

Gabriele Gollner¹, Christoph Gabler¹, Sabine Grausgruber-Gröger², Jürgen K. Friedel¹, Heinrich Grausgruber³, Bernhard Freyer¹

Körnerleguminosen in Mischkulturen mit Leindotter (*Camelina sativa*) im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen

Grain legumes in mixed stands with false flax (*Camelina sativa*) in organic farming under Pannonian site conditions

402

Zusammenfassung

In drei aufeinander folgenden Versuchsjahren wurden die Körnerleguminosen Linse (*Lens culinaris*), Platterbse (*Lathyrus sativus*) und Futtererbse (*Pisum sativum*) als Reinsaat und in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen gemeinsam mit Leindotter (*Camelina sativa*) in einem Feldversuch auf den ökologisch bewirtschafteten Versuchsflächen der Universität für Bodenkultur Wien im pannonischen Klimagebiet geprüft. Ziel dieses Versuchs war zu überprüfen, ob unter trockenen Standortbedingungen eine Körnerleguminosen-Leindotter-Mischkultur trotz der erhöhten Konkurrenzsituation zwischen den Mischungspartnern vorteilhaft ist. Dafür wurden die optimalen Saatzmengen von Leindotter und Körnerleguminosen als Mischungspartner unter den pannonischen Bedingungen ermittelt. Die Witterungsverhältnisse waren in den drei Versuchsjahren sehr unterschiedlich und beeinflussten die Ertragsdaten der Mischkulturen. Unter den günstigen Witterungsbedingungen im ersten Versuchsjahr zeigten die Mischungen von Leindotter-Linse und Leindotter-Platterbse ertragliche Vorteile. Im Mittel über die drei Versuchsjahre war eine Leindotter-Linsen Mischung von 25:75 Prozentanteilen die Mischung mit dem günstigsten Mischungseffekt. Leindotter in den Mischkulturen erzielte durchschnittlich 6 dt ha⁻¹ in den Mischungen mit Linsen sowie in den Mischungen mit Platt- und Futtererbse bei hohem Leindotteranteil. In Summe war der positive Effekt der substitutiven Lein-

dotter-Linse und Leindotter-Platterbse Mischungen in den günstigen, feuchten Jahren größer als der negative Effekt im ungünstigen, trockenen Jahr. Diese Leindotter-Körnerleguminosen Mischungen werden deshalb sowohl für das Trockengebiet Ostösterreichs als auch für klimatisch ähnliche Gebiete in Ungarn oder Mitteldeutschland empfohlen.

Stichwörter: Mischungsverhältnis, Linse, Platterbse, Futtererbse, Ertrag

Abstract

The grain legumes lens (*Lens culinaris*), grass pea (*Lathyrus sativus*) and field pea (*Pisum sativum*) were examined as pure crops and in different mixing ratios with false flax (*Camelina sativa*) on organically cultivated fields of the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, in the Pannonian region in three consecutive vegetation periods. The aim of this study was to test whether a mixed stand of grain legume and false flax shows advantages compared to the pure crops despite an increased competition between the partners in the mixture under the dry conditions. Therefore, the optimum seed density for the partners in the mixed stand under the Pannonian conditions was identified. The weather conditions varied widely within the three vegetation periods and influenced the yield of the mixtures. Under

Institut

Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien¹
AGES, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH²

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien³

Kontaktanschrift

Dr. Gabriele Gollner, Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien, Österreich, E-Mail: gabriele.gollner@boku.ac.at

Zur Veröffentlichung angenommen

September 2010

the favourable weather conditions in the first experimental year, the mixed stands of lens-false flax and grass pea-false flax showed benefits in yield. On average across three very different years, a mixture of false flax : lens at 25:75 percent had the most positive mixture cropping effect. An average of 0.6 t ha⁻¹ false flax was achieved in mixed stands with lentils and in mixtures with grass pea and field pea with high false flax percentage. In general, the positive effect of the substitutive lens-false flax and grass pea-false flax mixed stands was higher in the favourable, wet years than the negative effect in the unfavourable, dry year. We therefore recommend these grain legume-false flax mixed stands for the dry regions in Eastern Austria and for climatically similar regions in Hungary or Central Germany.

Key words: Mixing ratio, lens, grass pea, field pea, yield

Einleitung

Mischkulturen können, in optimalen Verhältnissen verwendet, Ressourcen wie Licht, Wasser und Nährstoffe besser ausnutzen als Monokulturen. Positive Mischungseffekte hinsichtlich Ertrag wurden beispielsweise bei Getreide-Körnerleguminosenbeständen (BULSON et al., 1997; HAUGGAARD-NIELSEN et al., 2001; KÜBLER et al., 2006) dokumentiert. Vielfach wurde in der Literatur auch von Vorteilen von Mischkulturen hinsichtlich Beikrautunterdrückung, Krankheits- und Schädlingsbefall gegenüber Reinsaaten berichtet (BANIK et al., 2006; HAUGGAARD-NIELSEN et al., 2001; ACKERMANN und SAUCKE, 2005). Da es zu Wechselwirkungen zwischen den Mischungspartnern kommt, und Pflanzen in Reinsaat und in Mischungen unterschiedlich reagieren, müssen die jeweils optimalen Mischungsverhältnisse in Feldversuchen überprüft werden.

In feuchteren Gebieten Österreichs (Steiermark, Waldviertel) hat sich der Mischbau von Leindotter mit Erbsen, aber auch mit Getreide (Gerste, Hafer) in der Praxis bereits bewährt (GERL, 2005). Leindotter keimt schnell, unterdrückt das Unkraut, da er mit seiner Blattrosette den Boden abdeckt, lockert mit seiner Pfahlwurzel den Boden und dient in Mischkultur als Stützfrucht. Leindotter zählt außerdem zu den trockenoleranten landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Die Wirkung von Leindotter als Unkraut- hemmer (ACKERMANN und SAUCKE, 2005; MAKOWSKI und PSCHIEDL, 2003) und Stützfrucht (MAKOWSKI und PSCHIEDL, 2003), belegt durch den Mischbau mit Erbsen in deutschen Versuchen, machen ihn zu einem interessanten Mischungspartner für Körnerleguminosen. PAULSEN (2007) erzielte beim Mischfruchtanbau von Erbse und Lupine mit Leindotter höhere Flächenproduktivitäten (gemessen am Relative Yield Total, RYT) im Vergleich zur Reinsaat, es geht jedoch der Leguminosenertrag in der Mischung im Vergleich zur Reinsaat zurück. PAULSEN (2007) macht deshalb eine Ausdehnung des Mischbaus mit Leindotter von den Verwertungsmöglichkeiten des Leindotters abhängig. Leindotteröl eignet sich als

Treibstoff (GERL, 2005). Weitere Verwendungsmöglichkeiten wären jene als Speiseöl (MAKOWSKI und PSCHIEDL, 2003) oder für Kosmetika, Farben und Lacke (PAULSEN, 2007).

Additive Körnerleguminosen-Leindotter-Mischkulturen wurden im Rahmen von eigenen Vorversuchen am Standort der vorliegenden Untersuchung geprüft, haben sich jedoch aufgrund der höheren Konkurrenz, vor allem um den begrenzenden Wachstumsfaktor Wasser, als nicht geeignet für das Trockengebiet Ostösterreichs erwiesen (PIETSCH et al., 2004). Auch in Versuchen von NEUMANN und RAUBER (2004) mit Erbse-Hafer Mischungen erwiesen sich in einem trockenen Versuchsjahr substitutive Mischungen mit geringeren Saatstärken als ertragsstärker als additive Mischungen. Bei substitutiven Mischungen werden die Saatstärken beider Mischungspartner reduziert, so dass die Gesamtpflanzendichte der Mischung der Dichte der Reinsaaten entspricht.

Im ökologischen Anbau ist Grünfuttererbse als Mischungspartner für Leindotter aufgrund der stärkeren Beschattung und Beikrautunterdrückung bei gleich hoher Kornertragsleistung besser geeignet als halbblattlose Körnererbsen-Typen. Futtererbse weist jedoch eine geringere Standfestigkeit und erhöhte Lagerneigung auf.

In den zuvor erwähnten Vorversuchen (PIETSCH et al., 2004) wurde für Leindotter eine Reinsaatstärke von 2–4 kg ha⁻¹ gewählt, die sich jedoch als zu gering für den Standort herausgestellt hat. Der Leindotter wurde von den konkurrenzstarken Körnerleguminosen unterdrückt und erreichte nur einen geringen Kornertrag von durchschnittlich 3 dt ha⁻¹.

Ziel des vorliegenden Versuches war es zu überprüfen, ob eine Leindotter-Körnerleguminosen-Mischkultur auch unter trockenen Standortbedingungen vorteilhaft ist, sowie die optimalen Saatmengen von Leindotter und Körnerleguminosen als Mischungspartner unter pannonischen Bedingungen zu ermitteln.

Material und Methoden

In den Jahren 2006, 2007 und 2008 wurden jeweils Leindotter (*Camelina sativa*) mit Linse (*Lens culinaris*), Platt-erbse (*Lathyrus sativus*) und Futtererbse (*Pisum sativum*) in Reinsaat und in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen (Mischungen, Saatmengen, siehe Tab. 1) angebaut. Die Versuchsdurchführung erfolgte in randomisierten Blockanlagen in jeweils vierfacher Wiederholung auf den ökologisch bewirtschafteten Versuchsflächen an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf der Universität für Bodenkultur Wien im Marchfeld (pannonisches Klimagebiet). Mit Ausnahme von zwei additiven 80:80 Mischungen (Leindotter : Futtererbse, Leindotter : Tellerlinse) wurden in dem vorliegenden Versuch substitutive Mischungen angebaut.

Aufgrund der erwähnten schlechten Ergebnisse mit einer geringen Saatstärke von 3 kg ha⁻¹ in Vorversuchen wurde im vorliegenden Versuch die Leindotter-Reinsaatstärke auf 6 kg ha⁻¹ erhöht.

Tab. 1. Erwartungswerte und gemessene Erträge der Leindotter-Körnerleguminosen Mischungen (in dt ha⁻¹) sowie die Mischungseffekte (ME₁) in den drei Versuchsjahren*Expected values and measured yields of the false flax-grain legume mixed stands (in dt ha⁻¹) and mixing effects (ME₁) in three experimental years*

Mischung Kulturarten	Mischungsverhältnis (%) [#]	Saatmengen in kg ha ⁻¹	Ertrag Reinbestand Leindotter	Ertrag Reinbestand Körnerleg.	Ertrag Mischung	Erwartungswert Mischung	ME ₁
2006							
Cam-Lens	50:50	3 + 40	14,29	14,70	18,05	14,49	3,56
Cam-Lens	40:60	2,4 + 48	14,29	14,70	22,27	14,54	7,74
Cam-Lens	25:75	1,5 + 60	14,29	14,70	19,04	14,60	4,44
Cam-Lens	80:80	4,8 + 64	14,29	14,70	20,14	23,19	-3,04
Cam-Lath	70:30	4,2 + 30	14,29	26,25	27,52	17,88	9,64
Cam-Lath	50:50	3 + 50	14,29	26,25	21,74	20,27	1,47
Cam-Lath	40:60	2,4 + 60	14,29	26,25	28,28	21,47	6,81
Cam-Pisum	70:30	4,2 + 30	14,29	39,55	26,87	21,87	4,99
Cam-Pisum	50:50	3 + 50	14,29	39,55	23,43	26,92	-3,50
Cam-Pisum	40:60	2,2 + 60	14,29	39,55	22,62	29,45	-6,82
Cam-Pisum	80:80	4,8 + 80	14,29	39,55	24,12	43,07	-18,96
2007							
Cam-Lens	50:50	3 + 40	11,29	10,54	10,84	10,91	-0,07
Cam-Lens	40:60	2,4 + 48	11,29	10,54	10,21	10,84	-0,63
Cam-Lens	25:75	1,5 + 60	11,29	10,54	10,87	10,73	0,15
Cam-Lens	80:80	4,8 + 64	11,29	10,54	9,37	17,46	-8,10
Cam-Lath	70:30	4,2 + 30	11,29	24,45	12,05	15,24	-3,19
Cam-Lath	50:50	3 + 50	11,29	24,45	13,50	17,87	-4,37
Cam-Lath	40:60	2,4 + 60	11,29	24,45	13,52	19,19	-5,67
Cam-Pisum	70:30	4,2 + 30	11,29	23,85	12,54	15,05	-2,52
Cam-Pisum	50:50	3 + 50	11,29	23,85	11,26	17,57	-6,31
Cam-Pisum	40:60	2,2 + 60	11,29	23,85	13,53	18,82	-5,30
Cam-Pisum	80:80	4,8 + 80	11,29	23,85	11,43	28,11	-16,68
2008							
Cam-Lens	50:50	3 + 40	11,27	8,51	16,76	9,89	6,87
Cam-Lens	40:60	2,4 + 48	11,27	8,51	12,80	9,61	3,19
Cam-Lens	25:75	1,5 + 60	11,27	8,51	18,24	9,20	9,04
Cam-Lens	80:80	4,8 + 64	11,27	8,51	11,53	15,82	-4,30
Cam-Lath	70:30	4,2 + 30	11,27	34,13	20,52	18,13	2,39
Cam-Lath	50:50	3 + 50	11,27	34,13	24,97	22,70	2,27
Cam-Lath	40:60	2,4 + 60	11,27	34,13	20,71	25,00	-4,28
Cam-Pisum	70:30	4,2 + 30	11,27	33,28	15,79	17,87	-2,07
Cam-Pisum	50:50	3 + 50	11,27	33,28	20,71	22,28	-1,56
Cam-Pisum	40:60	2,2 + 60	11,27	33,28	19,23	24,47	-5,25
Cam-Pisum	80:80	4,8 + 80	11,27	33,28	8,81	35,63	-26,83

Cam-Lens: Mischung Leindotter-Linse, Cam-Lath: Mischung Leindotter-Platterbse, Cam-Pisum: Mischung Leindotter-Futtererbse; # % der jeweiligen Reinsaatstärke.

Cam-Lens: mixed stand false flax-lentil, Cam-Lath: mixed stand false flax-grass pea; Cam-Pisum: mixed stand false flax-field pea; #: % of respective seed density in pure stands.

Der Anbau der Versuche erfolgte am 5. April 2006, 3. April 2007 sowie am 2. April 2008. Aus den 12 m² großen Parzellen wurde jeweils 1 m² händisch geerntet und

das Korngewicht der unterschiedlichen Mischungspartner bestimmt. Die Ernte fand am 24. Juli 2006, 28. Juni 2007 sowie am 17. Juli 2008 statt.

Die statistische Auswertung des Versuches erfolgte in mehreren Schritten. Zunächst wurden die Parzellenerträge entsprechend dem Versuchsdesign (Blockanlage) über die Jahre mit der SAS Vers. 9.1.3 Prozedur MIXED verrechnet (LITTELL et al., 2006). Dabei wurden die Mischungen als fixe, die Blöcke innerhalb der Jahre, die Jahre, sowie die Jahr \times Mischung Interaktion als zufällige Faktoren gesetzt. Mit Hilfe der ESTIMATE Option wurden BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) Werte für die Jahr \times Mischung Kombinationen ermittelt. Mit Hilfe dieser Werte wurden in der Folge Erwartungswerte für die Mischungen (EW) und Mischungseffekte (ME_1) nach KÜBLER et al. (2006) errechnet. Der Erwartungswert errechnet sich aus der Summe der Erträge beider Mischungspartner im Reinbestand jeweils multipliziert mit ihrem Mischungsanteil. Der Mischungseffekt ME_1 berechnet sich aus der Differenz zwischen dem in der Mischkultur gemessenen Ertrag und dem Erwartungswert. Die Berechnung des Mischungseffektes ME_1 nach KÜBLER et al. (2006) wurde gewählt, da laut SNAYDON (1991) andere für Mischungen oftmals gewählte Kennwerte wie z.B. der RYT (Relativ Yield Total) bei substitutiven Mischungen nur schwierig bzw. gar nicht interpretiert werden können. Der Grund dafür ist, dass Konkurrenzeffekte unterschiedlicher Pflanzen mit Bestandesdichteffekten vermischt werden. Die errechneten ME_1 -Werte wurden schließlich einer Varianzanalyse (MIXED ANOVA) über die Jahre unterzogen, bei der wiederum die Mischungen als fixe, die Jahre als zufällige Faktoren festgesetzt wurden. Die Prüfung auf Signifikanz der Haupteffekte erfolgte mit dem Wald-Test (fixer Faktor) bzw. mit dem REML Likelihood-Ratio-Test (zufälliger Faktor) (GALWEY, 2006). Die Vergleiche der BLUP Werte für die einzelnen Jahre erfolgten durch Definition der entsprechenden Kontraste mit der ESTIMATE Option. Die LSMEANS der Mischungen wurden auf signifikante Unterschiede durch paarweise Vergleiche getestet (Option PDIF=ALL ADJUST=TUKEY). Um Gesamtmittelwerte für die einzelnen Mischungskomponenten (Leindotter und Körnerleguminose) zu erhalten, wurden Varianzanalysen mit den Einzelerträgen über die Jahre durchgeführt. Die Erträge der Reinbestände wurden in beiden Analysen mit verrechnet. Aus den errechneten LSMEANS können Veränderungen der einzelnen Kulturen je nach Mischungsverhältnis demonstriert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Witterungsverhältnisse waren in den drei Versuchsjahren sehr unterschiedlich (Abb. 1). Das Jahr 2006 brachte im April und Mai die meisten Niederschläge, wenig Niederschlag im Juni und keine Niederschläge im Juli, mit stetig ansteigender Temperatur, was für das panonische Klimagebiet als normal gilt. Das Jahr 2007 zeichnete sich durch eine mehrwöchige Trockenheit nach der Saat Anfang April aus. Niederschläge traten erst mit Mitte Mai und im Juni auf. Auch das Jahr 2008 war im April trocken, verzeichnete jedoch im Mai, Juni und

Juli überdurchschnittlich hohe Regenmengen. Im Jahr 2007 wurden durch starken Hagel kurz vor der Ernte teilweise Leindotter-Körner ausgeschlagen und der Leindotterertrag wurde dadurch um etwa 10–15% verringert (Schätzung). Der Ertrag der Körnerleguminosen wurde aber nicht beeinflusst.

Da in den drei Versuchsjahren sowohl kaum Beikräuter als auch keine Lagerung der Körnerleguminosen auftrat, können keine Ergebnisse hinsichtlich des Nutzens von Leindotter zur Beikrautunterdrückung bzw. als Stützfrucht in Mischung mit Körnerleguminosen dargestellt werden. In eigenen Vorversuchen war die Beikrautunterdrückung durch den Leindotter unter feuchteren Witterungsbedingungen bedeutender als unter trockenen Bedingungen (PIETSCH et al., 2004).

Für 2006 zeigte sich bei der Leindotter-Linsen Mischung ein positiver Mischungseffekt, außer bei der additiven 80:80 Mischung (Abb. 2). Den besten Mischungseffekt ergab die 40:60 Mischung. Bei Leindotter-Platterbse zeigten 2006 alle drei Mischungsvarianten positive Effekte, wobei der der 50:50 Mischung am geringsten war. Sowohl die 70:30 als auch die 40:60 Mischung ergaben hohe positive Effekte. Eine Tendenz, ob mehr Leindotter oder mehr Platterbse in der Mischung zu bevorzugen wäre, ist somit nicht ablesbar. Bei den Leindotter-Futtererbse Mischungen zeigte sich 2006 ein positiver Effekt nur bei der 70:30 Mischung. Die 80:80 Mischung schnitt am schlechtesten ab. Der negative Effekt der 80:80 Mischung ist sowohl bei Leindotter-Linse als auch bei Leindotter-Futtererbse in allen drei Versuchsjahren zu sehen. Offensichtlich waren in diesen Fällen die Bestände zu dicht, und es kam deshalb zu einer deutlichen Ertragsreduktion.

Im Jahr 2007 waren die meisten Mischungseffekte negativ. Am besten schnitten, wie auch in den anderen beiden Jahren, die substitutiven Leindotter-Linsen Mischungen ab. Im Jahr 2008 fand man bei den substitutiven Leindotter-Linsen Mischungen positive Mischungseffekte. Die Tendenz war jedoch zu jener von 2006 gegenläufig und zeigte bei der 25:75 Mischung den größten Effekt. Bei Leindotter-Platterbse ergaben die 70:30 und die 50:50 Mischung einen positiven Mischungseffekt. Alle Leindotter-Futtererbse Mischungen wiesen 2008 einen negativen Mischungseffekt auf.

Die Varianzanalyse über die Jahre ergab signifikante Einflüsse sowohl für die unterschiedlichen Mischungen als auch für die Jahre (Tab. 2). Ein Paarvergleich innerhalb der Faktoren zeigt, dass sich nur die Leindotter-Futtererbse Mischung 80:80 von allen anderen Mischungen signifikant unterscheidet ($P < 0,05$). Die Leindotter-Linsen Mischung 25:75 unterscheidet sich von der Leindotter-Futtererbse Mischung 40:60 mit $P = 0,06$ (Tab. 3). Die beiden Leindotter-Linsen Mischungen 25:75 und 80:80 unterscheiden sich mit $P = 0,10$. Die Leindotter-Linsen Mischung 25:75 ist die Mischung mit dem höchsten Mittelwert für den Mischungseffekt ME_1 . Die Jahre 2006 und 2007 unterscheiden sich signifikant voneinander, 2007 und 2008 unterscheiden sich mit $P = 0,10$. Auffällig ist die Beziehung zwischen der Niederschlagsmenge und den Mischungseffekten. Je höher die Nieder-

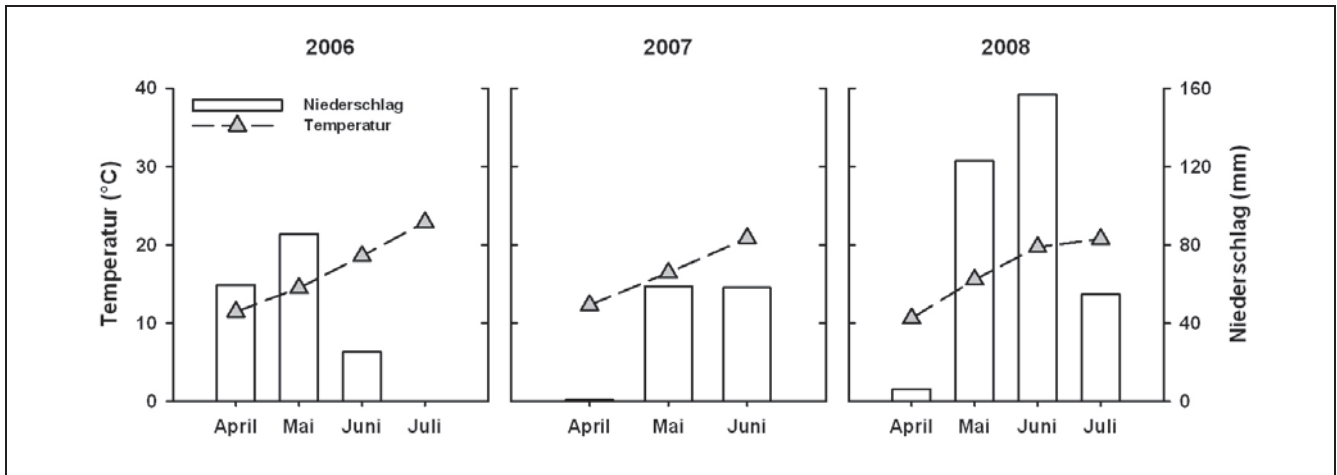


Abb. 1. Niederschlagsmenge und Temperaturen für die Vegetationsperioden 2006, 2007 und 2008. Die Daten beziehen sich jeweils auf den Zeitraum von 1. April bis zum jeweiligen Erntedatum
Precipitation and temperatures during the vegetation periods 2006, 2007 and 2008. Data are related to the time period 1st April to harvest date.

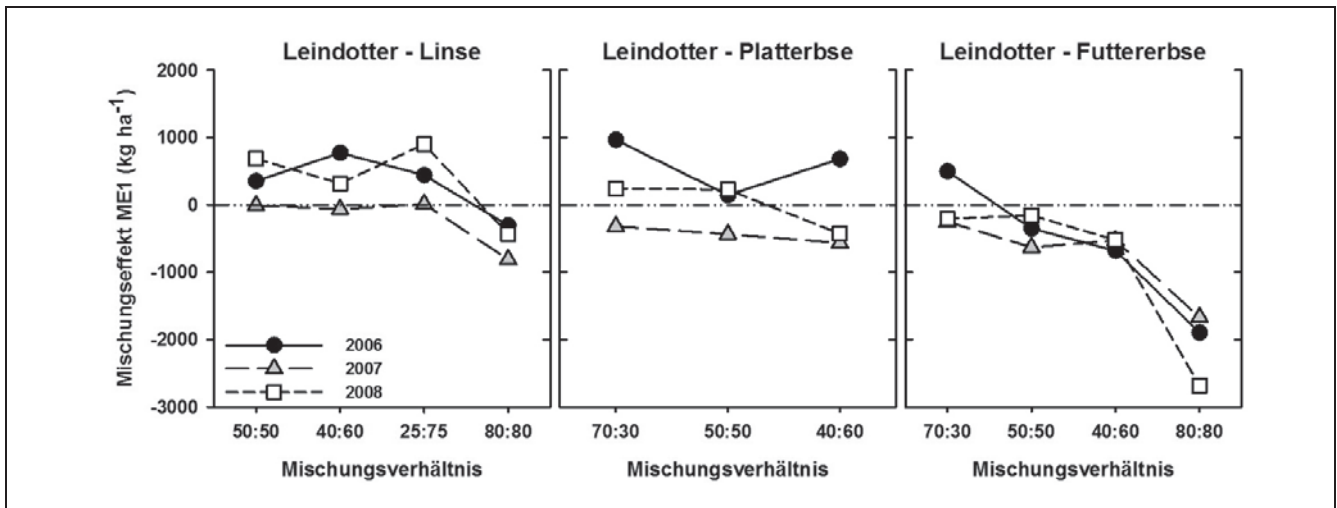


Abb. 2. Mischungseffekte ME₁ auf die Korntrockenmasseerträge (kg ha⁻¹) bei unterschiedlichen Mischungsanteilen für die drei Versuchsjahre
Mixing effects ME₁ on grain dry matter yields (kg ha⁻¹) of different two-component mixed stands in three experimental years.

schlagsmenge im April ist, desto positiver ist der Mittelwertschätzwert für ME₁. Das weist darauf hin, dass die Niederschlagsmenge in der Phase der Bestandesetablirung für den Erfolg der Mischungen im vorliegenden Versuch mit ausschlaggebend war.

Tab. 2. Varianzanalyse des gemischten Modells für die Erträge (Wald-Test für fixen Effekt, REML Log-Likelihood Ratio Test für zufälligen Effekt)
Analysis of variance of the mixed model for yield (Wald-test for fixed effect, REML Log-Likelihood Ratio Test for random effect)

Faktoren	χ^2	Pr > χ^2
Mischungen (fix)	118,52	< 0,0001
Jahre (zufällig)	4,7	0,0202

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es abzuklären, ob eine Leindotter-Körnerleguminosen-Mischkultur auch unter trockenen, panonischen Standortbedingungen Vorteile bringt, und welche Saatmengen der Mischungspartner anzuraten sind. Die Konkurrenz zwischen Pflanzen ist unter trockenen Standortbedingungen höher als unter feuchten Bedingungen. Ein Mischungsanbau ist jedoch nur dann wirklich sinnvoll, wenn ertraglich ein Vorteil zu erwarten ist, bzw. wenn die Kulturführung (Aussaat, Beikrautkontrolle, Ernte) nicht aufwändiger als beim Reinanbau ist. Eine gleichzeitige Aussaat ist durch die unterschiedliche Korngröße von Leindotter und Körnerleguminosen und verschiedene Ablagetiefen nicht möglich. Ein Anbau des Leindotters nach der Leguminose durch Ausstreuen und anschließendes Anwalzen oder Eintriegeln sind in der Praxis üblich. Leindotter und Erbsen können normalerweise gemeinsam geerntet werden, Leindotter reift zwar früher ab, die Ausfallnei-

Tab. 3. Mittelwertschätzwerte (LSMEANS bzw. BLUP⁴) der Mischungseffekte ME₁ für die Mischungen und Jahre
Estimated mean values (LSMEANS or BLUP⁴, resp.) of mixing effects ME₁ for mixed stands and years

Mischung		LSMEANS ME ₁ (dt ha ⁻¹)	Signifikante Unterschiede ¹	Jahr	BLUP ⁴ ME ₁ (dt ha ⁻¹)	Signifikante Unterschiede ¹
Cam-Lens	50:50	3,45	a	2006	0,16	a
Cam-Lens	40:60	3,43	a	2007	-4,33	b ³
Cam-Lens	25:75	4,54	a ^{2,3}	2008	-1,89	a, b ³
Cam-Lens	80:80	-5,15	a ³			
Cam-Lath	70:30	2,95	a			
Cam-Lath	50:50	-0,21	a			
Cam-Lath	40:60	-1,04	a			
Cam-Pisum	70:30	0,13	a			
Cam-Pisum	50:50	-3,79	a			
Cam-Pisum	40:60	-5,79	a ²			
Cam-Pisum	80:80	-20,82	b			

¹ Mittelwertschätzer, die in keinem Buchstaben übereinstimmen, sind signifikant voneinander unterschieden ($P < 0,05$)

² Mittelwertschätzer unterscheiden sich mit $p = 0,06$,

³ Mittelwertschätzer unterscheiden sich mit $P = 0,10$,

⁴ Best Linear Unbiased Predictor

¹ Estimated means with the same letter are not significantly different ($P < 0.05$),

² Estimated means differ at $p = 0.06$,

³ Estimated means differ on $P = 0.10$,

⁴ Best Linear Unbiased Predictor

gung ist aber gering. Ausgefallener Leindotter ist außerdem als Zwischenfrucht interessant.

Unter günstigen Witterungsbedingungen, wie sie 2006 vorherrschten, brachten substitutive Mischungen von Leindotter-Linse und Leindotter-Platterbse durchaus ertragliche Vorteile. In der Mischkultur dient der Leindotter der Linse als Stützfrucht, die Lagerung wird verringert und das für Speisezwecke verwendete Erntegut wird geringer verunreinigt. In der Mischkultur reifen Platterbse und Leindotter aufgrund der Wasserkonkurrenz früher ab als in der Reinsaat. Der Leindotter war in der Mischung mit Futtererbse in allen Jahren zu konkurrenzstark.

Sind die Witterungsbedingungen zu trocken, wird die Konkurrenz der Mischungspartner um den pflanzenverfügbaren Wasservorrat zu groß, denn die Niederschlagsverhältnisse beeinflussen den Kornertrag von Leguminosen sehr stark (MILLER et al., 2002). Dies wurde auch im Rahmen von Vorversuchen im Versuchsjahr 2003 festgestellt, wo Körnererbsen-Leindotter-Mischkulturen mit verschiedenen Saatmischungsanteilen (additive Mischungen) getestet wurden (PIETSCH et al., 2004). Ein Ertragsvorteil einer Leindotter-Futtererbsen-Mischkultur wurde im vorliegenden Versuch nur bei einem Anbauverhältnis von 70:30 im Jahr 2006 festgestellt. In Versuchen von AUFHAMMER et al. (2005) zeigten substitutive Dreikomponenten-Mischbestände von Erbse und Linse mit den Stützfruchtarten Ackerbohne, Sommerweizen und Nackthafer bezogen auf die Kornmasse nahezu durchgehend nachweislich positive Mischungseffekte. In den Additionsvarianten wurden die hohen Erwartungswerte nicht erreicht und negative Mischungseffekte festgestellt.

Mischkulturen von Leindotter mit Körnerleguminosen können also auch im trockenen panonischen Klimagebiet von Vorteil sein. Die Witterung beeinflusst erwartungsgemäß die Ertragsdaten wesentlich. In den substitutiven Leindotter-Linse und Leindotter-Platterbse Mischungen war der gesamte Mischungseffekt in den günstigen, feuchten Jahren 2006 und 2008 positiv und größer als der negative Effekt im ungünstigen, trockenen Jahr 2007 (Abb. 2).

In unserem Versuch war eine Leindotter-Linsen Mischung von 25:75 Prozentanteilen im Mittel über drei sehr unterschiedliche Versuchsjahre die Mischung mit dem positivsten Mischungseffekt. Eine mögliche Erklärung für den Erfolg der Leindotter-Linsen Mischung auch bei trockenen Witterungsbedingungen bietet die Wurzelmorphologie dieser Körnerleguminosen-Art. Die Linse hat neben ihrer dünnen Pfahlwurzel viele seitliche Faserwurzeln, die eine Durchwurzelungstiefe von 1,5–2 m erreichen und damit den Bodenwasservorrat tieferer Bodenschichten ausschöpfen können. Die Wurzeln der Platterbse erreichen hingegen eine Tiefe von 0,8–1,5 m, die der Futtererbse bis etwa 1 m (FREYER et al., 2005).

Wird das Leindotteröl als Treibstoff verwendet, so wird laut PAULSEN (2003) bei einem Ölertrag von 200 kg Öl ha⁻¹ die Selbstversorgung mit Treibstoff sicher gewährleistet, wofür bei Leindotter ein Kornertrag von knapp 6 dt ha⁻¹ notwendig ist. Betrachtet man die Gesamtmittelwerte der einzelnen Mischungskomponenten in Abb. 3, sieht man, dass im Mittel über die drei Versuchsjahre in Mischkultur die 6 dt ha⁻¹ bei Leindotter in den Mischungen mit Linsen sowie in den Mischungen mit Platt- und

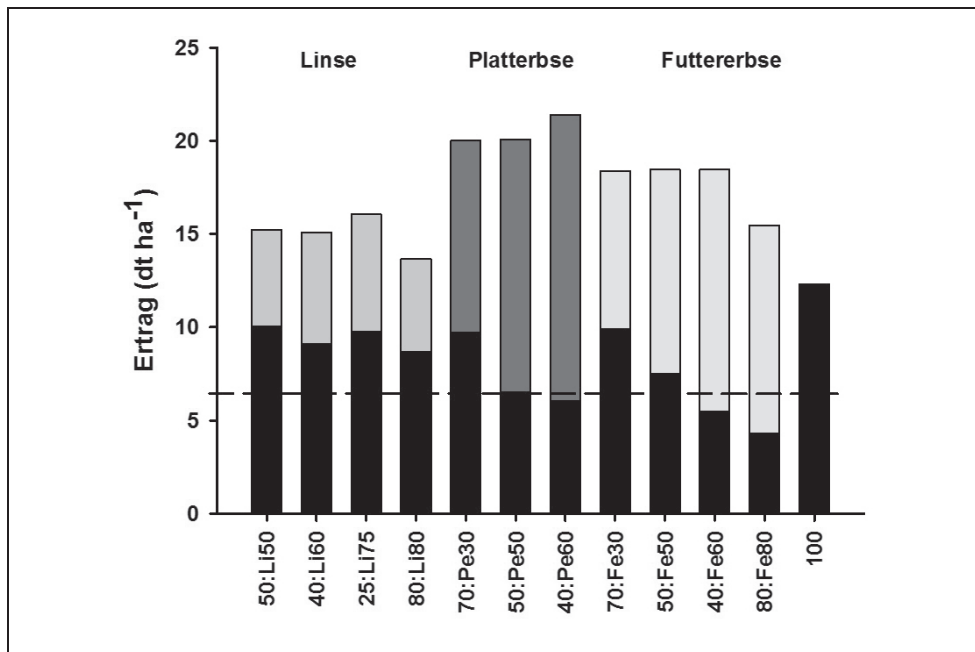


Abb. 3. Zusammensetzung des Ertrages der Mischkulturen im Mittel über die drei Versuchsjahre. (schwarz = Leindotter, grau = Linse (Li); Platterbse (Pe) oder Futtererbse (Fe); Zahlen nach jeweiligen Abkürzungen für die Kulturen geben den Mischungsanteil der Körnerleguminosen in Prozent an; die gestrichelte Linie kennzeichnet einen Ertrag von 6 dt ha⁻¹)
Composition of yields in mixed stands on average across three experimental years. (black = false flax, grey = lens (Li); grass pea (Pe) or field pea (Fe); figures following the abbreviations of species names are mixed stand proportion of grain legumes in percent; the dashed line marks a yield of 0.6 t ha⁻¹).

Futtererbse bei hohem Leindotteranteil erreicht wurden. Der Mischanbau ist also auch dann interessant, wenn der Ertrag des Leguminosen-Mischungspartners gegenüber der Reinsaat reduziert ist, da der zusätzliche Ölertrag durch den Leindotter ökonomisch und ökologisch bedeutsamer ist als ein Mehrertrag der Körnerleguminose in Reinsaat.

In Summe überwiegt bei den substitutiven Leindotter-Linsen und, weniger deutlich, bei den substitutiven Leindotter-Platterbsen Mischungen der positive Effekt. Diese Mischungen können deshalb auch für das Trockengebiet Ostösterreichs und klimatisch ähnliche Gebiete in Ungarn oder Mitteldeutschland empfohlen werden.

Literatur

- ACKERMANN, K., H. SAUCKE, 2005: Einfluss des Gemengepartners Leindotter (*Camelina sativa* L.) auf Beikrautbesatz, Schädlingsbefall und Ertrag in Körnererbsen. In: HESS, J. und G. RAHMANN (Hrsg.) Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 75-76.
- AUFHAMMER, W., E. KÜBLER, H.P. PIEPHO, 2005: Getreidearten und Körnerleguminosen als Komponenten von Mischbeständen – 2. Mitteilung: Mischungseffekte auf die Produktion und die Verteilung der Sprosstrockenmasse. Pflanzenbauwissenschaften 9 (1), 1-8.
- BANIK, P., A. MIDYA, B.K. SARKAR, S.S. GHOSH, 2006: Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agricultural Science 24, 325-332.
- BULSON, H.A.J., R.W. SNAYDON, C.E. STOPES, 1997: Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. Journal of Agricultural Science 128, 59-71.
- FREYER, B., G. PIETSCH, R. HRBEK, S. WINTER, 2005: Futter- und Körnerleguminosen im biologischen Landbau. Leopoldsdorf, Österreichischer Agrarverlag.
- GALWEY, N.W., 2006: Introduction to mixed modelling. Beyond regression and analysis of variance. Chichester (UK), John Wiley & Sons.
- GERL, S., 2005: Leindotter als Mischfrucht: Was Praktiker davon halten. Top Agrar Österreich Journal (3), 14-22.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H., P. AMBUS, E.S. JENSEN, 2001: Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research 70, 101-109.
- KÜBLER, E., W. AUFHAMMER, H.-P. PIEPHO, 2006: Mischungseffekte in Getreide-Körnerleguminosen-Beständen auf den Kornertrag in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis. Die Bodenkultur 57, 121-130.
- LITTELL, R.A., G.A. MILLIKEN, W.W. STROUP, R.D. WOLFINGER, O. SCHABENBERGER, 2006: SAS for Mixed Models, 2nd Ed. Cary (US), SAS Publishing.
- MAKOWSKI, N., M. PSCHIEDL, 2003: Anbau von Leindotter – Alternativen im ökologischen und konventionellen Landbau? Raps 21, 73-77.
- MILLER, P.R., B.G. MCCONKEY, G.W. CLAYTON, S.A. BRANDT, J.A. STARICKA, A.M. JOHNSTON, G.P. LAFOND, B.G. SCHATZ, D.D. BALTEENBERGER, K.E. NEILL, 2002: Pulse Crop Adaption in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 94, 261-272.
- NEUMANN, A., R. RAUBER, 2004: Einfluss substitutiver und additiver Anbaumuster auf Ertragsvorteile in Erbse-Hafer-Gemengen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 16, 29-30.
- PAULSEN, H.M., 2003: Fruchtfolgegestaltung im Ökobetrieb zur Erlangung einer Treibstoffautarkie. 7. Tagung Erneuerbare Energien in der Landwirtschaft, Baden-Württemberg, 28.-29. November.
- PAULSEN, H.M., 2007: Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. 1. Ertragsstruktur des Mischfruchtanbaus von Leguminosen oder Sommerweizen mit Leindotter (*Camelina sativa* L. Crantz). Landbauforschung Völkenrode 57, 107-117.
- PIETSCH, G., C. GABLER, H. WAGENTRISTL, B. FREYER, 2004: Ertragsentwicklung von Erbsen sowie Sommergerste in Reinsaat und in Mischung mit Leindotter oder Koriander im Ökologischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 147-148.
- SNAYDON, R.W., 1991: Replacement or additive designs for competition studies. Journal of Applied Ecology 28, 930-946.