



Hochschule Anhalt (FH)

Fachbereich Landwirtschaft, Ökotropologie und Landschaftsentwicklung

B a c h e l o r a r b e i t

Thema: Untersuchungen zur Produktionstechnik in Ackerbohnen und Erbsen
im ökologischen Landbau auf einem Löß-Schwarzerdestandort

vorgelegt von: Knut Gaberle

geboren am: 29.05.1968

Studiengang: Landwirtschaft und Agrarmanagement (Fernstudiengang)

1. Gutachter: Frau Dr. A. Deubel

2. Gutachter: Herr Dr. J. Bischoff

Datum der Abgabe: 22.10.2013

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Einleitung und Problemstellung	8
2 Stand der Literatur	10
2.1 Winter- und Sommerformen bei Ackerbohnen und Körnererbsen	10
2.2 Aussaat von Ackerbohnen und Körnererbsen	12
2.3 Mechanische Pflege in Ackerbohnen und Körnererbsen	13
3 Material und Methoden	15
3.1 Standortbeschreibung	15
3.2 Aussaattermin und -verfahren bei Winter- und Sommerformen	17
3.2.1 Versuchsbeschreibung	17
3.2.2 Konstante Faktoren	18
3.2.3 Prüfmerkmale	20
4 Versuchsergebnisse	21
4.1 Pflanzenbauliche Parameter	21
4.2 Erträge	28
4.3 Einzelkorn- und Drillsaat	33
4.4 Mechanische Pflege	38
5 Diskussion der Ergebnisse	41
5.1 Winter- und Sommerformen	41
5.2 Aussaattermin	42
5.3 Aussaatverfahren	43
5.4 Berücksichtigung der Saatgutqualität	44
5.5 Mechanische Pflege	46

6 Zusammenfassung	47
7 Literaturverzeichnis	48
8 Anhang	51
Selbstständigkeitserklärung	64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich der Ablage bei Einzelkorn- und Drillsaat von Ackerbohnen	27
Abbildung 2: Vergleich der Ablage bei Einzelkorn- und Drillsaat von Körnererbsen	27
Abbildung 3: Einzelkornsäaggregat mit Säscheibe „6450“ für Körnererbsen	34
Abbildung 4: Legeabstand Ackerbohnen in Einzelkornsaat (links) und Drillsaat (rechts)	35
Abbildung 5: Keimfadenstadium Unkräuter	38
Abbildung 6: Spross Ackerbohne (BBCH 08)	38
Abbildung 7: Optimaler Bekämpfungszeitpunkt in Ackerbohnen	39

Abkürzungsverzeichnis

BBCH	Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie
BD	Bestandesdichte
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BÖLW	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft
BSA	Bundessortenamt
CaCO ₃	Calciumcarbonat
C org	organischer Kohlenstoff
C total	Gesamtkohlenstoff
DS	Drillsaat
dt/ha	Dezitonnen je Hektar
EG	Europäische Gemeinschaft
EKS	Einzelkornsaat
GBB	Grundbodenbearbeitung
GD	Grenzdifferenz
K-CAL	Kalium nach CAL-Methode
KD	Keimdichte
kf.	keimfähige
KF	Keimfähigkeit
Kö./m ²	Körner je Quadratmeter
LELF	Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LJM	langjähriges Mittel
LLFG	Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau
Mg	Magnesium
MW	Mittelwert
NPZ	Norddeutsche Pflanzenzucht

Nt	Gesamtstickstoff
P-CAL	Phosphor nach CAL-Methode
Pfl./m ²	Pflanzen je Quadratmeter
PMD	Parzellenmähdrescher
RW	Reihenweite
SBB	Saatbettbereitung
So-AB	Sommerackerbohne
So-Erb	Sommererbse
TKG	Tausendkorngewicht
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TS	Trockensubstanz
UKB	Unkrautbekämpfung
Wi-AB	Winterackerbohne
Wi-Erb	Wintererbse

1 Einleitung und Problemstellung

Leguminosen sind weltweit gesehen ein wichtiger Bestandteil der menschlichen Ernährung und die wichtigste Eiweißquelle in der Tierernährung.

Während der Futterleguminosenanbau seit 50 Jahren kontinuierlich zurückgeht, stagniert der Körnerleguminosenanbau auf geringem Niveau. Auch aus diesem Grund hat das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im November 2012 eine Eiweißpflanzenstrategie verabschiedet, die den heimischen Leguminosenanbau fördern und möglichst ausweiten soll.

Können die Leguminosen im konventionellen Landbau u. a. einen wichtigen Beitrag zur Auflockerung enger Fruchtfolgen, Einsparung von Stickstoffdüngern und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit liefern [BMELV, 2012], sind sie im ökologischen Landbau nahezu essenziell. Dort stellen sie, neben der Düngung aus tierischen Ausscheidungen, die bedeutendste Stickstoffquelle im Fruchtfolgeablauf des Betriebes dar.

Auch die Verordnung (EG) Nr. 834/2007 zum Ökologischen Landbau fordert an erster Stelle: „Die Bodenfruchtbarkeit ist vor allem durch den Anbau von Leguminosen, einer mehrjährigen Fruchtfolge mit Zwischenfrüchten, Untersaaten oder Gründüngung, sowie Wirtschaftsdüngern und Komposten ökologischer Herkunft zu erhalten.“

Vor allem in viehlos ökologisch wirtschaftenden Betrieben kommt die herausragende Stellung der Körnerleguminosen im Produktionsprozess zum Ausdruck. In Deutschland werden derzeit rund 95.000 ha oder 0,9 Prozent der Ackerfläche für den Anbau von Körnerleguminosen genutzt. Leider ist der Anbauumfang auch in Ökobetrieben in den letzten Jahren immer mehr zurückgegangen (2010: 27.000-30.000 ha) [BMELV, 2012].

Viele Landwirte scheuen das Anbaurisiko und die damit verbundenen Ertrags- und Gewinnausfälle. Das liegt unter anderem an den mangelnden Vermarktungs- und Aufbereitungsmöglichkeiten, am agrarpolitischen Förderrahmen, den z.T. erheblichen jährlichen Ertragschwankungen [BMELV, 2012] und der Schwierigkeit der Bestandesführung bis zur Ernte der Körnerleguminosen. Eine Ursache dafür sind Krankheiten und Schädlinge, die im ökologischen Landbau nur schwer bekämpfbar sind. Das größte ackerbauliche **Problem** stellt allerdings die Produktionstechnik in Form von **Aussaat** und mechanischer **Unkrautregulierung** dar. Die entscheidende Aufgabe lautet: Wie erziele ich einen homogenen und möglichst unkrautfreien Bestand, der ohne Ernteerschwernisse eingebracht werden kann?

Winterformen der Körnerleguminosen könnten hierbei eine Alternative sein. Sie sind durch eine züchterisch verbesserte Winterhärte wieder im Anbau und die beschriebenen Vorteile sind vielversprechend.

Genau hier soll die Abschlussarbeit Möglichkeiten aufzeigen und Lösungsansätze anbieten, die die Bestandesführung in Körnerleguminosen erleichtern und besser beherrschbar machen sollen.

Folgende Fragen, die für einen erfolgreichen Anbau maßgeblich sind, sollen geklärt werden:

1. Ist der Anbau von **Winterformen** ackerbaulich eine Alternative zu den Sommerformen?
2. Wann ist der optimale Aussaat**termin** der Winterformen?
3. Welches ist das optimale Aussaat**verfahren**: Einzelkornsaat oder Drillsaat?
4. Hat das Aussaatverfahren einen Einfluss auf die **mechanische Pflege**?

Die experimentelle Grundlage zur Klärung dieser Fragen ist ein im Herbst 2011 angelegter Feldversuch, dessen zweijährige Ergebnisse mit einbezogen wurden. Ergänzend dazu wurden Daten aus einem langjährig laufenden Versuch verwendet.

Ziel der Abschlussarbeit ist es, Anbauempfehlungen für den ökologischen Anbau von Ackerbohnen und Erbsen unter mitteldeutschen Anbaubedingungen zu geben, da hierzu bisher keine bzw. nur sehr wenige Untersuchungen vorliegen.

2 Stand der Literatur

2.1 Winter- und Sommerformen bei Ackerbohnen und Körnererbsen

Zu den bedeutendsten Körnerleguminosen im ökologischen Landbau in Deutschland gehören die Körnererbse und die Ackerbohne. Beide gehören zur Familie der Fabaceae (Hülsenfrüchtler). Zu den Besonderheiten dieser Familie gehört die Blütenform (Schmetterlingsblüte) und die Fähigkeit, mit Hilfe artspezifischer Bakterien Luftstickstoff zu binden. Dieses Prinzip entdeckte der deutsche Agrarwissenschaftler Hermann Hellriegel im Jahr 1886, der in Bernburg von 1882 bis zu seinem Tod 1895 als Direktor der anhaltinisch herzoglichen Versuchstation wirkte [LLFG, 2012].

Die Ackerbohne hat hohe Anforderungen an die natürlichen Standortfaktoren. Sie bildet eine Pfahlwurzel mit einem schwach entwickelten Neben- und Faserwurzelsystem aus und benötigt tiefgründige und schwere Böden bei gleichmäßiger Wasser- und Nährstoffversorgung. Auf Trockenheit reagiert die Ackerbohne mit Blüten- und Hülsenabwurf sowie Welkeerscheinungen. In Deutschland werden hauptsächlich klein- bis mittelsamige Sorten zur Futtermittelverwertung angebaut.

Die Erbse entwickelt eine relativ dünne, tief in den Boden reichende Hauptwurzel mit wenigen Nebenwurzeln. Für den Erbsenanbau eignen sich am besten tiefgründige humusreiche Lehm- und Lössböden mit einem pH-Wert von 6,5 bis 7,0. Körnererbsen sind hinsichtlich ihrer Standortansprüche variabler, höchste Erträge werden aber bei maritimen Klimaverläufen erzielt. Die aktuellen Erbsensorten für die landwirtschaftliche Verwertung gehören zu den halbblattlosen (semileafless) Wuchstypen und verfügen über eine hohe Standfestigkeit für eine verlustarme Ernte und eine hohe Kornertragsfähigkeit [LfULG, 2002]. Vorsommerliche Trockenperioden tolerieren Körnererbsen aufgrund ihres insgesamt geringeren Wasserbedarfes besser als Ackerbohnen [LLFG, 2012].

Seit einigen Jahren spielen auch die Winterformen der vorbenannten Körnerleguminosen im Rein- und Mischanbau eine größere Rolle im ökologischen Landbau. Sie sollen gegenüber den Sommerformen gewisse Vorteile bieten [URBATZKA et al, 2008]:

- Bodenbedeckung über Winter und Erosionsschutz
- Nutzung der Winterfeuchtigkeit
- bessere Unkrautunterdrückung
- höhere und stabilere Erträge
- 2-3 Wochen frühere Ernte (Ernteverfrühung)

Die beschreibende Sortenliste des Bundessortenamtes listet aktuell zwölf Sorten der Sommerformen der Ackerbohne und zwanzig Sorten der Körnererbse auf [BSA, 2013]. In den Landessortenversuchen des Landes Sachsen-Anhalts wurden 2013 fünf Ackerbohnsorten und zehn Körnererbsensorten geprüft [LLFG, 2013].

Bei den Winterformen der Körnerleguminosen ist die Sortenzahl eingeschränkt. Die anfangs mangelhafte Winterhärte verbesserte sich erst in den letzten Jahren durch züchterische Bearbeitung.

Aktuell ist nur die bereits 1986 zugelassene Winterackerbohnsorte „Hiverna“ sowohl in der beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes [BSA, 2013], als auch in den Landessortenversuchen Sachsen-Anhalts vertreten [LLFG, 2013].

Eine zugelassene Wintererbsensorte gibt es in der beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes nicht, in den Landessortenversuchen Sachsen-Anhalts 2013 wurden die aus Frankreich stammenden Wintererbsensorten James, Comanche und der Stamm RLH 07070 geprüft. Der Stamm RLH 07070 wurde kürzlich in Frankreich als Sorte „Gangster“ zugelassen. [LLFG, 2013].

Anbauerfahrungen im Ökolandbau liegen hauptsächlich mit den normalblättrigen Sorten E.F.B. 33 und Arkta vor. Normalblättrige Sorten sind weniger auswinterungsgefährdet als halbblattlose Züchtungen, aber dafür stärker lagergefährdet. Die eher kurzstrohigen und damit standfesten Wintererbsensorten Cheyenne, Lucy, Cherokee, Isard, Dove und Apache sind halbblattlose französische Züchtungen, die unter deutschen Anbaubedingungen jedoch nicht ausreichend winterhart sind und auch hier nicht vermehrt werden [BÖHM & GRONLE, 2013].

2.2 Aussaat von Ackerbohnen und Körnererbsen

Basis für einen konkurrenzfähigen Pflanzenbestand gegenüber Unkräutern ist ein schneller und gleichmäßiger Feldaufgang. Die Grundlagen hierfür werden mit der Aussaat gelegt.

Die Aussaat der Sommerformen von Ackerbohnen und Körnererbsen kann aufgrund der geringen Keimtemperaturen (2 – 3°C) bereits Anfang März erfolgen. Bei der Ackerbohne wirkt sich ein sehr früher Aussaattermin (ab Ende Februar), durch die Verlängerung der Vegetationszeit, positiv auf die Ertragshöhe aus. Die empfohlene Aussaattiefe je nach Bodenart liegt bei Ackerbohnen zwischen 6 – 10 cm und bei Erbsen zwischen 4 – 8 cm, die durch die vorher erfolgte Saatbettbereitung sichergestellt werden muss. Je nach Sortentyp liegt die empfohlene Saatmenge bei Ackerbohnen zwischen 35 und 80 keimfähige Körner/m² und bei Erbsen zwischen 70 und 110 keimfähige Körner/m². Bei eingeplanten Hackarbeiten sollte bei der Sämaschine eine Reihenweite von 25 cm nicht unterschritten werden. Ansonsten kann die Erbse, wie im Getreideanbau, ab ca. 11 cm Reihenweite angebaut werden.

Wegen der Empfindlichkeit gegenüber Bodenverdichtungen sind gut abgetrocknete und erwärmte Böden Voraussetzung. Eine eher tiefe Ablage des Saatgutes sichert einen frühzeitigen Einsatz mechanischer Bekämpfungsmaßnahmen und mindert die Gefahr von Vogelfraß (bei Erbsen). Bei der erforderlichen frühen Aussaat sollten Bodenverdichtungen durch zu frühe Überfahrten unbedingt vermieden werden. Bei Ackerbohnen sichert eine genügende Aussaattiefe den Bodenschluss des Saatgutes für ein erfolgreiches Auflaufen bei trockenen Bedingungen [LfULG, 2002].

Zum Aussaatzeitpunkt der Winterformen liegen nur wenige Informationen vor. Allgemeine Empfehlungen für Wintererbsen liegen im September/ Oktober und für Winterackerbohnen im Oktober/November. Für die Aussaattiefe gelten die gleichen Empfehlungen wie für die Sommerformen.

Das übliche Aussaatverfahren ist in der Praxis die einfacher durchzuführende Drillsaat mit einfachem Getreideabstand. Aus technischer Sicht sind Universal-Einzelkornsämaschinen grundsätzlich geeignet. Die bessere Tiefenführung, die exakte Tiefenablage und die wirksame partielle Rückverfestigung des Saatgutes durch Druckrollen ermöglichen einen raschen und gleichmäßigen Feldaufgang. Technisch bedingt durch breitere Säaggregate ergeben sich dadurch größere Reihenweiten ab 25 cm aufwärts bei allerdings gleichmäßiger Ablage des Saatgutes in der Reihe.

Die Einzelkornsämaschine führt gegenüber der Drillsaat mit Schleppschar zu einer gleichmäßigeren Ablage in entsprechender Bodentiefe und zu einer gleichmäßigeren Verteilung in der Saatreihe. Hierdurch zeigen die Bestände einen gleichförmigeren Aufgang. Erste Beobachtungen sprechen bei den Winterformen für eine Überlegenheit der EKS (= höhere Überwinterungsrate) [LLFG, 2012].

2.3 Mechanische Pflege in Ackerbohnen und Körnererbsen

Die Grundlagen für eine spätere erfolgreiche mechanische Pflege werden bereits mit der Aussaat und der vorherigen Bodenbearbeitung gelegt.

Die erste Maßnahme nach der Aussaat ist bei Drillsaaten üblicherweise das Anwalzen zur Erleichterung der Ernte bei steinigten Flächen sowie zur Verbesserung des Bodenschlusses. Zur Verminderung der Verdunstung und bei Gefahr der Verschlämmung und Verkrustung des Bodens sollte die Walze unbedingt mit einem nachlaufenden Striegel arbeiten.

Im Gegensatz zum ganzflächigen Walzen bieten die Druckrollen bei der Einzelkornsaat weniger Angriffspunkte für die Bodenerosion [LLFG, 2012].

Nach der Aussaat der Leguminosen können durch Blindstriegeln oder Eggen flachkeimende Unkräuter entfernt werden. Dabei ist auf eine ausreichende fruchtartenspezifische Ablagetiefe des Saatgutes zu achten, um Schädigungen an den Keimlingen zu verhindern. Vorsicht ist in der Auflaufphase geboten, da die Kulturen in dieser Entwicklungsphase sehr empfindlich sind. Durch ihre langsame Jugendentwicklung sind Körnerleguminosen extrem durch Unkrautkonkurrenz gefährdet. Dennoch sind die Möglichkeiten des Striegeleinsatzes gut.

Die tiefe Kornablage und die kräftigen Keimlinge erlauben einen frühen Arbeitseinsatz mit dem Striegel. Ungenügende Bekämpfungserfolge haben die Ursache, dass die bisher üblichen präventiven Maßnahmen und die direkten Regulierungsmaßnahmen mit wenigen Striegedurchgängen häufig nicht ausreichen. Bei einmaliger Anwendung liegt der Regulierungserfolg des Striegels gerade mal im Bereich zwischen 32 % und 60 %. Abhängig ist das vom Einsatzzeitpunkt, den Bodenbedingungen, den Entwicklungsstadien und Arten der Unkräuter, den Geräteparametern und dem Witterungsverlauf. Mehrere Überfahrten bergen zwar die Gefahr von Ertragsrückgängen durch Schäden an der Kulturpflanze, können jedoch die Wirkungsgrade gegenüber Unkräutern deutlich erhöhen. Die Kulturverträglichkeit ist dabei immer zu beachten. In der Praxis sollte nach einer Anpassung der Reihenweite auch die Maschinenhacke unbedingt mit angewendet werden [LfULG, 2002].

In bisherigen Literaturquellen wurden Körnerleguminosen eine geringe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern und eine hohe Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Belastungen attestiert. Versuche am Standort Leipzig zeigten jedoch eine gewisse Toleranz der Leguminosen besonders gegenüber Verschütten und sogar gegen Abriss bzw. Teilabriss der Pflanzen. Bohnen und Erbsen reagierten dabei mit dem Hervorbringen neuer Triebe, allerdings auf Kosten des Ertrages. Daraus lässt sich ableiten, dass in der frühen Entwicklungsphase der Körnerleguminosen eine mechanische Unkrautbekämpfung ausschließlich nach dem Entwicklungsstand der Unkräuter erfolgen sollte. Bei Erbsen hatte die wirksame Unkrautbekämpfung keine positiven Ertragsauswirkungen. Dafür verbesserten sich aber die Druschbedingungen und das Unkrautsamenpotential konnte für die Nachfolgekultur verringert wer-

den. Tiefgesäte Ackerbohnen sind zudem standfest, selbst hohe Bestände ließen eine intensive Bearbeitung zu. Das Abknicken der Körnerleguminosen in einem fortgeschrittenen Wachstumsstadium sollte beim Striegeln aber unbedingt vermieden werden [HÄNSEL, 2011].

Besonders bei halbblattlosen Wintererbsen besteht eine hohe Verunkrautungsgefahr, die durch Unkrautregulierungsmaßnahmen bekämpft werden muss [BÖHM & GRONLE, 2013].

3 Material und Methoden

3.1 Standortbeschreibung

Bodentyp:	TSCHERNOSEM (TT)
Geologische Herkunft:	weichseleiszeitlicher Löß
Ort/Kreis/Landschaft:	Bernburg-Strenzfeld / Salzlandkreis / Lößlandschaft im mitteldeutschen Trockengebiet
Höhenlage:	80 m über NN
Jahresniederschlag:	469 mm (LJM 1961-1990)
Jahrestemperatur:	9,1°C (LJM 1961-1990)
Grundwasserstand:	grundwasserfern (80 m)
Körnungsklassifizierung:	Ut4: stark toniger Schluff (Ton 22%, Schluff 70%, Sand 8%)

Tabelle 1: Untersuchungswerte Boden (0 – 25 cm Beprobungstiefe) vor Anlage des Versuches

Jahr	pH-Wert	P-CAL mg/100g	K-CAL mg/100g	Mg mg/100g	C total %	CaCO ₃ %	C org %	Nt %	C:N Verhältnis
2011	7,2	4,1 (B)	7,4 (B)	6,4 (B)	1,43	0,74	1,34	0,12	11
2012	7,5	5,9 (C)	10,0 (B)	5,8 (B)	1,62	2,01	1,38	0,12	11

Klima und Witterung

Die Vegetationsperiode 2011/2012 (Anlage 1) war zu Beginn gekennzeichnet durch eine frostfreie und zu warme Witterung, bis auf wenige Tage Mitte November, von Oktober bis Ende Januar. Dann erfolgte eine zu kalte Periode, mit Kahlfrösten im Februar bis -18°C, bis Anfang März. Die folgenden Monate bis zur Ernte waren bis auf Juni alle zu warm (0,3°C bis 3,7 °C) im Vergleich zum langjährigen Mittel.

Nach überdurchschnittlichen Niederschlägen im September 2011 mit 85 mm (LJM 37 mm) war der Zeitraum von Oktober bis April, bis auf Januar, mit nur zwei Dritteln der langjährigen Niederschlagsmenge zu trocken. Besonders erwähnenswert ist der November ohne messbares Niederschlagsereignis. Ab Mai erreichten die Niederschlagsmengen wieder Durchschnittswerte, allerdings mit Rekordwerten im Juli (145 mm), so dass die Bestände bis zur Ernte gut versorgt waren.

In der Vegetationsperiode 2012/2013 folgten die Temperaturen von Oktober bis zur ersten Januardekade im Wesentlichen dem langjährigen Mittel. Frosttage gab es in diesem Zeitraum nur in der zweiten Dezemberwoche. Ab der zweiten Januardekade folgte ein Winter einbruch mit niedrigen Temperaturen bis Anfang April und wechselnden Schneebedeckungen, durch die Auswinterungsverluste vermieden wurden. Die Folge war aber eine verspätete Aussaat der Sommerkulturen. Während der anschließende Mai noch leicht unter dem langjährigen Temperaturmittel lag, übertrafen die folgenden Monate bis zur Ernte das LJM mit einem sehr warmen Juli als Höhepunkt.

Die Niederschläge lagen im Oktober und November leicht unter dem langjährigen Mittel. Von Dezember 2012 bis zum März 2013 sorgten 169 mm Niederschlag (LJM = 117 mm) für gut gefüllte Bodenwasservorräte über Winter. Nach wenigen Niederschlägen im April (27 mm) war der Mai mit 105 mm sehr nass. Juni und Juli lagen unter dem LJM, wobei im Juli 2013 eine dreiwöchige Regenpause bemerkenswert ist, die die Abreife der Leguminosen beschleunigte.

3.2 Aussaattermin und –verfahren bei Winter- und Sommerformen

3.2.1 Versuchsbeschreibung

Um für die in der Einleitung beschriebenen Probleme Lösungen zu finden, wurde im Herbst 2011 ein Feldversuch als dreifaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen auf dem Schlag „Flurweg II“ angelegt (Anlage 2).

Der erste zu untersuchende Faktor ist der Saattermin, der sich in drei Varianten untergliedert: Zwei Aussaattermine im Herbst für die Winterformen und ein Termin im Frühjahr für die Sommerformen.

Der zweite zu untersuchende Faktor ist die Leguminosenart (Körnererbsen und Ackerbohnen) und die dazu gehörige Leguminosenform (Winter- und Sommerform).

Der dritte Faktor umfasst zwei Saatverfahren, die Einzelkornsaat und die Drillsaat.

Auf dem Versuchsfeld beinhaltet also das Großteilstück „Saattermin“ die Leguminosenart/-form und die wiederum das Saatverfahren.

Die Größe der Anlageparzellen entspricht der Größe der Ernteparzellen. Sie beträgt 3,00 m x 12,0 m (36,0 m²). Durch einen trennenden 10 m breiten Weg zwischen den Wiederholungen r1/r2 und r3/r4 ergibt sich eine Bruttoversuchsfläche von 2448 m². Aus technischen Gründen wurde die Fläche für den 3. Saattermin im Frühjahr zusammenhängend als Mittelblock im Versuch belassen.

Alle Aussaat- und Pflegemaßnahmen sowie die Ernte werden maschinell mit Versuchs- und Praxistechnik durchgeführt. In den Parzellen erfolgen keine Unkrautregulierungen von Hand.

3.2.2 Konstante Faktoren

Die Vorfrucht des im Jahr 2012 und 2013 jeweils angelegten Versuches war Winterweizen. Nach der Ernte der Vorfrucht erfolgte eine zweimalige Stoppelbearbeitung und Ende September die Grundbodenbearbeitung mit Pflug und Packer. Kurz danach wurde für die Aussaat die gesamte Fläche mit einem Saatbettkulturgerät auf die Ablagetiefe der Winterformen bearbeitet (ca. 8 cm). Für die zweite Aussaat im Herbst, nach ca. drei Wochen, erfolgte eine nochmalige Saatbettbereitung. Ebenso im Frühjahr für die Aussaat der Sommerformen.

Als Aussaattermine im Herbst für die Winterformen von Ackerbohnen und Körnererbse sind folgende Zeiträume gewählt worden: Die erste Oktoberdekade für den frühen Termin und die 3. Oktoberdekade für den späten Aussaattermin. Im Jahr 2011 waren das der 05. Oktober und der 27. Oktober, 2012 der 10. Oktober und der 26. Oktober.

Für die Sommerformen wird der frühestmögliche Aussaattermin im Jahr gewählt. Das ist normalerweise die erste Märzhälfte. 2012 war es der 13.03.2012. Im Jahr 2013 konnte die Aussaat durch den langen Winter erst am 16.04.2013 und 17.04.2013 erfolgen.

Die für den Versuchsanbau ausgewählten Leguminosenarten bzw. -formen und Sorten sind in der folgenden Tabelle 2 zusammengefasst:

Tabelle 2: Leguminosenarten bzw. -formen, Züchter, Sorte und Aussaatstärke

Kultur	Züchter	Sorte	Aussaatstärke (kf. Kö./m ²)
Winterackerbohne	NPZ Lembke KG	Hiverna	40
Winterkörnerfuttererbse	NPZ Lembke KG	James	80
Sommerackerbohne	NPZ Lembke KG	Fuego	40
Sommerkörnerfuttererbse	Erbe/ErbeGemeinschaft Dr. Hans Rolf Späth	Rocket	80

Als Saatverfahren wurden die praxisüblichen Verfahren Drillsaat und Einzelkornsaat gewählt. Die Drillsaat erfolgte mit einer Parzellendrillmaschine und die Einzelkornsaat mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine. Um die Vergleichsmöglichkeiten zu gewährleisten, wurden ähnliche Reihenweiten gewählt. Die Reihenweite der Parzellendrillmaschine von 27 cm war technisch bedingt nicht anders realisierbar. Die Versuchsparzelle wurde mit der Parzellendrillmaschine zwei Mal überfahren, um die Parzellenbreite von 3 m zu erreichen. Bei der Einzelkornsämaschine genügte eine Überfahrt.

Die wichtigsten Parameter der verwendeten Geräte sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Technische Daten Aussaattechnik

Maschine	Saatverfahren	Arbeitsbreite (m)	Reihenweite (cm)	Scharform
Hege 160	Drillsaat Bandkopf	1,50	27	Scheibenschar
Accord Optima	Einzelkornsaat pneumatisch	3,00	25	Sichelschar

Die sich anschließenden mechanischen Pflegemaßnahmen erfolgten mit Federzinkenstriegel und Maschinenhacke jeweils nach Bedarf.

3.2.3 Prüfmerkmale

Folgende Prüfmerkmale zur Datengewinnung wurden erfasst:

Versuchsjahr 2011/2012:

- Bestandesdichte vor Winter in Pflanzen/m² mit Auszählung
- Kornertrag in dt/ha mit Parzellenmähdrescher
- Agrotechnische Maßnahmen (Anlage 3)

Versuchsjahr 2012/2013:

- Bestandesdichte vor Winter in Pflanzen/m² mit Auszählung
- Bestandesdichte nach Winter in Pflanzen/m² mit Auszählung
- Überwinterungsrate in Prozent (errechnet)
- Pflanzenverteilung in der Reihe bei den Sommerformen mit Auszählung
- Termin Blühbeginn und Blühende
- Blühdauer in Tagen
- Termin Bestandesschluss
- Ermittlung Wuchshöhe mit Messlatte
- Lagerneigung durch Bonitur
- Unkrautdeckungsgrad (visuell geschätzt)
- Kornertrag in dt/ha mit Parzellenmähdrescher
- Agrotechnische Maßnahmen (Anlage 4)

4 Versuchsergebnisse

4.1 Pflanzenbauliche Parameter

Im ersten Versuchsjahr 2011/2012 wurden die pflanzenbaulichen Parameter nur eingeschränkt ermittelt. Es zeigte sich, dass sie für eine umfassende Interpretation der Ergebnisse nicht ausreichten. Aufgrund dieser Erfahrungen wurde die Anzahl der Merkmale im zweiten Versuchsjahr erweitert und intensiver untersucht.

Keimpflanzendichte, Bestandesdichte und Überwinterungsrate

Die Keimpflanzendichte nach dem Aufgang ist ein wichtiger Indikator für eine erfolgreiche Keimung der Leguminosenformen unter Feldbedingungen. Bereits hier lassen sich erste Rückschlüsse auf die mögliche Bestandesentwicklung und somit auf den späteren Ertrag ableiten. Ebenfalls sehr aufschlussreich sind die Bestandesdichten der Winterformen im Frühjahr. Hier zeigen sich die Effekte des Aussattermins und des Saatverfahrens. Die Überwinterungsrate zeigt die Frosthärte der Winterformen an. Für eine gute unkrautunterdrückende Wirkung ist ein lückenloser Bestand unabdingbar.

Tabelle 4 zeigt die ermittelten Werte aus dem ersten Versuchsjahr 2011/2012 (in Klammern) und aus dem zweiten Versuchsjahr (ohne Klammern).

Tabelle 4: Keimpflanzendichte, Bestandesdichte und Überwinterungsrate

Saattermin	Kultur	Saatverfahren	KD	BD im Früh-	Überwinte-
			vor Winter	jahr bzw. KD	rungrate
			Pfl./m ²	Pfl./m ²	%
1. Okt.-dekade	Wi-AB	EKS	(39) 45	44	98
1. Okt.-dekade	Wi-AB	Drillsaat	(31) 51	46	90
1. Okt.-dekade	Wi-Erb	EKS	(76) 74	72	98
1. Okt.-dekade	Wi-Erb	Drillsaat	(61) 74	73	98
3. Okt.-dekade	Wi-AB	EKS	-	(30) 41	-
3. Okt.-dekade	Wi-AB	Drillsaat	-	(09) 45	-
3. Okt.-dekade	Wi-Erb	EKS	-	(79) 74	-
3. Okt.-dekade	Wi-Erb	Drillsaat	-	(62) 69	-
Frühjahr	So-AB	EKS	-	39	-
Frühjahr	So-AB	Drillsaat	-	38	-
Frühjahr	So-Erb	EKS	-	67	-
Frühjahr	So-Erb	Drillsaat	-	74	-

Die Keimpflanzendichte der Winterformen nach dem Aufgang im Herbst konnte in den beiden Jahren nur in der 1. Saatzeit ermittelt werden. Die angestrebten 40 Pflanzen/m² bei Winterackerbohnen wurden sicher erreicht, mit Einschränkungen bei der Drillsaat im ersten Versuchsjahr. Die Wintererbsen hatten in beiden Jahren Probleme, die gewünschten 80 Pflanzen/m² zu erreichen, hier hatte die Drillsaat im ersten Versuchsjahr die niedrigsten Werte.

Die 2. Herbstsaatzeit konnte vor dem Winter nicht mehr ausgezählt werden, da die Pflanzen das Entwicklungsstadium dafür nicht mehr erreichten.

Die Bestandesdichte der Winterformen im Frühjahr zeigte bei normalem Witterungsverlauf über Winter, wie 2012/2013, keine großen Unterschiede. Bei extremen Witterungsereignissen wie 2011/2012 (Kahlfröste) allerdings schon, dort reagierte besonders die in der 3. Oktoberdekade durchgeführte Drillsaat der Ackerbohnen empfindlich. Dann spricht vieles für eine Vorteilhaftigkeit der Einzelkornsaat.

Die Pflanzenzahlen/m² der Sommerformen nach dem Aufgang waren bei Ackerbohnen zufriedenstellend, bei Erbsen jedoch nicht.

Die generell geringeren Pflanzenzahlen/m² bei Erbsen gegenüber der Sollaussaatstärke von 80 Kö./m² liegen vermutlich an der nicht ordnungsgemäß verwendeten Aussaattechnik oder

an der verminderten Keimfähigkeit des Saatgutes, entgegen den Angaben des Saatguterzeugers.

Hinsichtlich der errechneten Überwinterungsrate aus dem zweiten Versuchsjahr war nur bei den im Herbst zuerst in Drillsaat gesäten Ackerbohnen eine leicht geringere Rate festzustellen, mit aber immer noch akzeptablen Pflanzenzahlen.

Blühverhalten und Bestandesschluss

Das Blühverhalten der Leguminosen hat durch Beginn und Dauer der wassersensiblen Blühphase Einfluss auf die Ertragsstabilität. Erbsensorten können bei Vorsommertrockenheit mit Ertragseinbußen reagieren, wenn die Bestände die Blüte schnell durchlaufen und vorzeitig abreifen [LELF, 2011]. Bei Ackerbohnen fehlt besonders bei Wassermangel und Hitze-stress während der Blüte und Kornfüllungsphase die Ertragsstabilität [TLL, 2007].

Das Erreichen eines gleichmäßigen und möglichst zeitigen Bestandesschlusses ist wiederum für eine erfolgreiche Beschattung und Unterdrückung der Unkräuter maßgeblich. Tabelle 5 zeigt die Zusammenstellung der Daten.

Tabelle 5: Blühverhalten und Bestandesschluss

Saat-termin	Kultur	Saatver-fahren	Blüh-beginn	Blüh-ende	Blüh-dauer	Bestandes-schluss
			Datum	Datum	Tage	Datum
1. Okt.-dekade	Wi-AB	EKS	14.05.13	12.06.13	29	17.05.13
1. Okt.-dekade	Wi-AB	Drillsaat	12.05.13	12.06.13	31	17.05.13
1. Okt.-dekade	Wi-Erb	EKS	18.05.13	03.06.13	16	06.05.13
1. Okt.-dekade	Wi-Erb	Drillsaat	18.05.13	03.06.13	16	07.05.13
3. Okt.-dekade	Wi-AB	EKS	16.05.13	16.06.13	31	19.05.13
3. Okt.-dekade	Wi-AB	Drillsaat	14.05.13	16.06.13	33	19.05.13
3. Okt.-dekade	Wi-Erb	EKS	20.05.13	04.06.13	15	12.05.13
3. Okt.-dekade	Wi-Erb	Drillsaat	20.05.13	04.06.13	15	14.05.13
Frühjahr	So-AB	EKS	04.06.13	24.06.13	20	07.06.13
Frühjahr	So-AB	Drillsaat	04.06.13	24.06.13	20	07.06.13
Frühjahr	So-Erb	EKS	13.06.13	23.06.13	10	03.06.13
Frühjahr	So-Erb	Drillsaat	13.06.13	23.06.13	10	03.06.13

Der Blühbeginn setzte 2013 bei den zwei Herbstsaatsaaten der Ackerbohnen und Erbsen fast zeitgleich in der 2. Maidekade ein. Bei den Sommerformen begann Anfang Juni die Ackerbohnenblüte und 10 Tage später die Blüte der Erbsen.

Das Blühende der beiden Herbstsaatsaaten unterschied sich geringfügig, die Termine bei den Wintererbsen lagen fast gleichauf. Die Sommerformen blühten fast zeitgleich am 23.06./24.06.2013 ab. Der Entwicklungsvorsprung der 1. Herbstsaatsaat wird im Laufe der Vegetationsperiode von der späteren Herbstsaatsaat fast aufgeholt.

Im Vergleich zu den Sommerformen holt die Winterackerbohne am schnellsten auf und liegt zum Blühende nur noch ca. 10 Tage dahinter. Bei Wintererbsen bleibt bis zum Blühende ein zeitlicher Vorsprung gegenüber der Sommerform von ca. 3 Wochen bestehen.

Die Blühdauer war bei den Winterformen der Ackerbohnen unabhängig vom Saattermin und vom Saatverfahren ca. 30 Tage lang. Die Blühphase der Sommerackerbohnen dauerte ca. 20 Tage. Das Saatverfahren hatte keinen Einfluss auf die Dauer der Blüte.

Bei den Wintererbsen zeigten sich die gleichen Effekte wie bei den Winterackerbohnen, sie blühten mit 15 bis 16 Tagen jedoch nur halb so lange. Die Sommererbsen blühten 10 Tage lang.

Der Bestandesschluss erfolgte bei den Sommer- und Winterformen unabhängig vom Saatverfahren. Bei den Ackerbohnen erfolgte er gestaffelt nach den Aussaatterminen am 17.05.13, 19.05.13 und am 07.06.13 jeweils 3 bis 5 Tage nach Blühbeginn.

Der Erbsenbestand schloss bei der 1. Herbstsaatsaat 10 Tage früher, bei der 2. Herbstsaatsaat 5 bis 7 Tage früher und bei der Aussaat im April 4 Tage früher im Vergleich zum Ackerbohnenbestand. Die Erbsen profitieren dabei vom zeitigen Verranken des Bestandes.

Wuchshöhe, Lagerneigung und Unkrautdeckungsgrad

Die Wuchshöhe korreliert oft negativ mit der Standfestigkeit und verdient im ökologischen Anbau besondere Aufmerksamkeit, weil es keine Mittel zur Regulierung gibt. Die bei geringer Standfestigkeit auftretende Lagerneigung gibt Auskunft über die spätere gute oder schlechte Beerntbarkeit der Leguminosen. Der Unkrautdeckungsgrad sagt aus, wie viel Prozent der Parzelle mit Unkraut bedeckt ist und ist ein Indiz dafür, wie das Konkurrenzverhalten der einzelnen Leguminosenarten und -formen gegenüber einem gewissen Unkrautbesatz bzw. Unkrautdruck ist. In Tabelle 6 sind die ermittelten Merkmale dargestellt.

Tabelle 6: Wuchshöhe, Lagerneigung und Unkrautdeckungsgrad

Saattermin	Kultur	Saatverfahren	Wuchshöhe in cm	Lagerneigung vor Ernte	Unkraut- deckungsgrad
			13.06./02.07.	Note 1-9	%
1. Okt.-dekade	Wi-AB	EKS	114	4	5
1. Okt.-dekade	Wi-AB	Drillsaat	108	4	8
1. Okt.-dekade	Wi-Erb	EKS	66	2	40
1. Okt.-dekade	Wi-Erb	Drillsaat	66	2	33
3. Okt.-dekade	Wi-AB	EKS	94	3	3
3. Okt.-dekade	Wi-AB	Drillsaat	89	3	4
3. Okt.-dekade	Wi-Erb	EKS	69	2	4
3. Okt.-dekade	Wi-Erb	Drillsaat	68	2	7
Frühjahr	So-AB	EKS	94	1	3
Frühjahr	So-AB	Drillsaat	86	1	3
Frühjahr	So-Erb	EKS	79	1	3
Frühjahr	So-Erb	Drillsaat	76	1	3

Die Wuchshöhe der Winterformen wurde am 13.06.13 ermittelt. Dabei war die Wuchshöhe des 1. Aussaattermins im Vergleich zum 2. Aussaattermin im Herbst bei den Ackerbohnen fast 20 cm höher. Bei den Wintererbsen blieb die Wuchshöhe vom Aussaattermin im Herbst unbeeinflusst. Die Wuchshöhe der Sommerformen wurde am 02.07.2013 ermittelt. Bei den Sommerformen der Ackerbohnen lag sie auf dem Niveau der 2. Herbstaussaat. Die Sommererbsen übertrafen die Wuchshöhe der Wintererbsen um ca. 10 cm.

Die Einzelkornsaat erzielte in allen Varianten der Ackerbohnen Längenvorteile gegenüber der Drillsaat von bis zu 8 cm, bei Erbsen waren nur geringe Unterschiede zwischen den Saatverfahren festzustellen.

Alle Sommerformen der Leguminosen hatten eine sehr geringe Lagerneigung. Dabei bedeutet eine 1 = sehr geringe Ausprägung und eine 9 = sehr starke Ausprägung des Merkmals Lagerneigung.

Bei den Winterformen überzeugten die Erbsen mit sicherem Stand, während die Ackerbohnen aufgrund ihres Längenwachstums Schwächen zeigten. Besonders die erste Herbstaussaat der Winterackerbohnen hatte nur eine mittlere Lagerneigung.

Das Saatverfahren hatte keinen Einfluss auf die Ausprägung der Lagerneigung der Körnerleguminosen. Der Aussaattermin hatte nur bei den Winterackerbohnen einen Einfluss auf die Lagerneigung, mit größeren Lagerproblemen der ersten Herbstaussaat.

Der Unkrautdeckungsgrad der einzelnen Formen und Arten war bis auf die im Herbst zuerst gesäten Wintererbsen zufriedenstellend. Hauptunkräuter zum Auszählungstermin waren

Klettenlabkraut und Klatschmohn. Weder Winter- noch Sommerformen konnten hier einen deutlichen Vorteil erzielen. Auch beim Saatverfahren gab es keine unterschiedlichen Wirkungen. Es deuten sich hinsichtlich Unkrautdeckung leichte Vorteile für die spätere Herbstaussaat an.

Pflanzenverteilung in der Reihe

Die folgenden zwei Diagramme (Abbildung 1 und 2) zeigen die Ermittlung der Pflanzenverteilung in der Reihe bei Einzelkorn- und Drillsaat der Sommerformen. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die Ablagegenauigkeit des Saatkorns in der Reihe der zwei Saatverfahren ziehen. Mit der Ablagegenauigkeit werden die Grundlagen für einen homogenen Pflanzenbestand gelegt.

Die Zählungen erfolgten bei den Sommerformen in den vier Wiederholungen des Versuches in einer Reihe auf einer Länge von jeweils sechs lfd. Metern (Anlage 5).

Die Abstandsmessungen ergaben, dass bei der Einzelkornsaat der Ackerbohnen der Sollwert von 10 cm in der Reihe in 10 % aller Fälle erreicht wurde. Berücksichtigt man eine annehmbare Toleranz von 3 cm, dann machen die Werte der Legeabstände von 7 bis 13 cm 55% aller ermittelten Werte aus.

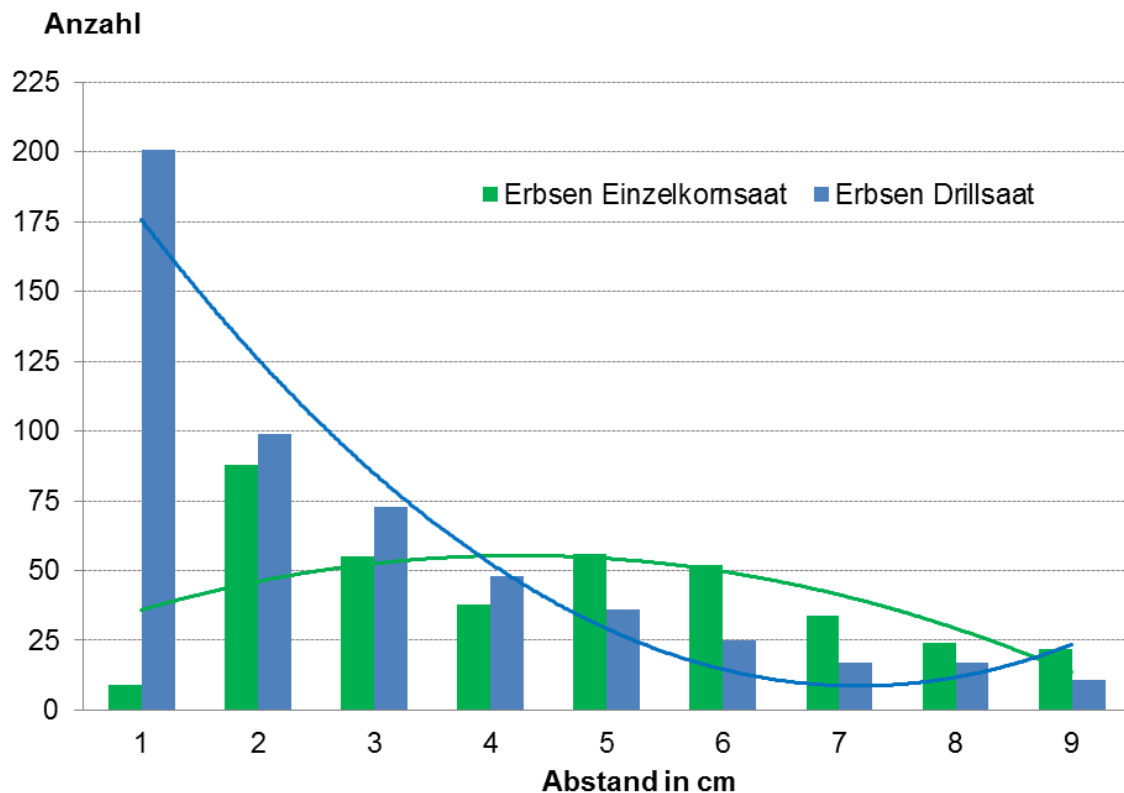
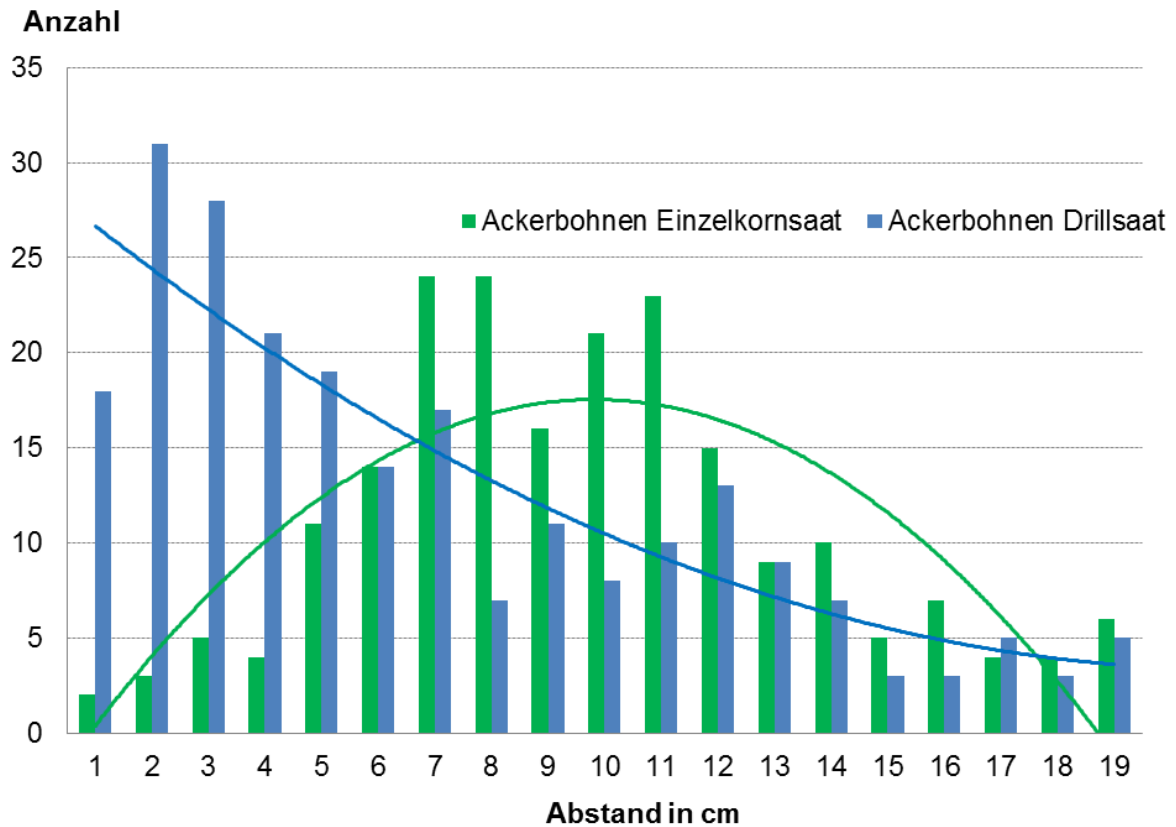
Bei der Drillsaat der Ackerbohnen sind 27% aller Werte im Bereich 7 bis 13 cm, hier wurden in 3% aller Fälle genau 10 cm Legeabstand erzielt.

Bei der Einzelkornsaat der Erbsen lagen 13% der Werte genau im Bereich des gewünschten Abstandes von 5 cm in der Reihe und etwa 55% im Bereich von 3 cm bis 7 cm.

Die Drillsaat der Erbsen lag mit 6% der Werte im angestrebten Abstand 5 cm um die Hälfte niedriger als die Einzelkornsaat. Hier lagen 34% der Werte im Bereich von 3 cm bis 7 cm.

In den beiden Diagrammen (Abbildung 1 und 2) folgt der Kurvenverlauf der Einzelkornsaat annähernd einer Normalverteilung. Bei der Drillsaat ist in beiden Fällen ein exponentialverteilter Kurvenverlauf festzustellen.

Man sieht am Beispiel der Erbsen aber auch, dass eine Normalverteilung des Saatgutes bei höheren Saatstärken und weiteren Reihen schwerer zu realisieren ist.



4.2 Erträge

Winter- und Sommerformen

Im zweijährigen Vergleich der beiden Leguminosenarten ergibt sich unter Einbeziehung aller Faktoren ein Ertragsvorteil der Körnererbsen gegenüber den Ackerbohnen (40,5 dt/ha zu 35,9 dt/ha). Dieser ist mit 6,8 dt/ha im ersten Versuchsjahr deutlicher als im zweiten Versuchsjahr mit 2,3 dt/ha.

Hinsichtlich Leguminosenformen ergibt sich ein klares Ergebnis zugunsten der Wintervarietäten. Sie erreichten, gemittelt über alle Aussaattermine und Saatverfahren, ein Ertragspotential von 40,1 dt/ha, die Sommerformen erreichten 34,4 dt/ha.

Beim Vergleich gegenüber Sommerackerbohnen (34,2 dt/ha) ergaben sich mit 36,8 dt/ha im zweijährigen Mittel nur geringe Vorteile für die Winterackerbohnen, weil die Einzeljahre sehr unterschiedlich waren. Besonders 2012 waren die Erträge der Winterackerbohnen mit 30,1 dt/ha sehr gering (Sommerform 37,4 dt/ha). Dagegen war 2013 die Differenz mit 12,6 dt/ha zugunsten der Winterform sehr deutlich.

Die Wintererbsenerträge waren im Mittel beider Jahre mit 43,4 dt/ha deutlich höher als die Erträge der Sommererbsen mit 34,7 dt/ha. Der sehr hohe Ertragsvorteil der Winterform gegenüber der Sommerform im Jahr 2012 von 14,4 dt/ha verringerte sich im Jahr 2013 auf 3,0 dt/ha.

Aussaattermin

Ohne Berücksichtigung des Saatverfahrens und der Leguminosenform hatten im zweijährigen Mittel die Herbstaussaaten die besseren Ergebnisse. Sowohl der erste Aussaattermin mit 39,2 dt/ha, als auch der zweite Aussaattermin mit 41,0 dt/ha lagen ertraglich vor dem Aussaattermin im Frühjahr, der im Mittel 34,4 dt/ha erzielte. Bei Betrachtung der einzelnen Leguminosenarten bzw. -formen ergibt sich folgendes Bild:

Der erste Aussaattermin der Winterackerbohnen im Herbst hatte im Mittel beider Versuchsjahre mit 41,0 dt/ha Ertragsvorteile gegenüber dem zweiten Aussaattermin von 8,3 dt/ha. Der Frühjahrstermin der Ackerbohnen erreichte 34,2 dt/ha. Auch hier gab es in den Einzeljahren große Unterschiede: So war die Differenz zwischen den Herbstaussaatterminen 2012 mit 15,5 dt/ha enorm höher als 2013 mit nur 1,1 dt/ha. Konnten die im Frühjahr gesäten Ackerbohnen 2012 ertraglich mit den im Herbst gesäten Ackerbohnen mithalten, fielen sie 2013 mit 31,0 dt/ha gegenüber 43,0 dt/ha und 44,1 dt/ha der Winterackerbohnen deutlich ab.

Die Wintererbsen zeigten gegenüber den Winterackerbohnen ein entgegengesetztes Ertragsverhalten. Hier war der Aussattermin der letzten Oktoberdekade im zweijährigen Mittel mit 49,4 dt/ha dem früheren Aussattermin im Herbst mit 12,0 dt/ha klar überlegen. Die im Frühjahr gesäten Körnererbsen erreichten hier 34,7 dt/ha und lagen etwas unter dem Niveau der 1. Herbstsaat .

Im Jahr 2012 folgten die Erträge im Trend dem zweijährigen Mittel, nur mit größeren Differenzen zwischen den einzelnen Aussatterminen.

Dieser Vorteilseffekt der zweiten Herbstsaat konnte so auch 2013 bei den Körnererbsen festgestellt werden, die Erträge der 1. Herbstsaat und der Sommerform waren fast gleich.

Aussaatverfahren

Hinsichtlich des Aussaatverfahrens ergab sich im Mittel beider Jahre und in allen Varianten ein Ertragszuwachs der Einzelkornsaat gegenüber der Drillsaat von 9,5 dt/ha.

Die Körnererbsen erzielten mit 44,3 dt/ha den höheren Ertrag gegenüber den Ackerbohnen mit 41,7 dt/ha sowohl bei der Einzelkornsaat, als auch bei der Drillsaat (36,7 dt/ha zu 30,2 dt/ha). Der Ertragsvorteil der Einzelkornsaat gegenüber der Drillsaat war bei den Winterformen deutlicher ausgeprägt als bei den Sommerformen und im ersten Jahr stärker als im zweiten Jahr.

Die folgende Tabelle 7 zeigt zusammengefasst die Erträge der Einzeljahre und den Mittelwert beider Versuchsjahre.

Tabelle 7: Kornertrag der Leguminosen 2012 und 2013

Saattermin	Kultur	Saatverfahren	Kornertrag 2012	Kornertrag 2013	Mittelwert 2012/2013
			dt/ha; 86 % TS	dt/ha; 86 % TS	dt/ha; 86 % TS
1. Okt.-dekade	Wi-AB	EKS	46,9	48,4	47,7
1. Okt.-dekade	Wi-AB	Drillsaat	28,7	39,8	34,3
1. Okt.-dekade	Wi-Erb	EKS	45,4	41,7	43,6
1. Okt.-dekade	Wi-Erb	Drillsaat	25,6	37,1	31,3
3. Okt.-dekade	Wi-AB	EKS	35,0	46,8	40,9
3. Okt.-dekade	Wi-AB	Drillsaat	9,59	39,3	24,4
3. Okt.-dekade	Wi-Erb	EKS	57,1	47,9	52,5
3. Okt.-dekade	Wi-Erb	Drillsaat	48,2	44,2	46,2
Frühjahr	So-AB	EKS	40,9	32,0	36,5
Frühjahr	So-AB	Drillsaat	33,9	29,9	31,9
Frühjahr	So-Erb	EKS	30,0	43,6	36,8
Frühjahr	So-Erb	Drillsaat	29,5	35,9	32,7
alle	Ackerbohnen	alle	32,5	39,4	35,9
alle	Erbsen	alle	39,3	41,7	40,5
Oktober	alle	alle	37,1	43,1	40,1
Frühjahr	alle	alle	33,5	35,3	34,4
Oktober	Ackerbohnen	alle	30,1	43,6	36,8
Frühjahr	Ackerbohnen	alle	37,4	31,0	34,2
Oktober	Erbsen	alle	44,1	42,7	43,4
Frühjahr	Erbsen	alle	29,7	39,7	34,7
1. Okt.-dekade	alle	alle	36,7	41,7	39,2
3. Okt.-dekade	alle	alle	37,5	44,5	41,0
Frühjahr	alle	alle	33,5	35,3	34,4
1. Okt.-dekade	Ackerbohnen	alle	37,8	44,1	41,0
3. Okt.-dekade	Ackerbohnen	alle	22,3	43,0	32,7
Frühjahr	Ackerbohnen	alle	37,4	31,0	34,2
1. Okt.-dekade	Erbsen	alle	35,5	39,4	37,4
3. Okt.-dekade	Erbsen	alle	52,7	46,1	49,4
Frühjahr	Erbsen	alle	29,7	39,7	34,7
alle	alle	EKS	42,6	43,4	43,0
alle	alle	Drillsaat	29,2	37,7	33,5
alle	Ackerbohnen	EKS	40,9	42,4	41,7
alle	Ackerbohnen	Drillsaat	24,1	36,3	30,2
alle	Erbsen	EKS	44,2	44,4	44,3
alle	Erbsen	Drillsaat	34,4	39,1	36,7

Statistik

Da es durch die verschiedenen Aussattermine und Leguminosenformen keinen orthogonalen Versuchskern gibt, werden Ertragsdifferenzen innerhalb der Sommer- bzw. Winterform der jeweiligen Leguminosenart betrachtet (Anlage 6).

Die Erträge (dt/ha; 86% TS) der Winterackerbohnen und Wintererbsen der Jahre 2012 und 2013 wurden mit den zwei Faktoren Saattermin und Saatverfahren in jeweils zwei Stufen ausgewertet:

- Saattermin: 1. Oktoberdekade, 3. Oktoberdekade
- Saatverfahren: Einzelkornsaat, Drillsaat

Weil die Aussaat der Sommerackerbohnen und -erbsen zu einem Termin im Frühjahr erfolgte, wurden die Erträge (dt/ha; 86% TS) der Jahre 2012 und 2013 als Stufen des Faktors Jahr ausgewertet und als zweiten Faktor wie bei den Winterformen das Saatverfahren in zwei Stufen:

- Jahr: 2012, 2013
- Saatverfahren: Einzelkornsaat, Drillsaat

Die Auswertung erfolgte mit der Statistik-Software PIAFStat (Version 6.42) zum einen als paarweiser Vergleich der Mittelwerte der Faktoren und zum anderen als paarweiser Vergleich aller AB-Mittelwerte auf gleicher A- bzw. B-Stufe sowie beliebiger AB-Mittelwertvergleiche. In der folgenden Tabelle 8 sind die wichtigsten statistischen Aussagen zusammengefasst:

Ein Stern oben rechts neben der Ertragszahl zwischen zwei Mittelwerten der Faktoren (fett gedruckt) bedeutet eine statistisch gesicherte Differenz (t-Test; $\alpha = 0,05$).

Ein Stern oben rechts neben der Ertragszahl innerhalb der grau unterlegten Fläche bedeutet eine statistisch gesicherte Differenz (t-Test; $\alpha = 0,05$) der Stufe dieses AB-Mittelwertes gegenüber den anderen drei Stufen der AB-Mittelwerte.

Tabelle 8: Statistisch gesicherte Ertragsdifferenzen im Versuch

Winterackerbohnen			
Saattermin = Faktor A:			
a1 1. Oktoberdekade			
a2 3. Oktoberdekade			
Saatverfahren = Faktor B:			
b1 Einzelkornsaat			
b2 Drillsaat			
2012	Saattermin		MW
Saatverfahren	a1	a2	
b1	46,9	35,0	41,0*
b2	28,7	9,59*	19,2
MW	37,8*	22,3	
2013	Saattermin		MW
Saatverfahren	a1	a2	
b1	48,4	46,8	47,6*
b2	39,8	39,3	39,6
MW	44,1	43,0	

Wintererbsen			
Saattermin = Faktor A:			
a1 1. Oktoberdekade			
a2 3. Oktoberdekade			
Saatverfahren = Faktor B:			
b1 Einzelkornsaat			
b2 Drillsaat			
2012	Saattermin		MW
Saatverfahren	a1	a2	
b1	45,4	57,1*	51,3*
b2	25,6*	48,2	36,9
MW	35,5*	52,7	
2013	Saattermin		MW
Saatverfahren	a1	a2	
b1	41,7	47,9	44,8
b2	37,1	44,2	40,7
MW	39,4	46,1	

Sommerackerbohnen			
Jahr = Faktor A:			
a1 2012			
a2 2013			
Saatverfahren = Faktor B:			
b1 Einzelkornsaat			
b2 Drillsaat			
Saatverfahren	Jahr		MW
	a1	a2	
b1	40,9*	32,0	36,5*
b2	33,9	29,9	31,9
MW	37,4*	31,0	

Sommererbsen			
Jahr = Faktor A:			
a1 2012			
a2 2013			
Saatverfahren = Faktor B:			
b1 Einzelkornsaat			
b2 Drillsaat			
Saatverfahren	Jahr		MW
	a1	a2	
b1	30,0	43,6*	36,8
b2	29,5	35,9	32,7
MW	29,7*	39,7	

4.3 Einzelkorn- und Drillsaat

Um die festgestellten Aussagen insbesondere zum Aussaatverfahren zu untersetzen, werden an dieser Stelle weiterführende Ergebnisse dargestellt. Die Daten stammen aus dem langjährig laufenden „Konventionell-Alternativen Dauerversuch“, über den zahlreiche Publikationen vorliegen (nach DEBRUCK, J. und KOCH, W. [LLFG, 2013] und Anlage 6).

Tausendkorngewicht

Das Tausendkorngewicht des Saatgutes muss bei der Aussaat berücksichtigt werden. Bei der Drillsaat ist es in der Formel zur Berechnung der Aussaatmenge enthalten. Bei der Einzelkornsaat spielt das Tausendkorngewicht bei der Auswahl der richtigen Säscheibe für die jeweilige Fruchtart eine Rolle, weil dadurch die Ablagegenauigkeit bestimmt wird. Während die Auswahl der Säscheibe bei Erbsen durch das relativ wenig schwankende Tausendkorngewicht einfach ist, müssen bei Ackerbohnen die großen Schwankungsbreiten der Tausendkorngewichte unbedingt berücksichtigt werden.

Das verwendete Saatgut im Zeitraum von 2002 bis 2012 hatte folgende Werte:

Tabelle 9: Tausendkorngewicht (g) 2002 bis 2012

Jahr	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ackerbohne	500	446	500	547	482	482	391	547	488	542	629
Körnererbse	261	220	255	230	230	213	196	275	275	182	265

Die praktische Idee dabei ist, dass man bei geringeren Tausendkorngewichten der Ackerbohne einen Säscheibenwechsel zwischen Ackerbohnen und Erbsen bei der Aussaat einsparen kann. Das heißt wiederum, dass man ihn bei sehr großen Tausendkorngewichten über 500g unbedingt durchführen sollte, auch wenn es einen gewissen Zeitaufwand erfordert. Denn bei einer großen Anzahl von und einem zu geringen Abstand zwischen den Löchern kommt es durch die Größe der Ackerbohnen zu Fehlbelegungen.

Bei Erbsen muss nur bei sehr kleinen Tausendkorngewichten auf die entsprechende Lochgröße der Säscheibe geachtet werden. Zu große Löcher führen zu Doppelbelegungen, verbrauchen unnötig Saatgut und stellen den Standortvorteil der Einzelpflanze bei der Einzelkornaussaat in Frage.

Verwendet wurden eine Säscheibe „3255“ (32 Löcher mit einem Lochdurchmesser von 5,5 mm) und eine Säscheibe „6450“ (64 Löcher mit einem Lochdurchmesser von 5,0 mm).

Eine korrekte Einstellung und Belegung der Lochscheibe zeigt Abbildung 3.

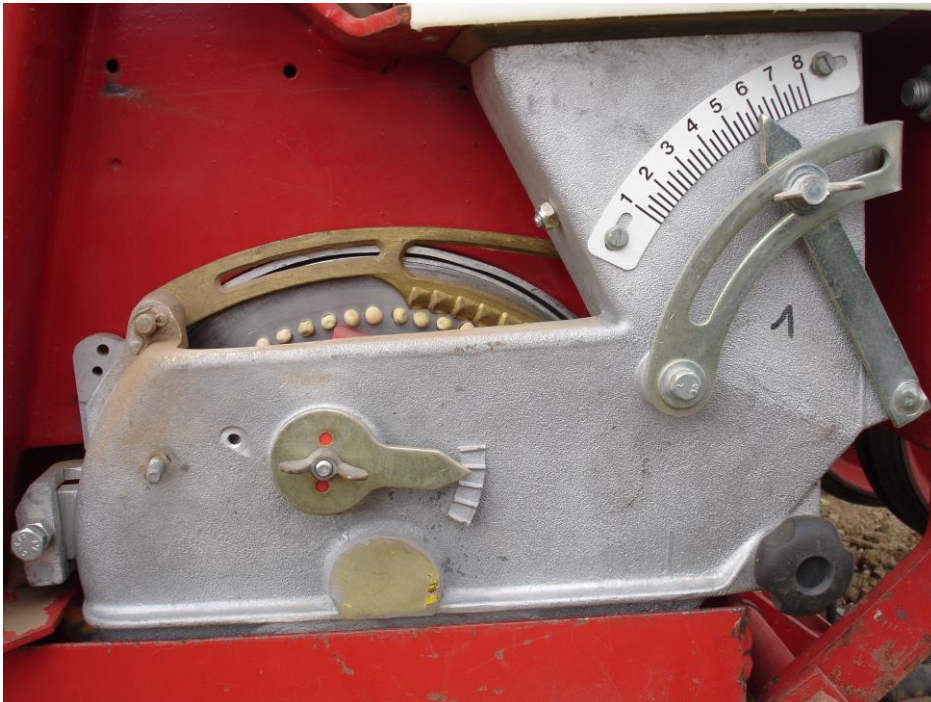


Abbildung 3: Einzelkornsäaggregat mit Säscheibe „6450“ für Körnererbsen

Keimfähigkeit

Die Keimfähigkeit des Saatgutes spielt bei der Aussaat, in ihrer Wirkung auf die Bestandesdichte und damit letztendlich auf den Ertrag eine entscheidende Rolle. Die Keimfähigkeit der Körnerleguminosen unterliegt je nach Sorte und Qualität des Saatgutes starken Schwankungen. Dieser Schwankungsbereich lag bei den verwendeten Ackerbohnen zwischen 80% und 98% KF und bei Erbsen zwischen 80% und 97% KF.

Die Wirkung der Keimfähigkeit soll im Folgenden näher betrachtet werden. Bei der Berechnung der Aussaatmenge der Drillsaat fließt sie mit ein und wird somit berücksichtigt. Die vereinfachte Formel zur Berechnung der Aussaatmenge hierbei lautet:

$$\text{Aussaatmenge (kg/ha)} = \frac{\text{Saatstärke (Körner/m}^2\text{)} \times \text{Tausendkorngewicht (g)}}{\text{Keimfähigkeit (\%)}}$$

Die errechnete Aussaatmenge kann nun an der Drillmaschine eingestellt werden.

Bei der Einzelkornsaat wird die Keimfähigkeit des Saatgutes normalerweise nicht berücksichtigt. Warum man es dennoch tun sollte, wird im folgenden Kapitel näher erklärt.

Legeabstand

Bei Berechnung der Aussaatmenge der Drillsaat wird die Keimfähigkeit berücksichtigt, aber der Legeabstand in der Reihe kann nicht beeinflusst werden. Abhängig vom Dosierorgan (z.B. Särad) kommt es bei Drillsaat zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Saatgutes innerhalb der Reihe.

Bei der Einzelkornsaat muss, um geringere Keimfähigkeiten auszugleichen, ein entsprechender Legeabstand in der Reihe gewählt werden. Das soll anhand eines Beispiels kurz erläutert werden. Gegeben sind dabei der Reihenabstand der Säaggregate der Einzelkornsämaschine mit 25 cm Reihenweite, die Keimfähigkeit des Saatgutes mit 80 % und die Aussaatstärke mit 40 Körnern je m². Ohne die Keimfähigkeit zu berücksichtigen, würde sich ein Legeabstand in der Reihe von 10 cm ergeben:

$$\text{Legeabstand in der Reihe (cm)} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{Reihenweite (cm)} \times \text{Körner/m}^2}$$

Das heißt also theoretisch, dass jedes fünfte Korn nicht zur Keimung gelangt. Um das weitestgehend zu vermeiden, muss man die Keimfähigkeit mit einbeziehen. Sie muss beim vorher ermittelten Wert prozentual einfließen, d.h. 0,1 m x 0,8 (entspricht 80% Keimfähigkeit). Das ergibt den Wert von 0,08 m. Diese 8 cm beträgt jetzt der Einstellwert am Getriebe der Sämaschine. Das bedeutet, dass jetzt auf einer Strecke von 4 m keine 40 Körner gelegt werden sondern 50 Körner, die die geringere Keimfähigkeit kompensieren können. Eine typische Kornverteilung bei Einzelkornsaat und bei Drillsaat am Beispiel Ackerbohnen zeigt Abbildung 4.



Abbildung 4: Legeabstand Ackerbohnen in Einzelkornsaat (links) und Drillsaat (rechts)

Der Legeabstand der Körner in der Reihe bei der Aussaat beeinflusst, unter Beachtung der Reihenweite, den Standraum der Einzelpflanze und die spätere Bestandesdichte. Diese ist für die gleichmäßige Entwicklung und unkrautunterdrückende Wirkung des Pflanzenbestandes maßgeblich und letztendlich auch für den Kornertrag.

In Tabelle 10 kommt dieser beschriebene Sachverhalt durch die tatsächliche Aussaatstärke und die später nach dem Auflaufen ermittelte Bestandesdichte am Beispiel der Ackerbohnen sehr deutlich zum Ausdruck.

Bis 2007 wurden jedes Jahr 40 Körner/m² ohne Berücksichtigung der Keimfähigkeit ausgesät. Die Bestandesdichte schwankte dadurch jährlich sehr stark. Ab 2008 wurde eine verminderte Keimfähigkeit bei der Maschineneinstellung mit einkalkuliert. Das führte zu einer Stabilisierung der angestrebten Bestandesdichte und zu einer Verbesserung der Ertragsstabilität.

Tabelle 10 zeigt ebenfalls die von 2002 bis 2012 ermittelten Keimfähigkeiten und Kornerträge bei Ackerbohnen. Das Ertragsmittel der Jahre 2002 bis 2007 betrug 21,9 dt/ha und das der Jahre 2008 bis 2012 39,4 dt/ha. Die Bestandesdichte lag in den betrachteten Zeiträumen im Mittel bei 29 Pflanzen/m² bzw. 39 Pflanzen/m².

Tabelle 10: Aussaatstärke, Bestandesdichte, Keimfähigkeit und Ertrag bei Ackerbohnen

Jahr	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ausgesäte Körner/m ²	40	40	40	40	40	40	50	44	50	50	50
Bestandesdichte/m ²	35	27	36	32	25	17	39	38	39	38	39
Keimfähigkeit in %	98	89	98	88	92	92	80	96	84	83	85
Kornertrag in dt/ha	33,0	22,4	12,5	26,6	17,1	19,8	36,7	31,7	42,3	44,6	41,6

Bei den Körnererbsen wurde ebenfalls bis zum Jahr 2007 die Standardkornzahl von 80 Körner/m², ohne Berücksichtigung der Keimfähigkeit, ausgesät und ab 2008 wurde ebenfalls die geringere Keimfähigkeit mit berücksichtigt.

Das Mittel der Kornerträge von 2002 bis 2007 beträgt hier 19,7 dt/ha und das der Jahre 2008 bis 2012 31,5 dt/ha. Der Mittelwert der Bestandesdichte beträgt hier in den beiden beschriebenen Zeiträumen 61 bzw. 64 Pflanzen/m². Tabelle 11 zeigt, dass sich die Berücksichtigung der Keimfähigkeit der Körnererbsen bei der Einzelkornsaat nicht so deutlich auf die Bestandesdichte auswirkte wie bei den Ackerbohnen, wohl aber auf den Ertrag.

Tabelle 11: Aussaatstärke, Bestandesdichte, Keimfähigkeit und Ertrag bei Körnererbsen

Jahr	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ausgesäte Körner/m ²	80	80	80	80	80	80	100	80	80	89	100
Bestandesdichte/m ²	67	54	56	63	63	62	66	63	71	72	47
Keimfähigkeit in %	96	92	91	89	89	95	82	97	97	91	80
Kornertrag in dt/ha	13,4	17,1	13,5	24,6	34,2	15,3	32,3	36,6	31,2	19,3	38,1

4.4 Mechanische Pflege

Auch die hier ermittelten Ergebnisse stammen aus dem langjährig laufenden „Konventionell-Alternativen Dauerversuch“. Da die mechanische Pflege der nächste wichtige Schritt zur Erzielung eines optimalen Bestandes ist und sich unmittelbar an die Aussaat anschließt, soll sie hier kurz mit erläutert werden. Folgende Frage soll geklärt werden:

- Hat das Saatverfahren einen Einfluss auf die nachfolgenden mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen?

Zunächst ist festzustellen, dass das Saatverfahren einen Einfluss auf die Aufgangsdauer der Leguminosen hat. Die zeitlichen Unterschiede zwischen Einzelkornaussaat und Drillsaat beim Feldaufgang verdeutlicht Tabelle 12.

Tabelle 12: Feldaufgangsdauer

Aussaatverfahren/Leguminosenart	Tage zwischen Aussaat und Feldaufgang
Einzelkornaussaat Ackerbohne	22
Einzelkornaussaat Erbse	20
Drillsaat Erbse	14

Um gute Erfolge bei einer mechanischen Unkrautbekämpfung nach der Aussaat mit dem eingesetzten Striegel im Vorauflauf („Blindstriegeln“) zu erzielen, befinden sich die Unkräuter im Idealfall im Keimfadenstadium, wie Abbildung 5 verdeutlicht.



Abbildung 5: Keimfadenstadium Unkräuter



Abbildung 6: Spross Ackerbohne (BBCH 08)

Dieses Stadium erreichen die Unkräuter in der Regel 3 bis 7 Tage nach der Aussaat, je nach Witterung. Die Kulturart sollte das BBCH Stadium zwischen 08 (Spross wächst zur Bodenoberfläche) und 09 (Spross durchbricht Bodenoberfläche) nicht überschreiten, weil die Sprossspitzen (Abbildung 6) beim Striegeln sonst abbrechen.

Da die Bekämpfungsspannen gegen Unkraut witterungsbedingt sehr gering sein können, erzielen gerade im Voraufbau ein bis zwei Maßnahmen gute Erfolge, die oft auch in Form auf dem Erdboden liegender weißer Keimfäden sofort sichtbar sind. Die bei der Einzelkornsaat um ca. ein Drittel längere Aufgangsdauer gegenüber der Drillsaat bietet mehr zeitlichen Spielraum für Bekämpfungsmaßnahmen. Ziel ist es, das Unkraut im frühestmöglichen Stadium zu bekämpfen und der Kultur einen Entwicklungsvorsprung zu sichern.

Die weiteren Maßnahmen richten sich nach den Entwicklungsstadien der Unkräuter und der Kulturpflanzen. Dabei ist der Einsatz des Striegels zwischen BBCH 10 und BBCH 11 der Kulturpflanzen sehr effektiv (Abbildung 7), auch wenn die Pflanzen teilweise verschüttet werden. Zu diesem Zeitpunkt läuft in der Regel die „zweite Welle“ an Unkräutern auf.



Abbildung 7: Optimaler Bekämpfungszeitpunkt in Ackerbohnen

Bei Einzelkornsaat folgen in Ackerbohnen und Erbsen nach dem Auflaufen in der Regel noch 3 bis 4 Striegeleinsätze, bevor kurz vorm Bestands- und damit auch Reihenschluss eine Maschinenhacke den Abschluss bildet.

Der bei Drillsaat engere Reihenabstand sorgt für einen zeitigeren Bestandesschluss, so dass der 3. bzw. 4. Striegeleinsatz oftmals nicht mehr durchgeführt werden kann. Auch eine Maschinenhacke ist aufgrund der zu engen Reihenweite nicht möglich.

Die Zeitspannen zwischen den einzelnen Bekämpfungsmaßnahmen sind am Beispiel der Körnererbsen in Tabelle 13 zusammengefasst.

Tabelle 13: Striegeleinsatz in Körnererbsen (Mittelwert 2002 bis 2012)

Maßnahmen	Erbse nach EKS in Tagen	Erbse nach DS in Tagen
1. Striegeleinsatz bis zum 2. Striegeleinsatz	13	12
2. Striegeleinsatz bis zum 3. Striegeleinsatz	14	14
3. Striegeleinsatz bis zum 4. Striegeleinsatz	10	-
letzter Striegeleinsatz bis Maschinenhacke	12	-

Im weiteren Vegetationsverlauf sind die Kulturpflanzen in ihrer Bestandesentwicklung dann soweit voraus, dass das Unkraut bis zu Abreife der Hauptkultur keine ernsthafte Licht-, Wasser- und Nährstoffkonkurrenz mehr darstellt.

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Winter- und Sommerformen

Die untersuchten Winterformen der Körnerleguminosen sind unter ökologischen Anbaubedingungen eine echte Alternative zu den langjährig etablierten Sommerformen. Die in der Literatur beschriebenen Ertragsvorteile der Wintererbsen [URBATZKA et al, 2008] gegenüber der Sommerform konnten unter den mitteldeutschen Anbaubedingungen bestätigt werden.

Auch der Ertragsvorteil der Winterackerbohne gegenüber der Sommerackerbohne in Jahren mit verspäteter Aussaat im Frühjahr und Trockenheit im Sommer [EBERT, 2011] konnte unter ähnlichen Bedingungen des Jahres 2013 gefunden werden.

Die halbblattlosen Wintererbsen können an weniger frostgefährdeten Standorten angebaut werden [BÖHM & GRONLE, 2013].

Bei der festgestellten geringen Winterfestigkeit der Winterkörnerleguminosen und der Anbauempfehlung in weniger auswinterungsgefährdeten Lagen [GUDDAT & KARALUS, 2013], muss die in Landessortenversuchen übliche Drillsaat berücksichtigt werden. Dort konnte die Einzelkornsaat als Alternative nicht geprüft werden.

Wenn der optimale Aussaatzeitpunkt im Herbst berücksichtigt wird, sind vor allem die Wintererbsen empfehlenswert. Sie sind nicht so frostempfindlich, schließen zeitiger als Winterackerbohnen den Bestand und sind durch geringe Lagerneigung und Wuchshöhe gut beerntbar.

Bei den Winterackerbohnen sind einige Abstriche zu machen. Das erhöhte Längenwachstum der Winterackerbohnen sorgt zwar für einen lückenlosen Bestand, kann aber zu Lagerproblemen führen. Sie halten in guten Jahren ertraglich mit den Wintererbsen mit, sind aber frostempfindlicher. Hier ist weiterer züchterischer Fortschritt gefragt. In solchen Jahren mit ungünstiger Winterwitterung sind die Sommerformen der Ackerbohnen ertraglich mindestens gleichwertig.

Das frühere Räumen des Feldes der Winterform der Erbse [BÖHM & GRONLE, 2013] wurde am Standort festgestellt. Der zeitliche Unterschied zur Sommerform betrug 8 bzw. 9 Tage.

Die Sommer- und Winterformen der Ackerbohnen wurden in beiden Versuchsjahren am gleichen Tag geerntet.

5.2 Aussaattermin

Laut Literatur sichert der frühestmögliche Aussaattermin im Frühjahr (Anfang März) den Sommerformen der Erbsen und Ackerbohnen als ausgeprägte Langtagspflanzen eine ausreichende vegetative Entwicklung bis zur Erntereife. Mit Verlängerung der Vegetationszeit wird die Ertragshöhe positiv beeinflusst [LfULG, 2002]. Für die Ackerbohnen trifft diese Aussage zu, sie reagierten bei verspäteter Aussaat im Frühjahr mit Mindererträgen. Die Erbsen waren spätsaatverträglicher.

Die empfohlene Aussaatzeitspanne bei Winterackerbohnen ist unter hiesigen Anbaubedingungen zu weit gefasst. Der Züchter gibt als Aussaattermin den 20. September bis Ende Oktober an und zum Entwicklungsstand vor Winter als Ziel ca. 4-6 ausgebildete Laubblätter [SAATEN-UNION, 2009]. Der Aussaattermin in der 1. Oktoberdekade sicherte den Ackerbohnen eine ausreichende Vorwinterentwicklung, damit bessere Überwinterungschancen und den höchsten Kornertrag.

Beim späteren Aussaattermin ist das Aufgangsergebnis zu ungewiss. Allerdings kann die Wuchshöhe der Winterackerbohnen und die damit einhergehende Standfestigkeit bzw. Lagerneigung durch diesen Termin positiv beeinflusst werden.

Die Ergebnisse zu Wintererbsen zeigen, dass der vom Züchter empfohlene Termin ab Mitte September [SAATEN-UNION, 2009] als zu früh eingestuft werden muss.

Optimaler für eine gute Überwinterung ist eine Aussaat zwischen Ende September und Mitte Oktober [BÖHM & GRONLE, 2013].

Die höchsten Erträge erzielte der Aussaattermin in der letzten Oktoberdekade. Die Anfang Oktober ausgesäten Wintererbsen sind durch ihr weiter fortgeschrittenes Entwicklungsstadium, im Vergleich zur Aussaat im letzten Oktoberdrittel, auswinterungsgefährdeter.

Die erzielten Ergebnisse zum Aussaattermin zeigen bisher einen eindeutigen Trend, allerdings besteht nach wie vor Forschungsbedarf in der Spezifizierung der optimalen Saattermine und Saatstärken von Winterkörnerleguminosen [GUDDAT & KARALUS, 2013].

5.3 Aussaatverfahren

In der Literatur wird auf die Vorteile der Einzelkornsaat hingewiesen [LfULG, 2002] [TLL, 2007], oft aber mit dem Verweis auf eine zu geringe Flächenleistung, teurer Maschinenteknik und nicht belegbarer ertraglicher Vorteile [SAATEN-UNION, 2006].

Frostgefährdete Standorte sind beim Anbau immer zu berücksichtigen, durch das entsprechende Saatverfahren könnte das Anbaurisiko minimiert werden. Der ertragliche Vorteil der Einzelkornsaat gegenüber Drillsaat konnte in beiden Versuchsjahren, in allen Leguminosenformen/-arten und zu allen Aussaatterminen festgestellt werden. Von diesen Ergebnissen ableitend ist eine Einzelkornsaat gerade bei großkörnigen Leguminosen sehr empfehlenswert.

Die hypogäische Keimung der Erbsen und Ackerbohnen findet eine Entsprechung in der tiefen Ablage des Saatkorns bei der Einzelkornsaat. Besonders bei den Winterformen macht sich das durch verbesserte Frosttoleranz bemerkbar. Das zeigen besonders die Ergebnisse aus dem ersten Versuchsjahr, wo sich die Erträge der Einzelkornsaat sehr deutlich von denen der Drillsaat abhoben.

Die Einzelkornsaat bietet im ökologischen Landbau folgende Vorteile:

- Saatguteinsparung durch genauere Ablage
- homogener Bestand
- bessere Bedingungen für Striegeleinsatz durch tiefe Saatgutablage
- gleichmäßigere Abreife

Bei der Drillsaat kann oftmals die angestrebte Saattiefe technisch bedingt nicht eingehalten werden.

5.4 Berücksichtigung der Saatgutqualität

Zur möglichst gleichmäßigen Standraumverteilung der relativ geringen Pflanzenzahl je Flächeneinheit, exakten Einhaltung der Saattiefe und Saatgutersparnis bei Ackerbohnen ist Einzelkornsaat zu empfehlen [TLL, 2007].

Für die Ackerbohne böte die Einzelkornsaat Vorteile. Dabei wird die große Saattiefe von bis 8 cm sicher erreichbar, die sich in einem hohen Feldaufgang, besserer Standfestigkeit und letztlich höheren Erträgen widerspiegelt [LfULG, 2002].

Neben einer exakteren Arbeit und einer Verbesserung der Standfestigkeit lassen sich durch Einzelkornsämaschinen die Bestandesdichten durch optimierte Aussaatmengen besser regeln. Ertragsteigerungen von etwa 10% werden erreicht [LÜTKE ENTRUP et al, 2000].

Die EKS hat, wie in der Literatur beschrieben, Vorteile gegenüber der Drillsaat.

Details werden aber oft nicht benannt, wie z. B. die Wirkung von TKG, Keimfähigkeit, Legeabstand in der Reihe und Wahl der Säscheibe. Es wurde gezeigt, dass sie sich gegenseitig beeinflussen und indirekt oder direkt wirken auf:

- Aussaatstärke
- Feldaufgang
- Standraum Einzelpflanze
- Bestandesdichte
- Ertrag

Ein zu weiter Abstand oder eine Nichtbelegung in der Reihe bei der Aussaat verursachen Fehlstellen, die vom Pflanzenbestand im besten Fall noch kompensiert werden. Zu viele Fehlstellen bieten dem Wachstum der Unkräuter günstige Bedingungen, was gerade im ökologischen Landbau unbedingt vermieden werden sollte.

Zu enge Abstände in der Reihe sorgen für unnötige Konkurrenzsituationen der Pflanzen untereinander und sind ebenfalls zu vermeiden.

Die Ergebnisse bei den Auszählungen zur Standraumverteilung belegen die Vorteile der EKS in beiden Leguminosenarten zur Erreichung eines homogenen Bestandes. Die Genauigkeit bei der Ablage zur Erreichung des gewünschten Sollwertes (mit Toleranzbereich) ist wesentlich höher als bei der Drillsaat, auch wenn sie mit zunehmender Saatstärke etwas abnimmt (Vergleich Ackerbohne mit 40 Kö./m² und Erbsen mit 80 Kö./m²).

Ihre Stärken kann die EKS in Körnerleguminosen aber nur bei Berücksichtigung der Keimfähigkeit des Saatgutes zur Geltung bringen. Wird die Keimfähigkeit nicht berücksichtigt, hat das einen negativen Einfluss auf das Aufgangsergebnis der Kultur, die Bestandesdichte und

den Kornertrag. Der positive Einfluss auf die Ertragsstabilität und die Ertragshöhe konnte nachgewiesen werden.

Das Gleiche gilt für den Zusammenhang zwischen dem Tausendkorngewicht des Saatgutes und der Wahl der Säscheibe. Die optimale Säscheibe (richtige Lochgröße und Anzahl der Löcher), angepasst an das aktuelle TKG der auszusäenden Leguminosenart ist für die Ablagequalität ebenfalls entscheidend.

In diesem Zusammenhang soll auch auf die Einhaltung der vorgeschriebenen Arbeitsgeschwindigkeit der Sämaschine je nach Bodenbeschaffenheit aufmerksam gemacht werden. Eine zu hoch gewählte Arbeitsgeschwindigkeit wirkt sich durch das Verrollen der Saatkörner in der Saatrille negativ auf den Ablageabstand in der Reihe mit den dann beschriebenen Konsequenzen aus.

5.5 Mechanische Pflege

Der erhöhten Verunkrautungsfahr in Ackerbohnen kann lt. Literatur mit Blindstriegeln oder Blindeggen als erstem Unkrautregulierungsgang nach der Saat entgegengewirkt werden. Weiterhin wird geraten, in der Phase des Durchbrechens der Ackerkrume (Keimling 1 - 2 cm unter Bodenoberfläche) bis zum 2. – 3. Laubblattstadium von der mechanischen Unkrautregulierung abzusehen, um eine Verletzung der Keimlinge zu vermeiden [LfLUG, 2002].

Auch in Erbsen soll durch eine gleichmäßige Tiefenablage des Saatkorns ein gleichmäßiger Aufgang der Saat ermöglicht werden. Nur dann ist eine Unkrautregulierung mit geringen Pflanzenverlusten, hohem Wirkungsgrad und zu günstigen Terminen möglich [LfLUG, 2002].

Die Ergebnisse zeigen, dass die Einzelkornsaat gegenüber der Drillsaat auch bei der mechanischen Pflege Vorteile bietet:

- eine längere Bekämpfungsspanne der Unkräuter nach der Aussaat bis zum Auflaufen
- ein intensiverer Eingriff der Striegelzinken ist aufgrund der tieferen Ablage möglich
- weniger Pflanzenverluste beim Striegeln durch den einheitlichen Entwicklungsstand der Pflanzen
- häufigerer Einsatz des Striegels durch weitere Reihen möglich

Die in der Literatur beschriebene große Toleranz von jungen Pflanzen der Körnerleguminosen gegenüber Verschütten in den Stadien BBCH 09 bis 14 (Auflaufen bis Vierblattstadium) [HÄNSEL, 2011] können durch eigene Erfahrungen bestätigt werden.

6 Zusammenfassung

Leider spielt der Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland, auch im ökologischen Landbau, im Moment keine große Rolle.

Um diese Situation zu ändern, wird aktuell in der Eiweißpflanzenstrategie des BMELV gefordert, das bestehende Ertragspotential der vorhandenen Körnerleguminosen voll auszuschöpfen. Dadurch soll die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Körnerleguminosen gegenüber anderen Kulturarten verbessert werden [BMELV, 2012].

Wie das Ertragspotential von Ackerbohnen und Erbsen im Ökolandbau unter mitteldeutschen Anbaubedingungen mit Hilfe der Produktionstechnik ausgeschöpft werden kann, wurde in der vorliegenden Abschlussarbeit aufgezeigt und soll jetzt noch einmal kurz zusammengefasst werden:

1. Empfehlung von Winterformen der Körnerleguminosen
2. Wintererbsen sind besser geeignet als Winterackerbohnen
3. Erhöhung Frosttoleranz durch tiefere Saatgutablage und Wahl des Aussattermins
4. Wintererbsen nicht zu früh aussäen (ab Mitte Oktober)
5. Winterackerbohnen nicht zu spät aussäen (vor Mitte Oktober)
6. Aussaat in Einzelkornsaat
7. Sicherer und effektiverer Striegeleinsatz nach Einzelkornsaat
8. Ertragsausfallrisiko durch Anbau verschiedener Leguminosenarten und -formen minimieren

Ebenso wurde die besondere Bedeutung der Einzelkornsaat innerhalb der Anbautechnik der Körnerleguminosen dargestellt. Weitere wichtige Aspekte beim Einsatz, neben den üblichen Maschineneinstellungen, sind:

- Berücksichtigung des TKG des Saatgutes bei Wahl der Säscheibe
- Keimfähigkeit Saatgut bei Getriebeeinstellung für Kornabstand beachten

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass der Landwirt im ökologischen Landbau durchaus verschiedene ackerbauliche Möglichkeiten besitzt, Körnerleguminosen zu einem erfolgreichen Anbau zu führen. Weitere Impulse müssen aus dem Markt und aus der Politik kommen. Erste Schritte dazu wurden gemacht. Für einen lohnenswerten und attraktiven Anbau müssen weitere folgen.

7 Literaturverzeichnis

ACCORD Landmaschinen H. Weiste & Co. GmbH: Betriebsanleitung Einzelkornsämaschine OPTIMA. September 1992.

Böhm, H., Gronle, A.: Leguminosen. Anbauerfahrungen mit Wintererbsen. Landwirtschaft ohne Pflug. August 2013, S. 36-39

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): Eiweißpflanzenstrategie des BMELV. November 2012, S.1-5
URL:<http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/EiweisspflanzenstrategieBMELV.html> [Stand: 14.10.2013]

Bundessortenamt (Hrsg.): Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte. Beschreibende Sortenliste. 2013, S.222
URL: <http://www.bundessortenamt.de/internet30/index.php?id=164> [Stand: 14.10.2013]

Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e. V. (Hrsg.): Die Bio-Branche 2013. Zahlen Daten Fakten. Februar 2013.
URL: <http://www.boelw.de/zdf.html> [Stand: 14.10.2013]

Ebert, U.: Sortentelegramm Winterackerbohne „Hiverna“. Ökoring Niedersachsen e.V./ Bioland Beratung GmbH.
URL: <http://www.oekolandbau.de/erzeuger/spezieller-pflanzenbau/koernerleguminosen/kulturdatenblatt-ackerbohne/> [Stand: 14.10.2013]

Guddat, Ch., Karalus, W.: Eiweiß eisgekühlt vom Acker. Bauernzeitung 33/2013, S. 25-27

Hänsel, M.: Striegeln gegen Unkraut. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen. Juni 2011, S. 17-20
URL: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/16398.htm> [Stand: 14.10.2013]

Hochschule Anhalt (Hrsg.): Möglichkeiten zur Erweiterung des Anbaus und der Verwertung von Körnerleguminosen. Tagungsband. Workshop vom 24.06.2011.

Kahnt, G.: Leguminosen im konventionellen und ökologischen Landbau. DLG - Verlag Frankfurt/Main. 2008.

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg (Hrsg.): Körnerleguminosen Sommerölfrüchte. Sortenratgeber 2011, S.3

URL:http://elf.brandenburg.de/media_fast/4055/Sortenratgeber_Leguminosen_Sommeroeelfruechte_2011_LELF.pdf [Stand: 14.10.2013]

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (Hrsg.): Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Informationen für Praxis und Beratung. August 2002, S. 29-31, 55, 60-67, 74-77

URL: <http://orgprints.org/15102/3/Koernerleguminosen.pdf> [Stand: 14.10.2013]

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Eiweißpflanzenanbau in Sachsen-Anhalt. Stellungnahme der LLFG. Dezember 2012, S. 7-11

URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=57710> [Stand: 14.10.2013]

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt: Zentrum für Acker- und Pflanzenbau. 2013.

URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=18272> [Stand: 14.10.2013]

Lütke Entrup, N., Oehmichen, J.: Band 2: Kulturpflanzen. Lehrbuch des Pflanzenbaus.

Gelsenkirchen: Verlag Th. Mann. 2000, S. 563

Rühl, G., Bramm, A., Greef, J.: Aspekte des Anbaus von Körnerleguminosen. Journal für Kulturpflanzen. Verlag Eugen Ulmer. 2009.

URL:<http://www.ulmer.de/Inhalt/Inhaltsverzeichnisse/Aspekte-des-Anbaus-von-Koernerleguminosen,QUIEPTExNDczMjQmTUIEPTU2MTgzJkFST09UPTg4MzgwJIRFTVBfTUFJTj1TY2IlnRpZmljc19Qb3J0cmFpdC5odG0.html> [Stand: 14.10.2013]

Saaten-Union GmbH Isernhagen (Hrsg.): Ackerbohnen und Futtererbsen. praxisnah Sonderausgabe „Leguminosen“. 2006, S.8

URL: <http://www.saaten-union.de/index.cfm/article/4008.html> [Stand: 14.10.2013]

Saaten-Union GmbH Isernhagen: Sortenbeschreibung Winterackerbohne „Hiverna“. 9/2009.

URL: <http://www.saaten-union.de/index.cfm/product/52,104,html.html> [Stand 14.10.2013]

Saaten-Union GmbH Isernhagen: Sortenbeschreibung Wintererbse „James“. 9/2009.
URL: <http://www.saaten-union.de/index.cfm/product/53,160,html.html> [Stand 14.10.2013]

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Ackerbohnen. März 2007, S. 11, 15
URL: <http://www.tll.de/ainfo/sandx4.htm?key=Ackerbohne> [Stand: 14.10.2013]

Urbatzka, P., Graß, R., Schüler, C.: Vergleichender Anbau verschiedener Wintererbsenherkünfte in Rein- und Gemengesaat zur Integration in das Anbausystem Ökologischer Landbau. Projektabschlussbericht. Universität Kassel. 2008, S.5
URL: <http://orgprints.org/15527/> [Stand: 14.10.2013]

Urbatzka, P., Graß, Reulein, J., R., Schüler, C.: Untersuchung verschiedener Wintererbsenherkünfte auf ihre Winterhärte und ihre Anbauwürdigkeit im Ökologischen Landbau. Abschlussbericht. Universität Kassel. 2003.
URL: <http://orgprints.org/16445/> [Stand: 14.10.2013]

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.: Pilzkrankheiten und Schädlinge bei Körnerfuttererbsen. 2010.
URL: http://www.ufop.de/files/4213/3935/5877/RZ_UFOP_0854_Broschur_web1.pdf
[Stand: 14.10.2013]

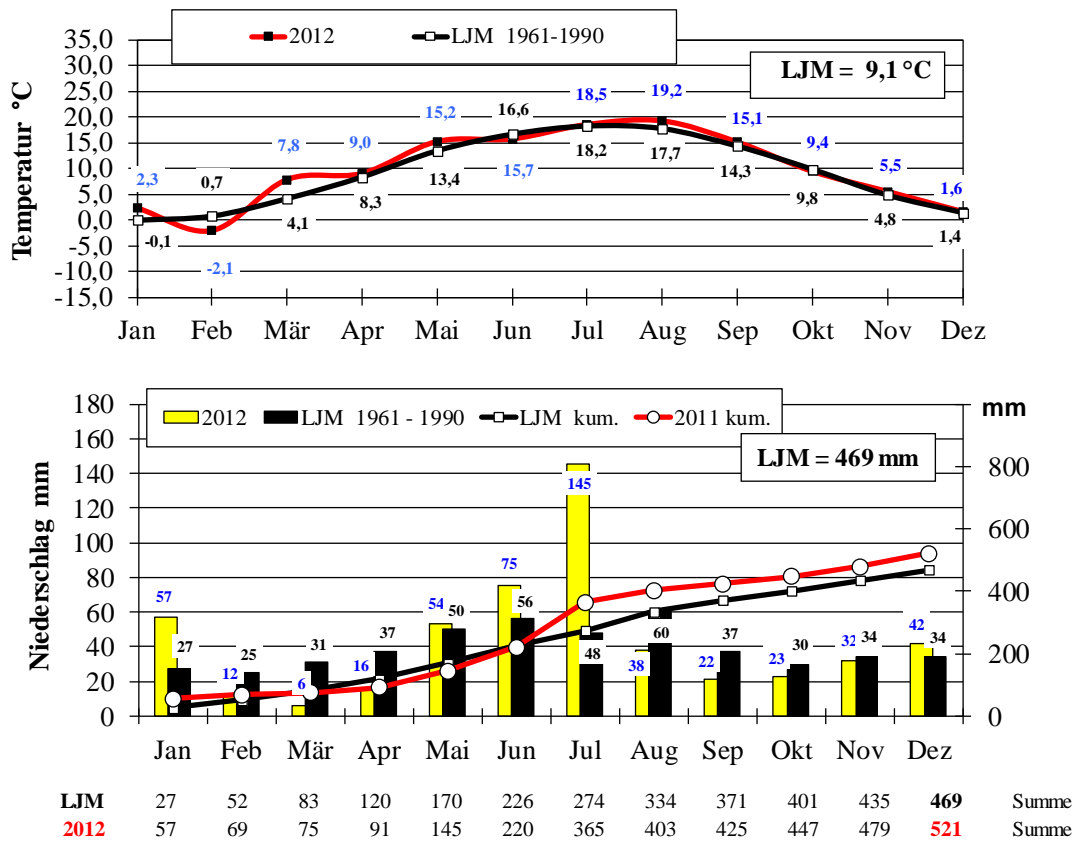
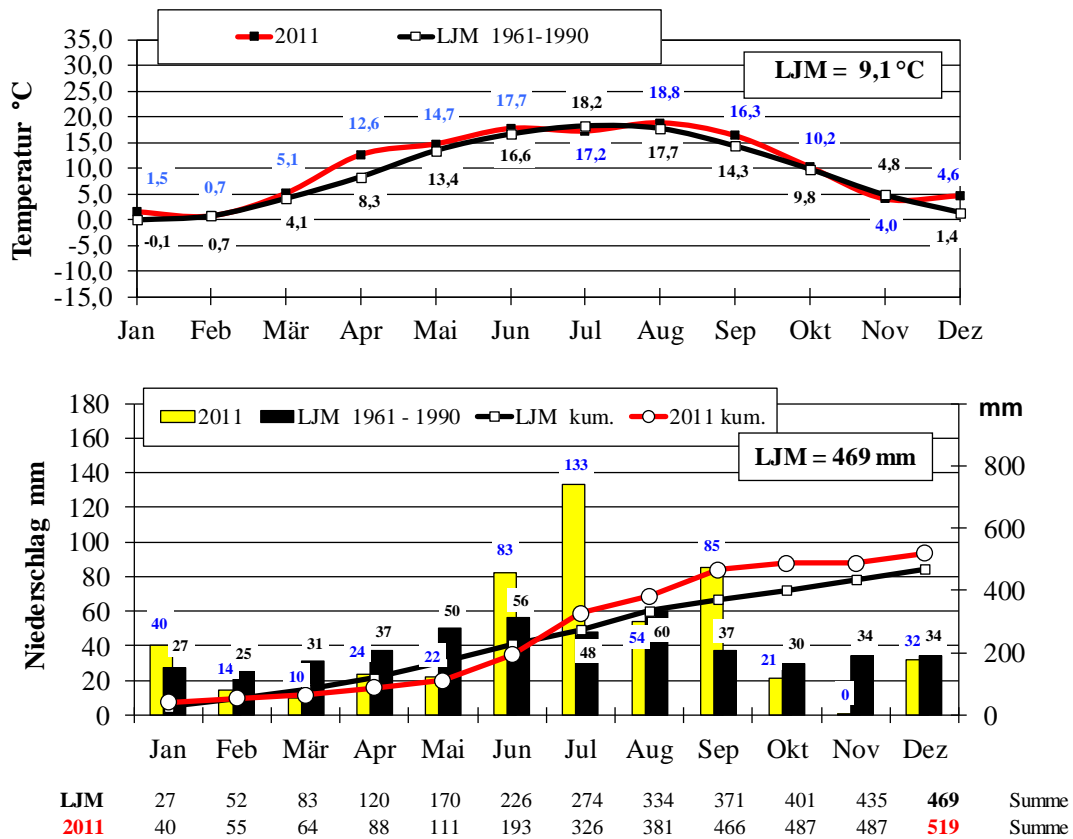
Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91. 28. Juni 2007.
URL: <http://www.oekolandbau.de/service/gesetze-und-verordnungen/> [Stand: 14.10.2013]

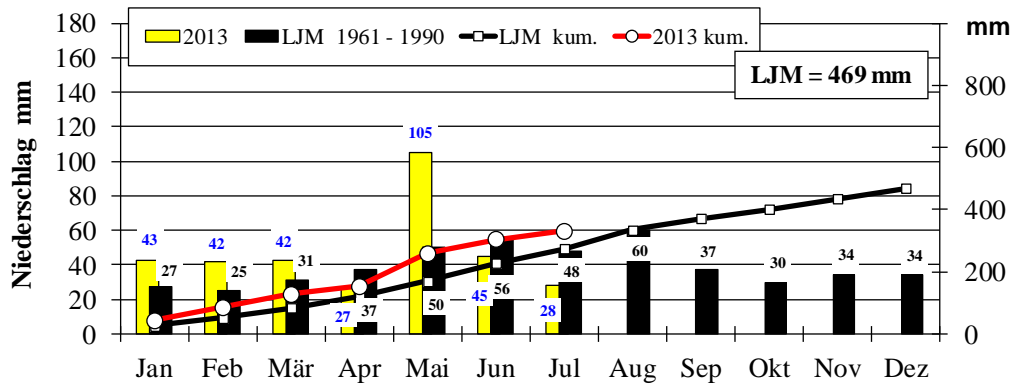
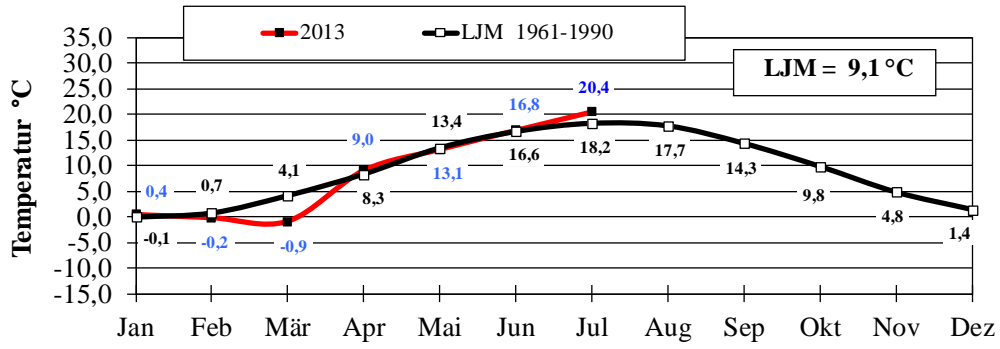
Wilhelm, B. und Hensel, O. (Hrsg.): Landtechnische Lösungen zur Beikrautregulierung im Ökolandbau. Berichte aus Forschung und Praxis. 2011.
URL: <http://orgprints.org/19829/> [Stand: 14.10.2013]

8 Anhang

Anlage 1: Klimadiagramme 2011, 2012 und 2013	52
Anlage 2: Versuchsplan Feldversuch zu Aussaattermin und –verfahren bei Winter- und Sommerformen	54
Anlage 3: Agrotechnische Maßnahmen 2012 im Versuch	55
Anlage 3: Agrotechnische Maßnahmen 2013 im Versuch	56
Anlage 5: Pflanzenverteilung in der Reihe bei Einzelkorn- und Drillsaat der Sommerformen	58
Anlage 6: Statistische Auswertung der Erträge	59
Anlage 7: Konventionell-Alternativer Dauerversuch (KA-Versuch)	63

Anlage 1: Klimadiagramme 2011, 2012 und 2013





LJM	27	52	83	120	170	226	274	334	371	401	435	469	Summe
2013	43	84	127	153	258	303	331						Summe

Anlage 2: Versuchsplan Feldversuch zu Aussattermin und –verfahren bei Winter- und Sommerformen

C = Saatverfahren

- c1 Einzelkornsaat
- c2 Drillsaat

B = Kulturart

- b1 Winterackerbohne "Hiverna"
- b2 Winterkörnerfutterbse "James"
- b3 Sommerackerbohne "Fuego"
- b4 Sommerkörnerfutterbse "Rocket"

A = Saattermin

- a1 1. Oktoberdekade mit b1 und b2
- a2 3. Oktoberdekade mit b1 und b2
- a3 Frühjahrstermin mit b3 und b4

r3	a2		a1		a3		a2		a1		10 m
	b1		b2		b3		b4		b1		
	c1	c2	c1	c2	c1	c2	c1	c2	c1	c2	
	211	212	221	222	341	342	331	332	211	212	
r1	a1		a2		a3		a1		a2		10 m
	b1		b2		b3		b4		b1		
	c1	c2	c1	c2	c1	c2	c1	c2	c1	c2	
	111	112	121	122	341	342	331	332	221	211	
3 m		6 m		12 m		72 m					

Anlage 3: Agrotechnische Maßnahmen 2012 im Versuch

A = Saattermin:		B = Kulturart:			C = Saatverfahren:		
a1	1. Oktoberdekade	b1	Wi-AB	"Hiverna"	40 kf. Kö./m ²	c1	EKS =
a2	3. Oktoberdekade	b2	Wi-Erb	"James"	80 kf. Kö./m ²		25 cm RW
a3	2. Märzdekade	b3	So-AB	"Fuego"	40 kf. Kö./m ²	c2	DS =
		b4	So-Erb	"Rocket"	80 kf. Kö./m ²		27 cm RW
Datum	Maßnahme	Gerät	Prüfglied	BBCH	Bemerkung		
29.07.2011	1.Stoppelsturz	Scheibenegge			gesamte Fläche		
17.08.2011	2.Stoppelsturz	Distelhobel			gesamte Fläche		
23.09.2011	GBB	Pflug + Packer			gesamte Fläche		
28.09.2011	SBB	Germinator			gesamte Fläche		
05.10.2011	Aussaat	Accord Optima und Hege	111, 112, 121, 122		1.Saatzeit Wi-Erb und Wi-AB		
24.10.2011	UKB	Federzinkenstriegel	111, 112, 121, 122	AB 08, Erb 10			
26.10.2011	SBB	Kreiselgrubber	211, 212, 221, 222				
27.10.2011	Aussaat	Accord Optima und Hege	211, 212, 221, 222		2.Saatzeit Wi-Erb und Wi-AB		
12.03.2012	SBB	Germinator	331, 332, 341, 342				
13.03.2012	Aussaat	Accord Optima und Hege	331, 332, 341, 342		3.Saatzeit So-Erb und So-AB		
16.03.2012	Anwalzen	Cambridgewalze	332, 342	VA			
19.03.2012	UKB	Federzinkenstriegel	111, 112, 121, 122 211, 212, 221, 222	AB 23, Erb 18/19 AB 21, Erb 15/16	112 und 212 Frostschäden		
26.03.2012	UKB	Federzinkenstriegel	331, 332, 341, 342	VA			
20.04.2012	UKB	Federzinkenstriegel	331, 332	12			
02.05.2012	UKB	Maschinenhacke	112, 212	60, 55			
09.05.2012	UKB	Maschinenhacke	211	59			
09.05.2012	UKB	Maschinenhacke	342	30			
14.05.2012	UKB	Maschinenhacke	331	55			
21.05.2012	UKB	Maschinenhacke	332	63-65			
17.07.2012	Ernte	PMD	121, 122, 221, 222				
26.07.2012	Ernte	PMD	341, 342				
01.08.2012	Ernte	PMD	111, 112, 211, 212, 331, 332				

Anlage 4: Agrotechnische Maßnahmen 2013 im Versuch

A = Saattermin:	B = Kulturart:			C = Saatverfahren:
a1 1. Oktoberdekade	b1 Wi-AB	"Hiverna"	40 kf. Kö./m ²	c1 EKS =
a2 3. Oktoberdekade	b2 Wi-Erb	"James"	80 kf. Kö./m ²	25 cm RW
a3 2. Märzdekade	b3 So-AB	"Fuego"	40 kf. Kö./m ²	c2 DS =
	b4 So-Erb	"Rocket"	80 kf. Kö./m ²	27 cm RW

Datum	Maßnahme	Gerät	Prüfglied	BBCH	Bemerkung
31.07.2012	1. Stoppelsturz	Scheibenegge			gesamte Fläche
05.09.2012	2. Stoppelsturz	Distelhobel			gesamte Fläche
28.09.2012	GBB	Pflug + Packer			gesamte Fläche
08.10.2012	SBB	Germinator			gesamte Fläche
10.10.2012	Aussaart	Accord Optima und Hege	111, 112, 121, 122		1.Saatzeit Wi-Erb und Wi-AB
24.10.2012	SBB	Germinator	211, 212, 221, 222		
26.10.2012	Aussaart	Accord Optima und Hege	211, 212, 221, 222		2.Saatzeit Wi-Erb und Wi-AB
16.04.2013	SBB	Germinator	331, 332, 341, 342		
16.04.2013	Aussaart	Accord Optima	331		3.Saatzeit So-Erb und So-AB
17.04.2013	Aussaart	Accord Optima	341		3.Saatzeit So-Erb und So-AB
17.04.2013	Aussaart	Hege	332, 342		3.Saatzeit So-Erb und So-AB
23.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	331, 332, 341, 342	VA	
25.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	111	22-23	
25.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	112	23-24	
25.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	121, 122	15-16	
25.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	211	21	
25.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	212	21-22	
25.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	221, 222	14-15	
30.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	111, 112, 121, 122	50	
30.04.2013	UKB	Federzinkenstriegel	211, 212, 221, 222	21/22	
03.05.2013	UKB	Federzinkenstriegel	331, 341	11	
08.05.2013	UKB	Federzinkenstriegel	331, 332	12	

08.05.2013	UKB	Federzinken- striegel	341, 342	13-14	
06.06.2013	UKB	Maschinenhacke	331, 332	60	
23.07.2013	Ernte	PMD	121, 122, 221, 222		
31.07.2013	Ernte	PMD	341, 342		
06.08.2013	Ernte	PMD	111, 112, 211, 212, 331, 332		

Anlage 5: Pflanzenverteilung in der Reihe bei Einzelkorn- und Drillsaat der Sommerformen

Kultur	Ackerbohnen		Erbsen	
Saatverfahren	Einzelkornsaat	Drillsaat	Einzelkornsaat	Drillsaat
Abstand in cm	Anzahl Abstände		Anzahl Abstände	
1	2	18	9	201
2	3	31	88	99
3	5	28	55	73
4	4	21	38	48
5	11	19	56	36
6	14	14	52	25
7	24	17	34	17
8	24	7	24	17
9	16	11	22	11
10	21	8	16	13
11	23	10	10	7
12	15	13	8	13
13	9	9	3	4
14	10	7	7	3
15	5	3	2	3
16	7	3	3	3
17	4	5	0	3
18	4	3	2	2
19	6	5	0	0
20	4	5	0	0
21	3	5	1	2

Anlage 6: Statistische Auswertung der Erträge

Alle Grenzdifferenzen sind mittels t-Test ermittelt ($\alpha=0,05$).

Winterackerbohnen 2012

Mittelwertvergleich der Saattermine:

- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade (37,8 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade (22,3 dt/ha) signifikant (GD=8,85 dt/ha)

Mittelwertvergleich der Saatverfahren:

- Ertragsdifferenz zwischen EKS (41,0 dt/ha) und Drillsaat (19,2 dt/ha) signifikant (GD=8,85 dt/ha)

Vergleich der AB-Mittelwerte:

- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (46,9 dt/ha) und Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (28,7 dt/ha) signifikant (GD=12,5 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (46,9 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (35,0 dt/ha) nicht signifikant (GD=12,5 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (46,9 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (9,59 dt/ha) signifikant (GD=12,5 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (28,7 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (35,0 dt/ha) nicht signifikant (GD=12,5 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (28,7 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (9,59 dt/ha) signifikant (GD=12,5 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (35,0 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (9,59 dt/ha) signifikant (GD=12,5 dt/ha)

Winterackerbohnen 2013

Mittelwertvergleich der Saattermine:

- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade (44,1 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade (43,0 dt/ha) nicht signifikant (GD=5,39 dt/ha)

Mittelwertvergleich der Saatverfahren:

- Ertragsdifferenz zwischen EKS (47,6 dt/ha) und Drillsaat (39,6 dt/ha) signifikant (GD=5,39 dt/ha)

Vergleich der AB-Mittelwerte:

- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (48,4 dt/ha) und Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (39,8 dt/ha) signifikant (GD=7,62 dt/ha)

- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (48,4 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (46,8 dt/ha) nicht signifikant (GD=7,62 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (48,4 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (39,3 dt/ha) signifikant (GD=7,62 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (39,8 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (46,8 dt/ha) nicht signifikant (GD=7,62 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (39,8 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (39,3 dt/ha) nicht signifikant (GD=7,62 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (46,8 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (39,3 dt/ha) nicht signifikant (GD=7,62 dt/ha)

Wintererbsen 2012

Mittelwertvergleich der Saattermine:

- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade (35,5 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade (52,7 dt/ha) signifikant (GD=4,01 dt/ha)

Mittelwertvergleich der Saatverfahren:

- Ertragsdifferenz zwischen EKS (51,3 dt/ha) und Drillsaat (36,9 dt/ha) signifikant (GD=4,01 dt/ha)

Vergleich der AB-Mittelwerte:

- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (45,4 dt/ha) und Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (25,6 dt/ha) signifikant (GD=5,66 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (45,4 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (57,1 dt/ha) signifikant (GD=5,66 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit EKS (45,4 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (48,2 dt/ha) nicht signifikant (GD=5,66 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (25,6 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (57,1 dt/ha) signifikant (GD=5,66 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 1. Oktoberdekade mit Drillsaat (25,6 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (48,2 dt/ha) signifikant (GD=5,66 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Aussaat in 3. Oktoberdekade mit EKS (57,1 dt/ha) und Aussaat in 3. Oktoberdekade mit Drillsaat (48,2 dt/ha) signifikant (GD=5,66 dt/ha)

Wintererbsen 2013

Keine signifikanten Ertragsdifferenzen.

Sommerackerbohnen 2012/13

Mittelwertvergleich der Jahre:

- Ertragsdifferenz zwischen 2012 (37,4 dt/ha) und 2013 (31,0 dt/ha) signifikant (GD=3,30 dt/ha)

Mittelwertvergleich der Saatverfahren:

- Ertragsdifferenz zwischen EKS (36,5 dt/ha) und Drillsaat (31,9 dt/ha) signifikant (GD=3,30 dt/ha)

Vergleich der AB-Mittelwerte:

- Ertragsdifferenz zwischen EKS 2012 (40,9 dt/ha) und Drillsaat 2012 (33,9 dt/ha) signifikant (GD=4,67 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen EKS 2012 (40,9 dt/ha) und EKS 2013 (32,0 dt/ha) signifikant (GD=4,67 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen EKS 2012 (40,9 dt/ha) und Drillsaat 2013 (29,9 dt/ha) signifikant (GD=4,67 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Drillsaat 2012 (33,9 dt/ha) und EKS 2013 (32,0 dt/ha) nicht signifikant (GD=4,67 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Drillsaat 2012 (33,9 dt/ha) und Drillsaat 2013 (29,9 dt/ha) nicht signifikant (GD=4,67 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen EKS 2013 (32,0 dt/ha) und Drillsaat 2013 (29,9 dt/ha) nicht signifikant (GD=4,67 dt/ha)

Sommererbsen 2012/13

Mittelwertvergleich der Jahre:

- Ertragsdifferenz zwischen 2012 (29,7 dt/ha) und 2013 (39,7 dt/ha) signifikant (GD=4,99 dt/ha)

Mittelwertvergleich der Saatverfahren:

- Ertragsdifferenz zwischen EKS (36,8 dt/ha) und Drillsaat (32,7 dt/ha) nicht signifikant (GD=4,99 dt/ha)

Vergleich der AB-Mittelwerte:

- Ertragsdifferenz zwischen EKS 2012 (30,0 dt/ha) und Drillsaat 2012 (29,5 dt/ha) nicht signifikant (GD=7,06 dt/ha)

- Ertragsdifferenz zwischen EKS 2012 (30,0 dt/ha) und EKS 2013 (43,6 dt/ha) signifikant (GD=7,06 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen EKS 2012 (30,0 dt/ha) und Drillsaat 2013 (35,9 dt/ha) nicht signifikant (GD=7,06 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Drillsaat 2012 (29,5 dt/ha) und EKS 2013 (43,6 dt/ha) signifikant (GD=7,06 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen Drillsaat 2012 (29,5 dt/ha) und Drillsaat 2013 (35,9 dt/ha) nicht signifikant (GD=7,06 dt/ha)
- Ertragsdifferenz zwischen EKS 2013 (43,6 dt/ha) und Drillsaat 2013 (35,9 dt/ha) signifikant (GD=7,06 dt/ha)

Anlage 7: Konventionell-Alternativer Dauerversuch (KA-Versuch)

Anlagejahr: Herbst 1993

Anlageform: dreifaktorielle Spalt-/Streifenanlage mit drei Wiederholungen

Prüffaktoren:

- A - Bewirtschaftungsform a1 konventionell
 a2 ökologisch ohne Vieh
 a3 ökologisch mit Vieh
- B - Düngungsintensität b1 niedrig
 b2 hoch

C - Fruchtfolge

	a1	a2	a3
	konventionell	ökologisch ohne Vieh	ökologisch mit Vieh
c1	<u>Zuckerrübe</u>	<u>Ackerbohne</u>	<u>Luzernegras</u>
c2	Winterweizen	Winterweizen	<u>Luzernegras</u>
c3	Sommergerste	Sommergerste	Winterweizen
c4	<u>Kartoffel</u>	<u>Kartoffel</u>	Sommergerste
c5	Winterweizen	Winterweizen	<u>Kartoffel</u>
c6	<u>Erbsen</u>	<u>Erbsen</u>	Winterweizen
c7	Winterroggen	Winterroggen	Winterroggen
c8	Hafer	Hafer	Hafer

Größe Anlageparzelle: 12,00 m x 10,88 m (130,6 m²)

Ernteparzelle (je nach Kulturart):

Getreide	3,00 m x 10,88 m = 32,6 m ²
Kartoffel	6,00 m x 10,88 m = 65,3 m ²
Körnerleguminosen, Luzernegras	12,00 m x 10,88 m = 130,6 m ²
Zuckerrüben	2,70 m x 10,88 m = 29,4 m ²

Prüfmerkmale Pflanze:

- Ertrag Korn/Stroh, Rübe/ Blatt, Knolle
- Keimpflanzendichte, Bestandesdichte
- Inhaltsstoffe Getreide (N, P, K Korn /Stroh), Kartoffeln (N, P, K, Stärke)

Prüfmerkmale Boden:

- nach Ernte: N_t, C_t, K₂O, P₂O₅, CaCO₃, MgO und pH-Wert in einer Tiefe bis 25 cm
- N_{min} im Frühjahr

Selbstständigkeitserklärung

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen (einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software) benutzt habe.

Bernburg, den 22.10.2013

.....

Knut Gaberle