

Manuskript (Artikel)

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

Forschungsprojektnummer: 1290

Optimization of green and field pea cropping and utilisation in organic farming under the climatic conditions of the pannonian region

Autoren:

Gabriele Pietsch, Walter Starz, Helmut Wagenristl, Bernhard Freyer

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Ökologischen Landbau
Gregor Mendel Straße 33
A-1180 Wien/Vienna
Tel.: +43-1-47654-3750, Fax: -3792

Einleitung und Zielsetzung

Die Erbse ist die wichtigste Kulturart im Ökologischen Landbau, sowohl in ihrer Funktion als Leguminose zur Versorgung des Betriebes mit Stickstoff, als auch für die Futterproduktion (Geflügel und Schweine). Durch die hohe Anfälligkeit gegenüber Schaderregern ist das Anbaurisiko hoch und die Wirtschaftlichkeit des Erbsenanbaus im Vergleich zu Winterweizen gering. Eine Verbesserung der Anbauverfahren sowie eine Zunahme der Nachfrage durch die Geflügel- und Schweinehalter könnten deren Stellenwert zur Bereicherung der Fruchtfolge verbessern.

Unter der Annahme einer richtigen Stellung in der Fruchtfolge gelten die Konkurrenzkraft gegenüber Beikraut, der Ertrag sowie die N_2 -Fixierungsleistung der Erbse als die wichtigsten Merkmale in der Entscheidungsfindung der Sortenauswahl. Da eine mechanische Beikrautregulierung nur zu Beginn der Wachstumsphase möglich ist, bleibt zu prüfen, ob die blattreichen Wuchstypen der Körner- und Futtererbse ein höheres Konkurrenzverhalten gegenüber Beikräutern aufweisen. Für die Tierernährung ist die Proteinqualität, im engeren Sinn der Gehalt an essentiellen Aminosäuren entscheidend. Während bei Körnererbsen die Inhaltsstoffe bekannt sind, steht bei den Futtererbsen noch eine Bestimmung aus. Praxisbeobachtungen weisen darauf hin, dass der durch die Erbsen akkumulierte Stickstoff nur selten für eine angemessene Eiweißsubstanz im Winterweizenanbau ausreicht. Bei viehloser Bewirtschaftung kann die N-Flächenbilanz trotz der N_2 -Fixierleistung der Erbse negativ ausfallen, da mit den Körnern ein maßgeblicher Anteil des Stickstoffs aus dem Betrieb verkauft wird. Erbsen stehen am Ende eines Fruchtfolgeglieders, in der Regel nach 2 bis 3 Früchten. Eine Gründüngung vor der Erbse kann die Nährstoffversorgung der Erbse verbessern und den Beikrautdruck mindern helfen. Insofern ist der Einsatz einer legumen Zwischenfrucht nach Erbsen unter diesem Blickwinkel zu überprüfen.

Das Forschungsprojekt gliedert sich in 3 Teilprojekte. In mehrjährigen Feldversuchen wurden ausgewählte Körner- und Futtererbsensorten in Reinsaat und Gemenge in Ihrer Anbaueignung im Ökologischen Landbau, ihrer Vorfruchtwirkung, ihres Futterwertes und Ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht (*Teilprojekt A*; 2002-2004). Zur Optimierung des ökologischen Erbsenanbaus in der Fruchtfolge wurde der Einfluss einer legumen und nicht-legumen Zwischenfrucht auf die folgende Hauptfrucht Erbse und der Einfluss einer legumen Zwischenfrucht nach der Erbse auf die folgende Hauptfrucht Winterweizen geprüft (*Teilprojekt B*; 2003-2005). Im Jahr 2003 wurde eine Praxisprobensammlung auf 113 Betrieben in 4 Bundesländern (Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland, Kärnten) durchgeführt, um den Einfluss der Witterungsbedingungen in der Anbauregion auf den Rohproteingehalt und Kornertrag der Erbsen zu ermitteln (*Teilprojekt C*).

Standort und Methoden

Teilprojekte A und B:

Die Feldversuche der *Teilprojekte A* und *B* wurden auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen der Universität für Bodenkultur in Raasdorf (Marchfeld, östliches Niederösterreich), die Teile der Versuchswirtschaft Gross-Enzersdorf sind, durchgeführt. Die Versuchsflächen wurden 1998 auf ökologische Wirtschaftsweise umgestellt. Der Boden der Versuchsanlage kann als tiefgründiger Tschernosem aus Löss (lehmgiger Schluff) angesprochen werden. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,8 °C, die mittlere Niederschlagssumme 546 mm. Die beiden *Teilprojekte A* und *B* wurden auf getrennten Versuchsfeldern angelegt. Die jeweiligen Varianten wurden in vollständig randomisierten Blockanlagen geprüft. In *Teilprojekt A* wurden im Jahr 2002 bzw. 2003 die unterschiedlichen Erbsen-Sorten als Reinsaaten bzw.

Gemengesaaten getestet (siehe Tabelle 1; Vorfrucht der Erbse: Winterweizen), in den Jahren 2003 bzw. 2004 erfolgte die Prüfung des Vorfruchteffektes durch die Nachfrucht Winterweizen. In *Teilprojekt B* wurde von 2003-2005 die Auswirkung von verschiedenen Zwischenfrüchten vor und nach Erbse auf die folgenden Hauptfrüchte geprüft (siehe Tabelle 2).

Tabelle 1: Varianten in *Teilprojekt A*

Var	Reinsaaten Sorten	K/F/G	Var	Gemenge Sorten	K/F/G	Mischung in %
1	Gotik	Kh	9	Herold / Rhea	KFG	75 : 25
2	Herold	Kh	10	Sponsor / Rhea	KFG	75 : 25
3	Sponsor	Kh	11	Erbi / Gotik	KWG	75 : 25
4	Bohatyr	Kb	12	Gotik / Erbi	KWG	75 : 25
5	Erbi	Kb				
6	Dora	F				
7	Rhea	F				
8	Sirius	F				
13	Hafer	RF				

Var.: Variante; Kh: Körnererbse Halbblattloser Typ, Kb: Körnererbse Blatttyp, F: Futtererbse, KFG: Körner-/Futtererbsen-Gemenge, KWG: Körnererbsen-Wuchstyp-Gemenge
RF: Referenzfrucht für die Abschätzung der Stickstofffixierleistung

In beiden Teilprojekten (*A und B*) wurden sowohl von den Hauptfrüchten (Erbse, Winterweizen) als auch von den Zwischenfrüchten (Saatwicke, Phacelia, Ausfallerbse) die Biomasseerträge und N-Konzentrationen (ober- und unterirdisch) erhoben. Bei allen Leguminosen (Erbse, Saatwicke, Ausfallerbse) wurde zusätzlich die Luftstickstoff-Fixierleistung mittels der erweiterten Differenzmethode abgeschätzt. Zur Saat und Ernte der Hauptfrucht Erbse (*Teilprojekt A und B*) und der Zwischenfrüchte (*Teilprojekt B*), sowie im Winterweizenbestand im Frühjahr (*Teilprojekt A und B*) wurde der mineralische Stickstoff (N_{min}) im Boden von 0-90 cm bestimmt. In *Teilprojekt A* wurde der Beikrautdruck, Schädlings- und Krankheitsbefall im Erbsenbestand beobachtet, der Tannin- und Aminosäuregehalt im Korn der Erbsensorten analysiert und eine Deckungsbeitragsrechnung durchgeführt.

Tabelle 2: Varianten und Fruchtfolglieder in *Teilprojekt B*

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 zur Abschätzung der Stickstoff-Fixierleistung; Körnererbse: Sorte Gotik; Futtererbse: Sorte Rhea

Teilprojekt C:

Im Frühjahr 2003 wurden 341 Erhebungsbögen an Landwirte in insgesamt 4 Bundesländern (Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland, Kärnten) versandt. Die Adressen für den Versand wurden von Bio Ernte Austria zur Verfügung gestellt. Von den insgesamt 341 Aussendungen ist ein relativ hoher Anteil (ca. 137 Proben aus 113 Betrieben) an zurückgesandten Erbsen-Proben eingelangt. Die in diesem Teilprojekt verwendeten Klimadaten wurden freundlicherweise von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 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.

Ergebnisse und DiskussionTeilprojekt A:

Die Futtererbsen bildeten geringere Kornerträge (MW 02/03¹: Kornertrag 1675 kg ha⁻¹, Rohproteingehalt 24%), aber einen höheren Proteingehalt im Korn aus als die Körnererbsen (MW 02/03: Kornertrag 2333 kg ha⁻¹, Rohproteingehalt 22%). Durch den höheren Proteingehalt im Korn war die N₂-Fixierleistung der Futtererbsen trotz der im Vergleich zu Körnererbsen geringeren Kornerträge gleichwertig (MW 02/03 N₂-Fixierleistung: Körnererbsen 64 kg ha⁻¹, Futtererbsen 51 kg ha⁻¹). Der Vorfruchtwert der Futtererbse bei Körnernutzung war aufgrund einer gleichwertigen Stickstofffixierleistung, N-Flächenbilanz und gleich hohen Ernterückstandsmengen (Stroh, Wurzeln – siehe Abbildung 1) gleich dem Vorfruchtwert der Körnererbse. Dies führte zu einer uniformen Vorfruchtwirkung auf die Nachfrucht Winterweizen (siehe Tabelle 3), die sich durch homogene Kornerträge und Rohproteingehalte der Getreidenachfrucht ausdrückte (MW 03/04: Kornertrag Weizen 3639 kg ha⁻¹).

Tabelle 3: TM-Kornertrag Erbse (kg ha⁻¹), Stickstofffixierleistung der Erbse (kg ha⁻¹), TM-Kornertrag Weizen (kg ha⁻¹), Rohprotein-Gehalt Weizen (%) und N_{min}-Gehalt im März unter Weizen (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 [kg ha ⁻¹]	N ₂ -Fix. Erbse [kg ha ⁻¹]	TM-Kornertrag Weizen [kg ha ⁻¹]	RP-Gehalt Weizen [%]	N _{min} März [kg ha ⁻¹]
Körnererbse	2553 a SD ± 679	87 a SD ± 29	3624 a SD ± 542	12,9 a SD ± 1,0	169 a SD ± 42
Futtererbse	1610 b SD ± 580	66 a SD ± 38	3380 a SD ± 734	13,4a SD ± 0,8	161 a SD ± 54
2003: Erbse			2004: Weizen		
Convarietät	TM-Kornertrag Erbse [kg ha ⁻¹]	N ₂ -Fix. Erbse [kg ha ⁻¹]	TM-Kornertrag Weizen [kg ha ⁻¹]	RP-Gehalt Weizen [%]	N _{min} März [kg ha ⁻¹]
Körnererbse	2112 a SD ± 403	40 a SD ± 19	3788 a SD ± 565	10,2 a SD ± 0,5	120 b SD ± 30
Futtererbse	1739 b SD ± 509	36 a SD ± 20	3762 a SD ± 672	10,3 a SD ± 0,3	141 a SD ± 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

¹ MW 02/03 = Mittelwert der beiden Versuchsjahre 2002 und 2003

Eine geringere Stickstofffixierung der Vorrucht Erbse im Jahr 2003 führte zu einer Reduktion des Rohproteininhaltes 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, der Beikrautdruck im Bestand war geringer. Die Futtererbsen wurden auch weniger stark vom Erbsenwickler und von Erbsenblattläusen befallen. Nicht nur der Rohproteininhalt, sondern auch die Aminosäurezusammensetzung der Futtererbsen war in den meisten Fällen günstiger als die der Körnererbsen. Durch die hohen Tanninwerte (MW 02/03 Tanningehalt von 3 Futtererbsensorten: 0,82% in der TM, vgl. MW von 5 Körnererbsensorten: 0,16% in der TM) sind der Verfütterung von Futtererbsen aus ernährungsphysiologischen Gründen allerdings Grenzen gesetzt, da die Tannine zu einer Senkung der Futterraufnahme führen und die Proteinverdauung herabsetzen (Jeroch et al. 1999). Generell ist die Futtererbse eine interessante Alternative für die Futternutzung im Ökologischen Landbau.

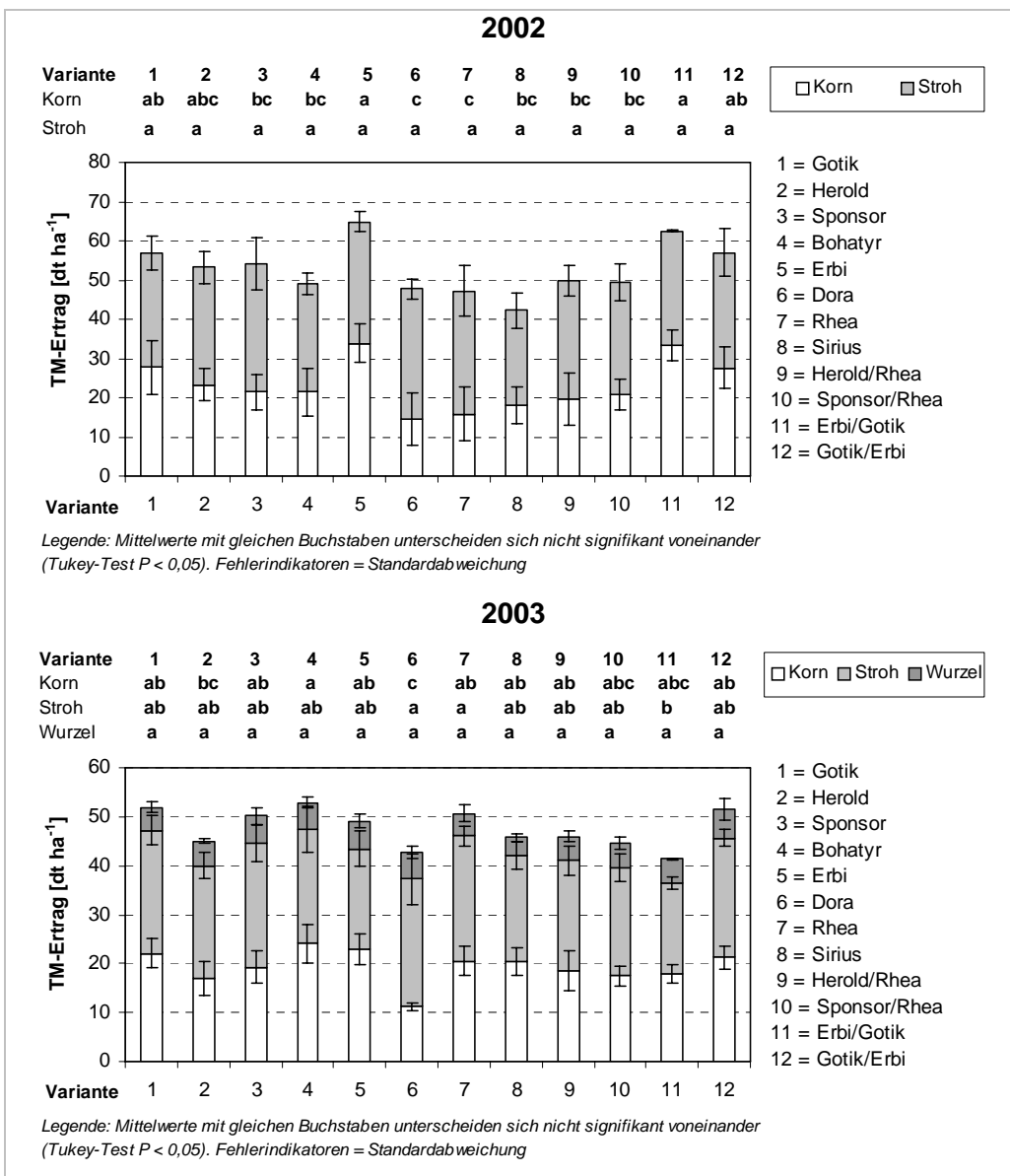


Abbildung 1: TM-Korn-, Stroh- und Wurzeltrug (0-60 cm) in kg ha^{-1} in den Jahren 2002 (nur Korn- und Strohertrag) und 2003 der Körnererbsen-Varianten

Die Blatt-Typ Körnererbsensorten Bohatyr (im Jahr 2003) und Erbi (im Jahr 2002) erreichten die höchsten TM-Kornerträge (siehe Abbildung 1) aller geprüften Varianten. 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. Auch im Futterwert sind die geprüften Blatt-Typen der Körnererbse als Sorten mit hoher Proteinqualität zu beurteilen.

Ausschlaggebend für die Höhe des Deckungsbeitrages war in erster Linie der Kornertrag. Der berechnete Deckungsbeitrag der in diesem Forschungsprojekt geprüften Erbsen-Sorten ergab -279 bis +110 € ha⁻¹ (MW 02/03, siehe Tabelle 4). Die ertragsstarken Sorten Gotik (+15 € ha⁻¹) und Erbi (+110 € ha⁻¹) erreichten die positivsten Deckungsbeiträge. Aufgrund des Ertragsrisikos und des geringen Marktwertes ist der Deckungsbeitrag bei Erbsen, im Vergleich zu Getreide, sehr niedrig. Dies ändert sich, wenn man den erweiterten Deckungsbeitrag betrachtet, da hier die Vorfruchtleistung der Erbse für die Folgekultur berücksichtigt wird. Der konkret erzielte Mehrertrag der Nachfrucht (z.B. Winterweizen) wird der Erbse gutgeschrieben. Dadurch kann der erweiterte Deckungsbeitrag bei Erbsen auf etwa 160 €/ha ansteigen (Mittelwert aller untersuchten Sorten, siehe Tabelle 4). Bewertet man die Wirtschaftlichkeit von Erbsen mit Hilfe der erweiterten Deckungsbeitragsberechnung, erzielen die Blatt-Typen der Körnererbse (Erbis, Bohatyr) im Vergleich zu den halbblattlosen Sorten (Gotik, Herold, Sponsor) aufgrund ihrer höheren Kornerträge (Sorte Erbi) und N-Fixierleistungen (Bohatyr, Erbi) die höchsten Deckungsbeiträge.

Tabelle 4: Saatgutkosten, Saatgutbedarf und Deckungsbeiträge von Erbsen-Sorten sowie Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen

Sorte	Wuchstyp	Saatgutkosten €/kg	Saatgutbedarf kg/ha	Deckungsbeitrag ¹ €/ha	Ertrag Nachfrucht ² kg/ha	Erweiterter DB ³ €/ha
Gotik	HBT	0,70	300	15	3378	150
Herold	HBT	0,50	290	5	3644	212
Sponsor	HBT	0,66	320	-56	3806	195
Bohatyr	BT	0,72	300	-9	3886	264
Erbis	BT	0,71	300	110	3818	364
Dora	FE	0,99	280	-279	3676	-63
Rhea	FE	0,99	175	-63	3590	129
Sirius	FE	0,99	270	-135	3448	19

HBT: Halbblattloser Typ Körnererbse, BT: Blatttyp Körnererbse, FE = Grünfüttererbse/Peluschke; Annahme: Lohndrusch €95/ha¹⁺³; DB = Deckungsbeitrag, beide DB berechnet nach Standard DB-Katalog (BMLFUW 2002)

²: Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen; Daten aus 2-jährigem Anbauversuch Raasdorf im Marchfeld

³: Erweiterter DB = (Differenz DB Weizen mit Vorfrucht Erbse - DB Weizen mit Vorfrucht Hafer) + Klassischer DB Erbse

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, führte ein Gemenge aus halbblattlosen Typen und den sehr ertragsstarken Blatt-Typen der Körnererbsen zu einer Steigerung des Kornertrages (Variante 20 im Jahr 2002, siehe Abbildung 1) und der Stickstofffixierleistung gegenüber den halbblattlosen Körnererbsen in Reinsaat. Die Kombination von Körner- und Futtererbsen bewirkte mit Ausnahme der reduzierten Lagerung in diesem Gemenge keine Vorteile gegenüber den Reinsaaten. Der Vergleich aller

Reinsaaten und Gemenge ergab keine Vorteile der Gemenge in den Kornerträgen, Stickstofffixierleistungen und Nachfruchteffekte auf den folgenden Winterweizen.

Teilprojekt B:

Die trocken-heißen Witterungsbedingungen im Sommer 2003 bewirkten eine geringe Sprosstrockenmassebildung der legumen Zwischenfrüchte vor Erbse (Saatwicke 112 kg ha^{-1}). 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 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 Rinnofner 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 kg ha^{-1} Spross-TM-Ertrag, 885 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.

Der sowohl zur Saat ($56-94 \text{ kg ha}^{-1}$) als auch zur Ernte der Zwischenfrüchte (durchschnittlich 110 kg ha^{-1}) hohe N_{min} -Gehalt im Boden trug neben dem geringen Sprossertrag der Wicke 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 $10-15 \text{ kg ha}^{-1}$ und eine N_2 -Fixierleistung von $80-110 \text{ kg ha}^{-1}$. Rinnofner et al. (2005) stellten in einem Leguminosen-Gemenge eine Stickstofffixierleistung von $14-34 \text{ kg N ha}^{-1}$ 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.

Da neben der Ertragsbildung auch die Stickstofffixierleistung der Saatwicke auf geringem Niveau lag, wurde kein positiver Effekt der legumen Vor-Zwischenfrucht auf die folgende Erbse festgestellt (MW TM-Kornertrag Erbse: 19 dt ha^{-1} , MW Stickstofffixierleistung Erbse 55 kg ha^{-1}). Interessant ist, dass auch im Versuchsjahr 2004 die Futtererbsen ihr hohes Ertragspotential zur Körnernutzung im Ökologischen Landbau bewiesen haben (keine signifikanten Unterschiede zwischen den Körnererbsen-Varianten 1-4 und Futtererbsen-Varianten 5-8, siehe Abbildung 2).

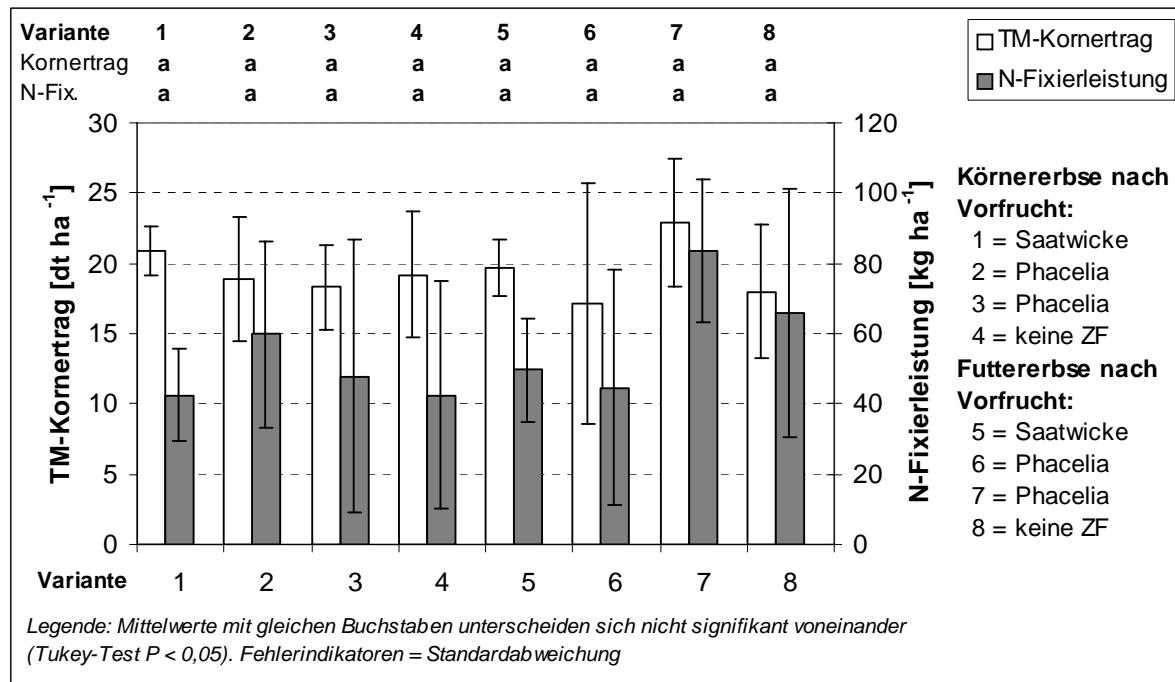


Abbildung 2: Trockenmasse (TM)-Kornertrag in dt ha⁻¹ und N₂-Fixierleistung in kg ha⁻¹ der Erbsen-Varianten zum Erntetermin Juli 2004

Im Juli 2004 war die Spätverunkrautung der Hauptfrucht Erbse in den Futtererbse-Varianten geringer, als in den Körnererbse-Varianten (geschätzter Beikrautdeckungsgrad auf der Fläche: MW Futtererbse-Varianten: 13%, Körnererbse-Varianten: 26%). Durch die hohe Spätverunkrautung der Hauptfrucht Körnererbse war auch der Beikrautdruck in der nachfolgenden Zwischenfrucht „Ausfall Körnererbse“ zum Erntezeitpunkt sehr hoch (MW Beikrautanteil: 45% des gesamten TM-Sprossertrages der Zwischenfrucht, entspricht 130 kg ha⁻¹) und deren TM-Sprossertrag geringer (MW aller Varianten: 135 kg ha⁻¹) als der Ertrag der „Ausfall Futtererbse“ (MW aller Varianten: 761 kg ha⁻¹; Beikrautanteil: 6%).

Tabelle 5: Trockenmasse (TM)-Sprossertrag in kg ha⁻¹ 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 ⁻¹]	Stdabw [kg ha ⁻¹]	Tukey Test	S-Wicke [kg ha ⁻¹]	Stdabw [kg ha ⁻¹]	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 ($p < 0,05$)

Die mittels Direktsaat zusätzlich ausgebrachte Saatwicke konnte sich nur in der konkurrenzschwächeren „Ausfall Körnererbse“ entwickeln (TM-Sprossertrag Saatwicke in „Ausfall Körnererbse“: 180 kg ha⁻¹, Saatwicke in „Ausfall Futtererbse“: 74 kg ha⁻¹) und bewirkte dort im Vergleich zu den anderen Ausfall Körnererbsen-Varianten 1, 2 und 4 eine Steigerung des Gesamt-Sprosstrockenmasseertrages um +85% (siehe Tabelle 5).

Die Schätzung der N₂-Fixierleistung der legumen Zwischenfrüchte nach Erbse 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⁻¹ die Erträge der Leguminosen (siehe Tabelle 5) um ein vielfaches übertrafen. Aufgrund der geringen Ertragsbildung der Leguminosen war das Angebot an mineralischem Stickstoff im Boden zur Ernte der Zwischenfrüchte auf einem relativ hohem Niveau (59 kg Nitrat-N ha⁻¹). Da ein erhöhter Gehalt an mineralischen N-Verbindungen im Boden im Allgemeinen die N₂-Fixierungsleistung von Leguminosen reduziert (Danso et al. 1988, Nesheim et al. 1990), wurde die Stickstofffixierung der legumen Zwischenfrüchte nach Erbse mit Null geschätzt.

Tabelle 6: Vorfrucht-Nachfruchtbeziehung der Zwischenfrüchte vor und nach Erbse und der Hauptfrucht Erbse sowie der folgenden Nachfrucht Winterweizen (Teilprojekt B)

Kulturart	Körnererbse (Var. 1)		Futtererbse (Var. 5)	
	TM-Erträge [kg ha ⁻¹]	N-Ertrag bzw. N ₂ -Fix. [kg ha ⁻¹]	TM-Erträge [kg ha ⁻¹]	N-Ertrag bzw. N ₂ -Fix. [kg ha ⁻¹]
1. Zwischenfrucht				
ZF Saatwicke – Spross	105	2	118	3
ZF Saatwicke - Wurzeln	164	3	228	3
ZF Saatwicke - GESAMT	269	5	346	6
ZF Saatwicke N ₂ -Fixierung		+19		+35
2. Erbse				
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 ₂ -Fixierung		+43		+50
Wurzelexsudate Erbse ¹		+12		+11
3. Zwischenfrucht				
ZF Ausfallerbse – Spross	188	9	864	40
ZF Ausfallerbse – Wurzeln	171	3	253	5
ZF Ausfallerbse – GESAMT	359	12	1117	45
ZF Ausfallerbse N ₂ -Fixierung		0		0
4. Winterweizen				
Körner (16% RP), ohne Stroh*	3260	-92	3475	-98
SUMME N-Abfuhr*		-159		-165
SUMME N₂-Fixierung + Exsudate		+74		+96
N-Bilanzsaldo		-85		-69

¹: Wurzelexsudate: 11,2% des gesamtpflanzlichen N (Jost 2003)

Der Anbau der überprüften Zwischenfrüchte leistete im vorliegenden Versuch keinen erkennbaren Beitrag zur Steigerung des Kornertrages und Proteingehaltes der Nachfrucht Winterweizen (MW Kornertrag: 3574 kg ha⁻¹, MW Proteingehalt: 15,5 %; keine Unterschiede zwischen den Varianten). Bei sehr guten Wachstumsbedingungen für die Zwischenfrüchte stellten Möller und Reents (1999) hingegen 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. Bei Kalkulation des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos für einen Teil der Fruchtfolge zeigte sich, dass der N-Entzug der Erbsen- und Weizenkörner durch die legumen Zwischenfrüchte nicht kompensiert werden konnte und der N-Flächenbilanzsaldo für die Variante 1 und 5 negativ war (siehe Tabelle 6). Durch die zusätzliche in die „Ausfallerbse“ ausgebrachte Saatwicke konnte der negative N-Flächenbilanzsaldo dieser Teilfruchtfolge nicht verringert werden (Variante 3: -77 kg ha^{-1} , Variante 7: -64 kg ha^{-1} ; Kalkulation nicht in Tabelle 6 dargestellt). 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 7) überstieg.

Tabelle 7: TM-Kornertrag (kg ha^{-1}), Rohproteingehalt (%) und Rohproteinertrag (kg ha^{-1}) von Winterweizen in den Jahren 2001-2005 auf den Versuchsflächen des Institutes für Ökologischen Landbau, Raasdorf im Marchfeld (Mittelwert aller Versuchsvarianten)

Ernte-jahr	TM-Kornertrag [kg ha^{-1}]	Rohprotein-gehalt [%]	Proteinertrag [kg ha^{-1}]	Vorfrucht	Quelle
2001	2450	13,0	319	Luzerne-Gras	Farthofer et al. 2004
2002	3400	13,6	462	Luzerne-Gras	Farthofer et al. 2004
2003	3510	13,1	460	Erbse	Teilprojekt A ¹
2004	3874	10,2	395	Erbse	Teilprojekt A ¹
2005	3574	15,5	554	Erbse + ZF	Teilprojekt B ¹
MW	3362	13,1	438		

¹: Daten aus dem vorliegenden Projekt; ZF: Zwischenfrucht

Die gesamte fixierte Stickstoffmenge der Hauptfrucht Erbse wurde über die Kornernte vom Feld abgefahren. Ein möglicher Grund für den dennoch sehr hohen Proteingehalt im Winterweizen 2005 könnte die N-Versorgung der Nachfrucht durch die Mineralisation der pflanzenverfügbaren Ernterückstände der Leguminosen (Zwischenfrucht vor und nach Erbse, Hauptfrucht Erbse) gewesen sein. Beim Abbau der Rückstände von Körnerleguminosen werden etwa 20 bis 30 kg N ha^{-1} mineralisiert (Müller 1986). Die im Laufe der Vegetationsperiode durch Mineralisation gebildete anorganische Stickstoffmenge kann nur geschätzt werden, da mit der N_{\min} -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 6), so standen den Nachfrüchten etwa 57 (Variante 1) bis 85 kg N ha^{-1} (Variante 5) zur Verfügung. Die trockenen Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode der Nachfrucht (August 2004 - Juli 2005: -144 mm gegenüber dem langjährigen Durchschnitt) haben jedoch das Massenwachstum von Winterweizen stark begrenzt.

Sembach (1988) schätzt, dass je nach Boden, Kulturmaßnahmen und Witterungsverlauf, durch eine Körnerleguminosen-Hauptfrucht etwa 40-80 kg N ha^{-1} sowie durch eine legume Zwischenfrucht immerhin noch 15-40 kg N ha^{-1} 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. Im vorliegenden Projekt 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.

Teilprojekt C:

70% der gesamten, eingelangten Erbsenproben waren Körnererbsen, 28% Futtererbsen, 2% Platterbsen. Die von allen beteiligten Landwirten am häufigsten eingesetzte Erbsensorte im Erntejahr 2003 war die Sorte Gotik (Körnererbse), gefolgt von Sirius (Futtererbse) und Santana (Körnererbse). Sowohl zwischen den Erbsensorten, als auch zwischen den Erbsenarten (Körnererbsen, Futtererbsen, Platterbsen) wurden keine Unterschiede im Rohproteingehalt festgestellt (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: 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	---
Bohatyr	2	24,1	6,5	Rhea	1	21,5	---
Delta	1	17,1	---	Santana	13	21,3	2,4
Dora	2	19,0	2,1	Sirius	14	21,2	2,4
Eiffel	1	18,0	---	Sponsor	8	19,5	2,0
Gotik	26	21,5	2,9	Susan	1	22,4	---
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	---	Gesamt	132	21,5	2,9

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

Bezogen auf die Periode 03-08/2003 wiesen Proben von Praxisflächen mit höherer Durchschnittstemperatur (16,2-17,1°C) signifikant höhere Druscherträge auf, als Proben von Flächen mit niedrigerer Temperatur (12,0-16,1°C). 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). Liebhard (1988) gibt für einen befriedigenden Erbsenertrag für die vegetative Phase, die Blühperiode, während des Hülsenansatzes und der Kornfüllung ca. 180 mm Niederschlag als notwendig an. Die Höhe der Niederschlagssummen von 03-08/2003 in den untersuchten Anbauregionen ergab 150-750 mm und hatte keinen Einfluss auf den Druschertrag der Erbsen (siehe Abbildung 3). Dies lässt den Schluss zu, dass die Niederschlagssumme im genannten Zeitraum ausreichend für die Entwicklung der Erbsenpflanzen war. Eine ausreichende Wasserversorgung der Kulturpflanze hängt allerdings nicht nur von der Niederschlagssumme, sondern auch vom verfügbaren Bodenwasservorrat ab, der im Rahmen dieser Praxisprobensammlung nicht erhoben werden konnte.

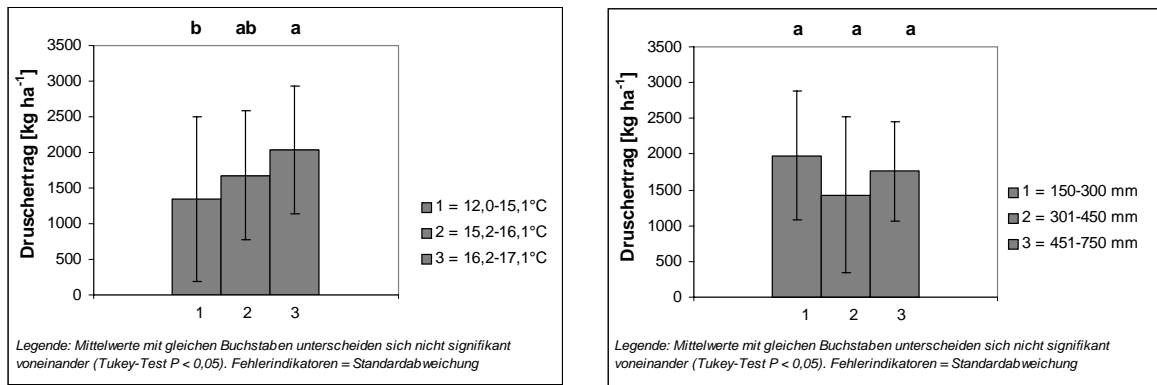


Abbildung 3: Druschertrag von Erbsen in kg ha⁻¹ (n = 137) in Abhängigkeit von der Durchschnittstemperatur 03-08/2003 (links) sowie in Abhängigkeit von der Niederschlagssumme 03-08/2003 (rechts)

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). Die Blüte und Abreife der Erbse wird mit zunehmender Temperatur beschleunigt (Bäumer 1992). Im Beobachtungszeitraum 06-07/2003 konnten die von den Autoren geäußerten Beobachtungen nicht bestätigt werden. 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 kg ha⁻¹; siehe Tabelle 9). Zwischen Rohproteingehalt und Kornertrag wurde eine signifikante, schwach negative Korrelation von $r = -0,37^{**}$ festgestellt. In Klimaregionen mit höheren Durchschnittstemperaturen (21,1-22,4°C) wurden das Wachstum und die Entwicklung der Erbsenpflanzen forciert und die Kornerträge (2058 kg ha⁻¹) gesteigert.

Tabelle 9: Rohproteingehalt (%) und Druschertrag (kg ha⁻¹) 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 ⁻¹]	Stdabw [kg ha ⁻¹]	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

Nach Stählin (1955) bewirkt starke Trockenheit, besonders im Mai und Juni, eine Abnahme von Zahl und Gewicht der Hülsen und Körner, aber der Rohproteingehalt in der Trockenmasse nimmt zu. Die Höhe der Niederschlagssumme hatte allerdings auch im Zeitraum Juni/Juli 2003 keinen Einfluss auf den Rohproteingehalt und den Druschertrag der Erbsen (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Rohproteingehalt (%) und Druschertrag (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 [kg ha ⁻¹]	Stdabw [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.

Literatur

Bäumer, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

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 – Alternativeiweiß in der oberösterreichischen Pflanzenproduktion. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.

Danso, S. K. A., Hardarson, G. und Zapata, F. (1988): Dinitrogen fixation estimates in alfalfa-ryegrass swards using different nitrogen-15 labeling methods. *Crop Science* 28: 106-110.

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.

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.

Jost, B. (2003): Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N₂-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.

Liebhard, P. (1988): Vorfrucht- und Fruchtfolgewardung von Ackererbse im baltischen und semiariden Klimagebiet. Tagungsbericht Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin 261: 227-235.

- 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.
- 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.
- Opitz von Boberfeld, W. und Beckmann, E. (1998): Zum Vorruchtwert der Zwischenfrüchte *Vicia sativa* L. und *Trifolium resupinatum* L. *Pflanzenbauwissenschaften* 2 (4): 183-189.
- 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.
- 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.
- Stählin (1955): zit. In Plank, A. (1985): Ackerbohne und Körnererbse – Alternativeiweiß in der oberösterreichischen Pflanzenproduktion. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.