

**Projekt-Nr.: 1290**

# **Optimierung von Körner- und Futtererbsenanbau und –verwertung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus im pannonischen Klimagebiet**

**Endbericht**



Wissenschaftlicher Projektleiter: Univ.-Prof. Dr. Bernhard Freyer  
Wissenschaftliche SachbearbeiterInnen: Dr. Gabriele Pietsch, DI Walter Starz  
Projekt-Mitarbeiter: Dr. Helmut Wagentristsl, Ing. Christoph Gabler

Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme  
Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Strasse 33, A-1180 Wien  
+43-1-47654-3751 (Fax – 3792); [bernhard.freyer@boku.ac.at](mailto:bernhard.freyer@boku.ac.at) / [gabriele.pietsch@boku.ac.at](mailto:gabriele.pietsch@boku.ac.at)

Projektlaufzeit: 15. Dezember 2002 bis 31. Jänner 2006

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
1.1	Problemstellung und Stand des Wissens .....	3
1.2	Ziele des Projektes und Arbeitshypothesen .....	3
1.2.1	Ziele des Projektes .....	3
1.2.2	Arbeitshypothesen .....	4
2	Methoden – Teilprojekt A und B .....	5
2.1	Versuchsanlage .....	5
2.2	Zeitlicher Ablauf der Projektarbeiten.....	8
2.3	Untersuchungsmethoden .....	9
2.3.1	Gehalt an anorganischem Stickstoff ( $N_{\min}$ ) im Boden .....	9
2.3.2	Auftreten von Beikräutern und Schaderregern in den Erbsenbeständen .....	9
2.3.3	Ober- und unterirdische Biomasse und Stickstoffgehalt der Pflanzen.....	13
2.3.4	$N_2$ -Fixierleistung und vereinfachte N-Flächenbilanz .....	13
2.3.5	Bitterstoffe (Tannine) und Aminosäuregehalt im Erbsen-Korn .....	14
2.3.6	Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Erbsen-Sorten .....	14
2.4	Statistisches Modell.....	15
3	Teilprojekt A (Teilfläche A und B).....	15
3.1	Teilprojekt A – Ergebnisse.....	15
3.1.1	Witterungsverlauf im Versuchszeitraum (2002 – 2003).....	15
3.1.2	Vorfrucht Erbse (2002 und 2003) .....	17
3.1.2.1	Ober- und unterirdische Biomasse .....	17
3.1.2.2	$N_{\min}$ -Gehalt des Bodens.....	20
3.1.2.3	Auftreten von Beikräutern und Schaderregern .....	22
3.1.2.4	N-Gehalt und $N_2$ -Fixierleistung .....	24
3.1.2.5	Bitterstoffe/Tannine im Erbsen-Korn.....	29
3.1.2.6	Aminosäuren im Erbsen-Korn.....	29
3.1.2.7	Ökonomische Bewertung der Erbsen-Varianten.....	30
3.1.3	Folgefrucht Winterweizen (2003 und 2004).....	34
3.1.3.1	Ertragsparameter .....	34
3.1.3.2	$N_{\min}$ -Gehalt des Bodens.....	36
3.1.3.3	Rohprotein-Gehalt.....	37
3.2	Teilprojekt A – Diskussion .....	39
3.2.1	Vergleich Körnererbsen vs. Futtererbsen .....	39
3.2.2	Vergleich halbblattloser Typ vs. Blatt-Typus Körnererbse .....	43
3.2.3	Vergleich Reinsaaten vs. Gemenge .....	47
3.3	Teilprojekt A - Zusammenfassung .....	48
4	Teilprojekt B (Teilfläche C) .....	50
4.1	Teilprojekt B – Ergebnisse.....	50
4.1.1	Witterungsverlauf im Versuchszeitraum (2003 – 2005).....	50

4.1.2	N <sub>min</sub> -Gehalt des Bodens.....	52
4.1.3	Zwischenfrucht vor Erbse (2003).....	54
4.1.3.1	Ober- und unterirdische Biomasse .....	54
4.1.3.2	N-Gehalt und N <sub>2</sub> -Fixierleistung .....	54
4.1.4	Vorfrucht Erbse (2004) .....	56
4.1.4.1	Ober- und unterirdische Biomasse .....	56
4.1.4.2	Auftreten von Beikräutern und Schaderregern .....	57
4.1.4.3	N-Gehalt und N <sub>2</sub> -Fixierleistung .....	60
4.1.5	Zwischenfrucht nach Erbse (2004) .....	62
4.1.5.1	Ober- und unterirdische Biomasse .....	62
4.1.5.2	N-Gehalt und N <sub>2</sub> -Fixierleistung .....	64
4.1.6	Nachfrucht Winterweizen (2005) .....	65
4.1.6.1	Ertragsparameter.....	65
4.1.6.2	Rohprotein-Gehalt.....	66
4.2	Teilprojekt B – Diskussion .....	67
4.2.1	Nachfruchteffekt der Zwischenfrucht vor Erbse auf die folgende Hauptfrucht Körner- bzw. Futtererbse.....	67
4.2.2	Nachfruchteffekt der Zwischenfrucht nach Erbse auf die folgende Hauptfrucht Winterweizen .....	68
4.3	Teilprojekt B - Zusammenfassung.....	72
5	Teilprojekt C .....	74
5.1	Teilprojekt C - Methoden .....	74
5.2	Teilprojekt C – Ergebnisse und Diskussion .....	75
5.2.1	Beschreibung der Stichproben .....	75
5.2.2	Druschertrag und Rohproteingehalt.....	77
5.3	Teilprojekt C – Zusammenfassung.....	82
6	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	83
7	Literatur .....	85
8	Anhang .....	90

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung und Stand des Wissens

Die Erbse gilt als die wichtigste Körnerleguminose im Ökologischen Landbau. Sowohl in ihrer Funktion als Leguminose zur Versorgung des Betriebes mit Stickstoff, als auch für die Futterproduktion (Geflügel und Schweine), ist sie eine bedeutende Kulturart im Ökologischen Landbau. Die Erbsen nehmen allerdings nur einen geringen Flächenanteil in der Praxis ein. Dies ist auf die schwierigen Anbaubedingungen und die vergleichsweise geringe Wirtschaftlichkeit bei hohem Anbaurisiko zurückzuführen. Eine Verbesserung der Anbauverfahren sowie eine Zunahme der Nachfrage durch die Geflügel- und Schweinehalter könnten deren Stellenwert zur Auflockerung der Fruchtfolge verbessern.

Unter der Annahme einer richtigen Stellung in der Fruchtfolge gelten die Konkurrenzkraft gegenüber Beikraut, der Ertrag sowie die N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung der Erbse als die wichtigsten Merkmale in der Entscheidungsfindung der Sortenauswahl. Für die Tierernährung ist die Proteinqualität, im engeren Sinn der Gehalt an essentiellen Aminosäuren entscheidend, die bei Futtererbsen nicht bekannt ist. Da eine mechanische Beikrautregulierung nur zu Beginn der Wachstumsphase möglich ist, kommt dem Blatttyp der Körnererbse, der Saatstärke und der Standfestigkeit eine erhöhte Bedeutung im Konkurrenzverhalten gegenüber Beikräutern zu. In Österreich, insbesondere im Marchfeld, gibt es zu diesen Fragestellungen bisher nur wenige Untersuchungen.

## 1.2 Ziele des Projektes und Arbeitshypothesen

### 1.2.1 Ziele des Projektes

Das generelle Ziel dieses Projektes ist die Überprüfung ausgewählter Körner- und Futtererbsensorten hinsichtlich ihrer Anbaueignung, ihrer Vorfruchtwirkung und ihrer Futtermittelqualität im Ökologischen Landbau.

Dieses Ziel soll erreicht werden durch den Vergleich von

- verschiedenen Körner- und Futtererbsensorten und -gemenge (**Teilprojekt A**) sowie
- verschiedenen Zwischenfrucht (legum/nicht legum)-Erbse-Zwischenfrucht-Kombinationen (**Teilprojekt B**)

Teilziel 1: Quantifizierung der Biomasseproduktion und Gesamt-Stickstoffaufnahme (Bodenstickstoff und Luftstickstoff) aus der verfügbaren Bodenfraktion und über luftstickstoffbindende Rhizobien

Teilziel 2: Quantifizierung der Stickstoffdynamik im Boden (0-90cm),  $N_{\min}$ , N in Wurzeln

Teilziel 3: Quantifizierung der Konkurrenzkraft gegenüber Beikräutern und ein Auftreten von Schaderregern

Teilziel 4: Quantifizierung der Auswirkungen auf die Erträge und Qualitäten der nachfolgenden Hauptkulturen (Winterweizen)

Teilziel 5: Quantifizierung wichtiger Futtermittelparameter (Rohprotein, Aminosäurezusammensetzung, Tanningehalt)

Teilziel 6: Wirtschaftlichkeitsberechnung der verschiedenen Varianten

In Ergänzung zu diesem Versuch im Trockengebiet soll der Einfluss von Standort und Klima auf den Ertrag und Proteingehalt von Körner- und Futtererbsen durch eine Praxisprobensammlung aus niederschlagsreichen Regionen untersucht werden (**Teilprojekt C**).

## 1.2.2 Arbeitshypothesen

### **Arbeitshypothese Ia:**

Futtererbsen-Sorten sind bei Körnernutzung sowohl hinsichtlich ihrer Ertrags- und Stickstofffixierleistung als auch hinsichtlich ihrer Futtermittelqualität (Rohproteingehalt, Aminosäurezusammensetzung) gegenüber Körnererbsen positiver oder zumindest gleichwertig zu beurteilen. Durch die Kombination von Blatt- und Rankentypen (Körner-/Futtererbsengemenge, Blatttyp-Körnererbse + Rankentyp-Körnererbse) werden der Beikrautdruck geringer, der Gesamt-Kornertrag und die Stickstofffixierleistung höher.

### **Arbeitshypothese Ib:**

Durch die – im Vergleich zu Körnererbse – höheren Ernterückstandmengen (Stroh, Wurzeln) und Stickstofffixierleistungen der Futtererbse bei Körnernutzung, ist der Vorfruchtwert der Futtererbse bei Körnernutzung höher oder zumindest gleichwertig wie bei Körnererbse.

### **Arbeitshypothese II:**

Durch den Anbau einer legumen Zwischenfrucht vor Erbse wird die Bodenfruchtbarkeit erhöht und somit das Wachstum und die Entwicklung der Hauptkultur gefördert. Die durch die legume Vor-Zwischenfrucht und die Erbse akkumulierte mineralische Stickstoffmenge im Boden erhöht den Ertrag und Proteingehalt der Nachfrucht Winterweizen. Die  $N_{\min}$ -Gehalte im Boden stellen keine Auswaschungsgefahr dar, wenn nach Erbsen ebenfalls Zwischenfrüchte angebaut werden.

### **Arbeitshypothese IIIa:**

Der Anbau einer Leguminosenzwischenfrucht nach Erbse erhöht im Vergleich zu Ausfallerbse die Stickstoffversorgung der nachfolgenden Kultur Winterweizen und somit die Ertragsleistung und den Proteingehalt der Nachfrucht.

### **Arbeitshypothese IIIb:**

Auch eine legume Zwischenfrucht nach Erbse verringert die Boden-N<sub>min</sub>-Gehalte. Die Freisetzung von N aus den Zwischenfruchtresiduen erfolgt erst im nächsten Jahr, sodass gegenüber Ausfallerbse die N-Auswaschungsgefahr nicht erhöht ist.

## **2 Methoden – Teilprojekt A und B**

### **2.1 Versuchsanlage**

Der Feldversuch wurde auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen in Raasdorf (Marchfeld, Niederösterreich), die Teile der Versuchswirtschaft Gross-Enzersdorf der Universität für Bodenkultur Wien sind, durchgeführt. Die Versuchsflächen wurden 1998 auf ökologische Wirtschaftsweise umgestellt (die Ernte 2001 wurde erstmals als Bioware anerkannt).

Der Boden der Versuchsanlage kann als tiefgründiger Tschernosem aus Löss bei einer Lössmächtigkeit von zumeist 1 m angesprochen werden. Die Bodenart im humosen Bereich (Untergrenze: 40-90 cm) ist schluffiger Lehm mit einer geringen bis mittleren Lagerungsdichte und einem Porenvolumen von etwa 50%. Der Boden ist gut durchlüftet und zeichnet sich durch eine hohe nutzbare Wasserkapazität (geschätzte nFK ~ 200mm) und eine gute Wasserleitfähigkeit aus. Schotter steht erst unter 2m an. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff beträgt im Mittel 2,2% bei pH-Werten von 7,5 bis 7,6 (pH<sub>CaCl2</sub>) im Ap-Horizont. Die Bodenoberfläche ist leicht wellig mit Höhenunterschieden von ca. 10 cm. Bei ausreichender Wasserversorgung verfügt der Standort über ein hohes Ertragspotential.

Der Klimaraum ist durch heiße, trockene Sommer und kalte, schneearme Winter geprägt. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,8 °C, die mittlere Niederschlagssumme 546 mm und die durchschnittliche relative Luftfeuchte 75 %.

Die Abbildung 1 zeigt einen schematischen Überblick über die Versuchsanlage. Die Parzellen der Teilfläche A wurden bereits im März 2002 zur Saat der Erbse angelegt (Vorversuch zu diesem Projekt siehe 5.3.3. im Offert des Forschungsauftrages). Im Oktober 2002 wurde auf der Teilfläche A flächendeckend Winterweizen angebaut und zur Ernte (Juli 2003) 52 Parzellen von insgesamt 100 Parzellen ausgewertet (siehe Zwischenbericht 2003).

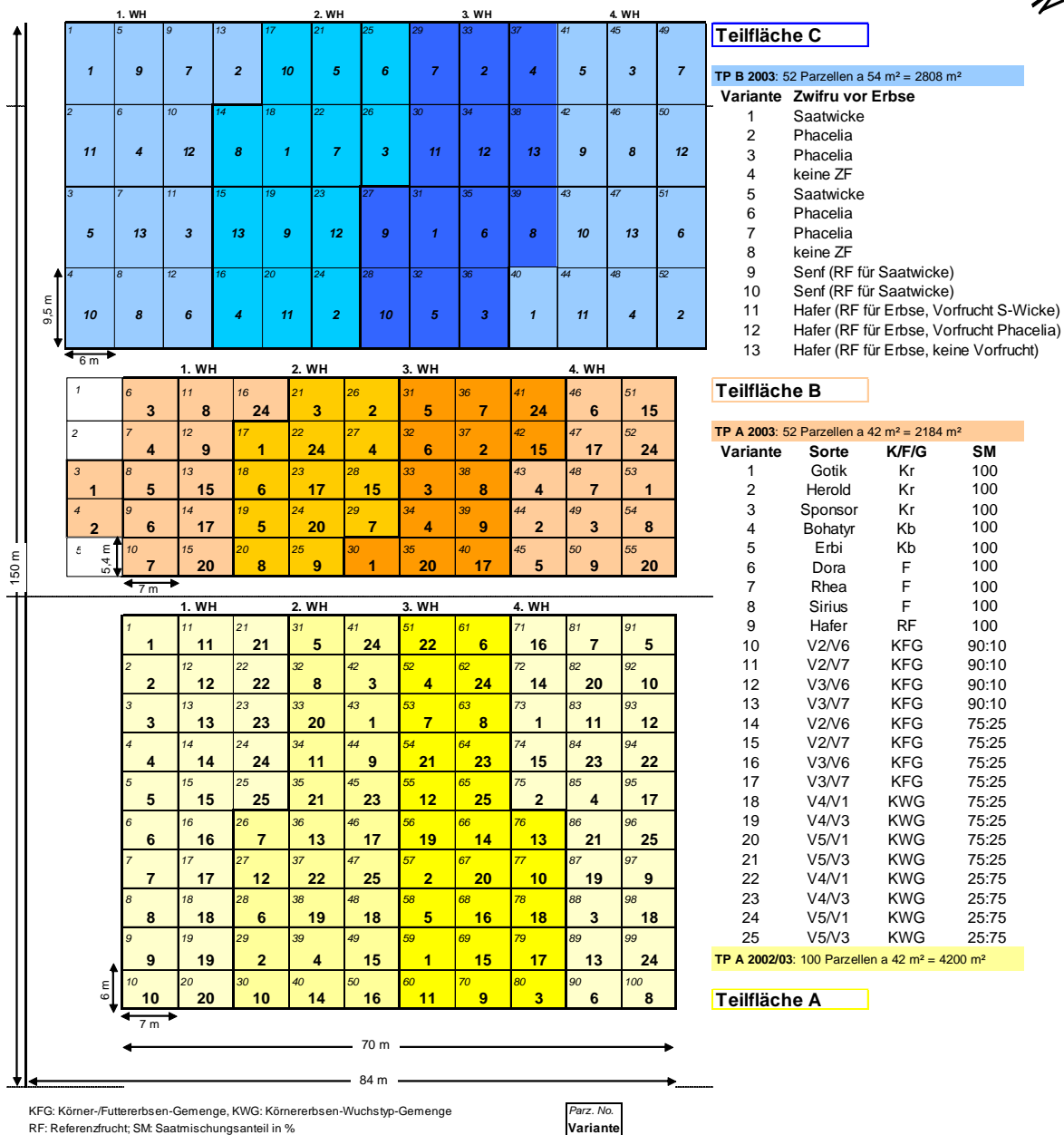


Abbildung 1: Schematischer Versuchsplan der Teilfläche A, B und C der Versuchsanlage in Raasdorf (Teilfläche B: Ernte Winterweizen 2004; Teilfläche C: Ernte Zwischenfrucht vor Erbse 2003 und Erbse 2004)

Auf der Teilfläche B wurden im März 2003 die gleichen Erbsen-Varianten, die auch auf der Teilfläche A für die weiteren Untersuchungen ausgewählt wurden, in vierfacher Wiederholung randomisiert angelegt (siehe Abbildung 1), im Jahr 2004 erfolgte die Prüfung des Vorfruchteffektes durch die Nachfrucht Winterweizen. Sowohl auf Teilfläche A (gelb) als auch Teilfläche B (orange) wurden die Fragestellungen des Teilprojektes A untersucht.

Auf der Teilfläche C (blau) wurde der Feldversuch des Teilprojektes B angelegt. Von den 13 Varianten werden nur die Varianten 1-10 für die Untersuchungen im ersten Fruchtfolgeglied

(Zwischenfrucht vor Erbse) herangezogen (Variante 9-10 sind Referenzpflanzen für die Bestimmung der N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung der Saatwicke). Die Varianten 11-13 wurden als Vorrüchte für die Hafer-Referenzpflanzen, die im nächsten Jahr für die Ermittlung der N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Erbse benötigt werden, angelegt. Da die Varianten 9-13 nur als Referenzpflanzen zur Ermittlung der N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung der Zwischenfrüchte vor Erbse und der Erbse benötigt wurden, wurden sie ab der Ernte der Zwischenfrüchte nach Erbse nicht mehr ausgewertet (Übersicht über die Varianten auf der Teilfläche C siehe Tabelle 1). Alle Versuchsvarianten wurden in vierfacher Wiederholung in Form einer Blockanlage randomisiert angelegt

Tabelle 1: Varianten und Fruchtfolgeglieder auf der Teilfläche C der Versuchsanlage in Raasdorf

Var.	ZF vor Erbse 2003	Hauptfrucht 2004	ZF nach Erbse 2004	Nachfrucht 2005
1	Saatwicke	Körnererbse	Ausfallerbse	Weizen
2	Phacelia	Körnererbse	Ausfallerbse	Weizen
3	Phacelia	Körnererbse	Ausfallerbse + Saatwicke	Weizen
4	Keine ZF	Körnererbse	Ausfallerbse	Weizen
5	Saatwicke	Futtererbse	Ausfallerbse	Weizen
6	Phacelia	Futtererbse	Ausfallerbse	Weizen
7	Phacelia	Futtererbse	Ausfallerbse + Saatwicke	Weizen
8	Keine ZF	Futtererbse	Ausfallerbse	Weizen
9	Senf (RF für Var. 1, 5 in 2003)	Futtererbse	Ausfallerbse	Weizen
10	Senf (RF für Var. 1, 5 in 2003)	Körnererbse	Ausfallerbse	Weizen
11	Saatwicke	Hafer (RF für Var. 1, 5 in 2004)	Senf	Weizen
12	Phacelia	Hafer (RF für Var. 2, 3, 6, 7 in 2004)	Senf	Weizen
13	Keine ZF	Hafer (RF für Var. 4, 8 in 2004)	Senf	Weizen

Var.: Variante; ZF: Zwischenfrucht; RF: Referenzpflanze; Körnererbse: Sorte Gotik; Futtererbse: Sorte Rhea

Die Versuchspartellen auf der Teilfläche C wurden im August 2004 in zwei Teilflächen geteilt: auf einer Teilfläche wurde die legume Zwischenfrucht (Ausfallerbse oder Ausfallerbse und Saatwicke), auf der anderen Teilfläche die Referenzpflanze (Senf) angelegt. Bei der Ernte der Zwischenfrüchte nach Erbse wurden durch die Verdopplung der Variantenzahl (durch Anlage der Referenzfrucht-Teilflächen) nicht 8, sondern 16 Varianten beprobt.



## 2.2 Zeitlicher Ablauf der Projektarbeiten

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die in diesem Projekt durchgeführten Tätigkeiten.

Tabelle 2: Zeitliche Abfolge von Tätigkeiten im Teilprojekt A und B

Tätigkeit	Termin	Teilfläche (TF)
<b>2002:</b> Saat Winterweizen	Oktober	A
<b>2003:</b> Saat Erbse	März	B
Entnahme von Bodenproben unter Erbse (TF B) und Winterweizen (TF A)	März	A, B
Bonitur Erbse (Beikräuter, Schädlinge usw.)	März, Mai-Juli	B
Ertragserhebung Erbse (TF B) und Winterweizen (TF A)	Juli	A, B
Entnahme von Wurzelproben der Erbse	Juli	B
Entnahme von Bodenproben unter Erbse	Juli	B
Saat Zwischenfrüchte (Phacelia-Ölrettich-Gemenge) nach Erbse	Juli	B
Saat Zwischenfrüchte vor Erbse	August	C
Entnahme von Bodenproben unter Zwischenfrucht vor Erbse	August	C
Umbruch Zwischenfrüchte nach Erbse	Oktober	B
Saat Winterweizen	Oktober	B
Ertragserhebung Zwischenfrüchte vor Erbse	Ende Oktober	C
Entnahme von Boden- und Wurzelproben der Zwischenfrüchte vor Erbse	Ende Oktober	C
Umbruch der abgefrorenen Zwischenfrüchte vor Erbse	November	C
<b>2004:</b> Entnahme von Bodenproben unter Winterweizen	März	B
Saat Erbse	April	C
Entnahme von Bodenproben unter Erbse	April	C
Bonitur Erbse (Beikräuter, Schädlinge usw.)	April-Juli	C
Ertragserhebung Winterweizen (B) und Erbse (C)	Juli	B; C
Entnahme von Boden- und Wurzelproben der Erbse	Juli-August	C
Umbruch Erbse	August	C
Saat Zwischenfrüchte nach Erbse	Mitte August	C
Bonitur Zwischenfrüchte nach Erbse	August-Oktober	C
Ertragserhebung Zwischenfrüchte nach Erbse	Mitte Oktober	C
Entnahme von Bodenproben und Wurzelproben der Zwischenfrüchte nach Erbse	Mitte –Ende Oktober	C
Umbruch der Zwischenfrüchte nach Erbse	Ende Oktober	C
Saat Winterweizen	Ende Oktober	C
<b>2005:</b> Entnahme von Bodenproben unter Winterweizen	Anfang April	C
Ertragserhebung Winterweizen	Mitte Juli	C

## 2.3 Untersuchungsmethoden

### 2.3.1 Gehalt an anorganischem Stickstoff ( $N_{\min}$ ) im Boden

Zur Ermittlung des  $N_{\min}$ -Gehaltes wurden zu den in Tabelle 3 angeführten Terminen mittels Bodenbohrer Proben aus 3 Horizonten (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) gezogen. Zur Analyse wurden die Proben mit 0,0125 M  $CaCl_2$  Lösung im Überkopfschüttler extrahiert und anschließend  $NO_3$ -N und  $NH_4$ -N im Extrakt photometrisch bestimmt (Schlichting et al., 1995).

Tabelle 3:  $N_{\min}$ -Beprobung auf Teilfläche A, B und C – Termine und Probenzahl

Teilfläche	Termin	Code	Beprobte Kultur	Probenzahl
A	März 2003	T3a	Weizen	156
B	März 2003 (Saat)	T1a	Erbse	48
B	Juli 2003 (Ernte)	T2a	Erbse	156
C	August 2003	T1b	Zwischenfrucht vor Erbse	36
C	Oktober 2003	T2b	Zwischenfrucht vor Erbse	120
B	März 2004	T3a	Weizen	156
C	April 2004	T3b	Erbse	156
C	Juli 2004	T4b	Erbse	156
C	Oktober 2004	T5b	Zwischenfrucht nach Erbse	192
C	April 2005	T6b	Weizen	96

Da bei der Analyse der Bodenproben im März 2003 (unter Erbse und unter Winterweizen, Teilfläche B und A) der Ammonium-N verschwindend gering war (Mittelwert 0-30 cm: 0,7 kg  $NH_4$ -N  $ha^{-1}$ , 30-60 cm: 0,5 kg  $NH_4$ -N  $ha^{-1}$ , 60-90 cm: 0,1 kg  $NH_4$ -N  $ha^{-1}$ ), wurde in weiterer Folge nur noch der Nitrat-N bestimmt. Deshalb beziehen sich alle in diesem Bericht angegebenen  $N_{\min}$ -Werte nur auf den Nitrat-N.

### 2.3.2 Auftreten von Beikräutern und Schaderregern in den Erbsenbeständen

Im Jahr 2002 und 2003 wurde zur Abschätzung der potentiellen Unterdrückung von Beikraut durch die Blattfläche der Erbsen der Blattflächenindex herangezogen. Der Blattflächenindex (LAI = Leaf Area Index) beschreibt das Verhältnis der gesamten Blattoberfläche eines Bestandes zur gesamten Bestandsgrundfläche. Wenn keine Blätter existieren, beträgt der LAI = 0, entspricht die Blattfläche der horizontalen Bodenfläche ist er = 1, ist die Blattfläche doppelt so groß, wie die Bodenfläche ist er = 2. Der LAI-Wert der Erbsen-Sorten wurde mittels einer sog. LAI-Sonde direkt im Freiland bestimmt.

Zusätzlich wurde im Jahr 2003 auf der Teilfläche B die Konkurrenzkraft der Erbsen-Varianten gegenüber Beikräutern durch eine optische Bonitur des Beikrautdruckes zu 4 Terminen

festgestellt (Beikrautdruck zum Feldaufgang, zur Blüte und zur Hülsenbildung, Spätverunkrautung zur Ernte in %).

Im Jahr 2004 erfolgte die Ermittlung der Konkurrenzkraft der Erbsen-Varianten gegenüber Beikräutern durch eine optische Bonitur des Beikrautdruckes zu 3 Terminen (Beikrautdruck zum Feldaufgang, zur Blüte und zur Hülsenbildung) nach einem 10-teiligen Boniturschema (siehe Tabelle 4) auf der Teilfläche C. Die Abstufungen im verwendeten Boniturschema wurden selbst gewählt. Unter "Beikrautdruck" wird die Verbeikrautung des Bestandes verstanden, die durch eine Flächenschätzung (= Flächendeckung durch Beikräuter in % der Fläche) bestimmt wurde.

Tabelle 4: Boniturschema für Beikrautdruck (in % Beikräuter)

0 = 0%	6 = 51-60%
1 = 1-10%	7 = 61-70%
2 = 11-20%	8 = 71-80%
3 = 21-30%	9 = 81-90%
4 = 31-40%	10 = 91-100%
5 = 41-50%	

Die Schädlingsbonituren im Erbsenbestand erfolgten je nach Schädlingsart zu unterschiedlichen Zeitpunkten (siehe Tabelle 5). Der Befall des Erntegutes durch Erbsenwickler und Erbsenkäfer (*Bruchus pisorum*) wurde durch die Bonitur einer Erntegut-Stichprobe (100 Körner pro Parzelle) etwa 1 Monat nach der Ernte der vollreifen Körner im losen Druschgut ermittelt (zu diesem Zeitpunkt waren bereits alle Tiere geschlüpft).

Dabei wurde das lose Druschgut auf das Vorhandensein von „erbsenkäferbefallenen Körnern“ und „erbsenwicklerbefallenen Körnern“ untersucht. Vom Erbsenkäfer befallene Erbsenkörner erkennt man an zylindrischen, runden, tiefreichenden Löchern. Dagegen wird der Schaden am Erbsenkorn, den der Erbsenwickler verursacht, durch die Fraßspuren der Larve ersichtlich (siehe Abbildung 2).

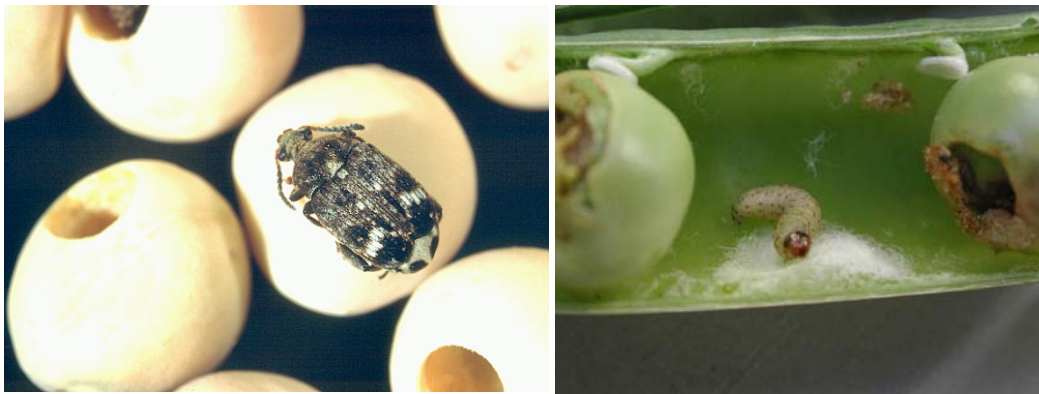


Abbildung 2: Erbsenkäfer (links), Erbsenwickler (rechts) und geschädigte Erbsenkörner

(Quelle: links: <http://www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ/IMAGES/7030971.jpg>

rechts: <http://misheli.image.pbase.com/u9/holopain/large/3976073.Cydianigricana.jpg> )

Die Überwachung des Erbsenwicklers (*Cydia nigricana*) erfolgte zusätzlich durch 4 Tripheron™ Pheromon-Monitoringfallen (Abbildung 3), die an den Eckpunkten der Teilfläche C aufgestellt und von Mitte Mai bis Mitte Juli beobachtet wurden (wöchentliche Bonitur und Ausleeren der Fallen).

Tabelle 5: Zeitplan Schädlingsbonituren im Erbsenbestand

Schädling	Feldaufgang BBCH 09 <sup>*)</sup>	5-Blattstagenstadium BBCH 15	Blütenknospen BBCH 51	Blühbeginn BBCH 61	Hülsenbildung BBCH 71	Vollreife BBCH 89
Blattläuse		X		X	X	
Blattrandkäfer	X			X		
Erbsenwickler			X	X	X	X
Erbsenkäfer						X

<sup>\*)</sup> BBCH-Skala nach Hack et al. (1992)



Abbildung 3: Pheromon-Monitoringfallen Erbsenwickler

Der Befall durch Blattrandkäfer (*Sitona lineatus*) erfolgte durch eine quantitative Bonitur der Käferlarven zur Erbsenblüte. Dafür wurden mit einem Spaten die Wurzeln und das umgebende Bodenmaterial von je 4 Erbsenpflanzen pro Variante (bei dieser Bonitur wurden nur die Variante 1 = Körnererbse und Variante 5 = Futtererbse berücksichtigt) entnommen und die Gesamtzahl der Käferlarven ermittelt (Methode nach EPPO-Richtiline PP 1/60, Juli 2000, Bestimmung des Blattrandkäferbefalls).

Im Jahr 2003 wurde das Auftreten bzw. die Befallsdichte von Blattläusen (*Aphidina* sp.) an 2 Terminen (3.6.2003: BBCH 61 Blühbeginn, 17.6.2003: BBCH 71 Hülsenbildung) durch eine optische Bonitur der Erbsenbestände durchgeführt. Für die Bonitur der Befallsdichte von Blattläusen wurde ein eigenes Boniturschema verwendet (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Boniturschema für die Blattlausbonitur

0 = Kein Befall
1 = ein bis zwei ungeflügelte Blattläuse mit wenigen Nachkommen
2 = kleine Blattlauskolonie in den Triebspitzen
3 = mittlere Blattlauskolonie in den Triebspitzen
4 = Blattläuse beginnen die restliche Pflanze zu befallen
5 = Befall der ganzen Pflanze



Abbildung 4: Blattlauspopulation auf Erbse  
(Quelle: eigene Aufnahme)

Im Jahr 2004 wurden der Blattlausbefall zu 3 verschiedenen Terminen bonitiert (Tabelle 5). Zum 5-Blattstadium der Erbsen, als der Befall durch Blattläuse noch gering war, wurde die Zahl der Blattläuse durch die sog. "Fallrinnen"-Methode bestimmt (nach Lethmayer et al. 2005). Dazu wurde eine Plastikrinne (50 cm lang und 10 cm breit) unter den Erbsenbestand geschoben und die darüber liegenden Erbsenranken mit einem Handbesen durch 5 Schläge „angestoßen“. Der Großteil der auf den Pflanzen lebenden Blattläuse fällt daraufhin in die darunter befindliche Fallrinne, die Blattläuse werden sofort an Ort und Stelle ausgezählt. Pro Parzelle wurden 4 solcher Beprobungen durchgeführt.

Die Überprüfung der Tauglichkeit dieser Methode ergab, dass die Erfassung mit der Plastikrinne in frühen Befallsstadien verwendbar ist (d.h. bei geringen Blattlauszahlen), jedoch zu späteren Stadien d.h. bei hoher Blattlauspopulationsdichte, nicht als geeignet erscheint. Deshalb wurde zum Blüh- und Hülsenbildungstermin die optische Bonitur mittels einer eigens erstellten 6-teiligen Boniturskala vorgezogen (siehe Abbildung 27).

### 2.3.3 Ober- und unterirdische Biomasse und Stickstoffgehalt der Pflanzen

Die gesamte oberirdische Trockenmasse der Pflanzen (Erbsen: Korn und Stroh, Weizen 2003: Korn, Weizen 2004: Korn und Stroh, Zwischenfrüchte: Spross und Wurzeln) wurde durch händisches Ernten von 2 x 1 m<sup>2</sup> großen Ernteflächen und Trocknung eines Aliquots bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz parzellenweise erhoben. Eine Teilprobe von jeder Parzelle wurde bei 60°C getrocknet, vermahlen und deren N-Gehalt mittels C/N-Analyser bestimmt. Zusätzlich wurde bei der Ernte der Erbsen sowie der Zwischenfrüchte die Wurzelmasse der Pflanzen getrennt nach 2 Horizonten erhoben (0-30, 30-60 cm) und der N-Gehalt in den Wurzeln bestimmt.

### 2.3.4 N<sub>2</sub>-Fixierleistung und vereinfachte N-Flächenbilanz

Die Stickstofffixierleistung der Leguminosen wurde mit der Differenzmethode (Ruschel et al. 1979) ermittelt. Dazu wird die Differenz in der Gesamtstickstoffaufnahme einer Leguminose ( $x_{\text{Leg}}$ ) zu einer nichtnodulierenden Pflanze (Referenzpflanze,  $x_{\text{Ref}}$ ), die zur selben Zeit am selben Standort angebaut werden, geschätzt. Voraussetzung der Methode ist, dass die Leguminose und die Referenzpflanze die gleichen Mengen an bodenbürtigem Stickstoff aufnehmen (Ledgard und Peoples 1988). Bei der erweiterten Differenzmethode (vierte Erweiterungsstufe nach Hauser 1987) wird sowohl der N-Gehalt in Spross und Wurzeln als auch der mineralische, pflanzenverfügbare Stickstoff im Boden mit einbezogen:

$$[(\text{Korn-N}_{\text{Leg}} + \text{Stroh-N}_{\text{Leg}} + \text{Wurzel-N}_{\text{Leg}} \text{ kg ha}^{-1}) - (\text{Korn-N}_{\text{Ref}} + \text{Stroh-N}_{\text{Ref}} + \text{Wurzel-N}_{\text{Ref}} \text{ kg ha}^{-1})] + [\text{N}_{\text{min}} \text{ im Boden}_{\text{Leg}} - \text{N}_{\text{min}} \text{ im Boden}_{\text{Ref}}] = \text{N}_2\text{-Fixierungsleistung kg ha}^{-1}$$

Formel 1

Für die o.a. Berechnung wurde die Mineralstickstoffdynamik im Boden unter den Leguminosen- bzw. Referenzpflanzenbeständen zu den in Tabelle 3 angeführten Zeitpunkten in den Bodentiefen 0 - 30 cm, 30 - 60 cm und 60 - 90 cm durch Bohrstockproben erfasst (siehe 2.3.1). Der ertragsunabhängige Parameter  $N_{\text{dfa}}$  (= Nitrogen derived from atmosphere) entspricht dem Anteil an Stickstoff in der Leguminose, der aus der N<sub>2</sub>-Fixierung stammt und wurde wie folgt berechnet:

$$\frac{\text{Gesamtpflanzliche N}_2\text{-Fixierungsleistung kg ha}^{-1} * 100}{\text{N-Ertrag der gesamten Pflanze kg ha}^{-1}} = N_{\text{dfa}} \%$$

Formel 2

Mit den geschätzten Werten für die Stickstofffixierleistung wurde eine schlaggebundene, vereinfachte N-Flächenbilanz für einen viehlosen, biologisch wirtschaftenden Betrieb berechnet (nach Mayer und Heß 1997, verändert). Bei dieser Stickstoffbilanz wird die N-Zufuhr (gesamtpflanzliche Stickstofffixierleistung und Stickstoff in den Wurzelabscheidungen) dem N-Entzug (Entzug durch das Erntegut) gegenübergestellt. In einem viehhaltenden Betrieb wird durch die organische Düngung der Stickstoff mit dem Stallmist wieder auf das Feld zurückgeführt. In der Tabelle 7 wird ein Beispiel für die Berechnung der N-Flächenbilanz für einen viehlosen und einen viehhaltenden Betrieb dargestellt.

Tabelle 7: Beispiel für die Anwendung der vereinfachten N-Flächenbilanz bei Körnererbse (nach Mayer und Heß 1997, verändert)

<b>N-Zufuhr/N-Entzug [kg N ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>Viehlos Verkauf</b>	<b>Viehhaltend Futter</b>
Gesamtpflanzliche N <sub>2</sub> -Fixierung	50	50
- N im Ernteprodukt	70	70
+ N-Rückfuhr über organischen Dünger <sup>1)</sup>	0	35
+ N-Rhizodeposition/Wurzelabscheidungen <sup>2)</sup>	13	13
<b>N-Bilanzsaldo</b>	<b>-7</b>	<b>+28</b>

<sup>1)</sup> geschätzte N-Verluste durch tierische Veredelung, Lagerung und Ausbringung: 50%

<sup>2)</sup> Schätzwert nach Jost (2003): N-Rhizodepositionsanteil = 11,2% des gesamtpflanzlichen N (= 120 kg N ha<sup>-1</sup> in diesem Beispiel)

### 2.3.5 Bitterstoffe (Tannine) und Aminosäuregehalt im Erbsen-Korn

Für die hier beschriebenen Methoden wurden nur die Varianten 1 – 8 (Erbsenreinsaat, Teilfläche A – Ernte Juli 2002; Teilfläche B - Ernte Juli 2003) herangezogen.

Die Bestimmung des Tanningehaltes im Erbsenkorn erfolgte mittels titrimetrischer Bitterstoffbestimmung (Naumann und Bassler 1976). Dabei wurde die Probe mit Hautpulver entgerbt und mit Hyperjodit oxydiert, um anschließend aus dem Jodverbrauch bei der Titration den Tanningehalt zu errechnen. Die Ermittlung des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren erfolgte mittels NIRS (Nahinfrarotspektroskopie) bei der Firma DEGUSSA nach der dort üblichen Methodik.

### 2.3.6 Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Erbsen-Sorten

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Erbsenanbaues wurde mit der klassischen Deckungsbeitragsrechnung vorgenommen. Der Deckungsbeitrag (= DB) wurde mit einem Programm des Institutes für Agrarökonomik an der Universität für Bodenkultur berechnet, welches speziell für die Bedingungen des Ökologischen Landbaus konzipiert ist.



## 2.4 Statistisches Modell

Die Auswertung der Ergebnisse wurde mit dem Statistikprogramm SPSS 11.0 durchgeführt. Entsprechend der Versuchsanlage (Blockdesign, randomisierte Varianten, 4 Wiederholungen bzw. Blöcke) wurden die Ergebnisse mittels mehrfaktorieller Varianzanalysen (1. Faktor = Variante, 2. Faktor = Wiederholung) nach Vegetationsperioden gesondert verrechnet (Signifikanzniveau  $P < 0,05$ ).

Die Voraussetzung für die Durchführung der Varianzanalyse ist die Normalverteilung der Residuen und die Varianzhomogenität der Stichprobenwerte, die mittels Kolmogorov-Smirnov-Test (Normalverteilung) und Levene-Test (Varianzhomogenität) geprüft wurden. Um mögliche Fehlerquellen ausschließen zu können, wurde mit Hilfe von Boxplots auf Ausreißer und Extremwerte untersucht. Die Ergebnisse der Varianzanalysen sind im Ergebnisteil und Anhang dargestellt. Normalverteilte, aber nicht varianzhomogene Daten wurden mittels Welch- und Dunnett-T3-Test getestet.

Multiple Mittelwertvergleiche wurde mit dem Tukey-Test durchgeführt (Signifikanzniveau von  $P < 0,05$ ). Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Prüfglieder sind durch verschiedene Buchstaben (z.B. „a“ und „b“) in den Tabellen und Grafiken in Ergebnisteil und Anhang dargestellt. Zur Prüfung des Zusammenhanges zwischen den getesteten Parametern wurden Korrelationsbeziehungen mittels Pearson'schem Korrelationskoeffizient berechnet. Dadurch können zusätzliche Beziehungen zwischen Standorteigenschaften (z.B. Temperatur, Niederschläge) und den abhängigen Variablen (z.B. Druschertrag, Rohprotein-gehalt) festgestellt werden.

## 3 Teilprojekt A (Teilfläche A und B)

### 3.1 Teilprojekt A – Ergebnisse

#### 3.1.1 Witterungsverlauf im Versuchszeitraum (2002 – 2003)

Die Messdaten des Witterungsverlaufes wurden durch die Klimamessstation des Institutes für Pflanzenbau (Universität für Bodenkultur) in Raasdorf ermittelt.

In der **Vegetationsperiode September 2001 – September 2002** (ausschlaggebend für den Erbsenbestand im Jahr 2002 auf der Teilfläche A) war der Temperaturverlauf dem langjährigen Mittel angepasst. Von November 2001 bis Jänner 2002 waren die monatlichen Temperaturen um durchschnittlich  $1,7^{\circ}\text{C}$  geringer, von Mai bis August 2002 um durchschnittlich  $1,9^{\circ}\text{C}$  höher als im langjährigen Mittel. Die Niederschlagssummen waren in den Monaten September 2001, März, April, Juli und August 2002 um insgesamt  $+198$  mm höher als im langjährigen Mittel (siehe Abbildung 5).



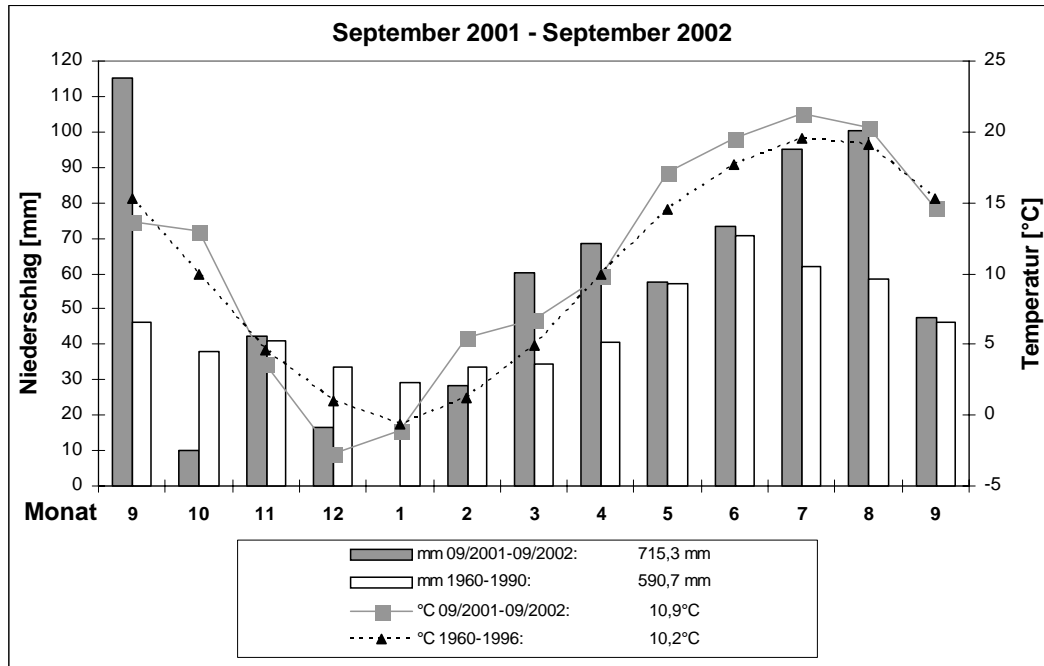


Abbildung 5: Klimadaten für den Versuchszeitraum September 2001 bis September 2002 am Standort Raasdorf (langjährige Mittelwerte: Klimamess-Station der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Groß-Enzersdorf)

In der **Vegetationsperiode September 2002 – September 2003** (ausschlaggebend für den Erbsenbestand im Jahr 2003 auf der Teilfläche B) war der Temperaturverlauf von September 2002 bis zum September 2003 (siehe Abbildung 6) dem Temperaturverlauf des langjährigen Mittels angepasst (Mittelwert 09/2002-09/2003: 10,4 °C, Mittelwert 1960-1990: 10,2 °C). Von Juni bis August 2003 wurden jedoch durchschnittlich um + 3,4 °C höhere Temperaturen als im langjährigen Mittel von 1960 – 1990 festgestellt (Juni: +4,3 °C, Juli: +1,5 °C, August: +4,2 °C).

Die Niederschläge von September 2002 – September 2003 waren gegenüber dem langjährigen Mittel etwas geringer (09/2002-09/2003: 518,2 mm; 1960-1990: 590,7 mm). Auffällig ist die wesentliche höhere Niederschlagssumme (+ 197%) im Oktober 2002 (Saat Winterweizen Teilfläche A) und die reduzierte Niederschlagsmenge in den Monaten Februar (-100%), März (- 84%), April (-50%) und Juni (-62%) 2003 (siehe Abbildung 6).

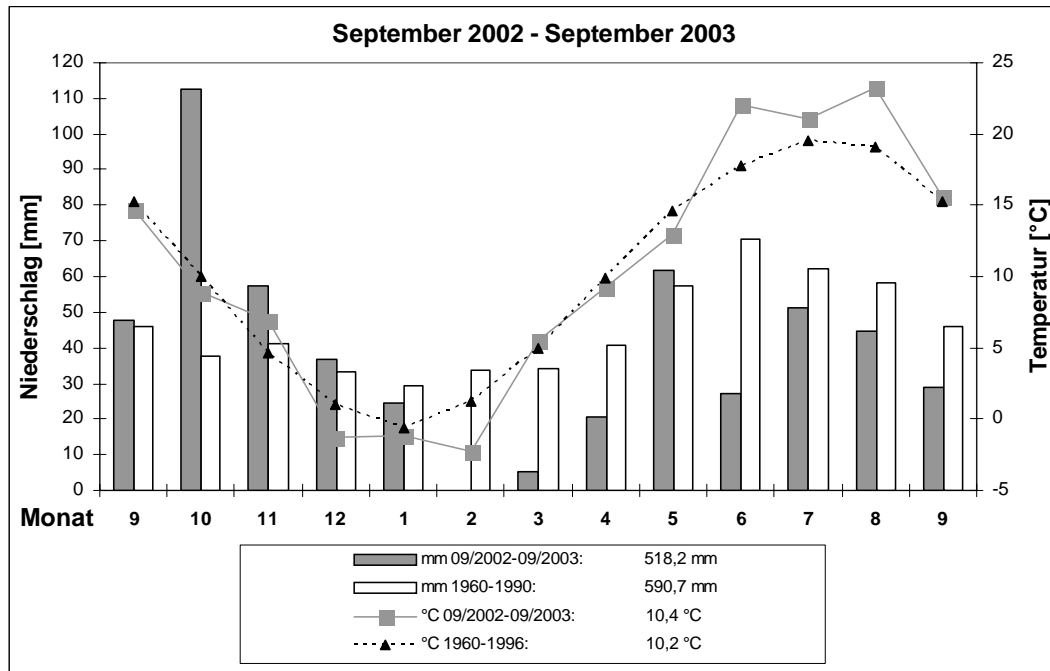


Abbildung 6: Klimadaten für den Versuchszeitraum September 2002 bis September 2003 am Standort Raasdorf (langjährige Mittelwerte: Klimamess-Station der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Groß-Enzersdorf)

### 3.1.2 Vorfrucht Erbse (2002 und 2003)

#### 3.1.2.1 Ober- und unterirdische Biomasse

Im **Vegetationsjahr 2002** wurde auf der Teilfläche A ein Vorversuch (siehe 2.1) zum Sortenvergleich verschiedener Körner- und Futtererbsen auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen der Universität für Bodenkultur in Raasdorf durchgeführt. Die in diesem Versuch geprüften Erbsen-Sorten dienten als Vorfrüchte für den folgenden Winterweizen (Überprüfung der Nachfruchtwirkung siehe 3.1.3).

Die Erbsen-Reinsaatn erzielten einen Trockenmasse-Kornertrag von 1440 kg ha<sup>-1</sup> (Sorte Dora) bis 3382 kg ha<sup>-1</sup> (Sorte Erbi). Der TM-Kornertrag des Blatt-Typs Erbi war signifikant von den Sorten Herold, Sponsor, Bohatyr, Dora, Rhea und Sirius verschieden (siehe Tabelle 8). Die Varianten 20, 21, 22 und 24 lieferten die höchsten TM-Kornerträge beim Sorten-Gemenge-Vergleich und unterschieden sich signifikant von den Varianten 14-19, 23 und 25. Dies ist nicht verwunderlich, da bei den erstgenannten Sortengemengen die in Reinsaat ertragreichsten Sorten Erbi oder Gotik bzw. beide Sorten als Gemeinpartner fungierten. Da die Monatsdurchschnittstemperaturen sowohl im Juni als auch im Juli 2002 über dem langjährigen Mittel lagen, konnten die Sorten im Gemenge gleichmäßig abreifen.

Weder beim Vergleich der Erbsen-Reinsaatn, noch beim Vergleich der Erbsen-Gemenge konnten statistisch gesicherte Unterschiede im TM-Strohertrag zwischen den Varianten

festgestellt werden (siehe Tabelle 48 im Anhang). Im Jahr 2002 erfolgte keine Ermittlung der Wurzelbiomasse.

Tabelle 8: Trockenmasse (TM)-Kornertrag in  $\text{kg ha}^{-1}$  der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links: Sorten-Reinsaaten-Vergleich, rechts: Sorten-Gemenge-Vergleich)

Sorten-Reinsaaten-Vergleich				Sorten-Gemenge-Vergleich			
Sorte	TM Korn [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test	Sorte	TM Korn [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test
Gotik	2765,4	675,6	ab	Herold/Dora	1754,2	444,7	cd
Herold	2328,6	416,2	bc	Herold/Rhea	1967,7	665,3	bcd
Sponsor	2139,6	448,1	bc	Sponsor/Dora	1630,2	298,5	cd
				Sponsor/Rhea	2081,3	392,8	bcd
Bohatyr	2150,8	609,6	bc	Bohatyr/Gotik	2168,5	195,7	bcd
Erbi	3382,3	482,5	a	Bohatyr/Sponsor	2233,3	515,7	bcd
				Erbi/Gotik	3319,8	392,1	a
Dora	1439,6	664,7	c	Erbi/Sponsor	3384,1	535,9	a
Rhea	1588,0	691,7	c	Gotik/Bohatyr	2898,4	1017,3	ab
Sirius	1802,6	472,6	bc	Sponsor/Bohatyr	1554,2	385,1	d
				Gotik/Erbi	2754,2	532,5	abc
				Sponsor/Erbi	1626,3	260,0	cd

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Im **Vegetationsjahr 2003 auf der Teilfläche B** wurde im Erbsenbestand ein Trockenmasse-Kornertrag von  $1117 \text{ kg ha}^{-1}$  (Sorte Dora) bis  $2415 \text{ kg ha}^{-1}$  (Sorte Bohatyr) erreicht (Mittelwert über alle Versuchsvarianten =  $1941 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Der TM-Kornertrag der Sorte Bohatyr (Variante 4) unterschied sich signifikant vom TM-Kornertrag der Sorten Herold und Dora (siehe Abbildung 7 und Tabelle 49 im Anhang), der Mittelwert des TM-Kornertrages (Mittelwert von 4 Wiederholungen) der Sorte Dora unterschied sich von allen anderen Versuchsvarianten. Der TM-Kornertrag der Gemenge-Varianten (Variante 15, 17, 20 und 24) unterschied sich nicht von den Reinsaat-Varianten (Variante 1, 2, 3). Die hohen Temperaturen im Juni und Juli im Vegetationsjahr 2003 bewirkten eine gleichmäßige Abreife aller Sorten.

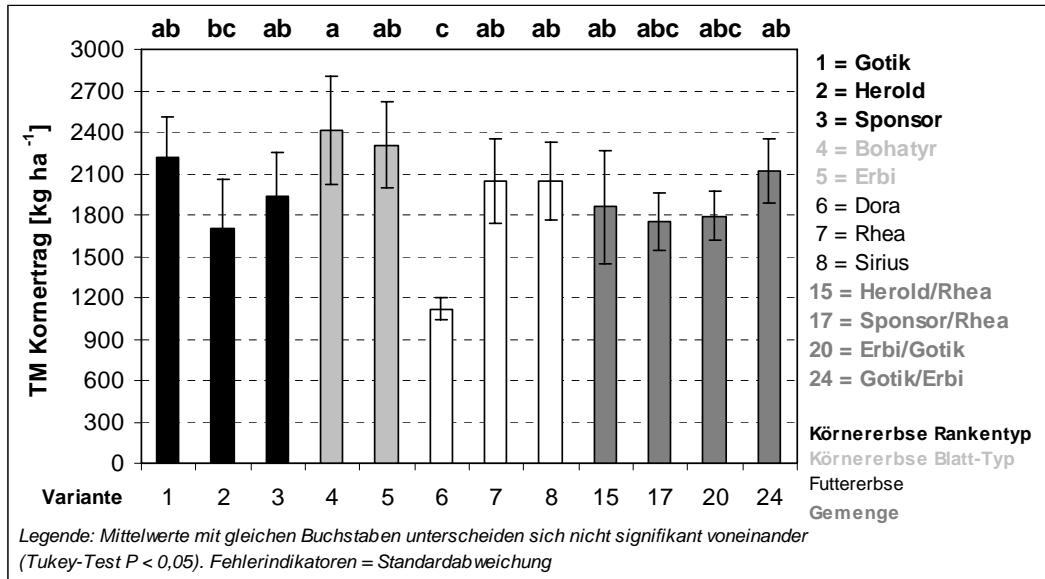


Abbildung 7: Trockenmasse (TM)-Kornertrag in  $\text{kg ha}^{-1}$  der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 (Teilfläche B)

Die Sorten Dora ( $2610 \text{ kg ha}^{-1}$ ) und Rhea ( $2559 \text{ kg ha}^{-1}$ ) erreichten den höchsten TM-Strohertrag, der Unterschied war jedoch nur gegenüber der Variante 20 (Gemenge Erbi/Gotik) signifikant (Abbildung 8 und Tabelle 50).

Zur Ernte lagerten die Futtererbsen-Sorten am meisten, die halblattlosen Sorten der Körnererbsen am geringsten. Die zu erwartende, positive Wirkung des stützenden Gemegepartners auf die Lagerung der weniger standfesten Erbsensorte im Gemenge konnte wie folgt beobachtet werden. Die Lagerung von Körner-/Futtererbsen-Gemengen war geringer als von Futtererbsen-Reinsaaten. Ein Gemenge aus dem Blatt-Typus der Körnererbse (75% Saatmischungsanteil) und dem halblattlosen Typ der Körnererbse (25% Saatmischungsanteil) lagerte weniger als Sorten des Blatt-Typus der Körnererbse in Reinsaat. Bei 75% Saatmischungsanteil des halblattlosen Typus im Gemenge und 25% des Blatt-Typus der Körnererbse lagerten die Erbsenpflanzen mehr als bei den Reinsaaten des halblattlosen Typus, jedoch weniger als bei Sorten des Blatt-Typus der Körnererbse in Reinsaat.

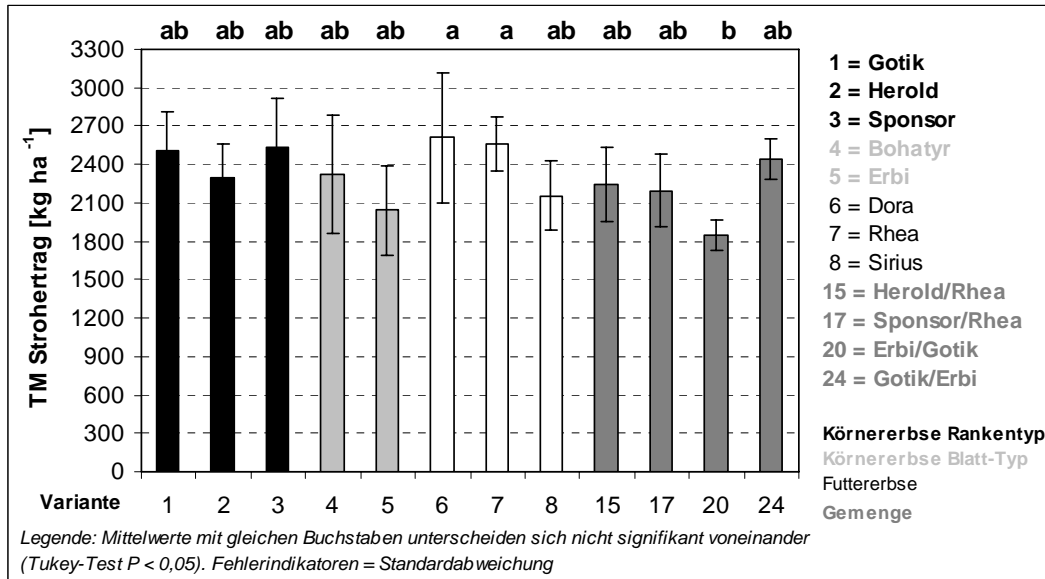


Abbildung 8: Trockenmasse (TM)-Strohertrag in  $\text{kg ha}^{-1}$  der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 (Teilfläche B)

Der Wurzel-TM-Ertrag der Erbsen in der Tiefe von 0 - 60 cm ergab 368 (Sirius) bis 592  $\text{kg ha}^{-1}$  (Gotik/Erbi -Gemenge), die Unterschiede zwischen den Varianten waren nicht signifikant (siehe Tabelle 50 im Anhang).

### 3.1.2.2 $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens

**Auf der Teilfläche A wurde im Vegetationsjahr 2002** der Nitrat-N Gehalt unter den Erbsen-Varianten zur Ernte im Juli bestimmt (Mittelwert von 4 Wiederholungen, Summe 0-90 cm). Sowohl zwischen den Sorten-Reinsaaten (50-65  $\text{kg Nitrat-N ha}^{-1}$ ), als auch zwischen den Sorten-Gemengen (39-71  $\text{kg Nitrat-N ha}^{-1}$ ) wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt (siehe Tabelle 52 im Anhang). Der Nitrat-N Gehalt zur Ernte wurde zur Berechnung der  $N_2$ -Fixierleistung der Körnerleguminose mit Hilfe der erweiterten Differenzmethode herangezogen (siehe 2.3.4).

Im März **2003 wurde auf der Teilfläche B** zur Saat der Erbsen (T1a; Vorfrucht = Winterroggen) Mischproben von je 4 benachbarten Erbsen-Parzellen sowie in den Referenzfrucht Hafer-Parzellen gezogen, um das durchschnittliche  $N_{\min}$ -Niveau auf der Versuchsfläche zu Versuchsbeginn zu ermitteln. Der  $\text{NO}_3\text{-N}$  Gehalt von 0-90 cm reichte von 29,0 bis 51,4  $\text{kg Nitrat-N ha}^{-1}$  (Mittelwert 40,0  $\text{kg Nitrat-N ha}^{-1}$ ), wobei kein Unterschied zwischen den Mischproben festgestellt wurde.

Der Nitrat-N Gehalt unter den Erbsen-Varianten zum Erntetermin im Juli 2003 (T2a) betrug 20 – 29  $\text{kg ha}^{-1}$  (Mittelwert von 4 Wiederholungen, Summe 0-90 cm). Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten festgestellt. Nachdem

Nicht-Leguminosen ihren N-Bedarf nur aus dem pflanzenverfügbaren Mineralstickstoffvorrat des Bodens decken können, zeigte die Referenzfrucht-Variante Hafer einen deutlich niedrigeren Nitrat-N Gehalt ( $9 \text{ kg ha}^{-1}$  von 0-90 cm) zur Ernte als die Erbsen-Varianten (siehe Abbildung 9).

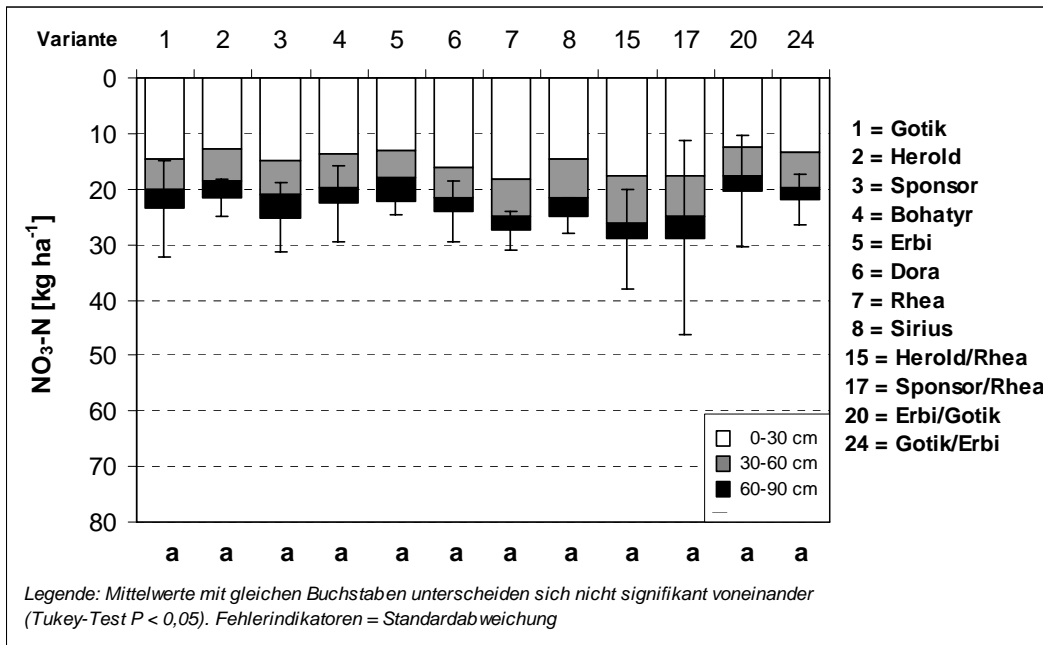


Abbildung 9: Nitrat-N Gehalt in  $\text{kg ha}^{-1}$  von 0-30, 30-60 und 60-90 cm im Boden unter den Versuchsvarianten zum Erntetermin der Erbse im Jahr 2003 (T2a, Juli 2003, Teilfläche B)

Tabelle 9: Nitrat-N Gehalt in  $\text{kg ha}^{-1}$  im Boden unter den untersuchten Kulturen auf den Teilflächen A, B und C (Mittelwert aus 4 Wiederholungen)

Teilfläche	Kulturabfolge	Termin Nmin-Beprobung	Code	$\text{NO}_3\text{-N-Gehalt kg ha}^{-1*}$
A	Vorfrucht (Winterroggen)			
A	Erbse	März 2002 (Saat)	T1a/02	nicht analysiert
A	Erbse	Juli 2002 (Ernte)	T2a/02	39-71
A	Zwischenfrucht (Phacelia-Ölrettich)	---	---	---
A	Winterweizen	März 2003 (nach Winter)	T3a/03	137-193
B	Vorfrucht (Winterroggen)			
B	Erbse	März 2003 (Saat)	T1a/03	29-51
B	Erbse	Juli 2003 (Ernte)	T2a/03	20-29
B	Zwischenfrucht (Phacelia-Ölrettich)	---	---	---
B	Winterweizen	März 2004 (nach Winter)	T3a/04	88-148
C	Vorfrucht (Winterroggen)			
C	Zwischenfrucht (Saatwicke, Phacelia, keine ZF)	August 2003 (Saat)	T1b	60-76
C	Zwischenfrucht (Saatwicke, Phacelia, keine ZF)	Oktober 2003 (Ernte)	T2b	52-138
C	Erbse	April 2004 (Saat)	T3b	79-114
C	Erbse	Juli 2004 (Ernte)	T4b	54-95
C	Zwischenfrucht (Ausfallerbse, Saatwicke)	Oktober 2004 (Ernte)	T5b	40-69
C	Winterweizen	März 2005 (nach Winter)	T6b	73-87

\* $\text{NO}_3\text{-N-Gehalt kg ha}^{-1}$ : Mittelwert aus 4 Wiederholungen

Codes: siehe Offert und Tabelle 3

### 3.1.2.3 Auftreten von Beikräutern und Schaderregern

Unter der Annahme, dass eine vermehrte Blattmassebildung bei Erbsen zu einer besseren Unterdrückung von Beikräutern führt, wurde im Jahr **2002 auf der Teilfläche A** das Auftreten von Beikräutern im Bestand durch die Ermittlung des Blattflächenindex (LAI = leaf area index) bewertet (siehe 2.3.2).

Sowohl im Jahr 2002, als auch im **Jahr 2003 auf der Teilfläche B**, wurden die höchsten LAI-Werte in den Futtererbsen-Varianten 6 (Dora) und 8 (Sirius) gemessen. Zusätzlich war der LAI-Wert der Variante 7 (Rhea) im Jahr 2003 signifikant von den Körnererbsen-Varianten verschieden (Abbildung 10). Die hohen LAI-Werte der Futtererbsen-Varianten zur Blüte gehen mit dem niedrigen Beikrautdruck zur Hülsenbildung der Erbsen einher (siehe Abbildung 10 und Abbildung 11).

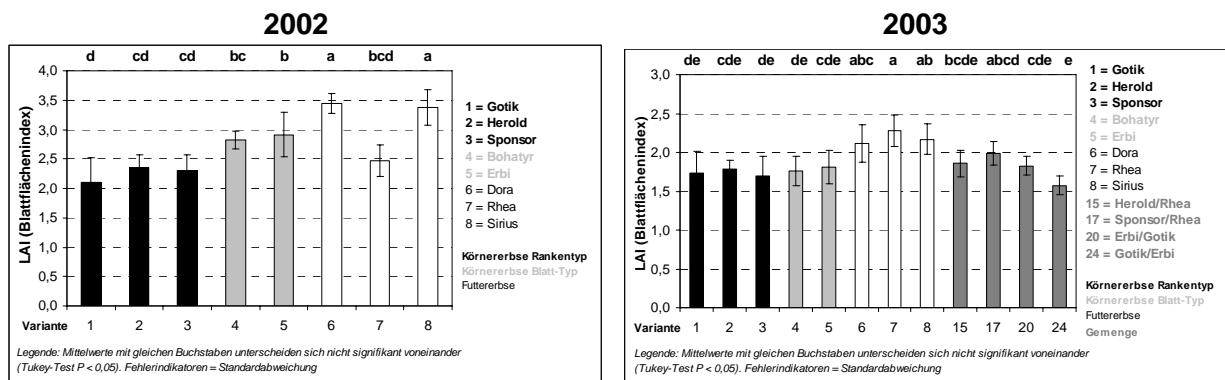


Abbildung 10: Blattflächenindex (LAI) der Erbsen-Varianten zur Blüte im Jahr 2002 auf der Teilfläche A (links) und im Jahr 2003 auf der Teilfläche B (rechts)

Im **Vegetationsjahr 2003 auf der Teilfläche B** war sowohl zur Blüte als auch zur Hülsenbildung der Erbsen das Auftreten von Beikräutern in den Futtererbsen-Varianten (Variante 6,7 und 8) geringer als in den Körnererbsen-Varianten (zur Hülsenbildung: siehe Abbildung 11). Der Beikrautdruck in den Gemenge-Varianten (Variante 15, 17, 20 und 24) zur Hülsenbildung unterschied sich nicht von den Reinsaat-Varianten (Variante 1, 2, 3).

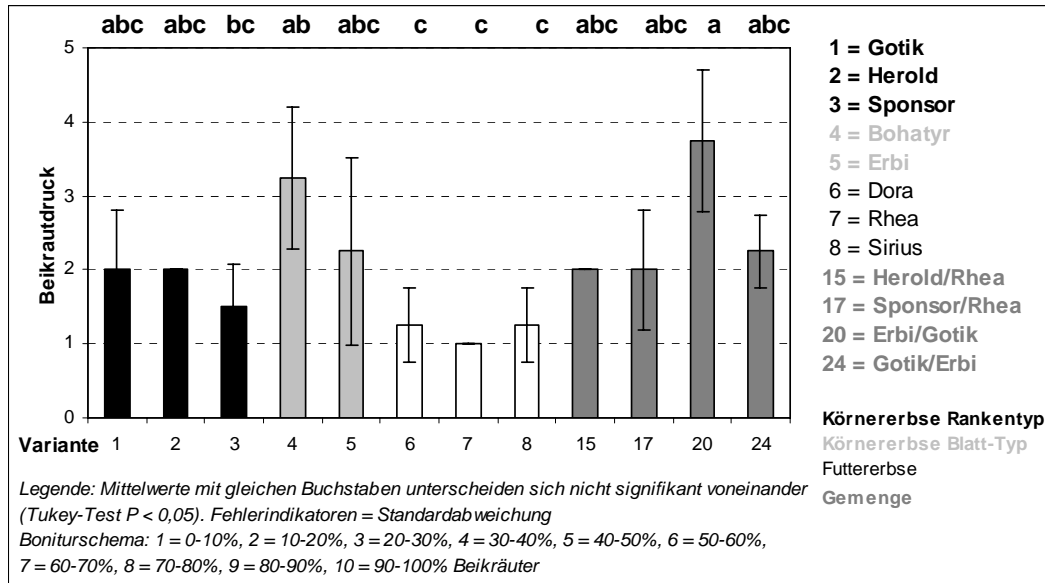


Abbildung 11: Beikrautdruck der Erbsen-Varianten zur Hülsenbildung (25.6.2003) auf der Teilfläche B

Im **Jahr 2003 auf der Teilfläche B** wurde kein Unterschied in den Erbsenwickler befallenen Erbsenkörnern (4,8 bis 6,8 befallene Körner/100 Erbsen-Körner) zwischen den Varianten festgestellt. Hingegen waren die Futtererbsen (Variante 6 und 7) signifikant geringer als die Körnererbsen (Variante 1-5) vom Erbsenkäfer befallen (siehe Abbildung 12).

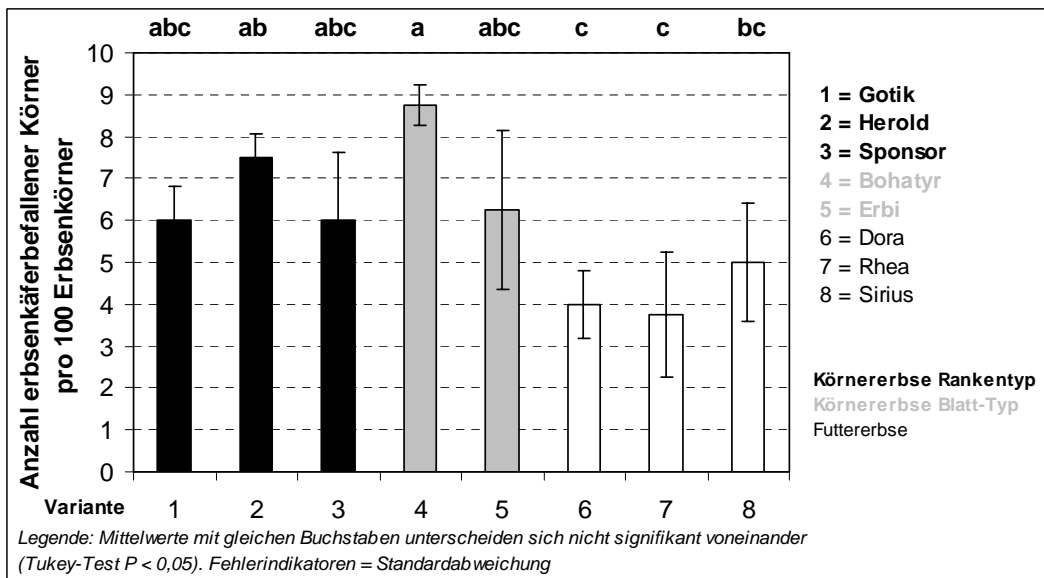


Abbildung 12: Anzahl Erbsenkäfer befallener Erbsenkörner pro 100 Körner der Erbsen-Varianten 1-8 zum Erntetermin Juli 2003 (Teilfläche B)

Der Befall der Erbsen-Varianten im **Jahr 2003 auf der Teilfläche B** durch Blattläuse kann als sehr stark bezeichnet werden. Zum 1. Boniturtermin (3.6., Blüte) wurden keine Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten festgestellt. Bei der Bonitur am



17.6.2003 (Hülsenbildung) wiesen die Sorten Herold (Variante 2) und Sponsor (Variante 3) den geringsten Blattlausbefall, die Sorte Dora den höchsten Blattlausbefall auf (siehe Abbildung 13).

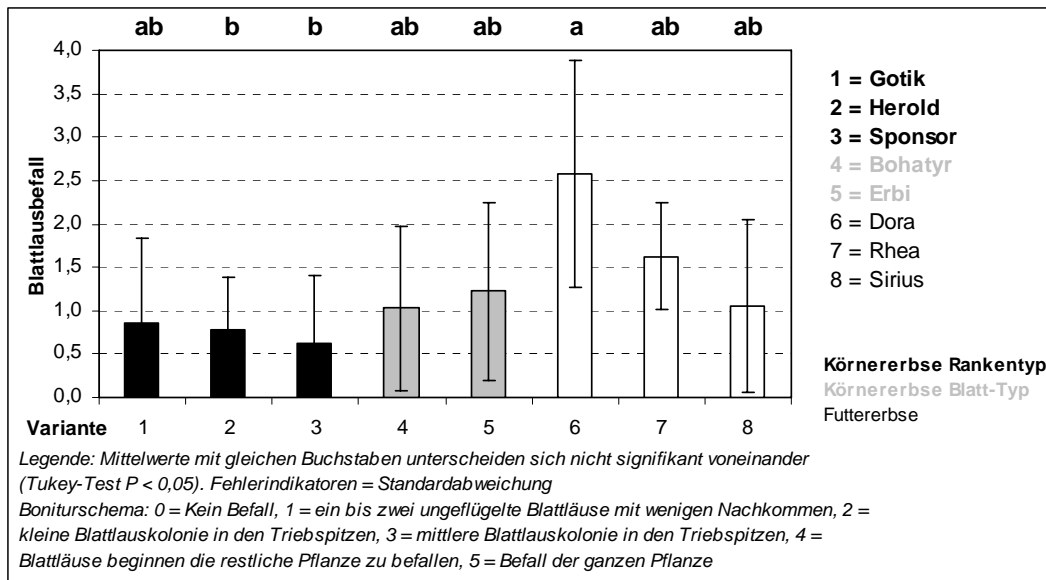


Abbildung 13: Blattlausbefall der Erbsen-Varianten 1-8 am 17.6.2003 (zur Hülsenbildung) auf der Teilfläche B

### 3.1.2.4 N-Gehalt und $N_2$ -Fixierleistung

Im Jahr 2002 auf der Teilfläche A erreichte die Futtererbse Rhea mit 4,2% N den höchsten N-Gehalt im Korn und unterschied sich signifikant von den anderen Sorten (Tabelle 10). Beim Vergleich der Sorten-Gemenge konnten keine Unterschiede zwischen den Varianten ermittelt werden.

Die Analyse des N-Gehaltes im Stroh der Erbsen-Sorten im Jahr 2002 ergab 1,5-3,4 %N. Sowohl beim Reinsaaten-Vergleich, als auch beim Vergleich der Sorten-Gemenge wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (siehe Tabelle 55 im Anhang).

Tabelle 10: N-Gehalt im Korn (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links: Sorten-Reinsaaten-Vergleich, rechts: Sorten-Gemenge-Vergleich)

Sorten-Reinsaaten-Vergleich				Sorten-Gemenge-Vergleich			
Sorte	N-Korn [%]	Stdabw [%]	Tukey Test	Sorte	N-Korn [%]	Stdabw [%]	Dunnett Test
Gotik	3,5	0,2	d	Herold/Dora	3,7	0,1	a
Herold	3,7	0,1	cd	Herold/Rhea	3,7	0,2	a
Sponsor	3,5	0,1	cd	Sponsor/Dora	3,9	0,1	a
				Sponsor/Rhea	3,7	0,1	a
Bohatyr	3,6	0,2	cd	Bohatyr/Gotik	3,6	0,2	a
Erbi	3,8	0,2	c	Bohatyr/Sponsor	3,8	0,1	a
				Erbi/Gotik	3,9	0,5	a
Dora	4,0	0,1	b	Erbi/Sponsor	3,7	0,2	a
Rhea	4,2	0,1	a	Gotik/Bohatyr	3,5	0,3	a
Sirius	3,6	0,2	cd	Sponsor/Bohatyr	3,6	0,1	a
				Gotik/Erbi	3,7	0,7	a
				Sponsor/Erbi	3,7	0,2	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Im Jahr 2003 auf der Teilfläche B erreichte die Futtererbsen-Sorte Dora den höchsten N-Gehalt im Korn (3,8% N) und unterschied sich damit signifikant von den Varianten 1, 2, 4 und 24 (siehe Abbildung 14). Die Gemenge-Varianten (Variante 15, 17, 20 und 24) unterschieden sich hinsichtlich des N-Gehaltes im Korn nicht von den Reinsaat-Varianten.

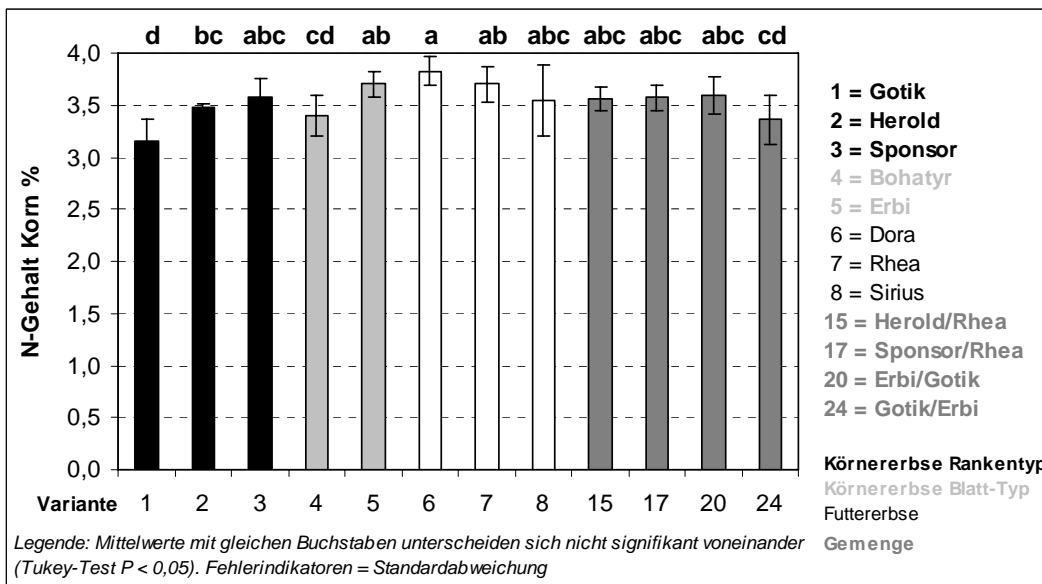


Abbildung 14: N-Gehalt im Korn (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 (Teilfläche B)

Der N-Gehalt im Stroh reichte von 1,7% N (Variante 8) - 2,1% N (Variante 6), es traten jedoch keine Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten auf (siehe Tabelle 53 im Anhang). Der N-Gehalt in den Wurzeln ergab 1,5 – 1,9% N von 0 - 30 cm und von 30 – 60

cm, es traten ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Varianten auf (siehe Tabelle 54 im Anhang).

Die berechnete N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Erbsen<sup>1</sup> im **Jahr 2002 auf der Teilfläche A** ergab 39-108 kg N ha<sup>-1</sup> in den Reinsaat-Varianten und 40-155 kg N ha<sup>-1</sup> in den Gemenge-Varianten. Unterschiede zwischen den Sorten-Reinsaaten wurden nicht festgestellt (siehe Tabelle 11). Beim Sorten-Gemenge-Vergleich hat das Erbi/Gotik-Gemenge mit 155 kg N ha<sup>-1</sup> eine tendenziell höhere N<sub>2</sub>-Fixierleistung als das Bohatyr/Gotik-Gemenge mit 40 kg N ha<sup>-1</sup> erreicht, der Unterschied war jedoch nicht statistisch absicherbar (Tabelle 11).

Die Ermittlung des Anteil N aus der Luft (N<sub>dfa</sub>) in den Leguminosen ergab 32-67%, wobei keine Unterschiede sowohl beim Reinsaaten- als auch beim Gemenge-Vergleich festgestellt wurden (siehe Tabelle 56 im Anhang).

Tabelle 11: N<sub>2</sub>-Fixierleistung (kg ha<sup>-1</sup>) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links: Sorten-Reinsaaten-Vergleich, rechts: Sorten-Gemenge-Vergleich)

Sorten-Reinsaaten-Vergleich				Sorten-Gemenge-Vergleich			
Sorte	N <sub>2</sub> -Fix. [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	Sorte	N <sub>2</sub> -Fix. [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Dunnnett Test
Gotik	79,1	30,7	a	Herold/Dora	97,2	68,2	a
Herold	76,8	26,3	a	Herold/Rhea	68,8	47,7	a
Sponsor	77,6	36,2	a	Sponsor/Dora	53,5	14,8	a
				Sponsor/Rhea	77,0	21,4	a
Bohatyr	91,7	17,9	a	Bohatyr/Gotik	39,8	23,4	a
Erb	108,3	30,6	a	Bohatyr/Sponsor	66,7	58,4	a
				Erb/Gotik	155,3	45,7	a
Dora	88,5	47,3	a	Erb/Sponsor	108,7	15,7	a
Rhea	71,4	28,5	a	Gotik/Bohatyr	86,3	70,2	a
Sirius	38,7	25,0	a	Sponsor/Bohatyr	50,6	41,8	a
				Gotik/Erb	82,8	63,0	a
				Sponsor/Erb	59,8	25,1	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey- bzw. Dunnnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Im **Jahr 2003 auf der Teilfläche B** wurde eine N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Erbsen-Sorten von 20 bis 53 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt. Da die Bodenheterogenität auf der Versuchsfläche groß ist, waren die Standardabweichungen der Mittelwerte sehr hoch und es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (Abbildung 15). Um dem entgegen zu wirken, sollte in zukünftigen Versuchen für jede Leguminosen-Variante eine eigene Referenzfrucht-Variante in räumlicher Nähe (z.B. durch Aufteilung der Versuchsparzelle in zwei Teilflächen) angelegt werden. Auf der Teilfläche C wurde im August 2004 die Versuchsanlage dementsprechend angelegt (siehe 2.1).

<sup>1</sup> Bei der Abschätzung der N<sub>2</sub>-Fixierleistung wurde im Jahr 2002 nur der N-Ertrag in der oberirdischen Biomasse der Pflanzen berücksichtigt, da für die unterirdische Biomasse (Wurzeln) keine Daten vorlagen.

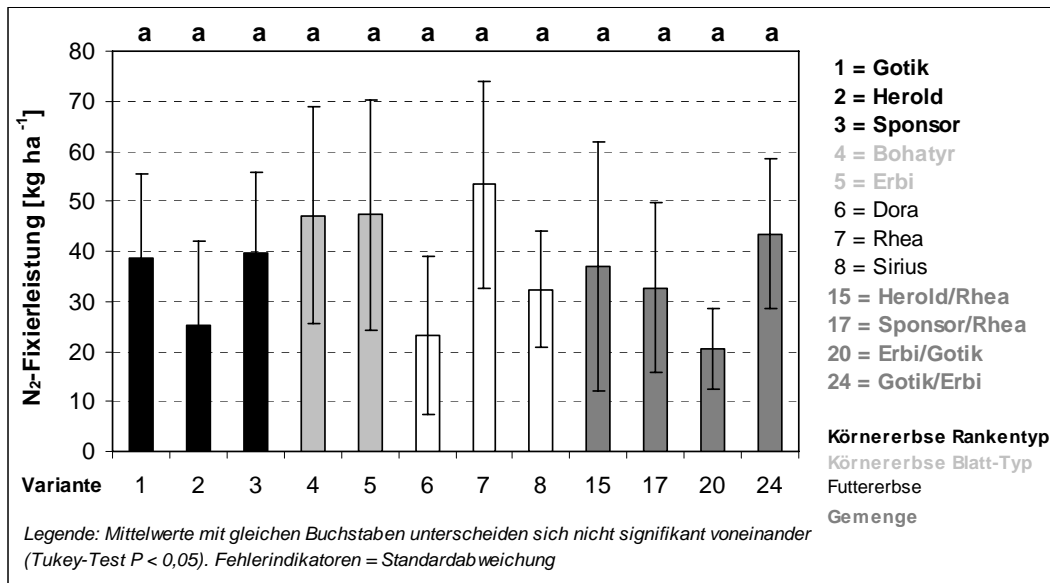


Abbildung 15: N<sub>2</sub>-Fixierleistung (kg ha<sup>-1</sup>) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 (Teilfläche B)

Der berechnete N<sub>difa</sub>-Wert (Nitrogen derived from atmosphere = %-Anteil N aus der Luft) reichte von 19% (Variante 20) bis 39% (Variante 7), es wurde jedoch kein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt (siehe Tabelle 57 im Anhang).

Im Jahr 2002 auf der Teilfläche A variieren die vereinfachten N-Flächenbilanzsalden (Berechnung siehe 2.3.4) von -14 (Sorte Sirius) bis +48 (Sorte Dora) kg N ha<sup>-1</sup>, es gab jedoch keine statistisch absicherbaren Unterschiede (siehe Tabelle 12). Im Vergleich mit dem Versuchsjahr 2003 sind die N-Flächenbilanzsalden im Jahr 2002 mit durchschnittlich +14 kg N ha<sup>-1</sup> positiver als die Salden im folgenden Jahr mit durchschnittlich -17 kg N ha<sup>-1</sup>. Der Grund dafür ist die mehr als doppelt so hohe N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Erbsen-Varianten im Jahr 2002 (durchschnittlich 79 kg N ha<sup>-1</sup>) gegenüber den niederen Werten im Jahr 2003 (durchschnittlich 37 kg N ha<sup>-1</sup>). Diese großen Unterschiede machen deutlich, dass der Prozess der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung durch variierende Witterungsbedingungen stark schwanken kann.

Im Jahr 2003 auf der Teilfläche B wurden N-Flächenbilanzsalden von -27 bis -7 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt. Die geprüften Sorten unterschieden sich nicht voneinander. Durch die negativen Stickstoffbilanzsalden wird deutlich, dass der Stickstofftransport durch das Erntegut meist höher ist, als die gesamt-pflanzliche Stickstofffixierleistung. Bei der Bewertung der vorliegenden Stickstoffbilanzsalden sollte jedoch bedacht werden, dass der bei viehhaltenden Betrieben über organische Wirtschaftsdünger potentiell auf das Feld zurückgeführte Stickstoff hier nicht berücksichtigt wurde (siehe 2.3.4). Eine Berücksichtigung dieser N-Menge würde den N-Flächenbilanzsaldo um +34 bis +42 kg N ha<sup>-1</sup> (50% des N-Ertrages im Korn, nach eigenen Berechnungen) verändern.

Tabelle 12: Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo in kg N ha<sup>-1</sup> der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links) und zum Erntetermin Juli 2003 auf der Teilfläche B (rechts)

Sorte	2002			2003		
	N-Bilanz [kg N ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg N ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	N-Bilanz [kg N ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg N ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
Gotik	-0,5	15,1	a	-17,1	12,5	a
Herold	6,5	23,1	a	-21,5	7,5	a
Sponsor	17,1	23,4	a	-15,5	12,4	a
Bohatyr	30,6	24,8	a	-19,7	13,1	a
Erbi	1,1	16,5	a	-23,3	13,6	a
Dora	47,7	47,7	a	-7,6	16,4	a
Rhea	19,8	33,7	a	-7,4	13,4	a
Sirius	-14,1	23,4	a	-26,9	6,4	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

In Bezug auf die Untersuchungshypothesen war daher beim Vergleich der Körner- und Futtererbsensorten bzw. Sortengemenge folgendes festzustellen:

- Die Grünfuttererbsen bildeten geringere Kornerträge, aber einen höheren Proteingehalt im Korn aus, als die Körnererbsen. Durch den höheren Proteingehalt ist die N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Grünfuttererbsen trotz der im Vergleich zu Körnererbsen geringeren Kornerträge gleichwertig (Arbeitshypothese Ia).
- Wegen der stärkeren Beschattung und Beikrautunterdrückung bei gleich hoher Kornertragsleistung sind die Blatt-Typen der Körnererbse im Ökologischen Anbau besser geeignet als die halbblattlosen Körnererbsen (Arbeitshypothese Ia).
- Die Sorte Erbi (Körnererbse Blatt-Typ) und die Sorte Gotik (Körnererbse halbblattloser Typ) haben sich als die erfolgreichsten Sorten für den Standort Marchfeld herausgestellt, sowohl in Reinsaat, als auch im Gemenge.
- Die Kombination von Blatt-Typen der Körnererbse mit halbblattlosen Körnererbsen führte zu einer Steigerung des Kornertrages und der Stickstofffixierleistung gegenüber den halbblattlosen Körnererbsen in Reinsaat (Arbeitshypothese Ia).
- Die Kombination von Körner- und Grünfuttererbsen bewirkte im Allgemeinen keine Vorteile gegenüber den Körner- bzw. Futtererbsen-Reinsaaten (Arbeitshypothese Ia). Bei feuchten Witterungsbedingungen (1. Versuchsjahr 2002) konnte durch die stützende Wirkung der Körnererbse die Lagerung der Grünfuttererbse reduziert werden.
- Die Ernterückstandsmengen (Stroh, Wurzeln) der Grünfuttererbse unterschieden sich nicht von den Ernterückstandsmengen der Körnererbsen (Arbeitshypothese Ib).
- Der Vorfruchtwert der Grünfuttererbse bei Körnernutzung ist aufgrund einer gleichwertigen Stickstofffixierleistung und N-Flächenbilanz dem Vorfruchtwert der Körnererbse gleichzusetzen (Arbeitshypothese Ib).

### 3.1.2.5 Bitterstoffe/Tannine im Erbsen-Korn

Im Jahr 2002 auf der Teilfläche A war der Tanningehalt in der Futtererbsen-Sorte Dora signifikant höher als in den Sorten Herold, Sponsor, Erbi und Sirius (siehe Tabelle 13).

Im Jahr 2003 auf der Teilfläche B wurden keine signifikanten Unterschiede im Tanningehalt zwischen den Erbsen-Sorten ermittelt. Die Sorten mit den niedrigsten Werten waren die Körnererbsen-Sorten Gotik (0,06% in der TM) und Herold (0,06% in der TM). Die Futtererbsen-Sorten wiesen mit 1,06% (Dora) bzw. 1,07% (Rhea) in der TM die höchsten Gehalte an Tannin auf. Unabhängig vom Typ wiesen die Körnererbsen die geringsten Werte beim Tanningehalt auf, die Futtererbsen die höchsten Werte. Die Körner der Sorte Sirius beinhalteten in beiden Untersuchungsjahren den geringsten Tanningehalt von allen geprüften Futtererbsen-Sorten (Tabelle 13).

In der praktischen Fütterung der Nutztiere ist es wichtig, nicht allzu große Mengen an Tanninen in die Ration einzubringen, da die Tannine zu einer Senkung der Futteraufnahme führen und die Proteinverdauung herabsetzen (Jeroch et. al., 1999: 212).

Tabelle 13: Tanningehalte der Erbsen-Sorten in % der TM auf der Teilfläche A im Jahr 2002 und Teilfläche B im Jahr 2003

Sorte	2002			2003		
	Tannin [%]	Stdabw [%]	Tukey Test	Tannin [%]	Stdabw [%]	Tukey Test
Gotik	0,49	0,60	ab	0,06	0,12	a
Herold	0,13	0,26	b	0,06	0,12	a
Sponsor	0,00	0,00	b	0,17	0,26	a
Bohatyr	0,29	0,48	ab	0,23	0,30	a
Erbis	0,04	0,08	b	0,15	0,29	a
Dora	1,32	0,83	a	1,06	0,75	a
Rhea	0,45	0,35	ab	1,07	0,31	a
Sirius	0,23	0,24	b	0,74	0,75	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

### 3.1.2.6 Aminosäuren im Erbsen-Korn

Die Erbsenproben (Variante 1-8, Sorten-Reinsaaten) des Erntejahres 2002 und 2003 wurden hinsichtlich der 9 wichtigsten Aminosäuren (Methionin, Cystein, Lysin, Threonin, Tryptophan, Arginin, Isoleucin, Leucin und Valin) analysiert.

Tabelle 14: Aminosäuregehalte der Erbsen-Sorten in g der TM auf der Teilfläche A im Jahr 2002

Sorte	Methionin	Cystein	Met + Cys	Lysin	Threonin	Tryptophan	Arginin	Isoleucin	Leucin	Valin
Gotik	1,95 c	3,08 b	5,05 c	15,38 bc	7,75 c	2,00 b	19,53 c	8,78 c	15,65 d	9,90 b
Herold	2,00 c	3,18 ab	5,10 c	15,95 abc	7,93 c	2,03 b	21,60 bc	8,95 c	16,15 cd	10,03 b
Sponsor	2,03 c	3,15 b	5,15 c	15,93 abc	8,08 c	2,08 ab	20,50 bc	9,08 c	16,35 cd	10,25 b
Bohatyr	2,03 c	3,15 b	5,13 c	16,08 abc	8,00 c	2,08 ab	21,13 bc	9,08 c	16,43 bcd	10,23 b
Erbi	2,05 c	3,20 ab	5,20 c	16,40 abc	8,23 bc	2,13 ab	22,33 ab	9,25 bc	16,75 abc	10,43 b
Dora	2,20 b	3,23 ab	5,45 b	17,08 ab	8,75 ab	2,23 a	25,05 a	9,85 ab	17,43 ab	11,25 a
Rhea	2,40 a	3,33 a	5,70 a	17,68 a	9,13 a	2,23 a	25,05 a	10,15 a	17,63 a	11,48 a
Sirius	2,03 c	3,23 ab	5,18 c	14,63 c	8,08 c	2,08 ab	22,40 ab	8,90 c	15,58 d	10,13 b

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Wie in Tabelle 14 und Tabelle 15 ersichtlich, wiesen die Futtererbsen Sorte Dora und Rhea in beiden Versuchsjahren meist signifikant höhere, mindest jedoch gleichwertige Aminosäuregehalte auf, als die geprüften Körnererbsen-Sorten. Die Futtererbsensorte Sirius erreichte im Jahr 2002 bei den Aminosäuren Cystein, Tryptophan und Arginin, im Jahr 2003 bei Methionin, Threonin, Tryptophan und Arginin gleich hohe oder sogar höhere Werte, als die Körnererbsensorten.

Tabelle 15: Aminosäuregehalte der Erbsen-Sorten in g der TM auf der Teilfläche B im Jahr 2003

Sorte	Methionin	Cystein	Met + Cys	Lysin	Threonin	Tryptophan	Arginin	Isoleucin	Leucin	Valin
Gotik	1,80 c	2,98 e	4,83 e	13,80 e	7,05 e	1,80 c	15,33 d	8,25 c	14,20 d	9,10 e
Herold	1,90 abc	3,00 de	4,93 de	14,60 cd	7,45 cd	1,90 bc	17,73 bc	8,63 b	15,00 bc	9,60 cd
Sponsor	1,88 abc	3,08 cd	4,98 cd	14,93 bc	7,55 bc	1,88 bc	17,05 c	9,00 a	15,50 ab	9,75 bcd
Bohatyr	1,85 bc	3,00 de	4,83 e	14,35 de	7,20 de	1,80 c	16,05 cd	8,58 bc	14,68 cd	9,33 de
Erbi	1,95 abc	3,10 bc	5,03 cd	15,23 ab	7,68 abc	1,95 ab	19,00 b	9,05 a	15,83 a	9,98 abc
Dora	2,03 a	3,20 a	5,28 a	15,58 a	7,98 a	2,05 a	21,90 a	9,15 a	16,13 a	10,40 a
Rhea	1,98 ab	3,18 ab	5,20 ab	15,13 abc	7,80 ab	2,00 ab	21,00 a	8,90 ab	15,58 ab	10,15 ab
Sirius	1,98 ab	3,10 bc	5,08 bc	14,95 bc	7,68 abc	1,98 ab	20,80 a	8,63 b	15,10 bc	9,88 bc

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

### 3.1.2.7 Ökonomische Bewertung der Erbsen-Varianten

Die Wirtschaftlichkeit der Erbsen wurden mittels der klassischen Deckungsbeitragsrechnung bewertet (siehe Beispiel in Tabelle 16). Der Erlös für biologische Körnererbsen belief sich im Jahr 2003 auf 24 € dt<sup>-1</sup> (lt. Agentur für Bio-Getreide), die Dienstleistungskosten der Lagerstelle wurden dabei schon berücksichtigt (Schmidt 2004). Bei der Ernte und Lagerung der Erbsen treten Verluste auf, die mit ca. 4% geschätzt wurden. Der Arbeitszeitbedarf für den Anbau von Erbsen wurde mit 9,1 AKh ha<sup>-1</sup> eingerechnet. Die Daten für Ernteversicherung, variable Maschinenkosten und Trocknungskosten wurden dem Standarddeckungsbeitragskatalog (BMLFUW 2002:36) entnommen.

Tabelle 16: Beispiel für die Berechnung eines klassischen DB Deckungsbeitrages (DB) anhand der Körnererbsen-Sorte Bohatyr

<b>DB-Körnererbse (Sorte Bohatyr)</b>				
<b>Leistungen:</b>				
Ertrag:	26,70dt/ha	4% Verluste	=	25,63 dt/ha
Preis	24€/dt		=	<b>615,12 €</b>
<hr/>				
<b>Variable Kosten:</b>				
Saatgut	0,72€/kg	300kg/ha	=	216,00 €
Ernteversicherung			=	17,00 €
Trocknung	2,25€/dt		=	60,08 €
variable Maschinenkosten			=	156,04 €
Lohndrusch			=	95,00 €
<hr/>				
	Summe variabler Kosten		=	<b>544,12 €</b>
<hr/>				
	Leistungen			615,12 €
	variable Kosten		-	544,12 €
	<b>DB</b>		=	<b><u>71,00 €</u></b>

Die variablen Maschinenkosten wurden mit Hilfe des tatsächlichen Arbeitseinsatzes auf der Versuchsfläche (Teilfläche B im Jahr 2003) berechnet (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Detaillierte Auflistung der berechneten variablen Maschinenkosten im Versuchsjahr 2003 für die Teilfläche B

<b>Körnererbse (Futterware)</b>						Summe	156,04
<b>Variable Maschinenkosten (Standardmechanisierung)</b>						MwSt.	26,01
Arbeitsgang	Maschinen	€/h	h	Geräte	€/h	h	130,03
Ackerung	Allradtraktor 70 kW ( 95 PS)	10,56	2,10	Schälgrubber	18,00	2,10	59,98
1 x Saatbettbereitung	Allradtraktor 70 kW ( 95 PS)	10,56	1,20	Kreislegge 3m	5,20	1,20	18,91
Säen	Standardtraktor Hinterradantrieb 35 kW (48 PS)	5,11	1,20	Traktorsämaschine 3 m	1,95	1,20	8,47
Walzen	Standardtraktor Hinterradantrieb 35 kW (48 PS)	5,11	0,50	Cambridgewalze 3m	0,67	0,50	2,89
2 x Striegeln	Standardtraktor Hinterradantrieb 35 kW (48 PS)	5,11	1,40	Hackstriegel, 6m	4,05	1,40	12,82
Korntransport	Allradtraktor 70 kW ( 95 PS)	10,56	0,50	6 t Anhänger 2-achsig	1,65	0,50	6,11
Grubbern	Allradtraktor 70 kW ( 95 PS)	10,56	0,60	Grubber 11 Zinken, 2,5m, Krümmler	3,30	0,60	8,32
		0,00					
		0,00					
Rüstzeit	Standardtraktor Hinterradantrieb 35 kW (48 PS)	5,11	0,80				4,09
Rüstzeit	Allradtraktor 70 kW ( 95 PS)	10,56	0,80				8,45
<b>Rüstzeiten insgesamt</b>			1,60				
<b>Arbeitszeitbedarf</b>			9,1 AKh				



Die erheblichen Ertragsschwankungen bei Körnererbsen machen es nicht immer einfach, eine sichere Kalkulation vorzunehmen. Der berechnete Deckungsbeitrag der im Jahr 2003 geprüften Erbsen-Varianten ergab -290 bis +71 € ha<sup>-1</sup> (siehe Tabelle 18). Nur die ertragsstarken Sorten Gotik (7 € ha<sup>-1</sup>), Bohatyr (71 € ha<sup>-1</sup>), Erbi (49 € ha<sup>-1</sup>) und Rhea (29 € ha<sup>-1</sup>) sowie die Gemenge-Variante Herold/Rhea (3 € ha<sup>-1</sup>) erreichten ein positive Deckungsbeiträge. Die höchsten Deckungsbeiträge erzielten die Körnererbsen des Blatt-Typus (Bohatyr, Erbi). Ausschlaggebend für die Höhe des Deckungsbeitrages war in erster Linie der Kornertrag.

Tabelle 18: FM-Kornerträge, Saatgutkosten, Saatgutbedarf und Deckungsbeiträge für die überprüften Sorten-Reinsaaten und Sorten-Gemenge im Versuchsjahr 2003 auf Teilfläche B

Sorte/Gemenge	FM Korn- Ertrag [dt ha <sup>-1</sup> ]	Saatgut- kosten [€kg <sup>-1</sup> ]	Saatgut- bedarf [kg ha <sup>-1</sup> ]	Deckungs- beitrag [€ha <sup>-1</sup> ]
Gotik	24,5	0,70	300	7
Herold	19,1	0,50	290	-16
Sponsor	21,2	0,66	320	-38
Bohatyr	26,7	0,72	300	71
Erbil	25,5	0,71	300	49
Dora	12,3	0,99	280	-290
Rhea	22,6	0,99	175	29
Sirius	22,4	0,99	270	-70
Herold/Rhea	20,5	0,62	250	3
Sponsor/Rhea	19,4	0,74	280	-72
Erbil/Gotik	19,8	0,73	300	-75
Gotik/Erbil	23,5	0,76	300	-7

Die klassische Deckungsbeitragsrechnung bildet die einfachste und gängigste Grundlage für die monetäre Bewertung des Körnererbsenanbaues. Das Problem des klassischen Deckungsbeitrages ist, dass die Vorfruchtleistungen der Erbse, wie z.B. Humuslieferung, strukturverbessernde Wirkung, phytosanitäre Effekte, Mobilisierung zusätzlicher Nährstoffe u.v.m. (siehe Weitbrecht und Pahl 2000) nicht berücksichtigt werden. Durch das Nichtberücksichtigen von Vorfruchtleistungen ist der ökonomische Wert der ohnehin wettbewerbskritischen Kultur Körnererbse gegenüber anderen Kulturen reduziert. Der Mehrertrag der Folgefrucht nach einer Körnerleguminose sollte der Vorfrucht hinzugerechnet werden (Entrup et al. 2003). Bei der Berechnung des erweiterten Deckungsbeitrages werden die Vorfruchtleistungen berücksichtigt. Damit die Vorfruchtleistungen korrekt eingeschätzt werden, müssen diese nach einem Schema bewertet werden (siehe dazu zwei Ansätze in Tabelle 19). Rein rechnerisch ergibt sich der erweiterte DB durch die Addition der monetären Vorfruchtleistungen zum klassischen DB. Der Vorfruchtwert der Körnererbse kann mit einer ungefähren Größenordnung von 100 – 175 € ha<sup>-1</sup> angegeben werden (Weitbrecht und Pahl 2000).

Tabelle 19: Ansatzmöglichkeiten zur Bewertung ausgewählter Vorfruchtleistungen (nach Weitbrecht und Pahl 2000)

Bezeichnung	Alternative Beschaffungsmöglichkeiten (Ansatz 1)	Auswirkungen auf die Nachfolgefrucht (Ansatz 2)
Lieferung bzw. Verfügbarmachung von Stickstoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gründüngung</li> <li>• Einsatz betriebsfremder Wirtschaftsdünger (Gülle)</li> <li>• Zukauf organischer Handelsdünger u. a.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ertragszuwachs</li> <li>• Qualitätssteigerung</li> </ul>
Lieferung von Humus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gründüngung</li> <li>• Einsatz betriebsfremder Wirtschaftsdünger (Mist)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ertragszuwachs</li> <li>• Geringeres Ertragsrisiko</li> </ul>
Verbesserung der Bodenstruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andere Gareförderer</li> <li>• Untersaaten in Referenzkultur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ertragszuwachs</li> <li>• Verminderter Aufwand für Bodenbearbeitung</li> <li>• Geringerer Saatgutbedarf</li> </ul>
Verminderung von Krankheiten und Schädlingen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weitere Fruchtfolgen</li> <li>• Andere Feindpflanzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ertragszuwachs</li> <li>• Geringeres Ertragsrisiko</li> </ul>

Eine weitere Möglichkeit zur monetären Bewertung von Kulturen ist die Ermittlung des Fruchtfolge-Deckungsbeitrages, wobei die Leistung eines gesamten Fruchtfolge-Systems erfasst wird (Entrup et al. 2003). Durch diese Art der Deckungsbeitragsberechnung wird der ökonomische Wert von nicht-marktgängigen Kulturen, wie beispielsweise Klee gras oder Zwischenfrüchte, deutlich gemacht (siehe Weitbrecht und Pahl 2000).

In Bezug auf die Untersuchungshypothesen war beim Vergleich der überprüften Erbsen-Varianten folgendes festzustellen:

- Grünfuttererbsen haben einen höheren Rohproteingehalt als Körnererbsen (Arbeits-hypothese Ia).
- Die Aminosäurezusammensetzung, i.e.S. die Proteinqualität, war in den meisten Fällen (Methionin, Cystin, Threonin, Arginin, Isoleucin, Valin) für die Grünfuttererbsen günstiger gegenüber den Körnererbsen (Arbeitshypothese Ia).
- Durch die gegenüber den Körnererbsen höheren Tanninwerte sind der Verfütterung von Grünfuttererbsen aus ernährungsphysiologischen Gründen Grenzen gesetzt (Arbeits-hypothese Ia).
- Die hohen Ernteerträge der Körnererbsensorten des Blatt-Typus (Bohatyr, Erbi) führten zu den am meisten positiven Deckungsbeiträgen.

### 3.1.3 Folgefrucht Winterweizen (2003 und 2004)

#### 3.1.3.1 Ertragsparameter

Im **Vegetationsjahr 2003 auf der Teilfläche A** lag der TM-Kornertrag der Winterweizenfolgefrucht bei durchschnittlich  $3510 \text{ kg ha}^{-1}$  (Mittelwert aller Varianten) und somit unter den durchschnittlichen Erträgen für Winterweizen unter konventionellen Anbaubedingungen im Marchfeld (Standardmittel  $65\text{-}75,0 \text{ dt ha}^{-1}$ ; Quelle: Österreichische Sortenlisten, AGES, Kornerträge im pannonischen Trockengebiet 1999-2005). Vergleicht man die Ertragsdaten dieser Untersuchung jedoch mit den bisher auf den ökologisch bewirtschafteten Versuchsfeldern der Universität für Bodenkultur durchgeführten Weizenbauversuchen (z.B. Projekt Nr. 1232 „Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Futterleguminosen auf Getreide-Nachfrüchte im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Österreich“: 2001:  $24,5 \text{ dt ha}^{-1}$ , 2002:  $34,0 \text{ dt ha}^{-1}$  TM-Kornertrag), so sind die Korn-Erträge des Jahres 2003 durchaus als durchschnittlich zu bewerten. Sowohl beim Korn- als auch beim Stroh-TM-Ertrag wurden keine Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten festgestellt (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Trockenmasse (TM) Korn- und Strohertrag in  $\text{kg ha}^{-1}$  von Weizen nach den verschiedenen Erbsen-Sorten/Sorten-Gemengen (Teilfläche A, Ernte Juli 2003)

Sorte	TM-Korn [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test	TM-Stroh [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test
Gotik	3695,5	670,2	a	3465,5	228,6	a
Herold	3381,4	645,2	a	3497,7	438,9	a
Sponsor	3598,2	320,4	a	3144,3	315,6	a
Bohatyr	3902,9	346,9	a	3774,2	778,9	a
Erbi	3543,1	756,4	a	3925,2	1029,9	a
Dora	3495,6	779,5	a	3517,5	474,5	a
Rhea	3146,1	902,9	a	3276,1	619,0	a
Sirius	3499,4	666,1	a	3204,8	474,3	a
Herold/Rhea	3690,5	398,8	a	3058,8	378,4	a
Sponsor/Rhea	3167,5	552,8	a	2880,6	453,1	a
Erbi/Gotik	3660,3	248,1	a	3523,5	104,9	a
Gotik/Erbi	3343,7	703,2	a	3338,1	470,4	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Im **Vegetationsjahr 2004 auf der Teilfläche B** war der TM-Kornertrag der Winterweizenfolgefrucht mit durchschnittlich  $3874 \text{ kg ha}^{-1}$  (Mittelwert aller Varianten) höher als im Versuchsjahr 2003 (Mittelwert:  $3510 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Die Kornerträge der Varianten ergaben  $3619 \text{ kg ha}^{-1}$  (Variante 1, Sorte Gotik) bis  $4103 \text{ kg ha}^{-1}$  (Variante 24, Gotik/Erbi), die Unterschiede zwischen den Varianten waren nicht statistisch absicherbar (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Trockenmasse (TM) Korn- und Strohertrag in kg ha<sup>-1</sup> von Weizen nach den verschiedenen Erbsen-Sorten/Sorten-Gemengen (Teilfläche B, Ernte Juli 2004)

Sorte	TM-Korn [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	TM-Stroh [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
Gotik	3619,4	621,4	a	4895,0	467,4	a
Herold	3905,7	346,9	a	5233,1	337,4	a
Sponsor	4013,0	427,7	a	5144,6	802,2	a
Bohatyr	3869,1	583,6	a	5387,0	688,4	a
Erbi	4092,7	290,3	a	5093,3	655,2	a
Dora	3856,2	387,9	a	5253,4	528,7	a
Rhea	4034,0	597,4	a	5821,7	434,0	a
Sirius	3900,4	128,2	a	5066,1	511,4	a
Herold/Rhea	3812,9	428,9	a	5273,2	914,3	a
Sponsor/Rhea	3629,1	487,0	a	5274,4	611,5	a
Erbi/Gotik	3650,3	201,3	a	4354,3	523,3	a
Gotik/Erbi	4103,0	166,7	a	5538,8	486,9	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Die Stroh-TM-Erträge der untersuchten Varianten unterschieden sich nicht signifikant voneinander (siehe Tabelle 21). Den höchsten Stroh-TM-Ertrag erreichte die Variante 7 (Sorte Rhea) mit 5822 kg ha<sup>-1</sup>, den geringsten Ertrag die Variante 20 (Gemenge Erbi/Gotik) mit 4354 kg ha<sup>-1</sup>. Dies korreliert mit den N<sub>2</sub>-Fixierungsleistungen der Erbsen-Varianten im Versuchsjahr 2003, wo die Variante 7 tendenziell den höchsten (53 kg ha<sup>-1</sup>) und die Variante 20 tendenziell den niedrigsten Wert (21 kg ha<sup>-1</sup>) erzielte.

Da die N-Mineralisation aus der organischen Masse durch feuchte Bodenbedingungen begünstigt wird (Ladd et al. 1986, Wang et al. 2001), wurde durch die Witterungsbedingungen im Frühjahr 2004 (von Jänner bis Juni +135 mm Niederschläge gegenüber dem Vorjahr) der von den Vorfrüchten (Ernte- und Wurzelrückstände der Erbsen) zur Verfügung gestellte Stickstoff schnell mineralisiert (siehe auch signifikant hoher Nitrat-N-Gehalt der Variante 7 in Abbildung 17). Dies bewirkte eine Förderung der vegetativen Entwicklung der Weizenpflanzen. Im konventionellen Landbau wird eine mineralische N-Düngung zum Schossbeginn des Weizens empfohlen, um die Ausbildung der Kornanlagen zu sichern, eine N-Spätdüngung zum Ährenschieben fördert das Tausendkorngewicht und die Proteineinlagerung. Es ist anzunehmen, dass durch die schnelle Mineralisation der Ernterückstände der Erbsen-Vorfrucht, der pflanzenverfügbare Stickstoff zum Schossen schon aufgezehrt war und sich deshalb der Vorfruchteffekt nicht auf den Kornertrag der Weizenpflanzen ausgewirkt hat. Diese Vermutung wird auch durch die Tatsache gestützt, dass beim Vergleich des Rohproteingehaltes im Weizenkorn keine Unterschiede gefunden wurden (siehe 3.1.3.3).

### 3.1.3.2 N<sub>min</sub>-Gehalt des Bodens

Im **Vegetationsjahr 2003 auf der Teilfläche A** reichte der Nitrat-N Gehalt unter dem Winterweizenbestand nach Winter (Bestockungsbeginn, T3a, März 2003; Vorrucht = Erbsen) in 0-90 cm von 136,5 – 192,7 kg ha<sup>-1</sup> (Mittelwert 4 Wiederholungen). Zwischen den untersuchten Varianten (Vorrucht: Erbsen-Sorten) traten keine signifikanten Unterschiede auf (siehe Abbildung 16).

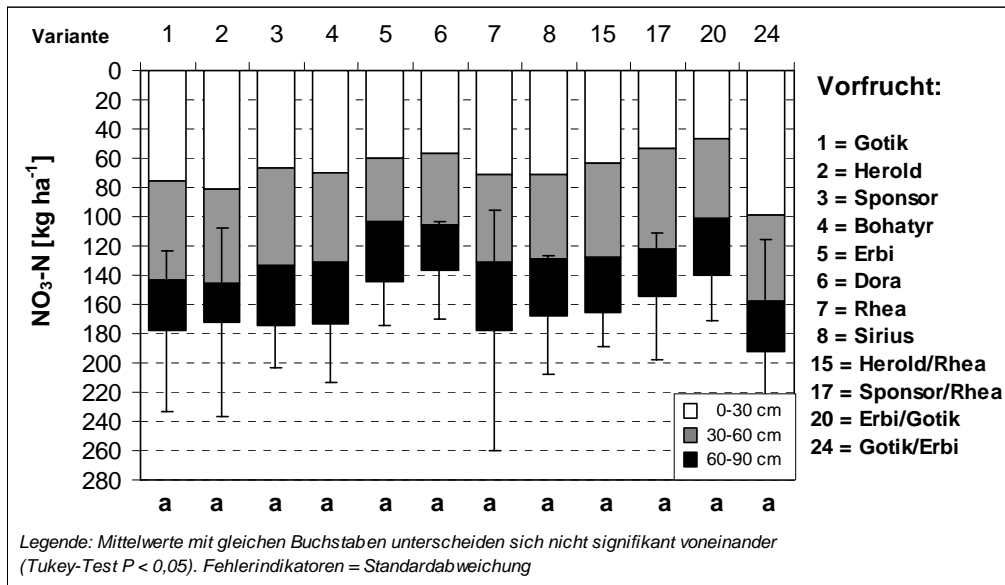


Abbildung 16: Nitrat-N Gehalt in kg ha<sup>-1</sup> von 0-30, 30-60 und 60-90 cm im Boden unter Winterweizen nach Winter (T3a/03, März 2003, Teilfläche A)

Im **Vegetationsjahr 2004 auf der Teilfläche B** reichte der Nitrat-N Gehalt unter dem Winterweizenbestand nach Winter (Bestockungsbeginn, T3a/04, März 2004; Vorrucht = Erbsen) in 0-90 cm von 88 – 148 kg ha<sup>-1</sup> (siehe Abbildung 17). Die Variante 7 und 8 hatten signifikant höhere Werte als die Variante 2.

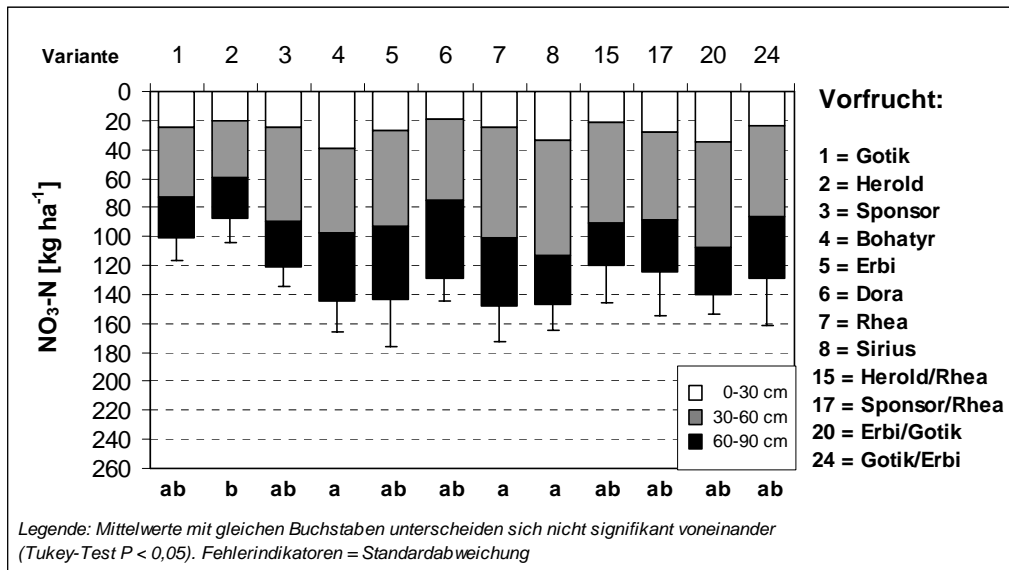


Abbildung 17: Nitrat-N Gehalt in kg ha<sup>-1</sup> von 0-30, 30-60 und 60-90 cm im Boden unter Winterweizen nach Winter (T3a/04, März 2004, Teilfläche B)

### 3.1.3.3 Rohprotein-Gehalt

Im **Vegetationsjahr 2003 auf der Teilfläche A** wurde im Mittel (Mittelwert über alle Varianten) ein Rohproteingehalt im Winterweizen-Korn von 13,1% erreicht. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten festgestellt (Abbildung 18; Rohproteingehalte von 12,3 bis 14,0%).

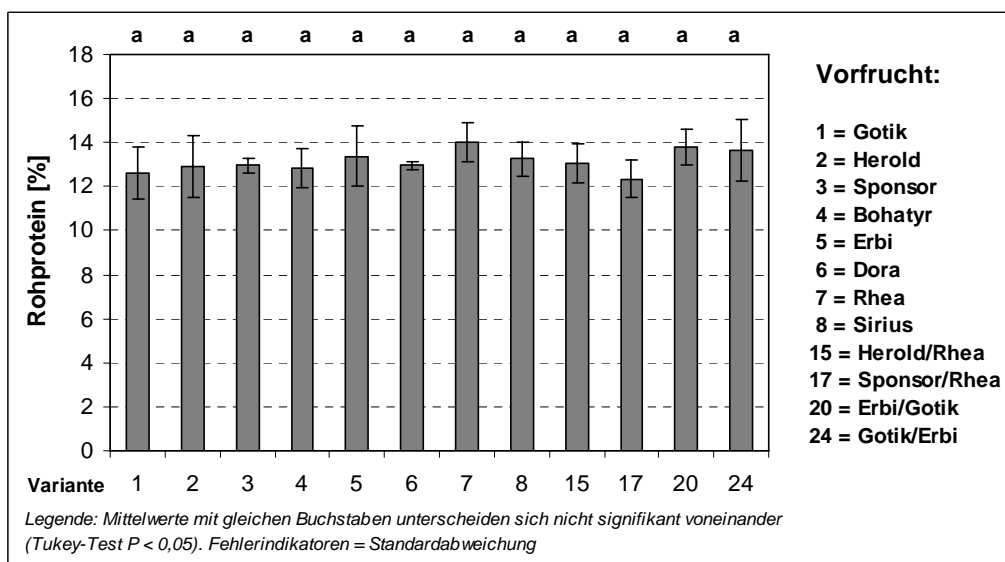


Abbildung 18: Rohprotein (%) von Weizen nach den verschiedenen Erbsen-Sorten/Sorten-Gemengen (Teilfläche A, Ernte Juli 2003)

Die N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Erbsen-Varianten des Vorversuches 2002 auf Teilfläche A bedingt durch eine hohe Variabilität der Bodenbedingungen in den einzelnen Parzellen innerhalb der 4 Wiederholungen keine Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten (Mittelwert der Variante 1-8: 37 – 107 kg ha<sup>-1</sup> oberirdische N<sub>2</sub>-Fixierleistung, d.h. ohne Berücksichtigung des N-Gehaltes in den Wurzeln). Aus diesem Grund ist die Homogenität des TM-Kornertrages und Rohproteingehaltes in der Nachfrucht Winterweizen durchaus nachvollziehbar.

Im **Vegetationsjahr 2004 auf der Teilfläche B** wurden Rohproteingehalte im Korn von Winterweizen von 9,9 bis 10,6% ermittelt (Mittelwert 10,2% RP), die sich nicht voneinander unterschieden (siehe Tabelle 23). Der Rohproteingehalt im Jahr 2004 war im Mittel um fast 3% geringer, als im Jahr 2003. Dies ist einerseits auf eine um 42 kg N ha<sup>-1</sup> (Mittelwert aller Varianten) geringere Stickstofffixierung der Vorfrucht Erbse im Jahr 2003 zurückzuführen (entspricht einer Reduktion von 47%; siehe Tabelle 22). Andererseits wurde im Herbst/Winter 2003/2004 bei trockeneren Witterungsbedingungen weniger Stickstoff aus den organischen Bodenvorräten mineralisiert (siehe dazu 3.2.2) und somit stand der folgenden Hauptfrucht Winterweizen weniger Stickstoff aus dem Boden zur Verfügung.

Tabelle 22: N<sub>2</sub>-Fixierleistung (kg N ha<sup>-1</sup>) und N<sub>dfa</sub> (%) der Vorfrucht Erbse sowie TM-Kornertrag (kg ha<sup>-1</sup>) und Rohproteingehalt (%) der Nachfrucht Winterweizen in den Jahren 2002 – 2004 (Mittelwerte aller Varianten)

Jahr	Vorfrucht Erbse		Nachfrucht Winterweizen	
	N <sub>2</sub> -Fix. [kg N ha <sup>-1</sup> ]	N <sub>dfa</sub> [%]	Kornertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	RP [%]
2002	79	52		
2003	37	29	3510	13,1
2004			3659	10,2

Tabelle 23: Rohprotein (%) im Korn sowie N-Gehalt (%) im Stroh von Weizen nach den verschiedenen Erbsen-Sorten/Sorten-Gemengen (Teilfläche B, Ernte Juli 2004)

Sorte	RP-Korn [%]	Stdabw [%]	Tukey Test	N-Stroh [%]	Stdabw [%]	Dunnett Test
Gotik	10,1	0,3	a	0,3	0,0	a
Herold	10,1	0,5	a	0,3	0,0	a
Sponsor	10,3	0,5	a	0,3	0,0	a
Bohatyr	10,0	0,4	a	0,4	0,1	a
Erbi	10,6	0,7	a	0,4	0,1	a
Dora	10,2	0,3	a	0,3	0,0	a
Rhea	10,2	0,3	a	0,3	0,0	a
Sirius	10,4	0,4	a	0,3	0,1	a
Herold/Rhea	9,9	0,2	a	0,4	0,0	a
Sponsor/Rhea	10,0	0,2	a	0,3	0,0	a
Erbi/Gotik	10,4	0,4	a	0,4	0,0	a
Gotik/Erbi	10,1	0,5	a	0,3	0,1	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Zusätzlich zum Rohproteingehalt im Korn wurde im Jahr 2004 der N-Gehalt im Stroh des Winterweizens ermittelt, um den Vorfruchteffekt besser abschätzen zu können. Der N-Gehalt im Weizenstroh lag bei durchschnittlich 0,35% N, Unterschiede zwischen den Varianten wurden nicht festgestellt (Tabelle 23).

In Bezug auf die Untersuchungshypothesen war daher beim Vergleich der Körner- und Futtererbsensorten bzw. Sortengemenge folgendes festzustellen

- Die untersuchten Varianten unterschieden sich weder in der Stickstofffixierleistung, noch in der N-Flächenbilanz und den Ernterückstandsmengen.
- Dies führte zu einer uniformen Vorfruchtwirkung auf die Nachfrucht Winterweizen, die sich durch homogene Kornerträge und Rohproteingehalte der Getreidenachfrucht ausdrückte.
- Eine geringere Stickstofffixierleistung der Vorfrucht Erbse führte zu einer Reduktion des Rohproteingehaltes im Korn der Nachfrucht Winterweizen um durchschnittlich 3%.

## **3.2 Teilprojekt A – Diskussion**

### **3.2.1 Vergleich Körnererbsen vs. Futtererbsen**

Der TM-Kornertrag der Futtererbsen war in beiden Vegetationsjahren signifikant geringer als der Kornertrag der Körnererbsen (siehe Tabelle 26). Die TM-Stroherträge der Futtererbsen waren hingegen höher als die der Körnererbsen, wenngleich diese Unterschiede nur teilweise statistisch absicherbar waren (siehe Tabelle 49 und Abbildung 8). Auch Koivisto et al. (2003) stellten beim Vergleich der Körnererbsensorte Eiffel mit der Futtererbsensorte Magnus fest, dass sich die beiden Convarietäten in ihrer Gesamt-Biomasse nicht voneinander unterscheiden. Diese Ergebnisse sind nicht verwunderlich, da der hohe Strohertrag ein wichtiges Selektionsziel einer erfolgreichen Grünfuttererbsen-Sorte in der Pflanzenzüchtung darstellt. Futtererbsen entwickeln mehr Blattmasse als Körnererbsen. Dies zeigte sich nicht nur im TM-Strohertrag, sondern auch am Blattflächenindex (LAI), der in beiden Versuchsjahren in den Futtererbsen höher war, als in den Körnererbsen (siehe Abbildung 10). Durch die bessere Bodenbeschattung war der Beikrautdruck in den Futtererbsen geringer, sowohl zur Blüte, als auch zur Hülsenbildung (siehe Abbildung 11). Neben dem geringen Beikrautdruck unterstützt der gegenüber Körnererbsen geringere Erbsenkäfer- und Erbsenblattlausbefall (siehe Abbildung 12 und auch 4.1.4.2) von Futtererbsen deren Anbau im Ökologischen Landbau.

Sowohl die erzielten Ertrags- als auch die Stickstofffixierleistungen der Körnererbsen in den Untersuchungsjahren 2002-2004 sind durchaus mit Ergebnissen aus anderen Erbsenversuchen unter biologischen Anbaubedingungen vergleichbar (siehe Tabelle 24). Reiter et al.



(2002) ermittelten bei der Körnererbsensorte Eiffel einen TM-Kornertrag von 3008 kg ha<sup>-1</sup>, eine N<sub>2</sub>-Fixierleistung von 70 kg ha<sup>-1</sup>, einen Anteil N aus der Luft von 58% und einen vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo von -12 kg N ha<sup>-1</sup>.

Tabelle 24: TM-Korn, Stroh- und Wurzelertrag, N<sub>2</sub>-Fixierleistung und N-Flächenbilanz in kg ha<sup>-1</sup> sowie N<sub>dfa</sub> in % (Anteil N aus der Luft) im Jahr 1998/99 (Reiter et al. 2002) und in den Jahren 2002 und 2003 (Teilprojekt A) sowie im Jahr 2004 (Teilprojekt C) der überprüften Körnererbsen (Mittelwerte aller Varianten)

Parameter	1998/1999 <sup>1</sup>	2002	2003	2004
TM Kornertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	3008	2553	2112	1933
TM Strohertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	4058	3010	2342	2843
TM Wurzelertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	208	---	528	746
N <sub>2</sub> -Fixierleistung [kg ha <sup>-1</sup> ]	70	87	40	48
N <sub>dfa</sub> [%]	58	58	30	47
N-Flächenbilanz [kg ha <sup>-1</sup> ]	-12	+11	-19	-2

<sup>1</sup>: Quelle: Reiter et al. 2002 (Mittelwert von 2 Versuchsjahren)

Die Erbsenernte wird durch die Wuchshöhe beim Drusch, die Lagerneigung und die Witterung vor dem Ernten beeinflusst. Starke Regenfälle in Kombination mit Wind führen zu verstärkter Lagerung. Ein kritischer Parameter beim Anbau von Futtererbsen ist deren geringe Standfestigkeit. Die hier vorgestellten Ergebnisse haben nur für das Trockengebiet bzw. für trockene Witterungsbedingungen Gültigkeit. Bei feuchten Witterungsbedingungen kann es generell beim Anbau von Grünfuttererbsen in Reinsaat durch deren extreme Lagerung zu Problemen bei der Ernte mit dem Mähdrescher kommen. Damit die Vorteile der Grünfuttererbse trotzdem genutzt werden kann, empfiehlt sich ein Anbau der Futtererbse im Gemenge mit Körnererbsen. Aber auch bei starker Lagerung können einfache Maßnahmen die Druschverluste minimieren. Wenn die Erbsen quer zur Druschrichtung liegen, kann problemlos in beide Richtungen gedroschen werden, lagern die Erbsen in der Druschrichtung, so kann ein Dreschen gegen die Lagerrichtung den Verlust reduzieren (Rosner 1986).

Der N-Gehalt bzw. Rohproteingehalt im Korn der Futtererbsen war gleichwertig bzw. höher (Sorte Rhea im Jahr 2002, Sorte Dora im Jahr 2003), als der N-Gehalt der Körnererbsen. Dadurch konnte der geringe TM-Kornertrag der Futtererbsen kompensiert werden, und es traten keine Unterschiede in der Stickstofffixierleistung auf, die ein Produkt aus dem TM-Korn-, Stroh-, Wurzelertrag und dem N-Gehalt in diesen Pflanzenteilen darstellt. Gleichzeitig wiesen die Sorte Dora und Rhea die geringsten TM-Kornerträge auf (Rhea 2002: 1588 kg ha<sup>-1</sup>; Dora 2003: 1117,5 kg ha<sup>-1</sup>). Im Jahr 2003 wurde eine stark signifikante negative Korrelation von  $r = -0,837^{**}$  zwischen dem TM-Kornertrag und dem N-Gehalt im Korn festgestellt. Daraus ist abzuleiten, dass bei einem geringeren Ertrag die Inhaltstoffe im Korn konzentrierter sind. Langjährige Untersuchungen am Institut für Nutztierwissenschaften an

der Universität für Bodenkultur in Wien haben in konventionellen Erbsen Rohprotein-Werte von 17,5-21,6% in der TM (entspricht 2,8-3,5% N) ermittelt (Weihs und Widhalm 2003). Bei den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Sorten wies die Körnererbse Gotik mit 21,9 % in der TM im Jahr 2002 und 20,0% in der TM im Jahr 2003 den geringsten Rohproteingehalt auf.

Neben dem N-Gehalt ist auch die Proteinqualität, dargestellt durch den Gehalt an essentiellen Aminosäuren, ein entscheidender Parameter zur Einschätzung von Erbsen als Futtermittel. In beiden Versuchsjahren erreichten die Futtererbsen mindestens gleichwertige, zum Teil aber auch signifikant höhere Werte bei den überprüften Aminosäuren (siehe Tabelle 14 und Tabelle 15) und sind somit als wertvolles Futtermittel zu bezeichnen. Entscheidend ist jedoch der Anteil an Bitterstoffen bzw. Tanninen im Erbsenkorn, da die Tannine zu einer Senkung der Futteraufnahme führen können und die Proteinverdauung herabsetzen (Jeroch et al., 1999: 212). Die Futtererbsen-Sorte Dora wies in beiden Versuchsjahren den höchsten Tanningehalt im Korn aller geprüften Erbsen auf. Dies bedeutet, dass diese Sorte für die Fütterung von Nutztieren weniger gut geeignet ist. Generell ergab der Tanningehalt der Körnererbsen im Jahr 2002 0,19% der TM (Mittelwert aller Körnererbsen-Sorten), der der Futtererbsen 0,67% der TM (Mittelwert aller Futtererbsen-Sorten). Auch im Untersuchungsjahr 2003 wurde bei den Körnererbsen ein signifikant geringerer Gehalt an Tannin im Erbsenkorn (0,13% der TM) gegenüber den Futtererbsen (0,96% der TM) festgestellt. Darauf ist bei der Zusammenstellung von Futterrationen, die das Korn der Futtererbse beinhalten, unbedingt Rücksicht zu nehmen.

Der N-Ertrag im Korn, Stroh und Wurzeln sowie gesamt (= N in den Ernterückständen) im Versuchsjahr 2003<sup>2</sup> unterscheidet sich nicht zwischen den geprüften Körner- und Futtererbsen (siehe Tabelle 25). Dies bedeutet, dass weder durch die Höhe der Stickstofffixierleistung (siehe voriger Absatz und Tabelle 26), noch durch die N-Mengen der Ernterückstände der Vorfrucht Erbse, Unterschiede zwischen Körner- und Futtererbsen im Nachfruchteffekt aufgetreten sind.

Tabelle 25: N-Ertrag Korn, Stroh und Wurzeln (0-60 cm) der Erbse ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) sowie N-Ertrag der Ernterückstände im Jahr 2003 auf der Teilfläche B (Mittelwert Körnererbsen und Futtererbsen)

Convarietät	N-Ertrag Korn [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	N-Ertrag Stroh [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	N-Ertrag Wurzeln 0-60 cm [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	N in den Ernterück- ständen [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]
Körnererbse	73 a SD $\pm$ 14	42 a SD $\pm$ 7	9 a SD $\pm$ 2	51
Futtererbse	64 a SD $\pm$ 17	47 a SD $\pm$ 11	8 a SD $\pm$ 3	55

SD: Standardabweichung; Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ ); Körnererbsen: Mittelwert von Sorte Gotik, Herold, Sponsor, Bohatyr, Erbi; Futtererbsen: Mittelwert von Dora, Rhea, Sirius; N-Ernterückstände: N-Ertrag Stroh +N-Ertrag Wurzeln

<sup>2</sup> Da aus dem Jahr 2002 keine Daten über den TM-Ertrag und den N-Gehalt in den Wurzeln der Erbsen vorliegen, wurde auf eine Darstellung des N-Ertrages im Stroh und Korn verzichtet.

Die Wahl der Erbsen-Convarietät (Körner- vs. Futtererbse) hatte also keinen Einfluss auf den TM-Kornertrag und den Rohproteingehalt der Nachfrucht Winterweizen (siehe Tabelle 26). Der signifikant höhere  $N_{\min}$ -Gehalt im März 2004 unter den Weizen-Varianten, die Futtererbsen als Vorfrüchte hatten (siehe Tabelle 26), könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Futtererbsen durch ihren geringeren TM-Kornertrag weniger pflanzenverfügbaren Stickstoff aus dem Boden verbraucht haben. Eine Kalkulation des tatsächlichen Verbrauches an  $N_{\min}$  im Boden der Erbsen-Varianten ist leider nicht möglich, da zum Termin T1a/03 (Saat der Erbse auf Teilfläche B im März 2003) Mischproben von je 4 benachbarten Erbsen-Parzellen gezogen und analysiert wurden.

Tabelle 26: TM-Kornertrag Erbse ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), Stickstofffixierleistung der Erbse ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), TM-Kornertrag Weizen ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), Rohprotein-Gehalt Weizen (%) und  $N_{\min}$ -Gehalt im März unter Weizen ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) im Jahr 2002 (Erbse) bzw. 2003 (Weizen) auf der Teilfläche A und im Jahr 2003 (Erbse) bzw. 2004 (Weizen) auf der Teilfläche B (Mittelwert Körnererbsen und Futtererbsen)

2002: Erbse			2003: Weizen		
Convarietät	TM-Kornertrag Erbse [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	$N_2$ -Fix. Erbse [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	TM-Kornertrag Weizen [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	RP-Gehalt Weizen [%]	$N_{\min}$ März [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]
Körnererbse	2553 a SD $\pm$ 679	87 a SD $\pm$ 29	3624 a SD $\pm$ 542	12,9 a SD $\pm$ 1,0	169 a SD $\pm$ 42
Futtererbse	1610 b SD $\pm$ 580	66 a SD $\pm$ 38	3380 a SD $\pm$ 734	13,4a SD $\pm$ 0,8	161 a SD $\pm$ 54
2003: Erbse			2004: Weizen		
Convarietät	TM-Kornertrag Erbse [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	$N_2$ -Fix. Erbse [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	TM-Kornertrag Weizen [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	RP-Gehalt Weizen [%]	$N_{\min}$ März [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]
Körnererbse	2112 a SD $\pm$ 403	40 a SD $\pm$ 19	3788 a SD $\pm$ 565	10,2 a SD $\pm$ 0,5	120 b SD $\pm$ 30
Futtererbse	1739 b SD $\pm$ 509	36 a SD $\pm$ 20	3762 a SD $\pm$ 672	10,3 a SD $\pm$ 0,3	141 a SD $\pm$ 20

SD: Standardabweichung; Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ ); Körnererbsen: Mittelwert von Sorte Gotik, Herold, Sponsor, Bohatyr, Erbi; Futtererbsen: Mittelwert von Dora, Rhea, Sirius

Die Deckungsbeiträge der Futtererbsen unterschieden sich kaum von denen der Körnererbsen. Nur bei der Sorte Dora, die in dem für die Deckungsbeitragsrechnung herangezogenen Jahr 2003 einen sehr geringen FM-Kornertrag aufgewiesen hat (siehe Tabelle 18), wurde ein stark negativer Deckungsbeitrag von  $-290 \text{ € ha}^{-1}$  errechnet.

### 3.2.2 Vergleich halbblattloser Typ vs. Blatt-Typus Körnererbse

Es ist bemerkenswert, dass die Blatt-Typen Bohatyr und Erbi die höchsten TM-Kornerträge im Versuchsjahr 2003 erreichten, wenngleich der Unterschied nur teilweise absicherbar war. Dies entspricht nicht der bisherigen Annahme, dass standfeste Rankentypen wegen ihrer geringeren Lagerneigung und somit besseren Beerntung höhere Kornerträge als Blatt-Typen liefern (Sperber et al. 1988). In anderen Untersuchungen (z.B.: Schmid 1986, konventioneller Versuch in Groß-Enzersdorf) wurde festgestellt, dass die Blatt-Typ Sorte Bohatyr mit 1401 kg ha<sup>-1</sup> einen höheren Kornertrag ausbildete als die überprüften halbblattlosen Sorten (MW 1205 kg ha<sup>-1</sup>). Stelling (1994) gibt an, dass die Ertragserwartung halbblattloser Erbsen niedriger ist als die von normalbeblätterten, d.h. von Blatt-Typen der Körnererbse. Auch im vorliegenden Versuch war in beiden Versuchsjahren die Lagerung der Blatt-Typen höher als die der halbblattlosen Typen der Körnererbse. Trotzdem war in dem im Vegetationsjahr 2002 durchgeführten Vorversuch die Sorte Erbi mit 3382 kg ha<sup>-1</sup> die ertragsreichste Sorte. Bestände, die relative früh lagern und sich aus den oberen Nodien wieder aufrichten, sind in der Lage, hohe druschfähige Kornmassen zu produzieren (Aufhammer 1998). In einer Untersuchung von Elers (2001) erreichte die Blatt-Typ Sorte Grana trotz einer geringen Standfestigkeit ebenfalls den höchsten Korntrockenmasseertrag (2,49 t ha<sup>-1</sup>) im Vergleich mit den anderen geprüften halbblattlosen Körnererbsensorten. In diesem Versuchsjahr war auch der Blattflächenindex (LAI) der Sorte Erbi höher als der LAI der halbblattlosen Sorten. Dies bedeutet, dass der größere Blattanteil der Blatt-Typen eine vermehrte Bodenbeschattung und einen geringeren Beikrautdruck zur Folge hatte. Voraussetzung dafür sind ausreichend hohe Niederschlagsmengen, um genügend Blattmasse auszubilden. Im trockeneren Versuchsjahr 2003, dass von März bis April nur Niederschlagssummen unter dem langjährigen Mittel erreichte (siehe 3.1.1), wurden keine Unterschiede, sowohl im LAI-Wert zur Blüte (siehe Abbildung 10), als auch im Beikrautdruck zur Hülsenbildung (siehe Abbildung 11), zwischen den Blatt-Typen und den halbblattlosen Typen festgestellt. Kimpel-Freund (1999) stellte unter der Anwendung von beikrautregulierenden Maßnahmen bis zum Schossen bei der halbblattlosen Sorte Azur einen höheren Kornertrag fest (6,1 t ha<sup>-1</sup>), als beim Blatt-Typ Sorte Bohatyr (5,1 t ha<sup>-1</sup>). Die Sorte Bohatyr ging früher ins Lager und hatte eine spät einsetzende und längere Blühdauer, sodass sie sich bei einsetzendem Hitzestress noch in der Hauptwachstumsphase befand. Die halbblattlose Sorte Azur blühte früher bei einem zügigen Aufbau des Blattapparates. Durch das früh geschlossene Blätterdach waren die Blätter länger photosynthetisch aktiv und das Ertragspotential des Bestandes stieg (Bäumer 1992).

Die diskutierten TM-Kornerträge beruhen auf händischen Quadratmeterbeprobungen. Ein potentiell möglicher Nachteil der Blatt-Typen beim Erbsendrusch kann nur durch einen Vergleich der mittels Parzellenmähdrescher gewonnenen FM-Kornerträge angestellt werden. Aus diesem Grund wurde neben der Handernte auch eine maschinelle Ernte mit dem Parzellenmähdrescher durchgeführt. Dazu wurde pro Parzelle eine Arbeitsbreite des Mähdreschers (entspricht 1,5 Meter) händisch gescheitelt und anschließend mit dem Parzellenmähdrescher beerntet. Im Jahr 2002 auf der Teilfläche A unterscheidet sich der

FM-Kornerträge der Sorte Erbi mit 2239 kg ha<sup>-1</sup> signifikant von allen anderen geprüften Sorten (siehe Tabelle 27). Im Jahr 2003 auf der Teilfläche B unterscheiden sich die FM-Kornerträge der Blatt-Typen Bohatyr und Erbi nicht von den Erträgen der halbblattlosen Körnererbsensorten (Gotik, Herold, Sponsor). Diese Ergebnisse zeigen, dass sich die stärkere Lagerung der Blatt-Typen beim Drusch mit vorangegangenen Scheiteln nicht nachteilig auf den Kornertrag ausgewirkt hat.

Tabelle 27: Frischmasse (FM)-Kornertrag in kg ha<sup>-1</sup> der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links) sowie zum Erntetermin Juli 2003 auf der Teilfläche B (rechts), maschinelle Ernte mittels Parzellenmähdrescher

Sorte	2002			2003		
	FM-Korn [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	FM-Korn [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
Gotik	1769,9	202,9	b	1625,0	104,4	a
Herold	1515,0	173,6	bcd	1655,6	276,2	a
Sponsor	1412,0	173,7	cde	1611,1	141,4	a
Bohatyr	1624,5	155,5	bc	1638,9	354,5	a
Erbis	2239,3	69,3	a	1886,1	260,8	a
Dora	971,5	168,0	f	980,6	202,7	b
Rhea	1116,9	142,8	ef	1813,9	116,3	a
Sirius	1276,8	187,1	def	1672,2	241,8	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

In der Stickstofffixierleistung, dem Anteil N aus der Luft ( $N_{dfa}$ ) und dem vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo der Körnererbsen-Varianten wurden keine Unterschiede zwischen den Wuchstypen festgestellt. Dies beruht einerseits auf einheitlichen N-Gehalten in Korn, Stroh und Wurzeln der Erbsenpflanzen, andererseits wurde durch die Bodenheterogenität der Versuchsfläche die Standardabweichung der Mittelwert zu groß, um Unterschiede zwischen den Varianten festzustellen. Unabhängig von der Statistik erreichten in beiden Versuchsjahren die Blatt-Typen der Körnererbse wegen ihrer hohen TM-Kornerträge die höheren Stickstofffixierleistungen (siehe Tabelle 11 und Abbildung 15). Die hohen TM-Kornerträge der Blatt-Typen Erbi und Bohatyr führten dazu, dass diese Sorten die höchsten Deckungsbeiträge aller geprüften Sorten erreichten.

Der Anteil der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung an der N-Versorgung der Erbse beträgt in Abhängigkeit von Standort- und Witterungsbedingungen 30-80% (O'Connor et al. 1993). Der im Rahmen des vorliegenden Projektes ermittelte Anteil N aus der Luft ( $N_{dfa}$ ) lag mit 32-67% im Jahr 2002 und 19-39% im Jahr 2003 (Mittelwerte aller Varianten) auf eher niedrigem Niveau. Dass der  $N_{dfa}$ -Wert im Untersuchungsjahr 2003 auf einem sehr niedrigen Niveau lag, ist durch die trockeneren Witterungsbedingungen im Frühjahr begründbar. Wassermangel während der Blühphase kann zu einem drastischen Rückgang der Stickstofffixierleistung führen (Guerin et al. 1990). Blattlose Pflanzen sind auf trockenen Standorten auf Grund ihres geringeren Wasserbedarfes gegenüber normalblättrigen im Vorteil und erreichen höhere Ertragsleistungen (Snoad 1980). Der Ertragsvorteil der blattreduzierten, halbblattlosen

Wuchstypen unter Trockenbedingungen zeigte sich beim Vergleich mit den Blatt-Typen der Körnererbse in der vorliegenden Untersuchung jedoch keinesfalls. Grund dafür ist, dass der Anteil an photosynthetisch aktivem Gewebe in den Ranken von halbblattlosen Körnererbsen im Vergleich zu den Blättern deutlich reduziert ist. Ranken sind schlechte Photosyntheseorgane (Pyke & Hedley 1985) der Pflanze, durch die die Gesamt-CO<sub>2</sub>-Assimilation der Pflanze um 40-45% geringer sein kann als bei normalblättrigen Pflanzen (Harvey & Goodwin 1978). Da der Prozess der Stickstofffixierung einen erheblichen Teil des Kohlenhydrathaushalts der Pflanzen beansprucht (für 1 Gramm fixierter Stickstoff werden 4-8 Gramm Kohlenstoff benötigt; vgl. Mahon 1977), beeinflusst ein Rückgang der CO<sub>2</sub>-Assimilationsleistung der Pflanzen auch die N<sub>2</sub>-Fixierung der Leguminose. Siegmund (1994) stellte in einem Gewächshausversuch fest, dass die N<sub>2</sub>-Fixierung von den normalblättrigen über die halbblattlosen Sorten bis zur blattlosen Erbsensorte abnimmt. Bei den normalblättrigen und halbblattlosen Sorten fixierten die spätblühenden und längerwüchsigen Genotypen bis zur Reife tendenziell mehr Stickstoff, als die frühblühenden, kürzeren Sorten.

Mit Beginn der Hülsenbildungsphase bilden die Hülsen neue starke Kohlenhydratsenken, konkurrieren mit den Knöllchen um die Assimilate, und die Erbsen stellen die N<sub>2</sub>-Fixierung weitgehend ein (Jensen 1987). Eine mögliche Ursache dafür ist das häufig gleichzeitig einsetzende Lagern der Bestände, das den Rückgang der Photosyntheseleistung in den unteren Blattetagen verstärkt. Da Blatt-Typen eine geringe Standfestigkeit aufweisen, wäre es möglich, dass die N<sub>2</sub>-Fixierleistung der hochwüchsigen Blatt-Typen früher endet, als die von halbblattlosen Wuchstypen.

Der Vorfruchteffekt der Hauptfrucht Erbse auf den folgenden Winterweizen wird in Tabelle 28 dargestellt. Die Blatt-Typen erreichten höhere TM-Kornerträge als die halbblattlosen Wuchstypen, im Jahr 2003 war dieser Unterschied sogar statistisch absicherbar (siehe Tabelle 28). Die in beiden Versuchsjahren tendenziell höheren Stickstofffixierleistungen der Blatt-Typen hatten auch tendenziell höhere TM-Kornerträge bei der Nachfrucht Winterweizen zur Folge, wenngleich die Unterschiede statistisch nicht absicherbar waren. Im Rohprotein-Gehalt der Nachfrucht Winterweizen wurde der Unterschied in der Stickstofffixierleistung nicht sichtbar.

Der N<sub>min</sub>-Gehalt im März 2003 unter dem Weizenbestand wurde nicht von der N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Erbsen-Wuchstypen beeinflusst, obwohl der Unterschied in der Stickstofffixierleistung zwischen halbblattlosen und Blatt-Typen der Körnererbse 22 kg ha<sup>-1</sup> betrug. Der Herbst/Winter 2002/2003 war durch warm-feuchte Witterungsbedingungen geprägt, wodurch die N-Mineralisation aus der organischen Masse begünstigt wurde. Eine Folge davon war ein relativ hohes N<sub>min</sub>-Niveau im Boden von 167 kg ha<sup>-1</sup> (Mittelwert von halbblattlosen und Blatt-Typ Sorten). Im Herbst/Winter 2003/2004 herrschten hingegen eher trockenere Bedingungen vor, die eine geringere Mineralisation und einen niedrigeren N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden (durchschnittlich 124 kg ha<sup>-1</sup>) zur Folge hatten. Nur durch dieses geringe N<sub>min</sub>-Niveau im Boden wurden die Unterschiede der Stickstofffixierleistung der Vorfrucht Erbse zwischen den Wuchstypen (Differenz N<sub>2</sub>-Fixierleistung 2002: 22 kg ha<sup>-1</sup>, Differenz N<sub>2</sub>-Fixierleistung 2003:

12 kg ha<sup>-1</sup>) sichtbar. So wiesen die Blatt-Typen zum Termin T3a/04 im März 2004 auf der Teilfläche B einen signifikant höheren Nitrat-N-Gehalt auf als die halbblattlosen Wuchstypen (siehe Tabelle 28).

Tabelle 28: TM-Kornertrag Erbse (kg ha<sup>-1</sup>), Stickstofffixierung der Erbse (kg ha<sup>-1</sup>), TM-Kornertrag Weizen (kg ha<sup>-1</sup>), Rohprotein-Gehalt Weizen (%) und N<sub>min</sub>-Gehalt im März unter Weizen (kg ha<sup>-1</sup>) im Jahr 2002 (Erbse) bzw. 2003 (Weizen) auf der Teilfläche A und im Jahr 2003 (Erbse) bzw. 2004 (Weizen) auf der Teilfläche B (Mittelwert halbblattloser und Blatt-Typ Sorten)

2002: Erbse			2003: Weizen		
Wuchstyp	TM-Kornertrag Erbse [kg ha <sup>-1</sup> ]	N <sub>2</sub> -Fix. Erbse [kg ha <sup>-1</sup> ]	TM-Kornertrag Weizen [kg ha <sup>-1</sup> ]	RP-Gehalt Weizen [%]	N <sub>min</sub> März [kg ha <sup>-1</sup> ]
Halbblattlos	2411 a SD ± 549	78 a SD ± 28	3558 a SD ± 532	12,8 a SD ± 1,0	175 a SD ± 47
Blatt-Typ	2767 a SD ± 832	100 a SD ± 25	3723 a SD ± 578	13,1 a SD ± 1,1	159 a SD ± 36
2003: Erbse			2004: Weizen		
Wuchstyp	TM-Kornertrag Erbse [kg ha <sup>-1</sup> ]	N <sub>2</sub> -Fix. Erbse [kg ha <sup>-1</sup> ]	TM-Kornertrag Weizen [kg ha <sup>-1</sup> ]	RP-Gehalt Weizen [%]	N <sub>min</sub> März [kg ha <sup>-1</sup> ]
Halbblattlos	1947 b SD ± 368	35 a SD ± 17	3660 a SD ± 617	10,2 a SD ± 0,4	103 b SD ± 20
Blatt-Typ	2360 a SD ± 334	47 SD ± 21 a	3981 a SD ± 443	10,3 a SD ± 0,6	144 a SD ± 26

SD: Standardabweichung; Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05); Halbblattlos: Mittelwert aller halbblattlosen Körnererbsen-Sorten (Gotik, Herold, Sponsor) Blatt-Typ: Mittelwert aller Blatt-Typ Körnererbsen-Sorten (Bohatyr, Erbi)

Da keine Unterschiede im Bitterstoffgehalt (Tannin) im Korn zwischen den halbblattlosen und Blatt-Typen der Körnererbse gefunden wurden, sind die Sorten beider Wuchstypen für die Tierernährung geeignet. Die Sorte Erbi wies in beiden Versuchsjahren bei fast allen essentiellen Aminosäuren etwas höhere Werte auf als die geprüften halbblattlosen Sorten (siehe Tabelle 14 und Tabelle 15) und ist deshalb eine Sorte mit hoher Proteinqualität.

Die ernährungsphysiologische Wertigkeit des Kornproteins, vor allem in der schwefelhaltigen Aminosäure Methionin, ist bei der Erbse niedriger als bei Sojaextraktionsschrot (vgl. DLG 1999: Sojaextraktionsschrot 0,65% Met in der TS, Futtererbsen 0,25% Met in der TM). Da Soja auf dem Weltmarkt zurzeit eine günstige Handelsware mit hohem Eiweißgehalt ist, wird der Eiweißbedarf der Tiere in der konventionellen Landwirtschaft größtenteils über Sojaextraktionsschrot gedeckt. Soja stammt hauptsächlich aus konventionellen Herkünften und ist deshalb für biologisch wirtschaftende Betriebe gemäß EG-Verordnung 2092/91 kein erlaubtes Futtermittel. Nachdem in der Biologischen Landwirtschaft größtenteils Nutztiere mit einem hohen genetischen Leistungspotenzial verwendet werden, benötigen diese auch eine relativ hohe Zufuhr an Nährstoffen. Viehhaltende Betriebe sind auf andere Eiweißträger

angewiesen, vor allem in der Schweine- und Geflügelfütterung ist eine ausreichende Versorgung mit Eiweiß und essentiellen Aminosäuren enorm wichtig. Vergleicht man neben den Aminosäuren auch die Energiewerte von Erbse und Soja, so wurden kaum energetische Nachteile der Erbse erkennbar. Die von Starz (2004) untersuchten Körner- und Futtererbsensorten<sup>3</sup> erbrachten Energiewerte bei Mastrindern und Milchkühen die von 13,28 bis 13,33 MJ ME und von 8,33 bis 8,36 MJ NEL reichten. Dem gegenüber steht ungeschälter und dampferhitzter Sojaextraktionsschrot mit 13,75 MJ ME und 8,63 MJ NEL (DLG 1999). Bei den Schweinen reichten die Energiewerte der untersuchten Erbsensorten von 15,67 bis 15,95 MJ ME., der Sojaextraktionsschrot enthält nur 14,8 MJ ME (DLG 1999). Die Energiewerte für das Geflügel reichten von 12,82 bis 13,49 MJ ME bei Erbse und ergaben bei Sojaextraktionsschrot 9,9 MJ ME (Böhme 1989: 101).

### **3.2.3 Vergleich Reinsaat vs. Gemenge**

Durch die Kombination von Körner- und Futtererbsen, sowie durch die Kombination des halbblattlosen Typs und des Blatt-Typs der Körnererbse im Gemenge, konnte die Lagerung gegenüber den wenig standfesten Erbsen in Reinsaat (d.h. Futtererbsen und Blatt-Typ der Körnererbse) reduziert werden. Dies spielt vor allem bei feuchten Witterungsbedingungen eine Rolle (1. Versuchsjahr 2002).

Generell wird empfohlen, dass der Anteil der weniger standfesten Erbse nicht mehr als ein Drittel der Gesamtaussaatmenge des Gemenges beträgt (Helig 2003), d.h. ein optimales Mischungsverhältnis besteht z.B. aus 30% Blatt-Typ und 70% halbblattloser Typ. In den Merkmalen Blattflächenindex und Beikrautdruck waren die Gemenge-Saaten gegenüber den Reinsaat nicht vorteilhafter bzw. als gleichwertig einzustufen. Die TM-Kornerträge und Stickstofffixierleistungen der Gemenge aus Blatt-Typen und halbblattlosen Körnererbsen waren höher als die halbblattlosen Körnererbsen in Reinsaat. Grund dafür dürfte das in beiden Vegetationsjahren sehr hohe Ertragspotential der Blatt-Typen der Körnererbsen sein. Beim Gesamt-Vergleich zwischen Reinsaat und Gemengen wurden in beiden Jahren keine Unterschiede in den TM-Kornerträgen und den Stickstofffixierleistungen festgestellt (siehe Tabelle 29). Dadurch zeigten sich auch bei der Nachfrucht Winterweizen weder beim TM-Kornertrag, noch beim Rohproteingehalt Unterschiede.

---

<sup>3</sup> Diplomarbeit, die im Rahmen des vorliegenden Projektes in der Erbsen Hauptfrucht 2003 auf der Teilfläche B stattgefunden hat.



Tabelle 29: TM-Kornertrag Erbse ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), Stickstofffixierung der Erbse ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), TM-Kornertrag Weizen ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), Rohprotein-Gehalt Weizen (%) und  $N_{\min}$ -Gehalt im März unter Weizen ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) im Jahr 2002 (Erbse) bzw. 2003 (Weizen) auf der Teilfläche A und im Jahr 2003 (Erbse) bzw. 2004 (Weizen) auf der Teilfläche B (Mittelwert Reinsaaten und Gemenge)

2002: Erbse			2003: Weizen		
Saatmischung	TM-Kornertrag Erbse [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	$N_2$ -Fix. Erbse [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	TM-Kornertrag Weizen [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	RP-Gehalt Weizen [%]	$N_{\min}$ März [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]
Reinsaat	2200 a SD $\pm$ 786	79 a SD $\pm$ 34	3533 a SD $\pm$ 621	13,1 a SD $\pm$ 0,9	166 a SD $\pm$ 46
Gemenge	2281 a SD $\pm$ 776	79 a SD $\pm$ 50	3466 a SD $\pm$ 505	13,2 a SD $\pm$ 1,1	163 a SD $\pm$ 48
2003: Erbse			2004: Weizen		
Saatmischung	TM-Kornertrag Erbse [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	$N_2$ -Fix. Erbse [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	TM-Kornertrag Weizen [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	RP-Gehalt Weizen [%]	$N_{\min}$ März [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]
Reinsaat	1972 a SD $\pm$ 475	38 a SD $\pm$ 19	3778 a SD $\pm$ 596	10,2 a SD $\pm$ 0,4	128 a SD $\pm$ 28
Gemenge	1880 a SD $\pm$ 287	33 a SD $\pm$ 17	3420 a SD $\pm$ 774	10,1 a SD $\pm$ 0,4	128 a SD $\pm$ 25

SD: Standardabweichung; Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ ); Reinsaaten: Mittelwert der Varianten 1-8; Gemenge: Mittelwert der Varianten 15, 17, 20 und 24 (gilt für 2003 Weizen, 2003 Erbse, 2004 Weizen) sowie Mittelwert der Varianten 14-25 (gilt für 2002 Erbse)

Die Kalkulation der Deckungsbeiträge ergab einen Mittelwert von  $-38 \text{ € ha}^{-1}$  bei den Gemenge-Saaten im Vergleich zu  $+6 \text{ € ha}^{-1}$  bei den Reinsaaten. Diese Differenz beruht auf dem Unterschied zwischen den FM-Kornerträgen der Reinsaaten und Gemenge (siehe Tabelle 18). Die Gemenge können demnach aus wirtschaftlicher Sicht nicht positiv beurteilt werden.

### 3.3 Teilprojekt A - Zusammenfassung

Die Erbse ist eine bedeutende Kulturart im Ökologischen Landbau, sowohl in ihrer Funktion als Leguminose zur Versorgung des Betriebes mit Stickstoff, als auch für die Futterproduktion. Durch schwierige Anbaubedingungen ist das Ertragsrisiko hoch und die Wirtschaftlichkeit im Erbsenanbau gering. In 2 zweijährigen Feldversuchen wurden ausgewählte Körner- und Futtererbsensorten in Reinsaat und Gemenge in Ihrer Anbaueignung im Ökologischen Landbau, ihrer Vorfruchtwirkung und ihrer Futtermittelqualität auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen der Universität für Bodenkultur in Raasdorf (Marchfeld, östlich von Wien) untersucht. Dieser Standort ist durch spezifische pannonische Klimabedingungen geprägt (geringe Niederschlagssummen von 500 - 550 mm im Jahr, Dürreperioden von 3 - 6 Wochen pro Jahr, Jahresdurchschnittstemperatur  $9,8^\circ \text{C}$ ). Die

Feldversuche wurden in zwei aufeinander folgenden Jahren durchgeführt (2002-2003, 2003-2004), um Effekte der Jahreswitterung vom Einfluss der Hauptfaktoren trennen zu können. Übergeordnetes Ziel dieses Teilprojektes war, einen Beitrag zur Optimierung der Erbsenanbaus zu leisten.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Vergleich Futtererbsen versus Körnererbsen:

Die Grünfuttererbsen bildeten geringere Kornerträge (MW 02/03<sup>4</sup>: Kornertrag 1675 kg ha<sup>-1</sup>, Rohproteingehalt 24%), aber einen höheren Proteingehalt im Korn aus als die Körnererbsen (MW 02/03: Kornertrag 2333 kg ha<sup>-1</sup>, Rohproteingehalt 22%). Durch den höheren Proteingehalt im Korn war die N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Grünfuttererbsen trotz der im Vergleich zu Körnererbsen geringeren Kornerträge gleichwertig (MW 02/03 N<sub>2</sub>-Fixierleistung: Körnererbsen 64 kg ha<sup>-1</sup>, Futtererbsen 51 kg ha<sup>-1</sup>). Der Vorfruchtwert der Grünfuttererbse bei Körnernutzung ist aufgrund einer gleichwertigen Stickstofffixierleistung, N-Flächenbilanz und gleich hohen Ernterückstandsmengen (Stroh, Wurzeln) dem Vorfruchtwert der Körnererbse gleichzusetzen. Dies führte zu einer uniformen Vorfruchtwirkung auf die Nachfrucht Winterweizen, die sich durch homogene Kornerträge und Rohproteingehalte der Getreidenachfrucht ausdrückte (MW 03/04: Kornertrag Weizen 3639 kg ha<sup>-1</sup>). Eine geringere Stickstofffixierleistung der Vorfrucht Erbse im Jahr 2003 führte zu einer Reduktion des Rohproteingehaltes im Korn der Nachfrucht Winterweizen 2004 um durchschnittlich 3% (MW Rohprotein Weizen 2002: 13,1%, 2003: 10,2%). Die höhere Blattmasse der Futtererbsen bedeckte den Boden in größerem Maße und der Beikrautdruck im Bestand war geringer. Die Grünfuttererbsen werden anscheinend auch weniger stark vom Erbsenwickler und von Erbsenblattläusen befallen. Nicht nur der Rohproteingehalt, sondern auch die Aminosäurezusammensetzung der Futtererbsen war in den meisten Fällen günstiger als die der Körnererbsen. Durch die hohen Tanninwerte sind der Verfütterung von Grünfuttererbsen aus ernährungsphysiologischen Gründen allerdings Grenzen gesetzt. Generell ist die Grünfuttererbse in Körnernutzung, vor allem im Trockengebiet, eine interessante Alternative für den Ökologischen Landbau.

2. Vergleich Wuchstypen Körnererbsen:

Die Sorte Erbi (Körnererbse Blatt-Typ) und die Sorte Gotik (Körnererbse halbblattloser Typ) haben sich als die erfolgreichsten Sorten für den Standort Marchfeld herausgestellt, sowohl in Reinsaat, als auch im Gemenge. Wegen der stärkeren Beschattung und Beikrautunterdrückung bei gleich hoher Kornertragsleistung sind die Blatt-Typen der Körnererbse im Ökologischen Anbau besser geeignet als die halbblattlosen Körnererbsen. Voraussetzung dafür sind allerdings ausreichend hohe Niederschlagsmengen, um Blattmasse ausbilden zu können. Die hohen Ernteerträge der Körnererbsensorten des Blatt-Typus (MW 02/03: Bohatyr 2283 kg ha<sup>-1</sup>, Erbi 2843 kg ha<sup>-1</sup>) führten zu den am meisten positiven Deckungs-

---

<sup>4</sup> MW 02/03 = Mittelwert der beiden Versuchsjahre 2002 und 2003

beitragen. Der Vorfruchteffekt der Blatt-Typen war durch die höheren TM-Kornerträge und die tendenziell höheren Stickstofffixierleistungen positiver als der Effekt der halbblattlosen Wuchstypen. Dies zeigte sich in einem höheren TM-Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen (2004: 3981 kg ha<sup>-1</sup> Blatt-Typ, 3660 kg ha<sup>-1</sup> halbblattloser Typ), nicht jedoch am Rohproteingehalt des Weizens. Auch im Futterwert sind die geprüften Blatt-Typen der Körnererbse als Sorten mit hoher Proteinqualität zu beurteilen. Zusammenfassend betrachtend, ist im Ökologischen Landbau den Blatt-Typen der Körnererbse bei der Sortenwahl den Vorzug zu geben.

### 3. Vergleich Erbsen in Reinsaat versus Erbsen in Gemenge:

Durch die Kombination von Körner- und Futtererbsen, sowie durch die Kombination des halbblattlosen Wuchstypus und des Blatt-Typs der Körnererbse im Gemenge konnte die Lagerung gegenüber den wenig standfesten Erbsentypen in Reinsaat bei feuchten Witterungsbedingungen (1. Versuchsjahr 2002) reduziert werden. Während sich kein Unterschied im Beikrautdruck zwischen Reinsaaten und Gemengen feststellen ließ, führt ein Gemenge aus halbblattlosen Typen und den sehr ertragsstarken Blatt-Typen der Körnererbsen zu einer Steigerung des Kornertrages und der Stickstofffixierleistung gegenüber den halbblattlosen Körnererbsen in Reinsaat. Die Kombination von Körner- und Grünfuttererbsen bewirkte im Allgemeinen keine Vorteile gegenüber den Reinsaaten (bis auf die reduzierte Lagerung, siehe oben). Der Vergleich aller Reinsaaten mit den Gemengen ergab keine Vorteile der Gemenge in den Kornerträgen, Stickstofffixierleistungen und Nachfruchteffekte auf den folgenden Winterweizen. Aus ökonomischer Sicht können die Erbsen-Gemenge angesichts ihrer geringen Deckungsbeiträge nicht positiv beurteilt werden.

## **4 Teilprojekt B (Teilfläche C)**

### **4.1 Teilprojekt B – Ergebnisse**

#### **4.1.1 Witterungsverlauf im Versuchszeitraum (2003 – 2005)**

Wie in Abbildung 19 ersichtlich, war der Temperaturverlauf von August 2003 bis zum Juli 2004 dem Temperaturverlauf des langjährigen Mittels angepasst (Mittelwert 08/2003-07/2004: 10,0 °C, Mittelwert 1960-1990: 9,8 °C). Die Niederschläge von August 2003 – Juli 2004 waren gegenüber dem langjährigen Mittel etwas geringer (08/2003-07/2004: 489,8 mm; 1960-1990: 544,5 mm), vor allem in den Monaten August 2003 bis Jänner 2004, März bis Mai und Juli 2004.

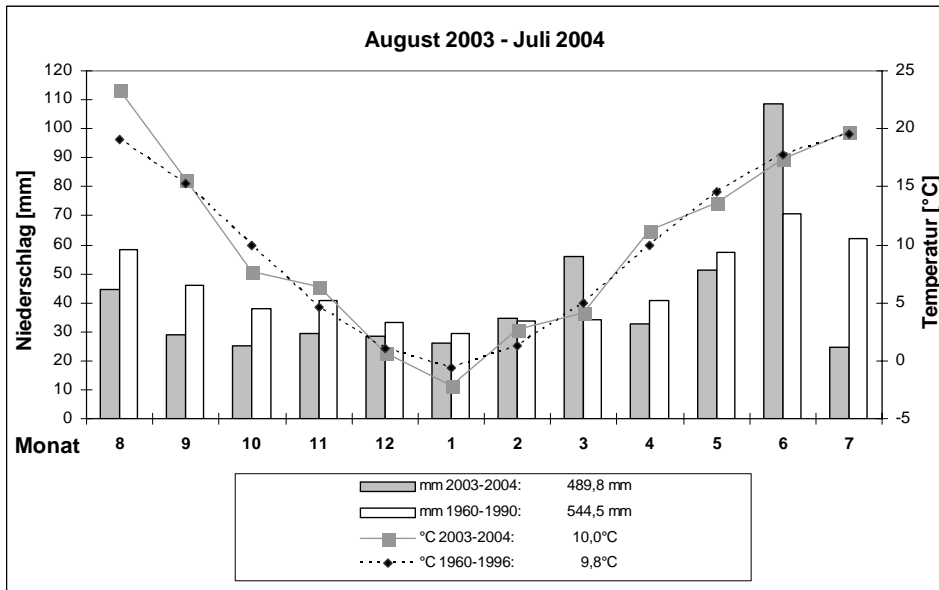


Abbildung 19: Klimadaten für den Versuchszeitraum August 2003 bis Juli 2004 am Standort Raasdorf (langjährige Mittelwerte: Klimamess-Station der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Groß-Enzersdorf)

Die Niederschlagsverteilung der Vegetationsperiode 08/2003 – 08/2004 war gegenüber dem Vorjahr sehr unterschiedlich. Im Herbst/Winter 2003 waren die Niederschläge geringer als im Herbst/Winter 2002, die Niederschlagssummen im Frühjahr/Sommer 2004 waren dagegen höher als im Frühjahr 2003.

Der Temperaturverlauf von August 2004 bis zum Juli 2005 war dem Temperaturverlauf des langjährigen Mittels angepasst (Mittelwert 08/2004-07/2005: 10,2 °C, Mittelwert 1960-1990: 9,8 °C). Nur in den Monaten Februar und März 2005 war die Monatsdurchschnittstemperatur niedriger, als im langjährigen Mittel. Die Niederschlagssumme von August 2004 – Juli 2005 war mit 404,4 mm um 100 mm geringer, als im langjährigen Mittel. Bis auf die Monate Oktober 2004 und Juli 2005 waren die Niederschlagssummen aller Monate geringer als die langjährigen, monatlichen Niederschlagssummen (siehe Abbildung 20).

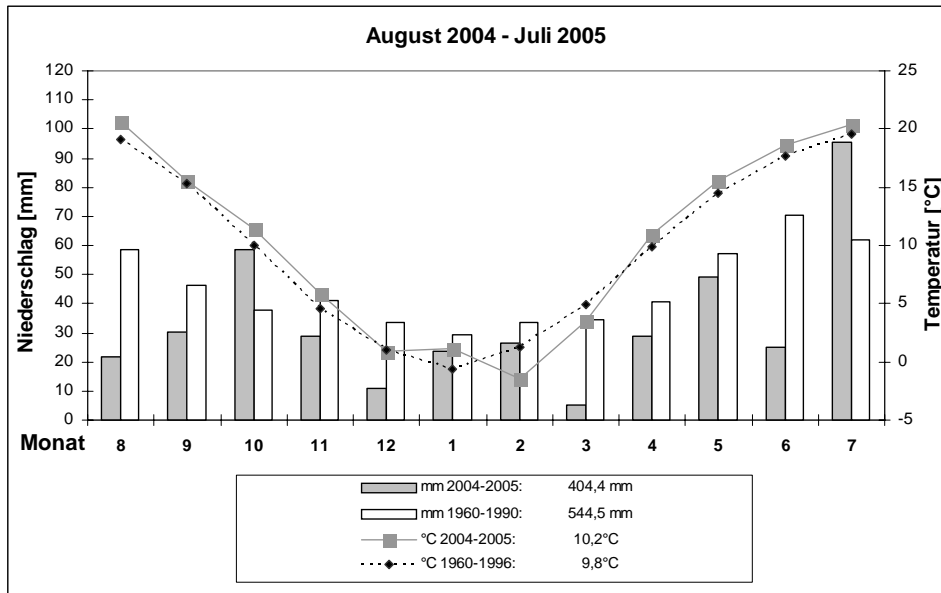


Abbildung 20: Klimadaten für den Versuchszeitraum August 2004 bis Juli 2005 am Standort Raasdorf (langjährige Mittelwerte: Klimamess-Station der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Groß-Enzersdorf)

#### 4.1.2 N<sub>min</sub>-Gehalt des Bodens

Zur Saat der Zwischenfrucht vor Erbse (T1b) wurden auf der Teilfläche C im August 2003 Mischproben von 3-4 benachbarten Parzellen für die Ermittlung des Nitrat-N Niveaus vor Versuchsbeginn gezogen. Es wurde ein NO<sub>3</sub>-N Gehalt (0-90 cm) von 56 bis 94 kg Nitrat-N ha<sup>-1</sup> ermittelt und kein Unterschied zwischen den Wiederholungen festgestellt (siehe Tabelle 58 im Anhang).

Zum Probetermin T2b (Ernte der Zwischenfrüchte vor Erbse im Oktober 2003) wurde ein signifikanter Unterschied zwischen der Variante 3 (Phacelia) und Variante 4 (keine Zwischenfrucht) ermittelt (siehe Abbildung 21 und Tabelle 58 im Anhang). Dass unter den Saatwicke-Varianten (1, 5) und unter den Varianten ohne Zwischenfrucht (4, 8) der Nitrat-N-Gehalt tendenziell höher war als unter den Phacelia-Varianten (2, 3, 6, 7), ist ein Hinweis auf die geringe Biomassebildung der Saatwicke und den daraus resultierenden geringen Nitrat-N-Entzug der Pflanzen.

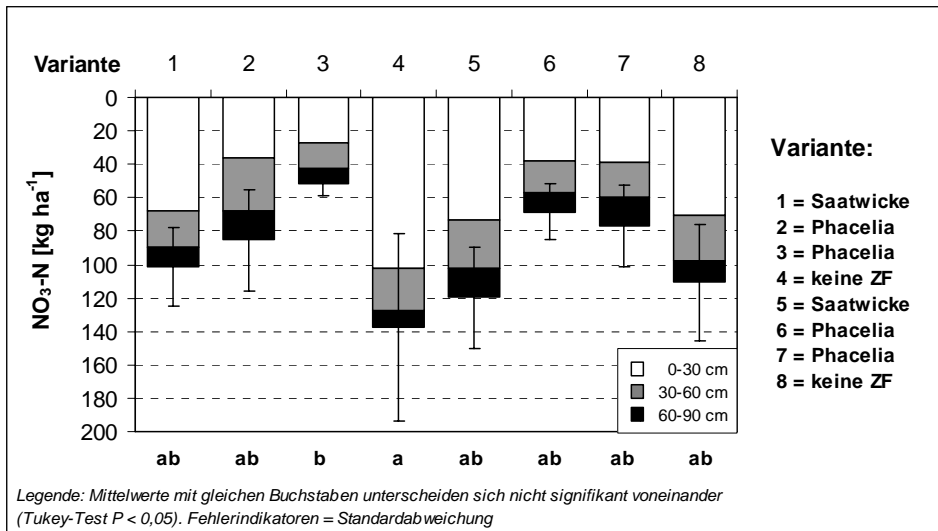


Abbildung 21: Nitrat-N Gehalt in kg ha<sup>-1</sup> von 0-30, 30-60 und 60-90 cm im Boden unter Zwischenfrüchten vor Erbsen (T2b, Oktober 2003)

Der Nitrat-N Gehalt zur Saat der Erbsen im April 2004 (Termin T3b) ergab 79 – 114 kg ha<sup>-1</sup>, zur Ernte der Erbsen im Juli 2004 (Termin T4b) 45 – 95 kg ha<sup>-1</sup> (siehe Tabelle 9). Zu beiden Terminen waren die Unterschiede zwischen den Varianten nicht signifikant (siehe Tabelle 59 im Anhang).

Zum Erntetermin der Zwischenfrüchte nach Erbsen (Termin T5b) im Oktober 2004 unterschied sich der Nitrat-N Gehalt der Variante 4 (keine Zwischenfrucht) mit 69 kg ha<sup>-1</sup> signifikant von der Variante 6 (Phacelia) mit 40 kg ha<sup>-1</sup>. Die Varianten 3 und 7, bei denen zusätzlich zur aufgelaufenen Ausfallerbse eine Saatwicke als Zwischenfrucht nach der Erbsen eingesät wurde, unterschieden sich nicht von den anderen Varianten (Abbildung 22).

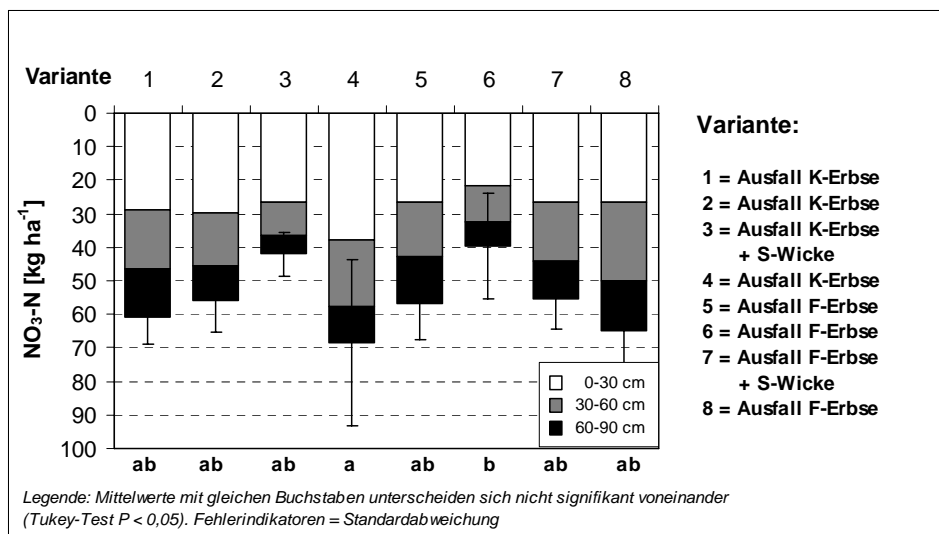


Abbildung 22: Nitrat-N Gehalt in kg ha<sup>-1</sup> von 0-30, 30-60 und 60-90 cm im Boden unter Zwischenfrüchten nach Erbsen (T5b, Oktober 2004)

Im Weizenbestand nach Winter (April 2005, T6b) war der im Oktober 2004 aufgetretene Unterschied zwischen den Varianten im Nitrat-N Gehalt nicht mehr gegeben, die Varianten unterschieden sich nicht voneinander (73-87 kg N ha<sup>-1</sup>; siehe Tabelle 60 im Anhang).

### 4.1.3 Zwischenfrucht vor Erbse (2003)

#### 4.1.3.1 Ober- und unterirdische Biomasse

Der Sprossertrag der Zwischenfrüchte vor Erbse wurde Ende Oktober 2003 erhoben und war bei allen Versuchspflanzen durch die trockenen und heißen Witterungsbedingungen im August 2003 (siehe Abbildung 19) sehr gering. Die Saatwicke (Variante 1 und 5) erreichte einen signifikant geringeren Spross-TM-Ertrag (Mittelwert 112 kg ha<sup>-1</sup>) als die Phacelia (Variante 2, 3, 6, 7) mit 1132 kg ha<sup>-1</sup> (siehe Abbildung 23).

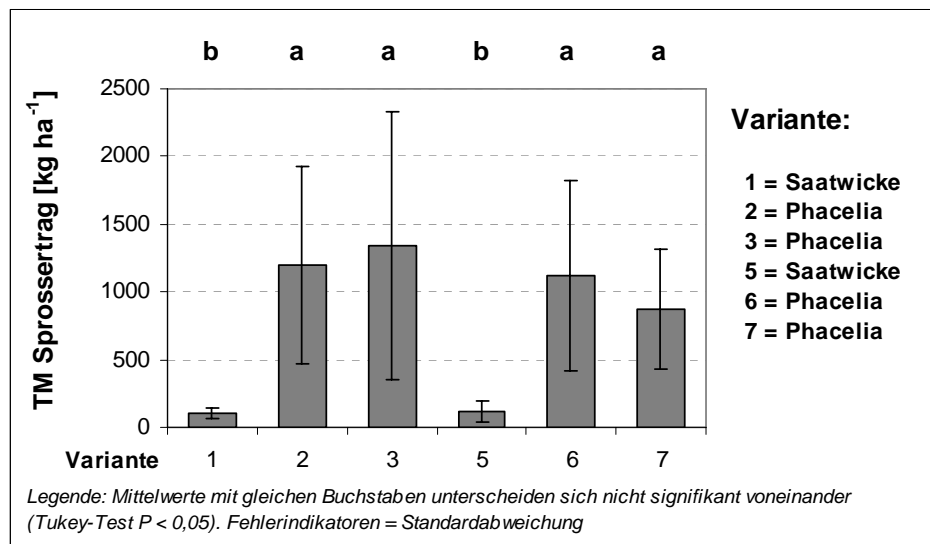


Abbildung 23: Trockenmasse (TM)-Sprossertrag in kg ha<sup>-1</sup> der Zwischenfrucht-Varianten vor Erbse zum Erntetermin Oktober 2003 (Teilfläche C)

Die fortgeschrittene Entwicklung der Phacelia-Pflanzen im vorliegenden Versuch wurde durch den Wurzel-TM-Ertrag bestätigt. Die Phacelia-Pflanzen der Varianten 2, 3, 6 und 7 bildeten von 0-30 cm tendenziell mehr als doppelt so viel Wurzelmasse (296 kg ha<sup>-1</sup>) wie die Saatwicke-Pflanzen (138 kg ha<sup>-1</sup>) der Varianten 1 und 5 aus. Die statistische Prüfung ergab keine Unterschiede zwischen den Varianten von 0-30 und 30-60 cm (Ergebnis siehe Tabelle 61 im Anhang).

#### 4.1.3.2 N-Gehalt und N<sub>2</sub>-Fixierleistung

Den höchsten N-Gehalt im Spross erreichte die Variante 7 (Phacelia) mit 3,1% N, den geringsten Wert die Variante 1 (Saatwicke) mit 2,2% N, der Unterschied ist statistisch

signifikant (Abbildung 24). Außerdem wurde ein Unterschied zwischen den Wiederholungen bzw. Blöcken auf der Versuchsfläche festgestellt: Parzellen in der Wiederholung 1 und 2 wiesen einen signifikant geringeren N-Gehalt im Spross auf, als Parzellen in der Wiederholung 4. Es ist möglich, dass dieser Standorteffekt eine Wechselwirkung auf die Variantenunterschiede bewirkt hat (statistische Überprüfung der Wechselwirkung nicht möglich).

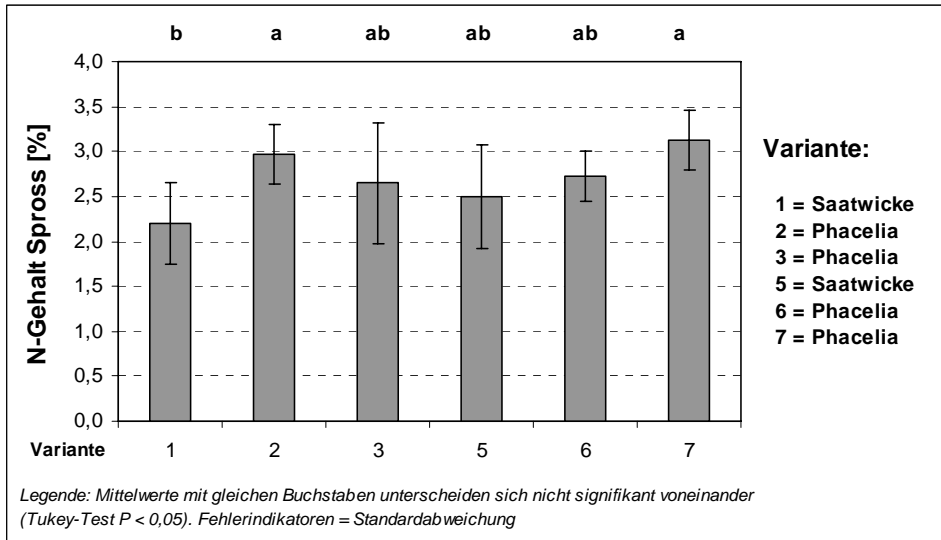


Abbildung 24: N-Gehalt im Spross (%) der Zwischenfrucht-Varianten zum Erntetermin Oktober 2003 (Teilfläche C)

Der N-Gehalt in den Wurzeln der Zwischenfrüchte von 0-30 cm reichte von durchschnittlich 1,5% N bei Phacelia bis 1,6% N bei Saatwicke (siehe Tabelle 62 im Anhang). In der Tiefe von 30-60 cm wurde in den Wurzeln ein N-Gehalt von durchschnittlich 1,4% N ermittelt (Phacelia und Saatwicke).

Eine der Grundvoraussetzungen zur Anwendung der erweiterten N-Differenzmethode, die Annahme, dass die Leguminose und die Referenzpflanze ähnlich große Mengen an Boden-Stickstoff aufnehmen (Stülpnagel 1982), war nicht erfüllt (siehe dazu auch 4.1.5.2). Durch die geringe Spross-Trockenmassebildung der Saatwicke (durchschnittlich  $112 \text{ kg ha}^{-1}$ ) war die Referenzpflanze Senf, die eine sehr hohe Spross-Trockenmasse ausbildete (durchschnittlich  $1889 \text{ kg ha}^{-1}$ ), nicht als Referenzpflanze geeignet, denn durch die großen Unterschiede im Spross-Trockenmasseertrag wurden auch unterschiedliche Mengen an pflanzenverfügbaren Boden-N von beiden Kulturen aufgenommen. Der durchschnittliche N-Ertrag (Mittelwert der Variante 1 und 5) der Saatwicke betrug  $2,7 \text{ kg ha}^{-1}$  im Spross und  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$  in den Wurzeln von 0-30 cm. Der N-Ertrag im Spross der Phacelia-Zwischenfrucht betrug  $32,1 \text{ kg ha}^{-1}$ , in den Wurzeln von 0-60 cm wurden  $5,1 \text{ kg ha}^{-1}$  ermittelt. Da bei der erweiterten Differenzmethode nicht nur der N-Ertrag im Spross, sondern auch die Wurzel-N-Mengen und der  $N_{\min}$ -Gehalt von Leguminosen und Referenzpflanzen berücksichtigt werden, können unterschiedliche Ertragsniveaus zwischen Referenzpflanze und Leguminose korrigiert



werden. Die Berechnung der  $N_2$ -Fixierleistung der Saatwicke ergab demnach  $27 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Mittelwert Variante 1:  $19 \text{ kg N ha}^{-1}$ , Mittelwert Variante 5:  $35 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

In Bezug auf die Untersuchungshypothesen war daher beim Vergleich der Zwischenfrüchte vor Erbse folgendes festzustellen:

- Aufgrund der trockenen und heißen Witterungsbedingungen im Sommer 2003 war der Sprossertrag der Zwischenfrüchte vor Erbse, im besonderen der Saatwicke, sehr gering (Arbeitshypothese II).
- Da neben dem geringen Sprossertrag auch der N-Gehalt der legumen Zwischenfrucht gering war, sowie ein hohes  $N_{\min}$ -Niveau zur Saat der Zwischenfrüchte vorherrschte, war die Stickstofffixierleistung der legumen Zwischenfrucht sehr gering (Arbeitshypothese II):
- Durch den Anbau einer Zwischenfrucht mit ausreichender Biomassebildung (Phacelia) wurde der  $N_{\min}$ -Gehalt zu Ernte der Zwischenfrüchte im Oktober 2003 gegenüber den Varianten ohne Zwischenfrucht und den Varianten mit der ertragsschwachen Saatwicke stark reduziert (Arbeitshypothese IIIb).
- Die Saatwicke als zusätzliche Zwischenfrucht zu den Ausfall-Erbsen bewirkte durch ihre geringe Sprossmassebildung keine Reduktion des  $N_{\min}$ -Gehaltes im Boden (Arbeitshypothese II, IIIb).

#### **4.1.4 Vorfrucht Erbse (2004)**

##### **4.1.4.1 Ober- und unterirdische Biomasse**

Der Feldaufgang (Bestandesdichte aufgelaufener Pflanzen pro  $\text{m}^2$ ) der Körner- und Futtererbsen-Varianten war gleichmäßig und lag bei fast 100%. Zur Ernte der Erbsen wurde bei den Körnererbsen-Varianten eine durchschnittliche Pflanzenzahl von  $144 \text{ m}^{-2}$ , bei den Futtererbsen von etwa  $127 \text{ Pflanzen m}^{-2}$  festgestellt.

Durch die geringe Biomassebildung der Zwischenfrüchte im Jahr 2003 zeigten sich keine Unterschiede im Stroh- und Korn-TM-Ertrag der folgenden Hauptfrucht Erbse (siehe Tabelle 63 im Anhang). Im Vegetationsjahr 2004 erreichte der Erbsenbestand einen Trockenmasse-Kornertrag von  $1713 \text{ kg ha}^{-1}$  (Variante 6) bis  $2292 \text{ kg ha}^{-1}$  (Variante 7). Der Mittelwert über alle Versuchsvarianten lag bei  $1938 \text{ kg ha}^{-1}$  und unterschied sich somit nicht vom Kornertrag im Jahr 2003 (Mittelwert:  $1941 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Der Mittelwert der Korn-TM-Erträge aller Körnererbsen-Varianten von  $1933 \text{ kg ha}^{-1}$  unterschied sich nicht vom mittleren Korn-TM-Ertrag aller Futtererbsen-Varianten von  $1943 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Beim TM-Strohertrag der Erbsen wurden Werte von  $2769 \text{ kg ha}^{-1}$  (Variante 3) bis  $3311 \text{ kg ha}^{-1}$  (Variante 5) ermittelt, die Unterschiede zwischen den Varianten waren nicht signifikant (Tabelle 63 im Anhang). Im Vergleich zum Vorjahr war der gebildete Strohertrag der

Erbsenpflanzen sehr hoch (Mittelwert 2004: 3068 kg ha<sup>-1</sup>, Mittelwert 2003: 2325 kg ha<sup>-1</sup>). Der Mittelwert des Stroh-TM-Ertrages aller Futtererbsen-Varianten von 3294 kg ha<sup>-1</sup> war höher als der Mittelwerte der Körnererbsen-Varianten von 2843 kg ha<sup>-1</sup>.

Die Wurzel-TM-Erträge der Erbsenpflanzen ergaben 223 bis 624 kg ha<sup>-1</sup> von 0-30 cm, es wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (siehe Tabelle 64 im Anhang). In der Tiefe von 30-60 cm wurden Wurzel-TM-Erträge von 159 bis 541 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt. Der Wurzel-TM-Ertrag von 30-60 cm der Variante Körnererbse nach Schwarzbrache (d.h. "keine Zwischenfrucht") war mit 541 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als der Ertrag der Variante Futtererbse nach Saatwicke mit 159 kg ha<sup>-1</sup> (Unterschiede siehe Tabelle 64 im Anhang). Generell bildeten die Körnererbsen-Varianten von 30-60 cm einen höheren Wurzel-TM-Ertrag aus als die Futtererbsen (MW Körnererbsen: 374 kg ha<sup>-1</sup>, Mittelwert Futtererbsen: 266 kg ha<sup>-1</sup>).

#### **4.1.4.2 Auftreten von Beikräutern und Schaderregern**

Zum Feldaufgang der Erbsenpflanzen war der Beikrautdruck gering (Boniturstufe 1 = 1-10% Beikrautbedeckung in der Parzelle; keine Unterschiede zwischen den Varianten). Zu Blühbeginn (7.6.2004) hatten die Futtererbsen signifikant höhere Pflanzen (75 cm) und eine signifikant geringere Beikrautbedeckung (Boniturstufe 0,35) als die Körnererbsen (Wuchshöhe: 53 cm; Boniturstufe Beikrautbedeckung 0,05). Das Auftreten von Beikräutern zum Hülsenbildungsstadium war im gesamten Erbsenbestand sehr gering (Boniturstufe 1,1; keine Unterschiede zwischen den Varianten).

Es wurden keine Unterschiede der Erbsenwickler- und Erbsenkäfer-befallenen Körnern zwischen Körner- und Futtererbsen (siehe Tabelle 30) zwischen den Varianten festgestellt. Durchschnittlich 3 Erbsenkörner der Futtererbsen (Variante 5-8) und 2,5 Erbsenkörner der Körnererbsen (Variante 1-4) waren vom Erbsenwickler (Erbsenkäferbefall: Futtererbsen 0,4; Körnererbsen 0,6) befallen.

Tabelle 30: Anzahl Erbsenkäfer- und Erbsenwickler-befallener Erbsenkörner pro 100 Körner zum Erntetermin Juli 2004 auf der Teilfläche C

Var.	Kultur	Erbsen- käfer	Stdabw	Dunnnett Test	Erbsen- wickler	Stdabw	Tukey Test
1	Körnererbse nach ZF Saatwicke	0,3	0,5	a	2,3	2,2	a
2	Körnererbse nach ZF Phacelia	0,0	0,0	a	2,8	1,3	a
3	Körnererbse nach ZF Phacelia	0,3	0,5	a	3,5	0,6	a
4	Körnererbse nach keine ZF	1,8	1,7	a	1,5	1,3	a
5	Futtererbse nach ZF Saatwicke	0,3	0,5	a	3,5	1,3	a
6	Futtererbse nach ZF Phacelia	0,0	0,0	a	2,8	1,5	a
7	Futtererbse nach ZF Phacelia	0,8	1,0	a	3,0	2,6	a
8	Futtererbse nach keine ZF	0,5	1,0	a	3,0	0,8	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey- bzw. Dunnnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Der größte Zuflug von Erbsenwicklern auf die Versuchsfläche erfolgte am 28.5., 16.6. und 28.6. Ab dem 2.7. (ca. 3 Wochen vor dem Erbsendrusch) wurde nur noch eine geringe Zahl an Erbsenwicklern in den Pheromonfallen gefunden (Monitoring mittels Pheromonfallen; siehe Abbildung 25).

Zum Feldaufgang (28.4.) wurden bei 80-100% der Erbsenpflanzen im Bestand Fraßspuren des Blattrandkäfers festgestellt. Die Anzahl der Blattrandkäferlarven, die zu Blühbeginn der Erbse (7.6.) ermittelt wurden, betragen durchschnittlich 8,8 bei den Körnererbsen und 7,5, bei den Futtererbsen.

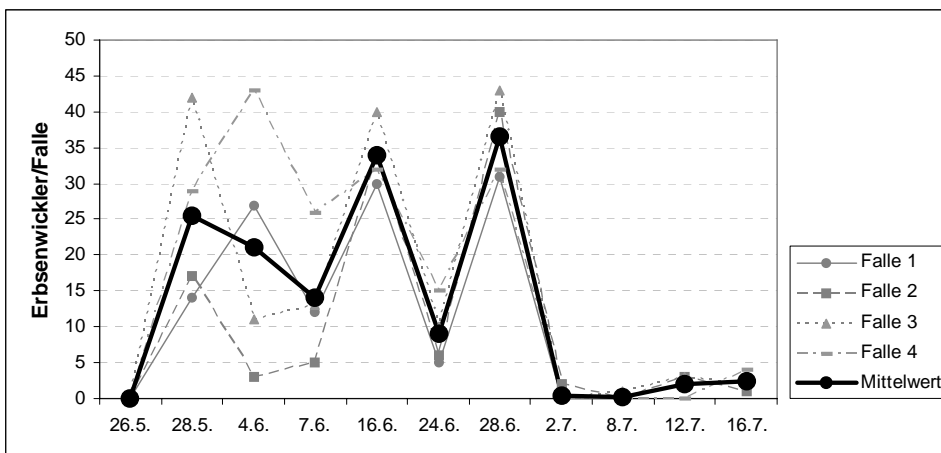


Abbildung 25: Anzahl Erbsenwickler pro Falle und Mittelwert aller 4 Fallen im Beobachtungszeitraum (26.5.2004: Aufstellen der Fallen zum Knospstadium der Erbse, 16.7.2004: Abmontieren der Fallen kurz vor der Ernte)

Die Verwendung einer einheitlichen Methode für die Erhebung des Blattlausbefalls ist für die Vergleichbarkeit zwischen den Beprobungsterminen vorteilhaft. Da die Befallsstärke zu den Entwicklungsstadien der Erbse stark variierte, wurden verschiedene Methoden verwendet. Auch wenn dadurch ein Vergleich zwischen den Boniturterminen schwieriger wird, so ist doch ein Vergleich der Varianten innerhalb der Beprobungstermine möglich. Zum 5-

**Blattetenstadium** der Erbse (19.5.2004) wurde die Befallsdichte an Blattläusen durch die "Fallrinnen"-Methode nach Lethmayer et al. (2005) bestimmt. Es wurden keine Unterschiede in der ermittelten Zahl an Blattläusen (entspricht 5 Schlägen mit dem Handbesen pro Beprobung, Mittelwert von 4 Beprobungen pro Parzelle, siehe 2.3.2) zwischen den untersuchten Varianten festgestellt. Die Körnererbsen waren von durchschnittlich 3,5 Blattläusen, die Futtererbsen von 5,6 Blattläusen pro Beprobung befallen.

Bis zum **Blühbeginn** der Erbse (7.6.2004) hat der Befall durch Blattläuse sehr stark zugenommen. Es wurden mehrere Blattlauspopulationen pro Pflanze, manchmal auch der Befall der ganzen Pflanze beobachtet. Aus diesem Grund wurde nur bei der Variante 1 (Körnererbse) und Variante 5 (Futtererbse) die Blattlauszahl mit Hilfe der "Fallrinnen"-Methode nach Lethmayer et al. (2005) erhoben. Die Futtererbsen waren mit 151 Blattläusen pro Beprobung gegenüber den Körnererbsen mit 267 Blattläusen signifikant geringer befallen. Bei der optischen Abschätzung des Blattlausbefalls mittels eigener Boniturskala (siehe Abbildung 26) waren die Futtererbsen-Varianten ebenfalls geringer befallen (durchschnittlich 3,3 Boniturspunkte) als die Körnererbsen-Varianten (durchschnittlich 6,5 Boniturspunkte).

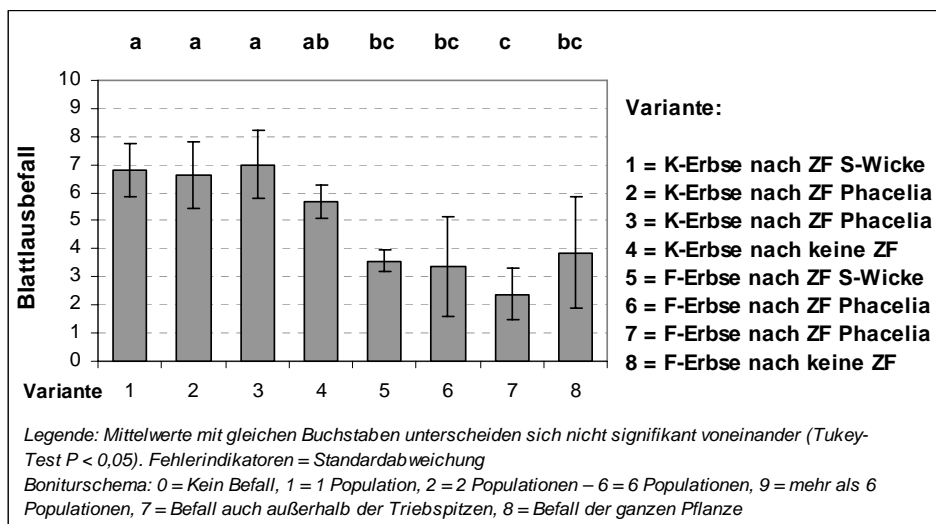


Abbildung 26: Blattlausbefall der Erbsen-Varianten am 7.6.2004 (Blüte) auf der Teilfläche C

Die optische Abschätzung des Blattlausbefalls zur **Hülsenbildung** (17.6.2004) ergab in den Körnererbsen mit 4,1 Boniturspunkten eine signifikant höhere Befallsstufe als in den Futtererbsen mit 2,2 Boniturspunkten (siehe Abbildung 27).

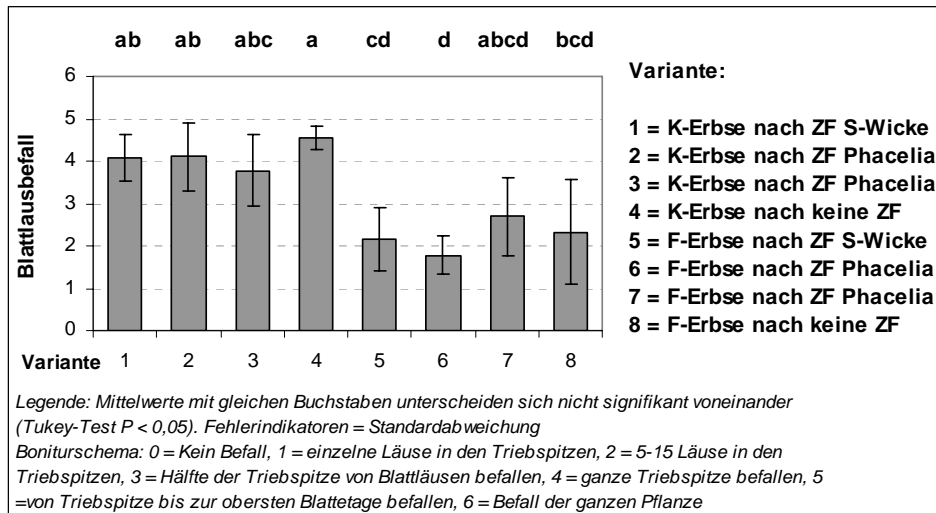


Abbildung 27: Blattlausbefall der Erbsen-Varianten am 17.6.2004 (Hülsenbildung) auf der Teilfläche C

Schon zur beginnenden Blüte aber vor allem zur Hülsenbildung der Erbsenpflanzen wurde durch die feuchten Witterungsbedingungen im Frühling (hohe Niederschlagssumme im Juni: 109 mm statt 71 mm, d.h. +54%) ein starker Krankheitsbefall festgestellt (Echter und Falscher Mehltau, Erbsenrost; siehe Abbildung 28). Generell war der Krankheitsdruck in den Körnererbsen höher als in den Futtererbsen (rein optisches Schätzverfahren).



Abbildung 28: Mehltau und Erbsenrost auf Erbsenblatt

#### 4.1.4.3 N-Gehalt und N<sub>2</sub>-Fixierleistung

Der N-Gehalt im Korn war generell mit durchschnittlich 3,5% N bei den Futtererbsen-Varianten höher als mit 3,2% N bei den Körnererbsen-Varianten. Die Variante Futtererbse nach ZF Phacelia hatte mit 3,5% N sogar einen signifikant höheren N-Gehalt als die Variante

Körnererbse nach ZF Phacelia mit 3,1% N (siehe Tabelle 31). Eine Abhängigkeit des N-Gehaltes von der Vor-Zwischenfrucht wurde nicht festgestellt. Der N-Gehalt im Stroh ergab 0,8% N (Futtererbsen-Varianten) bis 1,0% N (Körnererbsen-Varianten), es wurden jedoch keine statistischen Unterschiede zwischen den Varianten ermittelt (siehe Tabelle 31).

Der N-Gehalt in den Wurzeln ergab 1,4% - 1,7% N in der Tiefe von 0-30 cm sowie 1,6%-1,9% N in der Tiefe von 30-60 cm. In beiden Tiefenstufen wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (siehe Tabelle 65 im Anhang).

Tabelle 31: N-Gehalt in Korn und Stroh (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2004 auf der Teilfläche C (links: N-Korn, rechts: N-Stroh)

Var.	Kultur	N-Korn [%]	Stdabw [%]	Tukey Test	N-Stroh [%]	Stdabw [%]	Tukey Test
1	Körnererbse nach ZF Saatwicke	3,2	0,1	ab	1,0	0,1	a
2	Körnererbse nach ZF Phacelia	3,1	0,1	b	1,0	0,1	a
3	Körnererbse nach ZF Phacelia	3,3	0,2	ab	1,0	0,2	a
4	Körnererbse nach keine ZF	3,2	0,2	ab	0,9	0,2	a
5	Futtererbse nach ZF Saatwicke	3,4	0,1	ab	0,8	0,1	a
6	Futtererbse nach ZF Phacelia	3,5	0,2	ab	0,8	0,1	a
7	Futtererbse nach ZF Phacelia	3,5	0,1	a	0,8	0,1	a
8	Futtererbse nach keine ZF	3,4	0,1	ab	0,8	0,1	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Die berechnete  $N_2$ -Fixierleistung ergab durchschnittlich  $48,2 \text{ kg N ha}^{-1}$  bei den Körnererbsen-Varianten und  $60,9 \text{ kg N ha}^{-1}$  bei den Futtererbsen-Varianten. Es wurden keine statistisch absicherbaren Unterschiede zwischen den Varianten ermittelt (siehe Tabelle 32).

Tabelle 32:  $N_2$ -Fixierungsleistung ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) und  $N_{\text{dfa}}$  (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2004 auf der Teilfläche C (links:  $N_2$ -Fixierungsleistung, rechts:  $N_{\text{dfa}}$ )

Var.	Kultur	N-Fix. [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test	$N_{\text{dfa}}$ [%]	Stdabw [%]	Dunnnett Test
1	Körnererbse nach ZF Saatwicke	42,5	13,0	a	39,7	9,1	a
2	Körnererbse nach ZF Phacelia	59,8	26,3	a	59,8	21,6	a
3	Körnererbse nach ZF Phacelia	47,9	38,8	a	43,6	28,7	a
4	Körnererbse nach keine ZF	42,4	32,4	a	43,1	32,4	a
5	Futtererbse nach ZF Saatwicke	49,6	14,7	a	48,4	11,3	a
6	Futtererbse nach ZF Phacelia	44,7	33,6	a	41,5	20,8	a
7	Futtererbse nach ZF Phacelia	83,4	20,3	a	68,6	9,2	a
8	Futtererbse nach keine ZF	66,0	35,3	a	63,9	29,6	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey- bzw. Dunnnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Der Anteil N aus der Luft in den Leguminosen ( $N_{dfa}$  in %) ergab 42-69%. Die Kalkulation des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos ergab -12 bis +17 kg N ha<sup>-1</sup> (Tabelle 66 im Anhang). Der Mittelwert der Körnererbsen-Varianten betrug +2,1 kg N ha<sup>-1</sup>, der Futtererbsen-Varianten +5,7 kg N ha<sup>-1</sup>. Beim Vergleich der überprüften Varianten wurden keine Unterschiede in den  $N_{dfa}$ -Werten und N-Bilanzsalden festgestellt.

In Bezug auf die Untersuchungshypothesen war daher beim Vergleich der Erbsen-Varianten folgendes festzustellen:

- Durch die geringe Biomassebildung und Stickstoffakkumulation der Zwischenfrüchte im Jahr 2003 wurden keine Unterschiede in den Erträgen und der Stickstofffixierleistungen der folgenden Hauptfrucht Erbse festgestellt (Arbeitshypothese II).
- Die Futtererbsen bildeten gegenüber den Körnererbsen bei gleich hohem Kornertrag einen höheren Strohertrag und einen geringeren Wurzeltrug von 30-60 cm aus (Arbeitshypothese Ia, Ib).
- Der Beikrautdruck und der Blattlausbefall waren im Futtererbsenbestand geringer als in den Körnererbsen. Die Futtererbsen entwickelten einen höheren N-Gehalt im Korn als die Körnererbsen (Arbeitshypothese Ia).

#### **4.1.5 Zwischenfrucht nach Erbse (2004)**

##### **4.1.5.1 Ober- und unterirdische Biomasse**

Der TM-Sprossertrag der Ausfallerbsen in der Variante 5 (Ausfall Futtererbse) unterschied sich mit 863,5 kg ha<sup>-1</sup> signifikant vom Sprossertrag der Variante 3 (Ausfall Körnererbse + Saatwicke) mit 93,7 kg ha<sup>-1</sup> (siehe Tabelle 33). Der TM-Sprossertrag der zusätzlich eingesäten Zwischenfrucht Saatwicke erreichte in der Variante 7 (Ausfall Futtererbse) nur 74,3 kg ha<sup>-1</sup> gegenüber der Variante 3 (Ausfall Körnererbse) mit 180,3 kg ha<sup>-1</sup>.

Die Wurzel-TM-Erträge von 0-30 cm unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (siehe Tabelle 67 im Anhang). Es konnte jedoch beobachtet werden, dass der Wurzeltrug aller Ausfall-Körnererbsenvarianten mit einem Mittelwert von 116,8 kg ha<sup>-1</sup> tendenziell geringer war als der Mittelwert aller Ausfall-Futtererbsenvarianten mit 234,7 kg ha<sup>-1</sup>. Die Varianten Ausfallerbse + Saatwicke (Variante 3 und 7) erreichten sowohl unter den Ausfall-Körnererbsen- als auch unter den Ausfall-Futtererbsenvarianten die jeweils höchsten Wurzel-TM-Erträge (siehe Tabelle 67 im Anhang; in beiden Tiefenstufen).

Tabelle 33: Trockenmasse (TM)-Sprossertrag in kg ha<sup>-1</sup> der Zwischenfrucht-Varianten nach Erbse zum Erntetermin Oktober 2004 auf der Teilfläche C (links: TM-Sprossertrag Erbse, rechts: TM-Sprossertrag Saatwicke)

Var.	Kultur	TM-Spross			TM-Spross		
		Erbse [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	S-Wicke [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
1	Ausfall K-Erbse	187,7	32,7	ab			
2	Ausfall K-Erbse	134,6	126,6	ab			
3	Ausfall K-Erbse + S-Wicke	93,7	47,3	b	180,3	93,4	a
4	Ausfall K-Erbse	122,1	113,0	ab			
5	Ausfall F-Erbse	863,5	597,1	a			
6	Ausfall F-Erbse	749,6	287,9	ab			
7	Ausfall F-Erbse + S-Wicke	711,2	375,6	ab	74,3	47,2	a
8	Ausfall F-Erbse	717,7	445,0	ab			

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p &lt; 0,05)

Der Beikrautdruck war in den Varianten 1-4 (Ausfall Körnererbse) weitaus höher, als in den Varianten 5-8 (Ausfall Futtererbse), die Varianten 2 und 4 unterschieden sich sogar signifikant von den Varianten 5-8 (siehe Tabelle 34). Der geringe Beikrautdruck in den Ausfall-Futtererbsenvarianten lässt sich durch den hohen TM-Sprossertrag dieser Varianten erklären. Der Wassergehalt im Spross der Ausfall-Futtererbsenvarianten war ebenfalls höher, als in den Ausfall-Körnererbsenvarianten, die Variante 8 unterschied sich mit 85,6% signifikant von der Variante 4 mit 68,2% (siehe Tabelle 34). Grund für den höheren Wassergehalt im Spross der Futtererbsen-Varianten war, dass die Futtererbse Sorte Rhea im Allgemeinen später reif ist, als die Körnererbse Gotik. Einen Hinweis dazu geben die Ergebnisse im Vegetationsjahr 2003 auf der Teilfläche B, wo sich die Sorte Rhea mit 7,5 signifikant von der Sorte Gotik mit 9,0 Boniturnpunkten unterschieden hat (siehe dazu auch Tabelle 51 im Anhang).

Tabelle 34: Beikrautdruck und Wassergehalt der Zwischenfrucht-Varianten nach Erbse zum Erntetermin Oktober 2004 auf der Teilfläche C (links: Beikrautdruck in %; rechts: Wassergehalt im Spross)

Var.	Kultur	Beikraut	Stdabw	Tukey	Wasserg.	Stdabw	Tukey
		[%]	[%]	Test	[%]	[%]	Test
1	Ausfall K-Erbse	42,3	10,8	ab	80,4	2,4	ab
2	Ausfall K-Erbse	55,8	12,0	a	78,0	3,6	ab
3	Ausfall K-Erbse + S-Wicke	33,2	23,7	abc	77,0	4,0	ab
4	Ausfall K-Erbse	47,5	37,0	a	68,2	18,6	b
5	Ausfall F-Erbse	8,2	10,4	bc	84,2	0,3	ab
6	Ausfall F-Erbse	3,8	3,6	c	82,9	2,2	ab
7	Ausfall F-Erbse + S-Wicke	2,4	3,0	c	84,0	0,3	ab
8	Ausfall F-Erbse	7,4	4,6	bc	85,6	1,7	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p &lt; 0,05)



#### 4.1.5.2 N-Gehalt und N<sub>2</sub>-Fixierleistung

Der N-Gehalt im Spross der Zwischenfrüchte nach der Hauptfrucht Erbse ergab 4,4-4,9% N, die Varianten unterschieden sich nicht voneinander. Die Ausfall-Futtererbsenvarianten 6 und 7 erreichten einen höheren C-Gehalt im Spross als die Ausfall-Körnererbsenvariante 2 (siehe Tabelle 68 im Anhang). Beim N-Gehalt in den Wurzeln wurden keine Unterschiede von 0-30 cm festgestellt (siehe Tabelle 69 im Anhang).

Die Schätzung der N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Zwischenfrüchte war durch die Nicht-Erfüllung einer der wichtigsten Voraussetzungen für die N-Differenzmethode mit großer Unsicherheit behaftet. Grund dafür war, dass die TM-Sprosserträge der Referenzpflanzen (Senf) mit durchschnittlich 1811 kg ha<sup>-1</sup> die Erträge der Leguminosen, sowohl der Ausfall-Futtererbsenvarianten mit 779 kg ha<sup>-1</sup>, als auch der Ausfall-Körnererbsenvarianten mit 180 kg ha<sup>-1</sup>, um ein vielfaches übertrafen. Auch durch das Einbeziehen der Wurzel-N-Mengen und des N<sub>min</sub>-Gehaltes (siehe dazu auch 4.1.3.2) konnten die unterschiedlichen Sprosserträge von Referenzpflanzen und Leguminosen nicht ausgeglichen werden. Die geschätzte Stickstofffixierleistung im Mittel aller Varianten ergab Werte gleich Null, d.h. es wurde kein Stickstoff von den Leguminosen fixiert.

Um dennoch eine Bewertung bzw. einen Vergleich der Zwischenfruchtvarianten anstellen zu können, wurde der N-Ertrag im Spross bzw. in den Wurzeln der Leguminosen berechnet (z.B. N-Ertrag Spross = TM-Sprossertrag x N-Gehalt Spross). Generell war der N-Ertrag im Spross der Ausfall-Futtererbsenvarianten mit durchschnittlich 37,9 kg ha<sup>-1</sup> um ein vielfaches höher als der der Ausfall-Körnererbsenvarianten mit durchschnittlich 8,3 kg ha<sup>-1</sup> (siehe Tabelle 35), wenngleich die Unterschiede statistisch nicht absicherbar waren. Der N-Ertrag Spross der Variante 4 (Ausfall-Körnererbse + S-Wicke) war mit 12,9 kg ha<sup>-1</sup> der höchste aller Ausfall-Körnererbsenvarianten. Der Wurzel-N-Ertrag der Variante 7 (Ausfall-Futtererbse + S-Wicke) war mit 7,9 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als der Ertrag der Variante 2 und 4 (Mittelwert 2,6 kg ha<sup>-1</sup>).

Tabelle 35: N-Ertrag Spross (links) und N-Ertrag Wurzeln 0-60 cm (rechts) in kg ha<sup>-1</sup> der Zwischenfrucht-Varianten nach Erbse zum Erntetermin Oktober 2004 auf der Teilfläche C

Var.	Kultur	N-Spross [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Dunnnett Test	N-Wurzeln [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
1	Ausfall K-Erbse	8,9	1,8	a	3,2	1,3	ab
2	Ausfall K-Erbse	5,7	5,0	a	2,5	2,4	b
3	Ausfall K-Erbse + S-Wicke	12,9	3,6	a	4,7	1,5	ab
4	Ausfall K-Erbse	5,8	5,1	a	2,6	1,7	b
5	Ausfall F-Erbse	39,8	22,4	a	5,2	3,4	ab
6	Ausfall F-Erbse	36,8	14,9	a	6,2	3,8	ab
7	Ausfall F-Erbse + S-Wicke	38,2	15,5	a	7,9	2,4	a
8	Ausfall F-Erbse	36,7	24,0	a	4,4	2,1	ab

Stdabw: Standardabweichung; N-Wurzeln: 0-60 cm

Tukey- bzw. Dunnnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

In Bezug auf die Untersuchungshypothesen war daher beim Vergleich der Zwischenfrucht-Varianten nach Erbse folgendes festzustellen:

- Aufgrund der besseren Bodenbedeckung war sowohl die Spätverunkrautung in der Hauptfrucht Erbse als auch der Beikrautdruck in der Zwischenfrucht nach Erbse in den Ausfall Futtererbsen-Varianten geringer als in den Ausfall Körnererbsen-Varianten. Dies hat eine bessere Entwicklung und höhere Sprosserträge der Ausfall Futtererbsen-Varianten zur Folge (Arbeitshypothese Ia).
- Durch die schnelle und gute Jugendentwicklung der Ausfall Futtererbsen-Variante wurde die zusätzlich eingebrachte Saatwicke (Variante 7) konkurrenziert und bewirkte keinen Sprossmasse-Ertragsvorteil gegenüber den anderen Ausfall Futtererbsen-Varianten. Durch die Saatwicke konnte jedoch der N-Ertrag der Wurzeln gesteigert werden (Arbeitshypothese II, IIIa).
- In der konkurrenzschwächeren Ausfall Körnererbse-Variante bewirkte die eingebrachte Saatwicke (Variante 3) eine Steigerung des Gesamt-Sprosstrockenmasse- und N-Ertrages (Arbeitshypothese II, IIIa).

## **4.1.6 Nachfrucht Winterweizen (2005)**

### **4.1.6.1 Ertragsparameter**

Die durchschnittliche Wuchshöhe der Pflanzen im Bestand zur Ernte betrug 74 cm, es traten keine Unterschiede zwischen den Varianten auf. Der TM-Kornertrag des Weizens ergab 3232 kg ha<sup>-1</sup> (Variante 8) bis 3889 kg ha<sup>-1</sup> (Variante 6), der TM-Strohertrag reichte von 2181 kg ha<sup>-1</sup> (Variante 8) bis 3108 kg ha<sup>-1</sup> (Variante 7). Sowohl im Korn- als auch im Strohertrag wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (siehe Tabelle 36).

Tabelle 36: Trockenmasse (TM)-Korn- und Strohertrag in kg ha<sup>-1</sup> von Weizen nach den verschiedenen Zwischenfrucht-Varianten zum Erntetermin Juli 2005 auf der Teilfläche C (links: TM-Kornertrag, rechts: TM-Strohertrag)

Var.	Kultur	TM-Korn [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	TM-Stroh [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Dunnett Test
1	Saatwicke	3259,6	819,3	a	2419,5	399,2	a
2	Phacelia	3726,3	529,0	a	2938,6	370,1	a
3	Phacelia + S-Wicke	3384,2	317,8	a	2405,0	107,4	a
4	Keine ZF	3388,8	520,4	a	2645,1	185,9	a
5	Saatwicke	3474,8	466,3	a	2511,8	166,9	a
6	Phacelia	3888,6	556,7	a	2922,0	709,9	a
7	Phacelia + S-Wicke	4241,4	281,0	a	3107,7	433,8	a
8	Keine ZF	3231,5	295,8	a	2180,9	713,8	a

Stdabw: Standardabweichung; Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

#### 4.1.6.2 Rohprotein-Gehalt

Die Analyse des Rohproteins im Weizenkorn ergab 14,9 - 16,0%, es wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (Tabelle 37).

Tabelle 37: Rohprotein (%) von Weizen im Korn und N-Gehalt im Weizenstroh (%) nach den verschiedenen Zwischenfrucht-Varianten zum Erntetermin Juli 2005 auf der Teilfläche C

Var.	Kultur	RP-Korn [%]	Stdabw [%]	Tukey Test	N-Stroh [%]	Stdabw [%]	Tukey Test
1	Saatwicke	15,9	0,3	a	0,6	0,1	a
2	Phacelia	15,2	0,9	a	0,6	0,1	a
3	Phacelia + S-Wicke	15,4	0,6	a	0,6	0,1	a
4	Keine ZF	14,9	1,0	a	0,6	0,1	a
5	Saatwicke	16,0	0,5	a	0,6	0,1	a
6	Phacelia	15,2	0,6	a	0,6	0,0	a
7	Phacelia + S-Wicke	15,5	0,3	a	0,6	0,0	a
8	Keine ZF	15,7	0,7	a	0,7	0,1	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

In Bezug auf die Untersuchungshypothesen war daher beim Vergleich der Winterweizen-Varianten folgendes festzustellen:

- Weder durch den Anbau einer legumen Zwischenfrucht vor Erbse, noch durch den Anbau einer Leguminosenzwischenfrucht nach Erbse wurden der Ertrag und der Proteingehalt der Nachfrucht Winterweizen gefördert (Arbeitshypothese II).

## 4.2 Teilprojekt B – Diskussion

### 4.2.1 Nachfruchteffekt der Zwischenfrucht vor Erbse auf die folgende Hauptfrucht Körner- bzw. Futtererbse

Durch die trockene und heiße Witterung nach der Saat der Zwischenfrüchte im August und September 2003 war die Ertragsleistung aller Zwischenfrüchte, im speziellen aber der Saatwicke (Mittelwert Variante 1 und 5:  $112 \text{ kg ha}^{-1}$ ), sehr gering. Die großkörnige Saatwicke hat – wie alle Körnerleguminosen – einen hohen Wasserbedarf zur Keimung (Wagentristl 2004, mündliche Mitteilung: ca. 120% des Tausendkorngewichtes). Da die kleinkörnige Phacelia weniger Wasser zur Keimung als die Saatwicke benötigt (ca. 30% des Tausendkorngewichtes), konnte sie sich unter den im August 2003 herrschenden trockenen Witterungsbedingungen besser entwickeln und einen höheren Spross-TM-Ertrag erreichen ( $1132 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Die zögerliche Entwicklung der Saatwicke zeigte sich auch am Anteil der Beikräuter in den Kulturpflanzen (Anteil Beikräuter in den Saatwicke-Varianten = 48%, in den Phacelia-Varianten = 4%). Wie sehr der Anbau von Zwischenfrüchten im Trockengebiet von der Wasserversorgung bzw. vom Anbauzeitpunkt abhängig ist, zeigt der Versuch von Rinnofer et al. (2005). Ein früher Anbau der Zwischenfrüchte am 30. Juli 2002 (1. Versuchsjahr) bei ausreichender Wasserversorgung führte zu einer beachtlichen Trockenmassebildung (Leguminosen-Gemenge:  $2565 \text{ kg ha}^{-1}$  Spross-TM-Ertrag,  $885 \text{ kg ha}^{-1}$  Wurzel-TM-Ertrag). Nach Freyer (2003) kann die Saatwicke Sprosserträge von 3000 – 3500  $\text{kg ha}^{-1}$ , Phacelia: Erträge von 2500 – 3500  $\text{kg ha}^{-1}$  erreichen.

Generell ist nach den bisherigen Erfahrungen mit Zwischenfrüchten im Marchfeld durch die bessere Nutzung von Standortressourcen der Anbau von Leguminosen-Gemengen dem Anbau von Leguminosen-Reinsaaten vorzuziehen. So hat ein Zwischenfrucht-Gemenge bestehend aus Platterbse, Saatwicke und Futtererbse in einem Feldversuch von Rinnofer et al. (2005) einen Spross-TM-Ertrag von  $1604 \text{ kg ha}^{-1}$  und einen Wurzel-TM-Ertrag von  $623 \text{ kg ha}^{-1}$  erreicht (Mittelwert von 2 Versuchsjahren). Die Aussaat der Zwischenfrüchte im Jahre 2004 (2. Versuchsjahr) erfolgte aus versuchstechnischen Gründen erst am 12. August bei trockenen Verhältnissen und hatte eine mangelhafte Entwicklung der Zwischenfrüchte zur Folge (Leguminosen-Gemenge:  $643 \text{ kg ha}^{-1}$  Spross-TM-Ertrag,  $361 \text{ kg ha}^{-1}$  Wurzel-TM-Ertrag).

Der N-Gehalt im Spross von Phacelia war höher (3,1% N), als der N-Gehalt im Spross der Saatwicke (2,2% N). Dies wurde nicht erwartet, da Leguminosen generell höhere N-Werte als Nicht-Leguminosen erreichen (Berendonk 2002: N-Gehalt in Saatwicke 4%, in Phacelia 2,4%;). Eine mögliche Ursache dafür ist, dass die Wurzelentwicklung von Phacelia weiter fortgeschritten war (siehe Abbildung 23), als die der Saatwicke, und dadurch die Phacelia-Pflanzen größere Nährstoff-Mengen aufnehmen konnten. Ein Grund für die geringe  $\text{N}_2$ -Fixierleistung der Saatwicke ( $27 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) ist der geringe Sprossertrag und N-Gehalt der Wicke. Der sowohl zur Saat (T1b) als auch zur Ernte der Zwischenfrüchte (T2b) hohe  $\text{N}_{\text{min}}$ -

Gehalt im Boden (Saat: 56-94 kg ha<sup>-1</sup>, Ernte: Saatwicke durchschnittlich 110 kg ha<sup>-1</sup>) trug zu einer reduzierten Stickstofffixierleistung der legumen Zwischenfrüchte bei. Opitz von Boberfeld & Beckmann (1998) ermittelten hingegen bei einer Anfang August gesäten Saatwicke einen Nitrat-N Gehalt im Boden im Herbst von nur 10-15 kg ha<sup>-1</sup> und eine N<sub>2</sub>-Fixierleistung von 80-110 kg ha<sup>-1</sup>. Rinnofer et al. (2005) stellten in einem Leguminosen-Gemenge eine Stickstofffixierleistung von 14-34 kg N ha<sup>-1</sup> fest (Mittelwert von 2 Versuchsjahren). Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass der häufig beobachtete hohe N-Vorfruchtwert von Wicken nicht nur durch die Stickstofffixierleistung begründet, sondern auch zu einem nicht unerheblichen Teil auf den Stickstoff aus der Rhizodeposition zurückzuführen ist. Schmidtke (2005) stellte fest, dass die Saatwicke 17,9% des in Spross und Wurzel akkumulierten Stickstoffs zusätzlich während des Wachstums in den Boden über die Rhizodeposition abgegeben hat. Die Rhizodeposition konnte im Rahmen des vorliegenden Versuches nicht ermittelt werden.

Der N<sub>min</sub>-Gehalt konnte nur durch die Zwischenfrucht Phacelia, die eine ausreichende Biomasse bildete, bis zur Ernte der Zwischenfrüchte im Oktober 2003 reduziert werden (71 kg Nitrat-N ha<sup>-1</sup>). Durch die geringe Ertragsleistung der Saatwicke blieb der N<sub>min</sub>-Gehalt auf einem hohem Niveau (111 kg Nitrat-N ha<sup>-1</sup>). Als Vergleich dazu konnte in einem Versuch von König (1995) ein Gemenge aus Wicke und Roggen 96 kg N ha<sup>-1</sup> bis zum Umbruchtermin aufnehmen und erreichte nach Raps (25 kg ha<sup>-1</sup>) mit 39 kg N ha<sup>-1</sup> den geringsten Nitrataustrag in der Versickerungsperiode.

Nachdem die Vor-Zwischenfrüchte der Erbse nur geringe Sprossmasseerträge ausbilden konnten und die Saatwicke nur geringe Mengen an Stickstoff fixierte, wurden auch keine Unterschiede zwischen legumen, nicht-legumen bzw. keinen Vor-Zwischenfrüchten auf den Ertrag und die Stickstofffixierleistung der folgenden Hauptfrucht Erbse festgestellt. Interessant ist, dass auch im Versuchsjahr 2004 die Futtererbsen ihr hohes Ertragspotential zur Körnernutzung im Ökologischen Landbau bewiesen haben.

#### **4.2.2 Nachfruchteffekt der Zwischenfrucht nach Erbse auf die folgende Hauptfrucht Winterweizen**

Der Mittelwert der TM-Sprosserträge aller Varianten der Ausfall-Körnererbsen ist mit 134,5 kg ha<sup>-1</sup> geringer als der Mittelwert aller Ausfall Futtererbsen mit 760,5 kg ha<sup>-1</sup>. Obwohl die Hauptfrucht Futtererbsen-Varianten im Juli 2004 gegenüber den Körnererbsen-Varianten eine höhere Lagerung aufwies, war die Spätverunkrautung dieser Varianten geringer. Der Anteil an verunkrauteter Fläche im Bestand der Zwischenfrüchte nach der Hauptfrucht Erbse (= Ausfall-Erbse bzw. Ausfall-Erbse + Saatwicke) war ebenfalls in den Futtererbsen-Varianten geringer, als in den Körnererbsen-Varianten. Gleichzeitig war die Bodenbedeckung durch den Erbsenbestand und auch die Wuchshöhe der Ausfall-Futtererbsenvarianten höher, als die der Ausfall-Körnererbsen. Diese Tatsache war ein Grund dafür, dass

sich die Ausfall-Futtererbsenvarianten besser entwickeln konnten und deshalb einen höheren TM-Sprossertrag ausbildeten, als die Ausfall-Körnererbsenvarianten.

Interessant ist, dass die Ausfall-Futtererbsenvarianten trotz der geringen Niederschlagssummen im August und September 2004 das zur Verfügung stehende Wasserangebot (106 mm vom Umbruch der Hauptfrucht Erbse im Juli 2004 bis zur Ernte der Zwischenfrüchte nach Erbse im Oktober 2004) effizienter nutzen konnten, als die Ausfall Körnererbsenvarianten. Der durchschnittliche Wasserverbrauch bzw. die Evapotranspiration der Ausfall-erbsen-Varianten vom 22.7.2004 (nach der Ernte der Vorfrucht Erbse) bis zum 18.10.2004 (Erntetermin der Ausfallerbse) ergab 73 mm bei einer Niederschlagssumme von 106 mm. Der Evapotranspirationskoeffizient, ein Maß für das verbrauchte Wasser pro gebildeter Einheit Spross-Trockenmasse, war bei allen vier Ausfall Körnererbsen-Varianten höher (Mittelwert  $4152 \text{ l kg}^{-1}$ ), als bei den Ausfall Futtererbsen-Varianten (Mittelwert  $1017 \text{ l kg}^{-1}$ ; siehe Abbildung 29).

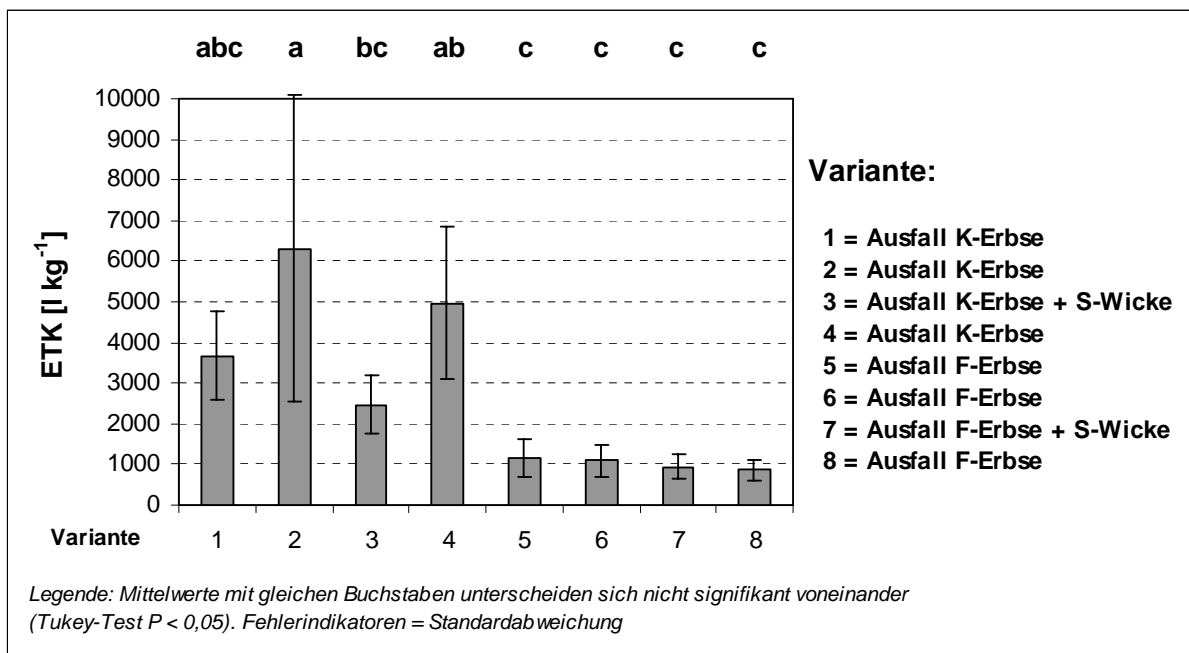


Abbildung 29: Evapotranspirationskoeffizient ( $\text{l kg}^{-1}$ ) der Ausfall-Erbsevarianten zum Erntetermin im Oktober 2004 auf der Teilfläche C

Im Vergleich dazu lag der Evapotranspirationskoeffizient der Hauptfrucht Erbse im Erntejahr 2004 auf der Teilfläche C bei durchschnittlich  $552 \text{ l kg}^{-1}$  (Mittelwert aller Varianten) und unterschied sich nicht zwischen den Varianten (berechnet vom Saattermin der Erbse 1.4. bis zum Erntetermin der Erbse 21.7.2004). Die Niederschlagssumme im genannten Zeitraum war 213 mm, die durchschnittliche Evapotranspiration der Erbsen-Varianten ergab 267 mm (Mittelwert aller Varianten, keine statistischen Unterschiede).

Durch den geringen Beikrautdruck in der Hauptfrucht Futtererbse und den geringeren Evapotranspirationskoeffizienten der Ausfall-Futtererbsen konnten sich die Pflanzen schnell

entwickeln und bildeten eine starke Konkurrenz für die zusätzlich eingebrachte Saatwicke. Der Gesamt-Sprosstrockenmasseertrag der Ausfall Futtererbsen + Saatwicke-Variante (Variante 7) brachte demnach keinen Ertragsvorteil gegenüber den anderen Futtererbsen-Varianten (Variante 5, 6 und 8). In der konkurrenzschwächeren Ausfall Körnererbse-Variante (Variante 3) bewirkte die eingebrachte Saatwicke hingegen eine Steigerung des Gesamt-Sprosstrockenmasseertrages.

Nach den vorliegenden Berechnungen haben die legumen Nach-Zwischenfrüchte keinen Stickstoff aus der Luft fixiert. Ein erhöhter Gehalt an mineralischen N-Verbindungen im Boden reduziert im Allgemeinen die  $N_2$ -Fixierungsleistung von Leguminosen (Danson et al. 1988, Nesheim et al. 1990). Der  $N_{min}$ -Gehalt zur Ernte der Zwischenfrüchte lag bei durchschnittlich  $59 \text{ kg ha}^{-1}$  bei den Leguminosen-Varianten (siehe Abbildung 22) und bei etwa  $99 \text{ kg ha}^{-1}$  bei den Referenzpflanzen-Varianten (=  $N_{min}$ -Gehalt zur Ernte + N-Ertrag der gesamten Referenzpflanze). Dies bedeutet, dass die  $N_2$ -Fixierleistung unter dem Einfluss des hohen Angebotes an mineralischem N im Boden nur unbedeutend bzw. gleich Null gewesen sein kann. Insgesamt konnte wegen der vorherrschenden Standort- und Witterungsbedingungen ( $N_{min}$ -Gehalt im Boden, Niederschläge) weder durch den Anbau einer legumen Zwischenfrucht vor Erbse, noch durch den Anbau einer Leguminosen-zwischenfrucht nach Erbse der Ertrag und der Proteingehalt der Nachfrucht Winterweizen gesteigert werden. Bei sehr guten Wachstumsbedingungen für die Zwischenfrüchte stellten Möller und Reents (1999) fest, dass der Kornertrag des Winterweizens nach reinen Leguminosenzwischenfrüchten (Erbse, Sommerwicke) signifikant höher war, als nach den Zwischenfrüchten Ölrettich in Reinsaat sowie Ölrettich in Mischung mit Leguminosen. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass die Nitrat-Gehalte zu Winterbeginn in den Leguminosenvarianten teilweise sehr hohe Werte ( $98\text{-}140 \text{ kg Nitrat-N ha}^{-1}$ ) erreichten und je nach Witterung und Bodenverhältnissen die Gefahr der Nitratverlagerung besteht. Es wird empfohlen, die Anbaustrategie im Zusammenhang mit den Standortbedingungen (insbesondere der Bodenart und der Wasserspeicherkapazität) zu wählen und die Gefahr der N-Auswaschung durch einen späteren Umbruch zu reduzieren. Der besondere Vorfrucht- bzw. Fruchtfolgewert der Erbse kommt im pannonischen Klimagebiet besser zur Wirkung, da der Stickstoff aus den leicht mineralisierbaren Ernterückständen weniger als in niederschlagsreichen Regionen verlagert wird (Liebhard 1988).

Berechnet man einen vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo für die gesamte Fruchtfolge (siehe Tabelle 38) so ist ersichtlich, dass der N-Entzug der Erbsen- und Weizenkörner durch die legumen Zwischenfrüchte nicht kompensiert werden konnte und der N-Flächenbilanzsaldo für beiden Varianten (1 und 5) negativ ist.

Tabelle 38: Vorrucht-Nachfruchtbeziehung der Zwischenfrucht vor Erbse und der Hauptfrucht Erbse auf der Teilfläche C

Kulturart	Körnererbse (Var. 1)		Futtererbse (Var. 5)	
	Erträge [kg ha <sup>-1</sup> ]	N-Entzug N <sub>2</sub> -Fix. [kg ha <sup>-1</sup> ]	Ertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	N-Entzug N <sub>2</sub> -Fix. [kg ha <sup>-1</sup> ]
<b>1. Zwischenfrucht</b>				
ZF Saatwicke – Spross	105	2	118	3
ZF Saatwicke - Wurzeln	164	3	228	3
ZF Saatwicke - GESAMT	269	5	346	6
ZF Saatwicke N <sub>2</sub> -Fixierung		19		35
<b>2. Erbse</b>				
Körner	2089	67	1970	67
Stroh	2885	29	3311	26
Wurzeln	694	11	490	8
= Stroh und Wurzeln Erbse	3579	40	3801	34
= Gesamtpflanze Erbse	5668	107	5771	101
Erbse N <sub>2</sub> -Fixierung		43		50
Wurzelexudate Erbse <sup>1</sup>		12		11
<b>3. Zwischenfrucht</b>				
ZF Ausfallerbse – Spross	188	9	864	40
ZF Ausfallerbse – Wurzeln	171	3	253	5
ZF Ausfallerbse – GESAMT	359	12	1117	45
ZF Ausfallerbse N <sub>2</sub> -Fixierung		0		0
<b>3. Winterweizen</b>				
Körner (16% RP), ohne Stroh	3260	92	3475	98
<b>SUMME N-Entzug</b>		<b>159</b>		<b>165</b>
<b>SUMME N<sub>2</sub>-Fixierung + Exudate</b>		<b>74</b>		<b>96</b>
<b>N-Bilanzsaldo</b>		<b>-85</b>		<b>-69</b>

<sup>1</sup>: Wurzelexudate: 11,2% des gesamtpflanzlichen N (Jost 2003)

Es sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass trotz des negativen N-Flächenbilanzsaldos sowohl der TM-Kornertrag, als auch der Rohproteingehalt und Proteinertrag von Winterweizen im Erntejahr 2005 den Mittelwert von 5 Erntejahren (siehe Tabelle 39) überstieg. Im Jahr 2005 lag die Niederschlagssumme unter dem langjährigen Durchschnitt (-142 mm von November 2004 bis Juni 2005, siehe Abbildung 20) und der N<sub>min</sub>-Gehalt unter dem Winterweizenbestand im Frühjahr 2005 war niedriger (siehe Tabelle 9), als in den Jahren zuvor. Da die Hauptfrucht Erbse den größten Teil der Stickstofffixierung selbst verbraucht, indem die Kornernte vom Feld abgefahren wird, sind für die Nachfrucht nur die durch Mineralisation pflanzenverfügbaren Ernterückstände von Nutzen. Ein möglicher Grund für den dennoch sehr hohen Proteingehalt im Winterweizen 2005 ist demnach die



Mineralisation von Ernterückständen der Leguminosen. Beim Abbau der Rückstände von Körnerleguminosen werden generell etwa 20 bis 30 kg N ha<sup>-1</sup> mineralisiert (Müller 1986). Die im Laufe der Vegetationsperiode durch Mineralisation gebildete anorganische Stickstoffmenge kann nur geschätzt werden, da mit der N<sub>min</sub>-Methode nur der momentan pflanzenverfügbare Stickstoff im Boden ermittelt werden kann. Addiert man die N-Mengen in den Ernterückständen aller Leguminosen im vorliegenden Versuch (d.h. Zwischenfrucht vor Erbse, Hauptfrucht Erbse, Zwischenfrucht nach Erbse; siehe Tabelle 38), so stehen den Nachfrüchten etwa 57 (Variante 1) bis 85 kg N ha<sup>-1</sup> zur Verfügung. Sembach (1988) schätzt, dass je nach Boden, Kulturmaßnahmen und Witterungsverlauf, durch eine Körnerleguminosen-Hauptfrucht etwa 40-80 kg N ha<sup>-1</sup> sowie durch eine legume Zwischenfrucht immerhin noch 15-40 kg N ha<sup>-1</sup> der folgenden Nachfrucht zur Verfügung gestellt werden können. Meistens wirken der im Herbst vorhandene Nitrat-N für die Folgekultur zu rasch und der in den Ernterückständen vorhandene, organisch gebundene Stickstoff zu langsam. Daher kommt nur ein geringer Teil des nach der Ernte der Vorfrüchte bzw. Vor-Zwischenfrüchte vorhandenen Stickstoffs der ersten Nachfrucht zugute. Jensen (1995) ermittelte, dass nur 6% (Sommerhafer) bzw. 14% (Winterhafer) des residualen Stickstoffs der Erbse der ersten Nachfrucht zur Verfügung standen. In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den direkten Vorfruchtwert der Zwischenfrucht vor Erbse bzw. Hauptfrucht Erbse auf die Nachfrucht Winterweizen, abzuschätzen. Der direkte Vorfruchtwert schlägt sich in einer Ertrags- bzw. Proteinkonzentrationssteigerung der unmittelbaren Folgefrucht nieder. Der indirekte Vorfruchtwert, der zu einer Erhöhung des Ertragsniveaus der zweiten und dritten Nachfrucht führen kann, konnte im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht werden.

Tabelle 39: TM-Kornertrag (kg ha<sup>-1</sup>), Rohproteingehalt (%) und Rohproteinertrag (kg ha<sup>-1</sup>) von Winterweizen in den Jahren 2001-2005 auf den Versuchsflächen des Institutes für Ökologischen Landbau, Raasdorf im Marchfeld (Mittelwert aller Versuchsvarianten)

Erntejahr	TM-Kornertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	Rohproteingehalt [%]	Proteinertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]	Quelle
2001	2450	13,0	319	Farthofer et al., 2004
2002	3400	13,6	462	Farthofer et al, 2004
2003	3510	13,1	460	Teilfläche A <sup>1</sup>
2004	3874	10,2	395	Teilfläche B <sup>1</sup>
2005	3574	15,5	554	Teilfläche C <sup>1</sup>
<b>Mittelwert</b>	<b>3362</b>	<b>13,1</b>	<b>438</b>	

<sup>1</sup>: Daten aus dem vorliegenden Projekt

### 4.3 Teilprojekt B - Zusammenfassung

Bei viehloser Bewirtschaftung kann die N-Flächenbilanz trotz der Stickstofffixierleistung der Erbse negativ ausfallen. Die häufig negativen N-Flächenbilanzsalden im Erbsenanbau entstehen dadurch, dass mit den Körnern ein maßgeblicher Anteil des Stickstoffs von der

Fläche exportiert wird. Durch den Anbau einer legumen Zwischenfrucht vor Erbse kann der negative N-Flächenbilanzsaldo ausgeglichen und das Wachstum und die Entwicklung der Hauptkultur gefördert werden. Durch die von der legumen Vor-Zwischenfrucht und der Hauptfrucht Erbse akkumulierte mineralische Stickstoffmenge im Boden kann der Ertrag und der Proteingehalt der nachfolgenden Getreidehauptfrucht gedeckt werden. Zusätzlich stellt die Zwischenfrucht durch ihre Ernterückstände rasch mineralisierbare Nährstoffmengen zur Verfügung, die ebenfalls der Nachfrucht zu Gute kommen.

Zur Überprüfung dieser Annahmen, wurde in einem dreijährigen Feldversuch (2003-2005) auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen der Universität für Bodenkultur in Raasdorf (Marchfeld, östlich von Wien) der Einfluss einer legumen Vor-Zwischenfrucht auf die folgende Hauptfrucht Erbse und der Einfluss der Nach-Zwischenfrucht auf die folgende Hauptfrucht Winterweizen untersucht. Übergeordnetes Ziel dieses Teilprojektes war, den Erbsenanbau durch den Anbau von Vor- und Nachzwischenfrüchten zu optimieren bzw. die Erträge und Proteingehalte der folgenden Getreidenachfrucht zu steigern.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### 1. Nachfruchteffekt der Zwischenfrucht vor Erbse auf die folgende Erbse

Die trockenen und heißen Witterungsbedingungen im Sommer 2003 bewirkten eine geringe Sprosstrockenmassebildung der Zwischenfrüchte vor Erbse (Saatwicke 112 kg ha<sup>-1</sup>, Phacelia 1132 kg ha<sup>-1</sup>). Durch das hohe N<sub>min</sub>-Niveau im Boden (56-94 kg ha<sup>-1</sup> zur Saat der Zwischenfrüchte) war die Stickstofffixierleistung der legumen Zwischenfrucht sehr gering (27 kg N ha<sup>-1</sup>). Durch die schlechte Entwicklung der Saatwicke blieb der N<sub>min</sub>-Gehalt sowohl im Herbst 2003 (Zwischenfrucht vor Erbse), als auch im Herbst 2004 (Zwischenfrucht nach Erbse) auf einem hohen Niveau (2003: 111 kg N ha<sup>-1</sup>, 2004: 49 kg N ha<sup>-1</sup>). Die wüchsigeren Zwischenfrucht Phacelia konnte ausreichend Sprossmasse entwickeln, um das N<sub>min</sub>-Niveau im Boden senken (2003: 71 kg N ha<sup>-1</sup>). Für eine effiziente Ausnutzung von Standortressourcen wird im Marchfeld generell der Anbau von Zwischenfrucht-Gemengen empfohlen.

Durch die geringe Ertrags- und Stickstofffixierleistungen der legumen Zwischenfrüchte im Jahr 2003 wurde kein positiver Effekt auf die folgende Hauptfrucht Erbse festgestellt. Der Kornertrag der Erbse betrug 1938 kg ha<sup>-1</sup> bei einer Stickstofffixierleistung von 55 kg N ha<sup>-1</sup> (Mittelwert aller Varianten). Die Grünfuttererbsen bildeten gegenüber den Körnererbsen bei gleich hohem Kornertrag einen höheren Stroh- und einen geringeren Wurzelertrag (30-60 cm) aus. Da auch der Beikrautdruck und der Blattlausbefall in den Futtererbsen geringer waren als in den Körnererbsen, wurde die Eignung von Grünfuttererbsen zur Körnernutzung auch im Versuchsjahr 2004 bestätigt.

## 2. Nachfruchteffekt der Zwischenfrucht nach Erbse auf den folgenden Winterweizen

Die Sprosstrockenmasseerträge der Ausfall Futtererbse-Varianten waren durch die geringere Spätverunkrautung der vorangehenden Hauptfrucht höher, als die der Ausfall Körnererbsen-Varianten (Mittelwert Ausfall Futtererbsen-Varianten: 760,5 kg ha<sup>-1</sup>, Mittelwert Ausfall Körnererbsen-Varianten: 135 kg ha<sup>-1</sup>). Die mittels Direktsaat ausgebrachte Saatwicke konnte sich nur in der konkurrenzschwächeren Ausfall Körnererbse-Variante entwickeln und bewirkte eine Steigerung des Gesamt-Sprosstrockenmasse- und N-Ertrages (TM Sprossertrag Ausfall Körnererbsen-Varianten ohne Saatwicke: 148 kg ha<sup>-1</sup>, Ausfall Körnererbsen-Variante mit Saatwicke 274 kg ha<sup>-1</sup>). Da die Stickstofffixierleistung der Zwischenfrüchte durch das hohe Angebot an mineralischem Stickstoff im Boden gleich Null zu setzen war, leistete der Anbau der legumen Zwischenfrüchte nach der Erbse unter den vorherrschenden Standort- und Witterungsbedingungen keinen erkennbaren Beitrag zur Steigerung des Kornertrages (Mittelwert aller Varianten: 3574 kg ha<sup>-1</sup>) und Proteingehaltes (15,5%) der Nachfrucht Winterweizen. Nachdem der Winterweizen ein hohes Proteinertragsniveau (554 kg ha<sup>-1</sup>) erreicht hat, ist nicht auszuschließen, dass durch die langsame Mineralisation der Ernte- und Wurzelrückstände der Ausfallerbse eine zusätzliche N-Versorgung der Getreidenachfrucht erfolgt ist.

## 5 Teilprojekt C

### 5.1 Teilprojekt C - Methoden

Im Frühjahr 2003 wurden 341 Erhebungsbögen (siehe Anhang, Abbildung 35) an Landwirte von insgesamt 4 Bundesländern (Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland, Kärnten) versandt. Die Adressen für den Versand wurden vom ERNTE Verband des jeweiligen Bundeslandes zur Verfügung gestellt.

Tabelle 40: Statistik der Praxisprobensammlung 2003

	Anzahl	Anteile
Angeschriebene Betriebe	341	100 %
Erfolgreich angerufene Betriebe	271	79,5 % der Angeschriebenen
Betriebe, die keine Proben schicken konnten <sup>1</sup>	68	25,1% der Angerufenen
Betriebe, die Proben schicken wollten	203	74,9% der Angerufenen
Betriebe, die tatsächlich Proben geschickt haben	113	33,2 % der Angeschriebenen
		55,7 % der Zugesagten
Zugesagte Probenzahl	252	
Zugeschickte Probenzahl	137	ca. 54,4 % der Zusagen

<sup>1</sup>: „keine Proben schicken können“ bedeutet, dass diese Betriebe im Jahr 2003 keine Erbsen angebaut hatten oder das Erntegut schon abgeliefert war o. ä.

Von den insgesamt 341 Aussendungen ist ein relativ hoher Anteil (durchschnittlich 40,2%) an zurückgesandten Erbsen-Proben eingelangt (siehe Tabelle 40 und Tabelle 47 im Anhang). Dies wurde wahrscheinlich möglich, weil die Betriebe (79,5% der Angeschriebenen) nach der Versendung des Erhebungsbogens zusätzlich angerufen wurden, um auf die Praxisprobensammlung hinzuweisen bzw. daran zu erinnern. Die tatsächlich eingelangte Probenzahl ist nicht mit der Betriebszahl gleichzusetzen, da manche Betriebe mehrere Proben eingesandt haben.

Die in diesem Teilprojekt verwendeten Klimadaten wurden freundlicherweise von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik<sup>5</sup> zur Verfügung gestellt und stammen von 36 verschiedenen Klimamess-Stationen in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland und Kärnten. Die dem landwirtschaftlichen Betrieb geographisch am nächsten gelegene Mess-Station wurde für jede Probe gesichtet und deren Daten verwendet, um den Einfluss der Witterungsverhältnisse im Jahr 2003 auf den Druschertrag und den Rohproteingehalt der Erbsen zu untersuchen.

## 5.2 Teilprojekt C – Ergebnisse und Diskussion

### 5.2.1 Beschreibung der Stichproben

Von den insgesamt eingelangten 137 Erbsenproben sind 96 Proben der Körnererbse (*Pisum sativum* cv. *sativum*), 38 Proben der Futtererbse (*Pisum sativum* cv. *speciosum*) und 3 Proben der Platterbse (*Lathyrus sativus*) zuzuordnen.

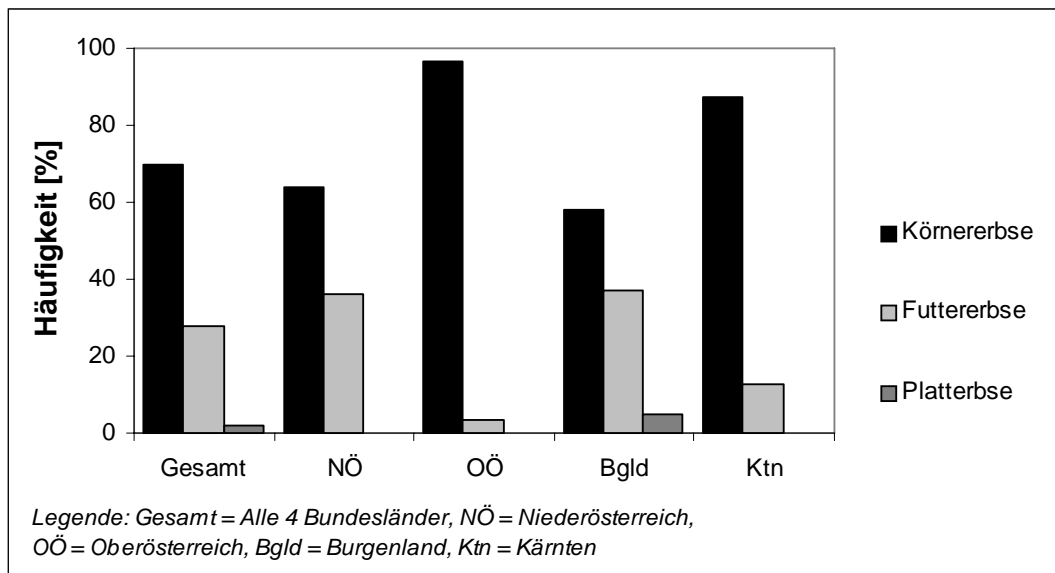


Abbildung 30: Häufigkeit der Erbsen-Convarietät bzw. Erbsenart Gesamt (d.h. alle beprobten Bundesländer zusammen) und pro Bundesland in %

<sup>5</sup> Die Ausfolgung der Daten erfolgte durch das Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur, Wien.

70% der gesamten, eingelangten Erbsenproben waren Körnererbsen, 28% Futtererbsen, 2% Platterbsen. Die prozentuelle Aufteilung der Erbsen-Convarietäten pro Bundesland (Abbildung 30) ergab eine Häufigkeit von 58% (Burgenland) bis 97% (Oberösterreich) an Körnererbsen. Nur aus dem Bundesland Burgenland sind auch Proben der Platterbse eingelangt.

Die von allen beteiligten Landwirten am häufigsten eingesetzte Erbsensorte (siehe Tabelle 41) im Erntejahr 2003 war die Sorte Gotik (Körnererbse), gefolgt von Sirius (Futtererbse) und Santana (Körnererbse). Im Bundesland Niederösterreich wurden neben der Sorte Gotik und Sirius auch die Körnererbsen-Sorten Miami und Jackpot bevorzugt angebaut. Auch in Oberösterreich war die Häufigkeit der verwendeten Erbsen-Sorten von Jackpot, Miami und Santana am größten. Die Sorte Gotik war im Burgenland die am häufigsten verwendete Erbsensorte, gefolgt von Arvika und Sirius. Da aus dem Bundesland Kärnten nur 8 Proben eingelangt sind, wird auf eine Interpretation der verwendeten Erbsensorten verzichtet.

Die Mehrzahl der befragten Betriebe verwendeten bei der Saat von Erbsen eine Saatstärke von 91-110 Körner/m<sup>2</sup> (37%) oder 111-150 Körner/m<sup>2</sup> (28%) und gaben den Sätermin mit Ende März (21.-31.3.2003) an. Die Erbsen-Ernte erfolgte in Niederösterreich, Oberösterreich und Kärnten Mitte Juli 2003, nur im Burgenland schon Anfang Juli.

Tabelle 41: Erbsen-Probenzahl Gesamt und pro Bundesland nach Sorten

Sorte	Gesamt	NÖ	OÖ	Bgld	Ktn
Arvika	12	4	1	7	0
Attika	6	1	2	3	0
Bohatyr	2	0	0	0	2
Delta	1	0	0	1	0
Dora	2	0	0	2	0
Eiffel	1	1	0	0	0
Gotik	27	6	0	21	0
Herold	5	2	1	2	0
Jackpot	11	5	5	0	1
Merkur	1	0	0	1	0
Miami	11	5	5	0	1
Profi	1	0	1	0	0
Rhea	1	1	0	0	0
Santana	13	1	8	4	0
Sirius	14	6	0	7	1
Sponsor	8	1	4	1	2
Susan	1	1	0	0	0
Vivioletta	1	1	0	0	0
keine Angabe	13	3	2	8	0
Sortengemisch	6	1	2	2	1
<b>Gesamt</b>	<b>137</b>	<b>39</b>	<b>31</b>	<b>59</b>	<b>8</b>

In Niederösterreich und Burgenland wurde der Druschertrag mit 1000-1500 kg/ha angegeben, in Oberösterreich mit 1500-2500 kg/ha, in Kärnten mit 2500-3500 kg/ha. Je 26% der Befragten gaben an, keine Schädlingsprobleme, mehrere Schädlinge oder einen Befall mit Erbsenblattlaus im Erbsenbestand beobachtet zu haben. 12% der Befragten nannten den Erbsenkäfer, 5% den Erbsenwickler als auftretende Schädlinge. 66% der Befragten setzen den Striegel zur Beikrautregulierung ein, 19% verwenden keinerlei beikrautregulierende Maßnahmen. Der subjektive Eindruck der Landwirte bezüglich des Witterungsverlaufes im Jahr 2003 zeigt sich in 69% der Befragten, die eine "große Hitze und Trockenheit" in der Vegetationsperiode 2003 beobachteten. Dies wird durch die Klimadaten, die von den Wetterstationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zur Verfügung gestellt wurden, bestätigt. 57% aller untersuchten Betriebe erreichten von März bis August 2003 nur 60-75% der Niederschläge des langjährigen Durchschnitts, 37% der untersuchten Betriebsflächen waren von März bis August 2003 einer gegenüber dem langjährigen Durchschnitt um +15-20% höheren Temperatur ausgesetzt.

52% aller Befragten haben vor 0-5 Jahren ihren Betrieb auf ökologische Wirtschaftsweise umgestellt, 35% vor 6-10 Jahren, 11% vor 11-18 Jahren. Die meisten Betriebe in Oberösterreich, Burgenland und Kärnten haben ihre Betriebe erst vor 0-5 Jahren auf ökologische Wirtschaftsweise umgestellt (siehe Abbildung 31), in Niederösterreich wurden die meisten Betriebe schon vor 6-10 Jahren umgestellt (59%).

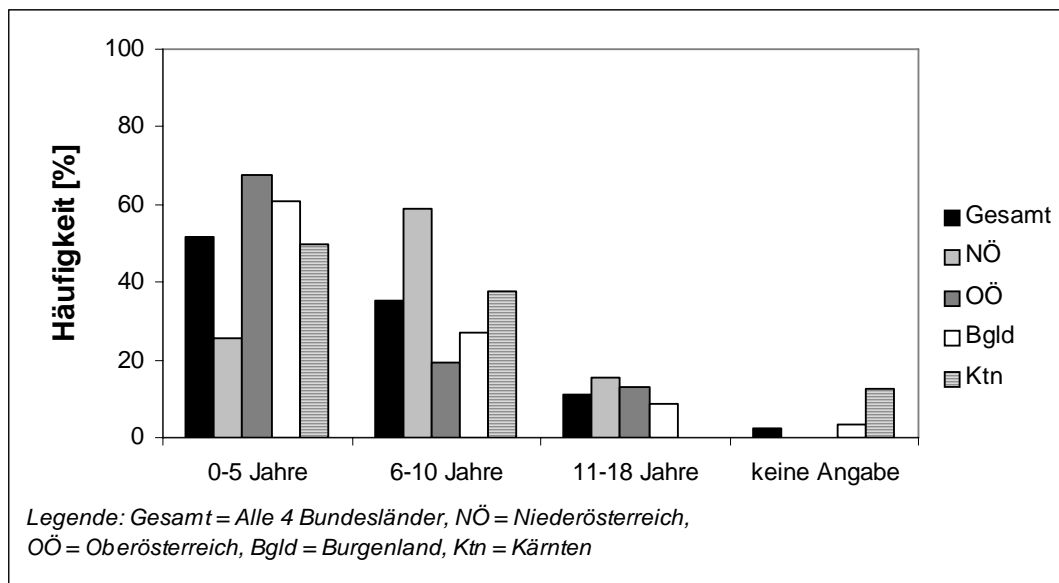


Abbildung 31: Häufigkeit von Betrieben in Bezug auf den Umstellungszeitpunkt (vor xx Jahren) Gesamt (d.h. alle beprobten Bundesländer zusammen) und pro Bundesland in %

## 5.2.2 Druschertrag und Rohproteingehalt

Sowohl zwischen den Erbsensorten (Tabelle 42), als auch zwischen den Erbsenarten bzw. Convarietäten (Körnererbsen, Futtererbsen, Platterbsen) wurden keine Unterschiede im Rohproteingehalt festgestellt.

Der Druschertrag der Erbsen unterschied sich deutlich zwischen den Bundesländern (siehe Abbildung 32). Der mit 2521 kg ha<sup>-1</sup> höchste Druschertrag im Bundesland Kärnten geht mit einer hohen Niederschlagssumme sowie einer hohen Durchschnittstemperatur für den Zeitraum 03-08/2003 einher (siehe Tabelle 43). Bei den Proben aus Niederösterreich, das Bundesland mit den signifikant höchsten Niederschlagsmengen und der höchsten Durchschnittstemperatur im Zeitraum März bis August 2003 (nicht statistisch absicherbar; siehe Tabelle 43), wurde der geringste Druschertrag festgestellt (Abbildung 32). Dies ist ein Hinweis darauf, dass im ökologischen Erbsenanbau nicht nur die klimatischen Faktoren für die Ertragssicherung wesentlich sind.

Tabelle 42: Rohproteingehalt in % von Körner-, Futter- und Platterbsen Gesamt (Mittelwert der Bundesländer NÖ, OÖ, Bgld und Ktn)

Sorte	N	Mittelwert	Stdabw	Sorte	N	Mittelwert	Stdabw
Arvika	12	22,8	2,4	Miami	11	22,1	4,2
Attika	6	21,3	2,4	Profi	1	19,2	0,0
Bohatyr	2	24,1	6,5	Rhea	1	21,5	0,0
Delta	1	17,1	0,0	Santana	13	21,3	2,4
Dora	2	19,0	2,1	Sirius	14	21,2	2,4
Eiffel	1	18,0	0,0	Sponsor	8	19,5	2,0
Gotik	26	21,5	2,9	Susan	1	22,4	0,0
Herold	4	21,2	2,6	keine Angabe	12	22,0	1,9
Jackpot	10	22,6	4,1	Sortengemisch	6	20,8	2,2
Merkur	1	20,1	0,0	Gesamt	132	21,5	2,9

Stdabw: Standardabweichung (Fehlerindikator); N: Anzahl der Proben; von 5 Proben keine Analyseergebnisse

Die höchsten Rohproteingehalte erreichten die Kärntner Erbsenproben mit durchschnittlich 22,8%, die sich signifikant von den Proben aus Oberösterreich mit einem Rohproteingehalt von 20,4% unterscheiden (Abbildung 32). Dazwischen lagen die Proben aus dem Burgenland (21,9%) und aus Niederösterreich (21,4%).

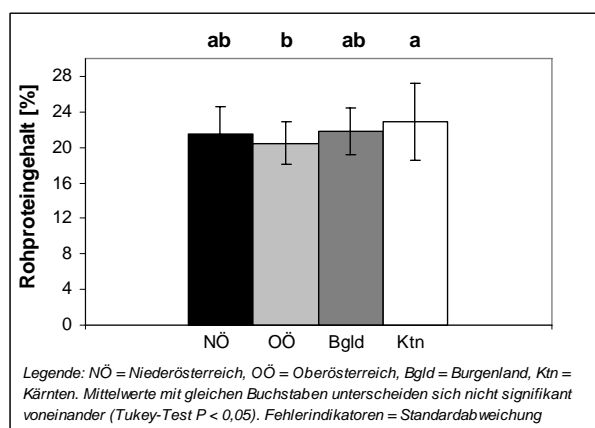
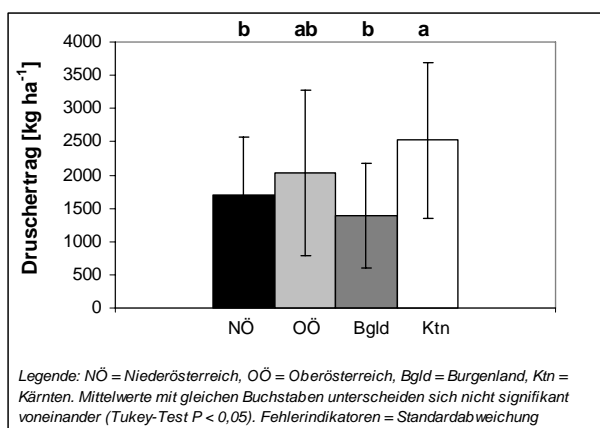


Abbildung 32: Druschertrag in kg ha<sup>-1</sup> (links) und Rohproteingehalt in % (rechts) von Erbsen in Abhängigkeit vom Bundesland

Bei Getreidekulturen ist eine negative Korrelation zwischen Proteingehalt und Kornertrag bekannt (z.B. Johannson und Svensson 1997). In der vorliegenden Arbeit bildeten die Erbsenproben aus Kärnten mit dem durchschnittlich höchsten Rohproteingehalt jedoch die höchsten Druscherträge aus. Andererseits erreichten die Proben aus Oberösterreich mit dem geringsten Rohproteingehalt die zweithöchsten Druscherträge (siehe Abbildung 32). Insgesamt wurde bei der Auswertung nach Bundesländern eine hoch signifikante, schwach negative Korrelation von  $r = -0,38^{**}$  zwischen dem Proteingehalt und dem Druschertrag der Erbsenproben festgestellt.

Tabelle 43: Niederschlagssumme in mm und Durchschnittstemperatur in °C von 03-08/2003 in den Bundesländer Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland und Kärnten

Bundesland	Niederschlagssumme [mm]		Bundesland	Temperatur Ø [°C]	
	Mittelwert	Stdabw		Mittelwert	Stdabw
Niederösterreich	369,8 a	162,7	Niederösterreich	15,9 a	0,8
Oberösterreich	244,3 b	78,6	Oberösterreich	14,8 a	3,2
Burgenland	277,3 ab	127,3	Burgenland	13,5 a	5,5
Kärnten	329,5 ab	24,2	Kärnten	15,5 a	0,9

Stdabw: Standardabweichung; Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tukey-Test  $P < 0,05$ )

Da in jedem Bundesland verschiedene Klimazonen auftreten, ist es wesentlich, den Zusammenhang zwischen Druschertrag und Klima (Temperatur, Niederschlagssumme) über die Ländergrenzen hinaus anzustellen. Der Einfluss der durchschnittlichen Temperatur innerhalb der Vegetationsperiode (03-08/2003) auf den Druschertrag wird in Abbildung 33 deutlich. Proben von Praxisflächen mit höherer Durchschnittstemperatur (16,2-17,1°C) wiesen signifikant höhere Druscherträge auf, als Proben von Flächen mit niedrigerer Temperatur (12,0-16,1°C). Die Höhe der Niederschlagssumme hatte keinen Einfluss auf den Druschertrag (Abbildung 33).

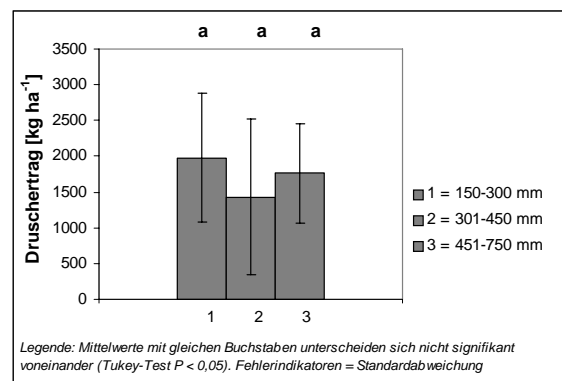
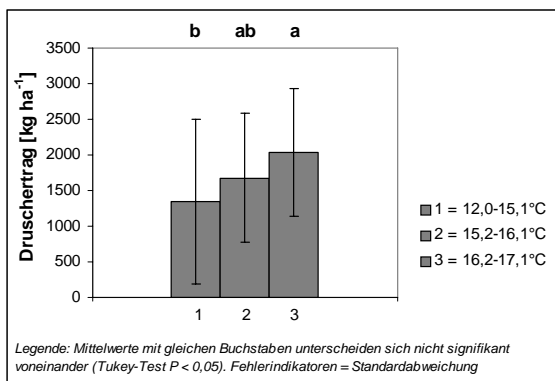


Abbildung 33: Druschertrag von Erbsen in  $\text{kg ha}^{-1}$  Gesamt (d.h. alle beprobten Bundesländer zusammen) in Abhängigkeit von der Durchschnittstemperatur 03-08/2003 (links) sowie in Abhängigkeit von der Niederschlagssumme 03-08/2003 (rechts)

Bei der Auswertung nach Monaten ergab sich eine signifikante, schwach positive Korrelation zwischen den Druscherträgen und der Temperatur in den Monaten Mai, Juni, Juli und August



2003 (siehe Tabelle 44). Die Niederschlagssumme hatte keinen Einfluss auf die Druscherträge.

Tabelle 44: Korrelationskoeffizient nach Pearson in Erbsenproben Gesamt (alle Bundesländer) zwischen Druschertrag und Temperatur, Körnertrag und Niederschlag sowie Rohproteingehalt und Temperatur, Rohproteingehalt und Niederschlag für die Monate Mai, Juni, Juli und August 2003

**Druschertrag**

Monat	Temperatur	Niederschlag
Mai 2003	0,36 <sup>++</sup>	-0,23 <sup>++</sup>
Juni 2003	0,34 <sup>++</sup>	-0,13
Juli 2003	0,37 <sup>++</sup>	-0,16
August 2003	0,34 <sup>++</sup>	-0,04

\*: signifikant auf dem Niveau von  $p < 0,05$

+: signifikant auf dem Niveau von  $p < 0,01$

**Rohprotein**

Monat	Temperatur	Niederschlag
Mai 2003	-0,19*	0,29 <sup>++</sup>
Juni 2003	-0,22*	0,04
Juli 2003	-0,17	0,04
August 2003	-0,31 <sup>++</sup>	0,14

\*: signifikant auf dem Niveau von  $p < 0,05$

+: signifikant auf dem Niveau von  $p < 0,01$

Die Höhe des Rohproteingehaltes in den Erbsenproben zeigte eine Abhängigkeit von der Durchschnittstemperatur in der Vegetationsperiode (Abbildung 34). In Anbauregionen mit einer geringeren Durchschnittstemperatur von 12,0-15,0°C wurde mit 22,9% ein signifikant höherer Rohproteingehalt in den Erbsenproben ermittelt, als in Regionen mit 15,2-17,1°C. In den Monaten Mai und Juni 2003 wurde eine signifikante, schwach negative Korrelation zwischen Temperatur und Rohproteingehalt in den Monaten Mai und Juni 2003 festgestellt (Tabelle 44). Die Niederschlagssumme zeigte keinen Einfluss auf den Rohproteingehalt (Abbildung 34).

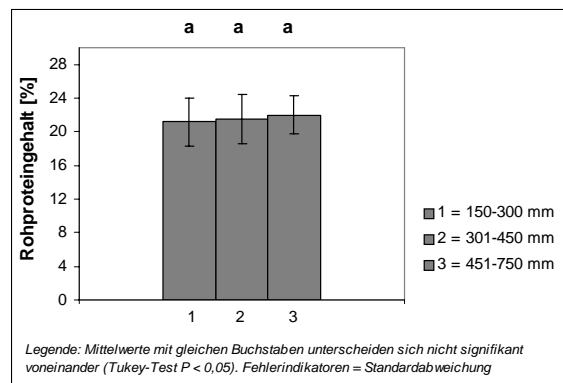
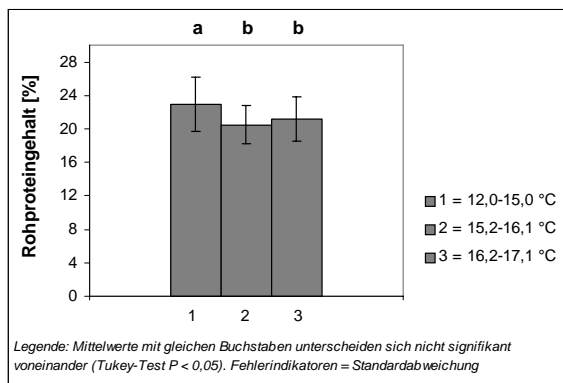


Abbildung 34: Rohproteingehalt in % von Erbsen in  $\text{kg ha}^{-1}$  Gesamt (d.h. alle beprobten Bundesländer zusammen) in Abhängigkeit von der Durchschnittstemperatur 03-08/2003 (links) sowie in Abhängigkeit von der Niederschlagssumme 03-08/2003 (rechts)

Je nachdem, in welchem Vegetationsstadium spezielle Witterungsbedingungen vorherrschen, werden z.B. die vegetative oder generative Entwicklung der Pflanze gefördert, die Standfestigkeit verbessert, die Proteinkonzentration erhöht. Beim Weizen beeinflussen die Witterungsverhältnisse in der frühen Vegetationsperiode hauptsächlich den Körnertrag, währenddessen die Bedingungen in der Kornfüllungsphase wichtig für die Proteinkonzentration im Weizen sind (Johansson und Svensson 1997). Der Körnertrag gibt die

Prozessaktivität der Stärkeanreicherung im Korn an, die Proteinkonzentration reflektiert den N-Metabolismus. Generell wird durch eine höhere Durchschnittstemperatur das Wachstum und die Entwicklung beschleunigt und die Pflanzen blüht früher (Fuchs 1943). Bei der Erbse wirken sich eine hohe mittlere Tagestemperatur und eine geringe Niederschlagsmenge in der Zeit zwischen Blüte und Reife günstig auf den Proteingehalt im Korn aus (Brouwer 1976). Deshalb wurden die vorliegenden Daten speziell in dem genannten Zeitraum im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen den Witterungsverhältnissen und dem Proteingehalt bzw. dem Druschertrag der Erbsen ausgewertet. Dafür wurde die Monatsdurchschnittstemperatur und die Niederschlagssumme der Monate Juni und Juli 2003 herangezogen<sup>6</sup>. In der vorliegenden Arbeit zeigte sich, dass bei der niedrigsten Durchschnittstemperatur in den Monaten Juni/Juli 2003 von 18,0-19,5 °C der Rohproteingehalt mit 22,9% den signifikant höchsten Wert erreichte (siehe Tabelle 45). Die negative Korrelation ( $r = -0,37^{**}$ ) zwischen Proteingehalt und Kornertrag zeigte sich beim niedrigsten Druschertrag von 1296 kg ha<sup>-1</sup> in der zuvor genannten Temperaturklasse. Dies bedeutet, dass bei einer höheren Temperatur der Ertrag gesteigert und durch den Verdünnungseffekt der Rohproteingehalt reduziert wurde. Als optimale Tagestemperatur gelten bei der Erbse 15-18 °C zwischen Aufgang und Blüte, sowie 18-21 °C zwischen Blüte und Reife (Cujko & Gulenko 1967). Starke Trockenheit, besonders im Mai und Juni, bewirken eine Abnahme von Zahl und Gewicht der Hülsen und Körner, aber der Rohproteingehalt in der Trockenmasse nimmt zu (Stählin 1955). Die Entwicklung der Erbsenpflanzen wird mit der Erhöhung der Temperatur beschleunigt, d.h. die Pflanzen blühen und reifen schneller, je höher die Temperatur ist. Durch die Verkürzung der Vegetationszeit wird der Kornertrag reduziert (Bäumer 1992).

Tabelle 45: Rohproteingehalt (%) und Druschertrag (kg ha<sup>-1</sup>) in Erbsenproben Gesamt (alle Bundesländer) in Abhängigkeit von der Temperatur für die Monate Juni und Juli (Mittelwert beider Monate)

Rohprotein				Druschertrag			
Temperatur	MW [%]	Stdabw [%]	Tukey	Temperatur	MW [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey
18,0 - 19,5 °C	22,9	3,6	a	18,0 - 19,5 °C	1296	1281	b
19,6 - 21,0 °C	21,2	2,6	b	19,6 - 21,0 °C	1453	876	b
21,1 - 22,4 °C	20,9	2,5	b	21,1 - 22,4 °C	2058	856	a

Die Höhe der Niederschlagssumme hatte auch im Zeitraum Juni/Juli 2003 keinen Einfluss auf den Rohproteingehalt und den Druschertrag der Erbsen (siehe Tabelle 46). Liebhard (1986) gibt für einen befriedigenden Erbsenertrag für die vegetative Phase, die Blühperiode während des Hülsenansatzes und der Kornfüllung ca. 180 mm Niederschlag als notwendig an. Von März bis Juli 2003 betrug die Niederschlagssumme am Versuchsstandort Raasdorf, der sicher im Vergleich mit den Erbsenproben der Praxisprobensammlung zu den

<sup>6</sup> Da Informationen über den Blühzeitpunkt der Erbsen in den verschiedenen Klimaregionen nicht erhoben wurden, und normalerweise die Erbsenblüte von Mitte Mai bis Mitte Juni stattfindet, wurde der Blühzeitpunkt als Mittelwert über alle Klimaregionen mit Anfang Juni angenommen.

trockensten Standorten zählt, 177 mm. Dies lässt den Schluss zu, dass die Niederschlagssumme im genannten Zeitraum ausreichend für die Entwicklung der Erbsenpflanzen war.

Tabelle 46: Rohproteingehalt (%) und Druschertrag ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) in Erbsenproben Gesamt (alle Bundesländer) in Abhängigkeit von der Niederschlagssumme für die Monate Juni und Juli

Rohprotein				Druschertrag			
Niederschlag	MW [%]	Stdabw [%]	Tukey	Niederschlag	MW [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey
64 - 135 mm	21,5	3,0	a	64 - 135 mm	1877	973	a
136 - 200 mm	21,2	2,8	a	136 - 200 mm	1722	1053	a
201 - 263 mm	21,6	2,1	a	201 - 263 mm	1424	963	a
264 - 510 mm	21,3	2,3	a	264 - 510 mm	1400	489	a

Es ist jedoch möglich, dass auch andere Einflussfaktoren auf die Höhe der Proteinkonzentration im Korn Wirkung gezeigt haben, wie z.B. der  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden oder die Stickstofffixierleistung der Erbsen. Da es bei Praxiserhebungen nicht möglich ist, zu diesen Parametern Informationen zu erhalten, konnte nur eine eingeschränkte Interpretation der vorliegenden Daten erfolgen.

### 5.3 Teilprojekt C – Zusammenfassung

Die speziellen Witterungsbedingungen am Standort beeinflussen den Ertrag und Rohproteingehalt der Erbse je nachdem, in welchem Entwicklungsstadium sich die Pflanze befindet. Zwischen der Blüh- und Reifephase wird die Proteinkonzentration der Erbse am meisten beeinflusst. Zur Überprüfung dieser Annahme wurden im Erntejahr 2003 Erhebungsbögen an Landwirte von insgesamt 4 Bundesländern (Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland, Kärnten) versandt, um den Einfluss der Witterungsbedingungen in der jeweiligen Anbauregion auf den Kornertrag und den Rohproteingehalt im Korn der Erbsen zu untersuchen.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Erbsenproben aus Klimaregionen mit den niedrigsten Durchschnittstemperaturen in den Monaten Juni/Juli 2003 (18,0-19,5°C) erreichten die höchsten Rohproteingehalte (22,9%) und die geringsten Kornerträge ( $1296 \text{ kg ha}^{-1}$ ). In Klimaregionen mit höheren Durchschnittstemperaturen (21,1-22,4°C) wurden das Wachstum und die Entwicklung der Erbsenpflanzen forciert und die Kornerträge ( $2058 \text{ kg ha}^{-1}$ ) gesteigert. Durch die negative Korrelation zwischen Proteingehalt und Kornertrag kommt es zu einem Verdünnungseffekt, der zu einer Reduktion des Rohproteingehalte (20,9%) in den letztgenannten Erbsenproben führte.

## 6 Schlussfolgerungen und Ausblick

### 1. Teilprojekt A – Vergleich von Körner- und Futtererbsensorten und –gemengen:

Durch den hohen Proteingehalt im Korn der Grünfuttererbsen ist deren Stickstofffixierleistung und Vorfruchtwert denen der Körnererbse gleichzusetzen. Die beträchtliche Blattmasse der Futtererbsen bewirkte im Vergleich zur Körnererbse eine bessere Bodenbedeckung im Bestand, wodurch die Beikräuter in ihrem Wachstum stärker unterdrückt wurden (interspezifische Konkurrenz). In der Fütterung sollte der Einsatz von Futtererbsen wegen der hohen Tanningehalte im Korn begrenzt werden. Die Pflanzenzüchtung ist gefordert, neue Futtererbsen-Sorten zu entwickeln, die die positiven Anbaueigenschaften der Futtererbse mit ernährungsphysiologisch adaptierten Inhaltsstoffkonzentrationen kombinieren.

Die derzeit im Saatguthandel nicht erhältlichen Körnererbsen Blatt-Typen-Sorten Erbi und Bohatyr haben sich durch ihre beikrautunterdrückende Wirkung und ihre hohe Kornertragsleistung als interessante Sorten für den Ökologischen Anbau herausgestellt. Da Körnererbsen in der Fütterung keiner Limitierung unterliegen und ihr Kornertrag den der halbblattlosen Körnererbsen und Futtererbsen übertrifft, ist die Wiederaufnahme der Saatgutproduktion dieser Sorten zu empfehlen.

Bei feuchten Witterungsbedingungen sind Körner- und Futtererbsen im Gemenge, sowie die Kombination des halbblattlosen Wuchstypus und des Blatt-Typs der Körnererbse im Gemenge, die Lagerung gegenüber den wenig standfesten Erbsentypen in Reinsaat weniger lageranfällig. Da sich die Ertrags- und Stickstofffixierleistungen bzw. Nachfruchteffekte der Erbsen-Gemenge nicht von den Erbsen Reinsaaten unterscheiden, werden die Gemenge sowohl aus pflanzenbaulicher als auch aus ökonomischer Sicht als ebenbürtig bewertet. Nachdem beim Misanbau von Kulturpflanzen generell höhere Ertragsleistungen und Ertragsstabilitäten beobachtet werden, wären weitere Versuche mit anderen Erbsen-Gemengepartnern sinnvoll (z.B. Erbse mit Getreide, Erbse mit Leindotter).

### 2. Teilprojekt B – Vergleich von Zwischenfrucht (legum/nicht legum)-Erbse-Zwischenfrucht-Kombinationen:

Auswirkungen des legumen Zwischenfruchtanbaus vor Erbse auf den Nitrat-Gehalt im Boden sowie auf die Ertragsleistung der folgenden Hauptfrucht Erbse konnten durch die zögerliche Entwicklung der Zwischenfrucht Saatwicke und der daraus resultierenden geringen Stickstofffixierleistung nicht nachgewiesen werden. Generell ist einem Zwischenfruchtgemenge aus Leguminosen der Vorzug gegenüber einer Leguminosen-Reinsaat zu geben, da die Gemengepartner die Bodenressourcen effizienter ausschöpfen können. Die Grünfuttererbsen haben auch in diesem Teilprojekt ihr hohes Ertragspotential zur Körnernutzung im Ökologischen Landbau bewiesen.

Die geringe Spätverunkrautung in den Futtererbsenbeständen im Sommer bewirkte im Vergleich zu den Zwischenfruchtvarianten der Ausfall Körnererbsen einen geringeren Beikrautdruck und höheren Sprossertrag der Zwischenfruchtvarianten der Ausfall Futtererbsen im Herbst. Ausfall Futtererbsen eignen sich demnach besser als Sommerzwischenfrüchte als Ausfall Körnererbsen. Die Wahl der Referenzpflanze zur Ermittlung der N<sub>2</sub>-Fixierleistung der legumen Zwischenfrüchte ist bei der in diesem Projekt angewandten Methode sowie der im Marchfeld vorherrschenden Aufgangs- und Entwicklungsbedingungen für Sommerzwischenfrüchte sehr sorgfältig durchzuführen. Zur Absicherung der Methode werden zwei bis mehrere Referenzpflanzen empfohlen, die durch die standörtliche Bodenheterogenität direkt neben den Leguminosenparzellen angeordnet sein sollten. Die geschätzte N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Ausfallerbsen war unter dem Einfluss des hohen Angebotes an mineralischem N im Boden nur unbedeutend bzw. gleich Null. Auf die Ertragsbildung und die Proteinkonzentration in der ersten Nachfrucht Winterweizen wurde in diesen Untersuchungen durch die Wahl der Zwischenfrucht (Ausfall Futtererbse, Ausfall Körnererbse, mit und ohne Saatwicke) keine signifikanten Auswirkungen festgestellt. Damit der negative N-Flächenbilanzsaldo der Erbsen kompensiert werden kann, wird der Anbau eines wüchsigen Leguminosen-Gemenges empfohlen, welches auch unter trockenen Bedingungen ausreichend Biomasse bilden kann und Stickstoff fixiert (z.B. Gemenge aus Platterbse, Futtererbse, Saatwicke).

### 3. Teilprojekt C - Einfluss von Standort und Klima auf den Ertrag und Proteingehalt von Körner- und Futtererbsen:

In diesem Teilprojekt wurden die Wechselwirkungen zwischen den Witterungsbedingungen und dem Ertrag und Rohproteingehalt der Erbse untersucht. Hohe Temperaturen fördern das Wachstum der Erbsen, steigern die Kornerträge und reduzieren die Proteinkonzentration im Korn. Um diese Ergebnisse zu überprüfen bzw. weitere Erkenntnisse über den Einfluss der Temperatur auf die Inhaltsstoffkonzentration in Erbsenpflanzen zu gewinnen, wäre die Durchführung eines Versuches unter regulierten Bedingungen (Klimakammer) sinnvoll.

## 7 Literatur

- Aufhammer, W. (1998): Getreide- und andere Körnerfruchtarten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 560 S.
- Bäumer, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Berendonk, C. (2002): Empfehlungen für den Feldfutter- und Zwischenfruchtanbau sowie für die Brachebegrünung 2004. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen; <http://www.riswick.de/pdf/gruenland/futterbauempfehlung-2004.pdf>.
- BMLFUW (2002): Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung im Biologischen Landbau 2002/2003. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Böhme, H. (1989): Körnerleguminosen in der Tierernährung. Körnerleguminosen-Tagungsband zum Expertenkolloquium am 7.-8.11.1988 in Königswinter. Reihe A: Angewandte Wissenschaft Heft 367, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.
- Brouwer, W. (1976): Handbuch des speziellen Pflanzenbaus, Bd. II. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Cujko & Gulenko (1967): zit. In Plank, A. (1985): Ackerbohne und Körnererbse – Alternativ-eiweiß in der oberösterreichischen Pflanzenproduktion. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.
- Danso, S. K. A., Hardarson, G. und Zapata, F. (1988): Dinitrogen fixation estimates in alfalfaryegrass swards using different nitrogen-15 labeling methods. *Crop Science* 28: 106-110.
- DLG (1999): Wiederkäuer und Schweine – Kleiner Helfer für die Berechnung von Futterrationen. 10. aktualisierte Auflage. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- Elers, B. (2001): Einfluß der Sorte und Bestandesdichte auf Ertrag und Unkrautbesatz bei Futtererbsen. In: 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau „Von Leitbildern zu Leit-Linien“, Freising-Weihenstephan, 6.-8.3.2001, Hrsg.: Reent, H. J., Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Entrup, N. L., Pahl, H. und Albrecht, R. (2003): UFOP-Praxisinformation - Fruchtfolgewert von Körnerleguminosen. Akt., Aufl., Berlin.
- Farthofer, R., Friedel, J., Pietsch, G. und Freyer, B. (2004): Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Futterleguminosen (Schnitt- und Grünbrachenutzung) auf Getreide-Nachfrüchte im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Ostösterreich. Abschlussbericht Projekt Nr. 1232, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Freyer, B. (2003): Fruchtfolgen – konventionell, integriert, biologisch. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 230 S.
- Fuchs, W. H. (1943): Aussaat, Zeit- und Entwicklungsgeschwindigkeit bei Gemüseerbsen. *Pflanzenbau* 19: 216-220.

- Guerin, V., Trinchant, J. C. und Rigaud, J. (1990): Nitrogen fixation ( $C_2H_2$  reduction) by broad bean (*Vicia faba* L.) nodules and bacteroids under water-restricted conditions. *Plant Physiology* 92: 595-601.
- Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, Schnock-Fricke, U., Weber, E. und Witzemberger, A. (1992): Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen – Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst* 44: 265-270.
- Harvey, D.M. und Goodwin, J. (1978): The photosynthetic net carbon dioxide exchange potential in conventional and leafless phenotypes of *Pisum sativum* L. in relation to foliage area, dry matter production and seed yield. *Ann. Bot.* 42: 1091-1098.
- Hauser, S. (1987): Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Dissertation, Georg-August-Universität, Göttingen.
- Helig, W. (2003): Gute Kombinierer sind gefragt. *Bioland* 2/2003: 29.
- Jensen, E. S. (1987): Seasonal patterns of growth and nitrogen fixation in field-grown peas. *Plant and Soil* 101: 29-37.
- Jensen, E. S. (1995): Cycling of grain legume residue nitrogen. *Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture*: 193-202.
- Jeroch, H., Drochner, W. und Simon, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Johansson, E. und Svensson, G. (1997): Yield and Protein Concentration. Influences of weather on yield in some Swedish wheat cultivars grown during the period 1975 to 1996. *Swedish J. agric. Res.* 27: 129-133.
- Jost, B. (2003): Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der  $N_2$ -Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Dissertation, Georg-August-Universität, Göttingen.
- Kimpel-Freund, H. (1999): Konkurrenz und Unkrautunterdrückung der Erbse (*Pisum sativum* L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer (*Avena sativa* L.). Dissertation Georg-August-Universität Göttingen.
- Koivisto, J. M., Benjamin, L. R., Lane, G. P. F. und Davies, W. P. (2003): Forage potential of semi-leafless grain peas. *Grass and Forage Science* 58: 220-223.
- König, U. J. (1995): Optimierung des N-Umsatzes beim Leguminosen-Zwischenfruchtanbau. In: Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kiel: 181-184.
- Ladd, J. N., Amato, M., Jackson, R.B. and Butler, J.H.A. (1986): The fate of nitrogen from legume and fertilizer sources in soils successively cropped with wheat under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 18: 417-425.

- Ledgard, S.F. und Peoples, M.B. (1988): Measurement of nitrogen fixation in the field. In: Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems, J.R. Wilson (ed.) CAB International, Wallingford, UK: 351 – 367.
- Lethmayer, C., Hausdorf, H., Kahrer, A. und Blümel, S. (2005): Was tun gegen Erbsenblattläuse? BIO ERNTE AUSTRIA 2/2005: 42-43.
- Liebhard, P. (1986): Anbauempfehlung für die Produktion von Pferdebohne und Körnererbse. In: Parrer, F., 1986: Alternative. Amt. d. NÖ Landesregierung: 2-7.
- Liebhard, P. (1988): Vorrucht- und Fruchtfolgewirkung von Ackererbse im baltischen und semiariden Klimagebiet. Tagungsbericht Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin 261: 227-235.
- Mahon, J. D. (1977): Respiration and energy requirement for nitrogen fixation in nodulated pea roots. Plant Physiol. 60: 817-821.
- Mayer, J. und Heß, J. (1997): Welchen Beitrag zur Stickstoffversorgung leisten Körnerleguminosen? Ökologie & Landbau 103: 18-22.
- Möller, K. und Reents, H. J. (1999): Einfluß verschiedener Zwischenfrüchte nach Körnererbsen auf die Nitratgehalte im Boden und das Wachstum der Folgefrucht (Kartoffeln, Weizen). In: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung 23.-25.2.1999, Verlag Dr. Köster, Berlin: 109-112.
- Müller, P. (1986): Pflanzenproduktion – Ackerbau. 3. Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Naumann, C. und Bassler, R. (1976): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Darmstadt. Vdlufa-Verlag.
- Nesheim, L., Boller, B. C., Lehmann, J. und Walther, U. (1990): The effect of nitrogen in cattle slurry and mineral fertilizers on nitrogen fixation by white clover. Grass and Forage Science 45: 91-97.
- O'Connor, G. E., Evans, J., Fettell, N. A., Bamforth, I., Stuchberry, J., Heenan, D. P. und Chalk, P. M. (1993): Sowing date and varietal effects on the N<sub>2</sub> fixation of field pea and implications for improvement of soil nitrogen. Australian Journal of Agricultural Research 44: 151-163.
- Opitz von Boberfeld, W. und Beckmann, E. (1998): Zum Vorruchtwert der Zwischenfrüchte *Vicia sativa* L. und *Trifolium resupinatum* L. Pflanzenbauwissenschaften 2 (4): 183-189.
- Pyke, K. A. und Hedley, C.L. (1985): Growth and photosynthesis of different pea phenotypes. In: Hebbethwaite, P. D., Heath, M. C. and Dawkins, T. C. K. (eds.): The pea crop. A basis for improvement. John Wiley & Sons, New York: 297-305.
- Reiter, K., Schmidtke, K. und Rauber, R. (2002): The influence of long-term tillage systems on symbiotic N<sub>2</sub> fixation of pea (*Pisum sativum* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.). Plant and soil 238: 41-55.
- Rinnofner, T., Farthofer, R., Friedel, J. K., Pietsch, G., Strauss-Sieberth, A., Loiskandl, W. und Freyer, B. (2005): Stickstoffaufnahme und Biomasseertrag von Zwischenfrüchten



- und deren Auswirkungen auf Ertrag und Qualität der Folgekultur und Nitratgehalt in der Bodenlösung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus im pannonischen Klimagebiet. Endbericht Projekt Nr. 1246, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Rosner, J. (1986): Der Drusch von Körnererbsen. In: Klasz, W., 1986: Körnerleguminosen-Beratungsschwerpunkt. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
- Ruschel, A. P., Salati, E. and Vose, P. B. (1979): Nitrogen enrichment of soil and plant by *Rhizobium phaseoli* - *Phaseolus vulgaris* symbiosis. Plant and Soil (Netherlands)
- Schlichting, E., Blume, H.-P., and Stahr, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum, Berlin/Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag, 1995, 295 p.
- Schmid, R. (1986): Optimal Saatstärke, Ertragsstruktur, Kornertrag und Futterqualität von Körnererbsensorten im pannonischen Produktionsgebiet. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.
- Schmidt, J. (2004): persönliche Mitteilung am 16.2.2004.
- Schmidtke, K. (2005): N-Rhizodeposition bei Leguminosen: Messgenauigkeit, Modellierung und Bedeutung für den Pflanzenbau. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 17: 387-388.
- Sembach, W. (1988): Pferdebohnen- und Körnererbsenanbau. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart.
- Siegmund, B. (1994): Einfluß des Pflanzenwuchstyps auf die N<sub>2</sub>-Fixierung von Körnererbsen (*Pisum sativum* L.). Dissertation Botanicae, Band 233, J. Cramer Verlag, Berlin Stuttgart.
- Snoad, B. (1980): The origin, performance and breeding of leafless peas. ADAS Quarterly Review 37: 69-88.
- Sperber, J., Barisich, R., Edinger, E. und W. Weigl (1988): Öl- und Eiweißpflanzen. Anbau – Kultur – Ernte. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- Stählin (1955): zit. In Plank, A. (1985): Ackerbohne und Körnererbse – Alternativeiweiß in der oberösterreichischen Pflanzenproduktion. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.
- Starz, W. (2004): Überprüfung ausgewählter Körner- und Futtererbsensorten im Biologischen Landbau hinsichtlich ihrer Anbaueignung im Pannonikum und ihres Futterwertes. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.
- Stelling, D. (1994): Performance of morphologically divergent plant types in dried peas (*Pisum sativum* L.). Journal of Agricultural Science 123: 357-361.
- Stülpnagel, R. (1982): Schätzung der von Ackerbohnen symbiotisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 150: 446-458.

Wang, W. J., Chalk, P.M., Chen, D. and Smith, C.J. (2001): Nitrogen mineralisation, immobilisation and loss, and their role in determining differences in the net nitrogen production during waterlogged and aerobic incubation of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 1305-1315.

Weih, A. und Widhalm, B. (2003): Persönliche Mitteilung am 14.8.2003.

Weitbrecht, B und Pahl, H. (2000): Lohnt sich der Anbau von Körnerleguminosen? *Ökologie und Landbau* 116 (4), 39-41.

## 8 Anhang

**BOKU**

Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien  
 Tel. Sekretariat: 01/47654-3750

Universität für Bodenkultur Wien  
 Institut für Ökologischen Landbau

Koordination: Mag. Gabriele Pietsch, Tel. 01/47654-3764; e-mail: [gabriele.pietsch@boku.ac.at](mailto:gabriele.pietsch@boku.ac.at)

### Erhebungsbogen (bitte für jede Probe ausfüllen!)

<b>Name:</b>	<b>Strasse:</b>	<b>PLZ / Ort:</b>
<b>Tel:</b>	<b>Fax:</b>	<b>E-mail:</b>

<b>1. Umstellungsjahr:</b>		<b>Anerkennungsjahr:</b>	
<b>Bodenarten</b>	Sand	<input type="checkbox"/>	<b>Ackerzahl:</b>
	Lehm	<input type="checkbox"/>	
	Ton	<input type="checkbox"/>	
<b>Durchschnittliche Temperatur [°C]:</b>		<b>Niederschlag mm/Jahr:</b>	
<b>Besonderheiten des Bodens und der Witterung 2003</b>			
<b>Erbsenart:</b> (bitte ankreuzen!)	Körnererbse	<input type="checkbox"/>	<b>Sorte:</b>
	Grünfüttererbse (Peluschke)	<input type="checkbox"/>	
<b>Saatstärke:</b>	..... Körner/m <sup>2</sup>	<b>Sätermin:</b>	... .. 2003
<b>Korn-Ertrag (kg/ha):</b>	..... kg/ha	<b>Erntetermin:</b>	... .. 2003
<b>Schädlinge:</b> (bitte ankreuzen!)	Erbsenwickler	<input type="checkbox"/>	<b>Beikrautregulierung</b> (Wann und Wie?):
	Erbsenblattlaus	<input type="checkbox"/>	
	Erbsenkäfer	<input type="checkbox"/>	
	Andere	<input type="checkbox"/>	

**Fruchtfolge auf dem Schlag über 2 Jahre vor und 1 Jahr nach Erbse angeben:**

Ernte-jahr	Kulturart inkl. Zwischenfrucht (ZF) (Angabe der Arten sowie Futter- od. Gründüngungsnutzung)	Organische Düngung Art (Mist, Jauche, Gülle) und Menge (kg N/ha)
2001	.....	.....
ZF	.....	.....
2002	.....	.....
ZF	.....	.....
2003	Erbse	.....
ZF	.....	.....
2004	.....	.....
ZF	.....	.....

Abbildung 35: Erhebungsbogen der Praxisprobensammlung, Teilprojekt C

Tabelle 47: Statistik der Praxisprobensammlung 2003 nach Bundesländern

Bundesland	Angeschriebene Betriebe	Zugesagte Probenzahl	Zugeschickte Probenzahl
Niederösterreich	116	79	50
Oberösterreich	82	56	20
Burgenland	90	96	54
Kärnten	53	21	13
Gesamt	341	252	137

Tabelle 48: Trockenmasse (TM)-Strohertrag in kg ha<sup>-1</sup> der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links: Sorten-Reinsaaten-Vergleich, rechts: Sorten-Gemenge-Vergleich)

Sorten-Reinsaaten-Vergleich				Sorten-Gemenge-Vergleich			
Sorte	TM Stroh [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	Sorte	TM Stroh [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
Gotik	2934,9	430,7	a	Herold/Dora	3148,4	798,5	a
Herold	2987,0	406,7	a	Herold/Rhea	3000,0	397,2	a
Sponsor	3265,6	673,1	a	Sponsor/Dora	3041,7	437,7	a
				Sponsor/Rhea	2864,6	462,7	a
Bohatyr	2760,4	283,2	a	Bohatyr/Gotik	2789,1	425,0	a
Erbi	3104,2	253,2	a	Bohatyr/Sponsor	2921,9	364,1	a
				Erbi/Gotik	2929,7	17,8	a
Dora	3333,3	262,3	a	Erbi/Sponsor	3091,1	151,3	a
Rhea	3130,2	653,9	a	Gotik/Bohatyr	3020,8	603,1	a
Sirius	2414,1	459,5	a	Sponsor/Bohatyr	2903,6	488,5	a
				Gotik/Erbi	2950,5	623,5	a
				Sponsor/Erbi	2796,9	379,8	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p &lt; 0,05)

Tabelle 49: Trockenmasse (TM)-Korn- und Strohertrag in kg ha<sup>-1</sup> der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 auf der Teilfläche B (links: TM-Kornertrag, rechts: TM-Strohertrag)

Sorte	TM-Korn [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	TM-Stroh [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
Gotik	2212,9	294,2	ab	2509,6	296,5	ab
Herold	1698,3	357,1	bc	2303,2	262,1	ab
Sponsor	1930,9	325,0	ab	2531,6	386,2	ab
Bohatyr	2415,8	393,2	a	2323,8	463,6	ab
Erbi	2304,2	311,3	ab	2042,0	352,8	ab
Dora	1117,5	81,5	c	2610,6	508,3	a
Rhea	2049,3	304,4	ab	2559,1	212,1	a
Sirius	2048,9	283,3	ab	2157,0	275,3	ab
Herold/Rhea	1855,8	409,5	ab	2248,1	291,9	ab
Sponsor/Rhea	1749,8	212,4	abc	2195,9	285,3	ab
Erbi/Gotik	1789,6	177,9	abc	1851,7	120,3	b
Gotik/Erbi	2122,8	232,1	ab	2447,5	159,2	ab

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p &lt; 0,05)

Tabelle 50: Trockenmasse (TM)-Wurzelерtrag in kg ha<sup>-1</sup> der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 auf der Teilfläche B (links: 0-30 cm Tiefe, rechts: 30-60 cm Tiefe)

Sorte	TM-Wurzel 0-30 cm			TM-Wurzel 30-60 cm		
	[kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	[kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
Gotik	287,9	74,8	a	183,6	50,2	a
Herold	294,5	62,6	a	203,2	42,0	a
Sponsor	372,6	145,7	a	184,8	86,1	a
Bohatyr	381,8	133,0	a	163,3	39,1	a
Erbi	393,4	72,0	a	174,6	117,0	a
Dora	356,6	86,1	a	188,8	43,0	a
Rhea	286,5	117,1	a	174,1	66,0	a
Sirius	205,6	71,9	a	162,7	11,9	a
Herold/Rhea	315,7	78,3	a	178,4	51,0	a
Sponsor/Rhea	347,9	81,0	a	178,9	69,5	a
Erbi/Gotik	292,4	38,4	a	202,5	39,9	a
Gotik/Erbi	373,5	234,6	a	218,7	42,0	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 51: Reifestadium des Korns zur Hülsenbildung (links) sowie Bestandesanteil im Entwicklungsstadium Blüte (rechts) der Erbsen-Varianten zu den Boniturterminen 3.6.2003 (Blüte, BBCH 61) und 25.6.2003 (Hülsenbildung, BBCH 71) auf der Teilfläche B (nach selbst gewählten Boniturskalen; siehe Legende)

Sorte	Reife	Stdabw	Tukey Test	Entw.	Stdabw	Tukey Test
Gotik	2,1	0,5	a	9,0	0,8	a
Herold	1,5	0,0	a	8,3	0,5	ab
Sponsor	2,0	0,4	a	9,3	0,5	a
Bohatyr	1,8	0,3	a	8,8	1,0	ab
Erbi	2,0	0,4	a	9,3	0,5	a
Dora	1,5	0,0	a	7,5	0,6	b
Rhea	1,5	0,0	a	7,5	0,6	b
Sirius	1,6	0,3	a	8,0	0,0	ab
Herold/Rhea	2,1	0,3	a	8,3	0,5	ab
Sponsor/Rhea	1,9	0,5	a	8,8	0,5	ab
Erbi/Gotik	1,5	0,0	a	8,8	0,5	ab
Gotik/Erbi	2,0	0,4	a	9,0	0,0	a

Stdabw: Standardabweichung; Reife: 1 = grün, 2 = noch zerbeissbar, 3 = steinhart

Entwicklung: 7 = 60-70%, 8 = 70-80%, 9 = 80-90%, 10 = 90-100% in Blüte

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 52: Nitrat-N Gehalt in  $\text{kg ha}^{-1}$  (Summe 0-90) im Boden unter den Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links: Sorten-Reinsaaten-Vergleich, rechts: Sorten-Gemenge-Vergleich)

Sorten-Reinsaaten-Vergleich				Sorten-Gemenge-Vergleich			
Sorte	Nitrat-N [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test	Sorte	Nitrat-N [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test
Gotik	59,7	3,9	a	Herold/Dora	70,7	21,2	a
Herold	60,9	16,1	a	Herold/Rhea	57,5	7,4	a
Sponsor	60,9	23,9	a	Sponsor/Dora	63,4	6,9	a
				Sponsor/Rhea	50,6	6,9	a
Bohatyr	64,7	7,8	a	Bohatyr/Gotik	39,0	14,8	a
Erbi	50,4	5,4	a	Bohatyr/Sponsor	42,8	31,4	a
				Erbi/Gotik	42,4	17,0	a
Dora	65,7	27,1	a	Erbi/Sponsor	50,0	12,5	a
Rhea	52,1	21,7	a	Gotik/Bohatyr	53,7	13,4	a
Sirius	54,7	19,4	a	Sponsor/Bohatyr	58,6	18,6	a
				Gotik/Erbi	52,5	14,6	a
				Sponsor/Erbi	55,4	19,6	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Tabelle 53: N-Gehalt in Korn und Stroh (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 auf der Teilfläche B (links: N-Korn, rechts: N-Stroh)

Sorte	N-Korn	Stdabw	Tukey	N-Stroh	Stdabw	Tukey
	[%]	[%]	Test	[%]	[%]	Test
Gotik	3,2	0,2	d	1,8	0,2	a
Herold	3,5	0,0	bc	1,9	0,0	a
Sponsor	3,6	0,2	abc	1,7	0,2	a
Bohatyr	3,4	0,2	cd	1,8	0,1	a
Erbi	3,7	0,1	ab	1,8	0,2	a
Dora	3,8	0,1	a	2,1	0,4	a
Rhea	3,7	0,2	ab	1,9	0,2	a
Sirius	3,5	0,3	abc	1,7	0,2	a
Herold/Rhea	3,6	0,1	abc	1,8	0,4	a
Sponsor/Rhea	3,6	0,1	abc	1,8	0,3	a
Erbi/Gotik	3,6	0,2	abc	1,9	0,1	a
Gotik/Erbi	3,4	0,2	cd	1,9	0,3	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Tabelle 54: N-Gehalt in den Wurzeln (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 auf der Teilfläche B (links: 0-30 cm Tiefe, rechts: 30-60 cm Tiefe)

Sorte	N-Wurzel 0-30 cm			N-Wurzel 30-60 cm		
	[%]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	[%]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Dunnett Test
Gotik	1,8	0,1	a	1,8	0,1	a
Herold	1,7	0,1	a	1,8	0,2	a
Sponsor	1,8	0,2	a	1,8	0,0	a
Bohatyr	1,6	0,1	a	1,7	0,1	a
Erbi	1,8	0,1	a	1,9	0,1	a
Dora	1,9	0,2	a	1,8	0,2	a
Rhea	2,0	0,1	a	1,7	0,1	a
Sirius	1,7	0,4	a	1,9	0,6	a
Herold/Rhea	1,7	0,1	a	1,6	0,1	a
Sponsor/Rhea	1,8	0,2	a	1,7	0,1	a
Erbi/Gotik	1,7	0,1	a	1,5	0,5	a
Gotik/Erbi	1,7	0,1	a	1,8	0,1	a

Stdabw: Standardabweichung; Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 55: N-Gehalt im Stroh (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links: Sorten-Reinsaaten-Vergleich, rechts: Sorten-Gemenge-Vergleich)

Sorten-Reinsaaten-Vergleich				Sorten-Gemenge-Vergleich			
Sorte	N-Stroh [%]	Stdabw [%]	Tukey Test	Sorte	N-Stroh [%]	Stdabw [%]	Dunnett Test
Gotik	1,5	0,2	a	Herold/Dora	2,4	0,9	a
Herold	1,6	0,4	a	Herold/Rhea	1,9	0,9	a
Sponsor	1,9	0,7	a	Sponsor/Dora	1,5	0,1	a
				Sponsor/Rhea	2,4	0,4	a
Bohatyr	2,5	1,1	a	Bohatyr/Gotik	1,5	0,3	a
Erbi	1,6	0,4	a	Bohatyr/Sponsor	2,0	0,2	a
				Erbi/Gotik	3,4	2,2	a
Dora	2,6	1,5	a	Erbi/Sponsor	1,7	0,8	a
Rhea	2,4	1,0	a	Gotik/Bohatyr	1,6	0,7	a
Sirius	1,6	0,4	a	Sponsor/Bohatyr	1,9	1,0	a
				Gotik/Erbi	1,5	0,5	a
				Sponsor/Erbi	2,3	0,5	a

Stdabw: Standardabweichung  
Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 56:  $N_{dfa}$  (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2002 auf der Teilfläche A (links: Sorten-Reinsaaten-Vergleich, rechts: Sorten-Gemenge-Vergleich)

Sorten-Reinsaaten-Vergleich				Sorten-Gemenge-Vergleich			
Sorte	$N_{dfa}$ [%]	Stdabw [%]	Tukey Test	Sorte	$N_{dfa}$ [%]	Stdabw [%]	Dunnett Test
Gotik	55,2	11,8	a	Herold/Dora	60,8	25,1	a
Herold	56,4	11,3	a	Herold/Rhea	49,2	12,4	a
Sponsor	55,9	20,1	a	Sponsor/Dora	48,4	7,0	a
				Sponsor/Rhea	52,2	8,0	a
Bohatyr	62,5	4,2	a	Bohatyr/Gotik	32,3	16,1	a
Erbi	60,3	7,7	a	Bohatyr/Sponsor	41,6	32,9	a
				Erbi/Gotik	66,5	6,1	a
Dora	62,1	14,5	a	Erbi/Sponsor	61,1	7,0	a
Rhea	50,5	13,3	a	Gotik/Bohatyr	51,6	19,0	a
Sirius	36,1	20,3	a	Sponsor/Bohatyr	40,9	29,9	a
				Gotik/Erbi	48,7	28,5	a
				Sponsor/Erbi	47,9	17,2	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )Tabelle 57:  $N_2$ -Fixierungsleistung ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) und  $N_{dfa}$  (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2003 auf der Teilfläche B (links:  $N_2$ -Fixierungsleistung, rechts:  $N_{dfa}$ )

Sorte	N-Fix. [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test	$N_{dfa}$ [%]	Stdabw [%]	Tukey Test
Gotik	38,7	16,6	a	30,8	10,6	a
Herold	25,1	17,0	a	21,2	11,9	a
Sponsor	39,6	16,2	a	31,6	8,8	a
Bohatyr	47,2	21,7	a	34,6	11,5	a
Erbi	47,3	23,2	a	34,0	12,4	a
Dora	23,2	15,7	a	20,6	13,7	a
Rhea	53,3	20,6	a	38,9	10,0	a
Sirius	32,4	11,6	a	27,5	8,1	a
Herold/Rhea	36,9	24,8	a	29,7	15,7	a
Sponsor/Rhea	32,7	16,9	a	29,0	14,3	a
Erbi/Gotik	20,5	8,1	a	18,9	7,7	a
Gotik/Erbi	43,4	14,9	a	33,0	8,1	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )



Tabelle 58: Nitrat-N Gehalt ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) von 0-90 cm im Boden unter den Zwischenfrucht-Varianten zum Saattermin August 2003 (links, T1b) sowie zum Erntetermin Oktober 2003 (rechts, T2b) auf der Teilfläche C

T1b/Saat Zwischenfrüchte August 2003				T2b/Ernte Zwischenfrüchte Oktober 2003				
Wiederholung	Nitrat-N [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test	Var.	Kultur	Nitrat-N [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test
1	75,5	16,6	a	1	Saatwicke	101,4	23,9	ab
2	64,8	5,2	a	2	Phacelia	85,4	30,6	ab
3	63,4	8,4	a	3	Phacelia	52,1	7,1	b
4	60,4	5,0	a	4	Keine ZF	137,8	56,3	a
				5	Saatwicke	119,8	30,2	ab
				6	Phacelia	68,4	16,8	ab
				7	Phacelia	76,8	24,5	ab
				8	Keine ZF	110,9	34,6	ab

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Tabelle 59: Nitrat-N Gehalt ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) von 0-90 cm im Boden unter den Erbsen-Varianten zum Saattermin April 2004 (links, T3b) sowie zum Erntetermin Juli 2004 (rechts, T4b) auf der Teilfläche C

T3b/Saat Erbse April 2004				T4b/Ernte Erbse Juli 2004					
Var.	Kultur	Nitrat-N [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test	Var.	Kultur	Nitrat-N [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Dunnnett Test
1	Ke nach SW	99,5	14,9	a	1	Ke nach SW	53,5	9,2	a
2	Ke nach PH	86,4	8,7	a	2	Ke nach PH	69,1	24,0	a
3	Ke nach PH	78,6	16,6	a	3	Ke nach PH	54,8	11,3	a
4	Ke nach keine ZF	88,2	20,4	a	4	Ke nach keine ZF	72,2	38,9	a
5	Fe nach SW	113,6	28,8	a	5	Fe nach SW	76,8	15,9	a
6	Fe nach PH	80,8	15,5	a	6	Fe nach PH	44,7	14,7	a
7	Fe nach PH	88,1	17,8	a	7	Fe nach PH	70,2	12,6	a
8	Fe nach keine ZF	102,7	13,1	a	8	Fe nach keine ZF	94,7	27,1	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht, Ke: Körnererbse, Fe: Futtererbse, SW: Saatwicke, PH: Phacelia

Tukey- bzw. Dunnnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Tabelle 60: Nitrat-N Gehalt ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) von 0-90 cm im Boden unter den Zwischenfrucht-Varianten zum Erntetermin Oktober 2004 (links, T5b) sowie unter den Weizen-Varianten im April 2005 (rechts, T6b) auf der Teilfläche C

T5b/Ernte ZF nach Erbse Oktober 2004				T6b/Weizen nach Winter April 2005					
Var.	Kultur	Nitrat-N [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test	Var.	Kultur	Nitrat-N [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Stdabw [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]	Tukey Test
1	A-Ke	60,7	8,4	ab	1	Saatwicke	80,2	13,1	a
2	A-Ke	55,9	9,3	ab	2	Phacelia	81,4	11,5	a
3	A-Ke + SW	42,0	6,5	ab	3	Phacelia + SW	73,0	9,9	a
4	A-Ke	68,5	24,7	a	4	Keine ZF	82,2	15,9	a
5	A-Fe	56,9	10,7	ab	5	Saatwicke	87,3	5,6	a
6	A-Fe	39,7	15,9	b	6	Phacelia	86,5	7,4	a
7	A-Fe + SW	55,4	8,9	ab	7	Phacelia + SW	87,1	6,1	a
8	A-Fe	65,0	10,1	ab	8	Keine ZF	79,5	11,2	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht, SW: Saatwicke, A-Ke: Ausfall Körnererbse, A-Fe: Ausfall Futtererbse

Tukey- Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ( $p < 0,05$ )

Tabelle 61: Trockenmasse (TM)-Wurzelерtrag in kg ha<sup>-1</sup> der Zwischenfrucht-Varianten zum Erntetermin Oktober 2003 auf der Teilfläche C (links: 0-30 cm Tiefe, rechts: 30-60 cm Tiefe)

Var. Kultur	TM-Wurzel			TM-Wurzel		
	0-30 cm [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Dunnett Test	30-60 cm [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
1 Saatwicke	95,5	60,4	a	68,5	24,6	a
2 Phacelia	362,9	355,9	a	63,7	68,7	a
3 Phacelia	253,1	337,7	a	62,1	39,7	a
5 Saatwicke	179,9	133,6	a	47,8	29,6	a
6 Phacelia	444,1	770,3	a	44,6	38,6	a
7 Phacelia	125,7	128,9	a	43,0	25,7	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 62: N-Gehalt in den Wurzeln (%) der Zwischenfrucht-Varianten zum Erntetermin Oktober 2003 auf der Teilfläche C (links: 0-30 cm Tiefe, rechts: 30-60 cm Tiefe)

Var. Kultur	TM-Wurzel			TM-Wurzel		
	0-30 cm [%]	Stdabw [%]	Tukey Test	30-60 cm [%]	Stdabw [%]	Tukey Test
1 Saatwicke	1,5	0,3	a	1,5	0,2	a
2 Phacelia	1,5	0,1	a	1,4	0,1	a
3 Phacelia	1,4	0,2	a	1,3	0,2	a
5 Saatwicke	1,6	0,3	a	1,2	0,1	a
6 Phacelia	1,5	0,3	a	1,4	0,4	a
7 Phacelia	1,5	0,2	a	1,5	0,3	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 63: Trockenmasse (TM)-Korn- und Strohertrag in kg ha<sup>-1</sup> der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2004 auf der Teilfläche C (links: TM-Kornertrag, rechts: TM-Strohertrag)

Var. Kultur	TM-Korn			TM-Stroh		
	[kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test	[kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
1 Körnererbse nach ZF Saatwicke	2089,0	176,7	a	2885,1	88,3	a
2 Körnererbse nach ZF Phacelia	1892,6	438,2	a	2780,7	720,9	a
3 Körnererbse nach ZF Phacelia	1831,5	304,9	a	2769,3	901,1	a
4 Körnererbse nach keine ZF	1920,2	446,1	a	2935,7	378,9	a
5 Futtererbse nach ZF Saatwicke	1969,6	197,5	a	3311,2	693,4	a
6 Futtererbse nach ZF Phacelia	1713,0	857,5	a	3274,2	686,7	a
7 Futtererbse nach ZF Phacelia	2291,7	451,5	a	3303,3	683,7	a
8 Futtererbse nach keine ZF	1795,9	477,7	a	3286,3	663,9	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 64: Trockenmasse (TM)-Wurzelertrag in kg ha<sup>-1</sup> der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2004 auf der Teilfläche C (links: 0-30 cm Tiefe, rechts: 30-60 cm Tiefe)

Var. Kultur	TM-Wurzel			TM-Wurzel		
	0-30 cm [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Dunnett Test	30-60 cm [kg ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg ha <sup>-1</sup> ]	Tukey Test
1 Körnererbse nach ZF Saatwicke	375,6	198,8	a	318,3	181,9	ab
2 Körnererbse nach ZF Phacelia	401,1	158,9	a	299,2	153,3	ab
3 Körnererbse nach ZF Phacelia	490,2	76,1	a	337,4	193,2	ab
4 Körnererbse nach keine ZF	222,8	100,5	a	541,1	198,8	a
5 Futtererbse nach ZF Saatwicke	331,1	241,5	a	159,2	24,4	b
6 Futtererbse nach ZF Phacelia	509,3	165,0	a	331,1	288,8	ab
7 Futtererbse nach ZF Phacelia	623,9	360,4	a	216,4	48,7	ab
8 Futtererbse nach keine ZF	401,1	96,2	a	356,5	211,0	ab

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 65: N-Gehalt in den Wurzeln (%) der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2004 auf der Teilfläche C (links: 0-30 cm Tiefe, rechts: 30-60 cm Tiefe)

Var. Kultur	N-Wurzel			N-Wurzel		
	0-30 cm [%]	Stdabw [%]	Dunnett Test	30-60 cm [%]	Stdabw [%]	Tukey Test
1 Körnererbse nach ZF Saatwicke	1,5	0,1	a	1,7	0,2	a
2 Körnererbse nach ZF Phacelia	1,5	0,0	a	1,6	0,2	a
3 Körnererbse nach ZF Phacelia	1,5	0,0	a	1,7	0,1	a
4 Körnererbse nach keine ZF	1,5	0,2	a	1,7	0,2	a
5 Futtererbse nach ZF Saatwicke	1,7	0,3	a	1,8	0,1	a
6 Futtererbse nach ZF Phacelia	1,5	0,1	a	1,7	0,4	a
7 Futtererbse nach ZF Phacelia	1,4	0,0	a	1,9	0,2	a
8 Futtererbse nach keine ZF	1,5	0,3	a	1,6	0,3	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 66: Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo in kg N ha<sup>-1</sup> der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2004 auf der Teilfläche C

Var. Kultur	N-Bilanz [kg N ha <sup>-1</sup> ]	Stdabw [kg N ha <sup>-1</sup> ]	Dunnett Test
1 Körnererbse nach ZF Saatwicke	-12,2	9,6	a
2 Körnererbse nach ZF Phacelia	11,1	16,0	a
3 Körnererbse nach ZF Phacelia	-0,5	31,1	a
4 Körnererbse nach keine ZF	-6,9	38,0	a
5 Futtererbse nach ZF Saatwicke	-5,3	10,5	a
6 Futtererbse nach ZF Phacelia	-4,5	8,4	a
7 Futtererbse nach ZF Phacelia	16,6	19,1	a
8 Futtererbse nach keine ZF	15,8	33,4	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht; Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p < 0,05)

Tabelle 67: Trockenmasse (TM)-Wurzeltrug in kg ha<sup>-1</sup> der Zwischenfrucht-Varianten nach Erbse zum Erntetermin Oktober 2004 auf der Teilfläche C (links: 0-30 cm Tiefe, rechts: 30-60 cm Tiefe)

Var.	Kultur	TM-Wurzel			TM-Wurzel		
		0-30 cm	Stdabw	Tukey	30-60 cm	Stdabw	Dunnett
		[kg ha <sup>-1</sup> ]	[kg ha <sup>-1</sup> ]	Test	[kg ha <sup>-1</sup> ]	[kg ha <sup>-1</sup> ]	Test
1	Ausfall K-Erbse	112,8	50,1	a	58,4	47,3	a
2	Ausfall K-Erbse	86,5	60,5	a	52,3	32,3	a
3	Ausfall K-Erbse + S-Wicke	165,2	35,9	a	91,0	69,2	a
4	Ausfall K-Erbse	102,6	44,4	a	42,2	50,4	a
5	Ausfall F-Erbse	202,0	109,0	a	50,6	39,9	a
6	Ausfall F-Erbse	274,7	204,9	a	58,7	50,8	a
7	Ausfall F-Erbse + S-Wicke	304,9	127,8	a	192,4	172,1	a
8	Ausfall F-Erbse	157,0	56,8	a	74,0	65,7	a

Stdabw: Standardabweichung

Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p &lt; 0,05)

Tabelle 68: N- und C-Gehalt im Spross (%) der Zwischenfrucht-Varianten nach Erbse zum Erntetermin Oktober 2004 auf der Teilfläche C (links: N-Gehalt, rechts: C-Gehalt)

Var.	Kultur	N-Spross			C-Spross		
		[%]	Stdabw	Tukey	[%]	Stdabw	Tukey
		[%]	[%]	Test	[%]	[%]	Test
1	Ausfall K-Erbse	4,7	0,3	a	37,5	2,1	ab
2	Ausfall K-Erbse	4,4	0,3	a	35,7	0,7	b
3	Ausfall K-Erbse + S-Wicke	4,7	0,3	a	37,3	1,5	ab
4	Ausfall K-Erbse	4,8	0,3	a	38,8	2,5	ab
5	Ausfall F-Erbse	4,8	0,5	a	39,3	2,1	ab
6	Ausfall F-Erbse	4,9	0,3	a	40,5	1,8	a
7	Ausfall F-Erbse + S-Wicke	4,9	0,1	a	40,3	1,3	a
8	Ausfall F-Erbse	4,9	0,4	a	39,0	1,2	ab

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p &lt; 0,05)

Tabelle 69: N-Gehalt in den Wurzeln (%) der Zwischenfrucht-Varianten nach Erbse zum Erntetermin Oktober 2004 auf der Teilfläche C (links: 0-30 cm Tiefe, rechts: 30-60 cm Tiefe)

Var.	Kultur	N-Wurzel			N-Wurzel		
		0-30 cm	Stdabw	Tukey	30-60 cm	Stdabw	Dunnett
		[%]	[%]	Test	[%]	[%]	Test
1	Ausfall K-Erbse	1,9	0,4	a	1,5	0,2	a
2	Ausfall K-Erbse	1,8	0,3	a	1,5	0,2	a
3	Ausfall K-Erbse + S-Wicke	2,1	0,2	a	1,4	0,4	a
4	Ausfall K-Erbse	1,8	0,2	a	1,6	0,2	a
5	Ausfall F-Erbse	2,1	0,2	a	1,5	0,3	a
6	Ausfall F-Erbse	2,0	0,3	a	1,6	0,1	a
7	Ausfall F-Erbse + S-Wicke	1,9	0,4	a	1,3	0,5	a
8	Ausfall F-Erbse	1,9	0,3	a	1,7	0,2	a

Stdabw: Standardabweichung; ZF: Zwischenfrucht

Tukey- bzw. Dunnett-Test: Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (p &lt; 0,05)