Dies entspricht dem Gem1 im Sortenversuch. Die einzelnen Genotypen wurden bereits in dem Kapitel 2.1.2 beschrieben.

2.2.3 Versuchsanlage

Bei dem Versuch Saatzeitpunkt in Reinsaat wurde als Versuchsanlage eine 2-faktorielle Spaltanlage und bei dem Versuch im Gemenge eine 2-faktorielle Streifenanlage mit jeweils

vier Wiederholungen gewählt. Großfaktor waren jeweils die drei verschiedenen Aussaattermine, in denen die sechs Wintererbsengenotypen als Kleinparzellenfaktor randomisiert wurden. Es wurden für die Versuche unterschiedliche Anlagen ausgesucht, da beim Versuch im Gemenge geringere Unterschiede zwischen den einzelnen Saatterminen als in Reinsaat erwartet wurden.

2.2.4 Versuchsdurchführung

Im folgendem wird die Durchführung der Versuche für die einzelnen Vegetationsperioden beschrieben.

2.2.4.1 Vegetationsperiode 2004/2005

Zur Aussaat des Versuchs wurde am 10.9.2004 nach der Vorfrucht Kartoffel gepflügt (Tab. 6). Zur Saatbettbereitung wurde die Fläche mit der Kreiselegge bearbeitet. Die Aussaat fand für die einzelnen Saattermine am 13.9.2004, am 5.10.2004 und am 21.10.2004 statt. Die Parzellen wurden auf einer Fläche von 10,5 m² ausgesät. Die Saattiefe betrug vier cm. Auf dem Standort wurde 7-reihig gesät, so dass der Reihenabstand bei ca. 21 cm lag. Zwischen den Parzellen betrug der Abstand wie im Sortenversuch 80 cm. Der Parzellenzwischenraum wurde mehrfach im Laufe der Vegetationsperiode mit einer Handfräse bearbeitet, um das Beikraut zu regulieren.

Bei den Winterungen des ST1 wurde am 21.10.2004 zwischen den Reihen eine Handhacke durchgeführt.

Die Grünernte der Sorte Cheyenne als Ganzpflanze im ST2 und ST3 wurde Mitte Mai, die der normalblättrigen Wintererbsen aller Saattermine Ende Mai durchgeführt.

Die normalblättrigen Wintererbsen im ST1 und die Sorte Cheyenne im ST2 und ST3 wurde am 15.7.2005 gedroschen. Die Kornernte der normalblättrigen Wintererbsen im ST2 und ST3 wurde am 2.8.2005 durchgeführt.

Tab. 6: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Versuch Saatzeitpunkt 04/05

Arbeitsgang	Versuch in Reinsaat
Pflugfurche	10.9.2004
Saatbettbereitung	10.9.2004
Aussaat	13.9.2004, 5.10.2004, 21.10.2004
Handhacke ST1 zwischen den Reihen	21.10.2004
Grünernte Sorte Cheyenne (ST2, ST3)	13.5.2005, 19.5.2005
Grünernte normalblättrige WE (ST1-ST3)	29.5.2005

2.2.4.2 Vegetationsperiode 2005/2006

Vor der Aussaat des Versuchs im Gemenge wurde am 1.9.2005 nach der Vorfrucht Sommerweizen und zur Aussaat im Versuch in Reinsaat am 12.9.2005 nach der Vorfrucht Kartoffel gepflügt (Tab. 7). Im Gemengeversuch wurde wegen Mäusespuren ein zusätzlicher Grubberstrich durchgeführt. Die Fläche wurde zur Saatbettbereitung mit einer Kreiselegge bearbeitet. Die Aussaat wurde am 13.9.2005 in Reinsaat bzw. am 14.9.2005 im Gemenge, am 5.10.2005 und am 19.10.2005 durchgeführt. Die Parzellengröße betrug 9 m² (Gemengeversuch) bzw. 7,5 m² (Versuch in Reinsaat). Die Saattiefe lag jeweils bei vier cm. Es wurde 7-reihig gedrillt, so dass der Reihenabstand bei ca. 21 cm lag. Zwischen den Parzellen betrug bei dem Versuch in Reinsaat wie im Vorjahr 80 cm. Der Parzellenzwischenraum wurde

analog zum Vorjahr gepflegt, um das Beikraut zu regulieren. Im Gemengeversuch wurde „Spur an Spur“ gesät.

Bei den Winterungen des ST1 wurde am 19.10. 2005 zwischen den Reihen eine Maschinenhacke durchgeführt.

Die Grünernte der normalblättrigen Wintererbsen als Ganzpflanze wurde im Versuch Reinsaat am 7.6.2006 durchgeführt. Die Wintererbsen im Gemengeversuch wurden am 26.7.2006 gedroschen.

Tab. 7: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Versuch Saatzeitpunkt 05/06

Arbeitsgang	Versuch in Reinsaat	Versuch im Gemenge
Pflugfurche	12.9.2005	1.9.2005
Saatbettbereitung	12.9.2005	1.9.2005
Aussaat	13.9.2005, 5.10.2005, 19.10.2005	14.9.2005, 5.10.2005, 19.10.2005
Maschinenhacke ST1 zwischen d. Reihen	19.10.2005	-
Grünernte	7.6.2006	-
Korndrusch	-	26.7.2006

2.2.4.3 Vegetationsperiode 2006/2007

Die Fläche wurde für beide Versuche am 11.9.2006 nach der Vorfrucht Kartoffel gepflügt (Tab. 8). Danach wurde sie zur Saatbettbereitung mit der Kreiselegge bearbeitet. Die Aussaat fand für die einzelnen Saattermine am 12.9.2006, am 28.9.2006 und am 16.10.2006 statt. Die Parzellen wurden auf einer Fläche von 13,5 m² (Gemengeversuch) bzw. 9 m² (Versuch in Reinsaat) ausgesät. Die Saattiefe lag jeweils bei ca. vier cm. Es wurde 7-reihig gedrillt, so dass der Reihenabstand bei ca. 21 cm lag. Im diesem Jahr wurden beide Versuch ohne Parzellenzwischenraum gesät.

Die Grünernte als Ganzpflanze der Sorte Cheyenne im ST3 wurde am 3.5.2007 und die der normalblättrigen Wintererbsen wurde im Versuch Reinsaat am 18.5.2007 durchgeführt. Die Wintererbsen im Gemengeversuch wurden am 17.7.2007 gedroschen.

Tab. 8: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Versuch Saatzeitpunkt 06/07

Arbeitsgang	Versuch in Reinsaat	Versuch im Gemenge
Pflugfurche	11.9.2006	11.9.2006
Saatbettbereitung	11.9.2006	11.9.2006
Aussaat	12.9.2005, 28.9.2006, 16.10.2006	12.9.2005, 28.9.2006, 16.10.2006
Grünernte	3.5.2007, 18.5.2007	-
Korndrusch	-	17.7.2007

2.2.5 Untersuchungsmethoden

Ertragsermittlung

Zur Ertragsermittlung im Versuch Reinsaat wurde der Grünschnitt als Ganzpflanzenernte im Zeitraum Ende Mai bis Anfang Juni durchgeführt. Dazu wurde eine Fläche von drei m² mit einem Balkenmäher etwa 5 cm über den Boden geschnitten. Die Proben wurden gewogen

und bei bis zu 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Hieraus ließen sich der Trockenmasseertrag und der TS-Gehalt bestimmen.

Zur Ermittlung des Kornertrages im Versuch Gemenge wurde jeweils die gesamte Parzelle mit einem Parzellenmähdrescher von Hege Model 140 gedroschen. Die Körner wurden anschließend auf einer Belüftungstrocknung bis zu einem TS-Gehalt von etwa 90 % getrocknet. Anschließend wurden sie auf einer Mini-Petkus der Firma Röber gereinigt und gewogen.

2.2.6 Bonituren

Bei allen Varianten wurde die Bestandesentwicklung nach dem BBCH-Code des BUNDESSORTENAMTES (2000) bonitiert. Da für Wintererbsen kein eigener Code vorliegt, wurde auf den für Sommererbsen zurückgegriffen.

Der Feldaufgang aller Varianten wurde jeweils auf 3 laufenden Metern ermittelt. Zur Bestimmung der Auswinterung bei den Wintererbsen wurden in jeder Parzelle drei laufende Meter mit Stöckchen ausgesteckt und i.d.R. zu den Terminen Anfang Dezember, Anfang März und Anfang April wurde die Anzahl Pflanzen gezählt.

Der Beikrautbesatz wurde mit Hilfe eines Göttinger Schätzrahmens in der Größe 1600 cm² aufgenommen. Dazu wurde in jeder Parzelle dreimal das Beikrautauflkommen im Versuch mit Reinsaat zu den Terminen Vegetationsbeginn nach Winter Anfang April, Längenwachstum Anfang Mai, Grünernte Ende Mai und Hülsenfüllen Ende Juni bis Anfang Juli sowie im Versuch mit Gemenge zu den Zeiten des Vegetationsbeginn nach Winter Anfang April, zur Grünernte der anderen Versuch Ende Mai und zur Abreife Mitte Juli bis Anfang August geschätzt.

Die Lagerneigung der Varianten wurde zum Blühbeginn Ende Mai, zum Hülsenfüllen Mitte bis Ende Juni und zur Abreife im Versuch in Reinsaat bzw. zum Korndrusch im Gemengeversuch nach dem Boniturschema des BUNDESSORTENAMTES (2000) bestimmt (Boniturnoten von 1-9, wobei 1 = kein Lager).

Im Gemengeversuch wurden die Ertragsparameter TKG und Körner/Hülse bei den Erbsen in den Parzellen mit EFB 33 und Griechischer in beiden Jahren erhoben. Dazu wurden in jeder dieser Variante jeweils 50 Hülsen gepflückt und die Körner mit Hilfe eines Seed Counters gezählt. Beim TKG wurden jeweils dreimal 200 Körner aus den einzelnen Proben mit einem Seed Counter gezählt. Bei den normalblättrigen Wintererbsen wurde die Anzahl Hülsen/Pflanze aufgrund des starken Längenwachstums nicht möglich: hier wurde dieser Ertragsparameter aus den anderen errechnet.

2.2.7 Bodenproben

Etwa einen Monat nach der Aussaat wurde im Oberboden eine Probe zur allgemeinen Bodenuntersuchung (pH-Wert, P, K, Mg) in jedem der beiden Versuche genommen und am Landesbetrieb Hessisches Landeslabor in Kassel - Harleshäuser (LHL vorher LUFA) analysiert.

2.2.8 Statistik

Die Versuche zum Saatzeitpunkt wurden jeweils mit dem Statistikprogramm SAS 9.1 ausgewertet. Die Daten wurden varianzanalytisch mit den Prozeduren MIXED und GLIMMEX verrechnet (PIEPHO und BÜCHSE 2003; PIEPHO et al. 2003). Daten mit Messwiederholung (z.B. Anzahl Pflanzen über Winter) wurden ebenfalls mit den beiden genannten Prozeduren analysiert (PIEPHO und BÜCHSE 2003; PIEPHO et al. 2004). Nach Prüfen der Homogenität und der Normalverteilung wurde ein Mittelwertvergleich mit dem Tukey-Test und in Ausnahmen mit dem t-Test durchgeführt. Im Ergebnisteil wird dargestellt, welcher Test bei der Auswertung

für die einzelnen Parameter angewendet wurde. Teilweise konnte in der Varianzanalyse aufgrund von Auswinterungsschädigungen nur ein Teil der Erbsengenotypen verrechnet werden. Der Faktor Jahr wurde als fester Faktor ausgewertet.

Die Normalverteilung der Residuen wurde mit dem Test von Shapiro-Wilk in der Prozedur UNIVARIATE NORMAL (DUFFNER et al. 2004, S. 203) als auch graphisch mit QQ-Plots (DUFFNER et al. 2004, S. 151) überprüft. Die Varianzhomogenität wurde mit dem Test von Brown und Forsythe geprüft (DUFFNER et al. 2004, S. 205). War trotz Transformieren eine der beiden Voraussetzungen für die Varianzanalyse nicht gegeben, wurde diese wegen mangelnder Verfügbarkeit von 2-faktoriellen, nicht-parametrischen Tests trotzdem durchgeführt (PIEPHO 2004, schriftliche Mitteilung).

Boniturnoten (z.B. Lager) wurden vor der Varianzanalyse in Prozentwerte umgerechnet, welche wiederum mit der Winkel-Transformation umgewandelt wurden (SACHS 1992). Der Parameter Anzahl Pflanzen nach Winter (Überwinterung) wurde mit Hilfe eines Korrekturfaktor varianzanalytisch ausgewertet. Dabei wurde mit dem Faktor Zeit festgestellt, ob eine statistisch signifikante Auswinterung vorlag. Weiterhin konnten so, quantitative Unterschiede in der Auswinterung über die drei Saattermine verglichen werden und es wurden prozentuale Überwinterungsraten über 100 vermieden.

2.3 Standortversuche in Zusammenarbeit mit der AG Versuchsansteller

In Zusammenarbeit mit der AG Versuchsansteller im Ökologischen Landbau wurden je zwei Versuche bei Giengen in Baden-Württemberg und bei Norden in Niedersachsen durchgeführt. Hierbei handelte es sich je um einen Versuch mit Wintererbsen in Reinsaat und einen mit Wintererbsen im Gemenge mit Winterroggen.

2.3.1 Standortbeschreibung und Witterung

Giengen in Baden-Württemberg

Die Versuche in Baden-Württemberg wurden in Syrgenstein-Staufen auf dem Betrieb Schlossgut Burgberg in Giengen-Burgberg unter Leitung von E. Gapp, Beratungsdienst Ökologischer Landbau Ulm, angelegt. Hierbei handelt es sich um einen Hof, der seit 1992 nach den Richtlinien von Demeter bewirtschaftet wird. Die Betriebsgröße umfasst ca. 110 ha. Die Hauptwirtschaftszweige sind Getreide, Kartoffel, Erbsen; Pensionspferde. Die Versuchsfläche lag in einer Höhe von 450 m über NN. Bei der Bodenart handelte es sich um einen sandigen Lehm bis Lehm mit 50 Bodenpunkten. Der pH-Wert wurde bei 6,6 bestimmt und die Gehaltsklasse für Phosphat (P_2O_5), für Kalium (K_2O) und für Magnesium (Mg) war C. Als Vorfrucht wurde Dinkel und als Vorvorfrucht Winterweizen angebaut.

In Niedersachsen wurden die beiden Versuche auf dem Hof von G. Agena in Krummhörn bei Norden von der Versuchsstation Sophienhof in Hagermarsch der Landwirtschaftskammer Niedersachsen durchgeführt. Der Betrieb wird seit 1988 nach den Richtlinien von Bioland bewirtschaftet. Die Betriebsgröße liegt bei 180 ha. Schwerpunkte sind der Anbau von verschiedenen Getreidearten, Ackerbohnen, Kartoffeln und Feldgemüse. Die Bodenart auf der Versuchsfläche war ein sandiger Lehm. Mit einer Höhe von 2m über NN lag diese fast auf Meeresebene. Die Vorfrucht war Kartoffel. Der pH-Wert betrug 7,1. Für Kalium (K_2O) wurde die Versorgungsstufe B und für Phosphat (P_2O_5) sowie für Magnesium (Mg) C bestimmt.

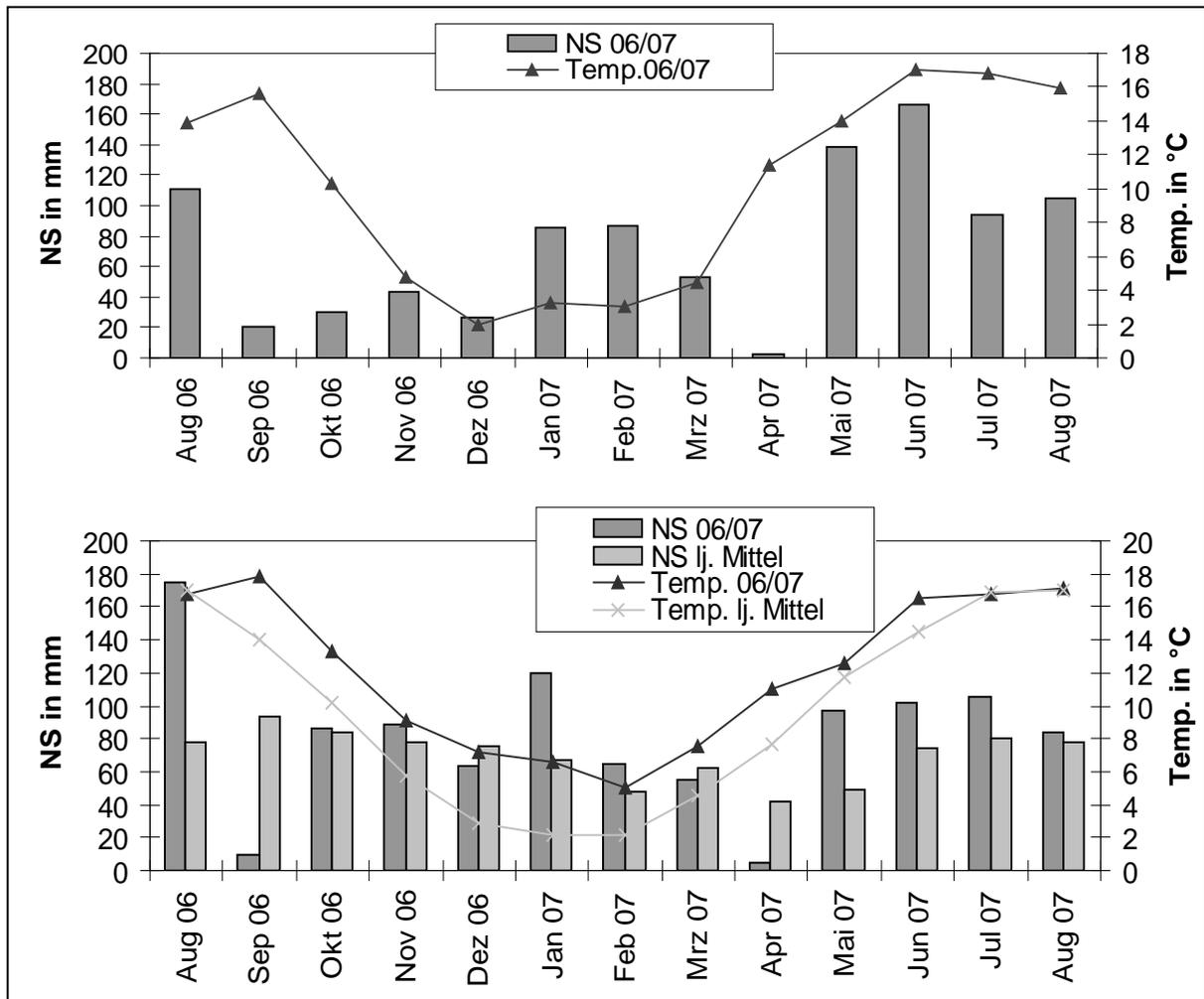


Abb. 9: Wetterdaten der Wetterwarte Ostalp in Neresheim, Baden-Württemberg (oben) und der Versuchstation Sophienhof in Niedersachsen (unten)

Die Wetterdaten für die Versuche in Baden-Württemberg stammen von der 18 km entfernten Wetterwarte Ostalp in Neresheim. Vom September 06 bis August 07 betrug die mittlere Jahrestemperatur 9,9 °C und es fielen 852 mm Niederschlag. Die einzelnen Monate sind wahrscheinlich wie in den meisten Regionen Deutschland auch zu warm gewesen sein. Die Monate im Herbst 06 (Sept. – Dez.) und der April 07 fielen trocken aus, während es im Mai und Juni dagegen eher feucht war.

Die Wetterdaten für die Versuche in Niedersachsen wurden auf der etwa 20 km entfernten Versuchstation Sophienhof aufgezeichnet. Das langjährige Temperaturmittel beträgt hier 9,1 °C. Diese Vegetationsperiode fiel mit einer mittleren Temperatur von 11,7 °C deutlich zu warm aus. Mit Ausnahme der Monate Juli und August sind alle Monate als zu warm anzusehen. Bis auf zwei Frostnächte Ende Januar bis -4,5 °C lag die Temperatur die gesamte Periode über im positiven Bereich. Mit 878 mm Niederschlag wurde etwas mehr als im langjährigem Mittel mit 829 mm gemessen. In den Monaten Januar, Mai, Juni und Juli fiel mit jeweils über 100 mm deutlich mehr Niederschlag, während dagegen im Monat April kaum Niederschlag verzeichnet wurde.

2.3.2 Sorten und Mischungsverhältnis im Gemenge

In allen vier Versuchen wurde die EU-Sorte EFB 33 und die vier Herkünfte Griechische, Nischkes Riesengebirgs, Unrra und Württembergische angebaut. Diese sind bereits unter 2.1.2 beschrieben. Die Aussaatstärke betrug 80 kf. Körner m⁻².

In den beiden Versuchen mit Gemenge wurden substitutive Mischungsmuster mit jeweils 50% der Reinsaatstärke ausgewählt. Es wurden bei den Erbsen 40 kf. Körner m⁻² und beim Roggen (cv. *Danko*) 150 kf. Körner m⁻² ausgesät.

2.3.3 Versuchsanlage

Als Versuchsanlage wurde jeweils eine vollrandomisierte Blockanlage gewählt.

2.3.4 Versuchsdurchführung

Die Durchführung der einzelnen Maßnahmen ist für diese Versuche in Tab. 9 dargestellt.

Tab. 9: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Versuche in Baden-Württemberg u. Niedersachsen

	Baden-Württemberg	Niedersachsen
Aussaat	29.9.2006	11.10.2006
Feldaufgang Roggen	27.10.2006	30.10.2006
Erbsenbestände vor Winter	2.12.2006	28.11.2006
Erbsenbestände nach Winter	4.4.2007	29.3.2007
Grünernte	23.5.2007	-
Beikraut	28.4.07, 23.5.07, 19.7.2007	15.5.07, 8.6.07
Lagerneigung	23.5.07, 6.6.07, 19.7.2007	4.8.2007
Korndrusch	19.7.2007	4.8.2007

2.3.5 Untersuchungsmethoden

Ertragsermittlung

In Baden-Württemberg wurde zur Ertragsermittlung im Versuch Reinsaat der Grünschnitt als Ganzpflanzenernte Ende Mai durchgeführt. Dazu wurde eine Fläche von drei m² etwa 5 cm über den Boden geschnitten. Die Proben wurden gewogen und bei bis zu 105 °C in einem Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Daraus ließen sich der Trockenmassertrag und der TS-Gehalt feststellen.

Zur Ermittlung des Kornertrages wurde in den Versuchen mit Gemenge in Baden-Württemberg und Niedersachsen jeweils die gesamte Parzelle mit einem Parzellenmähdrescher gedroschen. Die Körner wurden anschließend auf einer Belüftungstrocknung bis zu einem TS-Gehalt von etwa 90 % getrocknet und zur Universität Kassel geschickt, da an den Standorten keine passende Reinigung für die Gemenge vorhanden waren. An der Universität Kassel wurden sie dann auf einer Mini-Petkus der Firma Röber gereinigt und gewogen.

2.3.6 Bonituren

In den Versuchen wurden die Entwicklungsstadien, der Feldaufgang, die Anzahl Pflanzen je m² im Dezember und April, die Beikrautentwicklung und die Lagerneigung analog zu den Sortenversuchen in Frankenhausen und auf dem Waldhof aufgenommen. Die einzelnen Bonituren sind in den Kapitel 2.1.7 beschrieben.

2.3.7 Bodenproben

Etwa einen Monat nach der Aussaat wurde im Oberboden eine Probe zur allgemeinen Bodenuntersuchung (pH-Wert, P, K, Mg) an jedem der beiden Versuchsstandorten gezogen und am Landesbetrieb Hessisches Landeslabor in Kassel - Harleshausen (LHL vorher LU-FA) analysiert.

2.3.8 Statistik

Die Versuche in Zusammenarbeit mit der AG Versuchsansteller im ÖL wurden mit dem Statistikprogramm SAS 9.1 analysiert. Die Daten wurden mit den Prozeduren MIXED und GLIMMEX verrechnet (PIEPHO und BÜCHSE 2003; PIEPHO et al. 2003). Daten mit Messwiederholung (z.B. Anzahl Pflanzen über Winter) wurden ebenfalls mit den beiden genannten Prozeduren ausgewertet (PIEPHO und BÜCHSE 2003; PIEPHO et al. 2004). Es wurde nach Prüfen der Homogenität und der Normalverteilung ein Mittelwertvergleich mit dem Tukey-Test und in einigen Fällen mit dem t-Test durchgeführt.

Die Normalverteilung der Residuen wurde mit dem Test von Shapiro-Wilk in der Prozedur UNIVARIATE NORMAL (DUFFNER et al. 2004, S. 203) als auch graphisch mit QQ-Plots (DUFFNER et al. 2004, S. 151) überprüft. Die Varianzhomogenität wurde mit dem Test von Brown und Forsythe getestet (DUFFNER et al. 2004, S. 205). Konnte trotz Transformieren eine der beiden Voraussetzungen für die Varianzanalyse nicht erreicht werden, wurde im mehrfaktoriellen Bereich wegen nicht Verfügbarkeit von zwei- oder mehrfaktoriellen nicht-parametrischen Tests die Varianzanalyse trotzdem durchgeführt (PIEPHO 2004, schriftliche Mitteilung).

Boniturnoten (z.B. Lager) wurden vor der Varianzanalyse in Prozentwerte umgerechnet, welche wiederum mit der Winkel-Transformation umgewandelt wurden (SACHS 1992). Der Parameter Anzahl Pflanzen nach Winter (Auswinterung) wurde mit Hilfe eines Korrekturfaktor varianzanalytisch ausgewertet. Dabei wurde über den Faktor Datum festgestellt, ob eine statistisch signifikante Auswinterung vorlag. Weiterhin konnten so, quantitative Unterschiede in der Auswinterung der verschiedenen Genotypen bestimmt werden und es wurden prozentuale Überwinterungsraten über 100 vermieden.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung ist entsprechend dem Wachstumsverlauf geordnet und beginnt unter 3.1 mit dem Sortenversuch. Unter 3.2 sowie 3.3 werden die der beiden Versuche zum Optimalen Aussaatzeitpunkt und unter 3.4 die der vier Versuche in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft der Versuchsansteller im Ökologischen Landbau (Standortversuche) dargestellt. Unter 3.5 werden der voraussichtliche Nutzen und die Verwertbarkeit der Ergebnisse sowie unter 3.6 die Verbreitung der Ergebnisse beschrieben.

Die wichtigsten Ergebnisse werden zumeist grafisch und die statistisch signifikanten Unterschiede soweit möglich in den Grafiken und in der Regel zusätzlich in Tabellen dargestellt. Die Varianztabelle befinden sich im Anhang. Zudem ist am Anfang von umfangreichen Unterkapiteln kurz deren Inhalt erläutert.

3.1 Sortenversuch

3.1.1 Feldaufgang Erbsen

In Tab. 10 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse für die einzelnen Umwelten in Form einer Signifikanztabelle als Beispiel für den Parameter Feldaufgang der Erbsen dargestellt, da häufig neben signifikanten Hauptfaktoren mehrere signifikante Wechselwirkungen für die jeweiligen Parameter festgestellt wurden. Im Folgenden werden diese aber als Varianztabelle im Anhang skizziert.

Tab. 10: Signifikanztabelle vom Parameter Feldaufgang der Erbsen auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen für den Sortenversuch

Standort Faktor \ Periode(n)	Alle ¹	DFH ²				HEB ³	WH ²			
	03/07	03/04	04/05	05/06	06/07	03/04	04/05	05/06	06/07	
Sorte	**	**	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	
Umwelt	***									
Gemenge (Gem)	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Sorte*Gem	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	
Sorte*Umwelt	***									
Gem*Umwelt	*									
Sorte*Gem*Umwelt	n.s.									

n.s.=nicht signifikant, *=signifikant ($p<0,05$), **=hochsignifikant ($p<0,01$), ***=höchstsignifikant ($p<0,001$), ¹ log-Transformation, ² Winkeltransformation. ³ 1/x-Transformation

Der Feldaufgang der Wintererbsen wurde jeweils erst Anfang Dezember erhoben, da einige Pflanzen im Laufe des Herbstes noch keimten und nicht bei einer früheren Zählung etwa 3-4 Wochen nach der Aussaat erfasst wurden. Da signifikante Wechselwirkungen zwischen Sorte und Umwelt sowie zwischen Gemengestufe und Umwelt vorlagen, wurde dieser Parameter für jede der acht Umwelten einzeln ausgewertet. In den drei Umwelten DFH 03/04, DFH 04/05 und WH 06/07 wurde ein signifikant geringerer Feldaufgang der Sommererbse Santana im Vergleich zu nahezu allen Wintererbsen bestimmt (Tab. 11). In DFH 05/06, DFH 06/07 und WH 05/06 erzielte die Sorte Santana den jeweils höchsten Feldaufgang, wobei die Unterschiede aber nicht signifikant waren. Zwischen den Wintererbsen wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

Die verschiedenen Auflaufzeiten zwischen der Sommererbse und den Wintererbsen sind vermutlich v.a. mit den unterschiedlichen Witterungsverläufen in den einzelnen Vegetationsperioden und den daraus resultierenden Bedingungen zum Zeitpunkt der jeweiligen Aussaat zu erklären. In Frankenhausen fielen die Auflaufzeiten der Wintererbsen wahrscheinlich als

Folge eines relativ trockenen Herbstes auf diesem Standort in 05/06 und 06/07 niedriger als in 03/04 und 04/05 aus, während dies bei der Sommererbse umgekehrt war. Auf dem Waldhof wurde im Jahr 05/06 ein geringer Feldaufgang bei nahezu allen Wintererbsen als in 03/04 und 06/07 vermutlich ebenfalls aufgrund der relativ trockenen Herbstwitterung verzeichnet, während bei der Sommererbse in 06/07 die geringsten Auflaufraten wahrscheinlich als Folge des trockenen Frühjahrs und der geringen Wasserhalte- und Wassernachlieferungskapazität des Standortes festgestellt wurde.

Außerdem wurde in DFH 03/04 im Gemenge 1 ein signifikant höherer Feldaufgang als im Gemenge 2 festgestellt (Tab. 12). Zudem wurde eine signifikante Wechselwirkung in WH 04/05 errechnet. Hier unterscheidet sich die württembergische Herkunft im Gemenge 1 mit einem Feldaufgang von 147% signifikant von der Griechischen und der Santana mit je 58%.

Tab. 11: Feldaufgang der Erbsen im Sortenversuch in Prozent auf den Standorten DFH, WH und HEB, Unterschiede zwischen den Sorten

¹	^{2,3}	Sp./Chey	Assas	EFB	Unrra	Nischkes	Württ.	GR	Sant.	
DFH ⁵	03/04, alle ⁴	81 A	77 AB	80 A	85 A	67 AB	85 A	80 A	61 B	
	04/05, alle ⁴	89 A	81 A	85 A	88 A	100 A	102 A	92 A	49 B	
	05/06, alle ⁴	65	65	67	63	52	66	71	72	
	06/07, alle ⁴	77	77	74	70	64	71	64	84	
HEB ⁶	03/04, alle ⁴	91	84	79	84	93	83	102	94	
WH ⁵	04/05	RS	99 a A	60 a A	61 a A	75 a A	77 a A	86 a A	63 a A	74 a A
		Gem1	92 a AB	75 a AB	75 a AB	75 a AB	111 a AB	147 a A	58 a B	58 a B
		Gem2	68 a A	92 a A	76 a A	67 a A	65 a A	86 a A	110 a A	78 a A
	05/06, alle ⁴	58	73	53	68	68	69	59	80	
	06/07, alle ⁴	79 A	85 A	84 A	66 A	94 A	71 A	91 A	36 B	

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Umwelten = signifikante Unterschiede, Tukey (p<0,05), verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey (p<0,05); ¹ Standort, ² Vegetationsperiode, ³ Gemengestufe, ⁴ gemittelt über Gemengestufen, ⁵ Winkeltransformation, ⁶ 1/x-Transformation, Sp.=Spirit

Die angestrebte Pflanzenzahl von 80, 40 bzw. 20 Körnern m⁻² wurde nur in Ausnahmen erreicht. I.d.R. lag der Feldaufgang zwischen ca. 60 und 90 Prozent. Diese weite Spanne ist aber aufgrund der allgemeinen Probleme beim Auflaufen von Körnerleguminosen (z.B. relativ hohe Ansprüche an Saatbett, hoher Keimwasserbedarf) häufig festzustellen.

Tab. 12: Feldaufgang der Erbsen im Sortenversuch in Prozent auf den Standorten DFH, WH und HEB, Unterschiede im Gemenge

Umwelt	RS	Gem1	Gem2
DFH 03/04 ¹	78,2 AB	81,2 A	70,1 B

verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey (p<0,05), ¹ Winkeltransformation

3.1.2 Feldaufgang Getreide

Der Feldaufgang des Getreides wurde drei bis vier Wochen nach der Aussaat erhoben. In der Varianzanalyse ergaben sich beim Roggen keine signifikanten Wechselwirkungen mit dem Faktor Umwelt (A-Tab. 10). Ebenfalls wurden zwischen den Sorten und den beiden Gemengen mit Wintererbsen keine signifikanten Unterschiede festgestellt (Tab. 13). Der Feldaufgang lag in den meisten Umwelten bei etwa 60-65%. Dieser Parameter fiel in der Vegetationsperiode 03/04 auf dem Standort Frankenhausen signifikant höher als in Hebenshausen und in der Vegetationsperiode 04/05 auf dem Waldhof signifikant größer als in Frankenhausen aus. Der relativ geringe Feldaufgang ist eine Folge der an den Erbsen orientierten Aussaattiefe von 3-4 cm, welche für Roggen als zu tief anzusehen ist.

Tab. 13: Feldaufgang vom Roggen im Sortenversuch in Prozent auf den Standorten DFH, WH und HEB

¹	Spirit/Cheyenne	Assas	EFB 33	Unrra	Nischkes	Württemb.	GR	
Gem1 ²	64 a A	64 a A	71 a A	66 a A	65 a A	69 a A	67 a A	
Gem2 ²	74 a A	70 a A	68 a A	67 a A	75 a A	71 a A	71 a A	
	DFH				HEB	WH		
	03/04	04/05	05/06	06/07	03/04	04/05	05/06	06/07
beide ²	75,6 AB	63,0 BC	64,2 BC	65,1 BC	63,0 C	83,5 A	76,4 AB	59,8 C

oben: Sortenunterschiede, unten: Unterschiede in den Umwelten (verschiedene große Buchstaben in einer Zeile bzw. verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede, Tukey ($p < 0,05$)), ¹ Gemengestufe, ² Winkeltransformation

Beim Parameter Feldaufgang des Hafers wurde eine signifikante Wechselwirkung zwischen Umwelt und Gemengestufe errechnet (A-Tab. 10), da in WH 06/07 als einzige Umwelt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gemengestufen festgestellt wurde (Tab. 14). In DFH 06/07 wurde der höchste Feldaufgang mit deutlich über 100% erzielt, während dieser i.d.R. bei etwa 70-90% bestimmt wurde. Im Vergleich zum Roggen ist dies höher, da Hafer im Gegensatz zum Roggen eine tiefere Ablage verträgt.

Tab. 14: Feldaufgang vom Hafer im Sortenversuch in Prozent, DFH, WH und HEB

	DFH				HEB	WH			
^{1,2}	03/04	04/05	05/06	06/07	03/04	04/05	05/06	06/07	
RS	84 a B	87 a AB	73 a B	124 a A	82 a B	78 a B	85 a AB	87 ab AB	
Gem1	90 a AB	83 a AB	77 a AB	110 a A	86 a AB	84 a AB	59 a B	72 b AB	
Gem2	85 a BC	92 a BC	77 a BC	147 a A	87 a BC	79 a BC	62 a C	114 a AB	

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede, Tukey ($p < 0,05$), verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey ($p < 0,05$); ¹ Gemengestufe, ² Winkeltransformation

3.1.3 Entwicklungsstadien

Die Entwicklung der Pflanzen verlief im Sortenversuch auf beiden Versuchstandorten bis auf die Abreife in 04/05 und 05/06 annähernd parallel und ist beispielhaft für die Sorten Cheyenne bzw. Spirit, EFB 33, Nischkes Riesengebirgserbse und Santana sowie den Roggen dargestellt (Tab. 15). Weiterhin wurden zwischen den Erbsengenotypen in Rein- und Gemengesaat keine Unterschiede festgestellt.

Tab. 15: Entwicklungsstadien (BBCH) im Sortenversuch, DFH, HEB und WH

	Frankenhausen					Hebeshausen (03/04) / Waldhof (04/07)					
03/04	Spirit	EFB	Nisch.	Sant.	Rogg.	03/04	Spirit	EFB	Nisch.	Sant.	Rogg.
31.10.03	12	12	12	-	12	1.11.03	11	12	12	-	12
9.12.03	14	15	15	-	13	2.12.03	14	15	15	-	13
13.2.04	16	17	17	-		13.2.04	16	18	17	-	
6.5.04	35	34	34	13	34	9.5.04	35	34	34	13	34
24.5.04	64	51	51	15	55	25.5.04	63	51	51	16	55
8.6.04	67/75	64	63	51	63	8.6.04	67/75	63	62	55	63
28.6.04	79	69/75	69/75	65/73	77	28.6.04	82	75	75	69	75
20.7.04	85	79	79	79	81	16.7.04	89	81	81	79	80
04/05	Chey.	EFB	Nisch.	Sant.	Rogg.	04/05	Chey.	EFB	Nisch.	Sant.	Rogg.
2.11.04	11	12	12	-	13	4.11.04	12	13	13	-	13
8.12.04	12	13	13	-	14	6.12.04	13	14	14	-	14
9.2.05	14	15	15	-	16	9.3.05	16	17	17	-	
13.5.05	61	35	35	14	55	12.5.05	62	35	35	13	57
29.5.05	65	61	61	17	65	26.5.05	67/72	61	60	19	63
20.6.05	79	67/74	67/74	64	77	22.6.05	81	69/75	69/75	67	79
15.7.05	88	84	84	79	83	18.7.05	89	86	86	81	85
05/06	Chey.	EFB	Nisch.	Sant.	Rogg.	05/06	Chey.	EFB	Nisch.	Sant.	Rogg.
12.10.05	12	13	13	-	13	24.10.05	13	14	14	-	15
6.12.05	17	17	17	-	29	7.12.05	17	17	17	-	29
28.4.06	-	35	35	11	34	-					
16.5.06	-	51	51	14	59	11.5.06	-	51	51	12	59
7.6.06	-	62	62	18	65	6.6.06	-	62	63	17	67
22.6.06	-	67/74	67/74	62	75	19.6.06	-	67/74	67/74	62	75
12.7.06	-	81	81	79	86	19.7.06	-	88	88	82	88
06/07	Chey.	EFB	Nisch.	Sant.	Rogg.	06/07	Chey.	EFB	Nisch.	Sant.	Rogg.
23.10.06	12	13	13	-	13	-					
27.11.06	17	17	17	-	25	22.11.06	18	18	18	-	27
2.4.07	51	19	19	-	31	18.4.07	-	33	33	-	45
3.5.07	62	37	37	13	57	10.5.07	-	60	60	14	61
19.5.07	-	61	60	16	65	21.5.07	-	63	63	17	67
19.6.07	-	79	79	77	75	14.6.07	-	77	78	76	77
10.7.07	-	84	84	83	83	18.7.07	-	89	89	89	88

Die in Frankreich gezüchtete Wintererbse Cheyenne keimte auf allen Standorten vor Winter etwas langsamer als alle anderen Wintererbsen. In den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 wurde Anfang Dezember das Entwicklungsstadium BBCH 17/18 bestimmt, welches deutlich weiter als in den Vorjahren mit BBCH 14/15 bzw. 13/14 ist. Auch der Roggen entwickelte sich sehr stark und erreichte Anfang Dezember BBCH 25 bis 29, während in den Vorjahren zum gleichen Zeitpunkt BBCH 13 bzw. 14 bestimmt wurde. In der letzten Vegetationsperiode 06/07 blühten und reiften alle Genotypen vermutlich aufgrund der milden Witterung während der Wintermonate früher ab als in den anderen Jahren.

Bei der Wintererbse Cheyenne wurde jeweils nach Winter ein schnelleres Längenwachstum, eine frühere Blüte und Abreife festgestellt, während sich die anderen Wintergenotypen relativ gleichmäßig entwickelten, wobei die EU-Sorte Assas und die Herkunft aus Griechenland ab dem Frühjahr den anderen um wenige Tage voraus waren. Die Jugendentwicklung der Sommererbse Santana verlief wesentlich rascher als bei den Wintererbsen und aufgrund einer deutlich kürzeren Blühzeit reifte sie etwa gleichzeitig zu den anderen Genotypen ab. Insgesamt erreichten die normalblättrigen Wintererbsen auf dem Standort Waldhof in den Jahren 04/05 und 05/06 die Druschreife etwa eine Woche früher als in DFH, während in den anderen zwei Vegetationsperioden jeweils auf den beiden Versuchsstandorten etwa zur gleichen Zeit gedroschen werden konnte.

3.1.4 Überwinterung

Die Überwinterung der sieben Wintererbsengenotypen wurde über die Anzahl der Pflanzen m^{-2} mit einem Korrekturfaktor über zwei bzw. drei Zählungen vor und nach Winter bestimmt. Aufgrund der signifikant unterschiedlichen Auswinterungen der einzelnen Genotypen über die Gemengestufen und Umwelten (Vierfach-Wechselwirkung), wurde dieser Parameter für jede Umwelt einzeln ausgewertet (A-Tab. 11). In jeder Umwelt gab es signifikante Auswinterungsschädigungen, wobei diese je nach Jahreswitterung sehr unterschiedlich ausfielen:

- in der Vegetationsperiode 03/04 wurde im April in allen Reinsaaten auf dem Standort DFH eine signifikante Auswinterung bestimmt, während in HEB zu diesem Zeitpunkt ein Teil der Gemengevarianten mit normalblättrigen Wintererbsen eine signifikante Verringerung der korrigierten Anzahl aufwiesen. Im März wurde dies für keinen der beiden Standorte festgestellt (Abb. 10).
- in der Vegetationsperiode 04/05 wurde auf den Standorten DFH und WH eine signifikante Auswinterung in den Gemengestufen Reinsaat und Gem2 bei den Genotypen Assas, Cheyenne, EFB 33 und Nischkes sowie in jeweils einer dieser beiden Gemengestufen bei Unrra, Württembergischer und Griechischer (nur WH) bestimmt. In diesem Jahr wurde bereits im März bei den Sorten Assas, Cheyenne und EFB 33 im Gem2 eine signifikante Verringerung der korrigierten Anzahl festgestellt (Abb. 10).
- in den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 wurde auf dem Standort DFH bei den Sorten Cheyenne und Assas (nur 05/06) eine signifikante Auswinterung bis zu einem Totalausfall bestimmt, während die anderen Wintererbsen nahe zu keine nennenswerten Auswinterungsschädigungen aufwiesen. Auf dem Waldhof wurde nur in wenigen Varianten keine signifikante Verringerung der korrigierten Anzahl festgestellt, wobei die Sorte Cheyenne jeweils die höchsten Schädigungen aufwies (Abb. 10).

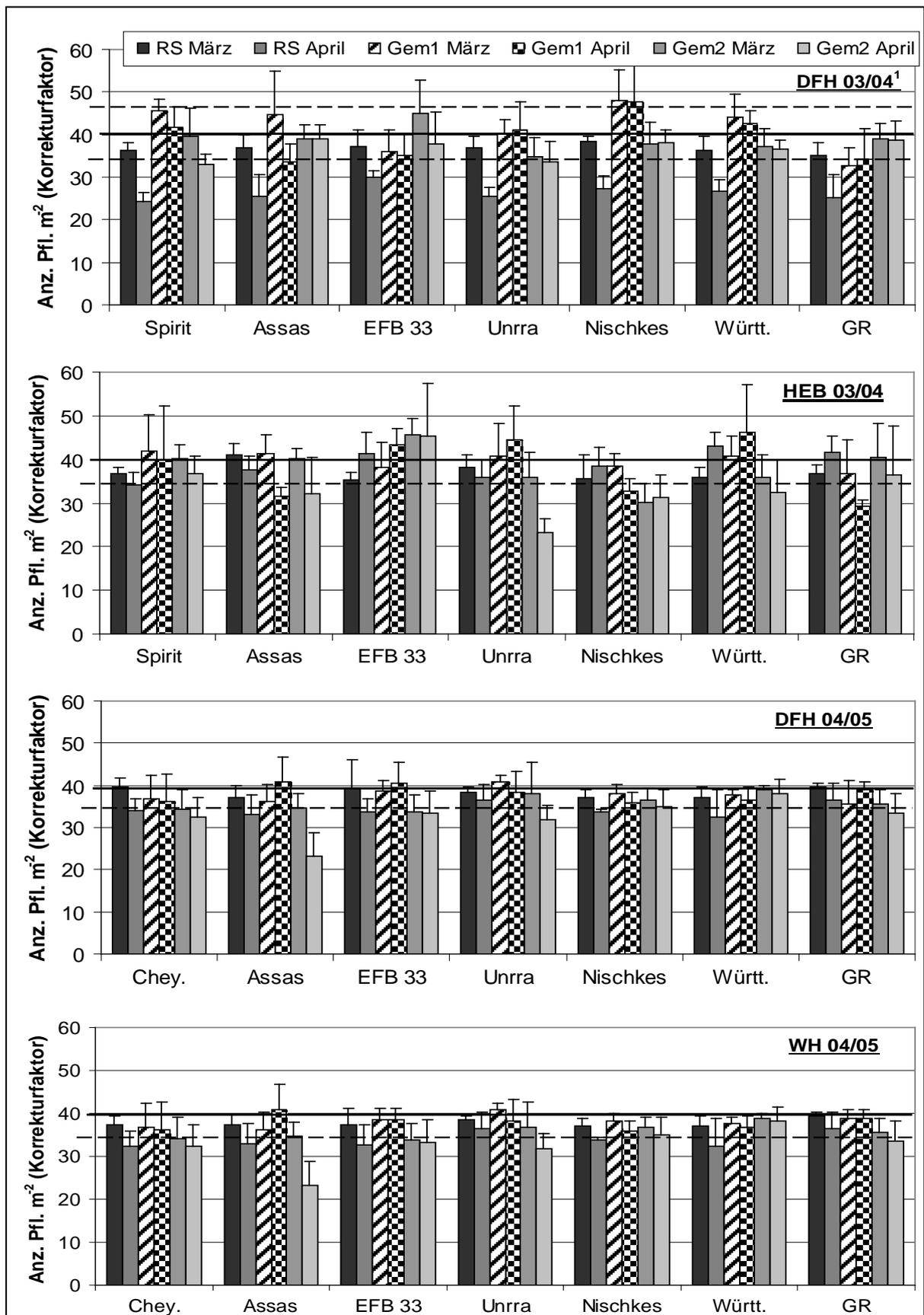


Abb. 10: Überwinterung im Sortenversuch in den Perioden 03/04 und 04/05, Frankenhausen, Hebshausen und Waldhof, korrigierte Anzahl Pflanzen m⁻²; Fehlerbalken = Standardabweichung; durchgezogene Linie = korr. Anzahl vor Winter; ober- und unterhalb gestrichelter Linien = statistisch signifikante Veränderung der korr. Anzahl, t-Test ($p < 0,05$); ¹ nicht normalverteilt

Innerhalb des geprüften Sortenspektrums unterschieden sich in den letzten beiden Vegetationsperioden die beiden französischen Erbsen signifikant von den anderen Wintererbsen: Bei Cheyenne wurde in fast allen Varianten auf beiden Standorten eine signifikant höhere Auswinterung errechnet, während dies für Assas in DFH 05/06 und WH 06/07 zutraf (Tab. 16, Abb. 11). Hieraus kann eine höhere Winterfestigkeit der geprüften Herkünfte und der EFB 33 als bei den Sorten Assas und Cheyenne abgeleitet werden.

Tab. 16: Überwinterung im Sortenversuch; Anzahl Pflanzen m⁻² (Korrekturfaktor); Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof

^{1,2}	³	Spirit/Chey	Assas	EFB 33	Unrra	Nischkes	Württemb.	GR	
DFH	April 06/07	RS	21 a B	28 a AB	37 a AB	36 a AB	39 a AB	43 a A	30 a AB
		Gem1	4 a B	35 a A	34 a A	41 a A	43 a A	35 a A	43 a A
		Gem2	5 a B	32 a A	32 a A	33 a A	34 a A	39 a A	37 a A
WH ⁴	April 05/06	RS	4 a B	18 ab AB	24 a A	20 ab AB	24 a A	31 a A	28 a A
		Gem1	0 a C	36 b AB	30 a AB	14 a BC	25 a AB	38 a A	38 a A
		Gem2	4 a C	8 a BC	30 a A	39 b A	23 a AB	21 a AB	19 a AB

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Umwelten bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Standort, ² Vegetationsperiode, ³ Gemengestufe, ⁴ nicht normalverteilt

Zwischen den Gemengestufen wurden für den Standort Frankenhausen in den einzelnen Vegetationsperioden signifikant unterschiedliche Auswinterungen berechnet, wobei über die einzelnen Jahre kein einheitlicher Trend festzustellen ist: in 03/04 wurde in Reinsaat eine signifikant geringere, während in 05/06 eine signifikant höhere korrigierte Anzahl an Erbsen als in den beiden Gemengestufen bestimmt wurde (Abb. 11). Außerdem lag in DFH 04/05 die korrigierte Anzahl an Pflanzen im Gemenge 1 signifikant höher als im Gemenge 2.

Aufgrund der Schwere der Schädigungen mussten die Varianten mit Cheyenne in den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 auf beiden Standorten und die mit Assas in DFH 05/06 und WH 06/07 aufgegeben werden.

In jedem Jahr wurde bei einigen Varianten eine korrigierte Anzahl Pflanzen über 40 bestimmt. In Ausnahmefällen wie z.B. Nischkes im Gemenge1 in DFH 04/05 wurde eine signifikante Vergrößerung der Anzahl Erbsen festgestellt. Dies kann eine Folge von weiteren aufgelaufenen Pflanzen über Winter aber auch von Zählfehler sein.

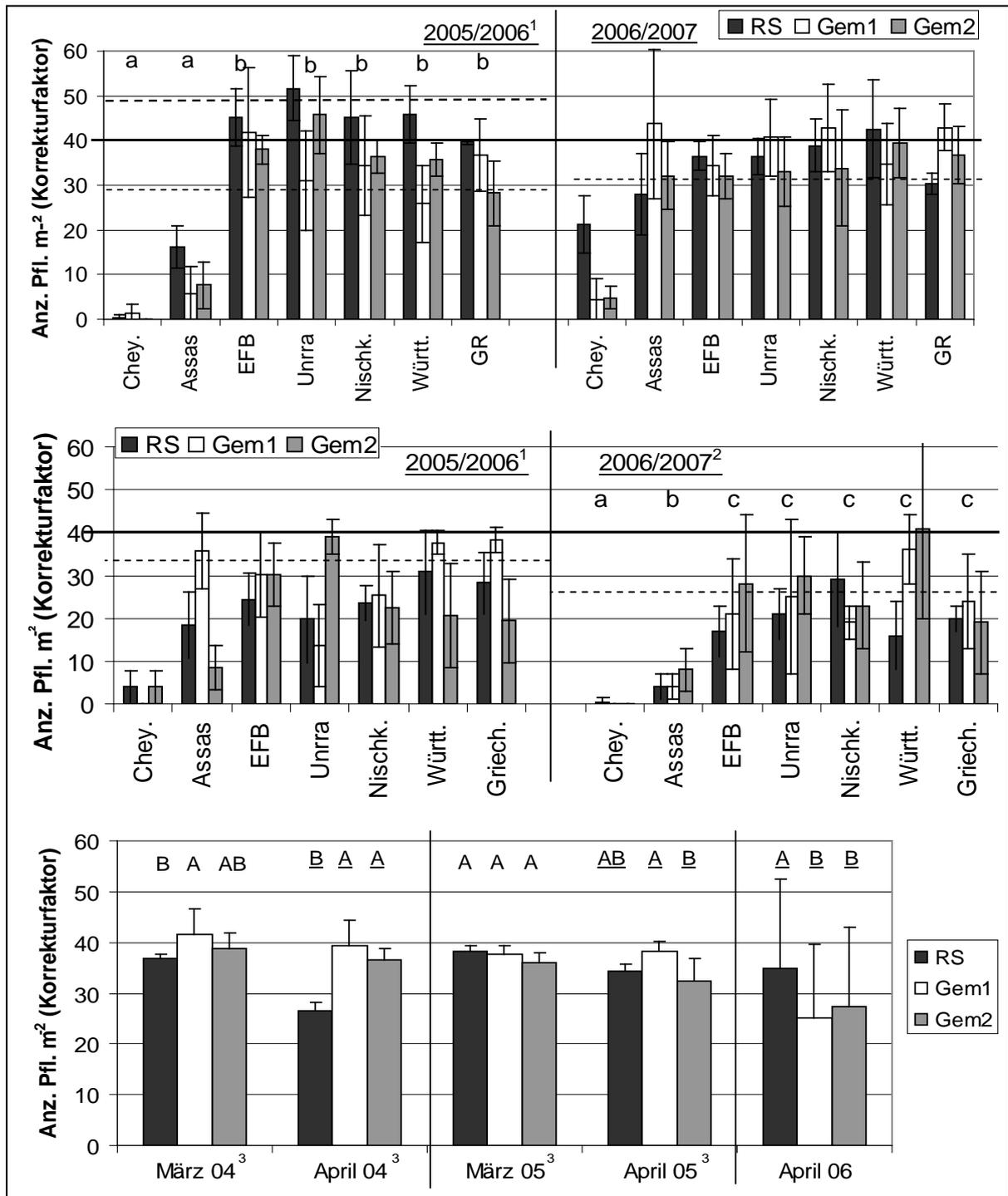


Abb. 11: Überwinterung im Sortenversuch in den Perioden 05/06 und 06/07 auf den Standorten DFH (oben) und WH (mittig) sowie Unterschiede zwischen den Gemengestufen in DFH, korrigierte Anzahl Pflanzen m⁻²; Fehlerbalken = Standardabweichung; durchgezogene Linie = korr. Anzahl vor Winter; ober- und unterhalb gestrichelter Linien = statistisch signifikante Veränderung der korr. Anzahl, t-Test (p<0,05); verschiedene kleine bzw. große Buchstaben = signifikante Unterschiede zwischen den Sorten bzw. Gemengestufen getrennt nach Zählungen, Tukey – Test (p<0,05), ¹ nicht normalverteilt, ² Wurzeltransformation, ³ arcsin(wurzel(x/100))-Transformation

3.1.5 Grünertrag zu Blühbeginn

Im Folgenden wird erst der Gesamtgrünertrag inklusive RYT's, und Erbsenanteil im Gemenge beschrieben. Danach werden die Ergebnisse zum Erbsen- und zum Getreidegrünertrag dargestellt. Zum Schluss dieses Kapitels werden die Ergebnisse der Qualitätsanalysen beschrieben.

Die Grünernte wurde in jeder Vegetationsperiode zu Blühbeginn der jeweiligen Erbsengentypen durchgeführt. Hierdurch ergaben sich je nach Auswinterung einzelner Wintererbsen zwei bis drei verschiedene Schnitttermine: die moderne Wintererbse Spirit bzw. Cheyenne wurde etwa zwei bis drei Wochen vor den normalblättrigen Wintererbsen sowie dem Landsberger Gemenge und diese etwa zwei Wochen vor der Sommererbse beerntet. Die Grünschnitte auf den beiden Standorten wurden zeitnah durchgeführt.

Die Varianzanalyse über mehrere Vegetationsperioden musste aufgrund von Auswinterungsschädigungen ohne die Wintererbsensorten Spirit bzw. Cheyenne und Assas durchgeführt werden. In den Umwelten, in denen diese Genotypen nicht ausgewintert sind, wurden diese aber wieder mit den Anderen statistisch verrechnet. Dies galt auch für alle im folgenden aufgeführten Parameter.

3.1.5.1 Gesamtgrünertrag

Beim Parameter Gesamtgrünertrag waren neben den einzelnen Effekten alle zweifaktoriellen Wechselwirkungen in der mehrjährigen Auswertung signifikant (A-Tab. 13). In den vier Umwelten HEB 03/04, WH 04/05, DFH 05/06 und DFH 06/07 wurde zwischen den Faktoren Sorte und Gemenge eine signifikante Wechselwirkung errechnet, während in den übrigen vier Umwelten mit Ausnahme von WH 06/07 (Faktor Gemenge) lediglich diese beiden Faktoren signifikant ausfielen.

Tab. 17: Gesamtgrünertrag im Sortenversuch in dt TM ha⁻¹, DFH, WH und HEB

1	2	3	Sp./Chey	Assas	EFB	Unrra	Nischkes	Württ.	GR	Sant.
HEB	03/04	RS	23 b B	85 b A	73 b A	63 b A	68 b A	64 b A	62 b A	10 a B
		Gem1	72 a B	126 a A	129 a A	138 a A	117 a A	125 a A	137 a A	29 a C
		Gem2	70 a B	109 ab A	124 a A	138 a A	127 a A	128 a A	123 a A	31 a C
WH	04/05	RS	19 a B	41 a A	37 a A	32 a AB	32 a AB	35 a AB	40 a A	32 a AB
		Gem1	20 a C	44 a AB	48 a AB	45 a AB	47 a AB	54 a A	44 a AB	32 a BC
		Gem2	24 a C	54 a A	55 a A	49 a A	46 a AB	45 a AB	50 a A	31 a BC
DFH	05/06	RS	-	-	54 b A	44 b AB	53 b A	53 b A	58 b A	30 a B
		Gem1	-	-	73 ab A	83 a A	84 a A	79 a A	79 ab A	43 a B
		Gem2	-	-	84 a A	84 a A	86 a A	75 ab A	87 a A	36 a B
DFH	06/07	RS	-	57 b A	56 b A	45 b A	49 b A	59 b A	47 b A	12 a B
		Gem1	-	88 a A	89 a A	85 a A	88 a A	80 ab A	81 a A	17 a B
		Gem2	-	86 a A	86 a A	92 a A	89 a A	86 a A	89 a A	16 a B

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Umwelten bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Standort, ² Vegetationsperiode, ³ Gemengestufe, Sp.=Spirit

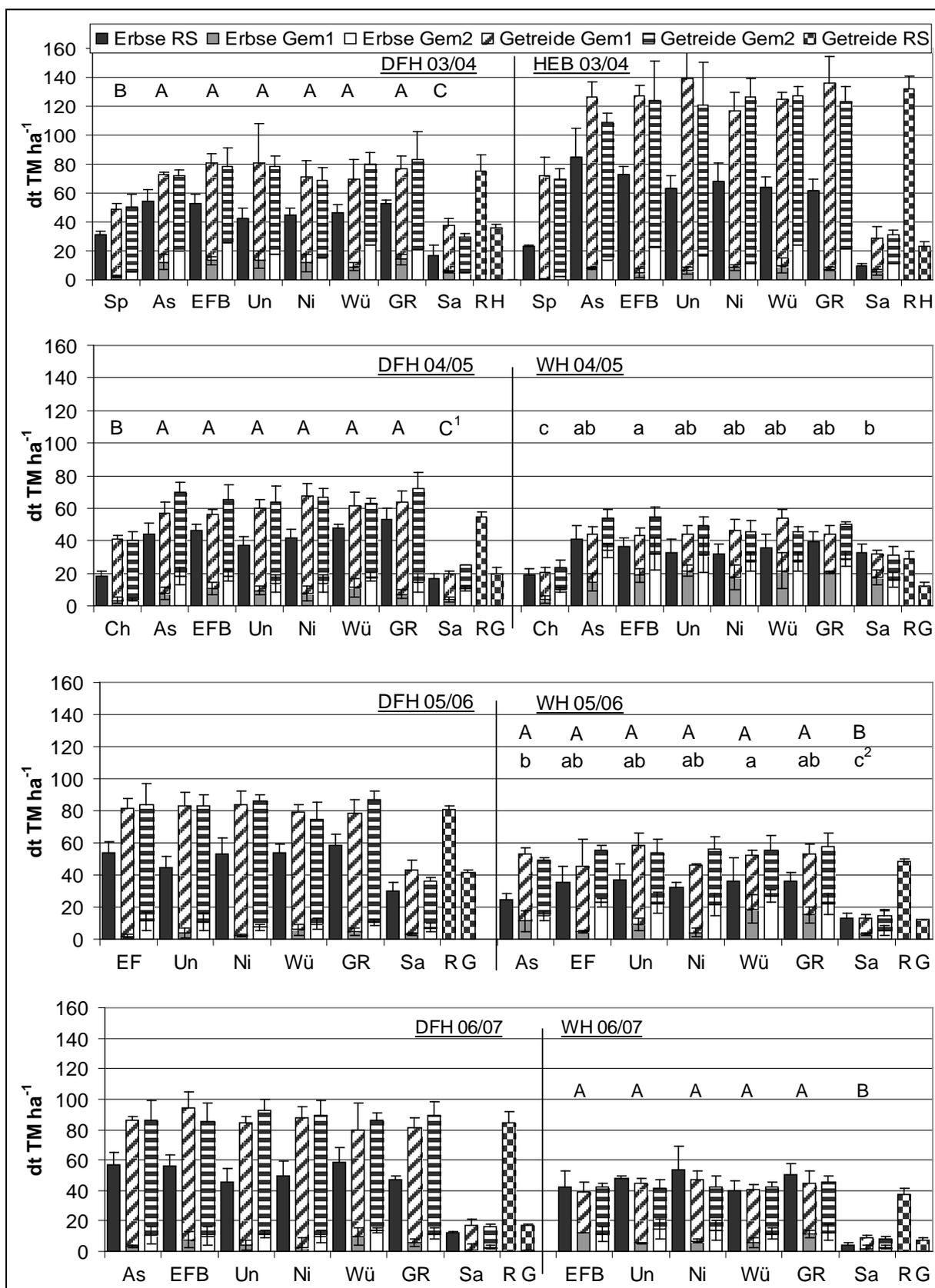


Abb. 12: Grünertrag Sortenversuch in Frankenhausen, Waldhof und Hebeshausen; verschiedene große bzw. kleine Buchstaben = signifikante Unterschiede im Gesamtertrag bzw. Erbsenertrag (Tukey, $p < 0,05$); Fehlerbalken = Standardabweichung; Sp= Spirit, Ch= Cheyenne, As= Assas, Un= Unrra, Ni= Nischkes, Wü= Württembergische, GR= Griechische, Sa= Santana, R= Roggen, H= Hafer, G= Gerste, ¹ $\log(\arcsin(x/100))$ -Transformation, ² $\sqrt{\arcsin(x/100)}$ -Transformation

Der Gesamtertrag der Gemenge mit normalblättrigen Wintererbsen lag immer mit etwa 60 – 90 dt TM ha⁻¹ in Frankenhausen, mit über 100 dt TM ha⁻¹ in Hebenshausen und etwa 40 - 60 dt TM ha⁻¹ auf dem Waldhof höher als der Erbsenertrag dieser Varianten in Reinsaat mit etwa 40 - 60 dt TM ha⁻¹ in Frankenhausen, mit ca. 60 - 80 dt TM ha⁻¹ in Hebenshausen und etwa 30 - 50 dt TM ha⁻¹ auf dem Waldhof (Abb. 12). Diese Unterschiede konnten für die Standorte Frankenhausen und Hebenshausen sowie WH 05/06 statistisch abgesichert werden (Tab. 17, Tab. 18).

Tab. 18: Gesamt- und Erbsengrünertrag im Sortenversuch in dt TM ha⁻¹, DFH, WH und HEB, Unterschiede zwischen Gemengestufen

Parameter	Gesamtertrag			Erbsenertrag	
	DFH 03/04	DFH 04/05 ¹	WH 05/06	WH 04/05	WH 05/06 ²
RS	43,4 b	35,9 b	30,6 b	33,5 a	30,6 a
Gem1	68,0 a	53,4 a	46,2 a	17,7 c	9,3 c
Gem2	66,6 a	54,5 a	48,5 a	25,8 b	19,1 b

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede, Tukey (p<0,05), ¹ log(arcsin(x/100))-Transformation, ² Wurzel(arcsin(x/100))-Transformation

Bei den Gemengen mit Sommererbse fiel der Unterschied zu der Sommererbsenreinsaat i.d.R. geringer aus als bei den normalblättrigen Wintererbsen. Hier wurde ein Gesamtertrag von ca. 10 - 40 und in Reinsaat von 10 - 30 dt TM ha⁻¹ erzielt (Abb. 12), welcher in den Umwelten DFH 03/04, DFH 04/05 und WH 05/06 statistisch gesichert werden konnte (Tab. 18). Innerhalb des geprüften Sortenspektrums fielen die Gesamterträge der Sorte Spirit bzw. Cheyenne und der Sommererbse mit Ausnahme von WH 04/05 in allen Gemengestufen statistisch signifikant geringer als die der normalblättrigen Wintererbsen aus (Tab. 17, Abb. 12).

Tab. 19: Relativ Yield Totals vom Grünertrag im Sortenversuch; DFH, WH und HEB

Sorte	¹	Frankenhausen				HEB	Waldhof				Mittel
		03/04	04/05	05/06	06/07	03/04	04/05	05/06	06/07		
Assas	Gem1	1,0	1,1	-	1,0	1,0	1,4	1,3	-	1,13	
	Gem2	1,1	1,4	-	1,1	0,9	1,5	1,3	-	1,22	
EFB 33	Gem1	1,2	1,1	1,0	1,2	1,0	1,4	1,0	1,0	1,11	
	Gem2	1,2	1,3	1,1	1,1	1,1	1,7	1,3	1,1	1,24	
Unrra	Gem1	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	1,5	1,3	1,2	1,20	
	Gem2	1,2	1,3	1,1	1,2	1,1	1,6	1,3	1,0	1,23	
Nischkes	Gem1	1,1	1,3	1,1	1,1	0,9	1,6	1,0	1,2	1,16	
	Gem2	1,1	1,3	1,1	1,1	1,0	1,5	1,4	1,0	1,19	
Württemberg.	Gem1	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,7	1,2	1,1	1,15	
	Gem2	1,3	1,2	1,0	1,1	1,2	1,4	1,3	1,1	1,20	
GR	Gem1	1,1	1,2	1,0	1,0	1,1	1,3	1,2	1,1	1,13	
	Gem2	1,2	1,3	1,1	1,2	1,1	1,5	1,3	1,1	1,23	
Santana	Gem1	1,2	1,0	1,1	1,0	1,6	1,7	1,1	1,5	1,28	
	Gem2	1,0	1,3	0,9	1,0	2,0	1,7	1,2	1,5	1,33	
Mittelwert	beide	1,14	1,23	1,05	1,08	1,15	1,54	1,23	1,16	1,19	

¹ Gemengestufe

Die RYT's (Relativ Yield Totals) der beiden Gemengestufen wurden bei allen Erbsengenotypen zwischen 0,9 und 2,0 bestimmt, wobei sie meistens zwischen 1,0 und 1,3 lagen (Tab. 19). Zwischen den normalblättrigen Wintererbsen wurden ebenso wie zwischen den beiden unterschiedlichen Gemengen nur geringfügige Unterschiede festgestellt. In den Umwelten HEB 03/04, DFH 05/06, DFH 06/07 und WH 06/07 fielen die RYT's der Winterungen tendenziell geringer und in WH 04/05 tendenziell höher als in den übrigen drei Umwelten aus. Bei den Sommerungen wurde in den Umwelten HEB 03/04, WH 04/05 und WH 06/07 mit 1,5 bis 2,0 die höheren RYT's als in den anderen Umwelten mit etwa 1,0 bis 1,3 bestimmt.

Der **prozentuale Erbsenanteil** am Gesamtertrag wurde zwischen 1 und 63 bestimmt, wobei sich die Sorten, die Gemengestufen und die Umwelten deutlich unterschieden (Tab. 20). Die modernen semi-leafless Sorten Spirit bzw. Cheyenne aus Frankreich erreichten in den ersten beiden Vegetationsperioden die geringsten Prozentwerte, während zwischen den anderen Genotypen mit Ausnahme der Sommererbse in den Umwelten DFH 03/04, DFH 04/05 und HEB 03/04 nahezu keine Unterschiede festgestellt wurden. In DFH 03/04 erzielte die Santana im Gem2 unterdurchschnittliche und in DFH 04/05 im Gem2 sowie in HEB 03/04 in beiden Gemengen überdurchschnittliche prozentuale Erbsenanteile am Gesamtertrag.

Tab. 20: Prozentuale Anteil Erbsen am Gesamtgrünertrag, Sortenversuch; DFH, WH und HEB

Sorte	1	Frankenhausen				HEB	Waldhof				Mittel
		03/04	04/05	05/06	06/07	03/04	04/05	05/06	06/07		
Spirit/Chey.	Gem1	5	8	-	-	1	20	-	-	9	
	Gem2	11	9	-	-	3	33	-	-	14	
Assas	Gem1	17	13	-	4	6	33	21	-	16	
	Gem2	27	26	-	12	13	63	30	-	29	
EFB 33	Gem1	17	19	2	8	4	43	10	32	17	
	Gem2	33	29	13	12	18	58	41	27	29	
Unrra	Gem1	17	16	5	5	4	49	16	12	16	
	Gem2	23	21	13	12	14	63	42	36	28	
Nischkes	Gem1	16	11	3	3	9	38	9	15	13	
	Gem2	22	20	9	11	8	59	39	33	25	
Württemb.	Gem1	13	19	7	12	8	40	36	14	19	
	Gem2	30	29	13	16	19	60	48	28	30	
GR	Gem1	18	11	6	7	5	46	28	25	18	
	Gem2	25	20	12	13	17	57	38	27	26	
Santana	Gem1	15	19	8	6	18	55	20	21	20	
	Gem2	16	42	20	17	36	52	36	31	31	
Mittelwert	Gem1	16	15	5	6	8	43	20	20	17	
	Gem2	25	27	13	13	18	59	39	30	28	

¹ Gemengestufe

Beim Gem2 wurde fast immer ein höherer Erbsenanteil als im Gem1 errechnet. In der Umwelt WH 04/05 wurden mit ca. 40% im Gem1 und etwa 60% im Gem2 die höchsten und in den Umwelten HEB 03/04, DFH 05/06 und DFH 06/07 mit ca. 5 - 10 % im Gem1 und etwa 10 - 20 % im Gem2 die geringsten Anteile bestimmt. Dies ist eine Folge des stark bzw. sehr

stark entwickelten Roggens v.a. aufgrund der höheren Stickstoffverfügbarkeit in WH (05/06, 06/07) bzw. HEB und DFH (05/06, 06/07). Die hohe Stickstoffverfügbarkeit resultiert in HEB 03/04 aus der hohen Stickstoffdüngung der Vorkulturen, welches sich in den N_{\min} -Werten vor Winter widerspiegelte (siehe 3.1.8), in DFH aus den Vorrüchten Kartoffel bzw. Möhre sowie aus der jeweiligen milden Herbstwitterung und auf dem Waldhof in 05/06 aus der milden Herbstwitterung und in 06/07 aus der Vorrucht Kartoffel, wobei während des milden Winters wahrscheinlich ein Teil des Stickstoffs ausgewaschen wurde. In HEB und in DFH führte dies zu einer Unterdrückung der Erbsen, die sich in den beschriebenen Erbsenanteilen widerspiegelte.

3.1.5.2 Erbsengrünertrag

Beim Parameter Erbsengrünertrag fielen in der Varianzanalyse alle Wechselwirkungen in der mehrjährigen Auswertung signifikant aus (A-Tab. 14). In WH 04/05 und WH 05/06 waren jeweils die Faktoren Sorte und Gemenge signifikant, während in den übrigen sechs Umwelten zusätzlich eine signifikante Wechselwirkung dieser beiden Faktoren vorlag.

Tab. 21: Erbsengrünertrag im Sortenversuch in dt TM ha⁻¹, DFH, WH und HEB

1	2	3	Sp./Chey	Assas	EFB	Unrra	Nischkes	Württ.	GR	Sant.
DFH	03/04	RS	32 a B	55 a A	53 a A	43 a AB	45 a AB	47 a A	53 a A	11 a C
		Gem1	3 b A	12 b A	14 b A	14 b A	12 b A	9 c A	14 b A	6 a A
		Gem2	6 b BC	20 b AB	26 b A	18 b ABC	15 b ABC	24 b A	21 b A	5 a C
HEB	03/04 ⁴	RS	23 a B	85 a A	73 a A	63 a A	68 a A	64 a A	62 a A	10 a B
		Gem1	1 b C	8 a A	5 c B	6 b BC	9 b B	10 b B	7 b BC	5 a BC
		Gem2	2 b C	14 b BC	22 b AB	17 b AB	11 b ABC	24 b A	21 b AB	11 a ABC
DFH	04/05	RS	18 a C	44 a AB	46 a AB	37 a B	41 a AB	48 a AB	53 a A	17 a C
		Gem1	3 b A	8 b A	11 b A	9 b A	8 b A	11 b A	7 b A	4 b A
		Gem2	4 b B	18 b A	19 b A	14 b AB	14 b AB	18 b A	14 b AB	11 ab AB
DFH	05/06 ⁴	RS	-	-	54 a A	44 a AB	53 a A	53 a A	58 a A	30 a B
		Gem1	-	-	1 c A	4 b A	3 b A	6 b A	5 b A	3 b A
		Gem2	-	-	11 b A	11 b A	7 b A	10 b A	10 b A	7 b A
DFH	06/07 ⁴	RS	-	57 a A	56 a A	45 a A	49 a A	59 a A	47 a A	12 a B
		Gem1	-	4 b AB	10 b AB	4 b AB	3 b AB	10 b A	6 b AB	1 b B
		Gem2	-	10 b AB	10 b AB	11 b AB	10 b AB	14 b A	12 b AB	3 ab B
WH	06/07 ⁴	RS	-	-	42 a A	48 a A	54 a A	39 a A	50 a A	4 a B
		Gem1	-	-	12 b A	6 b A	7 b A	6 b A	11 b A	2 a A
		Gem2	-	-	12 b A	15 b A	14 b A	12 b A	12 b A	3 a A

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Umwelten bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Standort, ² Vegetationsperiode, ³ Gemengestufe, ⁴ Wurzel($\arcsin(x/100)$)-Transformation, Sp.=Spirit

Der Erbsenertrag in Reinsaat wurde bei den normalblättrigen Wintererbsen in Frankenhäusern zwischen 40 und 60, in Hebenshausen zwischen 60 und 80 und auf dem Waldhof zwischen 30 und 50 dt TM ha⁻¹ bestimmt (Abb. 12). Damit lag der Ertrag dieser Genotypen in

Reinsaat signifikant höher als der der Sommererbse (bis auf WH 04/05) und der der modernen Wintererbsen Spirit bzw. Cheyenne (Abb. 12, Tab. 21).

In den Gemengevarianten der Winterungen wurden mit 1 bis über 25 dt TM ha⁻¹ signifikant geringere Erträge als in Reinsaat erzielt, wobei im Gem2 entsprechend der Anzahl an Erbsen die höheren Erträge als im Gem1 bestimmt wurden. Dieser Unterschied konnte aber statistisch nur in WH 04/05 und WH 05/06 abgesichert werden (Tab. 18, Tab. 21). In den Umwelten DFH 03/04 und DFH 04/05 lagen die Erträge der normalblättrigen Wintererbsen im Gemenge mit 8 – 15 bzw. 15 – 25 dt TM ha⁻¹ i.d.R. höher als in DFH 05/06 und DFH 06/07 mit 1 – 10 bzw. 5 – 15 dt TM ha⁻¹ (Gem1 bzw. Gem2). Dies ist wie unter 3.1.5.1 beschrieben eine Folge des stark bzw. sehr stark entwickelten Roggens in den letzten beiden Vegetationsperioden (WH bzw. DFH).

Die Ertragshöhe der Gemenge mit Sommererbse fiel mit 1 bis über 10 dt TM ha⁻¹ tendenziell geringer als bei denen mit normalblättrigen Wintererbsen aus. In Reinsaat wurden bei der Sommererbse im Gegensatz zu den normalblättrigen Wintererbsen nicht immer höhere Erträge als im Gemenge bestimmt (Tab. 18, Tab. 21). So fielen z.B. in Heb 03/04 und WH 06/07 die Erträge der einzelnen Gemengestufen vergleichbar aus.

3.1.5.3 Biomasseertrag Getreide und Landsberger Gemenge

Beim Parameter Grünertrag des **Roggens** fielen sowohl in der Varianzanalyse als auch bei der Analyse über Linearer Kontraste die Faktoren Umwelt und Gemenge signifikant aus (A-Tab. 15). Entsprechend den Aussaatstärken wurde in der Reinsaat mit durchschnittlich 67 dt TM ha⁻¹ ein signifikant höherer Ertrag als im Gemenge1 mit 59 dt TM ha⁻¹ und im Gemenge2 mit 55 dt TM ha⁻¹ erreicht, wobei sich die Ertragshöhe der beiden Gemenge ebenfalls signifikant voneinander unterschied (Tab. 22). Auf dem Standort Hebenshausen wurde in den Gemengevarianten mit normalblättrigen Wintererbsen mit über 100 dt TM ha⁻¹ die signifikant höchste Ertragsmenge bestimmt, während auf dem Waldhof mit etwa 20 – 40 dt TM ha⁻¹ die signifikant geringsten Erträge erzielt wurden (Tab. 23). In Frankenhausen wurden Erträge zwischen den anderen beiden Standorten erreicht, wobei sie in den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 mit über 70 dt TM ha⁻¹ signifikant höher als in den beiden früheren Perioden mit etwa 50 – 60 dt TM ha⁻¹ ausfielen. Auch auf dem Waldhof wurden in den Jahren 2006 und 2007 höhere Erträge als in 2005 erzielt. Dies ist wie unter 3.1.5.1 beschrieben auf eine höhere Stickstoffverfügbarkeit zurückzuführen.

Tab. 22: Grünertrag des Getreides in dt TM ha⁻¹; DFH, WH und HEB

	Reinsaat	Gem1	Gem2
Roggen ¹	66,7 A	59,0 B	55,4 C
Sommergetreide ²	21,2 A	19,8 A	16,4 B

verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Bonferroni beim Roggen bzw. Tukey beim Sommergetreide ($p < 0,05$), ¹ ohne Assas und Spirit bzw. Cheyenne, Analyse mittels Linearer Kontraste, ² Wurzel($\arcsin(x/1000)$)-Transformation

Beim Parameter Grünertrag vom **Sommergetreide** waren ebenfalls die Faktoren Umwelt und Gemenge signifikant (A-Tab. 15). Hier unterschieden sich die Ertragshöhen der Reinsaat mit durchschnittlich 21 dt TM ha⁻¹ und die des Gemenges1 mit im Mittel von 20 dt TM ha⁻¹ von der des Gemenges2 mit durchschnittlich 16 dt TM ha⁻¹ signifikant voneinander (Tab. 22). In DFH 03/04 und 05/06 wurden die signifikant höchsten und auf dem Waldhof die signifikant geringsten Trockenmassenerträge bestimmt (Tab. 23).

Bei der statistischen Verrechnung des Parameters Grünertrag des **Landsberger Gemenges** fiel ebenfalls der Faktor Umwelt signifikant aus (A-Tab. 15). Hier wurden auf dem Standort Frankenhausen immer die höheren Grünerträge als auf dem Waldhof bestimmt, wobei in DFH 05/06 und DFH 06/07 die signifikant höchsten Biomasseerträge mit über 50 dt TM ha⁻¹ erzielt wurden (Tab. 23). Die größeren Ertragsmengen in den Jahren 2006 und 2007 sind vermutlich mit den früheren Aussaatzeitpunkten und den milderen Herbstmonaten in diesen Vegetationsperioden zu begründen. Nach FISCHBECK et al. (1975) sollte dieses Gemenge bis Anfang September gesät werden, da es bis zum Winter 55 - 70 Wachstumstage benötigt. Aufgrund der milden Herbstwitterungen in den Perioden 05/06 und 06/07 konnte von einer Teilkompensation der Vorwinterentwicklung ausgegangen werden, da es mehr Wachstumstage als im Herbst 2004 gab.

Zwischen den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat und dem Landsberger Gemenge konnten in der Analyse über Lineare Kontraste kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (A-Tab. 15).

Tab. 23: Grünertrag des Getreides und des Landsberger Gemenges in dt TM ha⁻¹; DFH, WH und HEB

	DFH 03/04	HEB 03/04	DFH 04/05	WH 04/05	DFH 05/06	WH 05/06	DFH 06/07	WH 06/07
Roggen ¹	60,6 C	113,7 A	51,5 C	23,2 E	74,6 B	36,6 D	74,8 B	32,3 D
Sommergetreide ^{2,3}	30,0 A	22,5 B	16,8 C	14,0 CD	36,7 A	10,8 D	15,4 C	6,9 E
Landsberger G.	-	-	38,5 AB	31,2 B	55,3 A	33,6 B	55,8 A	40,7 AB

verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey ($p < 0,05$), ¹ gemittelt über Gemenge mit Wintererbsengenotypen ohne Assas und Spirit bzw. Cheyenne, die Gemengestufen unterscheiden sich signifikant entsprechend den Aussaatstärken; ² gemittelt über Gem1, Gem2 und RS, ³ Wurzel($\arcsin(x/1000)$)-Transformation

3.1.5.4 Qualität Grünschnitt

Im Folgenden werden die Mittelwerte über die Umwelten sowie die statistische Auswertung beim Rohprotein- und Energiegehalt aus den NIRS-Analysen dargestellt, während sich die vollständigen Angaben im Anhang befinden (A-Tab. 32 - A-Tab. 34). Zuerst wird die Qualität der Varianten mit Erbsen und anschließend der mit Getreide sowie dem Landsberger Gemenge beschrieben.

In der Varianzanalyse des Parameters Qualität des Grünschnitts mit Erbsen wurden die Faktoren Gemenge und Sorte sowie deren Wechselwirkung sowohl beim Rohprotein- als auch beim Energiegehalt als signifikant ausgewiesen (A-Tab. 16). Beim Rohproteingehalt wurden zwischen den Sorten in Reinsaat mit 18,5 – 20 % in der TM keine signifikanten Unterschiede bestimmt, wobei bei der Sommererbse der höchste Gehalt analysiert wurde. In den Gemengen der Sommererbse wurden dagegen mit 13 – 15 % in der TM signifikant höhere Gehalte als bei denen mit normalblättrigen Wintererbsen mit acht bis zehn Prozent in der TM erreicht (Tab. 24). Grund hierfür war die geringere Qualität des Roggens als des Sommergetreides (s.u.).

In den Varianten mit Erbsenreinsaat wurden immer signifikant höhere Rohproteingehalte als in den Gemengen mit Getreide bestimmt. Auf dem Waldhof wurden in den Gemengen mit Roggen die mit bis zu sechs Prozentpunkten höheren Gehalte als auf den nordhessischen

Standorten erreicht (A-Tab. 33). Dies war mit den höheren Erbsenanteilen in den Gemengen auf dem Waldhof zu begründen (siehe 3.1.5.1). Dagegen fiel der Rohproteingehalt der normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat auf dem Standort Frankenhausen nahezu immer höher als auf dem Waldhof und in Hebenshausen aus (A-Tab. 32).

Beim Energiegehalt wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in Reinsaat zwischen den einzelnen Sorten mit 5,3 – 5,6 MJ NEL in der TM festgestellt, wobei die Sommererbse mit durchschnittlich 5,6 MJ NEL wiederum den höchsten Gehalt aufweist. In den beiden verschiedenen Gemengen mit Getreide wurden bei der Sorte Santana die signifikant größeren Energiedichten mit über fünf im Vergleich zu etwa 4,5 MJ NEL in der TM bei den Wintererbsen analysiert (Tab. 24). Auch hier war dies wie beim Rohproteingehalt v.a. eine Folge der besseren Qualität der Sommergetreide als beim Roggen. Weiterhin wurden in den Gemengen mit Roggen signifikant geringere Energiedichten als in den Erbsenreinsaaten bestimmt. Auf dem Waldhof fielen die Energiegehalte der Gemenge mit Roggen bis zu einem MJ MEL höher als in Frankenhausen aus, während zwischen den Erbsenreinsaaten keine einheitliche Tendenz zwischen den einzelnen Standorten festgestellt werden konnte (A-Tab. 32, A-Tab. 34). Wie beim Rohproteingehalt auch war Ersteres eine Folge der höheren Erbsenanteile im Gemenge auf dem Waldhof.

Tab. 24: Qualität des Grünschnitts mit Erbsen im Sortenversuch in der TM; DFH, WH und HEB; oben Rohproteingehalt (in Prozent), unten Energiegehalt (MJ NEL)

Gemengestufe	EFB 33	Unrra	Nischkes	Württ.	GR	Santana
Reinsaat	19,0 a A	18,7 a A	18,7 a A	18,5 a A	19,1 a A	20,0 a A
Gemenge1	8,7 b B	8,3 b B	8,8 b B	8,7 b B	9,4 b B	12,6 b A
Gemenge2	10,1 b B	9,9 b B	9,8 b B	9,6 b B	9,8 b B	14,5 b A
Reinsaat	5,4 a A	5,3 a A	5,4 a A	5,3 a A	5,4 a A	5,6 a A
Gemenge1	4,4 b B	4,4 b B	4,4 b B	4,4 b B	4,5 b B	5,2 a A
Gemenge2	4,6 b B	4,5 b B	4,5 b B	4,5 b B	4,5 b B	5,3 a A

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Qualitätskriterien bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$)

Die Ergebnisse der Qualitätsanalysen mit **Getreide** sind in Tab. 25 dargestellt. Beim Roggen fiel sowohl der Rohproteingehalt mit 9 – 10 % in der TM als auch die Energiedichte mit etwa 4,5 MJ NEL in der TM in den Gemengen mit Wintererbsen signifikant höher als in Reinsaat mit etwa 6 % bzw. 4,2 MJ aus, wobei sich auch die beiden Gemenge signifikant voneinander unterschieden. Auf dem Standort Waldhof wurden in den Gemengen die besseren Qualitäten als auf den nordhessischen Standorten bestimmt (s.o. sowie A-Tab. 33, A-Tab. 34).

Tab. 25: Qualität des Grünschnitts mit Getreide im Sortenversuch; DFH, WH und HEB; oben Rohproteingehalt (in Prozent TM), unten Energiegehalt (MJ NEL in TM)

	Reinsaat	Gem1	Gem2
Roggen ^{1,2}	6,2 C	8,8 B	9,9 A
Sommergetreide ²	10,6 B	12,7 AB	14,5 A
Roggen ¹	4,2 C	4,4 B	4,5 A
Sommergetreide	5,2 B	5,2 B	5,3 A

verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Bonferroni-Test beim Roggen bzw. Tukey-Test beim Sommergetreide ($p < 0,05$), ¹ Analyse mittels Linearer Kontraste ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas, ² Winkeltransformation

Auch beim Sommergetreide wurden v.a. im Gemenge2 mit dem höheren Erbsenanteil die besseren Qualitäten erreicht. Diese Gemengestufe unterschied sich auch im Rohproteingehalt und in der Energiedichte signifikant von der Reinsaat. Auf dem Standort Frankenhausen wurden zudem in allen Gemengestufen um ein bis vier Prozent höhere Rohproteingehalte als auf dem Waldhof bestimmt, während in der Energiedichte kein einheitlicher Trend zwischen den Standorten festgestellt wurde (A-Tab. 32 - A-Tab. 34).

Beim Vergleich der normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat mit dem **Landsberger Gemenges** wurden bei den Erbsen die höheren Qualitäten festgestellt. Beim Rohproteingehalt wurden bei den Erbsen mit durchschnittlich 18,5% in der TM die signifikant höheren Werte als beim Landsberger Gemenge mit etwa 14,3% in der TM analysiert, während bei der Energiedichte mit durchschnittlich 5,4 bzw. 5,2 MJ NEL in der TM die Unterschiede nicht signifikant ausfielen (Tab. 26). Hierbei war aber der späte Aussaatzeitpunkt (ab 22.9.) beim Landsberger Gemenge zu beachten. Nach STEIKHARDT (1954) sollte das Landsberger Gemenge bis Anfang September gesät werden. Die Energiedichte dieser Winterzwischenfrucht fällt aber in den Versuchen im Kontrast zu ANONYMUS (1997) mit 5,9 MJ NEL in der TM deutlich geringer aus, während der Rohproteingehalt dort mit 14,8% vergleichbar ist.

Auf dem Standort Waldhof wurde der Rohproteingehalt des Landsberger Gemenges vermutlich aufgrund der geringeren Erträge immer um ein bis drei Prozentwerte höher als in Frankenhausen bestimmt, während die Energiedichte auf dem Waldhof wahrscheinlich aus dem gleichen Grund in zwei von drei Vegetationsperioden höher ausfiel (A-Tab. 32).

Tab. 26: Qualität des Grünschnitts im Sortenversuch; Landsberger Gemenge und Wintererbsen in Reinsaat im Vergleich; DFH, WH und HEB

	Wintererbsen ³	Landsberger Gemenge
Rohprotein (in % TM) ^{1,2}	18,5 A	14,3 B
Energie (MJ NEL) ¹	5,4 A	5,2 A

verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Bonferroni-Test ($p < 0,05$), Vegetationsperioden 04/05 bis 06/07, ¹ Analyse mittels Linearer Kontraste, ² Winkeltransformation, ³ ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas

3.1.6 Beikraut

Sowohl in der mehrjährigen Varianzanalyse als auch in der Auswertung in den einzelnen Jahre als Zeitreihe fielen immer mindestens zwei Wechselwirkungen signifikant aus (A-Tab. 17). Von daher wurde der Parameter Beikrautdeckungsgrad für jeden Zeitpunkt im jeden Jahr in der Statistik einzeln betrachtet. Hierbei wurden zu einigen Zeitpunkten beide oder einer der Faktoren Sorte und Gemenge signifikant und bei den meisten Boniturterminen eine signifikante Wechselwirkung dieser beiden Faktoren errechnet. (A-Tab. 18).

Tab. 27: Beikrautdeckungsgrad im Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof; in Prozent; Unterschiede zwischen Gemengestufen

	DFH					HEB	WH	
	2003/2004		2004/2005		2006/2007	2003/2004	2004/2005	
	Vegetat. ⁰	Längen. ⁰	Vegetat.	Längen.	Hülsen. ²	Vegetat.	Vegetat.	Hülsen
RS	4,2 a	6,1 a	1,6 a	2,4 a	5,3 a	5,7 a	25,1 a	6,4 b
Gem1	2,0 b	2,2 b	0,3 b	0,5 b	1,9 b	3,7 b	16,3 ab	14,7 a
Gem2	2,7 b	2,5 b	0,3 b	0,4 b	3,2 ab	2,5 b	15,9 b	7,3 b

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede mit Wurzel-Wurzel-Transformation außer ⁰ log-Transformation, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹Gemengestufe bzw. Zeitpunkt, ² ohne Assas und Cheyenne; Abkürzungen siehe Abb. 13

Tab. 28: Beikrautdeckungsgrad im Sortenversuch auf dem Standorten Waldhof; in Prozent; Sortenunterschiede

1	2004/2005			2005/2006		2006/2007		
	Vegetat.	Grün	Drusch	Grün ²	Hülsen. ²	Längen. ²	Hülsen. ²	Drusch
Chey.	23,1 a	22,4 a	21,3 a	-	-	-	-	-
Assas	18,3 b	6,2 b	8,9 b	16,6 ab	8,6 b	-	-	-
EFB	17,4 b	4,3 b	4,3 b	10,4 ab	4,3 b	12,6 a	12,3 b	36,9 abc
Unrra	20,3 ab	4,4 b	4,8 b	11,3 ab	5,6 b	12,2 a	10,1 b	28,3 bc
Nisch.	19,4 ab	4,2 b	2,7 b	9,8 ab	4,9 b	11,8 a	14,0 b	25,3 c
Württ.	17,8 b	3,5 b	5,1 b	10,7 ab	4,9 b	15,4 a	17,3 ab	41,8 ac
GR	17,4 b	7,1 b	3,0 b	7,2 b	4,5 b	13,1 a	14,3 b	35,9 abc
Sant.	-	23,6 a	22,5 a	17,8 a	25,0 a	5,1 b	30,1 a	55,4 a

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede mit Wurzel-Wurzel-Transformation, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Sorte bzw. Zeitpunkt, ² ohne Assas und Cheyenne; Abkürzungen siehe Abb. 13

Bei den Sommerungen war mit Ausnahme von DFH04/05 eine Handhacke i.d.R. vor der Grünernte aufgrund des Beikrautauftommens notwendig (Abb. 13 - Abb. 16). In Reinsaat war zusätzlich auf dem Waldhof im Jahr 2005 und 2007 eine zweite Handhacke nach der Grünernte nötig, während in dieser Variante auf den Standorten DFH und HEB bis auf in DFH04/05 ein Jäten per Hand durchgeführt werden musste. Bei den Winterungen wurde dagegen lediglich im Herbst 2005 auf beiden Standorten und im Herbst 2006 auf dem Waldhof gehackt bzw. gestriegelt. In DFH05/06 war die maschinelle Beikrautregulierung eine Folge der fehlenden Bearbeitung vor der Saat, da aufgrund der Vorfrucht Kartoffeln zu wenig Zeit hierfür zur Verfügung stand.

Tab. 29: Beikrautdeckungsgrad im Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen und Hebshausen; in Prozent; Sortenunterschiede

1	DFH					HEB
	2003/2004		2005/2006	2006/2007		2003/2004
	Vegetat. ⁰	Längen. ⁰	Hülsen. ²	Hülsen. ²	Drusch ²	Grün
Chey./Sp.	2,6 b	6,1 a	-	-	-	2,3 ab
Assas	2,1 b	2,4 b	-	1,1 b	7,6 b	2,6 ab
EFB	2,1 b	1,9 b	4,4 b	1,2 b	7,6 b	1,9 b
Unrra	2,1 b	2,8 b	3,8 b	2,1 b	7,4 b	1,3 b
Nischkes	2,3 b	3,9 ab	3,9 b	1,3 b	9,3 b	1,5 b
Württemb	2,8 b	2,6 b	2,8 b	0,9 b	7,1 b	1,5 b
GR	2,7 b	3,1 ab	6,4 ab	2,1 b	7,3 b	2,1 ab
Santana	7,1 a	6,2 a	10,6 a	13,3 a	28,0 a	4,5 a

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede mit Wurzel-Wurzel-Transformation außer ⁰ log-Transformation, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Sorte bzw. Zeitpunkt, ² ohne Assas und Cheyenne; Abkürzungen siehe Abb. 13

Die Hauptunterschiede innerhalb des geprüften Sortenspektrums wurden demnach auch zwischen der Sommererbse und den normalblättrigen Wintererbsen vorgefunden. Aber auch zwischen der Reinsaat und den beiden Gemengestufen wurden verschiedene Ergebnisse bonitiert. Im Folgenden werden die einzelnen Jahre dargestellt:

- In der Vegetationsperiode 03/04 wurden auf dem Standort DFH in Reinsaat und im Gem2 zu allen Zeitpunkten bei den normalblättrigen Wintererbsen signifikant geringere Beikrautdeckungsgrade als bei der semi-leafless Erbse Santana bestimmt, während dieser Unterschied im Gem1 zwar tendenziell vorhanden war, aber ab der

Grünernte nicht mehr signifikant ausfiel. Auch gegenüber der modernen Sorte Spirit wurden in Reinsaat bei den normalblättrigen Wintererbsen ein signifikant geringeres Beikrautauflkommen ab dem Längenwachstum festgestellt (Abb. 14 - Abb. 16, Tab. 29).

Dagegen wurden auf dem Standort Hebenshausen in dieser Periode bei den Gemengevarianten mit deutlich unter 5% Deckungsgrad nahe zu keine Unterschiede ermittelt, während bei den Winterungen in Reinsaat ab dem Zeitpunkt des Hülsenfüllens die Beikrautmenge stark anstieg. Dies war eine Folge von einzelnen Klettenlabkrautpflanzen, welche sich aufgrund der ausreichenden Feuchtigkeit und des genügenden Stickstoffangebots in den lagernden Beständen etablieren konnten. Die Beikrautdeckungsgrade dieser Varianten lagen deshalb zwischen etwa 40 und 100%, während bei der Sommererbse in Reinsaat mit ungefähr 20% der teilweise signifikant geringste Deckungsgrad bestimmt wurde. Als Folge konnten nicht alle Parzellen bei den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat gedroschen werden (Abb. 14 - Abb. 16, Tab. 29).

- Im Jahr 2005 wurde auf dem Standort DFH im Vergleich zu den anderen Jahren eine relativ geringe Beikrautmenge vorgefunden. Von daher musste diese bei der Sommerung auch nicht im Gegensatz zu den anderen Umwelten reguliert werden. Im Gemenge wurden mit einem Deckungsgrad von deutlich unter 10% keine Unterschiede zwischen den Genotypen bestimmt, während in Reinsaat trotz des geringen Beikrautdruckes bei den beiden semi-leafless Erbsen ab der Grünernte ein signifikant höheres Beikrautauflkommen als bei den normalblättrigen Wintererbsen bonitiert wurde. Dies bestätigte das schwache Beikrautunterdrückungsvermögen dieses Erbsentyps (Abb. 14 - Abb. 16, Tab. 29).

Auf dem Standort Waldhof wurde dagegen ein höherer Beikrautdruck als in Frankenhäusen ermittelt. Aber auch hier wurde bei den semi-leafless Erbsen ein signifikant höheres Beikrautauflkommen als bei den normalblättrigen Wintererbsen im Vegetationsverlauf mit Ausnahme der Gemengevarianten zum Zeitpunkt des Längenwachstums bestimmt. Von den normalblättrigen Varianten wurde durch das sehr starke Massenwachstum der Erbsen Beikrautdeckungsgrade von bis zu 30% im Frühjahr auf Werte von unter 10% zum Korndrusch reguliert. Dagegen verblieb das Beikrautauflkommen beim Roggen in Reinsaat während dieses Zeitraums etwa auf dem gleichen Niveau von 30%. Bei der Sommerung musste im Gegenteil zu den normalblättrigen Wintererbsen das Beikraut mit Hacken per Hand reduziert werden (Abb. 13 - Abb. 16, Tab. 28).

- In der Vegetationsperiode 05/06 wurde in Frankenhäusen wie im Vorjahr auf dem Waldhof von den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat das Beikraut mit Deckungsgraden von etwa 30% im zeitigen Frühjahr auf unbedenkliche Werte zum Korndrusch reduziert. Im Gemenge dieser Varianten wurde dagegen als Folge des gut etablierten Roggens immer ein geringes Beikrautauflkommen festgestellt. Bei der Sommererbse in Reinsaat fiel dies zur Grünernte signifikant höher als bei den normalblättrigen Wintererbsen aus. Hier konnte das Beikrautauflkommen erst durch das Jäten per Hand deutlich reduziert werden (Abb. 14 - Abb. 16, Tab. 29).

Auf dem Standort Waldhof wurde wie im Vorjahr aufgrund des massigen Wuchses der normalblättrigen Wintererbsen das Beikrautauflkommen von etwa 20 – 40% im April bis zum Korndrusch auf Werte unter 10% reduziert. Dagegen wurde bei den Sommerungen trotz einer Handhacke zum Korndrusch mit etwa 20% tendenziell hö-

here Deckungsgrade bestimmt, welche in Reinsaat teilweise signifikant ausfielen. Auch zur Phase des Hülsenfüllens wurden bei der Sommerung ein signifikant höheres Beikrautaufkommen vorgefunden (Abb. 14 - Abb. 16, Tab. 28).

- Die Vegetationsperiode 06/07 fiel in DFH ähnlich wie in 05/06 aus. Das Beikrautaufkommen der normalblättrigen Wintererbsen wurde von diesen in Reinsaat von etwa 30% im zeitigem Frühjahr auf etwa 10% zum Korndrusch reduziert, während in den Gemengen dieser Genotypen immer unbedenkliche Werte unter 15% bonitiert wurden. Bei der Sommererbsen wurden ab der Grünernte nahe zu immer ein höheres Beikrautaufkommen als bei den normalblättrigen Wintererbsen bonitiert, obwohl die Sommerungen im Gemenge einmal gehackt und in Reinsaat zusätzlich von Hand gejätet wurden. Zum Korndrusch wurde dort in Reinsaat ein Deckungsgrad von 40% und im Gemenge von 20% bestimmt (Abb. 14 - Abb. 16, Tab. 29).

Dagegen verlief diese Vegetationsperiode auf dem Waldhof hinsichtlich des Beikrauts anders als die Früheren. Bei den normalblättrigen Wintererbsen konnte zunächst in allen Gemengestufen eine Reduktion des Beikrautaufkommens von etwa 15 bis 25% im April auf ungefähr 10% zur Grünernte beobachtet werden. Im Gegensatz zu den Vorjahren wurde aber im weiteren Vegetationsverlauf ein Ansteigen auf 20 – 40% in Reinsaat und Gem2 sowie im Gem1 auf 40 bis über 50% bestimmt. Dies war eine Folge der sehr hohen Niederschlagsraten im Mai, Juni und Juli, so dass den Beikräuter ausreichend Wasser zur Verfügung stand. Bei der Sommererbsen wurden zum Zeitpunkt des Längenwachstums der Wintererbsen noch signifikant geringere Deckungsgrade mit 5% als bei den Winterungen mit 10 – 15% vorgefunden. Im weiteren Vegetationsverlauf wurden aber teilweise signifikant geringere Beikrautaufkommen bei den Winterungen bestimmt, obwohl die Sommererbsen in Reinsaat zweimal und im Gemenge einmal mit Hand gehackt wurde. Zum Drusch wurden dann Deckungsgrade von 50 – 60% festgestellt, welche in Reinsaat und im Gem2 deutlich höher als bei den normalblättrigen Wintererbsen ausfielen (Abb. 14 - Abb. 16, Tab. 28).

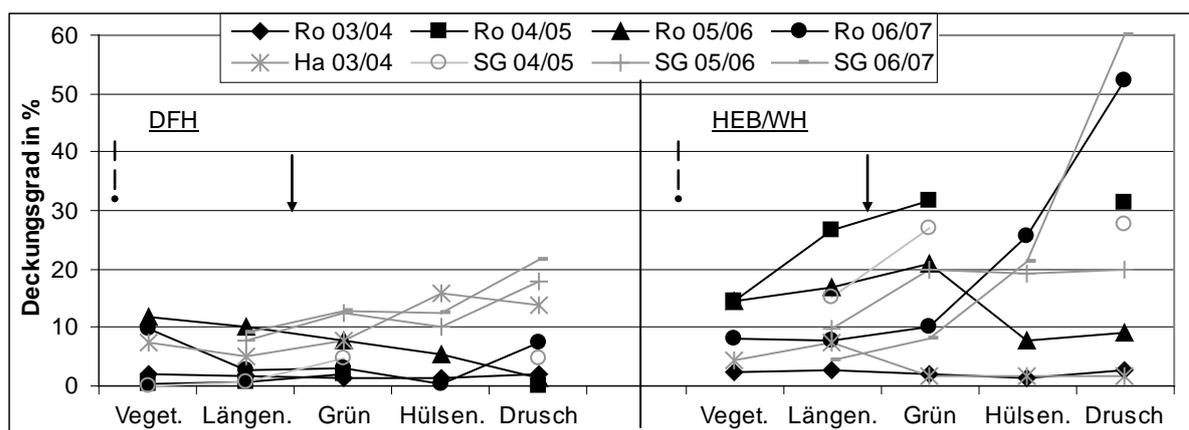


Abb. 13: Beikrautdeckungsgrad beim Getreide in Reinsaat im Sortenversuch, Frankenhausen, Hebshausen und Waldhof; Veget. = Vegetationsbeginn nach Winter (erste Aprilhälfte); Längen. = Längenwachstum (erste Maihälfte), Grün = Grünernte (Mitte Mai bis Mitte Juni), Hülsen. = Hülsenfüllen (Mitte Juni bis Anf. Juli), Drusch = Körnerernte (Mitte bis Ende Juli), Winkeltransformation; Ro = Roggen, Ha = Hafer, SG = Sommergerste; ↓ = Handhacke bei Sommerung mit Ausnahme DFH04/05, ● = Maschinenhacke bei Winterung im Herbst nur in 05/06 und WH06/07

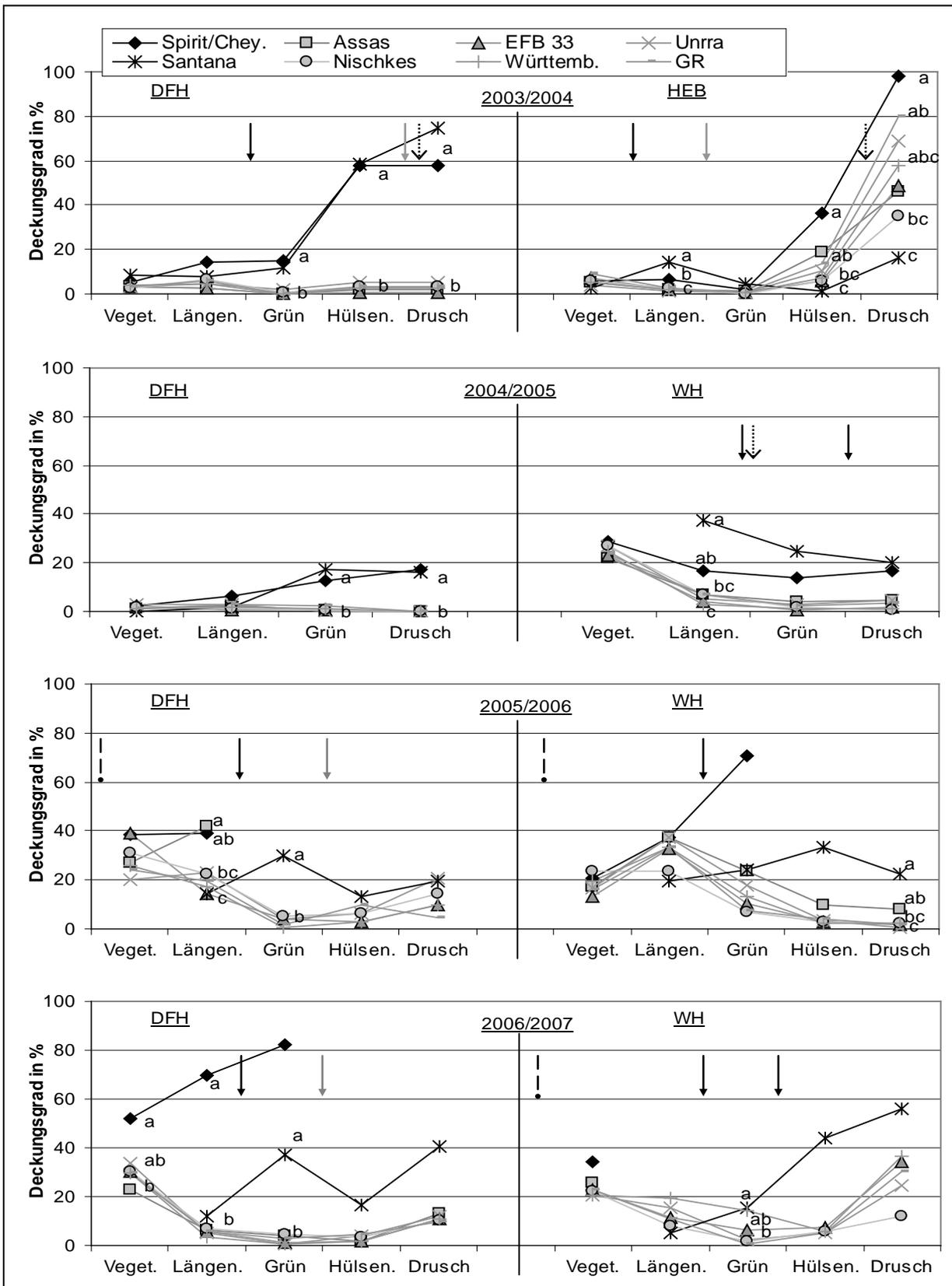


Abb. 14: Beikrautdeckungsgrad in Reinsaat, Sortenversuch, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede zwischen den Sorten für den jeweiligen Zeitpunkt (Tukey-Test, $p < 0,05$, Wurzel-Wurzel-Trans.); Veget. = Vegetationsbeginn nach Winter (erste Aprilhälfte); Längen. = Längenwachstum (erste Maihälfte), Grün = Grünernte (Mitte Mai bis Mitte Juni), Hülsen. = Hülsenfüllen (Mitte Juni bis Anf. Juli), Drusch = Körnerernte (Mitte bis Ende Juli); \downarrow = Handhacke bei Sommerung, \downarrow = Handjäten bei Sommerung, \downarrow = Maschinenhacke bei Winterung im Herbst; \downarrow = Handjäten bei Spirit bzw. Cheyenne

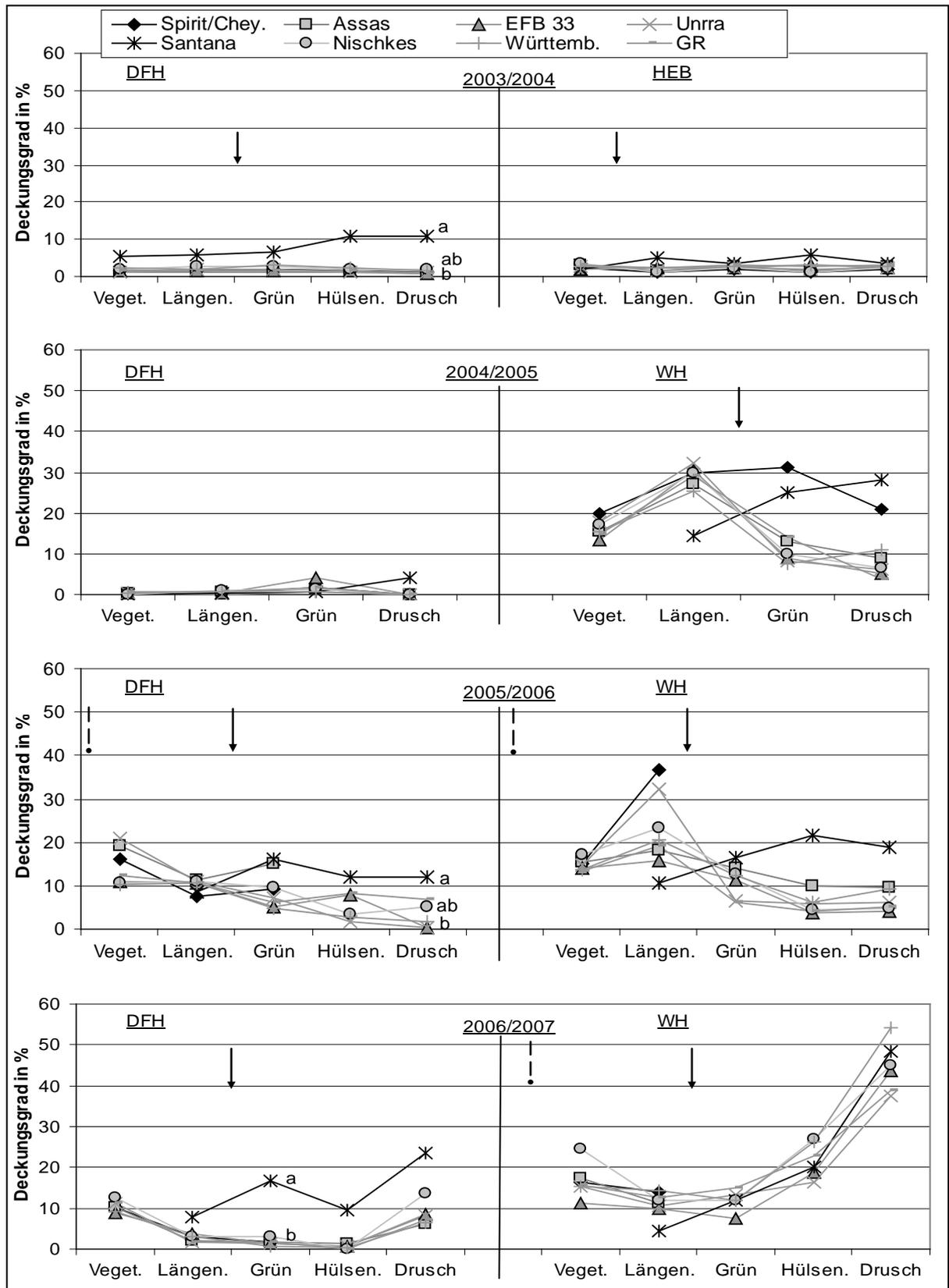


Abb. 15: Beikrautdeckungsgrad in Gem1, Sortenversuch, Frankenhausen, Hebeshausen und Waldhof; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede zwischen den Sorten für den jeweiligen Zeitpunkt (Tukey-Test, $p < 0,05$, Wurzel-Wurzel-Trans.); Veget. = Vegetationsbeginn nach Winter (erste Aprilhälfte); Längen. = Längenwachstum (erste Maihälfte), Grün = Grünernte (Mitte Mai bis Mitte Juni), Hülsen. = Hülsenfüllen (Mitte Juni bis Anf. Juli), Drusch = Körnerernte (Mitte bis Ende Juli), ↓ = Handhacke bei Sommerung, !• = Maschinenhacke bei Winterung im Herbst

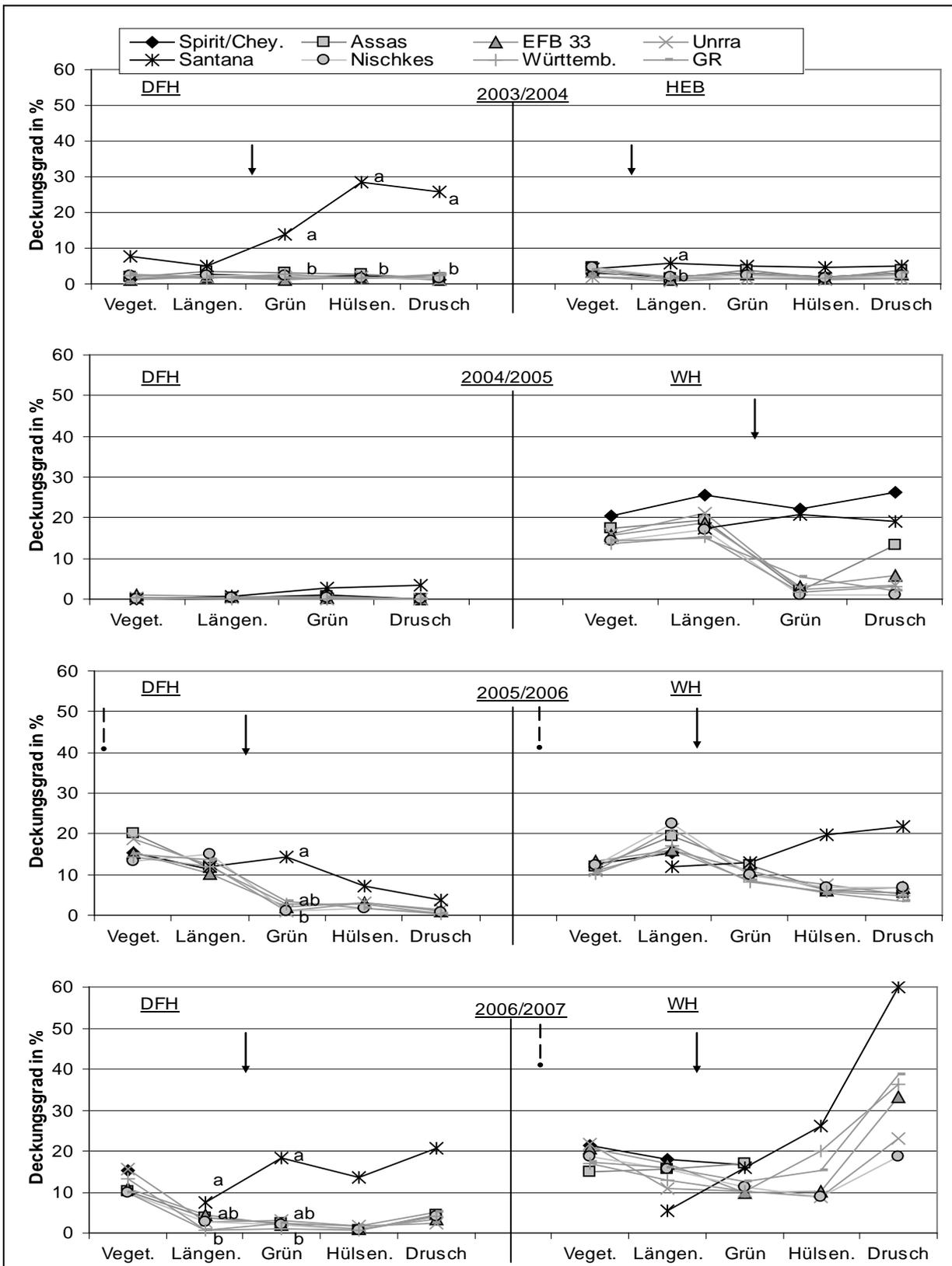


Abb. 16 Beikrautdeckungsgrad im Gem2, Sortenversuch, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede zwischen den Sorten für die einzelnen Zeitpunkte (Tukey-Test, $p < 0,05$, Wurzel-Wurzel-Trans.); Veget. = Vegetationsbeginn nach Winter (erste Aprilhälfte); Längen. = Längenwachstum (erste Maihälfte), Grün = Grünernte (Mitte Mai bis Mitte Juni), Hülsen. = Hülsenfüllen (Mitte Juni bis Anf. Juli), Drusch = Körnerernte (Mitte bis Ende Juli), ↓ = Handhacke bei Sommerung, ! = Maschinenhacke bei Winterung im Herbst

3.1.7 Kornertrag

Im Folgenden wird erst der Gesamtkornertrag inklusive RYT's und Erbsenanteil im Gemenge dargestellt. Danach werden die Ergebnisse zum Erbsenkornertrag und zum Getreidekornertrag und abschließend die Qualitäten der Erbse beschrieben.

Der Korndrusch konnte lediglich in der Vegetationsperiode 04/05 auf den Standort DFH an einem Termin durchgeführt werden. In der Periode 03/04 wurde die semi-leafless Sorte Spirit etwa zwei Wochen vor den Varianten mit normalblättrigen Wintererbsen gedroschen. In den Jahren 2004, 2006 und 2007 konnten die Varianten mit Sommergetreide erst einige Tage nach den Winterungen mit normalblättrigen Genotypen beerntet werden.

3.1.7.1 Gesamtkornertrag

In der mehrjährigen Varianzanalyse des Parameters Gesamtkornertrag der Varianten mit Erbsen fielen alle Faktoren und Wechselwirkungen signifikant aus (A-Tab. 19). In den einzelnen Umwelten war mit Ausnahme von WH 05/06 und DFH 06/07 in der statistischen Auswertung die Faktoren Sorte und Gemenge als auch die Wechselwirkung zwischen diesen beiden Faktoren signifikant. In den beiden genannten Umwelten fielen die beiden Faktoren Sorte und Gemenge signifikant aus.

Tab. 30: Gesamtkornertrag im Sortenversuch in dt ha⁻¹ (86% TS), DFH, WH und HEB

1	2	3	Sp/Chey	Assas	EFB	Unrra	Nischkes	Württ.	GR	Sant.
HEB	03/04	RS	14 b A B	8 b B	11 b AB	9 b AB	7 b B	6 b B	10 b AB	24 b A
		Gem1	84 a A	65 a AB	66 a AB	66 a AB	72 a AB	68 a AB	72 a AB	61 a B
		Gem2	75 a A	64 a AB	59 a AB	62 a AB	60 a AB	54 a B	69 a AB	56 a B
DFH	03/04	RS	29 b A	28 b AB	16 b BC	11 b C	15 b C	14 b C	22 b ABC	19 b ABC
		Gem1	61 a A	63 a A	57 a A	57 a A	58 a A	56 a A	60 a A	53 a A
		Gem2	61 a A	61 a A	47 a BC	53 a AB C	54 a AB	51 a ABC	59 a AB	41 a C
	04/05	RS	-	26 b AB	15 c CD	11 b D	16 b BC D	15 c CD	23 b BC	34 b A
		Gem1	-	69 a A	66 a A	71 a A	73 a A	66 a A	75 a A	43 a B b
		Gem2	-	63 a A	48 b C	62 a AB	64 a A	50 b C	69 a A	51 a BC
	05/06	RS	-	-	29 b A	22 b A	23 b A	25 b A	28 b A	33 a A
		Gem1	-	-	73 a A	75 a A	75 a A	75 a A	75 a A	32 a B
		Gem2	-	-	73 a A	71 a A	75 a A	73 a A	75 a A	30 a B
WH	06/07	RS	-	-	10 b A	12 b A	11 b A	9 b A	12 b A	10 a A
		Gem1	-	-	39 a A	42 a A	38 a A	36 a A	42 a A	14 a B
		Gem2	-	-	28 a B	36 a AB	31 a AB	34 a AB	40 a A	13 a C

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Umwelten bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Standort, ² Vegetationsperiode, ³ Gemengestufe, Sp= Spirit

Der Kornertrag in den Gemengen mit EFB 33 und den vier Herkünften wurde mit 60 – 80 dt ha⁻¹ in Frankenhausen und Hebenshausen und mit 30 – 40 dt ha⁻¹ auf dem Waldhof signifikant höher als in den Reinsaaten mit 20 – 30 dt ha⁻¹ in der Periode 05/06 auf beiden Stan-

dorten und in den übrigen Umwelten mit unter 10 – 20 dt ha⁻¹ bestimmt (Tab. 30, Tab. 31, Abb. 17). Die höheren Ertragsmengen in Reinsaat in der Periode 05/06 sind mit der trockenen und heißen Witterung in den Monaten Juni und Juli zu begründen, auf die die Wintererbsen nur in geringem Umfang mit „Hülsen abwerfen“ reagiert haben. Im Jahr 2006 lag die Anzahl Hülsen pro Pflanze durchschnittlich bei neun und war damit etwa dreimal so hoch wie in 2005; dieser Parameter wurde aus dem Kornertrag und den anderen erhobenen Ertragsfaktoren errechnet.

Die Sommererbse erreichte in Reinsaat in DFH 04/05 und DFH 05/06 Kornerträge von über 30 dt ha⁻¹, während bei diesem Genotyp in der Periode 03/04 auf beiden Standorten etwa 20 – 25 dt ha⁻¹ und auf dem Waldhof und in DFH 06/07 10 – 15 dt ha⁻¹ geerntet wurden. Die geringere Ertragshöhe in DFH 03/04 war wahrscheinlich mit einer Schädigung durch Hasenfraß und als Folge einer starken Verunkrautung aufgrund des verzögerten Feldaufgangs und in DFH 06/07 mit dem außergewöhnlich trockenen Monat April und den niederschlagsreichen Folgemonaten zu begründen, in denen die Erbsenpflanzen mit „Blüten und Hülsen abwerfen“ reagierten. Auf dem Waldhof fielen die Erträge vermutlich aufgrund der geringeren Standortgüte niedriger als in Frankenhausen aus. In den Gemengevarianten der Sorte Santana lagen die Erträge in allen Umwelten höher, wobei dieser Unterschied nur teilweise statistisch abgesichert werden konnte.

Tab. 31: Gesamt- und Erbsenkornertrag im Sortenversuch in dt TM ha⁻¹, DFH, WH und HEB, Unterschiede zwischen Gemengestufen

Parameter	Gesamtertrag		Erbsenertrag		
	WH 05/06	DFH 06/07	WH 04/05 ¹	WH05/06	WH 06/07
RS	20,1 b	-	12,8 a	20,1 a	10,5 b
Gem1	32,2 a	56,2 a	4,3 b	10,4 b	17,2 a
Gem2	34,1 a	42,4 b	10,3 ab	15,4 ab	18,6 a

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede, Tukey (p<0,05), ¹ nur Santana

Innerhalb des Sortenspektrums wurden im Gemenge v.a. bei der Sorte Santana geringere Gesamtkornerträge als bei denen mit normalblättrigen Wintererbsen festgestellt. Mit Ausnahme der Periode 03/04 fiel dieser Unterschied signifikant aus (Tab. 30, Tab. 31, Abb. 17). Dies war v.a. auf die höheren Roggenerträge in den Wintergemengen, aber in den ersten beiden Vegetationsperioden auch auf die höheren Wintererbsenerträge zurückzuführen.

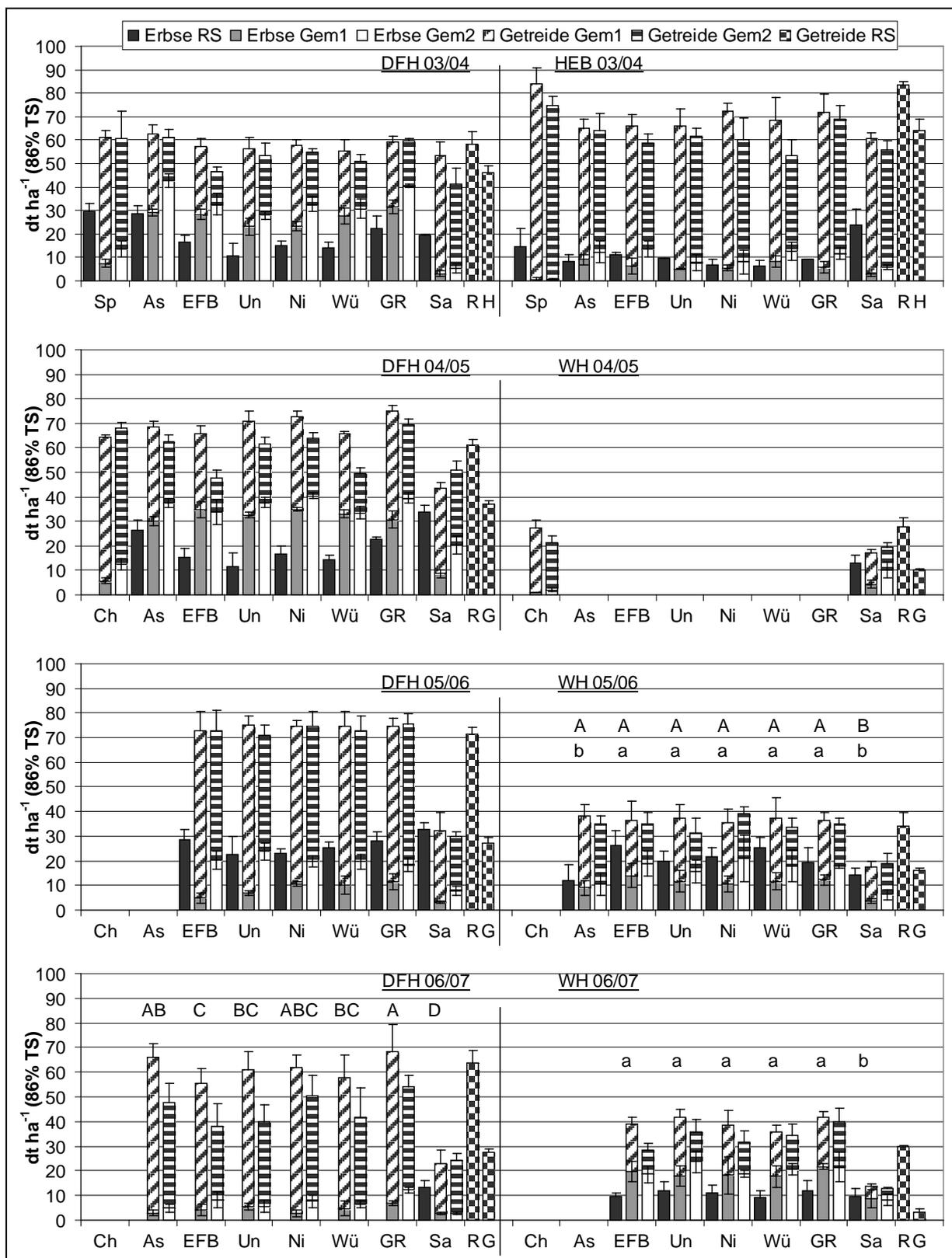


Abb. 17: Kornertrag Sortenversuch in Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen; verschiedene große bzw. kleine Buchstaben = signifikante Unterschiede im Gesamtertrag bzw. Erbsenertrag (Tukey, $p < 0,05$); Fehlerbalken = Standardabweichung; Sp= Spirit, Ch= Cheyenne, As= Assas, Un= Unrra, Ni= Nischkes, Wü= Württembergische, GR= Griechische, Sa= Santana, R= Roggen, H= Hafer, G= Gerste

Nach AUFHAMMER (1999) ist RYT (relativ yield total) ein Indikator für die relative Über- bzw. Unterlegenheit der Erträge (>1 bzw. <1) im Gemenge gegenüber den Reinsaaten. Die RYT's der beiden Gemenge wurden beim Kornertrag zwischen 0,9 und 3,7 bestimmt, wobei es Unterschiede zwischen den Umwelten und den Sorten gab (Tab. 32). Zwischen den beiden Gemengen wurden i.d.R. nur geringfügige Unterschiede festgestellt. Bei den normalblättrigen Wintererbsen wurden mittlere RYT's von etwa zwei errechnet, während bei den semi-leafless Sorten durchschnittlich 1,1 bei der Winterung und 1,4 bei der Sommererbse bestimmt wurden. Somit war in fast allen Varianten eine relative Überlegenheit der Gemengeerträge gegenüber denen der Reinsaaten festzustellen.

Die Wintererbsen EFB 33 und die vier Herkünfte erzielten in DFH 03/04, DFH 04/05 und WH 06/07 RYT's von 2 bis über 3 und in HEB 03/04 von etwa 1,5 - 2. In der Periode 05/06 wurden für diese Genotypen auf beiden Standorten RYT's von etwa 1 – 1,5 bestimmt. Die geringeren Werte wurden in Umwelten mit einem höheren Roggen- und/oder Erbsenertrag in Reinsaat erzielt, der wie schon beim Grünertrag beschrieben eine Folge hoher Stickstoffverfügbarkeit war.

Die Sorte Santana erreichte in den Umwelten WH 06/07 mit etwa 2,4 und in WH 04/05 mit ca. 1,6 die höchsten RYT's. In den übrigen Umwelten wurden für diesen Genotyp RYT's zwischen 1 und 1,5 errechnet. Die teilweise höheren Werte auf dem Waldhof sind mit der geringeren Bodenqualität zu begründen.

Tab. 32: Relativ Yield Totals vom Kornertrag im Sortenversuch; DFH, WH und HEB

Sorte	1	Frankenhausen				HEB	Waldhof				Mittel
		03/04	04/05	05/06	06/07	03/04	04/05	05/06	06/07		
Sp./Chey.	Gem1	1,2	-	-	-	1,0	-	-	-	1,1	
	Gem2	1,3	-	-	-	0,9	-	-	-	1,1	
Assas	Gem1	1,6	1,8	-	-	1,8	-	1,6	-	1,7	
	Gem2	1,8	1,8	-	-	2,1	-	1,6	-	1,8	
EFB 33	Gem1	2,2	2,8	1,1	-	1,3	-	1,2	2,7	1,9	
	Gem2	2,2	2,4	1,4	-	1,8	-	1,2	2,3	1,9	
Unrra	Gem1	2,7	3,5	1,3	-	1,3	-	1,3	2,3	2,1	
	Gem2	3,0	3,7	1,7	-	1,5	-	1,2	2,4	2,3	
Nischkes	Gem1	2,1	2,7	1,4	-	1,6	-	1,2	2,3	1,9	
	Gem2	2,5	2,8	1,6	-	1,8	-	1,5	2,1	2,2	
Württemb.	Gem1	2,5	2,8	1,3	-	2,0	-	1,2	2,5	2,1	
	Gem2	2,6	2,6	1,5	-	2,4	-	1,2	2,7	2,2	
GR	Gem1	1,9	2,1	1,3	-	1,4	-	1,3	2,5	1,8	
	Gem2	2,1	2,2	1,5	-	1,9	-	1,4	2,4	1,9	
Santana	Gem1	1,4	1,2	1,3	0,9	1,0	1,6	1,1	2,5	1,4	
	Gem2	1,2	1,4	1,2	1,0	1,0	1,7	1,2	2,3	1,4	
Mittelwert	Gem1	2,0	2,4	1,3	0,9	1,4	1,6	1,3	2,5	1,7	
	Gem2	2,1	2,4	1,5	1,0	1,7	1,7	1,5	2,4	1,8	

¹ Gemengestufe

Der **prozentuale Anteil** der normalblättrigen Wintererbsen lag am Kornertrag zwischen 4 und 68 (Tab. 33). Auch bei der Sommererbse wurde hierfür eine ähnliche große Spanne

festgestellt. In den Umwelten DFH 03/04, DFH 04/05 und WH 06/07 wurden bei den normalblättrigen Wintererbsen i.d.R. Anteile von über 50 % bestimmt, während diese in HEB 03/04, DFH 05/06 und DFH 06/07 bei unter 25 % lagen. Auch in diesem Parameter spiegelte sich die Entwicklung und Konkurrenzkraft des Roggens wie oben dargestellt wieder.

Bei der Sorte Santana wurde in WH 04/05 (Gem2) und WH 06/07 überdurchschnittliche Anteile mit über 50 % festgestellt, während diese in DFH 03/04, DFH 05/06 (Gem1), DFH 06/07 und HEB 03/04 mit unter 15 % unterdurchschnittlich ausfielen. Die höheren Erbsenanteile auf dem Waldhof sind mit der geringeren Standortgüte als in Frankenhausen und Hebenshausen zu erklären, da sich das Sommergetreide dort weniger stark etablieren konnte.

Im Gemenge2 wurden in allen Varianten mit einer größeren Aussaatmenge an Erbsen wurden erwartungsgemäß höhere Prozentwerte als im Gemenge1 erzielt.

Tab. 33: Prozentuale Anteil Erbsen am Gesamtkornertrag, Sortenversuch; DFH, WH und HEB

Sorte	1	Frankenhausen				HEB	Waldhof				Mittel
		03/04	04/05	05/06	06/07	03/04	04/05	05/06	06/07		
Spirit/Chey.	Gem1	12	9	-	-	1	4	-	-	7	
	Gem2	22	18	-	-	1	9	-	-	13	
Assas	Gem1	46	44	-	4	14	-	24	-	26	
	Gem2	70	60	-	10	19	-	31	-	38	
EFB 33	Gem1	50	53	7	7	10	-	38	50	31	
	Gem2	70	71	28	22	23	-	54	65	48	
Unrra	Gem1	41	46	9	9	8	-	31	43	27	
	Gem2	52	61	33	14	13	-	50	66	41	
Nischkes	Gem1	40	48	14	5	8	-	30	47	27	
	Gem2	60	63	26	15	13	-	54	60	42	
Württemb.	Gem1	50	50	13	8	12	-	31	49	30	
	Gem2	60	68	27	16	23	-	53	60	44	
GR	Gem1	53	41	16	10	8	-	34	52	31	
	Gem2	68	57	24	22	17	-	52	54	42	
Santana	Gem1	6	20	10	12	4	25	21	62	20	
	Gem2	13	40	26	12	10	53	33	66	32	
Mittelwert	Gem1	37	39	12	8	8	15	30	51	25	
	Gem2	52	55	27	16	15	31	47	62	38	

¹ Gemengestufe

3.1.7.2 Erbsenkornertrag

In der mehrjährigen Auswertung des Parameters Erbsenkornertrag fielen alle Faktoren und Wechselwirkungen signifikant aus (A-Tab. 20). Auch in den einzelnen Umwelten wurde auf den Standorten Frankenhausen und Hebenshausen die Faktoren Sorte und Gemenge und deren Wechselwirkung signifikant festgestellt, während auf dem Waldhof jeweils die Faktoren Sorte und Gemenge signifikant waren (in 04/05 nur Gemenge).

Tab. 34: Erbsenkornenertrag im Sortenversuch in dt ha⁻¹ (86% TS), DFH, WH und HEB

1	2	3	Sp./Chey	Assas	EFB	Unrra	Nischkes	Württ.	GR	Sant.
HEB	03/04	RS	14 a AB	8 a B	11 a AB	9 a AB	7 a B	6 a B	10 a AB	24 a A
		Gem1	1 b A	9 a A	6 a A	5 a A	6 a A	8 a A	6 a A	3 b A
		Gem2	1 b B	12 a A	14 a A	8 a AB	8 a AB	12 a A	12 a AB	6 b AB
DFH	03/04	RS	29 a A	28 b AB	16 b BC	11 b C	15 b C	14 b C	22 b ABC	19 a ABC
		Gem1	8 b B	29 b A	28 a A	23 a A	23 b A	28 a A	32 abA	3 b B
		Gem2	14 b D	43 a A	33 a BC	28 a C	33 a BC	31 a C	41 a AB	6 b D
	04/05	RS	-	26 b AB	15 b CD	11 b D	16 b BCD	15 b CD	23 b BC	34 a A
		Gem1	-	30 abA	35 a A	33 a A	35 a A	33 a A	31 abA	9 c B
		Gem2	-	38 a A	34 a A	38 a A	41 a A	34 a A	40 a A	20 b B
	05/06	RS	-	-	29 a A	22 a A	23 a A	25 a A	28 a A	33 a A
		Gem1	-	-	5 b A	7 b A	11 b A	10 b A	12 b A	3 b A
		Gem2	-	-	20 a A	24 a A	20 abA	20 abA	18 abA	8 b B
	06/07 ⁴	Gem1	-	3 a A	4 a A	5 a A	3 a A	5 a A	7 a A	3 a A
		Gem2	-	5 a B	8 a AB	6 a B	8 a AB	7 a B	12 a A	3 a B

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Umwelten bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Standort, ² Vegetationsperiode, ³ Gemengestufe, ⁴ Schädigung durch Mäuse in Reinsaat, Sp.=Spirit

Das Ertragsniveau der normalblättrigen Wintererbsen und der Sommererbse fiel in den einzelnen Umwelten über die verschiedenen Gemengestufen unterschiedlich aus (Abb. 17, Tab. 31, Tab. 34): in den Gemengen mit EFB 33 und den vier Herkünften wurde in DFH 03/04 und DFH 04/05 mit 23 – 43 dt ha⁻¹ sowie in WH 06/07 mit 10 – 25 dt ha⁻¹ i.d.R. ein signifikant höherer Ertrag als in Reinsaat mit 10 – 23 dt ha⁻¹ bzw. ca. 10 dt ha⁻¹ bestimmt. In der Vegetationsperiode 05/06 wurde auf beiden Standorten bei diesen Genotypen in Reinsaat mit 20 – 30 bzw. 20 – 25 dt ha⁻¹ ein signifikant höherer Ertrag als im Gem1 mit 5 – 15 dt ha⁻¹ erzielt, wobei im Gem2 mit 15 – 25 dt ha⁻¹ tendenziell etwas geringere Ergebnisse als in Reinsaat erreicht wurden. Gründe für die geringeren Erträge im Gemenge in DFH 05/06 sind vermutlich wie oben dargestellt der stark entwickelte Roggen, welcher v.a. im Gem1 die Erbsen unterdrückte sowie der geringe Feldaufgang aufgrund der trockenen Bedingungen im Herbst 2005. Über Winter keimten vermutlich weitere Erbsen, die sich in den Reinsaaten aufgrund der geringeren Konkurrenz der anderen Erbsenpflanzen etablieren konnten, während im Gemenge der stark entwickelte Roggen eine zu große Konkurrenz darstellte. Somit fiel die Anzahl der Erbsenpflanzen je m² in beiden Gemengestufen etwa 50% bzw. 65% der Anzahl in der Vegetationsperiode 04/05 deutlich geringer aus. Auch in der Periode 06/07, in der sich der Roggen ebenfalls sehr stark entwickeln konnte, war die Anzahl an Erbsen im Gemenge auf dem Niveau von der Periode 05/06, wodurch der geringere Erbsenertrag als in den ersten beiden Jahren begründet wird. In DFH 06/07 wurden wie auch in HEB 03/04 zwischen den Gemengestufen dieser Genotypen keine signifikanten Unterschiede errechnet, wobei im Gem1 mit höherem Roggenanteil als im Gem2 tendenziell die geringsten Erträge bestimmt wurden (Tab. 34).

Bei den beiden semi-leafless Sorten Spirit bzw. Cheyenne und Santana wurden dagegen in Reinsaat in allen Umwelten signifikant höhere Erträge als in den beiden Gemengen mit Getreide festgestellt, wobei die Ertragshöhe im Gemenge oft gering ausfiel (Tab. 31, Tab. 34). Innerhalb des Sortenspektrums unterschieden sich v.a. die Erträge der Sommererbse und die der EFB 33 und der vier Herkünfte, wobei dies in den einzelnen Umwelten verschieden waren. Auf dem Waldhof wurde in den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 bei den genannten Wintererbsen ein signifikant höherer Ertrag als bei der Sommererbse bestimmt. Die Variante mit Reinsaat der semi-leafless Sorte Santana erreichte in der Periode 05/06 14 dt ha⁻¹ und in 06/07 9 dt ha⁻¹, während die genannten Wintererbsengenotypen im Jahr 2006 sowohl in Reinsaat als auch im Gem2 mit 15 – 25 dt ha⁻¹ und im Jahr 2007 in beiden Gemengen mit ca. 20 dt ha⁻¹ deutlich höhere Erträge erreichten (Abb. 17). Auch in DFH 03/04 wurde bei diesen Wintererbsen in beiden Gemengen mit Roggen mit 23 - 41 dt ha⁻¹ ein besseres Ergebnis als bei der Reinsaat der Sommererbse mit 19 dt ha⁻¹ erzielt, während in DFH 04/05 bei diesen Varianten mit 30 – 40 dt ha⁻¹ eine vergleichbare Ertragshöhe bestimmt wurde. In HEB 03/04, DFH 05/06 und in DFH 06/07 wurden dagegen bei der Santana in Reinsaat mit 24, 33 bzw. 13 dt ha⁻¹ ein höherer Ertrag als bei der EFB 33 sowie den vier Herkünften im Gem2 mit ca. 10 – 15, 20 – 25 bzw. 5 – 12 dt ha⁻¹ festgestellt (Tab. 34).

3.1.7.3 Getreidekernertrag

Zuerst werden die Ergebnisse des Roggens und dann die des Sommergetreides beschrieben.

Bei der mehrjährigen statistischen Auswertung des Parameters Kernertrag beim Roggen fiel bei der Varianzanalyse die Faktoren Sorte, Gemenge und Umwelt sowie die Wechselwirkung zwischen Sorte und Umwelt und bei der Analyse über Lineare Kontraste die Faktoren Prüfglied und Umwelt sowie die Wechselwirkung dieser beiden Faktoren signifikant aus (A-Tab. 21).

Tab. 35: Roggenkernertrag ohne Reinsaat im Sortenversuch in dt ha⁻¹ (86% TS); DFH, WH und HEB; oben Unterschied in Sorte*Umwelt, unten Unterschiede im Gemenge

Umwelt	EFB	Unrra	Nischkes	Württ.	GR
DFH 03/04	21,4 c A	29,4 b A	28,3 b A	24,0 c A	23,4 c A
DFH 04/05	22,5 c B	31,1 b AB	30,8 b AB	24,3 c B	37,1 b A
DFH 05/06	60,2 a A	57,6 a A	59,3 a A	59,0 a A	60,0 a A
DFH 06/07	40,5 b A	44,9 a A	51,0 a A	44,3 b A	51,7 a A
HEB 03/04	52,3 ab AB	58,4 a AB	59,4 a AB	50,4 ab B	61,5 a A
WH 05/06	19,3 c A	20,8 bc A	20,9 bc A	20,6 c A	20,1 c A
WH 06/07	14,6 c A	18,0 c A	16,3 c A	15,9 c A	19,3 c A
Mittel	33,0	37,2	38	34,1	39,0
	Gemenge1	Gemenge2			
alle Umwelten ¹	42,4 A	30,1 B			

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$), ¹ ohne WH 04/05, Spirit bzw. Cheyenne und Assas

In den Umwelten DFH 05/06, DFH 06/07 und HEB 03/04 wurden in Gemenge mit Wintererbsen mit 40 - 60 dt ha⁻¹ signifikant höhere Erträge als in den übrigen Umwelten im Gemengeanbau mit 15 - 40 dt ha⁻¹ bestimmt (Tab. 35). Dies war für den Standort Frankenhausen

mit der höheren Stickstoffverfügbarkeit in den Perioden 05/06 sowie 06/07 zu begründen (s.o.). Die geringeren Erträge auf dem Waldhof waren mit der geringeren Standortgüte zu erklären. Bei den Gemenge mit Griechischer, Nischkes und Unrra wurden mit knapp 40 dt ha⁻¹ im Mittel tendenziell höhere Erträge als bei EFB 33 und Württembergischer mit durchschnittlich 33 bzw. 34 dt ha⁻¹ erzielt, wobei dieser Unterschied nur zwischen der Griechischen und der EFB 33 in DFH 04/05 sowie der Württembergischen in DFH 04/05 und HEB 03/04 statistisch signifikant ausfiel (Tab. 35). Grund hierfür war das etwas frühere Lagern der Gemengevarianten mit EFB 33 und Württembergischer als bei den anderen normalblättrigen Wintererbsen.

In Reinsaat wurden gefolgt vom Gem1 erwartungsgemäß in allen Umwelten die höchsten Roggenerträge erzielt, während im Gem2 der Aussaatstärke entsprechend die geringsten bestimmt wurden. Dieser Unterschied konnte mit Ausnahme in DFH 05/06 und DFH 06/07 zwischen Reinsaat und Gem1 statistisch abgesichert werden (Tab. 36).

Tab. 36: Roggenkornenertrag mit Reinsaat im Sortenversuch in dt ha⁻¹ (86% TS), DFH, WH und HEB

Ort	Frankenhausen				HEB	Waldhof		
	03/04	04/05	05/06	06/07		03/04	05/06	06/07
^{1,2}								
RS	58 a C	61 a C	71 a B	64 a BC	84 a A	35 a D	30 a D	
Gem1³	30 b CD	37 b C	66 a A	56 a B	60 b AB	24 b DE	20 b E	
Gem2³	20 c C	21 c C	51 b A	37 b B	50 c A	16 c CD	13 c D	

Analyse zwischen den Gemengestufen mittels Linearer Kontraste, verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Bonferroni-Test bzw. Tukey-Test ($p < 0,05$), ¹ Gemengestufe, ² Vegetationsperiode, ³ ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas

Bei der mehrjährigen Varianzanalyse des Parameters Kornenertrag des **Sommergetreides** wurden für die Faktoren Gemenge und Umwelt sowie deren Wechselwirkung signifikante F-Werte berechnet (A-Tab. 21). In HEB 03/04 wurden mit über 50 dt ha⁻¹, gefolgt von DFH 03/04 und DFH 04/05 mit 30 – 50 dt ha⁻¹ sowie DFH 05/06 und DFH 06/07 mit 20 bis 30 dt ha⁻¹ die signifikant höchsten Kornenerträge festgestellt (Tab. 37). Auf dem Waldhof wurden von dieser Variante mit unter 17 dt ha⁻¹ die signifikant geringsten Ertragshöhen erreicht. Zwischen den drei Gemengestufen wurden mit Ausnahme in der Vegetationsperiode 03/04 zwischen Gem2 und jeweils einer anderen Gemengestufe keine signifikanten Unterschiede bestimmt. Im Gem2 fiel der Kornenertrag nahezu immer am geringsten aus, während in den vier Umwelten DFH 03/04, WH 04/05, DFH 05/06 und WH 06/07 im Gem1 ein größerer Ertrag bestimmt wurde.

Tab. 37: Kornenertrag vom Sommergetreide im Sortenversuch in dt ha⁻¹ (86% TS), DFH, WH und HEB

Ort	Frankenhausen				HEB	Waldhof			
	03/04	04/05	05/06	06/07		03/04	04/05	05/06	06/07
^{1,2}									
RS	46 ab B	37 a BC	27 a CD	28 a CD	64 a A	10 a EF	16 a DE	3 a F	
Gem1	51 a A	35 a B	29 a BC	20 a CD	58 ab A	13 a DE	14 a DE	5 a E	
Gem2	37 b AB	31 a B	23 a BC	22 a BCD	50 b A	9 a DE	13 a CDE	4 a E	

verschiedene große Buchstaben in einer Zeile bzw. verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$), ¹ Gemengestufe, ² Vegetationsperiode

3.1.7.4 Qualität Erbse

In diesem Kapitel werden zuerst die Ergebnisse der NIRS-Analysen bezogen auf den Rohprotein- und Energiegehalt unabhängig von der Umwelt beschrieben. Die Ergebnisse in den einzelnen Umwelten werden im Anhang in A-Tab. 35 bis A-Tab. 37 dargestellt. Anschließend werden die Analyseergebnisse der wichtigsten Aminosäuren sowie vom Phenolgehalt, dem Gehalt an kondensierten Tanninen und der Trypsininhibitoraktivität beschrieben.

Bei der mehrjährigen Varianzanalyse fiel beim Rohproteingehalt der Erbsen der Faktor Sorte und die Wechselwirkung zwischen Sorte und Gemenge signifikant aus (A-Tab. 22). Zwischen den Sorten wurden in den beiden Gemengen mit Getreide vergleichbare Gehalte von 25 – 26 % in der TM analysiert, während in Reinsaat bei der Sommererbse mit unter 25 in der TM ein signifikant geringerer Prozentwert als bei den Wintererbsen mit über 26,5 % in der TM bestimmt wurde (Tab. 38). Bei der Griechischen Herkunft wurden i.d.R. die höchsten Gehalte analysiert.

Bei der Energiedichte der Erbsen wurde in der mehrjährigen statistischen Auswertung ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten bestimmt (A-Tab. 22): Bei der Sommererbse wurde mit durchschnittlich 15,11 MJ ME ein signifikant höherer Gehalt als bei den normalblättrigen Wintererbsen mit unter 15 MJ ME analysiert (Tab. 38).

Bei den Winterungen in Reinsaat wurden in WH 05/06 mit über 30 % Rohprotein in der TM und etwa 15,5 MJ ME in der TM die höchsten Qualitäten bestimmt, während in den übrigen Umwelten und in den Gemengen Rohproteingehalte zwischen 24 und 28 % in der TM und Energiedichten von etwa 15 MJ ME erreicht wurden (A-Tab. 35 - A-Tab. 37). Bei der Sommererbse wurde in DFH 03/04 mit je über 27 % in der TM der höchste mittlere Rohproteingehalt erzielt. In den anderen Jahren und im Gemengeanbau mit Getreide wurden Prozentwerte zwischen 20 und 26 festgestellt, wobei auf dem Standort Waldhof die höheren Rohprotein- und auch Energiegehalte als in Frankenhausen bestimmt wurden (A-Tab. 35 - A-Tab. 37).

Tab. 38: Rohproteingehalt (in Prozent TM, oben) und Energiegehalt (in MJ ME in der TM, unten) der Erbsen im Sortenversuch; DFH, WH und HEB

Gemengestufe	EFB 33	Unrra	Nischkes	Württ.	GR	Santana
Reinsaat	26,8 a A	26,9 a A	27,3 a A	26,5 a AB	28,0 a A	24,8 a B
Gemenge1	25,8 a A	25,6 a A	25,5 a A	24,9 a A	25,7 a A	25,7 a A
Gemenge2	25,7 a A	25,9 a A	25,7 a A	25,2 a A	26,0 a A	25,5 a A
alle ¹	14,94 B	14,96 B	14,95 B	14,95 B	14,97 B	15,11 A

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey-Test ($p < 0,05$), ¹ gemittelt über alle Gemengestufen

Die **Aminosäurezusammensetzung** der normalblättrige Wintererbsen ist mit der der Sommererbse sowie der semi-leafless Wintererbsen vergleichbar. Dabei fielen die Gehalte der Aminosäuren Lysin, Tryptophan und Arginin bei den normalblättrigen Wintererbsen teilweise signifikant höher als bei den semi-leafless Typen aus (Tab. 39). Bei diesen drei Aminosäuren hatte immer die griechische Herkunft die höchsten Gehalte. Dies ist insbesondere für die Schweine- und Geflügelfütterung von Bedeutung, da dort u.a. die beiden essentiellen Aminosäuren Lysin und Tryptophan zu den erstlimitierenden gehören. Ferner sind hierbei die Proteinverdaulichkeit und der Gehalt an so genannten sekundären Inhaltsstoffen von Bedeutung.

Tab. 39: Gehalt Aminosäuren (% in d. TM) der Erbsenkörner; Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof in 2004-2006 (verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede zwischen Genotypen (t-Test, $p < 0,05$))

Genotyp	Methionin	Lysin	Tryptophan	Arginin
Cheyenne/Spirit	0,195	1,498 a	0,198 a	1,785 a
Assas	0,2	1,546 abc	0,208 abc	2,07 bc
EFB 33	0,2	1,622 bc	0,21 bc	2,285 cd
Unrra	0,202	1,573 abc	0,21 bc	2,173 cd
Santana	0,197	1,55 ab	0,202 ab	1,865 b
Nischkes	0,203	1,625 bc	0,215 c	2,248 cd
Württembergische	0,2	1,562 abc	0,208 abc	2,132 cd
Griechische	0,203	1,63 c	0,216 c	2,338 d

Bei der Varianzanalyse des Gehaltes an **Gesamtphenolen** und kondensierten **Tanninen** fiel jeweils der Sorteneffekt signifikant aus (A-Tab. 22). Aufgrund von Analysefehler konnten bei den Ergebnissen im Phenol- bzw. Tanningehalt zwei bzw. eine Probe(n) der Herkunft Nischkes Riesengebirgs nicht berücksichtigt werden.

Bei der weißblühenden Sommererbse wurden jeweils die geringsten Gehalte mit unter 0,5 % in der TM bestimmt (Abb. 18). Dieser Unterschied war mit Ausnahme der Sorte Assas signifikant. Bei den vier Herkünften und der EFB 33 fiel der Phenolgehalt auf dem WH 05/06 vermutlich aufgrund der Vorvorfrucht Lupinen mit etwa 3 % in der TM höher als in den übrigen Umwelten mit etwa 1 - 1,5 % in der TM aus. Auch der Gehalt an kondensierten Tanninen wurde in WH 05/06 mit etwa 2 – 3 % in der TM höher als in den anderen Umwelten bestimmt, wobei bei der EFB 33 und der Württembergischen Wintererbsen die geringeren Gehalte festgestellt wurden. Im Mittel wurden bei der griechischen Herkunft und bei der Unrra etwas höhere Gehalte als bei der EFB 33, der Nischkes Riesengebirgs und der Württembergischen Wintererbsen vorgefunden, wobei diese Unterschiede nicht statistisch abgesichert werden konnten.

Da die Gruppe der kondensierten Tannine Phenole sind, sollte deren Gehalt nicht den des Gesamtphenols übersteigen. In wenigen Fällen wurde aber ein niedriger Gesamtphenol- als Tanningehalt analysiert (z.B. EFB 33 in DFH 06/07). Dies ist mit den unterschiedlichen Analyseverfahren über verschiedene Equivalente, welche sich nicht aufeinander beziehen, zu erklären. Die Menge an Gesamtphenolen wird kolorimetrisch über Folin-Ciocalteu-Reagenz als Tanninsäure-Equivalent und die der kondensierten Tannine kolorimetrisch über Butanol-HCL-Fe-Reagenz als Leucocyanidin-Equivalent bestimmt.

Bei der Verfütterung an Monogastrier ist v.a. der Tanningehalt in der Gesamtration bedeutsam, der i.d.R. unter 1% in der Trockenmasse liegen sollte (ABEL, H.J., Universität Göttingen, mdl. Mitteilung). Von daher sind normalblättrige Wintererbsen als Körnerfutter geeignet, wobei hinsichtlich des Tanningehalts die Fruchtfolgestellung und die Fruchtfolge selber beachtet werden sollten, da diese Stoffgruppe eine Abwehrreaktion der Pflanzen auf Umwelteinflüsse darstellt.

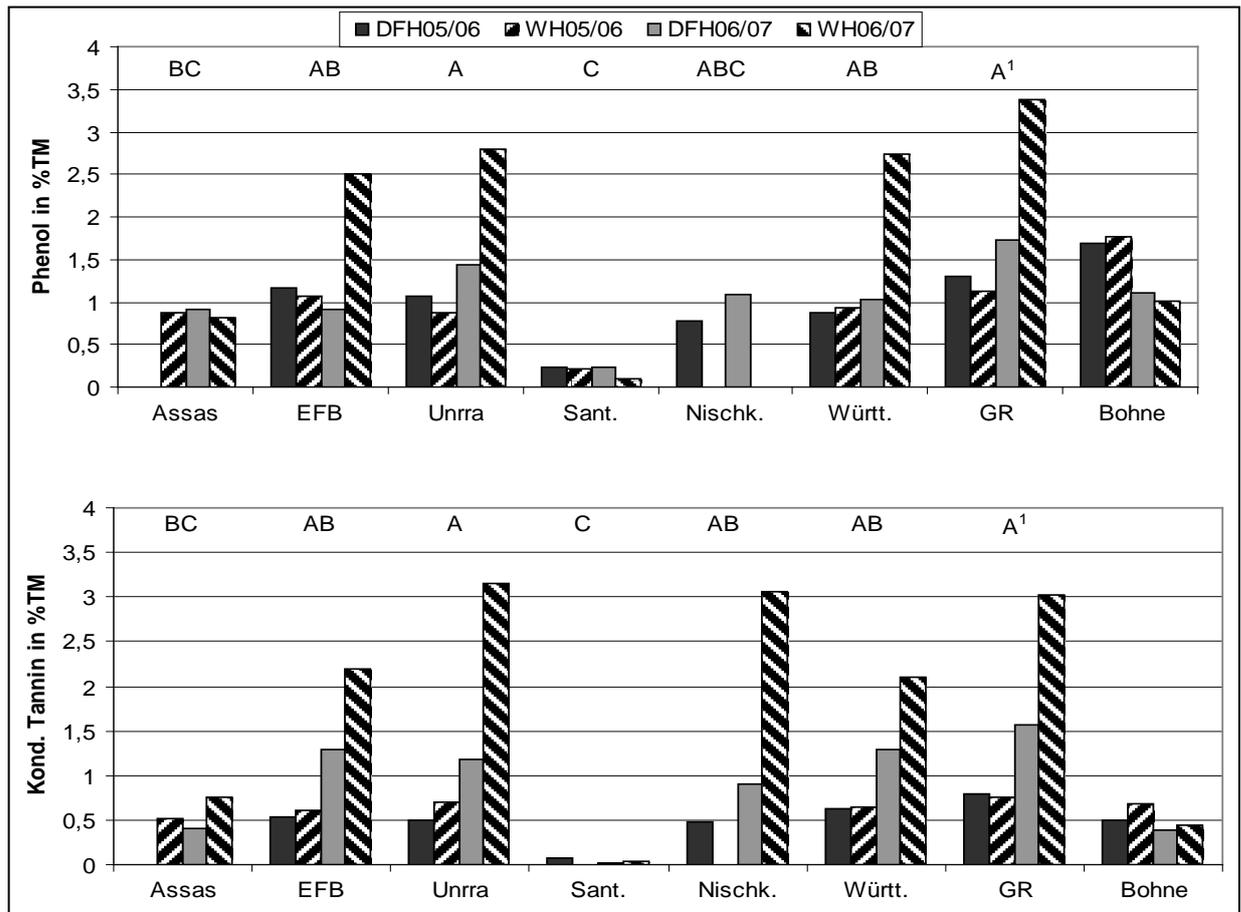


Abb. 18: Gesamtphenolgehalt (oben) und Gehalt an kondensierten Tanninen (unten) im Sortenversuch; Frankenhausen und Waldhof; verschiedene große Buchstaben = signifikante Unterschiede (t-Test, $p < 0,05$); Bohne = Ackerbohne Scirocco (Referenz); ¹ Winkeltransformation

Auch bei der mehrjährigen statistischen Auswertung der **Trypsininhibitoraktivität** wurde ein signifikanter Sorteneffekt bestimmt (A-Tab. 22). Hier fiel diese Aktivität bei den Sorten Assas und Santana mit etwa $1 - 1,5 \text{ mg g}^{-1}$ signifikant geringer als bei der EFB 33 und den vier Herkünften mit $2 - 4 \text{ mg g}^{-1}$ aus (Abb. 19). Im Jahr 2006 wurden bei den normalblättrigen Wintererbsen etwas geringere Werte als in 2007 vorgefunden und auf dem Standort Frankenhausen wurde bei diesen Genotypen eine höhere Aktivität als auf dem Waldhof analysiert. Auch VALDEBOUZE et al. (1980) bestimmten bei einer runzligen Wintererbse (wie z.B. EFB) etwa eine doppelt so hohe Trypsininhibitoraktivität als bei glattschaligen Sommererbsen (wie z.B. Santana).

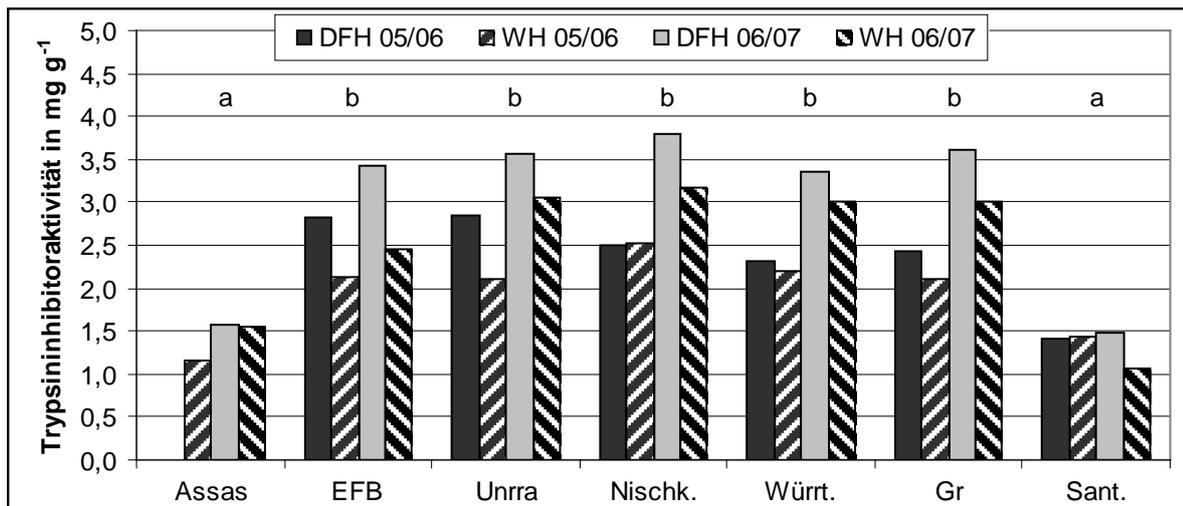


Abb. 19: Trypsininhibitoraktivität im Sortenversuch, Frankenhausen und Waldhof; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (Tukey-Test, $p < 0,05$); Wurzeltransformation

3.1.8 Stickstoffdynamik im Boden

Die Stickstoffdynamik in diesem Kapitel wird dem Wachstumsverlauf entsprechend beschrieben. Vor und nach Winter wurden die Versuche blockweise und zur Grün- und Körnerernte variantenweise beprobt.

Da die Beprobung des Bodens auf den Standorten in verschiedenen Tiefen stattfand, wurden die Standorte in der mehrjährigen statistischen Auswertung mit den Terminen als Messwiederholung ab dem Zeitpunkt der Grünernte einzeln betrachtet. In der Varianzanalyse fielen mehrere Faktoren und deren Zwei- bzw. Drei-Wechselwirkungen bei den Parametern Tiefe 0-90 bzw. 0-60 cm und Tiefe 0-30 cm signifikant aus (A-Tab. 23, A-Tab. 26). Auch bei der Auswertung über einzelne Jahre waren nahezu immer mehrere Wechselwirkungen signifikant, so dass als Folge jeder Beprobungstermin für sich auf den jeweiligen Standort einzeln verrechnet wurde (A-Tab. 24, A-Tab. 25, A-Tab. 27, A-Tab. 28).

Wie in Abb. 20 zu sehen ist, wurden auf dem Standort Frankenhausen bis 90 cm Tiefe in allen vier Vegetationsperioden jeweils vor **Winter** etwa 60 – 80 kg N_{\min} ha⁻¹ vorgefunden. Im Frühjahr lagen die N_{\min} -Gehalte bei 20 – 40 kg ha⁻¹. In Hebenshausen waren vor Winter etwa 160 kg N_{\min} ha⁻¹ gemessen wurden. Diese Werte sanken bis zum Frühjahr auf 70 kg ha⁻¹, wobei über die Hälfte in der Tiefe zwischen 60 und 90 cm vorlag (Abb. 21). Auf dem Waldhof lagen die N_{\min} -Gehalte bis zu einer Tiefe von 60 cm in 04/05 bei ca. 60 kg ha⁻¹, in 05/06 bei ca. 80 kg ha⁻¹ und in 06/07 bei etwa 120 kg ha⁻¹. Im Frühjahr wurden dort in allen Jahren 10 – 20 kg N_{\min} ha⁻¹ gemessen (Abb. 21). Über Winter wurde vermutlich in allen Vegetationsperioden Stickstoff ausgewaschen. Im weiteren Verlauf der Vegetation traten zwischen den beiden Gemengestufen sowie den Getreidereinsaaten keine wesentlichen Differenzen auf.

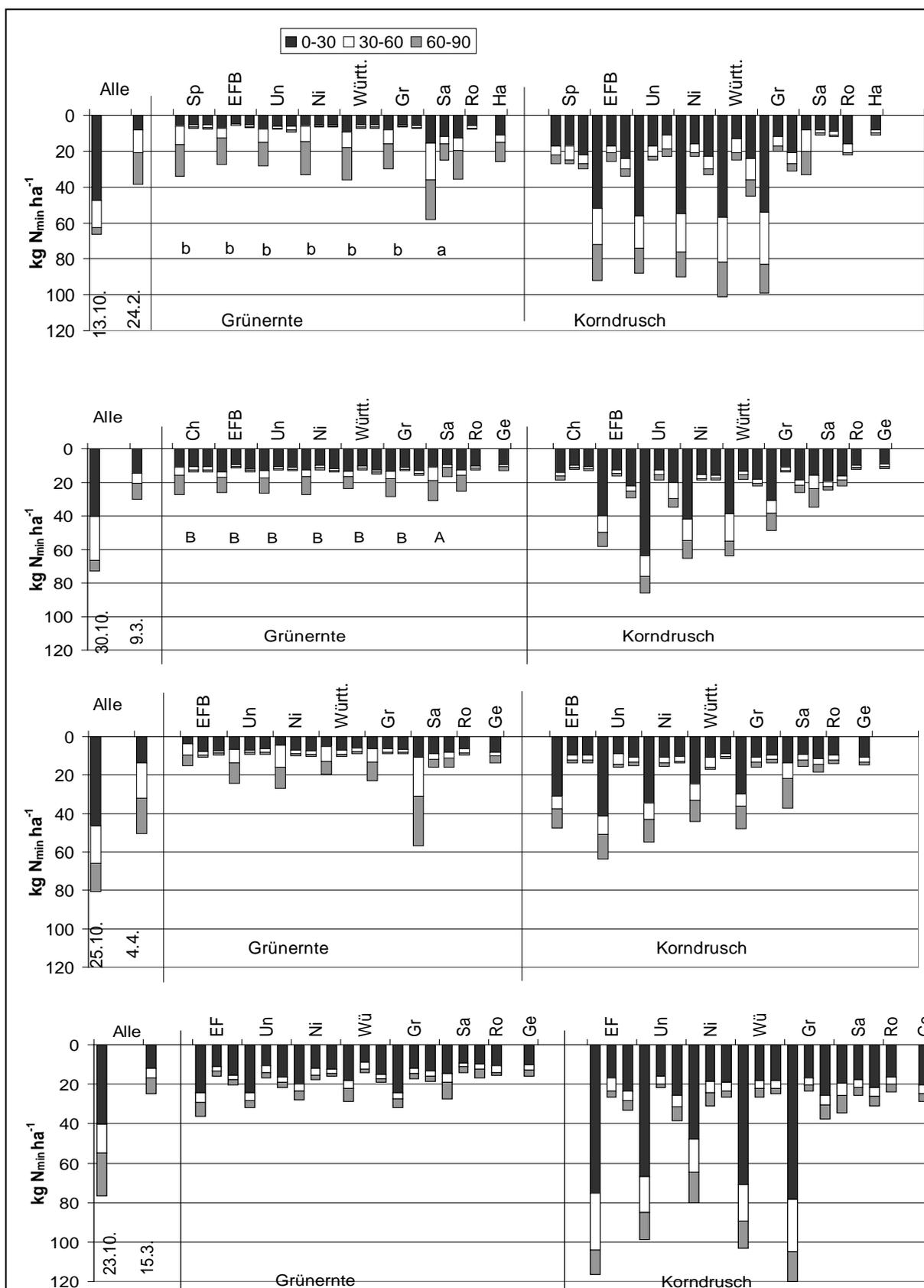


Abb. 20: Stickstoffdynamik im Boden nach Vegetationsperioden, Sortenversuch Standort DFH; (von oben nach unten: 03/04, 04/05, 05/06, 06/07); verschiedene große bzw. kleine Buchstaben = signifikante Unterschiede mit log-Transformation in der Tiefe 0-90 bzw. 0-30 cm (Tukey-Test, $p < 0,05$); Sp=Spirit, C(h)=Cheyenne, E(F)=EFB 33, U(n)=Unrra, Ni=Nischkes, W(ü)=Württembergische, Gr=Griechische, Sa=Santana, Ro=Roggen, Ha=Hafer, G(e)=Gerste; bei jeder Erbse entspricht linker Balken Reinsaat, mittlerer Balken Gem1 und rechter Balken Gem2

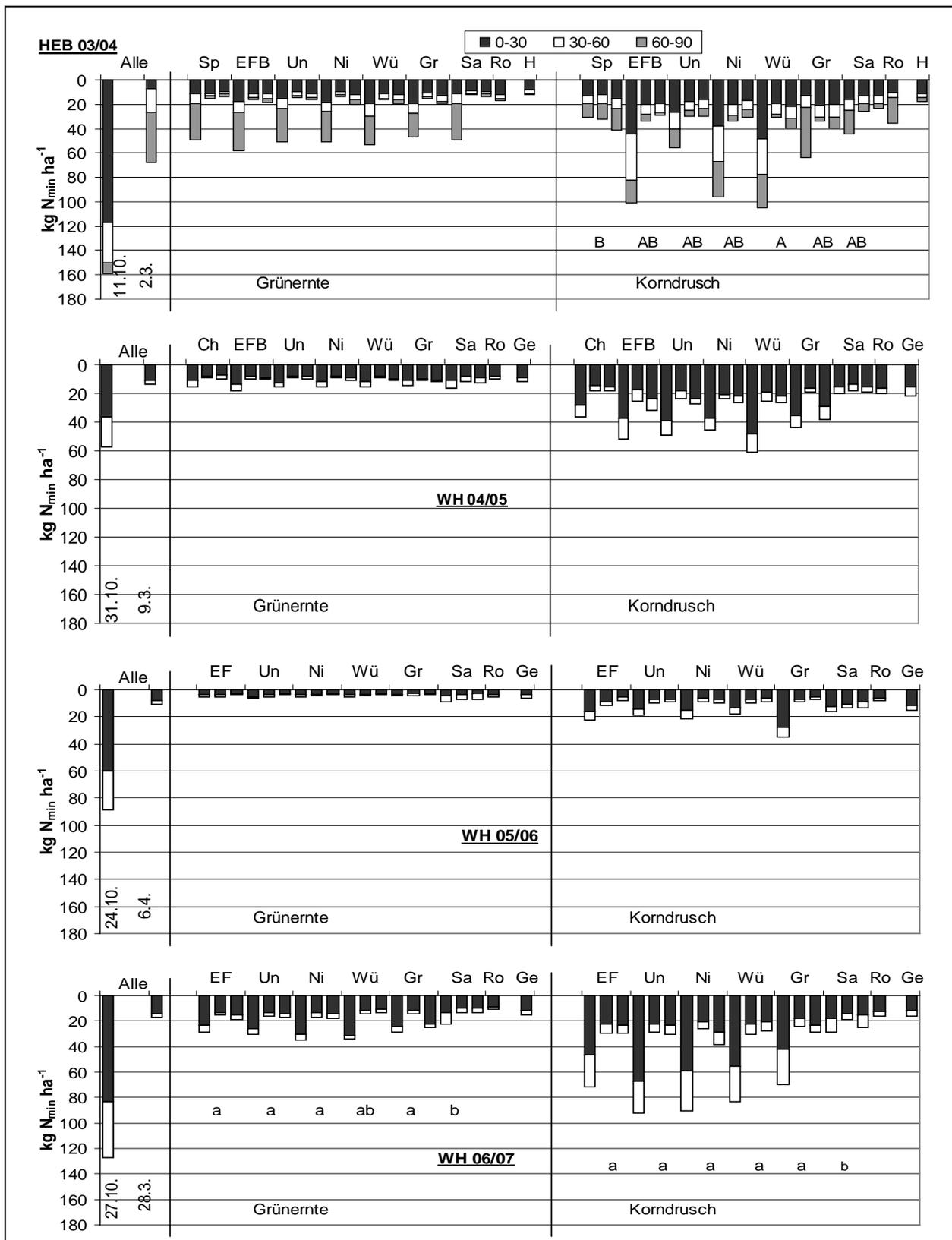


Abb. 21: Stickstoffdynamik im Boden nach Vegetationsperioden, Sortenversuch HEB und WH; (von oben nach unten: HEB 03/04, WH 04/05, WH 05/06, WH 06/07); verschiedene große bzw. kleine Buchstaben = signifikante Unterschiede mit log-Transformation in der Tiefe 0-90 bzw. 0-30 cm (Tukey-Test, $p < 0,05$); Sp= Spirit, Ch= Cheyenne, EF= EFB 33, Un= Unrra, Ni= Nischkes, Wü= Württembergische, Gr= Griechische, Sa= Santana, Ro= Roggen, H= Hafer, Ge= Gerste; bei jeder Erbse entspricht linker Balken Reinsaat, mittlerer Balken Gem1 und rechter Balken Gem2

Tab. 40: Stickstoffdynamik im Boden, Sortenversuch, kg N_{min} ha⁻¹, Frankenhausen und Waldhof, Tiefe 0 - 90 cm, Unterschiede zwischen Sorte*Gemenge

1	2	3	Spir./Chey	EFB 33	Unrra	Nischkes	Württemb.	GR	Sant.	
DFH	Grün 03/04	RS	34 a A	27 a A	28 a A	33 a A	36 a A	30 a A	58 a A	
		Gem1	7 b B	6 b B	8 b B	6 b B	7 b B	7 b B	25 b A	
		Gem2	7 b B	7 b B	10 b B	6 b B	7 b B	7 b B	36 ab A	
	Korn 03/04	RS	26 a C	91 a AB	79 a AB	89 a AB	99 a A	100 a A	32 a BC	
		Gem1	19 a AB	26 b A	25 b AB	33 b AB	24 b AB	20 b AB	11 b B	
		Gem2	19 a AB	34 b A	23 b AB	23 b A	45 b A	27 b AB	12 ab B	
	Korn 04/05	RS	19 a B	58 a A	86 a A	66 a A	64 a A	49 a A	35 a AB	
		Gem1	12 a A	16 b A	19 b A	19 b A	18 b A	14 b A	25 a A	
		Gem2	13 a B	29 ab AB	35 b A	18 b AB	22 b AB	26 ab AB	22 a AB	
	Grün 05/06	RS	-	15 a B	24 a B	27 a B	20 a B	23 a B	57 a A	
		Gem1	-	11 a A	9 b A	10 b A	9 b A	9 b A	16 b A	
		Gem2	-	10 a A	9 b A	10 b A	10 b A	9 b A	16 b A	
	Korn 06/07	RS	-	123 a A	99 a AB	80 a AB	103 a A	121 a A	33 a B	
		Gem1	-	27 b A	22 b A	29 b A	27 b A	24 b A	26 a A	
		Gem2	-	33 b A	39 ab A	27 b A	25 b A	40 b A	31 a A	
	WH	Korn 04/05	RS	37 a BC	50 a AB	47 a AB	45 a AB	61 a A	43 a AB	20 a
			Gem1	18 a C	32 a AB	27 ab ABC	26 a ABC	27 b ABC	38 ab A	18 a BC
			Gem2	18 a A	25 a A	24 b A	24 a A	25 b A	19 b A	20 a A
Korn 05/06		RS	-	23 a AB	19 a AB	21 a AB	18 a AB	35 a A	16 a B	
		Gem1	-	8 b A	9 b A	10 b A	9 b A	8 b A	14 a A	
		Gem2	-	12 ab A	10 ab A	9 b A	10 ab A	9 b A	14 a A	
Korn 06/07		RS	-	71 a A	92 a A	90 a A	84 a A	70 a A	29 a B	
		Gem1	-	29 b A	29 b A	26 b A	31 b A	24 b A	19 a A	
		Gem2	-	30 b A	30 b A	39 b A	28 b A	28 b A	25 a A	

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Terminen bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede mit log-Transformation, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Standort, ² Termin, ³ Gemengestufe

Zur **Grünernte** der jeweiligen Varianten wurden v.a. unter der Reinsaat signifikant höhere N_{min}-Gehalte als unter den Gemengevarianten wahrscheinlich aufgrund des höheren Entzuges durch das Getreide gemessen. Außerdem wurden zwischen der Winterung und der Sommerung in einigen Vegetationsperioden signifikante Unterschiede vermutlich v.a. als Folge der Bodenbearbeitung vor der Sommererbsenaussaat bestimmt:

In Frankenhausen wurden in einer Tiefe von 0 – 90 cm unter den Wintererbsen in Reinsaat etwa 20 – 30 kg N_{min} ha⁻¹ festgestellt, während unter der Sommererbsen in 03/04 und 05/06 mit etwa 60 kg ha⁻¹ und in 04/05 mit 32 kg ha⁻¹ signifikant höhere N_{min}-Gehalte vorgefunden wurden (Abb. 20, Tab. 40). Unter den Wintergemengen wurden auf diesen Standort in allen vier Perioden N_{min}-Gehalte unter 20 kg ha⁻¹ bestimmt. Auch hier fielen diese unter den Sommervarianten mit Ausnahme in DFH 06/07 bei bis zu 30 kg N_{min} ha⁻¹ signifikant höher aus (Tab. 41). In der Vegetationsperiode 06/07 wurden sie unter der Sommerung in allen drei Gemengestufen zur Grünernte vergleichbare Werte wie unter den Wintererbsen festgestellt. In dieser Periode wurden auch zwischen den Gemengestufen keine signifikanten Unterschiede bestimmt, während in allen früheren Jahren dieser Unterschied signifikant ausfiel. In der Tiefe bis 30 cm war der Unterschied zwischen der Sommerung und der Winterung nur im Jahr 2004 in allen Varianten und 2006 in Reinsaat signifikant (Abb. 20, Tab. 42). Zwischen den Gemengestufen wurden bis 30 cm Tiefe unter Reinsaat signifikant höhere N_{min}-Gehalte

als unter den beiden Gemengen in 2004 und 2007 und als im Gem1 in 2005 gemessen (Tab. 43).

In Hebenshausen lagen zur Grünernte unter der Reinsaat bei allen Erbsen die N_{\min} -Gehalte zwischen 40 und 60 kg ha⁻¹, wobei in der Tiefe von 0 - 30 cm bis zu 20 kg N_{\min} ha⁻¹ analysiert wurden (Abb. 21). Diese Gehalte fielen in beiden verrechneten Tiefen signifikant höher als im Gemenge mit bis zu 20 kg N_{\min} ha⁻¹ aus (Tab. 41, Tab. 43), während zwischen den Sorten keine signifikanten Unterschiede bestimmt wurden.

Auf dem Waldhof lagen zur Grünernte die N_{\min} -Gehalte in den Vegetationsperioden 04/05 und 05/06 bei unter 15 kg ha⁻¹, während sie im 06/07 mit 15 – 30 kg N_{\min} ha⁻¹ höher ausfielen (Abb. 21). Auch hier wurden in den Jahren 2005 und 2007 signifikant höhere N_{\min} -Gehalte unter der Reinsaat als unter den Varianten im Gemenge festgestellt (Tab. 41, Tab. 43). Im 2006 wurden mit unter 10 kg N_{\min} ha⁻¹ unter allen Varianten keine Unterschiede bestimmt. Zwischen den Sorten wurde in beiden verrechneten Tiefen unter der Sorte Santana in der Periode 06/07 signifikant geringere N_{\min} -Gehalte als unter den Winterungen gemessen (Abb. 21, Tab. 40).

Tab. 41: Stickstoffdynamik im Boden, Sortenversuch, kg N_{\min} ha⁻¹, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof, Tiefe 0 - 90 cm, Unterschiede zwischen Gemengestufen

1	DFH			HEB		WH	
	04/05 Grün	05/06 Korn	06/07 Grün	03/04 Grün	03/04 Korn	04/05 Grün	06/07 Grün
RS	27,2 a	49,2 a	30,7 a	51,4 a	72,8 a	15,7 a	30,0 a
Gem1	15,9 b	15,5 b	18,7 b	14,6 b	31,9 b	10,8 b	15,0 b
Gem2	13,3 b	14,0 b	15,9 b	17,2 b	33,2 b	10,2 b	17,7 b

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede mit log-Transformation, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹Gemengestufe

Zum Zeitpunkt des **Korndrusches** bei den verschiedenen Varianten wurden unter der Reinsaat der normalblättrigen Wintererbsen teilweise signifikant höhere N_{\min} -Gehalte als unter der Sommererbse und der semi-leafless Wintererbse vorgefunden. Zudem fielen bei den normalblättrigen Wintererbsen im Gegensatz zu den beiden semi-leafless Erbsen diese unter der Reinsaat i.d.R. höher als unter den entsprechenden Gemengevarianten aus:

In Frankenhausen wurden unter den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat sowohl in der Tiefe bis 90 cm mit bis zu 120 kg N_{\min} ha⁻¹ als auch in der bis 30 cm mit bis zu 80 kg N_{\min} ha⁻¹ die höheren Gehalte als unter den semi-leafless Erbsen mit bis zu 40 bzw. 20 kg N_{\min} ha⁻¹ bestimmt, wobei diese Unterschiede zum großen Teil statistisch abgesichert werden konnten (Abb. 20, Tab. 40, Tab. 42). Ebenfalls wurden unter den normalblättrigen Genotypen i.d.R. signifikant höhere Mengen an mineralischen Stickstoff als unter den Wintergemengen mit etwa 15 – 35 kg N_{\min} ha⁻¹ vorgefunden (Tab. 41, Tab. 43). Bei den semi-leafless Typen dagegen war der Unterschied zwischen den Gemengestufen in der Tiefe bis 90 cm deutlich geringer ausgeprägt und in der Tiefe von 0 - 30 cm nicht festzustellen (Abb. 20).

In Hebenshausen wurden unter den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat N_{\min} -Gehalte von über 100 kg ha⁻¹ gemessen, während die unter den semi-leafless Typen wie auf dem Standort Frankenhausen mit bis über 40 kg ha⁻¹ deutlich geringer ausfielen (Abb. 21). Die Unterschiede konnten allerdings mit einer Ausnahme nicht statistisch bestätigt werden, da aufgrund der starken Verunkrautung in den Parzellen mit Wintererbsen nur in einen Teil der Wiederholungen die Bodenproben gezogen werden konnten (siehe Kapitel 3.1.6). Im Gemenge wurden unter allen Varianten etwa 30 – 40 kg N_{\min} ha⁻¹ gemessen. Hier konnten die höheren N_{\min} -Gehalte unter den normalblättrigen Genotypen in Reinsaat als unter den Varianten mit Gemenge statistisch abgesichert werden (Tab. 40, Tab. 41).

Tab. 42: Stickstoffdynamik im Boden, Sortenversuch, kg N_{min} ha⁻¹, Frankenhausen und Waldhof, Tiefe 0 - 30 cm, Unterschiede zwischen Sorte*Gemenge

¹ ²	³	Spir./Chey	EFB 33	Unrra	Nischkes	Württemb.	GR	Sant.		
DEH	Korn ⁴ 03/04	RS	17 a B	52 a A	56 a A	55 a A	57 a A	64 a A	8 a B	
		Gem1	13 a A	17 b A	17 b A	16 b A	13 b A	12 b A	8 a A	
		Gem2	13 a A	24 ab A	11 b A	23 ab A	24 b A	21 b A	9 a A	
	Korn ⁴ 04/05	RS	14 a C	40 a AB	64 a A	42 a A	39 a AB	31 a ABC	16 a BC	
		Gem1	10 a A	13 b A	13 b A	16 b A	14 b A	11 a A	20 a A	
		Gem2	11 a A	22 ab A	20 b A	16 b A	18 ab A	19 a A	16 a A	
	Grün 05/06	RS	-	4 a B	7 a AB	5 a B	5 a AB	6 a AB	11 a A	
		Gem1	-	8 a A	7 a A	7 a A	7 a A	7 a A	9 a A	
		Gem2	-	7 a A	6 a A	8 a A	6 a A	7 a A	8 a A	
	Korn 05/06	RS	-	31 a A	41 a A	35 a A	25 a AB	30 a A	14 a B	
		Gem1	-	10 b A	12 b A	11 b A	11 b A	11 b A	9 a A	
		Gem2	-	10 b A	11 b A	10 b A	9 b A	10 b A	11 a A	
	Korn 06/07	RS	-	71 a A	67 a A	48 a AB	71 a A	79 a A	19 a B	
		Gem1	-	17 b A	16 b A	19 a A	18 b A	17 b A	18 a A	
		Gem2	-	23 b A	26 b A	19 a A	18 b A	26 b A	22 a A	
	WH	Korn 04/05	RS	28 a BC	37 a AB	39 a AB	37 a AB	48 a A	35 a AB	16 a C
			Gem1	15 ab AB	24 ab AB	23 ab AB	22 a AB	22 b AB	30 ab A	14 a B
			Gem2	15 b A	18 b A	18 b A	21 a A	20 b A	16 b A	15 a A
Korn 05/06		RS	-	17 a A	15 a A	16 a A	14 a A	30 a A	13 a A	
		Gem1	-	6 b A	7 b A	7 ab A	7 a A	6 b A	11 a A	
		Gem2	-	9 ab A	7 ab A	7 b A	7 a A	7 b A	9 a A	

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Terminen bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede mit log-Transformation, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹ Standort, ² Termin, ³ Gemengestufe, ⁴ ohne Transformation

Auf dem Waldhof wurden unter den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat mit bis zu 90 kg ha⁻¹ in 0 – 60 cm Tiefe und bis zu 60 kg ha⁻¹ in 0 – 30 cm Tiefe tendenziell etwas geringere N_{min}-Gehalte als auf dem Standort Frankenhausen gemessen, während unter den Varianten im Gemenge und unter der Sommererbse mit etwa 20 kg N_{min} ha⁻¹ vergleichbare Mengen an mineralischen Stickstoff vorgefunden wurden (Abb. 20, Abb. 21). In der Periode 05/06 fiel diese Erhöhung mit bis zu 35 kg N_{min} ha⁻¹ aufgrund der geringen Niederschlagsmengen in den Monaten Juni und Juli dieses Jahres am geringsten aus. Dagegen wurde in der Vegetationsperiode 04/05 unter der Wintererbse Cheyenne in Reinsaat mit knapp 40 kg N_{min} ha⁻¹ vermutlich wegen einer höheren Bindung an Luftstickstoff aufgrund der geringeren Standortgüte ein etwa doppelt so großer Gehalt wie in Frankenhausen bestimmt. Die Unterschiede zwischen den normalblättrigen Wintererbsen und der Sommererbse konnten für die Jahre 2005 und 2007 in beiden verrechneten Tiefen statistisch bestätigt werden (Abb. 7, Tab. 40, Tab. 42). Die höheren N_{min}-Gehalte unter der Reinsaat mit normalblättrigen Wintererbsen als unter deren Gemengen fielen in den Vegetationsperioden 03/04 bis 05/06 teilweise und in 06/07 immer signifikant aus (Tab. 40 - Tab. 43).

Insgesamt ist diese Erhöhung bei den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat neben einer unterschiedlichen Stickstoffaufnahme zwischen Erbsen und Getreide und dem höheren Bestandesabfall der Erbsen wahrscheinlich eine Folge der Umsetzung aus den Wurzeln und Knöllchen (vgl. GRAß 2003, KRUG 2002).

Tab. 43: Stickstoffdynamik im Boden, Sortenversuch, kg N_{min} ha⁻¹, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof, Tiefe 0 - 30 cm, Unterschiede zwischen Gemengestufen

	DFH			HEB		WH		
¹	03/04 Grün	04/05 Grün	06/07 Grün	03/04 Grün	03/04 Korn	04/05 Grün	06/07 Grün	06/07 Korn
RS	8,6 a	12,7 a	21,0 a	16,3 a	32,7 a	11,9 a	24,9 a	48,0 a
Gem1	6,3 b	10,3 b	10,6 b	10,9 b	17,8 b	9,0 b	12,3 b	20,1 b
Gem2	6,6 b	11,9 ab	13,8 b	11,3 b	17,6 b	8,5 b	14,6 b	22,5 b

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede mit log-Transformation, Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹Gemengestufe

3.2 Versuch zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in Reinsaat

3.2.1 Feldaufgang

Der Feldaufgang der Wintererbsen wurde wie im Sortenversuch erst Anfang Dezember erhoben, da einige Pflanzen im Verlauf des Herbstes noch aufblühten und nicht bei einer früheren Zählung etwa einen Monat nach der Saat erfasst wurden. In A-Tab. 29 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse für die einzelnen Jahre dargestellt, da eine signifikante Wechselwirkung zwischen Sorte, Saattermin und Jahr vorlag. Zwischen den Sorten wurden nur wenige signifikante Unterschiede in den Vegetationsperioden 04/05 und 05/06 bestimmt (z.B. EFB 33 und Nischkes, Württembergische, GR in 04/05; Tab. 44), wobei kein einheitlicher Trend festzustellen war. Beim Faktor Termin wurde in der Vegetationsperiode 05/06 zum ersten Saattermin mit Ausnahme der Sorte Cheyenne ein statistisch geringerer Feldaufgang als zu den anderen beiden Terminen festgestellt, wodurch die signifikante Wechselwirkung Termin*Sorte zu begründen ist. Ursache sind vermutlich die trockeneren Aussaatbedingungen zu diesem Zeitpunkt.

Tab. 44: Feldaufgang im Aussaatversuch Reinsaat in Prozent, Frankenhausen

Periode	Termin	Cheyenne	Assas	EFB 33	Nischkes	Württemb.	GR
04/05 ¹	alle	69,7 ABC	63,2 BC	58,9 C	76,9 A	74,3 AB	72,8 AB
05/06 ¹	ST1	61,3 a A	41,9 b A	49,1 b A	51,6 b A	56,9 b A	55,9 b A
	ST2	73,9 a AB	79,8 a AB	67,3 ab B	73,9 ab AB	93,9 a A	77,8 ab AB
	ST3	74,4 a B	93,4 a AB	88,4 a AB	90,0 a AB	96,3 a AB	101,7 a A
06/07 ¹	ST1	65,0 a A	64,7 a A	82,2 a A	75,6 a A	93,4 a A	82,8 a A
	ST2	77,8 a A	73,4 a A	73,4 a A	71,3 a A	80,6 a A	67,8 a A
	ST3	94,4 a A	89,4 a A	82,5 a A	81,6 a A	82,8 a A	92,5 a A

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Jahren = signifikante Unterschiede, Tukey ($p < 0,05$); verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey ($p < 0,05$); ¹ Winkeltransformation

3.2.2 Entwicklungsstadien

Da bei den Wintererbsen in beiden Versuchen zum Aussaatzeitpunkt keine Unterschiede bezüglich der BBCH-Stadien bestimmt wurden, werden diese zusammen dargestellt.

Aufgrund der unterschiedlichen Saatzeiten verlief die Entwicklung der Wintererbsen unterschiedlich schnell, wobei innerhalb eines Termins zwischen den Varianten mit Ausnahme Sorte Cheyenne nahezu keine Unterschiede festzustellen waren (Tab. 45). Die Blattentwicklung der Sorte Cheyenne erfolgte in den ersten Stadien etwas langsamer (siehe ST2+ST3), während das Wachstum nach Winter deutlich rascher als bei den anderen Wintererbsen stattfand. Ebenso blühte und reifte dieser Genotyp früher ab. Der Blühzeitpunkt zu den unterschiedlichen Saatterminen war bei dieser Sorte jedoch v.a. in den Jahren 04/05 und 05/06 deutlich verschieden. Dagegen war ab dem Frühjahr bei den normalblättrigen Wintererbsen ein Angleichen in der Entwicklung sowie ein nahezu zeitgleiches Aufblühen festzustellen. Grund hierfür ist die photoperiodische Sensibilität. Nach LAJUDIE (2003) ist die Sorte Cheyenne photoperiodisch nicht sensibel, während die Sorte Assas auf die Tageslänge reagiert. Letzteres ist aufgrund der Beobachtungen zu Blühbeginn vermutlich auf die drei geprüften Herkünfte und die EFB 33 zu übertragen.

Die Vorwinterentwicklung fiel in der ersten Vegetationsperiode 04/05 in allen Varianten am geringsten aus, während im Jahr 06/07 diese am weitesten fortgeschritten war. Ebenso blühten und reiften die Erbsengenotypen in dieser Periode wahrscheinlich aufgrund der warmen Winterwitterung deutlich früher ab als in den anderen Jahren.

Tab. 45: Entwicklungsstadien (BBCH) im Versuch Aussaatzeitpunkt in Reinsaat, DFH

04/05	Saattermin 1 (13.9.04)		Saattermin 2 (5.10.04)		Saattermin 3 (21.10.04)				
Datum	Cheyenne	Nischkes	Cheyenne	Nischkes	Cheyenne	Nischkes			
2.12.04	17	17	12	13	11	12			
10.3.05	18	18	14	15	12	13			
13.5.05	63	39	61	37	55	34			
29.5.05	-	62	67/72	61	67/72	60			
20.6.05	-	65/73	79	65/73	79	65/72			
15.7.05	-	87	89	85	89	83			
05/06	Saattermin 1 (13.9.05)			Saattermin 2 (5.10.05)			Saattermin 3 (19.10.05)		
Datum	Chey.	Nischk.	Rogg.	Chey.	Nischk.	Rogg.	Chey.	Nischk.	Rogg.
8.12.05	18	18	29	14	15	25	12	13	13
16.5.06	-	51	59	61	51	59	59	51	59
7.6.06	-	63	65	-	61	65	65/71	60	65
4.7.06	-	69/76	79	-	69/75	79	-	67/73	79
06/07	Saattermin 1 (12.9.06)			Saattermin 2 (28.9.06)			Saattermin 3 (16.10.06)		
Datum	Chey.	Nischk.	Rogg.	Chey.	Nischk.	Rogg.	Chey.	Nischk.	Rogg.
27.11.06	19	19	29	17	17	25	13	14	14
13.3.07	19	19	29	19	19	27	16	16	15
3.5.07	62	39	59	62	37	57	61	36	55
19.5.07	-	61	65	-	60	65	69/74	59	63
21.6.07	-	79	79	-	79	79	82	79	79
10.7.07	-	84	84	-	84	83	87	83	83

3.2.3 Überwinterung

Bei der Varianzanalyse des Parameters Überwinterung fielen mit Ausnahme der Vierfach-Wechselwirkung alle Faktoren und Wechselwirkungen auch in den einzelnen Vegetationsperioden signifikant aus (A-Tab. 30). In der ersten Vegetationsperiode wurde in den beiden frühen Saatterminen bei der Sorte Assas im März, bei den französischen Sorten Assas und Cheyenne im April sowie bei den anderen Wintererbsen im mittleren Saattermin im April eine signifikante Verringerung der korrigierten Anzahl festgestellt (Abb. 22). In der zweiten und dritten Periode wurde ebenfalls bei den französischen Sorten zu allen drei Saatterminen eine signifikante Auswinterung bestimmt, während dies nur auf einige Varianten der anderen Wintererbsen im dritten Jahr zutrifft (Abb. 23).

Innerhalb des geprüften Sortenspektrums wurde bei der Sorte Cheyenne fast immer eine signifikant geringere korrigierte Anzahl an Erbsen als bei der EFB 33 und den drei Herkunftstypen jeweils im ST1 und in den beiden Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 auch im ST2 errechnet. Bei der anderen französischen Sorte Assas fiel dieser Unterschied zu den genannten Genotypen in der Periode 05/06 zu allen Saatterminen signifikant aus (Tab. 46). Bei den normalblättrigen Wintererbsen wurden mit Ausnahme der Periode 04/05 (signifikant höhere Auswinterung im ST2 im März und bei Assas, Nischkes und Württembergischer im April) keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Saatterminen vorgefunden. Bei der modernen Sorte Cheyenne wurden in allen Jahren zu den früheren Saattermine(n) eine

höhere Auswinterung bestimmt (Tab. 46). Diese fiel in den letzten beiden Perioden signifikant aus. Die drei geprüften Herkünfte sind wie im Sortenversuch auch als winterhärter als die beiden französischen Erbsen einzuschätzen.

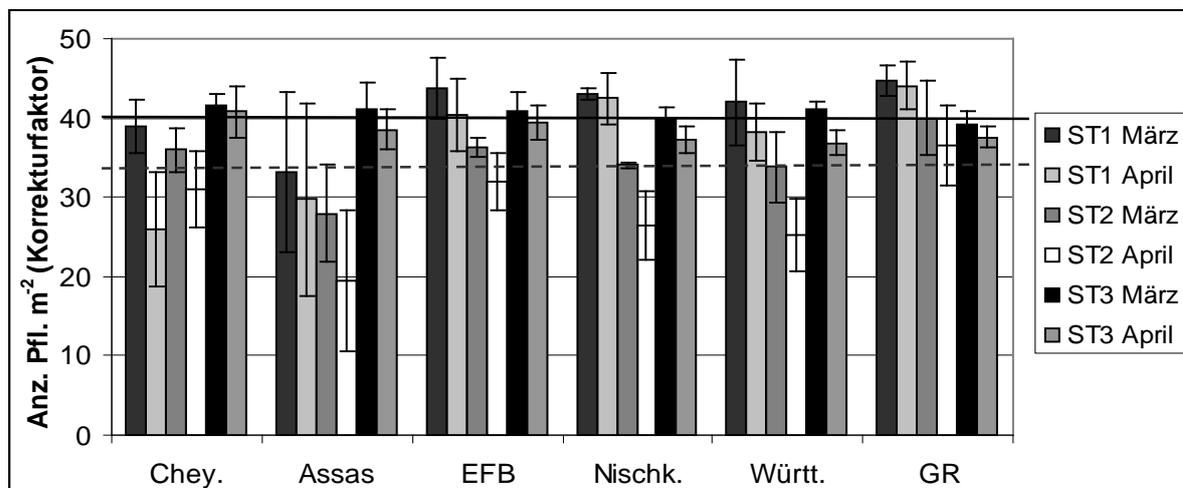


Abb. 22: Überwinterung im Aussaatzeitpunkt, Reinsaat in der Perioden 04/05 auf dem Standort DFH, korrigierte Anzahl Pflanzen m^{-2} ; Fehlerbalken = Standardabweichung; durchgezogene Linie = korr. Anzahl vor Winter; unterhalb gestrichelter Linien = statistisch signifikante Veränderung der korr. Anzahl, t-Test ($p < 0,05$); nicht normalverteilt und nicht homogen

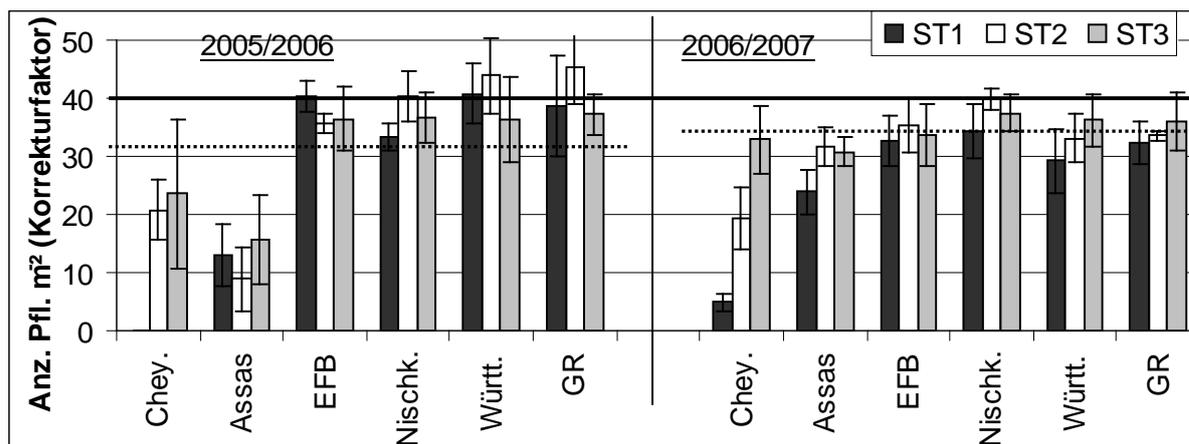


Abb. 23: Überwinterung im Aussaatversuch, Reinsaat in den Perioden 05/06 und 06/07 auf dem Standort DFH, korrigierte Anzahl Pflanzen m^{-2} ; Fehlerbalken = Standardabweichung; durchgezogene Linie = korr. Anzahl vor Winter; unterhalb gestrichelter Linien = statistisch signifikante Veränderung der korr. Anzahl, t-Test ($p < 0,05$); 05/06 nicht normalverteilt und arcsin(arcsin(wurzel(x/100)))-Transformation, 06/07 Wurzel-Transformation

Aufgrund der Schwere der Schädigungen mussten die Varianten mit Cheyenne und Assas komplett in der Vegetationsperiode 05/06 und die mit Cheyenne im ST1 und ST2 in 06/07 aufgegeben werden.

Eine korrigierte Anzahl Pflanzen über 40 wurde bei einigen Varianten im ST1 und ST3 in der Vegetationsperiode 04/05 und bei der Württembergischen und Griechischen im ST2 in der Periode 05/06 errechnet.

Tab. 46: Überwinterung im Versuch Aussaatzeitpunkt in Reinsaat, Standort Frankenhäusen; Anzahl Pflanzen m⁻² (Korrekturfaktor); oben Unterschiede zwischen Sorten, unten Unterschiede zwischen Saatterminen

^{1,2}		Cheyenne	Assas	EFB 33	Nischkes	Württemb.	GR
04/05 März	alle	39 AB	34 B	40 A	39 AB	39 AB	41 A
04/05 April	ST1	26 a B	30 ab AB	41 a AB	43 a A	38 a AB	44 a A
	ST2	31 a AB	20 b B	32 a AB	26 b AB	25 b AB	37 a A
	ST3	41 a A	39 a A	39 a A	37 ab A	37 a A	38 a A
05/06 April ³	ST1	0 b C	13 a B	40 a A	33 a A	41 a A	39 a A
	ST2	21 a BC	9 a C	36 a AB	40 a A	44 a A	45 a A
	ST3	24 a AB	16 a B	36 a A	37 a A	36 a A	37 a A
06/07 April ⁴	ST1	5 c B	24 a A	33 a A	34 a A	29 a A	32 a A
	ST2	19 b B	32 a A	35 a A	40 a A	33 a A	34 a A
	ST3	33 a A	31 a A	34 a A	37 a A	36 a A	36 a A
04/05 März		ST1	ST2	ST3			
	alle	41,0 A	34,7 B	40,6 A			

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Zählterminen bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey -Test ($p < 0,05$), ^{1,2} Vegetationsperiode, Saattermin, ³ arcsin(arcsin(wurzel(x/100)))-Transformation, ⁴ Wurzel-Transformation

3.2.4 Grünertrag

Der Biomasseschnitt in diesem Versuch wurde ebenfalls an mehreren Terminen durchgeführt, da die Wintererbse Cheyenne, sofern sie nicht ausgewintert ist, jeweils einen früheren Blühbeginn als die normalblättrigen Wintererbsen hatte. Zudem konnten die Saattermine ST2 und ST3 bei diesem Genotyp nicht an einem Termin beerntet werden, da auch hier der Blühbeginn zu unterschiedlichen Zeitpunkten stattfand (Tab. 45). Dagegen konnten die normalblättrigen Wintererbsen immer gleichzeitig Mitte Mai bis Anfang Juni geschnitten werden, da die Genotypen in den einzelnen Saatterminen nahezu gleichzeitig aufblühten.

In der Varianzanalyse des Parameters Grünertrag fielen in der mehrjährigen Auswertung ohne die Sorte Cheyenne nahezu alle Wechselwirkungen signifikant aus (A-Tab. 31). In den einzelnen Vegetationsperioden wurden in 04/05 die Wechselwirkung zwischen Saattermin und Sorte, in 05/06 die beiden Faktoren Saattermin sowie Sorte und in 06/07 der Faktor Saattermin signifikant errechnet.

In allen Vegetationsperioden wurden im ST3 bei den normalblättrigen Wintererbsen mit 25 – 40 dt TM ha⁻¹ die zumeist signifikant geringsten Erträge bestimmt (Tab. 47). In den Jahren 2005 und 2006 wurden zudem bei diesen Genotypen im ST1 mit etwa 50 – 60 dt TM ha⁻¹ meistens signifikant höhere Erträge als im ST2 mit 25 – 40 dt TM ha⁻¹ erreicht, wobei in der Periode 06/07 mit jeweils 47 dt TM ha⁻¹ wahrscheinlich aufgrund der milden Winterwitterung nahezu keine Unterschiede festgestellt wurden (Abb. 24, Tab. 47).

Bei der Gruppe der normalblättrigen Wintererbsen wurden beim Genotyp Nischkes Riesengebirgs in den ersten beiden Vegetationsperioden und bei der Sorte Assas im ST2 in 04/05 tendenziell geringere Erträge als bei den meisten anderen Genotypen festgestellt, wobei diese nur teilweise signifikant ausfielen. Bei der semi-leafless Sorte Cheyenne wurden in 04/05 mit ca. 15 dt TM ha⁻¹ und in 06/07 mit ca. 30 dt TM ha⁻¹ deutlich geringere Erträge erzielt.

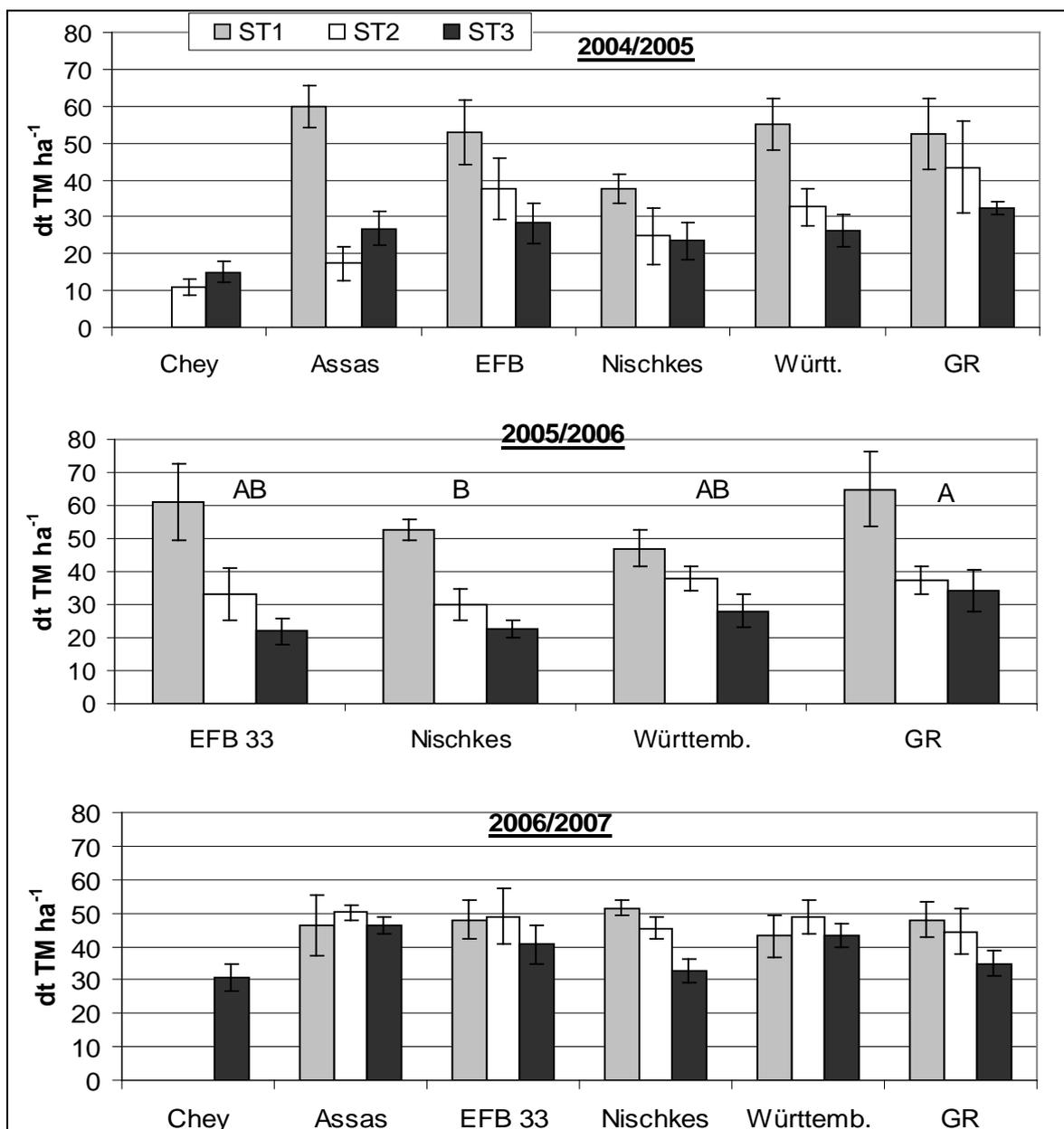


Abb. 24: Grünertrag Aussaatzeitpunkt in Reinsaat in dt TM ha⁻¹, DFH; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede, Tukey -Test (p < 0,05)

Tab. 47: Grünertrag im Aussaatversuch in Reinsaat, Frankenhausen (dt TM ha⁻¹); oben Unterschiede zwischen Sorten*Termin, unten Unterschiede zwischen Saatterminen

Periode	Termin	Assas	EFB 33	Nischkes	Württemb.	GR
04/05	ST1	60,1 a A	52,8 a A	37,5 a B	55,1 a A	52,6 a A
	ST2	16,1 b C	37,7 ab AB	24,8 a BC	32,6 b ABC	43,4 ab A
	ST3	26,9 b A	28,3 b A	23,5 a A	26,3 b A	32,2 b A
Periode		Saattermin 1		Saattermin 2		Saattermin 3
05/06 ¹		56,4 A		34,7 B		26,8 C
06/07 ²		47,6 A		47,3 A		39,5 B

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey -Test (p < 0,05), ¹ ohne Cheyenne und Assas, ² ohne Cheyenne

3.3 Versuch zum Optimalen Aussaatzeitpunkt im Gemenge

3.3.1 Feldaufgang

Da im Verlaufe des Herbstes noch einige Pflanzen keimten und nicht bei der ersten Bonitur etwa 3-4 Wochen nach der Aussaat gezählt wurden, wurde wie in den anderen Versuchen auch der Feldaufgang von den Wintererbsengenotypen erst Anfang Dezember erhoben. In A-Tab. 29 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse von den zwei Kulturen für jeweils beide Jahre zusammen dargestellt. Zwischen den Sorten liegt mit einer Ausnahme (Cheyenne, GR) bei den Erbsen kein signifikanter Unterschied vor (Tab. 48). Der Feldaufgang war bei den Erbsen in beiden in der ersten Vegetationsperiode bei den früheren Saatterminen signifikant schlechter als bei den späteren und fiel bei den Erbsen beim Saattermin 1 in der ersten Vegetationsperiode mit 31,5% signifikant geringer als in der zweiten Vegetationsperiode mit 71,5% aus. Beim Getreide wurde im ersten Jahr ein geringerer Feldaufgang im dritten Saattermin als zu den früheren bestimmt (Tab. 48). Dieser Zusammenhang zeigt sich auch jeweils in der signifikanten Wechselwirkung zwischen den Faktoren Termin und Jahr.

Insgesamt lag der Feldaufgang der Erbsen mit Ausnahme des ST1 in 05/06 bei über 70% bis 100% und der des Roggens zwischen etwa 60 und 80%. Diese weite Spanne ist aber bei Erbsen aufgrund der allgemeinen Problematik beim Auflaufen von Körnerleguminosen (z.B. relativ hohe Ansprüche an Saatbett, hoher Keimwasserbedarf) oft festzustellen. Der relativ geringe Feldaufgang beim Roggen ist eine Folge der an den Erbsen orientierten Aussattiefe von 3-4 cm, welche für dieses Getreide zu tief ausfiel.

Tab. 48: Feldaufgang im Aussaatversuch Gemenge in Prozent, DFH, oben: Sortenunterschiede bei Erbsen, unten: Unterschiede beim Faktor Termin*Jahr

Termin	Cheyenne	Assas	EFB 33	Nischkes	Württemb.	GR
alle ¹	68,4 B	80,1 AB	72,5 AB	76,4 AB	82,0 AB	84,0 A
	Erbsen ¹			Getreide ¹		
	2005/2006		2006/2007	2005/2006		2006/2007
Termin1	31,5 b B		71,5 b A	74,6 ab A		63,7 a A
Termin2	88,9 a A		77,5 b A	80,3 a A		69,1 a A
Termin3	96,3 a A		97,8 a A	57,1 b A		65,9 a A

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede, Tukey ($p < 0,05$); verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey ($p < 0,05$); ¹ Winkeltransformation

3.3.2 Entwicklungsstadien

Die Entwicklungsstadien wurden bereits unter Kapitel 3.2.2 beschrieben.

3.3.3 Überwinterung

Bei der Varianzanalyse des Parameters Überwinterung fielen alle Faktoren und Wechselwirkungen auch in den einzelnen Vegetationsperioden signifikant aus (A-Tab. 30). In der ersten Vegetationsperiode wurde bei den französischen EU-Sorten Cheyenne und Assas in nahe zu allen Gemengestufen sowie bei den Genotypen EFB 33 und Nischkes im ST1 eine signifikante Auswinterung festgestellt (Abb. 25). Im zweiten Jahr wurde mit Ausnahme der Genotypen Assas, Nischkes, Württembergische und Griechischer im ST3 bei allen Varianten eine signifikante Verringerung der korrigierten Anzahl Pflanzen bestimmt.

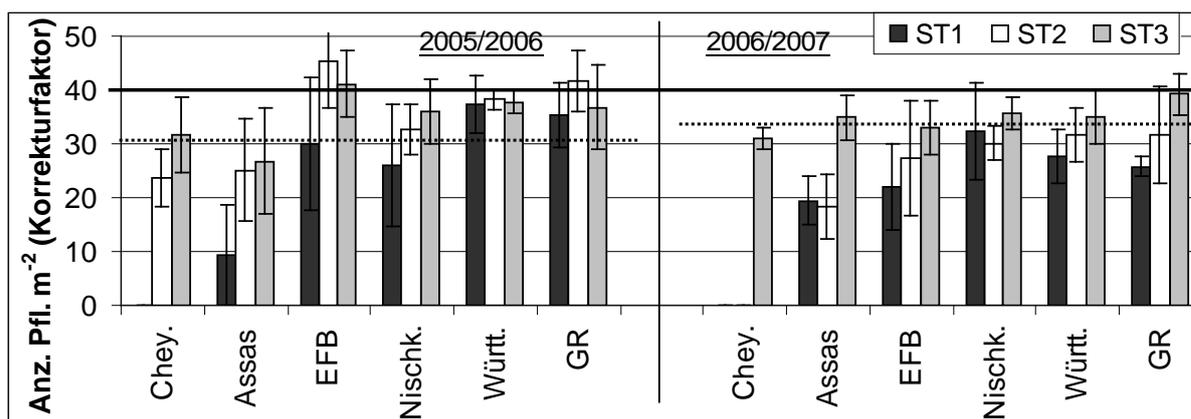


Abb. 25: Überwinterung im Aussaatversuch, Gemenge auf dem Standort DFH, korrigierte Anzahl Pflanzen m⁻²; Fehlerbalken = Standardabweichung; durchgezogene Linie = korr. Anzahl vor Winter; unterhalb gestrichelter Linien = statistisch signifikante Veränderung der korr. Anzahl, t-Test (p<0,05); arcsin(arcsin(wurzel(x/100)))-Transformation

Innerhalb des geprüften Sortenspektrums wurden bei der französischen Sorte Cheyenne in der Vegetationsperiode 05/06 im ST 1 und in der Periode 06/07 im ST 1 und ST2 eine signifikant geringere korrigierte Anzahl an Pflanzen als bei den anderen Genotypen bestimmt (Tab. 49). Bei der französischen Sorte Assas wurde in beiden Jahren geringe korrigierte Bestandesdichten als bei EFB 33 und den drei Herkünften errechnet, wobei die Unterschiede i.d.R. nicht signifikant abgesichert werden konnten. Bei den beiden französischen Sorten wurden in den frühen Saatterminen zumeist eine statistisch geringere korrigierte Anzahl an Pflanzen gegenüber den späteren Saatterminen festgestellt, während dieser Unterschied bei den anderen vier Genotypen zwar tendenziell vorhanden war, aber nicht signifikant ausfiel. Die drei geprüften Herkünfte sind wie in den beiden anderen Versuchen auch als winterhärter als die beiden westeuropäischen Sorten einzuschätzen

Aufgrund der Schwere der Schädigungen mussten die Varianten mit Cheyenne und Assas in der Vegetationsperiode 05/06 und die mit Cheyenne im ST1 und ST2 in 06/07 aufgegeben werden, obwohl im Frühjahr 06 in den späten Saatterminen eine ausreichende Anzahl an pflanzen festgestellt wurden. Diese konnten sich aber nicht erneut etablieren, verblieben relativ klein und kurz.

In der Periode 05/06 wurden in den Gemengen mit EFB 33 und der griechischen Herkunft eine korrigierte Anzahl Pflanzen über 40 bestimmt.

Tab. 49: Überwinterung im Versuch Aussaatzeitpunkt im Gemenge auf den Standort Frankenhausen, Anzahl Pflanzen m⁻² (Korrekturfaktor)

¹	²	Cheyenne	Assas	EFB 33	Nischkes	Württemb.	GR
05/06 April ³	ST1	0 b C	9 a BC	30 a AB	26 a AB	37 a A	35 a A
	ST2	24 a A	25 a A	45 a A	33 a A	38 a A	42 a A
	ST3	32 a A	27 a A	41 a A	36 a A	38 a A	36 a A
06/07 April ³	ST1	0 b B	19 b A	22 a A	32 a A	28 a A	26 a A
	ST2	0 b B	18 b A	27 a A	30 a A	32 a A	32 a A
	ST3	31 a A	35 a A	33 a A	36 a A	35 a A	39 a A

verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte getrennt nach Jahren bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey -Test (p < 0,05), ¹ Vegetationsperiode, ² Saattermin, ³ arcsin(arcsin(wurzel(x/100)))-Transformation

3.3.4 Kornertrag

Bei der mehrjährigen statistischen Auswertung waren beim Gesamt- und Roggenkornertrag ohne die beiden französischen Sorten Cheyenne und Assas die Faktoren Saattermin und Jahr sowie deren Wechselwirkung signifikant, während beim Erbsenkornertrag die Effekte Saattermin und Sorte sowie deren Wechselwirkung signifikant ausfielen (A-Tab. 31).

Der Gesamtkornertrag wurde in der Vegetationsperiode 05/06 in allen Varianten mit normalblättrigen Erbsen bei über 50 dt ha⁻¹ bestimmt, wobei von allen Erbsengenotypen im ST2 die höchste Ertragsleistung erzielt wurde (Abb. 26). In der folgenden Periode 06/07 wurden geringere Gesamterträge von 40 – 50 dt ha⁻¹ im ST1 und ST2 sowie von etwa 20 dt ha⁻¹ im ST3 erreicht, wobei sich die Jahre im ST2 und ST3 auch signifikant voneinander unterschieden (Tab. 50). Außerdem fiel im Sommer 2007 auch der Gesamtertrag im ST3 signifikant geringer als zu den früheren Saatterminen aus.

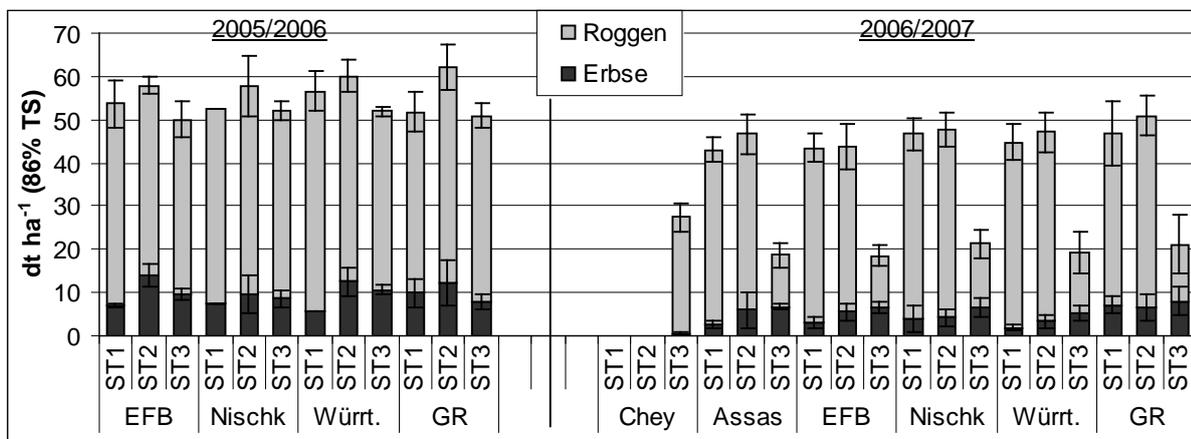


Abb. 26: Kornertrag im Aussaatversuch auf dem Standort DFH, Fehlerbalken = Standardabweichung

Beim Roggen wurden im ersten Jahr ebenfalls die höheren Erträge als im zweiten Jahr erreicht, wobei in 2007 die Ertragshöhe bei über 40 dt ha⁻¹ mit Ausnahme der Varianten mit normalblättrigen Wintererbsen im ST3 bestimmt wurde. Im letztgenannten Saattermin fielen die Roggenerträge mit 10 – 15 dt ha⁻¹ signifikant geringer als im Vorjahr als auch in den früheren Saatterminen desselben Jahres aus (Tab. 50). Dies ist vermutlich mit dem niederschlagsfreien Monat April zu begründen, da im ST3 die Entwicklung des Roggens zu diesem Zeitpunkt geringer als zu den früheren Saatterminen war und damit die Bestockung sehr stark reduziert wurde. Der Bestockungsfaktor im ST3 wurde beim Drusch bei 1,1 und im ST1 sowie ST2 bei etwa 2,5 bestimmt. Außerdem fielen im ST3 die anderen Ertragsparameter Körner je Hülse und das TKG ebenfalls geringer als zu den beiden frühen Saatterminen aus.

Tab. 50: Unterschiede im Gesamt- und Roggenkornertrag im Versuch Aussaatzeitpunkt im Gemenge auf den Standort Frankenhausen, dt ha⁻¹ (86% TS)

	Gesamtertrag		Roggenertrag	
	2005/2006	2006/2007	2005/2006	2006/2007
ST1	53,1 a A	45,4 a A	46,3 a A	41,5 a A
ST2	59,4 a A	47,4 a B	47,3 a A	42,6 a A
ST3	51,3 a A	20,1 b B	42,0 a A	13,5 b B

jeweils ohne Cheyenne und Assas; verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile getrennt nach Parameter = signifikante Unterschiede, Tukey -Test (p < 0,05); ¹ log-Transformation

Der Erbsenertrag wurde in beiden Perioden bei unter 11 dt ha⁻¹ festgestellt. Dabei erreichten die normalblättrigen Wintererbsen im ersten Jahr die höheren Erträge. Dieser Unterschied konnte nur bei der Württembergischen Herkunft statistisch bestätigt werden (Tab. 51). Während die vier Sorten in der Vegetationsperiode 05/06 vergleichbare Erträge erzielten, wurden bei der Griechischen die höchsten in der Periode 06/07 erreicht.

Das Ertragsniveau fiel wie im Sortenversuch in diesen beiden Vegetationsperioden gering aus, da auch im Versuch zum Optimalen Aussaatzeitpunkt sich die Roggenbestände mit Ausnahme des ST3 im Jahr 2007 wahrscheinlich wegen der hohen Stickstoffverfügbarkeit aufgrund der Fruchtfolgestellung stark etablieren konnten. Hierdurch wurden die Wintererbsen vermutlich unterdrückt und konnten ihr Ertragspotential nicht ausnutzen. Im ST3 war wahrscheinlich die Stützwirkung des Roggens aufgrund des niedrigen Bestockungsfaktors (s.o.) zu gering, um einen höheren Erbsenertrag zu realisieren. Die Lagerneigung wurde hier bei etwa 7 – 8 im Gegensatz zum ST1 und ST2 mit zumeist 2-3 geschätzt (Daten nicht dargestellt).

Tab. 51: Unterschiede im Erbsenkornenertrag im Versuch Aussaatzeitpunkt im Gemenge auf den Standort Frankenhausen, dt ha⁻¹ (86% TS)

Periode	EFB 33	Nischkes	Württemb.	GR
2005/2006	10,3 a A	8,0 a A	9,2 a A	9,9 a A
2006/2007	5,1 a AB	4,9 a AB	3,5 b B	7,3 a A

ohne Cheyenne und Assas; verschiedene kleine Buchstaben in einer Spalte bzw. verschiedene große Buchstaben in einer Zeile = signifikante Unterschiede, Tukey -Test ($p < 0,05$), 1/x-Transformation

3.4 Standortversuche in Niedersachsen und Baden-Württemberg

3.4.1 Feldaufgang

Bei dem Standortversuch in Baden-Württemberg betrug der Feldaufgang der Wintererbsen etwa 65-80% und bei dem in Niedersachsen wurden Auflaufraten von etwa 90-120% erreicht (Abb. 27 und Abb. 28). Beim Roggen lag der Feldaufgang bei ca. 12% bzw. 68% (Baden-Württemberg bzw. Niedersachsen). Der sehr geringe Aufgang des Getreides in Baden-Württemberg ist vermutlich eine Folge des klutigen Saatbett und der trockenen Bedingungen zur Aussaat, da die gewählte Saattiefe mit 3-4 cm ein Kompromiss zwischen den beiden Kulturen darstellt und für Roggen zu tief ist. Dagegen ist die Auflaufrate des Roggens bei dem Versuch in Niedersachsen mit denen der anderen Versuche in Frankenhausen und auf dem Waldhof vergleichbar ist. Zwischen den einzelnen Sorten wurden keine signifikanten Unterschiede in allen Versuchen bestimmt.

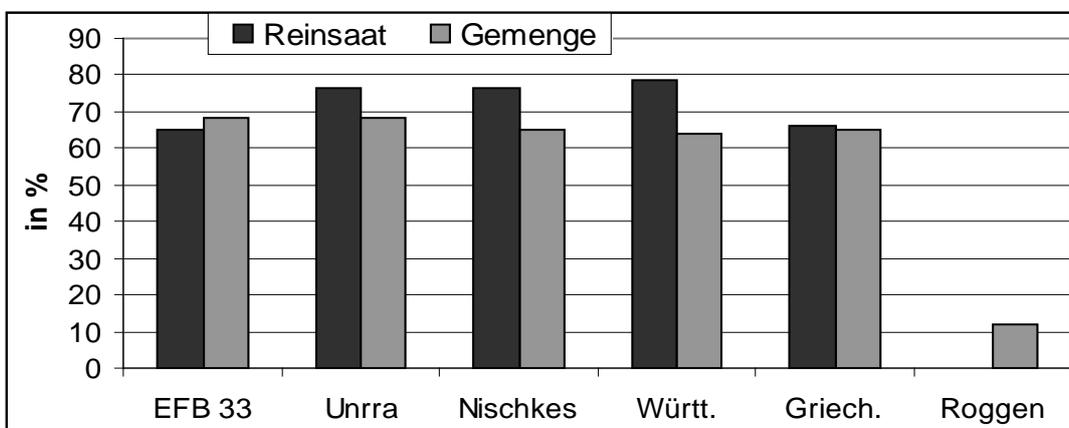


Abb. 27: Feldaufgang 2006, „Standortversuch“ in Giengen (Baden-Württemberg)

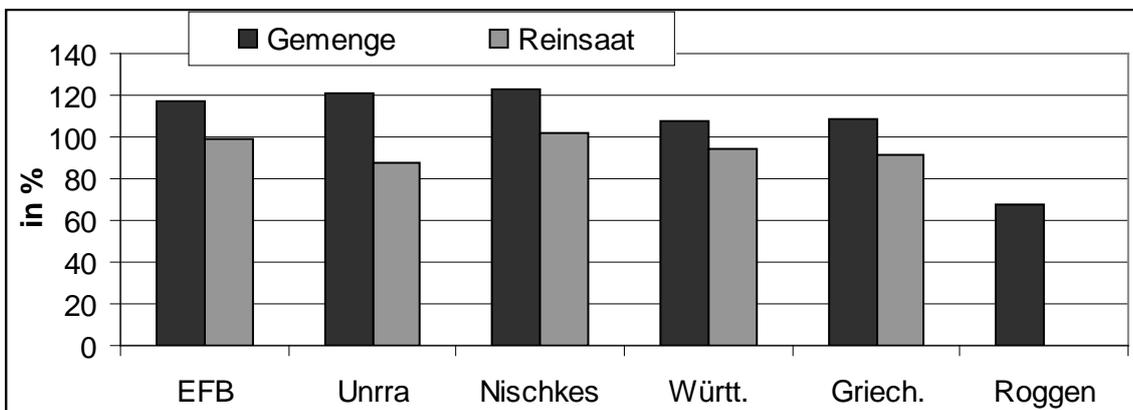


Abb. 28: Feldaufgang 2006, "Standortversuch" bei Norden (Niedersachsen)

3.4.2 Entwicklungsstadien

Die Entwicklungsstadien der fünf Genotypen verliefen an den beiden Standorten annähernd parallel und sind in Tab. 52 dargestellt. Vor Winter wurde das BBCH-Stadium 13-14 erreicht. Blühbeginn war jeweils etwa Mitte Mai. Nach dem Winter entwickelte sich die Herkunft aus Griechenland wie in den anderen Versuchen auch etwas schneller als die übrigen vier Genotypen.

Tab. 52: Entwicklungsstadien bei den Standortversuchen

Datum	Niedersachsen		Baden-Württemberg	
	Wintererbsen	Winterroggen	Wintererbsen	Winterroggen
Anf. Dezember	13-14	21	13-14	21-23
22.5. bzw. 23.5.	62-64	-	62-65	69
Anfang Juni	73-75	-	71-72	-
Mitte Juli	87	87	87	87

3.4.3 Überwinterung

Auf den beiden Versuchsstandorten fiel die Überwinterungsleistung der fünf Wintererbsen verschieden aus: Bei Giengen wurde in keiner Variante der beiden Versuche eine signifikante Verringerung der korrigierten Anzahl festgestellt, während bei Norden in beiden Versuchen Anfang April signifikant weniger Erbsenpflanzen gezählt wurden. Hierbei wurden im Versuch in Reinsaat im Gegensatz zu dem im Gemenge bereits Anfang März eine signifikante Verringerung der korrigierten Anzahl errechnet. Anfang April wurden nochmals signifikant weniger Pflanzen bestimmt. Im Versuch im Gemenge lag die korrigierte Anzahl etwa doppelt so hoch wie in Reinsaat. In Reinsaat musste der Versuch aufgrund der sehr starken Schädigungen und der folgenden Verunkrautung v.a. durch Ackerfuchsschwanz aufgegeben werden.

Da auf dem Standort bei Norden kaum Frost beobachtet wurde, sind diese Schädigungen vermutlich eine Folge des milden und niederschlagreichen Winters. Dies führte zu einem stark wassergesättigten Boden. Da Erbsen auf Staunässe empfindlich reagieren (u.a. GEISLER 1983), ist hiermit vermutlich das Absterben von mehr als der Hälfte dieser Pflanzen zu erklären.

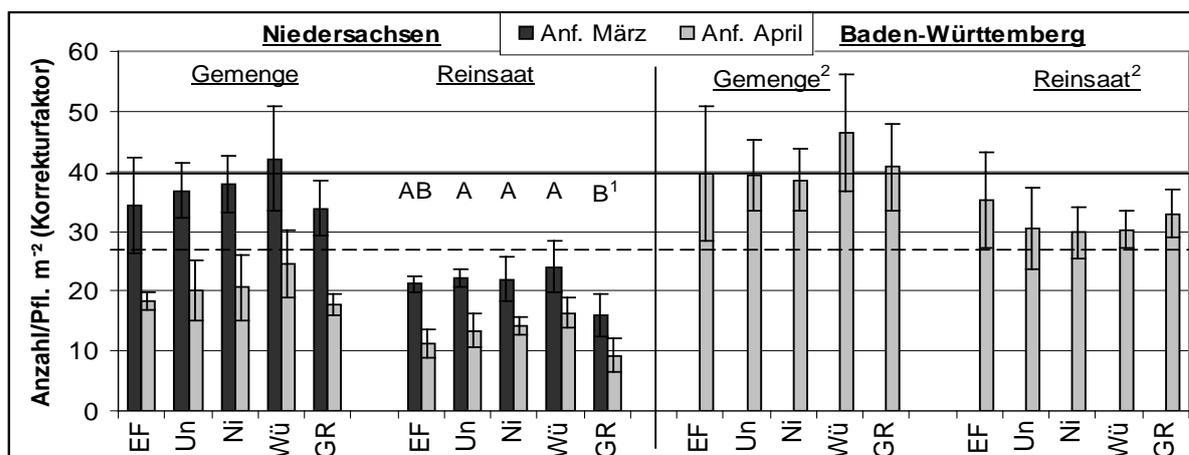


Abb. 29: Überwinterung in den Standortversuchen, Norden und Giengen, korrigierte Anzahl Pflanzen m⁻²; Fehlerbalken = Standardabweichung; durchgezogene Linie = korr. Anzahl vor Winter; unterhalb gestrichelter Linien = statistisch signifikante Veränderung der korr. Anzahl, t-Test

($p < 0,05$); verschiedene große Buchstaben= signifikante Sortenunterschiede (Tukey-Test ($p < 0,05$); $^1\arcsin(x/100)$)-Transformation, 2 keine Normalverteilung

3.4.4 Grünernte

Die Grünernte auf dem Standort Giengen wurde am 23.5.2007 zu den BBCH-Stadien 62-65 durchgeführt. Die Erträge fielen mit über 100 dt TM ha⁻¹ deutlich höher als in den Versuchen in Frankenhausen und auf dem Waldhof aus (Abb. 30). Auch die TS-Gehalte wurden in diesem Versuch mit über 20% deutlich größer als in den anderen Versuchen bestimmt (nicht dargestellt). Zwischen den fünf geprüften Genotypen wurden hinsichtlich des Biomasseertrags keine signifikanten Unterschiede bestimmt. Der Rohproteingehalt der einzelnen Varianten fiel mit 20 – 25% in der TM im Vergleich zum Sortenversuch hoch und die Energiedichte mit ca. 5,4 MJ NEL in der TM durchschnittlich aus.

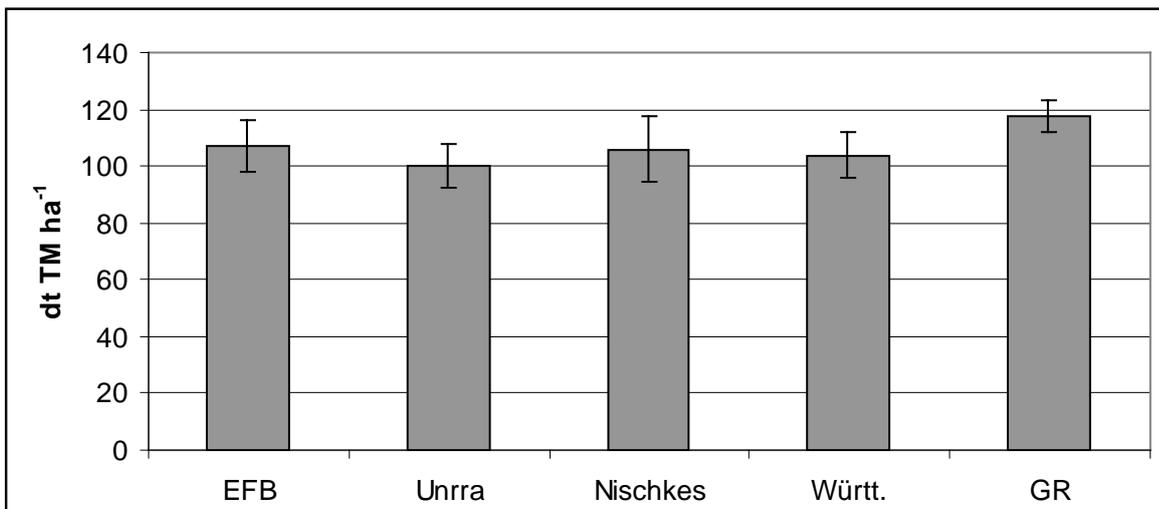


Abb. 30: Grünmasseertrag in der Vegetationsperiode 06/07, Giengen Versuch in Reinsaat; Fehlerbalken = Standardabweichung

3.4.5 Beikraut

Die Entwicklung des Beikrauts ist in Abb. 31 dargestellt. Zwischen den einzelnen Genotypen wurden nur sehr geringfügige Unterschiede festgestellt. In allen drei Versuchen wurde im Vegetationsverlauf eine geringe Beikrautbesatzdichte bonitiert. Diese wurde mit dem Massenwachstum der Wintererbsen ab Mitte April reduziert und stieg zum Korndrusch wieder leicht an.

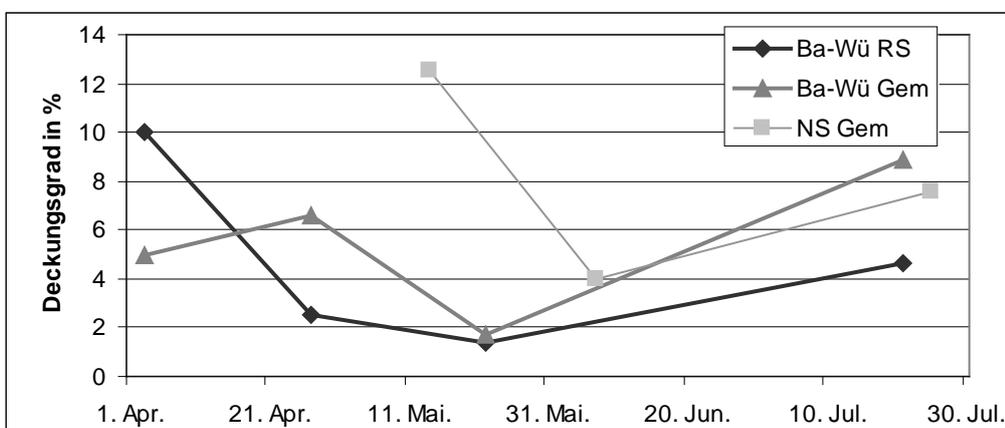


Abb. 31: Beikrautentwicklung in der Vegetationsperiode 06/07 auf den Standortversuchen, Giengen und Norden

3.4.6 Kornertrag

Der Kornertrag fiel in Giengen und Norden auf einem niedrigen Niveau unterschiedlich aus: Auf dem Standort in Niedersachsen wurde ein Erbsenkornenertrag von unter 5 dt ha⁻¹ bestimmt, während in dem Versuch in Baden-Württemberg mit 9 – 17 dt ha⁻¹ bei allen Genotypen signifikant höhere Erbsenerträge erzielt wurden. Dagegen wurde beim Roggen mit etwa 10 dt ha⁻¹ in Norden signifikant größere Ertragsmengen als in Giengen mit ca. 5 dt ha⁻¹ festgestellt. Hinsichtlich des Erbsenertrags wurden in Niedersachsen bei Nischkes Riesengebirgs und bei der Württembergischen Wintererbse signifikant höhere Erträge als bei der EFB und der griechischen Herkunft bestimmt, während in Baden-Württemberg von der griechischen Herkunft ein signifikant höherer Ertrag als bei der Unrra erzielt wurde. Auch der Gesamtertrag fiel in Giengen beim griechischem Genotyp signifikant höher als bei der Unrra und der Württembergischen Wintererbse aus.

In Baden Württemberg ist der geringe Roggenertrag eine Folge des geringen Feldaufganges (siehe 3.4.1). Dadurch konnte nur eine geringe Stutzwirkung für die normalblättrigen Wintererbsen erreicht werden, so dass auch hier der Ertrag relativ gering ausfiel und vergleichbar zu dem der Reinsaaten in den Sortenversuchen ist.

In Niedersachsen ist der sehr geringe Erbsenertrag mit den Schädigungen über Winter (siehe 3.4.3) und als Folge mit einem schlechtem Etablieren der überwinternden Erbsen im Frühjahr als auch mit einem Sturmschaden zu erklären.

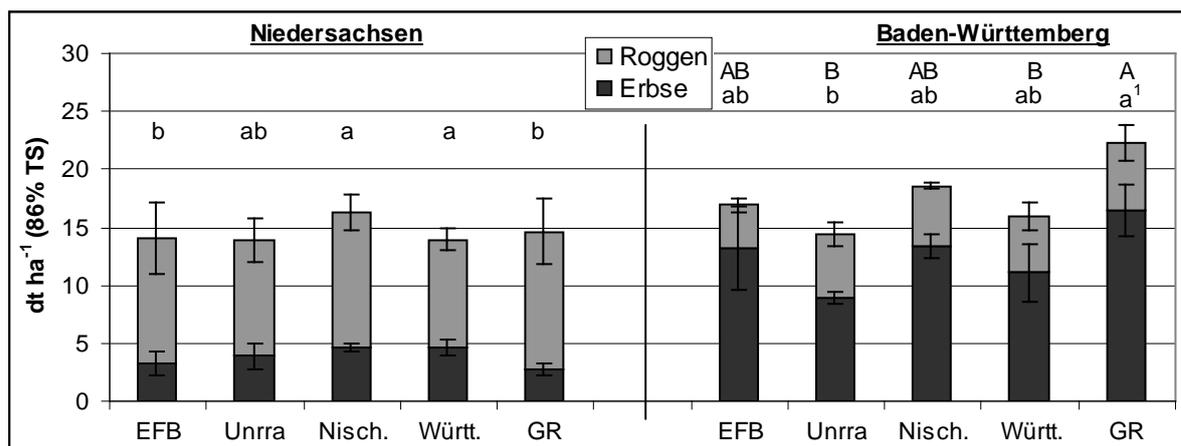


Abb. 32: Kornertrag in den Gemengeversuchen auf den Standorten Giengen und Norden, Fehlerbalken = Standardabweichung; verschiedene große bzw. kleine Buchstaben= signifikante Sortenunterschiede hinsichtlich des Gesamt- bzw. Erbsenertrags für die einzelnen Standorte (Tukey-Test ($p < 0,05$); ¹Quadrat-Transformation

In Norden wurde bei den Erbsen ein Rohproteingehalt von ca. 26 – 27% und eine Energiedichte von etwa 15 MJ ME analysiert. Dagegen wurden in Giengen mit ungefähr 20% Rohprotein und 14,7 MJ ME geringere Qualitäten erreicht.

3.5 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen dieses Projektes wurde die Anbauwürdigkeit von verschiedenen Wintererbsen-Genotypen im Ökologischen Landbau hinsichtlich der Winterhärte sowie einer Grün- und Körnernutzung geprüft. Die Leistungen der einzelnen Genotypen wurden untereinander und bei einer Grünernte zu Blühbeginn im Vergleich zu dem Landsberger Gemenge sowie bei einem Korndrusch mit einer Sommererbse als Referenz erhoben. Weiterhin wurde im Gemengeanbau mit Winterroggen ein geeignetes Aussaatverhältnis und in Rein- und Gemengesaat verschiedene Saattermine evaluiert, da bisher für Deutschland kein optimaler Saatzeitpunkt beschrieben wurde.

3.5.1 Winterhärte

In allen vier Vegetationsperioden wurde auf den Standorten Frankenhausen und Giengen (nur 06/07) bei der EFB 33 und den vier geprüften Herkünften mit einer Ausnahme (Reinsaat in DFH03/04) keine nennenswerte Auswinterung bonitiert, während auf dem Waldhof in den Wintern 05/06 und 06/07 bei diesen Genotypen leichte bis mäßige Schädigungen sowie in Norden in 06/07 starke Schäden wahrscheinlich aufgrund der anderen Klima- und Bodenbedingungen festgestellt wurden. Gerade in der letzten Vegetationsperiode war die Reduzierung der Anzahl an Erbsenpflanzen auf den im Norden gelegenen Standorten anscheinend mit der milden und feuchten Witterungsverhältnisse, welche zu einem staunassen Boden führte, zu erklären. Hierauf reagierten die Erbsen wahrscheinlich empfindlich (vgl. GEISLER 1983). In 05/06 war die Reduzierung der Erbsenpflanzen vermutlich eine Folge der geringeren Schneebedeckung und des leichteren Bodens auf dem Waldhof als in Frankenhausen. Insgesamt ist dieses Ergebnis mit älteren Literaturangaben vergleichbar, in denen der Norden und der Osten Deutschlands als unsichere Anbauggebiete beschrieben werden (BECKER-DILLINGEN 1929, FRUWIRTH 1921). Somit könnten die EFB 33 und die vier Herkünfte im nördlichsten Teil Deutschlands eine ungenügende Winterhärte aufweisen. Allerdings ist das Klima seitdem tendenziell wärmer geworden, so dass dieser Sachverhalt in weiteren Versuchen überprüft werden müsste, da die einjährigen Ergebnisse der Standortversuche hierfür nicht ausreichend sind (siehe 5.2). Auch in den so genannten neuen Bundesländern ist die Winterhärte dieser Wintererbsen-Genotypen fraglich und bedarf der Überprüfung, um Landwirten deutschlandweit Empfehlungen zur Winterfestigkeit dieser Erbsen geben zu können.

Zwischen der EFB 33 und den vier Herkünften wurden hinsichtlich der Überwinterungsrate kaum Unterschiede festgestellt. Die beiden französischen Wintererbsen Assas und Cheyenne dagegen haben für die Witterungsbedingungen in Deutschland keine ausreichende Winterhärte, da sie in den Vegetationsperioden 05/06 sowie 06/07 auf den Standorten DFH und WH bis zum Totalausfall hin geschädigt wurden. Dies wurde auch im Rahmen des Projektes 02OE556 „Untersuchung verschiedener Wintererbsenherkünfte auf ihre Winterhärte und ihre Anbauwürdigkeit im Ökologischen Landbau“ im Winter 02/03 festgestellt, so dass der Anbau dieser Genotypen nicht zu empfehlen ist.

3.5.2 Grünernte

Bei der Grünernte zu Blühbeginn erzielten die normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat mit 40 – 60 bzw. 30 – 50 dt TM ha⁻¹ auf dem Standort Frankenhausen bzw. Waldhof einen zu meist signifikant geringeren Ertrag als in den jeweiligen Gemengen. Aufgrund der signifikant besseren Qualität (etwa 5,5 MJ NEL und 15 – über 20% Rohprotein, je in der TM) in diesen

Varianten mit Reinsaat sind diese aber dem Gemengeanbau mit Roggen vorzuziehen. Dieses war mit der geringen Qualität des Roggen und den überwiegend geringen Erbsenanteilen im Gemenge zu erklären. Zudem war in den reinen Erbsenparzellen die Stickstoffnachlieferung gemessen in den N_{\min} -Werten im Boden zum Korndrusch deutlich größer, so dass nachfolgende Kulturen im Rahmen von Zweikulturnutzungssystemen wie z.B. Feldgemüse oder spätsaatverträglicher Mais von diesem Stickstoff profitieren können. Diese höhere Stickstoffnachlieferung wurde von GRAß (2003) für die EU-Sorte EFB 33 bestätigt. Auch für den Waldhof mit sandigen Böden sind wahrscheinlich Zweikulturnutzungssysteme (z.B. Wintererbse/Silomais) geeignet, da im BLE - Projekt 98 UM 108 „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge“ in zwei Jahren auf einem Sandstandort bei Oldenburg nach Wintererbsenvorfrucht um etwa 25 dt TM ha⁻¹ höhere Silomaiserträge bei mindestens vergleichbaren Qualitäten als bei betriebsüblichen Anbau erzielt wurden (GRAß et al. 2003). Auch der Biomasseertrag fiel auf diesen Standort mit ca. 40 dt TM ha⁻¹ bei der EU-Sorte EFB 33 vergleichbar zu dem auf dem Waldhof aus.

Bei der Herkunft aus Griechenland wurden häufig neben der EFB 33 die höchsten und bei Nischkes Riesengebirgs und Unrra oft die geringsten Erträge in Reinsaat bestimmt, wobei diese Unterschiede zumeist nicht signifikant ausfielen. Die größere Ertragsmenge bei der Griechischen ist mit der etwas früheren Entwicklung im Frühjahr zu begründen: dieser Genotyp blüht einige Tage früher als die anderen genannten auf. Damit wäre auch ein etwas früherer Grünschnitt möglich, wobei die Erträge dann allerdings etwas geringer ausfallen würden (vgl. KIRCHMEIER et al. 2005, LINDEKE et al. 2001). Die semi-leafless Wintererbse war zu den normalblättrigen Genotypen aufgrund der deutlich geringerer Ertragsmenge keine Alternative.

Hinsichtlich des Saattermins ist eine Aussaat Mitte September zu empfehlen, da in dem Versuch in Frankenhausen bei Saat zu diesem Zeitpunkt zumeist die deutlich höheren Biomasseerträge als in den folgenden Saatterminen erreicht wurden. Dieser Zusammenhang ist wahrscheinlich auf andere Regionen übertragbar, wobei die Winterhärte bei zu früher Saat und einer zu weiten Vorwinterentwicklung vermutlich geringer ist.

Der Biomasseertrag der EFB 33 und der Herkunft in Reinsaat war mit dem des Landsberger Gemenges vergleichbar, wobei bei den Wintererbsen der Rohproteingehalt signifikant höher und die Energiedichte tendenziell größer ausfielen. Hierbei war aber der zu späte Saattermin Ende September/Anfang Oktober für das Landsberger Gemenge zu beachten, da nach FISCHBECK et al. (1975) und STEIKHARDT (1954) dieses bis zum 5.9. gesät werden sollte. Von daher können mit diesem Vergleich nur Tendenzen beschrieben werden. Diese werden allerdings von dem oben genannten BLE Projekt 98 UM 108 bestätigt: auf einem Standort mit lehmigen Boden bei Heilbronn wurden bei der Sorte EFB 33 bei vergleichbaren Saat- und Ernteterminen wie in diesem Wintererbsenprojekt in je einem Jahr um ungefähr 15 dt TM ha⁻¹ höhere und niedrigere Grünmasseerträge als beim Landsberger Gemenge mit Aussaat Anfang September und Schnitt Mitte Mai bestimmt, während in beiden Jahren der Rohproteingehalt deutlich und die Energiedichte etwas höher bei den Wintererbsen ausfielen (GRAß et al. 2003).

3.5.3 Korndrusch

Die Problematik beim Anbau von Sommerkörnererbsen hinsichtlich einer Verunkrautung wurde im Rahmen des Projekts bestätigt (vgl. VÖLKELE und SCHINDLER 2005, ELSERS 2001, KIMPEL-FREUND et al. 1998). Mit Ausnahme in DFH04/05 musste auf jeweils beiden Standorten aufgrund des hohen Aufkommens das Beikraut bei der Sommererbse Santana in Reinsaat von Hand reguliert werden, während die normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat auch hohe Deckungsgrade bis über 30% nach Winter mit ihrem sehr starken Massenwachstum ab Mitte April auf fast immer unerhebliche Werte reduzierten. Im Gemenge mit normalblättrigen Wintererbsen wurden nahezu nie problematische Beikrautmengen bonitiert.

Auf dem Standort **Frankenhausen** wurden in den ersten beiden Vegetationsperioden bei der EFB 33 und den Herkünften im Gemengeanbau relative gute Erbsenkornenerträge zwischen 25 und 40 dt ha⁻¹ ermittelt, wobei diese im Gem2 entsprechend der Aussaatstärke etwas höher als im Gem1 ausfielen. Dazu wurden im Gem1 mit 30 – 40 dt ha⁻¹ signifikant höhere Roggenerträge als im Gem2 mit 15 – 30 dt ha⁻¹ erzielt. Im Gem2 wurden aber in den Varianten mit EFB 33 und Württembergischer aufgrund des etwas früheren Lagern mit 15 – 20 dt ha⁻¹ eine teilweise signifikant geringerer Roggenertrag als bei den anderen drei Herkünften mit 20 – 30 dt ha⁻¹ bestimmt. Die Gesamterträge lagen bei 50 – über 70 dt ha⁻¹.

In den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 fielen die Erträge dagegen aufgrund der höheren Konkurrenzkraft des Roggens deutlich geringer aus. Dies war wahrscheinlich eine Folge der höheren Stickstoffverfügbarkeit aufgrund der Vorfrüchte Kartoffel bzw. Möhren und der milden Herbstwitterung in beiden Jahren, welche eine starke Entwicklung beim Roggen begünstigten. Im Ergebnis wurden in den Gemengevarianten mit normalblättrigen Wintererbsen mit 30 bis über 60 dt ha⁻¹ deutlich höhere Roggenerträge als in den Vorjahren geerntet. Der Erbsenertrag dagegen fiel im Gem2 mit ca. 20 dt ha⁻¹ in 05/06 und mit etwa 10 dt ha⁻¹ in 06/07 sowie im Gem1 mit ungefähr 10 bzw. 5 dt ha⁻¹ deutlich geringer als in den früheren Vegetationsperioden aus. Ursache dafür war neben des sehr stark entwickelten Roggens der außergewöhnlich trockene Monat April 2007, in dem der Roggen mit seinen tiefen Wurzeln das Wasser im Boden aufnahm und als Folge hiervon die Erbsenpflanzen mit ihrem deutlich geringer ausgeprägten Wurzelsystem aufgrund von Wassermangel in den Gemengevarianten teilweise verwelkten.

In Reinsaat wurden bei diesen Genotypen in 05/06 mit 20 – 30 dt ha⁻¹ höhere Erträge und in den Jahren 2004 und 2005 mit 10 bis über 20 dt ha⁻¹ deutlich geringere Ertragsmengen als in den Gemengevarianten ermittelt. Grund für diese höheren Erträge waren die niederschlagsarmen Monate Juni und Juli 2006, in denen die Erbsenpflanzen deutlich weniger mit einer Reduktion der Blüten und Hülsen reagierten. Die Anzahl Hülsen je Pflanze lag mit neun im Sommer 2006 etwa dreimal so hoch wie in den Vorjahren und ist beim Körnerleguminosenanbau der entscheidende Ertragsparameter, da das Abwerfen der Blüten und Hülsen ein Hauptgrund für die Ertragslabilität bei Körnererbsen ist (GEISLER 1983). Im Vergleich konnten aber in den Vegetationsperioden 03/04 sowie 04/05 die besseren Wachstumsbedingungen im Gemenge festgestellt werden. Zwar wurden sowohl in den Varianten mit Rein- und Gemengesaat die Lagerneigung zum Zeitpunkt des Drusches mit der Höchstnote 9 bonitiert, aber im Gegensatz zu den Reinsaaten „lagerten“ die normalblättrigen Erbsen aber nicht auf dem Boden, sondern oberhalb der ungefähr auf Knie- bis Oberschenkelhöhe abgeknickten Roggenhalme. Dieser Zusammenhang spiegelte sich in den zumeist deutlich höheren Erträgen wieder.

Für den Standort Frankenhausen war das Gem2 dem Gem1 vorzuziehen, da hier in allen Jahren erwartungsgemäß die höheren Erbsenerträge bei teilweise geringeren Gesamterträgen erzielt wurden. Innerhalb des geprüften Sortenspektrums war der Anbau der griechischen Herkunft zu empfehlen, da häufig bei diesem Genotyp der höchste Kornertrag festgestellt wurde, wobei dieser Unterschied gegenüber den anderen normalblättrigen Wintererbsen nicht signifikant war. Dazu wurden bei hohen Erbsenerträgen im Gemenge bei der EU-Sorte EFB 33 und der württembergischen Herkunft im Gem2 teilweise signifikant geringere Roggenerträge als bei den anderen Herkünften ermittelt.

Hinsichtlich des optimalen Aussaatzeitpunktes kann aufgrund der lediglich zweijährigen Ergebnisse und der geringen Unterschiede hinsichtlich des Kornertrages zwischen den Saatterminen keine eindeutige Empfehlung gegeben werden. Diese geringen Differenzen waren vermutlich eine Folge der stark Roggen dominierten Gemenge aufgrund einer hohen Stickstoffverfügbarkeit und der milden Witterung in den jeweiligen Herbstmonaten. Wahrscheinlich ist deswegen eine Aussaat ab Ende September zum Zeitpunkt der „normalen“ Saat des Winterroggens in Nordhessen als günstiger anzusehen. Bei früherer Aussaat könnte sich der Roggen aufgrund der längeren Vorwinterentwicklung zu stark etablieren, wohin gegen bei späterer Aussaat die Stützwirkung des Getreides zu gering ausfallen könnte. Hierzu besteht aber noch weiterer Forschungsbedarf. Dabei sollte auch der Erbsenanteil im Gemenge erhöht werden (s.o.).

Bei der Sommererbse Santana wurden in Reinsaat ebenfalls in zwei von vier Jahren für den Standort Frankenhausen typische Ertragsmengen von 30 – 40 dt ha⁻¹ erreicht (vgl. ANONYMUS 2007). In den Jahren 2004 und 2007 erzielte sie dagegen mit 19 bzw. 13 dt ha⁻¹ deutlich geringere Kornerträge. Ursache war in 2004 ein starke Verunkrautung der konkurrenzschwachen semi-leafless Sommererbse mit verursacht von einem verzögerten Feldaufgang aufgrund von einer Schädigung durch Hasenfraß und in 2007 aufgrund der ungünstigen Witterungsverhältnisse (vgl. BÄUMER 1986). Zur Saat im April fiel nahezu kein Niederschlag, während in den Monaten Mai bis Juli die Niederschlagsrate deutlich höher als im langjährigen Mittel gemessen wurde.

Die Erbsenkornerträge über vier Vegetationsperioden zwischen den normalblättrigen Wintererbsen im Gem2 und der Sommererbse in Reinsaat waren für diesen Standort insgesamt vergleichbar, da jeweils in zwei Jahren durchschnittliche und unterdurchschnittliche Ertrags Höhen erreicht wurden. Aufgrund der zu vernachlässigen Beikrautproblematik bei Winterkörnererbsen im Gegensatz zu Sommerkörnererbsen ist aber der Anbau von Wintererbsen-Winterroggen-Gemengen für den Standort Frankenhausen zu präferieren. Hinzu kamen die deutlich höheren Gesamterträge bei den Winterungen im Gemengeanbau.

Auf dem Standort **Waldhof** konnten im Jahr 2005 aufgrund der starken Lagerneigung und der anhaltend feuchten Witterung die normalblättrigen Wintererbsen sowohl im Gemenge als auch in Reinsaat nicht geerntet werden. Aufgrund der höheren Saatstärken des Roggens und der früheren Aussaat traten diese Probleme aber in den Folgejahren nicht mehr auf. Im Jahr 2006 wurden bei den Gemengevarianten der EFB 33 und der Herkünfte Erbsenkornerträge in Höhe von 10 – 20 dt ha⁻¹ und im Sommer 2007 von 20 dt ha⁻¹ erreicht. In der Vegetationsperiode 05/06 wurden im Gem2 erwartungsgemäß die höheren Ertragsmengen mit 15 – 20 dt ha⁻¹ im Vergleich zu 10 – 15 dt ha⁻¹ im Gem1 geerntet, während in 06/07 keine nennenswerten Unterschiede zwischen diesen Gemengestufen festgestellt werden konnten. Dagegen lag der Roggenertrag entsprechend den Saatstärken im Gem1 mit 15 – 20 dt ha⁻¹

in beiden Jahren signifikant höher als im Gem2 mit 10 – 15 dt ha⁻¹. Zwischen diesen Wintererbsengenotypen konnten auf diesem Standort keine größeren Differenzen bestimmt werden.

In Reinsaat wurden wie in Frankenhausen auch im Jahr 2006 aufgrund der günstigen Witterung in den Sommermonaten etwas höhere Kornerträge als im Gemengeanbau ermittelt, während im Jahr 2007 dagegen deutlich geringere Ertragsmengen in Reinsaat geerntet wurden. Auch hier war die Reinsaat zum Drusch aufgrund der sehr starken Lagerneigung nicht zu empfehlen, während die Gemengevarianten aufgrund der Stützwirkung durch den Winterroggen mit dem Mähdescher problemlos zu beernten waren.

Hinsichtlich des Saatverhältnisses war es wichtig, für das Getreide die ortsübliche Aussaatstärke zu verwenden und nicht zu spät auszusäen. Wahrscheinlich ist eher das Gem2 wegen der höheren Erbsenerträge bei geringeren Roggenerträgen dem Gem1 vorzuziehen. Aufgrund der lediglich zweijährigen Ergebnisse ist aber noch keine abschließende Empfehlung auszusprechen.

Bei der Sommererbse in Reinsaat wurden in allen drei Jahren Erträge zwischen 10 – 15 dt ha⁻¹ bestimmt. Die geringeren Erträge als in DFH waren vermutlich mit der geringeren Standortgüte zu erklären. Da in beiden Jahren die Ertragshöhe der Wintererbsen im Gemengeanbau größer ausfiel, war für diesen Standort die Winterung zu empfehlen. Dazu kam bei der Winterung noch der Roggenertrag, so dass insgesamt ein deutlich höherer Gesamtertrag erzielt wurde. Außerdem wurden beim Anbau von Wintererbsen-Winterroggen-Gemengen auf dem Waldhof keine größeren Probleme mit Beikräutern festgestellt.

Der Kornertrag bei den **Standortversuchen** im Gemenge fiel sowohl in Norden als auch in Giengen für die jeweilige Standortgüte relativ gering aus. In Norden wurden Erbsenerträge von etwa 5 dt ha⁻¹ und Roggenerträge von ungefähr 15 dt ha⁻¹ erreicht. Dies war v.a. eine Folge der schlecht etablierten Bestände aufgrund der außergewöhnlich feuchten Winterwitterung (siehe 3.5.1) und eines Sturmschadens kurz vor dem Drusch. Auf dem Standort Giengen wurden bei einem Erbsenanteil von ca. 80% Gesamterträge von 15 – 20 dt ha⁻¹ geerntet. Dieser geringe Roggenertrag war die Folge des geringen Feldaufgangs dieser Kultur, da das Saatbett zu grob und die an den Erbsen orientierte Ablagetiefe bei der Aussaat mit 3 – 4 cm in diesem Fall zu tief ausfiel. Dadurch konnte das Getreide nur eine geringe Stützfunktion für die Erbsen leisten. Dies führte vermutlich auch bei den Wintererbsen zu Mindererträgen auf dem Niveau der Reinsaaten in DFH. Wie auf dem Waldhof wurden auf diesen beiden Standorten zwischen den geprüften Genotypen keine nennenswerten Unterschiede festgestellt. Aufgrund des einjährigen Ergebnis sind hier jedoch mehrjährige Versuche für Empfehlungen in die praktische Landwirtschaft unbedingt abzuwarten (siehe 5.2).

3.5.4 Kornqualität

Der Rohproteingehalt fiel bei den normalblättrigen Wintererbsen mit Ausnahme der ersten Vegetationsperiode etwas höher als bei der Sommererbse Santana und immer höher als bei den semi-leafless Wintererbsen Cheyenne bzw. Spirit aus. Die Aminosäurezusammensetzung der normalblättrige Wintererbsen ist mit der der Sommererbse sowie der semi-leafless Wintererbsen mindestens vergleichbar. Dabei fielen die Gehalte der Aminosäuren Lysin, Tryptophan und Arginin bei den normalblättrigen Wintererbsen teilweise signifikant höher als bei den semi-leafless Typen aus. Dies ist insbesondere für die Schweine- und Geflügelfütterung von Bedeutung, da dort u.a. die beiden essentiellen Aminosäuren Lysin und Tryptophan

zu den erstlimitierenden gehören. Ferner sind hierbei die Proteinverdaulichkeit und der Gehalt an so genannten sekundären Inhaltsstoffen von Bedeutung.

Der Gesamtphenolgehalt wurde bei den beiden weißblühenden semi-leafless Erbsen an allen Standorten unter 0,3% und bei den buntblühenden normalblättrigen Wintererbsen bis auf WH im Jahr 2007 i.d.R. zwischen 0,8 und 1,2% in der TM bestimmt. In dem genannten Jahr wurden bei allen normalblättrigen Genotypen mit Ausnahme der EU-Sorte Assas Gehalte zwischen 2,5 und 3,4% in der TM vermutlich aufgrund der Vorvorfrucht Grünlupinen analysiert. Bei den kondensierten Tanninen fallen die Analysen i.d.R. auf einem etwas geringeren Niveau ähnlich aus. Bei der Verfütterung an Monogastrier ist v.a. der Gehalt an kondensierbaren Tanninen in der Gesamtration bedeutsam, der i.d.R. unter 1% in der Trockenmasse liegen sollte (ABEL, H.J., Universität Göttingen, mdl. Mitteilung). Von daher sind normalblättrige Wintererbsen als Körnerfutter geeignet, wobei hinsichtlich des Tanningehalts die Fruchtfolgestellung und die Fruchtfolge selber beachtet werden sollten, da diese Stoffgruppe eine Abwehrreaktion der Pflanzen auf Umwelteinflüsse darstellt.

Als weitere Gruppe der wertmindernden Inhaltsstoffe wurde die Trypsininhibitoraktivität analysiert. Auch hier wurden bei der EFB 33 und den Herkünften mit etwa 2 – 4 mg g⁻¹ eine etwa doppelt so hohe Aktivität wie bei der Sommererbse Santana in allen vier geprüften Umwelten vorgefunden. Dieser Unterschied war in der statistischen Analyse signifikant. Auch VALDEBOUZE et al. (1980) bestimmten bei einer runzigen Wintererbse (wie z.B. EFB) etwa eine doppelt so hohe Trypsininhibitoraktivität als bei glattschaligen Sommererbsen (wie z.B. Santana).

Hinsichtlich der wertbestimmenden Inhaltsstoffe waren die EFB 33 und die Herkünfte mindestens mit der Sommererbse Santana vergleichbar, wobei sie bei drei Aminosäuren teilweise signifikant höhere Gehalte aufwiesen. Dagegen waren die wertmindernden Inhaltsstoffe kondensierte Tannine und die Trypsininhibitoraktivität deutlich stärker in diesen buntblühenden, normalblättrigen Genotypen als bei der weißblühenden Sommererbse enthalten.

3.6 Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

Wie schon unter 1.1 dargestellt wurden zur Verbreitung der Ergebnisse vielfältige Maßnahmen ergriffen: Es wurden Vorträge gehalten, Artikel und wissenschaftliche Beiträge verfasst, sowie Feldrundgänge auf den Versuchsstandorten durchgeführt. Außerdem wurde auf den DLG-Feldtagen 2004 in Dummerstorf bei Rostock und 2006 auf dem Baiersröderhof bei Hanau über die Möglichkeiten des Wintererbsenanbaus informiert und mit Hilfe von Demonstrationsparzellen einem breitem Publikum verschiedene Genotypen gezeigt. Dazu wurde das Projekt im Rahmen der Veröffentlichungen der Universität Kassel z.B. im Forschungsbericht online oder in den jährlich erscheinenden Projekt- und Feldversuchsführern für die Domäne Frankenhausen dargestellt und in die Lehre integriert. Es wurden drei Diplom- und fünf Projektarbeiten zu den Wintererbsen an der Universität Kassel verfasst, wobei im Rahmen einer Projektarbeit von der Studentin Marie Emanuel im Modul „e-learning“ eine Homepage zu Wintererbsen erstellt wurde (http://www.wiz.uni-kassel.de/foel/projekt_wintererbse.html). Weiterhin wurden bei den studentischen Frankenhaustagen in 2006 und 2007 im Gemeinerversuch zum Optimalen Aussaatzeitpunkt die Ertragsparameter zum Zeitpunkt des Drusches den Studierenden des 1. und 2. Semesters in Kleingruppen erläutert.

Die Vorträge, Feldrundgänge, Artikel und Beiträge werden im Folgenden einzeln aufgezählt:

1. Vorträge für Berater, Praktiker und interessierte Personen:

- Vortrag zu Wintererbsen am 16.6.2004 im Rahmen der Feldtage des Hessischen Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft und Gartenbau und der Universität Kassel auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen
- Vortrag zu Wintererbsen am 12.10.04 in Seddin bei Potsdam im Rahmen der Beratertagung, organisiert von der SÖL
- Vortrag zu Wintererbsen in Meißen bei Dresden im Rahmen einer GÄA-Veranstaltung am 4.2.2005
- Vortrag zu Wintererbsen zusammen mit Jochen Wack (Landwirt aus dem Saarland) am 20.4.2006 in Witzenhausen im Rahmen der Feierlichkeiten zum 25 jährigem Bestehen des Fachgebietes Ökologischem Land- und Pflanzenbau an der Universität Kassel
- Vortrag zu Wintererbsen am 12.7.2006 im Rahmen der Feldtage des Landesbetriebes Landwirtschaft Hessen und der Universität Kassel auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen
- Vortrag zu Wintererbsen am 21.11.2007 in Hameln-Hilligsfeld im Rahmen einer Naturland-Veranstaltung

2. Feldrundgänge mit Beratern, Praktikern und interessierten Personen:

- am 16.6.2004 im Rahmen des Feldtages des Landesbetriebes Landwirtschaft Hessen und der Universität Kassel in Frankenhausen (mit Vortrag zu Wintererbsen)
- am 29.6.2004 Führung einer Gruppe von Landwirten aus Baden-Württemberg über die Versuche in Frankenhausen, Kontakt Beratungsdienst Ökologischer Landbau in Rottenburg (Jochen Fritz)
- am 30.6.05 im Rahmen des Feldtages der Fachhochschule Osnabrück auf dem Waldhof
- am 5.7.2005 im Rahmen des Feldtages zum Misanbau der Universität Göttingen (Projekt „Erzeugung von Weizen mit hoher Backqualität im Gemengeanbau mit Winterackerbohne und Wintererbse im Ökologischen Landbau, Nr. 03OE050) und der Universität Kassel (EU-Projekt „Intercrop – Misanbau von Sommerannuellen im Ökologischen Landbau“ und diesem Wintererbsenprojekt) auf den Versuchsstandorten Reinshof bei Göttingen und Frankenhausen
- am 12.7.2006 im Rahmen des Feldtages des Landesbetriebes Landwirtschaft Hessen und der Universität Kassel in Frankenhausen (mit Vortrag zu Wintererbsen)
- am 26.6.2007 Führung der AG Versuchsansteller im Ökologischem Landbau über die Versuchsflächen in Frankenhausen

3. Artikel in Fachzeitschriften zum Ökologischen Landbau und zur konventionellen Landwirtschaft sowie landwirtschaftlichen Wochenblättern:

- Graß, R., C. Schüler und P. Urbatzka (2004): Die Wiederentdeckung der Wintererbse. Bioland 04/2004, S. 12
- Graß, R., Urbatzka, P. und C. Schüler (2005): Körner, Grünfutter, Silage oder Biogas? Die Wiederentdeckung der Wintererbse und ihre Nutzungsmöglichkeiten. Landwirtschaft ohne Pflug 6, S. 24-28
- Dahlmann, C., Urbatzka, P. (2006): Misanbau von Getreide und Körnerleguminosen. Lebendige Erde 5/2006, S. 36-39
- Graß, R., P. Urbatzka und C. Schüler (2006): Praxiserfahrungen mit dem Wintererbsenanbau. Bioland 3/2006, S. 8-9

- Graß, R., Urbatzka, P., Schüler, C., Trautz, D., Schliephake, U. (2007): Neue Sorten aus alten Herkünften - Die Wiederentdeckung der Wintererbse und ihrer Möglichkeiten. LW-Hessenbauer, 11
 - Graß, R., Urbatzka, P., Schüler, C., Trautz, D., Schliephake, U. (2007): Alternative für den Acker. Land und Forst 38, S. 19-21
4. Beiträge zu verschiedenen wissenschaftlichen Tagungen (Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, VDLufa-Kongress und IFOAM Organic World Congress):
- Urbatzka, P., Graß, R., Schüler, C. (2005): Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für den Ökologischen Landbau am Beispiel von Wintererbsen. In: Heß, J. und G. Rahmann (Hrsg.), 2005: Ende der Nische – Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, S. 59-60
 - Urbatzka, P., Graß, R., Schüler, C. (2005): Prüfung alter Wintererbsengenotypen in Rein- und Gemengesaat. Mitt. Ges. Pfl. 17, S. 26–27
 - Urbatzka, P., Graß, R., Schüler, C., Trautz, D., Schliephake, U., Heß, J. (2007): Ermittlung der Futterqualität verschiedener Wintererbsengenotypen in Rein- und Gemengesaat zur Nutzung als nachwachsender Rohstoff, als Grünfutter und als Druschfrucht. VDLufa-Schriftenreihe 63. Beitrag zum 119. VDLufa-Kongress vom 18.9. bis 21.9.2007 in Göttingen
 - Urbatzka, P., Graß, R., Schüler, C., Trautz, D., Schliephake, U., Heß, J. (2008): Grain yield of different winter pea genotypes in pure and mixed stands. Beitrag zum 16th IFOAM Organic World Congress vom 16.6 bis 20.6. 2008 in Modena, Italien (angenommen als Vortrag)

4 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt fünf Versuche (Sortenversuch, Versuche zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in Rein- und Gemengesaat, Standortversuche in Rein- und Gemengesaat) auf fünf verschiedenen Standorten (Frankenhausen, Hebenshausen, Waldhof, Giengen und Norden) angelegt.

4.1.1 Sortenversuch

Der Sortenversuch wurde in der Vegetationsperiode 03/04 auf den beiden Versuchsstandorten der Universität Kassel Frankenhausen (DFH; 70 - 80 Bodenpunkte, Lehm mit Lößauflage) und Hebenshausen (HEB; 80 Bodenpunkte, Lehm) und in den Perioden 04/05 bis 06/07 in Frankenhausen und auf dem Versuchsbetrieb der Fachhochschule Osnabrück Waldhof (WH; 40 Bodenpunkte, lehmiger Sand) durchgeführt. In diesem Versuch wurden über alle Vegetationsperioden vier Herkünfte von Wintererbsen aus der Genbank Gatersleben mit jeweils zwei französischen EU-Sorten Assas und Cheyenne (in 04/05 – 06/07) bzw. Spirit (in 03/04), mit der deutschen EU-Sorte EFB 33 und der Sommererbse Santana in Reinsaat und zwei substitutiven Gemengestufen (1/4 und 1/2 der Erbsenaussaatstärke in Reinsaat) mit Winterroggen bzw. Sommergerste (in 03/04 Sommerhafer) auf ihre Anbauwürdigkeit im System ökologischer Landbau geprüft. Bei den beiden Sorten Santana und Cheyenne (bzw. Spirit) handelt es sich um moderne semi-leafless Erbsen der Convarietät *sativum*; die anderen sechs sind normalblättrige Typen der Convarietät *speciosum*. Die vier Herkünfte stammen aus Deutschland (Nischkes Riesengebirgs, Württembergische), Ungarn (Unrra) sowie vom Balkan (Griechenland) und sind aus insgesamt 43 verschiedenen Populationen in vorangegangenen Versuchen nach Winterhärte und pflanzenbaulichen Eigenschaften ausgewählt worden (URBATZKA 2002, 2003).

Die **Entwicklungsstadien** vor Winter betragen in den Vegetationsperioden 03/04 und 04/05 BBCH 13 – 15, während in den Jahren 2005 bzw. 2006 jeweils aufgrund der milden Herbstwitterung BBCH 17 bzw. 18 erreicht wurden.

In den ersten beiden Vegetationsperioden wurden mit Ausnahme der Reinsaaten in DFH03/04 keine nennenswerten bis leichte **Auswinterungsschädigungen** festgestellt. In DFH 03/04 wurden in Reinsaat bei allen Wintererbsengenotypen eine signifikante Auswinterung bestimmt, so dass in diesem Winter die Erbsen im Gemenge mit Roggen vermutlich frostgeschützter als in Reinsaat waren (vgl. RÖMER und LENTZ 1921). Im harten Winter 05/06 und im sehr milden Winter 06/07 wurde bei der EU-Sorte Cheyenne auf beiden Standorten fast immer ein nahezu komplettes Auswintern der Bestände bonitiert. Auch bei der französischen Sorte Assas war in DFH05/06 und in WH06/07 nahezu ein Totalausfall festzustellen. Auf dem Standort Waldhof wurden in diesen beiden Wintern bei nahezu allen Varianten signifikante Auswinterungen bestimmt, während in Frankenhausen bei der EFB 33 und den vier Herkünften nur leichte Auswinterungsschäden bonitiert wurden. Die beiden westeuropäischen Sorten erreichten immer (Cheyenne) bzw. teilweise (Assas) im Frühjahr dieser beiden Vegetationsperioden auf beiden Standorten eine signifikant geringere korrigierte Anzahl an Pflanzen m⁻² als die EFB 33 und die vier Herkünfte. Dieses Ergebnis bestätigte die größere Winterhärte der letztgenannten Genotypen, welche auch schon im Projekt 02OE556 „Untersuchung verschiedener Wintererbsenherkünfte auf ihre Winterhärte und ihre Anbauwürdigkeit im Ökologischen Landbau“ festgestellt wurde (URBATZKA et al. 2005).

Beim **Grünschnitt** zu Blühbeginn lag der Gesamtertrag im Gemenge mit normalblättrigen Wintererbsen mit etwa 60 - 90 dt TM ha⁻¹ in Frankenhausen, mit über 100 in Hebenshausen und etwa 40 - 60 dt TM ha⁻¹ auf dem Waldhof zum Großteil signifikant höher als der Erbsenertrag dieser Varianten in Reinsaat mit etwa 40 – 60 dt TM ha⁻¹ in Frankenhausen, mit ca. 60 - 80 in Hebenshausen und ungefähr 30 - 50 dt TM ha⁻¹ auf dem Waldhof. Dagegen wurden in Reinsaat signifikant bessere Qualitäten mit etwa 15 – über 20 % Rohprotein und 5,0 bis 5,7 MJ NEL gegenüber etwa 8 - 10% und 4,4 – 4,6 MJ NEL in der TM bei den Gemengevarianten bestimmt. Grund hierfür war die relativ schlechte Qualität des Roggens mit ca. 6% Rohprotein und etwas über 4 MJ NEL in der TM sowie mit Ausnahme von WH04/05 die geringen Erbsenanteile von z.T. deutlich unter 30%. Die Ertragshöhe bei der Sorte EFB 33 in Reinsaat fiel bei durchschnittlichen Rohprotein- aber etwas geringeren Energiegehalten in DFH vergleichbar zu denen in Versuchen in den Jahren 1999 - 2002 aus (GRAß 2003). Die Erträge der semi-leafless Erbsen Santana, Cheyenne bzw. Spirit in Reinsaat waren bei vergleichbaren Qualitäten deutlich geringer. Bei der Gruppe der normalblättrigen Wintererbsen wurden bei der Herkunft aus Griechenland häufig tendenziell höhere Biomasseerträge als bei den anderen Genotypen bestimmt.

Der **Kornertrag** der normalblättrigen Wintererbsen auf dem Standort DFH im Gem2 fiel der Aussaatmenge entsprechend höher als im Gem1 aus, wobei dieser in den ersten beiden Vegetationsperioden bei etwa 25 bis 40 dt ha⁻¹ lag, während in den letzten beiden Perioden ca. 5 – 20 dt ha⁻¹ erreicht wurden. Grund hierfür war wahrscheinlich die unterschiedliche Konkurrenzkraft des Roggens, die v.a. je nach Stickstoffverfügbarkeit unterschiedlich ausfiel. Diese war in den Jahren 2006 und 2007 aufgrund der Vorfrüchte Kartoffel bzw. Möhren und der milden Herbstwitterungen höher als in den Vorjahren mit den Vorfrüchten Getreide in abtragender Fruchtfolgestellung und einem durchschnittlichen Temperaturverlauf in den Herbstmonaten. Im Gemenge wurden demnach in den Perioden 05/06 sowie 06/07 höhere Roggenerträge im Gemenge mit 30 – über 60 dt ha⁻¹ als in den Vorjahren mit 15 – 40 dt ha⁻¹ erreicht. Von den normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat wurden auf diesem Standort in den Perioden 03/04 sowie 04/05 Erträge von ca. 10 – 20 dt ha⁻¹ erzielt, während diese aufgrund der geringen Niederschlagsraten in Juni und Juli 2006 und somit für einen Erbsenanbau günstigeren Bedingungen bei 20 – 30 dt ha⁻¹ bestimmt wurden. Die Sorte Santana erzielte mit 19 bzw. 13 dt ha⁻¹ in den Jahren 2004 bzw. 2007 geringere Ertragshöhen als in den beiden anderen Jahren mit etwa 33 dt ha⁻¹. Ursache war in 2004 ein starke Verunkrautung der konkurrenzschwachen semi-leafless Sommererbse mit verursacht von einem verzögerten Feldaufgang aufgrund von einer Schädigung durch Hasenfraß und in 2007 aufgrund der ungünstigen Witterungsverhältnisse (vgl. BÄUMER 1986). Der Erbsenkornertrag zwischen der EFB 33 und den Herkünften im Gem2 war insgesamt mit dem der Sommererbse vergleichbar, wobei bei den Winterungen allerdings keine Probleme mit dem Beikrautdruck festgestellt wurden und die Gesamterträge inklusive des Roggens deutlich höher ausfielen. Bei den normalblättrigen Wintererbsen wurde von der griechischen Herkunft häufig der höchste Erbsenkornertrag erzielt, wobei dieser Sachverhalt nicht statistisch abzusichern war.

Auf dem Waldhof lag der Kornertrag bei den normalblättrigen Wintererbsen im Gemenge im Sommer 2006 zwischen 10 – 20 dt ha⁻¹ und im Jahr 2007 bei ca. 20 dt ha⁻¹. Im ersten Jahr wurden im Gem2 höhere Ertragsmengen als im Gem1 ermittelt, während im Sommer 2007 diese auf demselben Niveau gemessen wurden. Hinzu kam ein Roggenertrag von jeweils ca. 15 – 25 dt ha⁻¹, so dass die Gesamterträge zwischen 30 und 40 dt ha⁻¹ betragen. In Reinsaat wurden in der Periode 05/06 aufgrund der geringen Niederschlagsraten in den Monaten Juni

und Juli Erbsenkornträge von 20 – 25 dt ha⁻¹ erzielt, während in dem niederschlagsreichen Sommer 2007 diese bei ca. 10 dt ha⁻¹ festgestellt wurden. Bei der Sommererbse Santana wurden in Reinsaat in allen Vegetationsperioden zwischen 10 und 15 dt ha⁻¹ geerntet. Somit fiel der Erbsenkorntrag bei der Sommerung geringer als bei der EFB 33 und den Herkünften im Gemengeanbau aus. Hinzu kam bei den Winterungen noch der Roggenertrag. Außerdem wurden bei den Wintererbsen-Winterroggen-Gemengen im Gegensatz zur Sommererbse nahe zu keine Probleme beim Beikrautauflaufen verzeichnet.

Die **Kornqualität** hinsichtlich der wertbestimmenden Inhaltsstoffe ist bei der EFB 33 und den vier Herkünften mindestens vergleichbar mit denen der Sommererbse, wobei in diesen Winterungen aber ein deutlich höherer Anteil an wertmindernden Inhaltsstoffen vorgefunden wurde. Die Rohproteingehalte der normalblättrigen Wintererbsen in Reinsaat fielen mit 26,5 – 28% in der TM signifikant höher als bei Santana mit 24,8% in der TM aus, während sie im Gemengeanbau mit etwa 25 – 26% in der TM auf dem gleichen Niveau analysiert wurden. Bei der Zusammensetzung der Aminosäuren wurden bei der EFB 33 und den vier Herkünften teilweise signifikant höhere Gehalte beim Lysin, Tryptophan und Arginin als bei der Sommererbse vorgefunden. Dies ist insbesondere für die Schweine- und Geflügelfütterung von Bedeutung, da dort u.a. die beiden essentiellen Aminosäuren Lysin und Tryptophan zu den erstlimitierenden gehören. Bei den übrigen Aminosäuren wurden keine Unterschiede innerhalb des geprüften Spektrums festgestellt.

Als wertmindernde Inhaltsstoffe wurde bei der EFB 33 und den vier Herkünften mit 2 – 4 mg g⁻¹ eine etwa doppelt so hohe Trypsininhibitoraktivität als bei der Sommererbse vorgefunden. Auch der Gehalt an kondensierbaren Tanninen war bei diesen Wintererbsen mit etwa 0,5 – 3% in der TM deutlich höher als bei der nahezu tanninfreien Sorte Santana.

4.1.2 Versuche zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in Rein- und Gemengesaat

In diesem Versuch wurden drei Herkünfte aus der Genbank Gatersleben (Griechenland, Nischkes Riesengebirgs, Württembergische) mit drei EU-Sorten (Assas, Cheyenne, EFB 33) hinsichtlich drei unterschiedlicher Saattermine (ST1 Mitte September, ST2 Ende September/Anfang Oktober, ST3 Mitte Oktober) auf der Domäne Frankenhausen geprüft, da ein optimaler Aussaatzeitpunkt bisher für die klimatischen Bedingungen in Deutschland unbekannt ist. In Reinsaat wurden 80 kf. Körner Erbsen m⁻² und im Gemenge 20 kf. Körner Erbsen und 225 kf. Körner Roggen m⁻² ausgesät. Das Gemenge entspricht dem Gem1 im Sortenversuch in DFH.

Die **Entwicklungsstadien** vor Winter betragen im ST1 BBCH 17 – 19, im ST2 BBCH 13 – 17 und im ST3 BBCH 11 – 14, wobei in der Vegetationsperiode 04/05 die geringsten und in 06/07 die höchsten Stadien bonitiert wurden.

Die beiden französischen Wintererbsen Cheyenne und Assas wurden in allen drei Vegetationsperioden im ST1 deutlich stärker bis hin zu Totalausfällen als die anderen vier Genotypen geschädigt. Im ST2 lagen die **Auswinterungsraten** der westeuropäischen Erbsen bis auf im Winter 04/05 ebenfalls höher, während sie im ST3 mit Ausnahme der Vegetationsperiode 05/06 vergleichbar zu der EFB 33 und den drei Herkünften ausfielen. Dies bekräftigte noch einmal die größere Winterhärte der EFB 33 und der Herkünfte.

Die **Grünerträge** beim Schnitt zu Blühbeginn fielen in den Vegetationsperioden 04/05 und 05/06 bei den Herkünften in Reinsaat und der EFB 33 im ST1 mit 45 bis 65 dt TM ha⁻¹ deutlich höher als zu den anderen beiden Saatterminen mit 30 bis 40 bzw. 20 bis 30 dt TM ha⁻¹

aus. Grund hierfür ist eine deutlich höhere Anzahl an basalen Verzweigungen und eine größere Einzelpflanzenlänge im ST1. Im Frühjahr 2007 wurden im ST1 und ST2 mit etwa 40 – 50 dt TM ha⁻¹ die größeren Ertragsmengen als im ST3 mit 30 – 40 dt TM ha⁻¹. Somit ist aus den Ergebnissen für eine Grünnutzung Mitte September als optimaler Saattermin abzuleiten.

Die Erbsenanteile dieser Genotypen lagen beim **Kornertrag** in beiden Jahren wie beim Sortenversuch bei ca. 5 - 10 dt ha⁻¹, wobei im ST2 in der Vegetationsperiode 05/06 und im ST3 in 06/07 die höchsten Erträge erzielt wurden. Der Roggenertrag dieser Varianten wurde mit Ausnahme des ST3 im Sommer 2007 bei 40 – 50 dt ha⁻¹ bestimmt. Hier lag er aufgrund der geringerer ausfallenden Ertragsparameter vermutlich als Folge des nahe zu niederschlagsfreien Aprils bei 14 dt ha⁻¹. Wie beim Sortenversuch auch war der Roggen aufgrund der milden Herbstwitterung und der hohen Stickstoffverfügbarkeit zumeist der ertragsbestimmende Faktor. Vermutlich war für das Roggen-Erbsen-Gemenge eine Aussaat Mitte September aufgrund des stark bestockten Roggens als zu früh und eine Aussaat Mitte Oktober aufgrund der geringeren Stützwirkung des Roggens als zu spät anzusehen. Somit wäre eine Aussaat von Ende September bis Anfang Oktober zu präferieren, welche mit dem empfohlenen Saattermin von Roggen in Nordhessen übereinstimmt. Aufgrund der lediglich zweijährigen Ergebnisse und der ungewöhnlichen Witterung in der Vegetationsperiode 06/07 ist diese Empfehlung aber als vorläufig zu betrachten.

4.1.3 Standortversuche

Auf den beiden Standorten Giengen in Baden-Württemberg und Norden in Niedersachsen wurden in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Versuchsansteller im Ökologischen Landbau in der Vegetationsperiode 06/07 die EU-Sorte EFB 33 und vier Herkünfte (Griechische, Nischkes Riesengebirgs, Unrra und Württembergische) in Rein- und Gemengesaat mit Roggen auf ihre Anbauwürdigkeit in anderen Regionen geprüft. Es wurden im Gemenge 40 kf. Körner Erbsen und 150 kf. Körner Roggen m⁻² ausgesät, während die Saatstärke in Reinsaat 80 kf. Körner m⁻² betrug. Das Aussaatverhältnis entspricht dem des Gem2 im Sortenversuch auf dem Standort DFH.

Die **Überwinterungsleistung** in den Versuchen fiel auf den beiden Standorten sehr verschieden aus: Während in Giengen keine nennenswerte Auswinterung festgestellt wurde, wurde in Norden bei allen Genotypen eine signifikante Verringerung der korrigierten Anzahl an Pflanzen bonitiert. Hier waren die Erbsenpflanzen in Reinsaat mit einer Überwinterungsrate von ca. 30% so stark geschädigt, dass der Versuch vollständig aufgegeben werden musste. Im Gemengeanbau betrug die Überwinterung ungefähr 50%. Da es auf diesen Standort kaum Frost gab, war vermutlich das Absterben der Erbsen eine Folge der hohen Niederschlagsrate in den Wintermonaten, welche zu einer Art Staunässe führte. Hierauf reagiert diese Kultur empfindlich (vgl. GEISLER 1983).

Der **Grünertrag** auf dem Standort Giengen fiel mit über 100 dt TM ha⁻¹ höher als in den anderen Versuchen aus. Dies ist mit einem deutlich höherem TS-Gehalt von über 20% zu erklären. Beim Rohproteingehalt wurden mit über 20 in der TM überdurchschnittliche Prozentwerte und mit einer Energiedichte von ca. 5,4 MJ NEL in der TM durchschnittliche Qualitäten erreicht, wobei zwischen den Genotypen nahe zu keine Unterschiede festzustellen waren.

Beim **Kornertrag** wurden auf beiden Standorten im Vergleich zu den anderen Ergebnissen relativ geringe Ertragshöhen erzielt. In Norden wurden Gesamterträge von ca. 15 dt ha⁻¹ mit einem Erbsenanteil von ca. einem Drittel geerntet. Hier konnten sich die Bestände aufgrund

der feuchten Winterwitterung nur schwach etablieren und dazu gab es kurz vor dem Drusch einen Sturmschaden. In Giengen lag der Gesamtertrag bei etwa 15 – 20 dt ha⁻¹, wobei der Erbsenanteil ca. 80% betrug. Der geringe Roggenanteil war mit dem schlechten Feldaufgang des Getreides aufgrund eines klutigen Saatbettes und der für Roggen zu hohen Ablagetiefe zu erklären. Dadurch konnte das Getreide nur eine geringe Stützfunktion für die Erbsen leisten. Dies führte vermutlich auch bei dieser Kultur zu Mindererträgen, so dass das einjährige Ergebnis zum Kornertrag als nicht repräsentativ anzusehen ist.

5 Gegenüberstellung geplanter zu erreichten Zielen

Die Arbeitsschritte konnten in allen Versuchen weitestgehend wie geplant durchgeführt werden. Eine Übersicht über die verschiedene Versuchsschädigungen ist in Tab. 53 dargestellt. Weiterhin sei auf die drei Zwischenberichte für die Jahre 2004, 2005 und 2006 verwiesen.

Wie in den Kapiteln 3.1.4, 3.2.3 und 3.3.3 beschrieben, wurden bei den französischen Wintererbsen Cheyenne und Assas sehr hohe Auswinterungsschäden festgestellt, so dass als Folge nahezu alle Varianten der semi-leafless Erbse Cheyenne in den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 und die Parzellen mit der Sorte Assas in der Periode 05/06 in Frankenhausen und in 06/07 auf dem Waldhof aufgegeben werden mussten. Weiterhin konnten aufgrund von Schädigungen v.a. durch Tauben und Mäusen die Kulturen nicht in allen Jahren in jeder Varianten gedroschen werden. Im Sortenversuch waren hiervon in WH04/05 mit nahezu alle Varianten, die Sorte Cheyenne in Reinsaat in DFH04/05 sowie alle Reinsaat in DFH 06/07 betroffen. Die Kornqualitäten der Erbsen wurden in WH04/05 aus einer Mischprobe aller Varianten analysiert. Aber auch im der Versuch zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in Reinsaat konnte im Sommer 2005 deswegen der Korndrusch nicht durchgeführt werden. Als Folge wurde das Projektes um eine Vegetationsperiode verlängert und zusätzlich der Versuch zum Optimalen Aussaatzeitpunkt im Gemenge zum Korndrusch in den Vegetationsperioden 05/06 und 06/07 auf dem Standort Frankenhausen angelegt.

Dazu wurden in der Vegetationsperiode die Standortversuch in Giengen und Norden in der Periode 06/07 durchgeführt, um die Leistungen der Sorte EFB 33 und der vier Herkünfte an weiteren Standorten zu überprüfen. In Norden musste aufgrund der sehr starken Schädigung der Erbsen in Reinsaat wahrscheinlich über Winter als Folge von Staunässe dieser Versuch aufgegeben werden (siehe auch 3.4.3).

Tab. 53: Übersicht über Versuchsschädigungen im Projektverlauf

Versuch	betroffene Varianten	Ursache
SV WH 04/05	Korndrusch bei nahezu allen Varianten bis auf Sommerung und Cheyenne im Gemenge	Taubenfraß und anhaltend nasse Witterung
SV DFH 04/05	Korndrusch bei Cheyenne in Reinsaat	Taubenfraß
AZP DFH 04/05 in RS	zum Korndrusch alle Varianten (ST1 komplett, ST2/ST3 sehr stark)	ST1 Blattläuse, ST2/ST3 Mäuse- und Taubenfraß
SV DFH 05/06	Auswinterung von Cheyenne und Assas	Witterung
SV WH 05/06	Auswinterung von Cheyenne	Witterung
AZP DFH 05/06 in RS und Gem	Auswinterung von Cheyenne und Assas in allen drei Saatterminen	Witterung
SV DFH 06/07	Auswinterung von Cheyenne	Witterung
SV DFH 06/07	Korndrusch Reinsaat mit Ausnahme Santana	Mäusefraß
SV WH 06/07	Auswinterung von Cheyenne und Assas	Witterung
AZP DFH 06/07 in RS und Gem	Auswinterung von Cheyenne im ST1 und ST2	Witterung
Versuche Norden, NS 06/07	teils Absterben über Winter in den Versuchen und zusätzlich im Gemengeversuch Sturmschaden	Witterung

Alle anderen Arbeitsschritte konnten mit Ausnahme der Aufnahme von den Bestandesdichten im März aufgrund einer Schneebedeckung in der Vegetationsperiode 05/06 und als Fol-

ge der sehr nassen Witterung in der Periode 06/07 bei allen Versuchen wie geplant erledigt werden. Da aber im April diese Aufnahme wie geplant durchgeführt werden konnte, konnte die Auswinterungsraten der einzelnen Varianten in jedem Versuch bestimmt werden.

5.1 Balkenpläne

Im Folgenden werden die einzelnen Arbeitsschritte für die Sortenversuche in Tab. 54, für die Versuche zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in Tab. 55 und für die Standortversuche in Tab. 56 dargestellt. Diese konnten wie oben beschrieben weitestgehend wie geplant durchgeführt werden. Im September 2007 bis zum Januar 2008 wurden die Aufarbeitung der Proben sowie die Gesamtauswertung und das Verfassen dieses Berichtes fortgesetzt bzw. durchgeführt.

Tab. 54: Arbeitsplan für die Sortenversuche in den Vegetationsperioden 03/04, 04/05, 05/06 und 06/07 je auf den Standorten Frankenhausen, Hebenshausen, Waldhof

Arbeitsgänge/Monate	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Bodenbearbeitung + Versuchsvorbereitung	X	X										
Allgemeine Bodenuntersuchung zur Aussaat	X	X										
N _{min} – Probenahme zur Aussaat	X	X										
Aussaat	X	X										
Auszählen der Bestandesdichten im Herbst		X		X								
Bonituren der Vegetation im Herbst		X	X	X								
N _{min} – Probenahme über Winter							X					
Auszählen der Bestandesdichten							X	X				
Bonituren der Vegetation Winter bis Sommer							X	X	X	X	X	
Grünernte der Wintererbsen									X	X		
Futter- und Stickstoffuntersuchung										X	X	
N _{min} – Probenahme zur Grünernte									X	X		
Körnerernte der Wintererbsen											X	
Futter- und Stickstoffuntersuchung											X	X
N _{min} – Probenahme zur Körnerernte											X	
Feldrundgänge mit Praktikern etc.									X	X	X	
Auswertung	X	X	X	X	X	X						X

Tab. 55: Arbeitsplan für die Versuche zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in den Vegetationsperioden 04/05, 05/06 und 06/07 in Frankenhausen

Arbeitsgänge/Monate	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Bodenbearbeitung + Versuchsvorbereitung	X	X										
Allgemeine Bodenuntersuchung zur Aussaat	X	X										
N _{min} – Probenahme zur Aussaat	X	X										
Aussaat Versuche "Aussaatzeitpunkt"	X	X										
Auszählen der Bestandesdichten im Herbst		X		X								
Bonituren der Vegetation im Herbst		X	X	X								
Auszählen der Bestandesdichten							X	X				
Bonituren der Vegetation Winter bis Sommer							X	X	X	X	X	
Grünernte der Wintererbsen									X	X		
Körnerernte der Wintererbsen											X	
Feldrundgänge mit Praktikern etc.									X	X	X	
Auswertung	X	X	X	X	X	X						X

Tab. 56: Arbeitsplan für die Standortversuche in der Vegetationsperiode 06/07 in Giengen und Norden

Arbeitsgänge/Monate	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Bodenbearbeitung + Versuchsvorbereitung	X	X										
Allgemeine Bodenuntersuchung zur Aussaat	X	X										
N _{min} – Probenahme zur Aussaat	X	X										
Aussaat Versuche "Aussaatzeitpunkt"	X	X										
Auszählen der Bestandesdichten im Herbst		X		X								
Bonituren der Vegetation im Herbst		X	X	X								
Auszählen der Bestandesdichten								X				
Bonituren der Vegetation Winter bis Sommer								X	X	X	X	
Grünernte der Wintererbsen									X	X		
Körnerernte der Wintererbsen											X	
Auswertung												X

5.2 Weiterführende Fragestellung

Für eine Umsetzung in die Praxis des Ökologischen Landbaus sind deutschlandweite Versuche mit Wintererbsen unbedingt erforderlich, da für die geprüften Wintererbsengenotypen eine unterschiedliche Überwinterung in verschiedenen Regionen bestimmt wurde. Bei den einjährigen Standortversuchen wurden in Norden (Niedersachsen) hohe und in Giengen (Baden-Württemberg) keine nennenswerten Auswinterungsraten festgestellt. Da bei dem Versuch im Norden dies wahrscheinlich eine Folge von Staunässe aufgrund der feuchten Winterwitterung und nicht durch Frosteinwirkung war, ist dieses Jahr zudem als nicht repräsentativ einzuschätzen. Zudem fielen die Kornerträge der Erbsen aufgrund der unterschiedlichen Überwinterung auf diesen Standorten verschieden aus. Aufgrund der einjährigen Ergebnisse lassen sich aber auch hier keine Empfehlungen für die Praxis ableiten. Dies ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da in der praktischen Landwirtschaft des Ökologischen Landbaus der Anbau von Sommererbsen aufgrund der Beikrautproblematik rückläufig ist, obwohl gerade Körnerleguminosen auf dem Markt nachgefragt werden und die Preise im Vergleich zu den Vorjahren stark angestiegen sind.

Nach den Erfahrungen in verschiedenen Versuchen an der Universität Kassel ist Winterroggen der günstigste Mischungspartner für normalblättrige Wintererbsen. In Süddeutschland wird aber von Praktikern der Anbau von Triticale dem Roggen vorgezogen, da diese in der Regel die besseren Futterqualitäten aufweist. Weiterhin wurde im Rahmen dieses Projektes festgestellt, dass von der EU-Sorte EFB 33 im Vergleich zu einigen Herkünften wie z.B. der Griechischen beim Roggen ein etwas früheres Lagern verursacht wird, welches zu Mindererträgen beim Getreide führen kann. Da die Versuche an der Universität Kassel hinsichtlich des Mischungspartners mit dieser Sorte durchgeführt worden sind, könnte Triticale bei anderen Genotypen durchaus als Gemengepartner geeignet sein. Aber auch ein Gemengeanbau mit Winterrüpsen wäre möglich. Weiterhin wäre eine unterschiedliche Eignung der Mischungspartner in verschiedenen Regionen für unterschiedliche Wintererbsengenotypen möglich. Da aber bisher auch zu diesem Sachverhalt keine Versuche deutschlandweit durchgeführt worden sind, besteht hier erheblicher Forschungsbedarf.

Auch bei der Verfütterung insbesondere an Monogastrier ist bisher unklar, ob Sommererbsen oder andere Mischungskomponenten durch normalblättrige Wintererbsen substituiert werden können, da die Gehalte an wertmindernden Inhaltsstoffen bei den Wintererbsen signifikant höher als bei der Sommererbse Santana ausfielen. Hierzu wurde von der Universität

Kassel und der Fachhochschule Waldhof aus Eigenmittel ein Fütterungsversuch mit Legehennen angelegt, in dem die Verfütterung der Wintererbse EFB 33 im Vergleich zu Sommererbsen ausprobiert wird. Werden von den Hennen hierbei mindestens vergleichbare Leistungen aus dem Futter mit Wintererbsen erzielt, sind aber noch weitere Fütterungsversuch notwendig, um einerseits den Praktikern exakte Empfehlungen hinsichtlich der Wahl an Futtermittel geben zu können und andererseits den Anbau von Wintererbsen in der praktischen Landwirtschaft zu forcieren.

6 Literaturverzeichnis

- ANONYMUS; 1997: DLG – Futterwerttabelle für Wiederkäuer. Universität Hohenheim (Hrsg.) 7. erweiterte und überarbeitete Ausgabe; DLG – Verlag, Frankfurt am Main
- ANONYMUS, 2003: Die ackerbaulichen Folgen von Frost und Trockenheit. Pflanzenschutzdienst Wetzlar. Hessenbauer 17
- ANONYMUS, 2007: Landessortenversuche Frankenhausen. Mehrjährige Versuchsergebnisse zu Körnererbsen ökologisch. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, FG Pflanzenproduktion, URL: http://www.llh-hessen.de/landwirtschaft/pflanzenbau/versuchsergebnisse/index_versuche.htm (Stand: 10.1.2008)
- AUFHAMMER, W. 1999: Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- BÄUMER, K., 1986: Zum Einfluß der Witterung auf die Ertragsbildung von Körnerleguminosen. Raps 1, 26 - 30
- BECKER-DILLINGEN, J., 1929: Handbuch des gesamten Pflanzenbaues, Band 3 Handbuch des Hülsenfruchterbaues und Futterbaues. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 34 -65
- BRANDT, M., 2001: Bodenprofile der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen. Arbeitsberichte Nr. 4, Universität Gesamthochschule Kassel, FB11, Fachgebiet Bodenkunde, Witzenhausen
- BRANDT, M., J. HEß und H. WILDHAGEN, 2001: Flächendeckendes Bodenmonitoring auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen – Kartier- und Analyseergebnisse. Arbeitsberichte Nr. 5, Universität Gesamthochschule Kassel, FB11, Fachgebiet Bodenkunde, Witzenhausen
- BUNDESSORTENAMT, 2000: Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Landbuch Verlag, Hannover
- DUFFNER, J., U. JENSEN UND E. SCHUHMACHER, 2004: Statistik mit SAS. 3. Auflage, B. G. Teubner - Verlag, Wiesbaden
- ELERS, B., 2001: Einfluß der Sorte und Bestandesdichte auf Ertrag und Unkrautbesatz bei Futtererbsen. URL: <http://orgprints.org/2201/01/2201-elters-2001-erbse-m%C3%BCnchen.pdf>, Stand: 28.3.2007
- FISCHBECK, G., K.U. HEYLAND und N. KNAUER, 1975: Spezieller Pflanzenbau. Eugen Ulmer-Verlag Stuttgart
- FRUWIRTH, C., 1921: Handbuch des Hülsenfruchterbaues, 3. Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 167 - 185
- GABE, K., 1991: Zur Stickstofffixierung von Inkarnatklée und Wintererbsen in Reinsaat und im Gemengebau mit Roggen unter Berücksichtigung von Nitratauswaschungen und der erweiterten Differenzmethode. Diplomarbeit Universität Kassel - Witzenhausen
- GEISLER, G., 1983: Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, S. 129 - 150
- GRAß, R., 2001: Spät- und Direktsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht zur Reduzierung von Umweltgefährdungen bei Optimierung der Erträge. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 6.-8. März, Freising-Weihenstephan, S. 163-166.
- GRAß, R., 2003: Direkt- und Spätsaat von Silomais - Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge. Dissertation Universität Kassel – Witzenhausen, Cuvillier-Verlag, Göttingen
- GRAß R., S. GREBE und K. SCHEFFER, 2003: Abschlussbericht des BLE-Projekt 98 UM 108 Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge.

- GRAB, R. und K. SCHEFFER, 2005: Alternative Anbaumethoden – Das Zweikulturnutzungssystem, Natur und Landschaft 9/10
- HEBEISEN, T. und R. CHARLES, 2006: Liste der empfohlenen Sorten Eiweisserbsen für die Ernte 2006. Agrarforschung 13 (1), Heftmitte
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. and R. STÜLPNAGEL, 2000: Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant and Soil 218, 215-232
- KIMPEL-FREUND, H., K. SCHMIDTKE, und R. RAUBER, 1998: Einfluss von Erbsen (*Pisum sativum* L.) mit unterschiedlichen morphologischen Merkmalen in Reinsaat und Gemenge mit Hafer (*Avena sativa* L.) auf die Konkurrenz gegenüber Unkräutern. Pflanzenbauwissenschaften, 2, 25 - 36
- KIRCHMEIER, H., R. GEISCHEDER und G. WENDL, 2005: Verfahrenstechniken zur Erzeugung von Silage aus Sommererbsen und Wintererbsen als Maisvorfrucht. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB) in Freising, Heft 6, Eigendruck
- LAJUDIE, E., 2003: Koordinatorin des EU - Projekt pour le developpement protagineux dans EU (GL Pro). Frost damages observed on winter grain legumes in 2003. Schriftliche Mitteilung vom 4.11.2003
- LINDEKE, S., G. MARTENSEN, G. PETERSEN, 2001: N- Fixierung und Biomasseertrag in Abhängigkeit vom Erntetermin der Wintererbse. Projektarbeit Universität Kassel - Witzenhausen
- LÜTKE-ENTRUP, N und P. ZERHUSEN, 1992: Mais und Umwelt. Verlag Dr. Kovac, Hamburg
- MAKKAR, H., K. BECKER, Hj. ABEL und E. PAWELZIK, 1993: Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemicals and protein precipitation methods. J. Sci. Food Agric. 61, 161 - 165
- PIEPHO, H.P. und A. BÜCHSE, 2003: Spaltanlage – Messwiederholung – Dauerversuch: Hinweise zur Auswertung komplexer pflanzenbaulicher Versuche mit gemischten Modellen. URL: <http://www.gpw.uni-bonn.de/skript.pdf>, Stand: 18.1.2007
- PIEPHO, H.P., 2004: Leiter des FG Bioinformatik am Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim. Schriftliche Mitteilung vom 13.12.2004
- PIEPHO, H.P., 2005: Leiter des FG Bioinformatik am Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim. Vortrag vom 8.9.2005 an der Universität Kassel-Witzenhausen
- PIEPHO, H.P., A. BÜCHSE und K. EMMERICH, 2003: A Hitchhiker's Guide to the Mixed Model Analysis of Randomized Experiments. Journal of Agronomy and Crop Science 189, 310 - 322
- PIEPHO, H.P., A. BÜCHSE und K. EMMERICH, 2004: A Mixed Modelling Approach for Randomized Experiments with Repeated Measures. Journal of Agronomy and Crop Science 190, 230 – 247
- PORTER, L.J., L.N. HRSTICH und B.C. CHAN, 1986: The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. Phytochem. 25, 223 – 230
- RÖMER, B. und K. LENTZ, 1921: Grundriß der landwirtschaftlichen Pflanzenbaulehre. Karl Scholze, Leipzig und Berlin, 117 - 122
- SACHS, L., 1992: Angewandte Statistik. 7. Auflage, Springer – Verlag, Berlin
- SCHLIEPHAKE, U., 2006: Versuchsfeldleiterin des Waldhofs, Fachhochschule Osnabrück. Schriftliche Mitteilung vom 15.11.2005 und vom 1.12.2007
- SCHOOLS, J. und G. LANGELAAN, 1994: Lodging and Yield of Dry Peas (*Pisum sativum* L.) as Influenced by Various Mixing Ratios of a Conventional and a Semi- Leafless Cultivar. Journal of Agronomy and Crop Science 172, 207 - 214
- SMITH, C., W. van Megen, L. Twaalfhoven and C. Hitchcock, 1980: The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. J. Sci. Food Agric. 31, 341-350
- STEIKHARDT, H., 1954: Zwischenfruchtbau. Schriftenreihe der deutschen Akademie der Landwirtschaften zu Berlin für die landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften, Heft 53, 11 - 39

- STELLING, D., 1996: Pflanzenzüchtung; in Brinkmann, J. und Hj. Abel (Hrsg.): Potentiale und Perspektiven des Körnerleguminosen Anbaus in Deutschland. UFOP - Schriften, Heft 3, 125 – 159
- STELLING, D., 1997: Dry Peas (*Pisum sativum* L.) Grown in Mixtures with Faba Beans (*Vicia faba* L.) - A Rewarding Cultivation Alternative. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 179, 65 - 74
- URBATZKA, P. 2002: Screening verschiedener Herkünfte von Wintererbsen. Diplomarbeit an der Universität Kassel Witzenhausen
- URBATZKA, P. 2003: Screening ausgesuchter Wintererbsenherkünfte auf ihre Winterhärte und ihre Anbaueignung im ökologischen Landbau. Diplomarbeit an der Universität Kassel Witzenhausen
- URBATZKA P., GRAß R. und SCHÜLER C. (2005): Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für den Ökologischen Landbau am Beispiel der Wintererbsen. HEß J. und RAHMANN G. (Hrsg.): Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 4.-6.3.2005 in Kassel, S. 59 - 60
- VALDEBOUZE, P., E. BERGERON, T. GABORIT and J. DELORT-LAVAL, 1980: Content and Distribution of Trypsin Inhibitors and Hemagglutinins in some Legume Seeds. *Canadian Journal of Plant Science*, 60, 695 - 701
- VÖLKEL, G. und T. SCHINDLER, 2005: Körnererbsen mit Getreidepartner. *Bioland*, 5, 9 - 10

7 Verzeichnisse

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2003/2004, Frankenhausen	8
Abb. 2: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2003/2004, Hebenshausen	9
Abb. 3: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2004/2005, Frankenhausen	10
Abb. 4: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2004/2005, Waldhof	10
Abb. 5: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2005/2006, Frankenhausen	11
Abb. 6: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2005/2006, Waldhof	11
Abb. 7: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2006/2007, Frankenhausen	12
Abb. 8: Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode 2006/2007, Waldhof	13
Abb. 9: Wetterdaten der Wetterwarte Ostalp in Neresheim, Baden-Württemberg (oben) und der Versuchstation Sophienhof in Niedersachsen (unten).....	27
Abb. 10: Überwinterung im Sortenversuch in den Perioden 03/04 und 04/05, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof.....	35
Abb. 11: Überwinterung im Sortenversuch in den Perioden 05/06 und 06/07 auf den Standorten DFH (oben) und WH (mittig) sowie Unterschiede zwischen den Gemengestufen in DFH	37
Abb. 12: Grünertrag Sortenversuch in Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen.....	39
Abb. 13: Beikrautdeckungsgrad beim Getreide in Reinsaat im Sortenversuch, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof	49
Abb. 14: Beikrautdeckungsgrad in Reinsaat, Sortenversuch, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof.....	50
Abb. 15: Beikrautdeckungsgrad in Gem1, Sortenversuch, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof.....	51
Abb. 16: Beikrautdeckungsgrad im Gem2, Sortenversuch, Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof.....	52
Abb. 17: Kornertrag Sortenversuch in Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen;	55
Abb. 18: Gesamtphenolgehalt (oben) und Gehalt an kondensierten Tanninen (unten) im Sortenversuch; Frankenhausen und Waldhof	63
Abb. 19: Trypsininhibitoraktivität im Sortenversuch, Frankenhausen und Waldhof.....	64
Abb. 20: Stickstoffdynamik im Boden nach Vegetationsperioden, Sortenversuch Standort DFH	65
Abb. 21: Stickstoffdynamik im Boden nach Vegetationsperioden, Sortenversuch HEB und WH	66
Abb. 22: Überwinterung im Aussaatzeitpunkt, Reinsaat in der Perioden 04/05 auf dem Standort DFH.....	73
Abb. 23: Überwinterung im Aussaatversuch, Reinsaat in den Perioden 05/06 und 06/07 auf dem Standort DFH.....	73
Abb. 24: Grünertrag Aussaatzeitpunkt in Reinsaat in dt TM ha ⁻¹ , DFH.....	75
Abb. 25: Überwinterung im Aussaatversuch, Gemenge auf dem Standort DFH.....	77
Abb. 26: Kornertrag im Aussaatversuch auf dem Standort DFH.....	78
Abb. 27: Feldaufgang 2006, „Standortversuch“ in Giengen (Baden-Württemberg).....	80
Abb. 28: Feldaufgang 2006, "Standortversuch" bei Norden (Niedersachsen).....	80
Abb. 29: Überwinterung in den Standortversuchen, Norden und Giengen	81
Abb. 30: Grünmasseertrag in der Vegetationsperiode 06/07, Giengen Versuch in Reinsaat;82	
Abb. 31: Beikrautentwicklung in der Vegetationsperiode 06/07 auf den Standortversuchen, Giengen und Norden.....	82
Abb. 32: Kornertrag in den Gemengeversuchen auf den Standorten Giengen und Norden..	83

7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht der Wintererbsengenotypen (Sortenversuch).....	14
Tab. 2: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Sortenversuch 2003/2004	15
Tab. 3: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Sortenversuch 2004/2005	16
Tab. 4: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Sortenversuch 2005/2006	17
Tab. 5: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Sortenversuch 2006/2007	18
Tab. 6: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Versuch Saatzeitpunkt 04/05.....	23
Tab. 7: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Versuch Saatzeitpunkt 05/06.....	24
Tab. 8: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Versuch Saatzeitpunkt 06/07.....	24
Tab. 9: Arbeitsgänge und Zeitpunkte ihrer Durchführung, Versuche in Baden-Württemberg u. Niedersachsen.....	28
Tab. 10: Signifikanztabelle vom Parameter Feldaufgang der Erbsen auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen für den Sortenversuch.....	30
Tab. 11: Feldaufgang der Erbsen im Sortenversuch in Prozent auf den Standorten DFH, WH und HEB, Unterschiede zwischen den Sorten.....	31
Tab. 12: Feldaufgang der Erbsen im Sortenversuch in Prozent auf den Standorten DFH, WH und HEB, Unterschiede im Gemenge	31
Tab. 13: Feldaufgang vom Roggen im Sortenversuch in Prozent auf den Standorten DFH, WH und HEB	32
Tab. 14: Feldaufgang vom Hafer im Sortenversuch in Prozent, DFH, WH und HEB	32
Tab. 15: Entwicklungsstadien (BBCH) im Sortenversuch, DFH, HEB und WH.....	33
Tab. 16: Überwinterung im Sortenversuch; Anzahl Pflanzen m ² (Korrekturfaktor); Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof	36
Tab. 17: Gesamtgrünertrag im Sortenversuch in dt TM ha ⁻¹ , DFH, WH und HEB.....	38
Tab. 18: Gesamt- und Erbsengrünertrag im Sortenversuch in dt TM ha ⁻¹ , DFH, WH und HEB, Unterschiede zwischen Gemengestufen.....	40
Tab. 19: Relativ Yield Totals vom Grünertrag im Sortenversuch; DFH, WH und HEB.....	40
Tab. 20: Prozentuale Anteil Erbsen am Gesamtgrünertrag, Sortenversuch; DFH, WH und HEB.....	41
Tab. 21: Erbsengrünertrag im Sortenversuch in dt TM ha ⁻¹ , DFH, WH und HEB.....	42
Tab. 22: Grünertrag des Getreides in dt TM ha ⁻¹ ; DFH, WH und HEB.....	43
Tab. 23: Grünertrag des Getreides und des Landsberger Gemenges in dt TM ha ⁻¹ ; DFH, WH und HEB	44
Tab. 24: Qualität des Grünschnitts mit Erbsen im Sortenversuch in Prozent TM; DFH, WH und HEB; oben Rohproteingehalt, unten Energiegehalt (MJ NEL)	45
Tab. 25: Qualität des Grünschnitts mit Getreide im Sortenversuch; DFH, WH und HEB; oben Rohproteingehalt (in Prozent TM), unten Energiegehalt (MJ NEL).....	45
Tab. 26: Qualität des Grünschnitts im Sortenversuch; Landsberger Gemenge und Wintererbsen in Reinsaat im Vergleich; DFH, WH und HEB	46
Tab. 27: Beikrautdeckungsgrad im Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof; in Prozent; Unterschiede zwischen Gemengestufen.....	46
Tab. 28: Beikrautdeckungsgrad im Sortenversuch auf dem Standorten Waldhof; in Prozent; Sortenunterschiede.....	47
Tab. 29: Beikrautdeckungsgrad im Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen und Hebenshausen; in Prozent; Sortenunterschiede	47
Tab. 30: Gesamtkornertrag im Sortenversuch in dt ha ⁻¹ (86% TS), DFH, WH und HEB.....	53

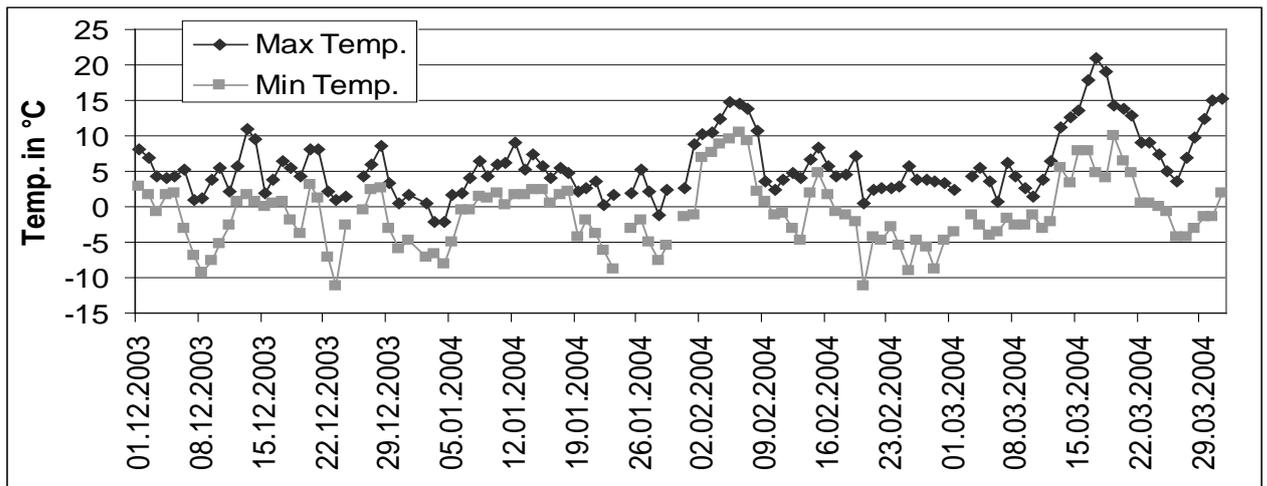
Tab. 31: Gesamt- und Erbsenkornenertrag im Sortenversuch in dt TM ha ⁻¹ , DFH, WH und HEB, Unterschiede zwischen Gemengestufen	54
Tab. 32: Relativ Yield Totals vom Kornenertrag im Sortenversuch; DFH, WH und HEB	56
Tab. 33: Prozentuale Anteil Erbsen am Gesamtkornenertrag, Sortenversuch; DFH, WH und HEB	57
Tab. 34: Erbsenkornenertrag im Sortenversuch in dt ha ⁻¹ (86% TS), DFH, WH und HEB	58
Tab. 35: Roggenkornenertrag ohne Reinsaat im Sortenversuch in dt ha ⁻¹ (86% TS); DFH, WH und HEB; oben Unterschied in Sorte*Umwelt, unten Unterschiede im Gemenge.....	59
Tab. 36: Roggenkornenertrag mit Reinsaat im Sortenversuch in dt ha ⁻¹ (86% TS), DFH, WH und HEB	60
Tab. 37: Kornenertrag vom Sommergetreide im Sortenversuch in dt ha ⁻¹ (86% TS), DFH, WH und HEB	60
Tab. 38: Rohproteingehalt (in Prozent TM, oben) und Energiegehalt (in MJ ME in der TM, unten) der Erbsen im Sortenversuch; DFH, WH und HEB.....	61
Tab. 39: Gehalt Aminosäuren (% in d. TM) der Erbsenkörner; Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof in 2004-2006	62
Tab. 40: Stickstoffdynamik im Boden, Sortenversuch, kg N _{min} ha ⁻¹ , Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof, Tiefe 0 - 90 cm	67
Tab. 41: Stickstoffdynamik im Boden, Sortenversuch, kg N _{min} ha ⁻¹ , Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof, Tiefe 0 - 90 cm, Unterschiede zwischen Gemengestufen.....	68
Tab. 42: Stickstoffdynamik im Boden, Sortenversuch, kg N _{min} ha ⁻¹ , Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof, Tiefe 0 - 30 cm	69
Tab. 43: Stickstoffdynamik im Boden, Sortenversuch, kg N _{min} ha ⁻¹ , Frankenhausen, Hebenshausen und Waldhof, Tiefe 0 - 30 cm, Unterschiede zwischen Gemengestufen.....	70
Tab. 44: Feldaufgang im Aussaatversuch Reinsaat in Prozent, Frankenhausen.....	71
Tab. 45: Entwicklungsstadien (BBCH) im Versuch Aussaatzeitpunkt in Reinsaat, DFH.....	72
Tab. 46: Überwinterung im Versuch Aussaatzeitpunkt in Reinsaat, Standort Frankenhausen; Anzahl Pflanzen m ⁻² (Korrekturfaktor)	74
Tab. 47: Grünertrag im Aussaatversuch in Reinsaat, Frankenhausen (dt TM ha ⁻¹)	75
Tab. 48: Feldaufgang im Aussaatversuch Gemenge in Prozent, DFH.....	76
Tab. 49: Überwinterung im Versuch Aussaatzeitpunkt im Gemenge auf den Standort Frankenhausen, Anzahl Pflanzen m ⁻² (Korrekturfaktor).....	77
Tab. 50: Unterschiede im Gesamt- und Roggenkornenertrag im Versuch Aussaatzeitpunkt im Gemenge auf den Standort Frankenhausen, dt ha ⁻¹ (86% TS).....	78
Tab. 51: Unterschiede im Erbsenkornenertrag im Versuch Aussaatzeitpunkt im Gemenge auf den Standort Frankenhausen, dt ha ⁻¹ (86% TS).....	79
Tab. 52: Entwicklungsstadien bei den Standortversuchen	81
Tab. 53: Übersicht über Versuchsschädigungen im Projektverlauf.....	97
Tab. 54: Arbeitsplan für die Sortenversuche in den Vegetationsperioden 03/04, 04/05, 05/06 und 06/07 je auf den Standorten Frankenhausen, Hebenshausen, Waldhof.....	98
Tab. 55: Arbeitsplan für die Versuche zum Optimalen Aussaatzeitpunkt in den Vegetationsperioden 04/05, 05/06 und 06/07 in Frankenhausen.....	98
Tab. 56: Arbeitsplan für die Standortversuche in der Vegetationsperiode 06/07 in Giengen und Norden.....	99

8 Anhang

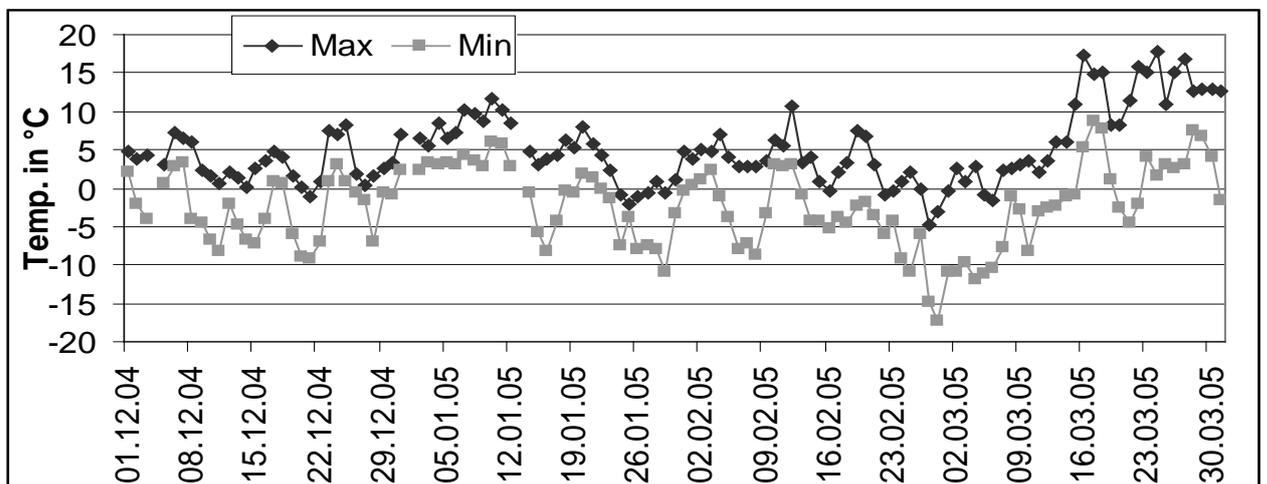
Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

A-Tab. 1: Minimum- und Maximum - Temperatur in DFH, Dezember 2003 bis März 2004.	109
A-Tab. 2: Minimum- und Maximum - Temperatur in DFH, Dezember 2004 bis März 2005.	109
A-Tab. 3: Minimum- und Maximum - Temperatur in DFH, Dezember 2005 bis März 2006.	109
A-Tab. 4: Minimum- und Maximum - Temperatur in DFH, Dezember 2006 bis März 2007.	110
A-Tab. 5: Minimum- und Maximum - Temperatur in HEB, Januar 2004 bis März 2004	110
A-Tab. 6: Minimum- und Maximum - Temperatur WH, Dezember 2004 bis März 2005.....	110
A-Tab. 7: Minimum- und Maximum - Temperatur WH, Dezember 2005 bis März 2006.....	111
A-Tab. 8: Minimum- und Maximum - Temperatur WH, Dezember 2006 bis März 2007	111
A-Tab. 9: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Feldaufgang der Erbsen in Prozent auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof, Hebenshausen im Sortenversuch.....	111
A-Tab. 10: Ergebnisse der Varianzanalyse vom Parameter Feldaufgang des Roggens und des Hafers für den Sortenversuch in Prozent auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen.....	112
A-Tab. 11: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter Anzahl Pflanzen m^{-2} (Korrekturfaktor) für den Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen	112
A-Tab. 12: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter Anzahl Pflanzen m^{-2} (Korrekturfaktor) für den Sortenversuch für die Vegetationsperiode 03/04	112
A-Tab. 13: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Gesamtertrag Grünschnitt in dt TM ha^{-1} , Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen	113
A-Tab. 14: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Erbsenertrag im Grünschnitt in dt TM ha^{-1} , Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen	113
A-Tab. 15: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Grünertrag beim Getreide und Landsberger Gemenge in dt TM ha^{-1} , Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen	113
A-Tab. 16: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Grünqualität, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen	114
A-Tab. 17: Ergebnisse der Varianzanalyse des Parameters Beikrautdeckungsgrad in Prozent der Erbsengenotypen, Sortenversuch auf den Standorten DFH, HEB und WH.....	114
A-Tab. 18: Ergebnisse der Varianzanalyse des Parameters Beikrautdeckungsgrad in Prozent der Erbsen zu den einzelnen Zeitpunkten, Sortenversuch, DFH, HEB und WH.....	115
A-Tab. 19: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Gesamtkornertrag, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen	115
A-Tab. 20: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Erbsenkornertrag, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen	115

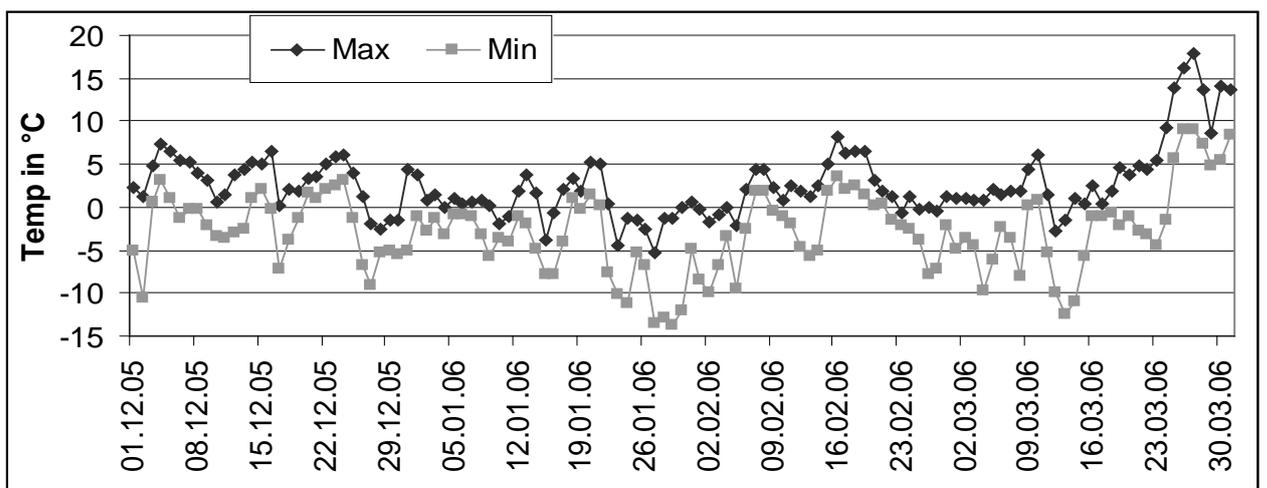
A-Tab. 21: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Getreidekornenertrag, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen	116
A-Tab. 22: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Erbsenqualität, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen und Waldhof	116
A-Tab. 23: Ergebnisse der mehrjährigen Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} für den SV in DFH, Termine Grün- und Kornernte	116
A-Tab. 24: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} , Tiefe 0-90cm für den SV in DFH, Termine Grün- und Kornernte	117
A-Tab. 25: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} , Tiefe 0-30 cm für den SV in DFH, Termine Grünernte und Korndrusch	117
A-Tab. 26: Ergebnisse der mehrjährigen Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} für den SV in HEB und WH, Termine Grün- und Kornernte..	117
A-Tab. 27: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} , Tiefe 0-90cm für den SV in HEB und WH, Termine Grün- und Kornernte	117
A-Tab. 28: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} , Tiefe 0-30 cm für den SV in DFH, Termine Grünernte und Korndrusch	118
A-Tab. 29: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Feldaufgang in Prozent, Aussaatversuche, Frankenhausen.....	118
A-Tab. 30: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter Anzahl Pflanzen m^{-2} (Korrekturfaktor; Überwinterung) für die Versuche Aussaatzeitpunkt, Frankenhausen	118
A-Tab. 31: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Grün- und Kornertrag, Versuche zum Aussaatzeitpunkt, Frankenhausen	119
A-Tab. 32: Qualität im Grünschnitt, Reinsaat, in DFH, HEB und WH	119
A-Tab. 33: Rohproteingehalt im Grünschnitt, Gemenge, DFH, HEB und WH (in % TM).....	120
A-Tab. 34: Energiedichte im Grünschnitt, Gemenge, DFH, HEB und WH (MJ NEL in TM)	120
A-Tab. 35: Qualität der Erbsenkörnern, Reinsaat, in DFH, HEB und WH.....	121
A-Tab. 36: Rohproteingehalt der Körnererbsen, Gemenge, DFH, HEB und WH (in % TM)	121
A-Tab. 37: Energiegehalt der Erbsen, Gemenge, DFH, HEB und WH (MJ ME in TM)	122



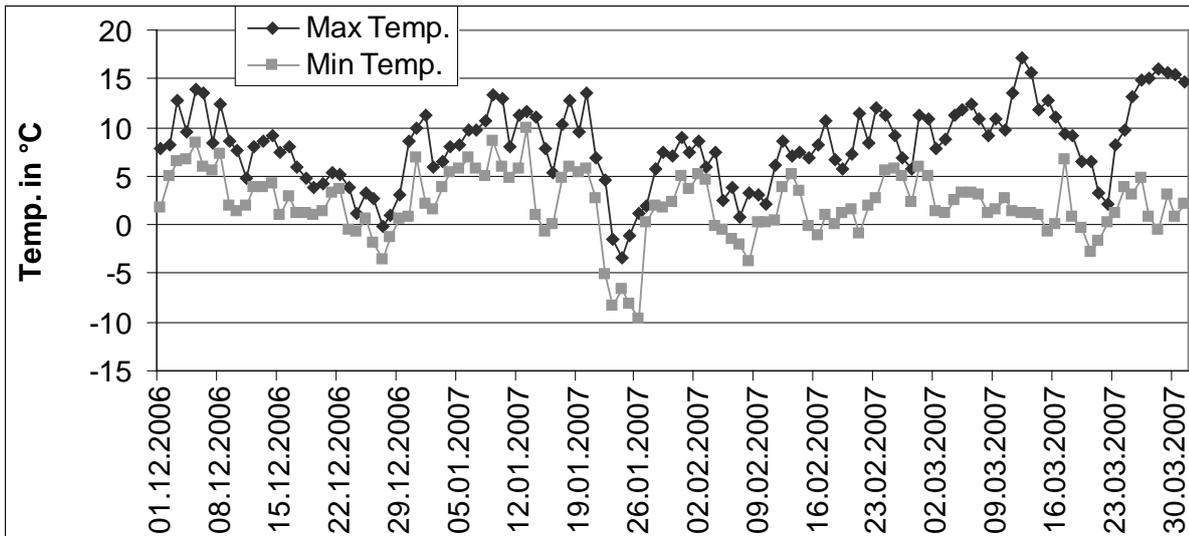
A-Tab. 1: Minimum- und Maximum - Temperatur in DFH, Dezember 2003 bis März 2004



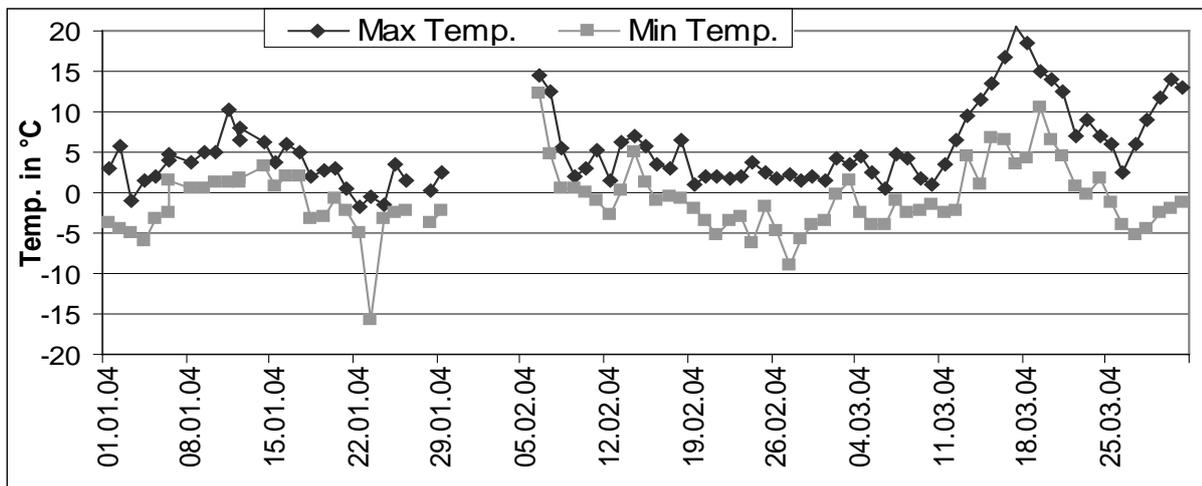
A-Tab. 2: Minimum- und Maximum - Temperatur in DFH, Dezember 2004 bis März 2005



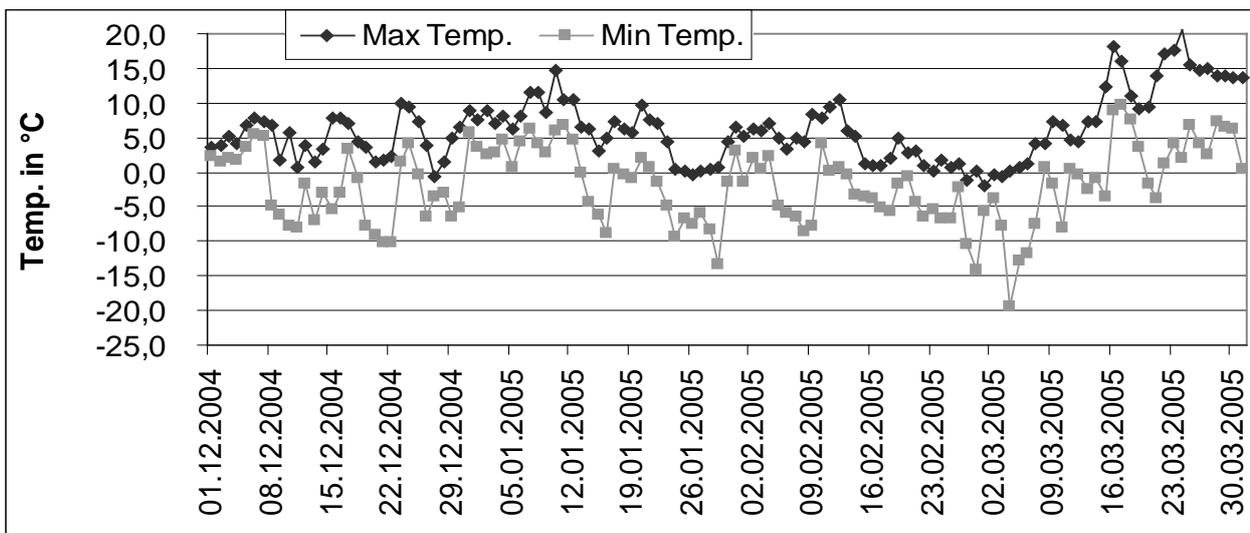
A-Tab. 3: Minimum- und Maximum - Temperatur in DFH, Dezember 2005 bis März 2006



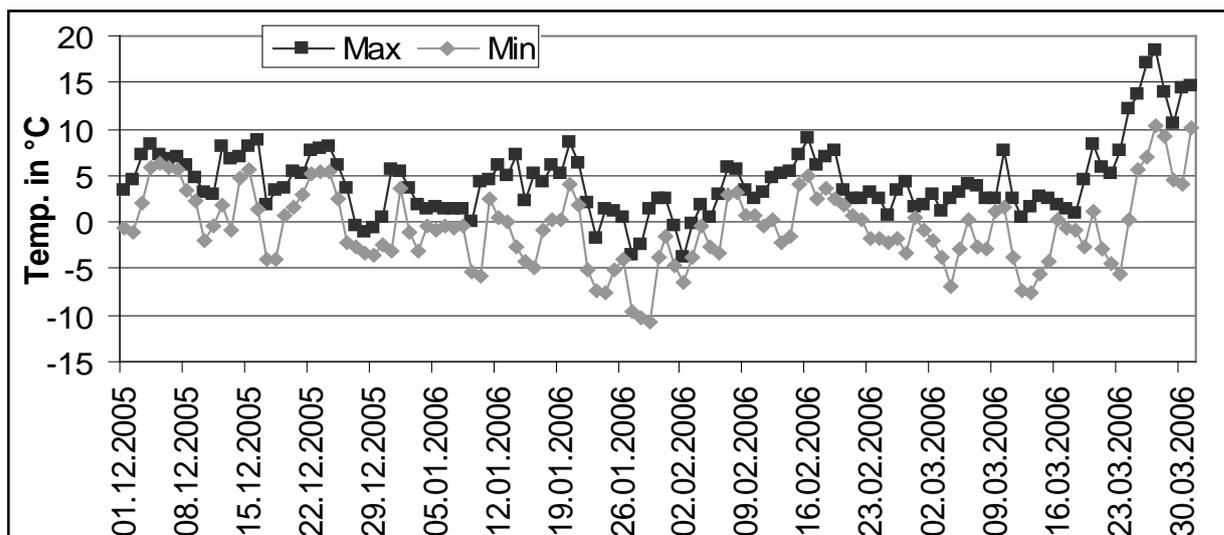
A-Tab. 4: Minimum- und Maximum - Temperatur in DFH, Dezember 2006 bis März 2007



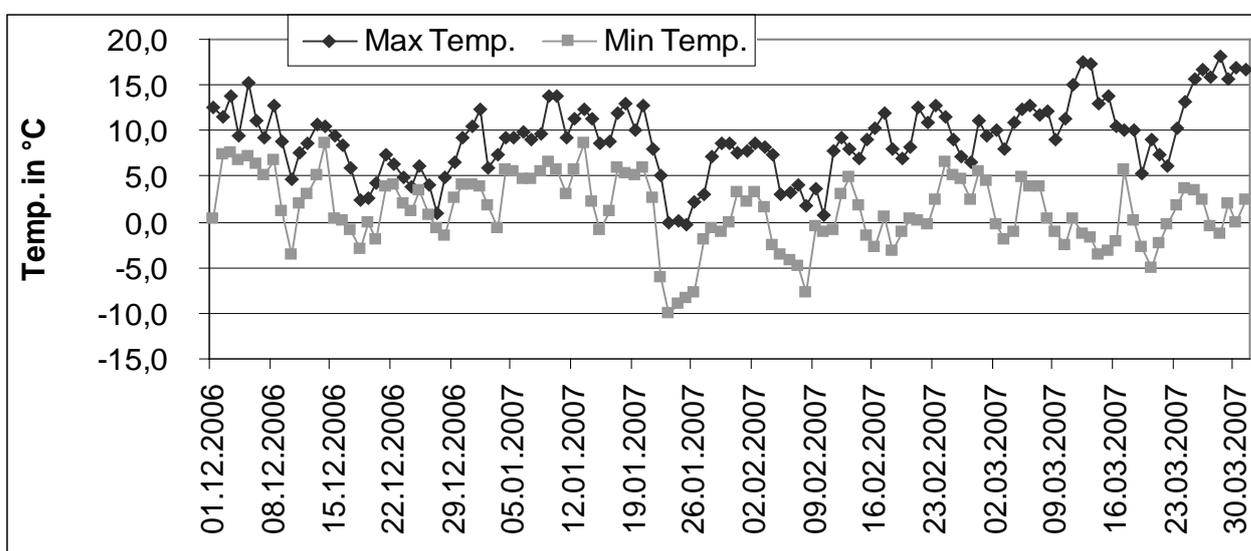
A-Tab. 5: Minimum- und Maximum - Temperatur in HEB, Januar 2004 bis März 2004



A-Tab. 6: Minimum- und Maximum - Temperatur WH, Dezember 2004 bis März 2005



A-Tab. 7: Minimum- und Maximum - Temperatur WH, Dezember 2005 bis März 2006



A-Tab. 8: Minimum- und Maximum - Temperatur WH, Dezember 2006 bis März 2007

A-Tab. 9: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Feldaufgang der Erbsen in Prozent auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof, Hebenshausen im Sortenversuch

Standort	Alle ¹	DFH ²				HEB ³	WH ¹			
Faktor	03/07	03/04	04/05	05/06	06/07	03/04	04/05	05/06	06/07	
Sorte	0,0034	0,0029	<0,0001	0,1327	0,1270	0,6194	0,0536	0,2885	<0,0001	
Umwelt (Um)	<0,0001									
Gemeinde (Gem)	0,3817	0,0274	0,6341	0,0533	0,8859	0,5002	0,5631	0,2454	0,1545	
Sorte*Gem	0,7352	0,0526	0,4622	0,3820	0,8819	0,7794	0,0156	0,4737	0,0649	
Sorte*Umwelt	<0,0001									
Gem*Umwelt	0,0227									
Sorte*Gem*Um	0,0760									

¹ log-Transformation, ² Winkeltransformation, ³ 1/x-Transformation

A-Tab. 10: Ergebnisse der Varianzanalyse vom Parameter Feldaufgang des Roggens und des Hafers für den Sortenversuch in Prozent auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen

	Roggen ^{1,2}	Hafer ¹
Standort	Alle	Alle
Faktor \ Periode(n)	03/07	03/07
Sorte	0,4689	
Umwelt	<0,0001	<0,0001
Gemenge (Gem)	0,0330	0,0218
Sorte*Gem	0,0113	
Sorte*Umwelt	0,2821	0,0137
Gem*Umwelt	0,4577	
Sorte*Gem*Umwelt	0,6153	

¹ Winkeltransformation, ² ohne Reinsaat

A-Tab. 11: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter Anzahl Pflanzen m⁻² (Korrekturfaktor) für den Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen

Standort	Alle	DFH				HEB	WH		
Faktor \ Periode(n)	03/07 ¹	03/04 ²	04/05 ³	05/06 ²	06/07	03/04 ³	04/05	05/06 ²	06/07 ⁴
Sorte	<0,0001	0,1786	0,4650	<0,0001	<0,0001	0,0959	0,2949	<0,0001	<0,0001
Datum	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Umwelt (Um)	<0,0001								
Gemenge (Gem)	0,0511	<0,0001	0,0270	0,0002	0,5034	0,1341	0,0360	0,1937	0,6372
Sorte*Gem	0,4253	0,0292	0,3160	0,2105	0,0469	0,0461	0,3199	<0,0001	0,4791
Sorte*Datum	<0,0001	0,2179	0,6738	<0,0001	<0,0001	0,0028	0,7440	<0,0001	<0,0001
Gem*Datum	0,0330	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,2666	0,0042	0,0001	0,0643	0,3550
Sorte*Umwelt	<0,0001								
Gem*Umwelt	<0,0001								
Datum*Umwelt	<0,0001								
Sorte*Gem*Um	<0,0001								
Sorte*Datum*Um	<0,0001								
Gem*Datum*Um	<0,0001								
Sorte*Datum*Gem	0,5486	0,0588	0,0668	0,2105	0,0898	0,0565	0,0584	<0,0001	0,6678
Sorte*Gem*Datum*Umwelt	<0,0001								

¹ nur Aprilzählung, ² nicht normalverteilt, ³ arcsin(wurzel(x/100))-Transformation, ⁴ Wurzel-Transformation

A-Tab. 12: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter Anzahl Pflanzen m⁻² (Korrekturfaktor) für den Sortenversuch für die Vegetationsperiode 03/04

Faktor \ Umwelt	DFH 03/04 ¹		HEB 03/04 ¹	
	März	April	März	April
Sorte	0,1740	0,2613	0,1732	0,403
Gemenge	0,0097	<0,0001	0,2202	0,504
Sorte*Gemenge	0,0547	0,0793	0,2590	0,0750

¹ arcsin(wurzel(x/100))-Transformation

A-Tab. 13: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Gesamtertrag Grünschnitt in dt TM ha⁻¹, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebeshausen

Standort	Alle	DFH				HEB	WH			
Faktor \ Periode(n)	03/07 ¹	03/04	04/05 ²	05/06 ¹	06/07 ³	03/04	04/05	05/06 ³	06/07 ¹	
Sorte	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Umwelt	<0,0001									
Gemenge (Gem)	<0,0001	<0,0001	0,0011	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0039	0,0027	0,8035	
Sorte*Gem	<0,0001	0,7240	0,1088	0,0188	0,0021	0,0024	0,0294	0,1585	0,7035	
Sorte*Umwelt	<0,0001									
Gem*Umwelt	<0,0001									
Sorte*Gem*Umwelt	0,0852									

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas, ² log(arcsin(x/100))-Transformation, ³ ohne Cheyenne

A-Tab. 14: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Erbsenertrag im Grünschnitt in dt TM ha⁻¹, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebeshausen

Standort(e)	Alle	DFH				HEB	WH			
Faktor \ Periode(n)	03/07 ^{1,2}	03/04	04/05	05/06 ^{1,2}	06/07 ^{2,3}	03/04 ²	04/05	05/06 ^{2,3}	06/07 ^{1,2}	
Sorte	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0119	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Umwelt	<0,0001									
Gemenge (Gem)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0002	
Sorte*Gem	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0187	0,0005	<0,0001	0,3346	0,0915	0,0003	
Sorte*Umwelt	<0,0001									
Gem*Umwelt	<0,0001									
Sorte*Gem*Umwelt	<0,0001									

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas, ² Wurzel(arcsin(x/100))-Transformation, ³ ohne Cheyenne

A-Tab. 15: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Grünertrag beim Getreide und Landsberger Gemenge in dt TM ha⁻¹, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebeshausen

	Roggen	Roggen	Sommergetreide	Landsberger Gemenge	Landsberger + Wintererbsen in RS
Standort(e)	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Faktor \ Periode(n)	03/07 ^{1,2}	03/07 ³	03/07 ²	04/07	04/07
Prüfglied		0,030			
Sorte	0,0533				0,4400
Umwelt	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0019	<0,0001
Gemenge (Gem)	<0,0001		<0,0001		
Prüfglied*Umwelt		0,9610			
Sorte*Gem	0,4478				
Sorte*Umwelt	0,9272				0,1795
Gem*Umwelt	0,1536		0,3030		
Sorte*Gem*Umwelt	0,6185				

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne, Assas und Roggen in RS; ² Wurzel(arcsin(x/1000))-Transformation; ³ ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas, Analyse mittels Linearer Kontraste

A-Tab. 16: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Grünqualität, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen

Parameter	Grünschnitt mit Erbse ¹		Grünschnitt mit Roggen ²		Grünschnitt mit Sommergetreide		Landsberger + Wintererbsen in RS	
	Rohprotein ⁴	Energie MJ NEL	Rohprotein ⁴	Energie MJ NEL	Rohprotein ⁴	Energie MJ NEL	Rohprotein ⁴	Energie MJ NEL
Standort(e)	Alle	Alle	Alle	Alle			Alle	Alle
Faktor \ Periode(n)	03/07	03/07	03/07	03/07			03/07 ³	03/07 ³
Prügflied			0,0001	0,0022			0,0007	0,1760
Sorte	<0,0001	<0,0001						
Gemenge	<0,0001	<0,0001			0,0030	0,0102		
Sorte*Gemenge	0,0169	<0,0001						

¹ ohne Getreide Reinsaat, Cheyenne und Assas, ² Analyse mittels Linearer Kontraste ohne Erbsen Reinsaat und Gemenge mit Cheyenne sowie Assas, ³ ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas, ⁴ Winkeltransformation

A-Tab. 17: Ergebnisse der Varianzanalyse des Parameters Beikrautdeckungsgrad in Prozent der Erbsengenotypen, Sortenversuch auf den Standorten DFH, HEB und WH

Standort	Alle	DFH				HEB	WH			
Faktor \ Periode(n)	03/07 ¹	03/04	04/05 ²	05/06 ³	06/07 ³	03/04	04/05 ²	05/06 ³	06/07 ³	
Sorte	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0079	0,0353	<0,0001	0,0027	0,0014	
Datum	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Umwelt	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Gemenge (Gem)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0187	<0,0001	0,0309	0,1717	0,0779	
Sorte*Gem	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0195	0,0592	0,0006	0,2337	0,5583	0,0048	
Sorte*Datum	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Gem*Datum	<0,0001	<0,0001	0,0010	<0,0001	0,0231	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0189	
Sorte*Umwelt	<0,0001									
Gem*Umwelt	<0,0001									
Datum*Umwelt	<0,0001									
Sorte*Gem*Umwelt	0,0156									
Sorte*Datum*Umwelt	<0,0001									
Gem*Datum*Umwelt	<0,0001									
Sorte*Datum*Gem	0,0933	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,9555	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1409	
Sorte*Gem*Datum*Umwelt	<0,0001									

Winkeltransformation, ¹ ohne Zeitpunkt = Vegetationsbeginn und Hülsenfüllen sowie ohne Cheyenne (bzw. Spirit) und Assas, ² ohne Zeitpunkt = Hülsenfüllen, ³ ohne Zeitpunkt = Vegetationsbeginn und ohne Cheyenne (bzw. Spirit) und Assas

A-Tab. 18: Ergebnisse der Varianzanalyse des Parameters Beikrautdeckungsgrad in Prozent der Erbsen zu den einzelnen Zeitpunkten, Sortenversuch, DFH, HEB und WH

Periode	DFH 03/04					HEB 03/04				
	Veget. ⁰	Läng. ⁰	Grün	Hüls.	Korn	Veget.	Läng.	Grün	Hüls.	Korn
Sorte	0,0014	0,0118	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2599	<0,0001	0,0002	0,0718	0,2108
Gemenge	<0,0001	0,0147	0,0140	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sorte*Gem.	0,5025	0,1675	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,7580	<0,0001	0,0696	<0,0001	0,0096
Periode	DFH 04/05					WH 04/05				
	Veget. ¹	Läng.	Grün	Hüls.	Korn	Veget. ¹	Läng.	Grün	Hüls.	Korn
Sorte	0,2721	0,1274	<0,0001	-	<0,0001	0,0072	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001
Gemenge	<0,0001	<0,0001	0,0177	-	0,0002	0,0260	0,0009	0,0078	-	0,2069
Sorte*Gem.	0,6983	0,1096	0,0139	-	<0,0001	0,9111	<0,0001	0,2949	-	0,6372
Periode	DFH 05/06					WH 05/06				
	Veget. ¹	Läng.	Grün ²	Hüls. ²	Korn ²	Veget. ¹	Läng.	Grün ³	Hüls. ³	Korn ³
Sorte	0,0999	0,0037	<0,0001	0,0054	<0,0001	0,1842	0,0549	0,0012	<0,0001	<0,0001
Gemenge	0,0004	<0,0001	0,4114	0,1310	<0,0001	0,2884	0,1020	0,3624	0,3009	0,0251
Sorte*Gem.	0,0139	<0,0001	0,0133	0,1239	0,0039	0,7577	0,2618	0,4763	0,7017	0,0311
Periode	DFH 06/07					WH 06/07				
	Veget. ¹	Läng.	Grün	Hüls. ³	Korn ³	Veget. ¹	Läng. ²	Grün ²	Hüls. ²	Korn ²
Sorte	0,0009	<0,0001	<0,0001	0,0012	0,0037	0,7051	0,0010	0,0343	0,0016	0,0009
Gemenge	<0,0001	0,0385	0,1162	0,0147	0,1341	0,6520	0,5980	0,0032	0,1135	0,1435
Sorte*Gem.	0,0400	0,0036	<0,0001	0,2825	0,7090	0,3340	0,0665	0,0023	0,1419	0,5433

Wurzel-Wurzel-Transformation außer ⁰ log-Transformation, ¹ ohne Santana, ² ohne Assas und Cheyenne, ³ ohne Cheyenne

A-Tab. 19: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Gesamtkornertrag, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen

Standort(e)	Alle	DFH				HEB	WH		
		03/07 ¹	03/04	04/05 ²	05/06 ¹		06/07 ^{2,3}	03/04	04/05 ⁴
Sorte	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,0002		<0,0001	<0,0001
Umwelt	<0,0001								
Gemenge (Gem)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0093	<0,0001	0,1369	0,0121	<0,0001
Sorte*Gem	<0,0001	0,0168	<0,0001	<0,0001	0,1501	0,0032		0,0957	<0,0001
Sorte*Umwelt	<0,0001								
Gem*Umwelt	<0,0001								
Sorte*Gem*Umwelt	0,0015								

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas, ² ohne Cheyenne, ³ ohne Erbsenreinsaat, ⁴ nur Santana

A-Tab. 20: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Erbsenkornertrag, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen

Standort(e)	Alle	DFH				HEB	WH		
		03/07 ¹	03/04	04/05 ²	05/06 ¹		06/07 ^{2,3}	03/04	04/05 ⁴
Sorte	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0888	<0,0001	0,0223		<0,0001	<0,0001
Umwelt	<0,0001								
Gemenge (Gem)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0366	<0,0001	0,0344	0,0156	0,0011
Sorte*Gem	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0237	<0,0001		0,3166	0,1368
Sorte*Umwelt	<0,0001								
Gem*Umwelt	<0,0001								
Sorte*Gem*Umwelt	<0,0001								

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas, ² ohne Cheyenne, ³ ohne Erbsenreinsaat, ⁴ nur Santana

A-Tab. 21: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Getreidekornertrag, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen, Waldhof und Hebenshausen

	Roggen nur Gemenge	Roggen Ge- menge + RS	Sommer- getreide
Standort(e)	Alle	Alle	Alle
Faktor \ Periode(n)	03/07 ¹	03/07 ²	03/07
Prüfglied		<0,0001	
Sorte	<0,0001		
Umwelt	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Gemenge (Gem)	<0,0001		0,0001
Prüfglied*Umwelt		<0,0001	
Sorte*Gem	0,1396		
Sorte*Umwelt	0,0002		
Gem*Umwelt	0,0998		0,0073
Sorte*Gem*Umwelt	0,1726		

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne, Assas und Roggen in Reinsaat, ² ohne Spirit bzw. Cheyenne und Assas, Analyse mittels Linearer Kontraste

A-Tab. 22: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Erbsenqualität, Sortenversuch auf den Standorten Frankenhausen und Waldhof

Parameter	Phenol ¹	Tannin ¹	Trypsininhibi- toraktivität	Rohpro- tein ¹	Energie (ME)
Standort(e)	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
Faktor \ Perio- de(n)	05/07 ²	05/07 ²	05/07 ^{2,3}	03/07 ²	03/07 ²
Sorte	0,0130	0,0062	0,0167	0,0475	0,0031
Gemenge				0,0929	0,7099
Sorte*Gemenge				<0,0001	0,2736

¹ Winkeltransformation, ² Gemengevarianten (Gem2) ohne Cheyenne, ³ Quadrattransformation

A-Tab. 23: Ergebnisse der mehrjährigen Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{min} für den SV in DFH, Termine Grün- und Kornernte

Parameter	Tiefe 0-90 cm					Tiefe 0-30 cm				
	03/07 ^{1,2}	03/04 ²	04/05 ²	05/06 ^{1,2}	06/07 ^{1,2}	03/07 ^{1,2}	03/04 ²	04/05 ²	05/06 ^{1,2}	06/07 ^{1,2}
Sorte	0,0655	0,0019	<0,0001	<0,0001	0,0288	0,0136	0,0280	0,0079	0,0377	0,0014
Datum	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
Umwelt (Um)	<0,0001					<0,0001				
Gemenge (Gem)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,001	0,0026	<0,0001
Sorte*Gem	0,0059	0,0922	0,0143	0,2631	0,0411	<0,0001	0,0027	0,0240	0,0486	0,0302
Sorte*Datum	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,7067	<0,0001	<0,001	0,1212	0,0027	0,9577
Gem*Datum	<0,0001	0,0195	0,0020	0,0003	0,0014	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0086
Sorte*Um	<0,0001					0,1148				
Gem*Um	<0,0001					0,0009				
Datum*Um	<0,0001					<0,0001				
Sorte*Gem*Um	0,3745	0,0912	0,1079	0,0149	0,2466	0,3667	0,1486	0,2584	0,0194	0,2844
Sorte*Datum*Um	<0,0001					<0,0001				
Gem*Datum*Um	0,0013					0,0045				
Sorte*Da- tum*Gem	0,4774					<0,0001				
Sote*Gem*Da- tum*Um	0,2332					0,9647				

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne, ² log-Transformation

A-Tab. 24: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} , Tiefe 0-90cm für den SV in DFH, Termine Grün- und Kornernte

Periode	03/04 ²		04/05 ²		05/06 ^{1,2}		06/07 ^{1,2}	
Faktor \ Datum	Grün	Korn	Grün	Korn	Grün	Korn	Grün	Korn
Sorte	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3140	0,2086	0,2449
Gemenge	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0005	<0,0001
Sorte*Gemenge	0,0154	0,0452	0,1708	0,0228	0,0267	0,1733	0,9135	0,0218

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne, ² log-Transformation

A-Tab. 25: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} , Tiefe 0-30 cm für den SV in DFH, Termine Grünernte und Korndrusch

Periode	03/04		04/05		05/06 ^{1,2}		06/07 ^{1,2}	
Faktor \ Datum	Grün ²	Korn	Grün ²	Korn	Grün	Korn	Grün	Korn
Sorte	<0,0001	<0,0001	0,1530	<0,0001	0,0092	0,0215	0,0514	0,2489
Gemenge	<0,0001	<0,0001	0,0118	<0,0001	0,0565	<0,0001	0,0032	0,0001
Sorte*Gemenge	0,4755	0,0052	0,3542	<0,0001	0,0304	0,0097	0,6241	0,0164

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne, ² log-Transformation

A-Tab. 26: Ergebnisse der mehrjährigen Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} für den SV in HEB und WH, Termine Grün- und Kornernte

Parameter	Tiefe 0-90 cm					Tiefe 0-30 cm				
	WH	HEB	WH			WH	HEB	WH		
Periode(n)	04/07 ^{1,2}	03/04 ²	04/05 ²	05/06 ^{1,2}	06/07 ^{1,2}	04/07 ^{1,2}	03/04 ²	04/05 ²	05/06 ^{1,2}	06/07 ^{1,2}
Sorte	0,0107	0,0022	0,0014	0,0146	<0,0001	<0,0001	0,03553	<0,0001	0,6205	<0,0001
Datum	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0130	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Umwelt (Um)	<0,0001					<0,0001				
Gemenge (Gem)	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0006	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	0,0013	<0,0001
Sorte*Gem	0,0055	0,2458	0,0117	0,0186	0,0717	0,1202	0,7106	0,0211	0,1137	0,0321
Sorte*Datum	<0,0001	0,3501	<0,0001	0,1019	0,0302	0,0267	0,9489	<0,0001	0,6703	0,1282
Gem*Datum	<0,0001	0,0132	0,0128	0,0002	0,0073	<0,0001	0,2731	<0,0001	0,0008	0,3521
Sorte*Um	<0,0001					0,0001				
Gem*Um	0,0207					0,0631				
Datum*Um	<0,0001					<0,0001				
Sorte*Gem*Um	0,0036					0,0031				
Sorte*Datum*Um	0,0023					0,0768				
Gem*Datum*Um	0,0627					0,0596				
Sorte*Datum*Gem	0,0035	0,0284	0,1643	0,0827	0,3012	0,0521	0,8199	0,1483	0,1728	0,9025
Sorte*Gem*Datum*Um	0,4787					0,5220				

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne, ² log-Transformation

A-Tab. 27: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} , Tiefe 0-90cm für den SV in HEB und WH, Termine Grün- und Kornernte

Periode	HEB 03/04 ²		WH 04/05 ²		WH 05/06 ^{1,2}		WH 06/07 ^{1,2}	
Faktor \ Datum	Grün	Korn	Grün	Korn	Grün	Korn	Grün	Korn
Sorte	0,3452	0,0249	0,2830	<0,0001	0,0601	0,2244	0,0786	0,0004
Gemenge	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0030	0,1150	0,0003	0,0002	<0,0001
Sorte*Gemenge	0,3293	0,0713	0,1659	0,0057	0,2251	0,0006	0,5154	0,0270

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne, ² log-Transformation

A-Tab. 28: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter N_{\min} , Tiefe 0-30 cm für den SV in DFH, Termine Grünernte und Korndrusch

Periode	HEB 03/04 ²		WH 04/05 ²		WH 05/06 ^{1,2}		WH 06/07 ^{1,2}	
	Grün	Korn	Grün	Korn	Grün	Korn	Grün	Korn
Faktor \ Datum								
Sorte	0,0560	0,3055	0,0505	<0,0001	0,4905	0,5502	0,0020	<0,0001
Gemenge	0,0010	0,0032	<0,0001	0,0005	0,1257	<0,0001	0,0002	<0,0001
Sorte*Gemenge	0,6429	0,6069	0,2462	0,0174	0,4876	0,0200	0,2005	0,1199

¹ ohne Spirit bzw. Cheyenne, ² log-Transformation

A-Tab. 29: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Feldaufgang in Prozent, Ausaatversuche, Frankenhausen

Versuch	Reinsaat ¹				Gemenge ¹	
	Erbsen				Erbsen	Roggen
Kultur						
Faktor \ Periode(n)	04/07	04/05	05/06	06/07	05/07	05/07
Sorte	<0,0001	0,0001	0,0042	0,3448	0,0094	0,9328
Jahr	<0,0001				0,0077	0,1130
Termin	<0,0001	0,2765	0,0004	0,0753	<0,0001	0,0350
Sorte*Termin	0,0393	0,5407	0,0091	0,0475	0,4028	0,5443
Sorte*Jahr	0,0225				0,5120	0,5336
Termin*Jahr	<0,0001				0,0002	0,0129
Sorte*Termin*Jahr	0,0401				0,3069	0,5396

¹ Winkeltransformation

A-Tab. 30: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholungen über die Zeit vom Parameter Anzahl Pflanzen m^{-2} (Korrekturfaktor; Überwinterung) für die Versuche Aussaatzeitpunkt, Frankenhausen

Versuch	Reinsaat						Gemenge		
	04/07 ¹	04/05 ²	04/05 ³	04/05 ⁴	05/06 ⁵	06/07 ⁶	05/07 ⁷	05/06 ⁷	06/07 ⁷
Faktor \ Periode									
Sorte	<0,0001	<0,0001	0,0075	0,0018	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001
Datum	<0,0001	<0,0001			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Jahr (J)	<0,0001						0,0047		
Termin	0,0002	0,0022	0,0070	<0,0001	0,0094	0,001	<0,0001	0,0028	<0,0001
Sorte*Termin	<0,0001	<0,0001	0,1212	0,0040	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001
Sorte*Datum	<0,0001	0,0085			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Termin*Datum	<0,0001	<0,0001			0,0032	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sorte*Jahr	<0,0001						0,0179		
Termin*Jahr	<0,0001						<0,0001		
Datum*Jahr	<0,0001						0,0003		
Sorte*Termin*J	0,1694						0,0027		
Sorte*Datum*J	<0,0001						0,0005		
Termin*Datum*J	<0,0001						<0,0001		
Sorte*Da- tum*Termin	<0,0001	0,0381			<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0006	<0,0001
Sorte*Termin*Da- tum*Jahr	0,1694						0,0171		

¹ nur Aprilzählung, ² nicht normalverteilt und nicht homogen, ³ nur Märzählung, nicht homogen, ⁴ nur Aprilzählung, nicht homogen, ⁵ nicht normalverteilt; arcsin(arcsin(wurzel(x/100)))-Transformation ⁶ Wurzel-Transformation ⁷ arcsin(arcsin(wurzel(x/100)))-Transformation

A-Tab. 31: Ergebnisse der Varianzanalyse, Parameter Grün- und Kornertrag, Versuche zum Aussaatzeitpunkt, Frankenhausen

Versuch Parameter	Reinsaat, Grünertrag				Gemenge, Kornertrag		
					Gesamt- ertrag	Erbsen- ertrag ⁴	Roggen- ertrag
Faktor \ Periode	04/07 ^{1,2}	04/05 ³	05/06 ²	06/07 ³	05/07	05/07	05/07
Sorte	<0,0001	<0,0001	0,0265	0,2193	0,1553	0,1045	0,3449
Jahr	0,004				<0,0001	0,0070	<0,0001
Termin	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,0284	<0,0001	0,0824	<0,0001
Sorte*Termin	0,2599	0,0005	0,1795	0,0724	0,5758	0,0812	0,0999
Sorte*Jahr	0,0013				0,4236	0,0340	0,9624
Termin*Jahr	0,0002				<0,0001	0,1949	<0,0001
Sorte*Termin*Jahr	0,0183				0,9924	0,5769	0,9427

¹ log-Transformation, ² ohne Assas und Spirit bzw. Cheyenne, ³ ohne Cheyenne, ⁴ 1/x-Transformation

A-Tab. 32: Qualität im Grünschnitt, Reinsaat, in DFH, HEB und WH

	Rohproteingehalt [% in TM]								NEL in TM [MJ]							
	03/04		04/05		05/06		06/07		03/04		04/05		05/06		06/07	
	DFH	HEB	DFH	WH	DFH	WH	DFH	WH	DFH	HEB	DFH	WH	DFH	WH	DFH	WH
Münchner	20,5	17,6	20,6	16,8	19,4	15,2	18,4	17,6	5,3	4,7	5,5	5,0	5,6	5,5	5,4	5,5
Unrra	20,8	15,3	21,1	19,6	19,1	16,2	21,3	17,0	5,5	4,5	5,3	5,2	5,6	5,4	5,8	5,4
Lucienhofer	20,9	17,9	22,0	18,5	17,5	14,4	20,0	16,0	5,4	4,8	5,5	5,3	5,2	5,4	5,2	5,4
Nischkes	21,7	19,0	22,8	17,7	16,7	16,9	18,2	16,9	5,6	5,2	5,6	5,0	5,2	5,4	5,3	5,5
Württemberg.	20,7	20,4	18,7	18,3	18,5	15,2	20,0	15,9	5,4	5,0	5,2	5,1	5,4	5,5	5,5	5,1
Griechenland	20,7	21,9	17,7	18,7	18,0	17,8	19,8	18,0	5,7	5,3	5,0	5,1	5,4	5,7	5,4	5,6
Mittel Herkünfte	20,5	18,2	20,5	18,6	18,2	15,8	19,6	16,9	5,5	4,9	5,4	5,1	5,4	5,5	5,4	5,4
EFB 33	20,7	19,3	21,7	21,3	18,5	15,6	18,8	16,3	5,5	4,9	5,6	5,5	5,4	5,6	5,3	5,5
Assas	22,3	19,5	19,6	18,9	-	15,7	19,1	-	5,6	5,0	5,5	5,3	-	5,6	5,5	-
Spirit/Cheyenne	25,4	25,4	24,0	19,3	-	-	-	-	6,0	6,2	6,0	5,9	-	-	-	-
Santana	24,9	23,2	20,3	17,4	18,7	15,3	20,2	19,9	5,9	6,1	5,5	5,1	5,6	5,4	5,6	5,6
Roggen	5,7	9,0	6,0	6,1	6,5	3,9	7,8	4,9	4,3	4,3	4,1	4,3	4,1	4,2	4,2	4,2
Hafer/Gerste	9,9	14,0	12,1	8,4	10,4	8,5	12,4	9,1	5,3	6,0	5,4	5,1	4,8	5,2	4,9	5,1
Landsberger	-	-	16,9	17,8	11,7	14,9	11,4	13,2	-	-	5,1	5,3	5,1	5,4	5,2	5,2

A-Tab. 33: Rohproteingehalt im Grünschnitt, Gemenge, DFH, HEB und WH (in % TM)

	2003/2004				2004/2005				2005/2006				2006/2007			
	DFH		HEB		DFH		WH		DFH		WH		DFH		WH	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
Unrra	6,4	8,8	8,4	10,3	5,9	10,8	13,8	14,3	6,1	7,2	8,3	9,9	9,1	10,1	6,8	9,5
Nischkes	6,6	8,5	9,7	11,3	8,7	8,0	15,7	14,2	6,4	8,0	6,4	10,4	6,9	9,8	6,2	12,0
Württemberg.	9,8	10,4	7,2	11,0	8,0	9,3	12,3	15,2	6,4	6,9	7,6	10,0	8,3	9,5	7,6	9,8
Griechenland	12,4	9,7	7,5	8,6	9,6	9,0	11,7	15,0	7,0	8,5	7,4	9,4	9,2	11,4	8,6	8,6
Mittel Herkünfte	8,8	9,4	8,2	10,3	8,0	9,3	13,4	14,7	6,5	7,7	7,4	9,9	8,4	10,2	7,3	10,0
EFB 33	7,1	8,3	10,2	11,8	8,1	10,7	12,5	16,0	6,8	8,0	6,9	8,7	8,7	9,6	8,0	9,2
Spirit/Cheyenne	9,3	9,8	13,2	15,8	11,8	13,6	13,4	15,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Santana	12,3	12,9	16,2	19,1	14,2	17,2	10,2	13,1	11,2	12,8	12,3	12,1	13,2	14,8	11,5	13,9

G1=Gemenge1, G2=Gemenge2

A-Tab. 34: Energiedichte im Grünschnitt, Gemenge, DFH, HEB und WH (MJ NEL in TM)

	2003/2004				2004/2005				2005/2006				2006/2007			
	DFH		HEB		DFH		WH		DFH		WH		DFH		WH	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
Unrra	4,3	4,5	4,2	4,4	4,0	4,4	4,9	4,8	4,1	4,1	4,9	5,0	4,3	4,4	4,4	4,6
Nischkes	4,4	4,5	4,4	4,6	4,3	4,2	4,8	5,2	4,1	4,2	4,6	5,0	4,0	4,3	4,3	4,9
Württemberg.	4,5	4,6	4,2	4,5	4,3	4,3	4,7	4,9	4,2	4,1	4,7	5,1	4,2	4,2	4,5	4,7
Griechenland	4,9	4,6	4,2	4,3	4,4	4,3	4,7	5,0	4,1	4,3	4,7	4,9	4,2	4,4	4,6	4,5
Mittel Herkünfte	4,5	4,6	4,3	4,5	4,3	4,3	4,8	5,0	4,1	4,2	4,7	5,0	4,2	4,3	4,5	4,7
EFB 33	4,4	4,5	4,4	4,5	4,2	4,5	4,8	5,1	4,2	4,2	4,7	4,8	4,2	4,4	4,5	4,6
Spirit/Cheyenne	4,6	4,6	4,7	4,9	4,8	4,9	5,3	5,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Santana	5,2	5,4	5,8	5,9	5,5	5,5	5,0	5,1	4,8	5,0	5,3	5,3	5,0	5,1	5,2	5,4

G1=Gemenge1, G2=Gemenge2

A-Tab. 35: Qualität der Erbsenkörnern, Reinsaat, in DFH, HEB und WH

	Rohproteingehalt [% in TM]								NEL in TM [MJ]							
	03/04		04/05		05/06		06/07		03/04		04/05		05/06		06/07	
	DFH	HEB	DFH	WH ¹	DFH	WH	DFH ²	WH	DFH	HEB	DFH	WH ¹	DFH	WH	DFH ²	WH
Münchner	25,1	26,4	-	-	-	-	-	-	14,8	15,0	-	-	-	-	-	-
Lucienhofer	25,4	26,1	-	-	-	-	-	-	14,8	14,9	-	-	-	-	-	-
Unrra	26,6	26,0	26,8	26,4	25,4	31,8	-	26,7	14,9	15,0	14,6	14,6	14,8	15,5	-	15,0
Nischkes	27,1	28,0	26,2	27,3	27,3	30,4	-	27,3	14,9	15,0	14,5	14,7	14,9	15,3	-	14,9
Württemberg.	25,8	26,4	26,3	26,2	26,6	30,6	-	25,8	14,7	14,9	14,7	14,8	14,8	15,3	-	15,0
Griechenland	27,2	27,9	27,4	27,5	28,2	31,9	-	28,2	15,0	15,0	14,8	14,8	14,9	15,3	-	15,0
Mittel Herkünfte	26,2	26,8	26,7	26,9	26,9	31,2	-	27	14,9	15,0	14,7	14,7	14,9	15,4	-	15,0
EFB 33	26,0	27,2	26,9	27,5	26,1	29,5	-	27,5	14,8	15,0	14,8	14,6	14,7	15,2	-	15,0
Assas	25,3	26,4	25,3	25,7	-	30,0	-	-	14,9	15,1	14,8	14,8	-	15,5	-	-
Spirit/Cheyenne	23,8	-	-	-	-	-	-	-	14,4	-	-	-	-	-	-	-
Santana	28,7	25,9	23,6	24,7	22,9	25,5	20,4	26,4	14,6	14,9	14,9	15,0	15,1	15,3	15,1	15,3

¹ bei Winterungen wegen Versuchsschädigung Probe aus allen drei Gemengestufen, ² Mäusefraß bei den Winterungen

A-Tab. 36: Rohproteingehalt der Körnererbsen, Gemenge, DFH, HEB und WH (in % TM)

	2003/2004				2004/2005				2005/2006				2006/2007			
	DFH		HEB		DFH		WH ¹		DFH		WH		DFH		WH	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
Unrra	26,0	26,2	-	26,2	25,8	25,7	-	-	26,4	26,1	26,1	27,9	25,1	25,5	24,7	24,5
Nischkes	25,7	27,2	-	25,4	26,5	25,1	-	-	25,8	25,8	25,4	26,0	24,1	25,3	25,8	25,3
Württemberg.	25,2	25,3	-	25,7	25,5	25,5	-	-	25,5	25,5	24,4	26,4	23,7	24,1	25,2	24,6
Griechenland	26,0	25,7	-	25,0	26,3	27,0	-	-	27,1	26,3	25,6	26,9	24,0	25,7	26,1	25,8
Mittel Herkünfte	25,7	26,1	-	25,6	26,0	25,8	-	-	26,2	25,9	25,4	26,8	24,2	25,2	25,5	25,1
EFB 33	26,0	26,8	-	25,0	26,0	26,0	-	-	26,0	25,2	27,3	27,1	24,3	24,6	24,9	25,0
Spirit/Cheyenne	-	23,5	-	22,5	25,0	24,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santana	27,3	27,3	-	26,2	24,1	23,3	25,4	25,0	25,1	24,6	26,3	26,7	24,0	23,9	27,5	27,4

¹ Winterungen siehe Reinsaat (A-Tab. 35)

A-Tab. 37: Energiegehalt der Erbsen, Gemenge, DFH, HEB und WH (MJ ME in TM)

	2003/2004				2004/2005				2005/2006				2006/2007			
	DFH		HEB		DFH		WH ¹		DFH		WH		DFH		WH	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
Unrra	15,0	15,1	-	15,0	14,6	14,7	-	-	15,1	15,0	15,0	15,2	14,9	15,2	15,1	15,0
Nischkes	15,0	14,9	-	14,9	14,7	14,6	-	-	15,1	14,8	15,0	15,1	15,0	15,2	15,2	15,1
Württemberg.	14,8	15,0	-	14,9	14,9	14,7	-	-	15,1	14,9	15,1	15,1	15,1	15,0	15,2	15,1
Griechenland	14,9	15,0	-	14,8	14,6	14,7	-	-	15,0	15,0	15,1	15,2	15,1	15,1	15,0	15,2
Mittel Herkünfte	14,9	15,0	-	14,9	14,7	14,7	-	-	15,1	14,9	15,1	15,2	15,0	15,1	15,1	15,1
EFB 33	14,9	15,1	-	14,9	14,9	14,8	-	-	15,0	14,8	15,4	15,1	14,9	15,2	14,9	15,0
Spirit/Cheyenne	-	14,7	-	14,5	14,9	14,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santana	14,9	15,1	-	15,0	14,9	15,1	15,1	15,0	15,1	15,2	15,5	15,5	15,1	15,0	15,5	15,5

¹ Winterungen siehe Reinsaat (A-Tab. 35)