

Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau

1. Ertragsstruktur des Mischfruchtanbaus von Leguminosen oder Sommerweizen mit Leindotter (*Camelina sativa L. Crantz*)

Hans Marten Paulsen¹

Zusammenfassung

Ökologische Mischfruchtanbausysteme aus Erbsen (*Pisum sativum L.*), Lupinen (*Lupinus angustifolius L.*) oder Sommerweizen (*Triticum aestivum L.*) mit Leindotter wurden in Feldversuchen an zwei Standorten über drei Jahre untersucht. Beim Mischfruchtanbau von Erbsen mit Leindotter wurden Kornerträge zwischen 0,7 und 35,8 dt ha⁻¹ Erbsen (Trockensubstanz) und zwischen 3,2 und 17,5 dt ha⁻¹ Leindotter erzielt. Beim Mischfruchtanbau mit Blauer Lupine wurden zwischen 0,9 und 23,1 dt ha⁻¹ Lupinen und zwischen 4,2 und 23,5 dt ha⁻¹ Leindotter geerntet. Der Leindotter konnte standortbezogene Ertragsausfälle bei Erbsen und Lupinen kompensieren. Nur bei schwachem Standortertragsniveau der Erbsen und Lupinen übertrafen die gesamten Kornerträge des Mischfruchtanbaus mit Leindotter die der Leguminosen in Reinsaaten. Beim Mischfruchtanbau von Leguminosen mit Leindotter waren die Flächenproduktivitäten, gemessen als relative Gesamterträge (RYT), durchgängig erhöht.

Beim Mischfruchtanbau von Sommerweizen mit Leindotter waren nur niedrigere Leindottererträge, zwischen 0,04 und 9,6 dt ha⁻¹ möglich. Die Sommerweizenerträge im Mischfruchtanbau lagen zwischen 13,2 und 47,9 dt ha⁻¹ und in der Regel deutlich unter denen der Reinsaaten. Die gesamten Kornerträge des Mischfruchtanbaus lagen unter oder gleichauf mit den Erträgen des Sommerweizens in Reinsaat. Die Flächenproduktivitäten, gemessen am RYT, waren nicht immer erhöht.

Die Zusammensetzung des Ertrages aller Mischfruchtanbausysteme mit Leindotter konnte durch Variation von Saatstärken und Reihenweiten gesteuert werden. Produktionstechnische Vorteile (Unkrautunterdrückung, Verbesserung der Standfestigkeit), günstige Ökobilanzen und niedrige Produktionskosten sprechen für die Nutzung von standortangepassten Mischfruchtanbausystemen mit Leindotter. Der Mischfruchtanbau mit Leindotter wird sich allerdings erst dann weiter ausdehnen, wenn es gelingt, neben dem kleinen Markt in der menschlichen Ernährung weitere Verwertungswege für die Ölsaaten Leindotter aufzuzeigen, z. B. im Bereich der Bioenergieerzeugung oder der Fütterung.

Schlüsselworte: Flächenproduktivität, Mischfruchtanbau, Ölsaaten

Abstract

Organic mixed cropping systems with oilseeds

1. Yields of mixed cropping systems of legumes or spring wheat with false flax (*Camelina sativa L. Crantz*)

Organic mixed cropping systems of peas (*Pisum sativum L.*), lupins (*Lupinus angustifolius L.*) or spring wheat (*Triticum aestivum L.*) together with false flax were tested in field trials over three years at two sites. Mixed cropping with peas and false flax yielded between 0.07 and 3.58 t ha⁻¹ (dry matter) pea-seeds and from 0.32 to 1.75 t ha⁻¹ false flax. Mixed cropping of blue lupins with false flax led to seed yields from 0.09 to 2.31 t ha⁻¹ lupins and 0.42 to 2.35 t ha⁻¹ false flax. In mixed cropping systems, false flax could compensate for yield gaps of the legumes. Only in years with low yield level of the legumes, the total seed yield of the mixed cropping systems with false flax exceeded sole cropped legume yields. Mixed cropping of legumes with false flax increased the site productivity, measured as relative yield total (RYT).

In mixed cropping of spring wheat with false flax, seed yields of false flax between 0.004 and 0.96 t ha⁻¹ and wheat yields between 1.32 and 4.79 t ha⁻¹ occurred. Yields of spring wheat in mixed cropping were normally lower than the corresponding yields of the sole cropping system. Overall yields of mixed cropping with false flax were lower or at the same level. Site productivities, measured as RYT, were not consistently elevated by the mixed cropping system.

Yield shares of all mixed cultures with false flax could be determined by seed densities and row distances. Advantages in agricultural production (weed competition, lodging resistance), good eco-balances and low production costs are good arguments for introducing site adopted mixed cropping systems with false flax. They would be more widespread if additional applications of false flax were explored besides the existing small market in human nutrition, e.g., as source of bio-energy or in animal feeding.

Keywords: site productivity, mixed cropping, oilseeds

¹ Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau/Deutschland; Email: hans.paulsen@fal.de

1 Einleitung

Im ökologischen Landbau werden für die Produktion von Körnerfrüchten auch Mischfruchtanbausysteme eingesetzt. Neuere Forschungsarbeiten befassen sich z. B. mit dem gemeinsamen Anbau verschiedener Körnerleguminosen oder von Körnerleguminosen mit Getreide (BÖHM und BERK 2006, JENSEN 2006, BRAMM und BÖHM 2005). Auch Mischungen verschiedener Getreidesorten werden untersucht (FINCK et al. 2003). Ziel der Verfahren ist, Erträge und Produktqualitäten zu stabilisieren, den Krankheits- und Schädlingsbefall zu vermindern und Unkraut zu unterdrücken (RAUBER und HOF 2003).

Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen sind in der wissenschaftlichen Literatur bisher kaum beschrieben (CARR et al. 1993, SZUMIGALSKI and VAN ACKER 2006). Das Anbausystem entwickelt sich jedoch seit den 90er Jahren in der landwirtschaftlichen Praxis ökologischer Betriebe (BRANDT et al. 2002). Übergeordnetes Ziel war es, Pflanzenöl als Treibstoff für landwirtschaftliche Zugmaschinen zur erzeugen, ohne zusätzliche Ackerflächen zu benötigen. Schleppermotoren auf Pflanzenölbetrieb umzurüsten ist möglich (SCHÄDLICH et al. 2006, DÖNGES und TRAULSEN 2006, HASSEL und WICHMANN et al. 2005). Forschung und Entwicklung basieren jedoch bisher fast ausschließlich auf Rapsöl (DIN V 51605, MAURER 1997). Um mit Mischfruchtanbau ausreichend Öl für einen ökologischen landwirtschaftlichen Betrieb bereitzustellen und dabei Fruchtfolgen nicht einseitig zu gestalten, müssten aber verschiedene Ölsaaten angebaut werden (PAULSEN und RAHMANN 2003). Technische Entwicklungen zum Einsatz anderer Pflanzenöle oder von Pflanzenölmischungen als Treibstoff fehlen bislang.

Mischfruchtanbausysteme mit Ölfrüchten werden aber auch aus pflanzenbaulichen Gründen genutzt. Besonders im ökologischen Landbau tritt beim Anbau von Leguminosen in Reinsaat häufig eine starke Verunkrautung auf (BILAU et al. 2006). Ein Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen kann die Unkrautunterdrückung verbessern (PAULSEN und SCHOCHOW 2007, SAUCKE und ACKERMANN 2006, SCHOCHOW und PAULSEN 2005). Beim Erbsen- und Saat-Wickenanbau dienen die Ölsaaten auch dazu, Bestände zu stabilisieren (SAUCKE et al. 2005). Die Erntesicherheit wird verbessert und Trocknungskosten werden gespart.

Die Ölpflanze Leindotter (*Camelina sativa* L. Crantz) (SCHULTZE-MOTEL 1979, SEEHUBER und DAMBROTH 1987, BRAMM 1990, ZUBR 1997, BONJEAN und LE GOFFIC 1999) hat sich für den Mischfruchtanbau als besonders geeignet herausgestellt (MAKOWSKI und PSCHIEDL 2003). Erstmals wurden Mischfruchtanbausysteme mit Leindotter im ökologischen Landbau in mehrjährigen Feldversuchen geprüft und das Ertragspotential

und die Ertragszusammensetzung ermittelt. Die Ergebnisse werden im folgenden dargestellt. Mischfruchtanbausysteme mit weiteren Ölpflanzen sind Gegenstand späterer Veröffentlichungen.

2 Material und Methoden

Es wurden dreijährige Feldversuche zum Mischfruchtanbau mit Leindotter durchgeführt. Standorte waren Trenthorst in Schleswig-Holstein und Wilmersdorf in Brandenburg (Tabelle 1).

Tabelle 1:
Bodeneigenschaften an den Versuchsstandorten

		Trenthorst			Wilmersdorf		
		53° 46' N, 10° 31' E			53° 7' N, 13° 55' E		
		2003	2004	2005	2003	2004	2005
Bodenart		sandiger Lehm			lehmgiger Sand		
Ton	[%]	23	20	16	9	9	10
Organische Substanz	[%]	1,9	2,1	1,1	-	1,8	2,5
Wurzelsraum	[m]	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
pH		6,9	6,4	6,5	-	6,1	6,7
P (CAL)	[mg kg ⁻¹]	1,1	0,9	0,6	-	0,5	1,9
K (CAL)	[mg kg ⁻¹]	1,8	1,3	1,2	-	1,2	1,8
Mg (CaCl ₂)	[mg kg ⁻¹]	0,8	1,2	1,0	-	1,3	0,4
N _{min} (Frühjahr, 0 - 60 cm)	[kg ha ⁻¹]	37	45	50	57	40	-

Die Versuche wurden, in randomisierten Blockanlagen mit vier Wiederholungen nach Klee gras angelegt. Es wurden Sommerweizen (*Triticum aestivum* L., Sorte ‚Fasan‘), halbblatlose Erbsen (*Pisum sativum* L., Sorte ‚Madonna‘) oder endständige, schmalblättrige (blaue) Lupinen (*Lupinus angustifolius* L., Sorte ‚Boruta‘) jeweils mit Leindotter (*Camelina sativa* L. Crantz, Sorte ‚Pernice‘) gemeinsam angebaut. Die Kornerträge des Mischfruchtanbaus wurden mit den Erträgen der jeweiligen Kulturen in Reinsaat verglichen.

Die Reinsaaten wurden mit 12,5 cm (Trenthorst) bzw. 14 cm (Wilmersdorf) Reihenabstand gedriht. Die Aussaat der Mischungskomponenten wurde mit Parzellendrillmaschinen mit zweimaliger Überfahrt durchgeführt. Es ergaben sich Reihenabstände zwischen 6,25 cm (Trenthorst) und 7 cm (Wilmersdorf). Diese konnten durch die notwendige zweite Überfahrt, fahrtechnisch bedingt, nicht immer

gleichmäßig eingehalten werden. Auch in den Reinsaatvarianten wurden alle Drillschare erneut durchgezogen, um vergleichbare Saatbedingungen mit dem Mischfruchtanbau herzustellen.

Leindotter wurde in 1 - 2 cm Tiefe abgelegt, Erbsen und Lupinen in 4 - 5 cm und Sommerweizen in 2 - 3 cm Tiefe. Folgende Saatstärken wurden verwendet [Körner m⁻²]: Reinsaaten: Erbse 80, Lupine 100, Sommerweizen 400, Leindotter 360. Mischfruchtanbau: Erbse x Leindotter 80 x 360, Lupine x Leindotter 75 x 360 bzw. Sommerweizen x Leindotter 400 x 360. Weiterhin wurden verschiedene Saatstärken, Reihenweiten und Saatverfahren erprobt. In den folgenden Abbildungen ist die Saatstärke der Mischungskomponenten im Verhältnis zur Saatstärke in der Reinsaat angegeben (s. o.). So bedeutet z. B. W 1/2, dass Sommerweizen mit 200 Körnern m⁻² ausgesät wurde.

Die Parzellengrößen betragen in Trenthorst 27,5 m² (2,75 * 10 m) und in Wilmersdorf 13,5 m² (1,5 * 9 m). In Trenthorst wurden die Parzellen im Kerndrusch beerntet (17,5 m²). In Wilmersdorf wurden die gesamten Parzellen gedroschen. Wind und Siebgrößen am Mähdröschler wurden so gewählt, dass Leindotter und seine grobkörnigeren Mischungspartner im Erntegut nahezu vollständig enthalten waren. Nach Trocknung wurde das Erntegut mit einem Windsichter und einer Siebreinigungsmaschine gereinigt und die Saaten voneinander getrennt. Die varianzanaly-

tische Verrechnung der Versuche wurde mit dem Programm SAS (SAS Institute USA 2002 - 2003) durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Mischfruchtanbau von Erbsen und Leindotter

In Trenthorst und Wilmersdorf war das Ertragsniveau stark unterschiedlich. In Wilmersdorf herrschte in den Jahren 2003 und 2004 eine ausgeprägte Vorsommertrockenheit. Im Jahr 2005 kam es zu Starkregenfällen im Mai (Abbildung 1). In allen Jahren führte die Witterung in Wilmersdorf zu einem ungleichmäßigen Aufgang vor allem der Leguminosen. Die Leguminosen in Wilmersdorf waren zusätzlich stark verunkrautet. Die Entwicklung der Erbsen und Lupinen war dort durchgängig unzureichend. 2004 kam es auf beiden Standorten durch Befall der Erbsen mit der Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) ab der Blüte zu erheblichen Ertragseinbußen. In Trenthorst waren die Erbsen in allen Versuchsjahren vegetativ voll entwickelt. Das Wachstum des Leindotters im Mischfruchtanbau vollzog sich dort - trotz zum Teil fehlender Kornerträge bei den Erbsen - unter den typischen Konkurrenzbedingungen voll entwickelter Erbsenbestände (Abbildung 2).

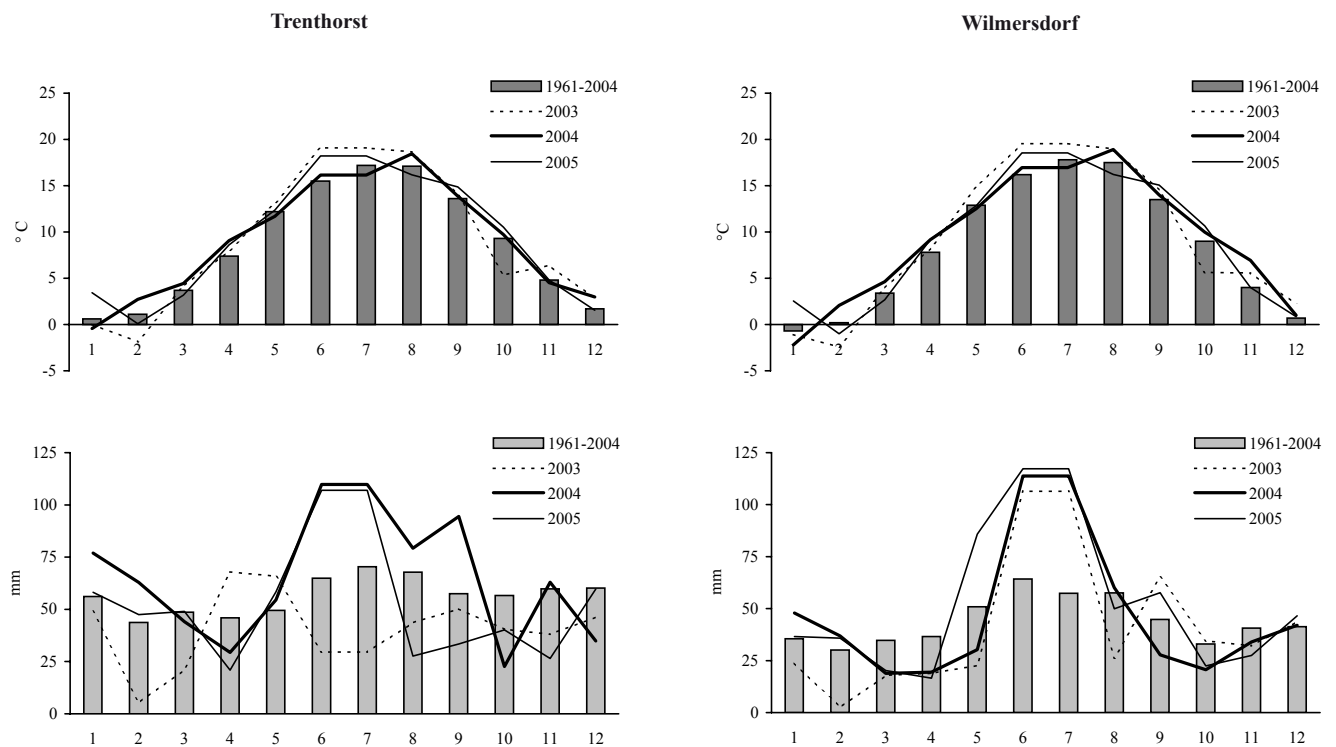


Abbildung 1: Monatliche Temperaturmittel (oben) und Niederschlagssummen (unten) im Raum Trenthorst und Wilmersdorf in 2003 - 2005 im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten, DWD-Messstationen Blankensee (Schleswig-Holstein) und Angermünde (Brandenburg)



Abbildung 2: Mischfruchtanbau von Erbsen und Leindotter, Trenthorst 2003

In Trenthorst wurde beim Mischfruchtanbau von Erbsen mit Leindotter im Mittel der Versuchsjahre ein Kornertrag von 25,6 dt ha⁻¹ Trockenmasse (TM) erzielt (16,3 dt Erbsen, 9,3 dt Leindotter, Abbildung 3). Der Ertrag lag gleichauf mit dem des Erbsenreinbaus. In Wilmersdorf wurden die sehr geringen Flächenerträge der Erbse durch den Leindotter deutlich erhöht. Im Mittel der drei Versuchsjahre wurden 11,4 dt ha⁻¹ TM Mischfruchtsaaten geerntet (2 dt ha⁻¹ Erbsen, 9,4 dt ha⁻¹ Leindotter, Abbildung 3). An beiden Standorten waren die mittleren Erbsenerträge im Mischfruchtanbau geringer als im Erbsenreinbau. In Trenthorst wies der Leindotter im Mischfruchtanbau geringere Erträge auf, als im Reinbau. Bei den schwach entwickelten Erbsen in Wilmersdorf erreichte Leindotter im Mischfruchtanbau hingegen ähnliche Kornerträge, wie die Leindotterreinsaat (Tabelle 2).

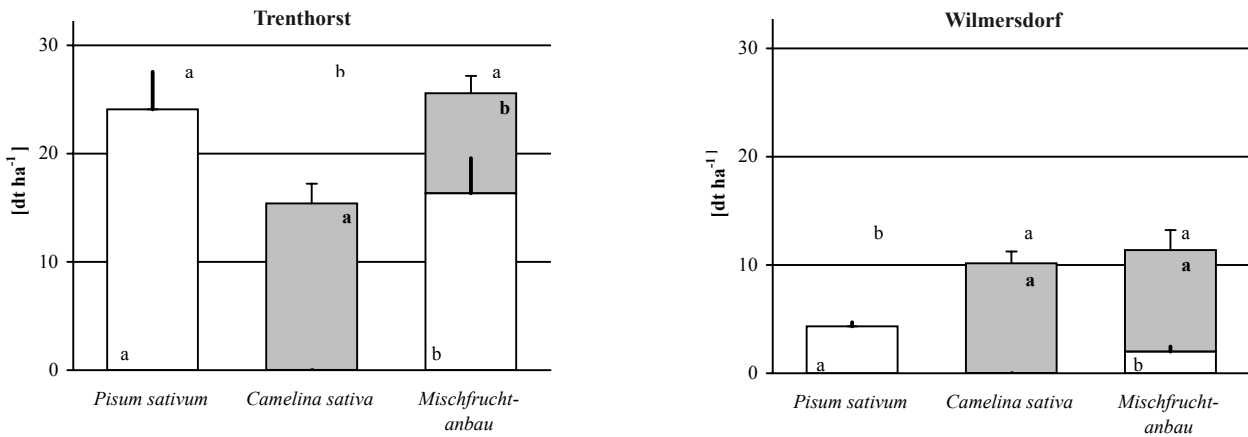


Abbildung 3: Kornerträge (Trockenmasse) des Mischfruchtanbaus von Erbse mit Leindotter im Vergleich zu den Reinsaatvarianten an zwei Standorten, Mittelwerte + SE aus 2003 - 2005, Mittelwertvergleich LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA

Tabelle 2:

Kornerträge [dt ha⁻¹] (Trockenmasse) und relative Gesamterträge (RYT) von Erbse und Leindotter im Mischfruchtanbau sowie in der Reinsaat, Trenthorst und Wilmersdorf 2003, 2004 und 2005, Mittelwertvergleich LSD_{5%}*

		Reinsaaten		Gesamt	Mischsaaten		RYT
		Erbse	Leindotter		Erbse	Leindotter	
Trenthorst	2003	26,6 ^{aA}	7,5 ^{c_A}	20,8 ^b	17,1 ^A	3,8 ^A	1,15
	2004	9,6 ^{bA}	18,3 ^{a_A}	17,8 ^a	3,0 ^A	14,8 ^A	1,12
	2005	36,1 ^{aA}	20,3 ^{b_A}	38,2 ^a	29,0 ^A	9,2 ^B	1,26
Wilmersdorf	2003	3,7 ^{bA}	9,1 ^{a_A}	9,1 ^a	1,3 ^B	7,8 ^B	1,21
	2004	4,3 ^{cA}	14,4 ^{b_B}	17,8 ^a	0,7 ^B **	17,1 ^A	1,35
	2005	4,9 ^{bA}	6,9 ^{ab_A}	7,2 ^a	4,0 ^A **	3,2 ^B	1,28

* Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Unterschiede bei signifikanter ANOVA zeilenweise, wie folgt: Hochgestellt, Kleinbuchstaben: Vergleiche von Erbse-Reinsaat, Leindotter-Reinsaat und Mischsaaten-Gesamt; Hochgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Erbse-Reinsaat gegen Erbse in Mischsaaten; Tiefgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Leindotter-Reinsaat gegen Leindotter in Mischsaaten
 ** Saat Reihe für Reihe, 12,5 cm Reihenabstand (vgl. PAULSEN und SCHOCHOW 2007)

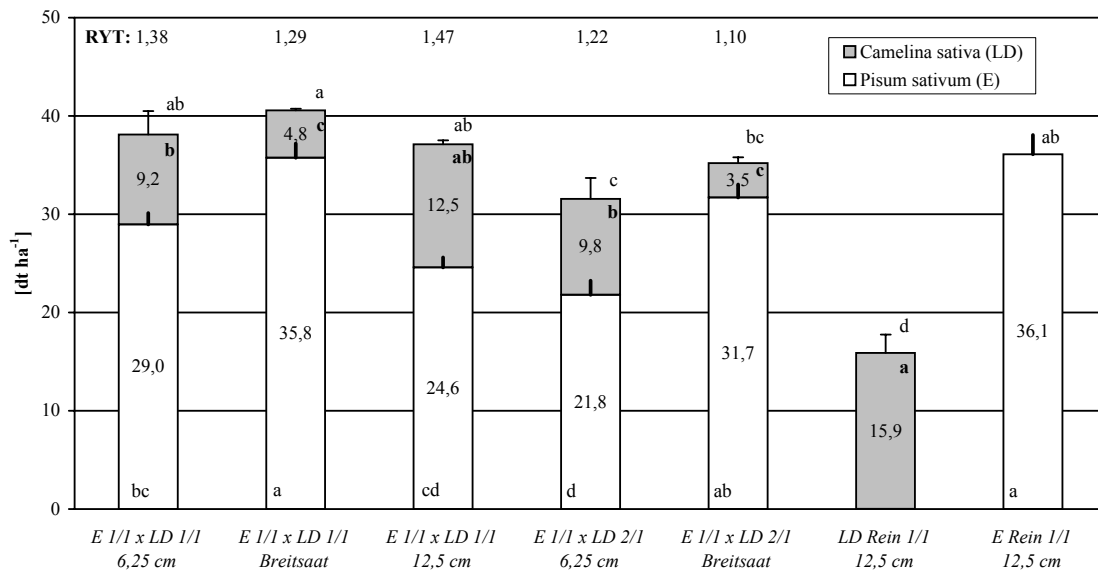


Abbildung 4:

Kornerträge (Trockensubstanz) beim Mischfruchtanbau von Erbsen (E) mit Leindotter (LD) bei verschiedenen Saatstärken und Saatverfahren im Vergleich zu den Kornerträgen der Reinsaatvarianten sowie relative Flächenerträge (RYT), Trenthorst 2005 + SE, Mittelwertvergleich LSD_{5%}, nach signifikanter ANOVA

Bei den überprüften Verfahren zur Saatstärke, zu Reihenabständen und zu Saatverfahren in Trenthorst zeigte sich, dass die Ertragszusammensetzung des Mischfruchtanbaus gezielt zu beeinflussen ist (Abbildung 4). In den Versuchen wurden additive Gemenge (SNAYDON 1991, CONOLLY 1986, JOLLIFFE et al. 1984) ausgesät.

In drei Mischfruchtanbauvarianten wurde dazu die gleiche Saatstärke gewählt wie in der jeweiligen Reinsaat (80 keimfähige Körner Erbsen und 360 keimfähige Leindotterkörner pro m², Abbildung 4: Bezeichnung E 1/1 x LD 1/1). In zwei weiteren Varianten wurde die Saatmenge des Leindotters verdoppelt (Abbildung 4: Bezeichnung E 1/1 x LD 2/1).

Beim Breitsaatverfahren wurde der Leindotter vor den Striegel der Drillmaschine gestreut. Hier kam es zu schwächeren Leindottererträgen als beim Drillverfahren zwischen die Erbsenreihen (Abbildung 4). Erklärbar ist dies mit einem ungünstigeren Feuchteschluß der Feinsaat im Boden bei der Breitsaat und mit ungleichmäßigerer Tiefenablage der Saat beim Einstriegeln nach dem Durchgang der Drillschare. Im Vergleich dazu führte die gezielte und gleichmäßig tiefe Ablage auf rückverfestigten Boden durch das Drillschar sowie gute Bodenbedeckung zu besseren Auflaufbedingungen für die Feinsämereien. Die Varianten mit Leindotterbreitsaat wiesen signifikant höhere Erbsenerträge auf als die Varianten mit gleicher Saatstärke und Drillsaat des Leindotters.

Bei doppelter Aussaatstärke des Leindotters in Drillsaat (E1/1 x LD 2/1, 6,25 cm in Abbildung 4) wurden gegenüber der Variante mit einfacher Saatstärke des Leindotters

(E 1/1 x LD 1/1, 6,25 cm) deutlich geringere Erbsenerträge erzielt. Erklärbar wäre dies durch eine größere Konkurrenz durch den mit höherer Saatstärke ausgesäten Leindotter. Die beiden Breitsaatvarianten unterschieden sich trotz unterschiedlicher Saatstärken des Leindotters nicht signifikant. Die Variante, bei der der Leindotter in alternierenden Reihen mit Erbsen mit 12,5 cm Reihenabstand ausgedrillt wurde (E 1/1 x LD 1/1, 12,5 cm), lag in einer angrenzenden Versuchsserie auf dem gleichen Feld. Hier ließen sich die Leindottererträge auf Kosten der Erbsenerträge deutlich steigern.

In allen Mischfruchtanbauvarianten mit einfacher Aussaatstärke des Leindotters wurden gleiche oder höhere Gesamt-Flächenerträge als beim reinen Erbsenanbau erzielt. Der Leindotter hatte im Reinsaat die höchsten Erträge.

Die zum Teil deutlich geringeren Erbsen- und Leindotterträge in Mischfruchtanbau im Vergleich zur ihrer Reinsaat, weisen auf einen konkurrente Nutzung der Standortressourcen durch die beiden Pflanzen hin (AUFHAMMER 1999). Das Gemisch reagierte flexibel auf die durch die Saatverfahren bedingten unterschiedlichen Standortraumbereitungen.

Gemessen an den relativen Flächenerträgen (RYT) nach der Formel von DE WIT and VAN DEN BERG 1965 :

$$RYT = \frac{\text{Ertrag der Mischfrucht 1}}{\text{Ertrag der Reinsaat 1}} + \frac{\text{Ertrag der Mischfrucht 2}}{\text{Ertrag der Reinsaat 2}}$$

wurden durch die Mischfruchtanbauvarianten mit Erbsen und Leindotter durchgängig höhere Flächenproduktivitäten

erreicht als in den Reinsaatvarianten (Tabelle 2). Das deutet auf eine höhere Ressourcennutzungseffizienz des Mischfruchtanbausystems hin (TRENTBARTH 1986, PAULSEN et al. 2007). Möglich ist, dass Nährstoffe und Wasser durch die zeitlich und räumlich unterschiedliche Ausnutzung des Wurzelraums in Mischfruchtanbausystemen besser ausgenutzt werden als in Reinsaat. Dadurch kommt es zu relativen Ertragsgewinnen.

3.2 Mischfruchtanbau von blauen Lupinen mit Leindotter

Im Mittel der Jahre und Standorte hatten die Lupinen in Reinsaat ein Kornertragsniveau von 12 dt ha⁻¹ TM (Abbildung 5) (6,3 bis 28,4 dt ha⁻¹, Tabelle 3). In der Mischung mit Leindotter wurde die blaue Lupine stark zurückgedrängt (Abbildung 6). Der Ertragsabfall war, auch unter Berücksichtigung der reduzierten Saatstärke bei den Lupinen im Mischfruchtanbau, überproportional. Besonders deutlich war dies im Jahr 2004 in Wilmersdorf, in dem der Leindotter sich sehr stark entwickelte. Der Gesamtertrag des Mischfruchtanbaus von Lupine und Leindotter überstieg den Ertrag der Lupinen in Reinsaat nur bei niedrigem Ertragsniveau der Reinsaat (Tabelle 3). Die Flächenproduktivität des Mischfruchtanbaus von blauer Lupine und Leindotter, gemessen am RYT, war gegenüber den Reinkulturen deutlich erhöht (Tabelle 3). Jedoch erreichte die Lupine im Mischfruchtanbau im Mittel der Jahre und Standorte nur 38 % des Reinsaatsertrages (23 % - 81 %). Die Ertragszusammensetzung des Gemenges war durch den Leindotter bestimmt. Der Leindotter reifte ca. 10 Tage vor den Lupinen ab. Seine Kapseln erwiesen sich als sehr



Abbildung 6:
Mischfruchtanbau von Blauer Lupine mit Leindotter (Trenthorst 2004)

platzfest, so dass Vorernteverluste nicht auftraten.

In weiteren Versuchen in Trenthorst (Standort II) im Zusammenhang mit den Untersuchungen von BÖHM und BERK (2006, unveröffentlichte Daten) wurden Lupinen und Leindotter mit jeweils 50 % der Reinsaatstärke in alternierenden Reihen (12,5 cm) ausgesät. Es zeigte sich, dass die an den anderen Standorten beobachteten Effekte ebenso bei höherem Ertragsniveau der Lupine auftraten (Abbildung 5 rechts). Auch hier wiesen Lupinen und Leindotter im Mischfruchtanbau deutlich reduzierte Erträge im Vergleich zur Reinsaat auf. Ob der Effekt ausschließlich durch die in diesen Versuchen weiter reduzierte Saatstärke zu erklären ist, bleibt unklar. Jedoch lag der Gesamtertrag des Mischfruchtanbaus unter dem Ertrag der Lupinen in Reinsaat. Auf Standort II in Trenthorst wurde bei höherem

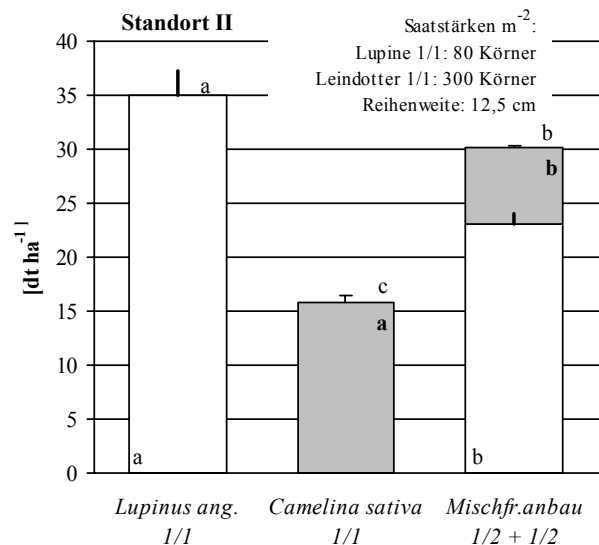
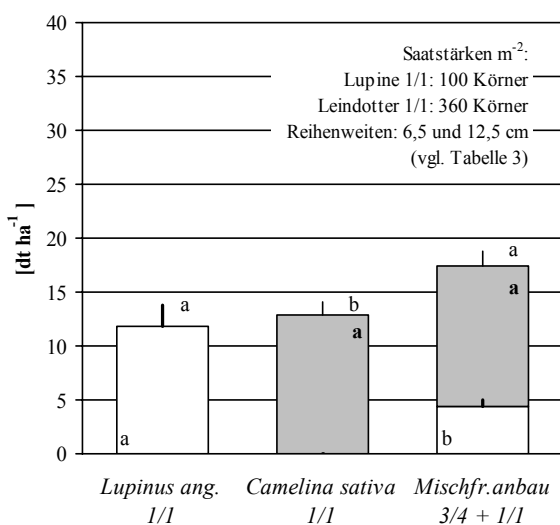


Abbildung 5:

Kornerträge (Trockenmasse) des Mischfruchtanbaus von Blauer Lupine mit Leindotter im Vergleich zu den Reinsaatvarianten in Trenthorst und Wilmersdorf, Mittelwerte + SE aus 2003 - 2005 (links) und bei variiertem Saatstärke in Trenthorst am Standort II 2004 (rechts), Mittelwertvergleich LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA

Tabelle 3:

Kornerträge [dt ha⁻¹] (Trockenmasse) und relative Gesamterträge (RYT) von Blauer Lupine und Leindotter im Mischfruchtanbau sowie in der Reinsaat, Trenthorst und Wilmersdorf 2003, 2004 und 2005, Mittelwertvergleich LSD_{5%}*

		Reinsaaten		Gesamt	Mischsaaten		RYT
		Lupine	Leindotter		Lupine	Leindotter	
Trenthorst	2003	7,3 ^{bA}	7,5 ^b _A	14,6 ^a	5,9 ^A	8,7 _A	1,97
	2004	19,1 ^{aA}	19,0 ^a _A	22,3 ^a	6,7 ^B	15,6 _A	1,18
	2005	28,4 ^a	20,3 ^c _A	24,4 ^b	6,8 ^B	17,6 _A	1,10
Wilmersdorf	2003	6,2 ^{cA}	9,1 ^a _A	10,9 ^b	2,8 ^B	8,2 _B	1,34
	2004	3,9 ^{aA}	14,4 ^b _B	24,4 ^a **	0,9 ^B	23,5 _A	1,86
	2005	6,3 ^{aA}	6,9 ^a _A	7,8 ^a **	3,5 ^B	4,2 _B	1,18
Standort II	2003	34,3 ^{aA}	-	22,6 ^b	13,9 ^B	7,6	-
	2004	35,0 ^a	15,8 ^c _A	29,8 ^b	23,1 ^B	6,7 _B	1,08

* Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Unterschiede bei signifikanter ANOVA zeilenweise, wie folgt: Hochgestellt, Kleinbuchstaben: Vergleiche von Lupine-Reinsaat, Leindotter-Reinsaat und Mischsaaten-Gesamt; Hochgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Lupine-Reinsaat gegen Lupine in Mischsaaten; Tiefgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Leindotter-Reinsaat gegen Leindotter in Mischsaaten
 ** Saat Reihe für Reihe, 12,5 cm Reihenabstand (vgl. PAULSEN und SCHOCHOW 2007)

Ertragsniveau der Lupine und geringerer Ausprägung des Leindotters im Mischfruchtanbau in 2004 ein RYT-Wert von 1,08 erzielt. Die Lupinen wiesen in diesen Versuchen im Mischfruchtanbau einen Ertragsanteil am Erntegut von 41 % (2003) bzw. 61 % (2004) auf.

3.3 Mischfruchtanbau von Sommerweizen mit Leindotter

Die Gemenge von Sommerweizen und Leindotter wurden, unabhängig von Saatverfahren und Saatstärken des Weizens, durch den Sommerweizen dominiert (Abbildung 7). Im Vergleich zur Reinsaat des Leindotters wurden bei additiven Gemengen mit Saatstärken von 400 Körnern m⁻² Sommerweizen und 360 Körnern m⁻² Leindotter sowie engem Reihenabstand der Mischungskomponenten (6,25 cm bzw. 7 cm) nur Leindottererträge zwischen 2 und 20 % der Reinsaat erzielt (Abbildung 8 links, Tabelle 4). Bis auf eine Ausnahme, in Trenthorst im Jahr 2003 mit standortbedingt niedrigem Ertragsniveau, sanken die Sommerweizen erträge im Mischfruchtanbau im Vergleich zur Reinsaat um bis zu 24 %.

Bei einer um 50 % verringerten Saatstärke des Sommerweizens und Verdoppelung der Reihenweite konnte sich der Leindotter besser etablieren (Abbildung 8 rechts). Der Leindotterertrag im Mischfruchtanbau betrug 12 – 66 % von der geernteten Menge bei der Leindotter-Reinsaat (Tabelle 4). Der Weizen verlor, vermutlich überwiegend durch die deutlich reduzierte Saatstärke bedingt, im Vergleich zur Reinsaat 16 – 39 % des Kornertrages.



Abbildung 7:
Mischfruchtanbau von Sommerweizen mit Leindotter, Trenthorst 2005

Bis auf die Kornerträge in Trenthorst im Jahr 2003 lagen die gesamten Kornerträge des Mischfruchtanbaus von Sommerweizen und Leindotter unter den Erträgen der Sommerweizenreinsaat. Die Flächenproduktivität des Verfahrens gemessen am RYT war bei der additiven Mischung in Engsaat in der Regel nicht erhöht. Bei den Versuchen mit weiterem Reihenabstand und reduzierter Saatstärke des Weizens konnte Leindotter deutlich bessere Ertragsanteile erzielen. In diesen Mischungen wurden RYT-Werte über 1 erreicht (Tabelle 4). Die absoluten Leindottererträge betrugen bis zu 9,6 dt ha⁻¹.

Durch verschiedene Saatstärken und Saatverfahren konnte der Leindotteranteil am gesamten Kornertrag nur auf niedrigerem Niveau beeinflusst werden (Abbildung 9). In der dargestellten zweijährigen Versuchsserie am Standort

Tabelle 4:

Kornerträge [dt ha⁻¹] (Trockenmasse) und relative Gesamterträge (RYT) von Sommerweizen und Leindotter im Mischfruchtanbau sowie in der Reinsaat, Trenthorst und Wilmersdorf 2003, 2004 und 2005 und bei variiertem Saatmenge und Reihenweite im Mischfruchtanbau (Standorte II), Mittelwertvergleich LSD_{5%}*

		Reinsaaten		Mischsaaten			RYT
		S-Weizen	Leindotter	Gesamt	S-Weizen	Leindotter	
		12,5 cm Reihenweite		6,25 cm Reihenweite, S-Weizen 1/1 + Leindotter 1/1			
Trenthorst	2003	9,7 ^{aA}	2,4 ^a _A	13,3 ^a	13,2 ^A	0,04 ^A	1,38
	2004	55,2 ^{aA}	19,0 ^b _A	53,2 ^a	51,3 ^A	1,8 ^B	1,03
	2005	46,9 ^{aA}	20,3 ^c _A	39,7 ^a	35,6 ^B	4,1 ^B	0,96
Wilmersdorf	2003	21,4 ^{aA}	9,4 ^b _A	19,6 ^a	19,0 ^A	0,6 ^B	0,95
Standorte B:				12,5 cm Reihenweite, S-Weizen 1/2 + Leindotter 1/1			
Trenthorst	2004	48,5 ^{aA}	14,1 ^c _A	44,9 ^b	40,7 ^B	4,2 ^B	1,14
	2005	57,5 ^{aA}	21,8 ^c _A	47,9 ^b	40,6 ^B	7,3 ^B	1,04
Wilmersdorf	2004	40,2 ^{aA}	14,4 ^c _A	34,1 ^b	24,5 ^B	9,6 ^B	1,27
	2005	30,4 ^{aA}	20,3 ^b _A	23,7 ^b	22,9 ^B	0,8 ^B	0,79

* Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Unterschiede bei signifikanter ANOVA zeilenweise, wie folgt:

Hochgestellt, Kleinbuchstaben: Vergleiche von Sommerweizen-Reinsaat, Leindotter-Reinsaat und Mischsaaten-Gesamt; Hochgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Sommerweizen-Reinsaat gegen Sommerweizen in Mischsaaten; Tiefgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Leindotter-Reinsaat gegen Leindotter in Mischsaaten

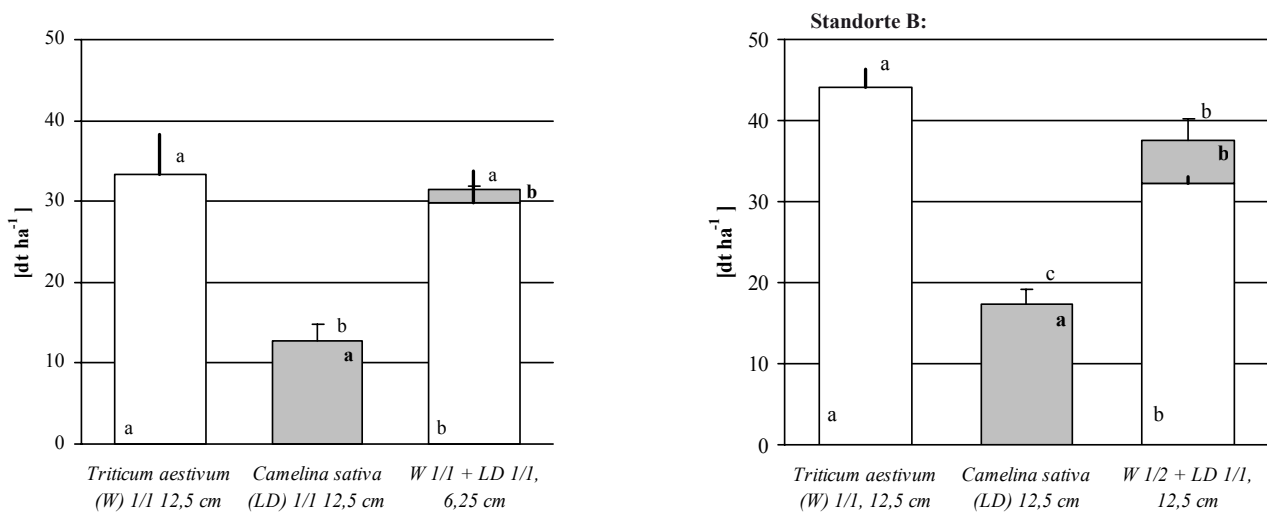


Abbildung 8:

Kornerträge (Trockenmasse) des Mischfruchtanbaus von Sommerweizen (W) mit Leindotter (LD) in Trenthorst 2003 - 2005 und Wilmersdorf 2003 (links) und bei halber Saatstärke des Weizens und doppeltem Reihenabstand in Trenthorst und Wilmersdorf 2004 und 2005 (rechts) im Vergleich zu den Reinsaatvarianten, Mittelwerte + SE, Mittelwertvergleich LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA

Trenthorst wurden im Mischfruchtanbau mit Sommerweizen mittlere Leindottererträge zwischen 1,6 und 5,3 dt ha⁻¹ erzielt. Die Varianten, in denen der Leindotter durch deutliche Verringerung der Saatstärke des Sommerweizens (W1/2 x LD1/1: 200 x 360 Körner m⁻²) und/oder durch deutliche Erhöhung der Saatstärke beim Leindotter (W3/4 x LD2/1: 300 x 720 Körner m⁻²) gefördert wurde, wiesen

die höchsten Leindottererträge auf (> 5 dt ha⁻¹ TM). Jedoch war hier auch die höchste Variabilität im Kornertrag des Weizens gegeben. Die starken mittleren Ertragsverluste beim Sommerweizen gegenüber der Reinsaat waren aufgrund der Heterogenität der Bestände nicht statistisch zu sichern (Abbildung 9).

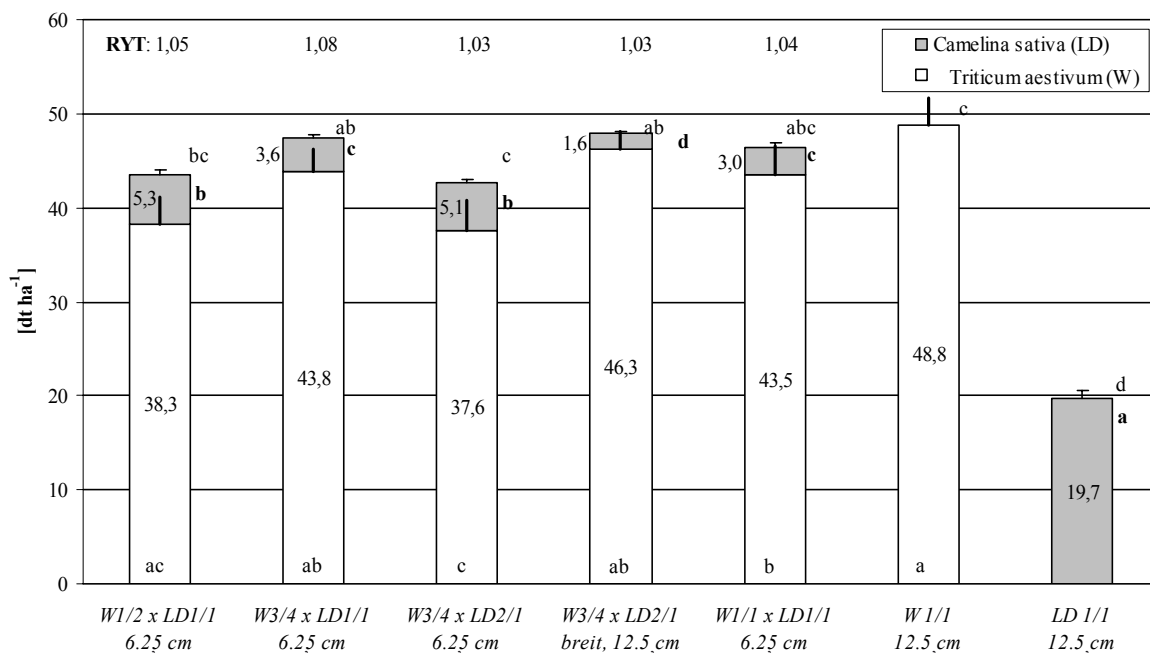


Abbildung 9:

Kornerträge (Trockensubstanz) beim Mischfruchtanbau von Sommerweizen (W) mit Leindotter (LD) bei verschiedenen Saatstärken und Saatverfahren im Vergleich zu den Kornerträgen der Reinsaatvarianten sowie relative Flächenerträge (RYT), Trenthorst 2004 und 2005, Mittelwerte + SE, Mittelwertvergleich $LSD_{5\%}$ nach signifikanter ANOVA

Eine Leindotterbreitsaat mit 720 Körnern m^{-2} (W3/4 x LD2/1 breit) führte im Vergleich zur Drillsaat (W3/4 x LD2/1) zu einer schlechteren Etablierung des Leindotters. Durch die niedrigere Konkurrenz für den Weizen wurden in der Breitsaatvariante höhere Weizenenerträge und beim Mischfruchtanbau insgesamt höhere Kornerträge erzielt.

Bei Drillsaat führte eine Erhöhung der Saatdichte des Leindotters ebenfalls zu höheren Leindottererträgen und zu absinkenden Weizenenerträgen (W3/4 x LD 2/1 im Vergleich zu W3/4 x LD 1/1). Bei Anstieg der Weizensaatdichte sank der Leindotteranteil im Gemenge (W1/1 x LD 1/1 im Vergleich zu W3/4 x LD1/1). Die Flächenproduktivitäten aller geprüften Mischfruchtanbauvarianten, gemessen am RYT, lagen knapp über 1.

4 Diskussion der Ergebnisse

Die erzielten Ergebnisse zum Mischfruchtanbau von Erbsen, Lupinen oder Sommerweizen mit Leindotter zeigen zunächst, dass im Mischfruchtanbau von Leguminosen mit Leindotter höhere Leindottererträge erzielt werden können als in Mischungen mit Getreide. Leindotter kann durchaus als Puffer für Ertragsausfälle im Leguminosenanbau dienen (Abbildung 3 rechts, Abbildung 5 links). Das entspricht den Zielen des Mischfruchtanbaus. Die Ertragsstruktur des Mischfruchtanbaus mit Leindotter ist in gewissem Maße durch die Saatstärken und Standraumzuteilungen steuerbar.

Beim Mischfruchtanbau mit Leindotter war in den meisten Jahren ein Ertragsrückgang bei den Leguminosen und auch beim Sommerweizen im Vergleich zur jeweiligen Reinsaatvariante zu verzeichnen. Trotz höherer Flächenproduktivitäten, gemessen am RYT, muss hier vor einer Entscheidung für den Mischfruchtanbau abgewogen werden, ob die Vermarktung oder Nutzung der Leindotterernete oder die pflanzenbaulichen Vorteile des Anbausystems (Stützwirkung, Unkrautunterdrückung) den Verlust der Ernte bei den Hauptkulturen ausgleichen können (PRINS und DE WIT 2006).

Leindottersaat wird heute von einzelnen Betrieben in den Nahrungsmittelsektor abgesetzt. In der Tierfütterung dürfen Leindottersaat und Leindotterprodukte nicht eingesetzt werden (WEISSMANN et al. 2006, BÖHME und FLACHOWSKY 2005, PAULSEN et al. 2004, FuMiVO 1981). Ob Leindotteröl in Zukunft als Biotreibstoff oder als Biotreibstoffkomponente genutzt werden kann, ist ungewiss, da sich das Öl deutlich von dem des Rapses unterscheidet (MATTHÄUS und ZUBR 2000, MATTHÄUS 1997). Zur Verwendung des Öls als Biokraftstoff wurden bisher kaum Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt (BERNARDO et al. 2003). Jedoch wird die Möglichkeit beschrieben, das Öl in der Produktion von Kosmetika und von Farben und Lacken einzusetzen (BONJEAN and LE GOFFIC 1999, ZUBR 1997). Eine züchterische Bearbeitung der Ölsäurezusammensetzung des Leindotters wäre hier, wie für den Nahrungsmittelsektor jedoch

wünschenswert (BRAMM 1993, REINBRECHT und CLAUPEIN 2004).

Eine Nutzung des Leindotter-Presskuchens als organischer Dünger ist möglich (MAYR 1999, PFUNDTNER und KERNMAYER 1999). Auch zur Vergärung in Biogasanlagen sind Ölkuchen (EDER et al. 2004) und damit auch Leindotterpresskuchen ein wertvolles Substrat. Allerdings müssen vor dem Einsatz in Biogasanlagen die Auswirkungen auf die staatliche Förderung der Anlagen geprüft werden.

Verglichen mit konventionell erzeugtem Raps kann Leindotter im ökologischen Landbau im Mischfruchtanbau mit Erbsen mit gleichen oder geringeren Erzeugungskosten produziert werden (PAULSEN et al. 2006). Zudem weist die Leindotterproduktion im Mischfruchtanbau günstige Ökobilanzen auf, da das Produkt nicht auf zusätzlichen Flächen produziert wird (SERGIS-CHRISTIAN und BROUWERS 2005). Das macht dieses Anbausystem besonders interessant. Wenn es gelingt weitere Verwertungswege für die Pflanze aufzuzeigen, wird der Mischfruchtanbau mit Leindotter sich weiter ausdehnen.

Literatur:

- Aufhammer W (1999) Mischbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten : ein Beitrag zur Nutzung der Biodiversität im Pflanzenbau. Stuttgart : Ulmer, 310 p
- Bernardo A, Howard-Hildige, O'Connell A, Nichol R, Ryan J, Rice B, Roche E, Leahy JJ (2003) Camelina oil as fuel for diesel transport engines. *Indust Crops Prod* 17:191-197
- Bilau A, Böhm H, Gerowitz B (2006) Unkrautunterdrückende Wirkung von Mischfruchtbeständen mit Blauer Süßlupine *L. angustifolius* im Ökologischen Landbau. *Mitt Ges Pflanzenbauwiss* 18:72-73
- Böhm H, Berk A (2006) Bewertung ausgewählter Leguminosen- und Leguminosen-Getreide-Gemenge im Ökologischen Landbau hinsichtlich der Ertragsleistung und des Futterwertes. *Mitt Ges Pflanzenbauwiss* 18:266-267
- Böhme H, Flachowsky G (2005) Zur Eignung von Leindotterpresskuchen als Futtermittel für Schweine, Wiederkäuer und Geflügel. *Landbauforsch Völknerode* 55(3):157-162
- Bonjean A, Le Goffic F (1999) La cameline – *Camelina sativa* (L.) Crantz : une opportunité pour l'agriculture et l'industrie européens. *Oléagineux corps gras lipides* 6(1):28-34
- Bramm A, Böhm H (2005) Erzeugung von proteinreichem Futter auf Basis von Körnerleguminosen in Reinsaat und im Mischbau mit Sommergetreidearten. *UFOP-Schriften* 29:191-194
- Bramm A, Dambroth M, Schulte-Körne S (1990) Ertragsanalytische Untersuchungen an Lein, Leindotter und Mohn. *Landbauforsch Völknerode* 40(2):107-114
- Brandt D, Makowski N, Schrimppf E (2002) Mischfruchtanbau [online]. Zu finden in <<http://www.bv-pflanzenoele.de/pdf/Mischfruchtanbau.pdf>> [zitiert am 22.1.2007]
- Carr PM, Schatz BG, Gardner JC, Zwinger SF (1993) Grain yield and returns from intercropping wheat and flax. *J Prod Agric* 6:67-72
- Connolly J (1986) On difficulties with replacement-series methodology in mixture experiments. *J Appl Ecol* 23:125-137
- de Wit CT, van den Berg JP (1965) Competition between herbage plants. *Neth J Agric Sci* 13:212-221
- DIN V 51605 Vornorm (2006-07) Kraftstoffe für pflanzenölaugliche Motoren - Rapsölkraftstoff - Anforderungen und Prüfverfahren. Berlin : Beuth
- Dönges P, Traulsen H (2006) Felderprobung Rapsöl pur. *Rendsburg : DEULA*, 55 p
- Eder B, Eder J, Gronauer A, Kaiser F, Papst C (2004) Mehr Gas als aus der Gülle. *Wochenblatt-Serie „Biogas“*. Teil 3: Welche Einsatzstoffe Gas liefern. *Bay Landwirtschaft Wochenbl* 194(47):45-47
- Finckh MR, Schulze-Schilddorf G, Butz A, Greiner L, Knape C, Lützkendorf K, Rabenstein F (2003) Interaktionen zwischen Anbaubedingungen, Pilzbefall, Backqualität und Mykotoxinbelastung in der ökologischen Weizenproduktion [online]. Zu finden in <<http://orgprints.org/4745/01/4745-02OE181-ble-unikassel-2003-mykotxine.pdf>> [zitiert am 18.1.2007]
- FuMiVO(Futtermittelverordnung)(1981) Vierundzwanzigste Verordnung zur Änderung der Futtermittelverordnung vom 9. Dezember 2003 : Anlage 5 unerwünschte Stoffe. *BGBI Teil 1*, 2003(59):2503 – 2507
- Hassel E, Wichmann V (2005) Ergebnisse des Demonstrationsvorhabens „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsölauglichen Traktoren“ [online]. Zu finden in: <<http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/biokraftstoffe/pdf/100traktoren/100traktorenErgebnisse.pdf>> [zitiert am 18.1.2007]
- Jensen ES (2006) Intercropping of cereals and grain legumes for increased production, weed control, improved product quality and prevention of N-losses in European organic farming systems (INTERCROP) [online]. Zu finden in: <<http://www.intercrop.dk/images/Presentations%20&%20Documents/2005/Fina/ReportRevised.pdf>> [zitiert am 18.1.2007]
- Jolliffe PA, Minjas AN, Runeckles VC (1984) A reinterpretation of yield relationships in replacement series experiments. *J Appl Ecol* 21:227-243
- Makowski N, Pscheidl M (2003) Anbau von Leindotter : Alternativen im ökologischen und konventionellen Landbau. *Raps 2*:72-77
- Maurer K (1997) Motorprüflauf mit Rapsöl-Diesel-Mischungen. Schlussbericht [online]. Zu finden in: <<http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/biz/pdf/aktuelles/Schlussbericht-Motorprueflauf.pdf>> [zitiert am 18.1.2007]
- Matthäus B (1999) Leindotter : Untersuchungen an einer alten Kulturpflanze. *Forschungsrep Ern Landwirtschaft Forsten* 1:30-33
- Matthäus B, Zubr J (2000) Bioaktive compounds in oil-cakes of *Camelina sativa* (L.) Crantz. *Agro-food industry hi-tech* 9/10:20-24
- Mayr W (1999) Leindotterpresskuchen als organischer Dünger. In: *Technical performance of vegetable oil methyl esters with a high iodine number (e.g. sunflower-oil-methyl-ester, Camelina-oil-methyl-ester)* ; Teil C: Landwirtschaftliche Untersuchungen ; Abschlussbericht Altener XVII/4.1030/Z/96-013, Juni 1999. *Wieselburg : BLT*, pp 32-33
- Paulsen H-M, Schädlich O, Oppermann R (2006) Pflanzenöl – lohnt der Einstieg? *Bio-Land* 5:25-28
- Paulsen H-M, Rahmann G (2004) Wie sieht der energieautarke Hof mit optimierter Nährstoffbilanz im Jahr 2025 aus? *Landbauforsch Völknerode SH* 274:57-73
- Paulsen H-M, Schochow M (2007) Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau - Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schaderregerbefall und Produktqualitäten. *Landbauforsch Völknerode, SH* (in Vorbereitung)
- Paulsen H-M, Schochow M, Behrendt A, Rahmann G (2007) N-requirement of mixed-cropping systems with oilcrops in organic farming. In: *14th World Fertilizer Congress: fertilizers and fertilization; stewardship for*

- good security, food quality, environment and nature conservation ; 22-27 January 2006, Chiang Mai, Thailand ; conference proceedings (im Druck)
- Paulsen, H-M, Schochow M, Ulber B, Kühne S, Rahmann G (2006) Mixed cropping systems for biological control of weeds and pests in organic oilseed crops. *Asp Appl Biol* 79:215-219
- Paulsen H-M, Weißmann F, Fischer K, Halle I, Matthäus B, Bauer M, Pscheidl M, Vogt-Kaute W (2005) Leindotterpresskuchen in ökologischen Futterrationen : Stand der Forschung. In: Heß J, Rahmann G (eds) Ende der Nische : Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005, pp 387-388
- Pfundtner E, Kernmayer I (1999) Düngewirkung von Leindotter (*Camelina sativa* L.) in Gefäß und Freilandversuchen. In: Technical performance of vegetable oil methyl esters with a high iodine number (e.g. sunflower-oil-methyl-ester, Camelina-oil-methyl-ester) ; Teil C: Landwirtschaftliche Untersuchungen ; Abschlussbericht Altener XVII/4.1030/Z/96-013, Juni 1999. Wieselburg : BLT, pp 28-32
- Prins U, de Wit J (2006) Intercropping cereals and grain legumes : a farmers perspective [online]. Zu finden in <http://orgprints.org/7297/01/Intercropping_paper_Odense_final.pdf> [zitiert am 18.1.07]
- Rauber R, Hof C (2003) Fertigen einer Broschüre zum Anbau von Gemengen für die Praxis des Pflanzenbaus im ökologischen Landbau [online]. Zu finden in: <<http://orgprints.org/4746/01/4746-02OE221-ble-gwdg-2003-gemenge.pdf>> [zitiert am 18.1.2007]
- Reinbrecht C, Claupein W (2004) Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzenarten und -sorten für den Ökologischen Landbau unter den Aspekten Speiseölgewinnung und Eiweißquelle [online]. Zu finden in <<http://orgprints.org/4844/01/4844-02OE434-hohenheim-2004-oelpflanzen.pdf>> [zitiert am 18.1.07]
- Saucke H, Paulsen H-M, Schochow M, Pscheidl M (2005) Erbsen mit Leindotter stützen. *DLZ Agrarmagazin* 56(2):70-73
- Saucke H, Ackermann K (2006) Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa*). *Weed Res* 46:453-461
- Schädlich O, Paulsen H-M, Oppermann R (2006) Projektbericht Dezentrale Pflanzenölnutzung in der Region Lübecker Bucht : Marktstudie: Chancen der Vermarktung von Pflanzenölprodukten in den Bereichen Treibstoffe, Futtermittel und Nahrungsmittel in der Region Lübecker Bucht. Westerau : VdFF, 89 p
- Schochow M, Paulsen H-M (2005) Unkrautunterdrückung von ökologischen Mischfruchtanbausystemen : Effektivitätskontrolle durch Messung der photosynthetisch aktiven Strahlung. In: Heß J, Rahmann G (eds) Ende der Nische : Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005, pp 295-296
- Schultze-Motel J (1979) Die Anbaugeschichte des Leindotters, *Camelina sativa* (L.) Crantz. *Archeo-Physika* 8:267-281
- Seehuber R, Dambroth M (1987) Erstellung von Basispopulationen von zur Gewinnung von fetten Ölen geeigneten Pflanzenarten unter besonderer Berücksichtigung von Öllein, Leindotter und Mohn. *Landbauforsch Völkenrode* 37(4):219-223
- Sergis-Christian L, Brouwers J (2005) Dezentral hergestelltes, kaltgepresstes Pflanzenöl im ökologischen Vergleich mit Dieseldieselkraftstoff. Arbeitsergebnisse / Arbeitsgemeinschaft Land- und Regionalentwicklung am Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel SH 3, 67 p
- Snaydon RW (1991) Replacement or additive designs for competition studies. *J Appl Ecol* 28:930-946
- Szumigalski AR, Van Acker RC (2005) Weed suppression and crop production in annual intercrops. *Weed Sci* 53(6) 813-825
- Szumigalski AR, Van Acker RC (2006) Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. *Agron J* 98:1030-1040
- Trenbarth BR (1986) Resource use by intercrops. In: Francis CA (ed) *Multiple cropping systems*. New York : Macmillan, pp 57-81
- Weißmann F, Paulsen H-M, Fischer K, Matthäus B, Bauer M, Pscheidl M, Vogt-Kaute W (2006) Einfluss der Fütterung von Leindotterpresskuchen auf die Fleisch- und Fettqualität von Broilern aus ökologischer Mast. *Mitteilungsbl Bundesanst Fleischforsch* 45(174):229-236
- Zubr J (1997) Oil-seed crop : *Camelina sativa*. *Indust Crops Prod* 6(2):113-119

