

Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau

2. Ertragsstruktur des Mischfruchtanbaus von Lein (*Linum usitatissimum* L.) mit Sommerweizen, Hafer oder Leindotter

Hans Marten Paulsen*

Zusammenfassung

In Versuchen zum ökologischen Mischfruchtanbau von Lein mit Sommerweizen (*Triticum aestivum* L.), Hafer (*Avena sativa* L.) oder Leindotter (*Camelina sativa* L.) wurden die Leinerträge stets deutlich gegenüber den Reinsaatvarianten reduziert. In Sommerweizen waren Leinsamenerträge zwischen 0,1 bis 3,7 dt ha⁻¹ und in Mischung mit Leindotter zwischen 0,7 und 10 dt ha⁻¹ (Trockensubstanz) möglich. In beiden Kulturen konnte der Anteil an Leinsamen im Erntegut durch Absenken der Saatmenge des Mischungspartners erhöht werden. Eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Leinsaat als Drillsaat über die Fläche lieferte die höchsten Leinerträge im Mischfruchtanbau. Die Erträge von Sommerweizen oder Leindotter im Mischfruchtanbau waren überproportional hoch verglichen mit der gewählten Verminderung der Saatmenge. Im Mischfruchtanbau mit Lein wurden auch bei hohem Ertragsniveau die Flächenproduktivitäten gemessen am Land-Äquivalenzkoeffizienten (LER) um ca. 10 % verbessert. Gegenüber dem Anbau der Kulturen in Reinsaat kann durch den Mischfruchtanbau eine Verbesserung des Roheinkommens pro Hektar erzielt werden.

Schlüsselworte: Flächenproduktivität, Mischfruchtanbau, Ölsaaten, ökologischer Landbau

Summary

Organic mixed cropping systems with oilseeds 2. Yields of mixed cropping systems of linseed (*Linum usitatissimum* L.) with spring wheat, oats or false flax

In trials on organic mixed cropping systems of linseed with spring wheat (*Triticum aestivum* L.), oats (*Avena sativa* L.) or false flax (*Camelina sativa* L.) linseed yields were always clearly reduced compared to linseed in sole cropping. In spring wheat linseed seed yields ranged between 0.01 and 0.37 t ha⁻¹. In mixed cropping with false flax linseed harvest was between 0.07 t ha⁻¹ and 1 t ha⁻¹ (dry matter). Linseed yields could be enhanced by reduction of seed densities of the second crop. A homogeneous seed distribution of both crops in connection with drill coulters offered the highest linseed yields in mixed cropping. Seed yields of spring wheat and false flax in mixed cropping with linseed increased disproportionately high compared to the chosen seed reduction in the mixed cropping systems. With the examined seed proportions in mixed cropping area productivity measured as land-equivalent ratio (LER) was increased up to 10 %. Compared to sole cropping of the crops mixed cropping with linseed can increase the raw income per hectare.

Keywords: Site productivity, mixed cropping, oilseeds, organic farming

* Institut für ökologischen Landbau, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Trenthorst 32, 23847 Westerau, hans.paulsen@vti.bund.de

Einleitung

Beim ökologischen Anbau von Lein kommt es aufgrund der niedrigen Konkurrenzfähigkeit der Pflanzen häufig zu starker Verunkrautung und dadurch zu Verunreinigung des Erntegutes. Die späte Abreife des Leins und die senkrechte Blattstellung lassen oft eine üppige Spätverunkrautung zu, welche eine Beerntung zum Teil unmöglich macht. Der langsame Bestandesschluss des Leins und die geringe Pflanzenlänge fördern dies von Beginn an. Die Korngröße des Leins ist gering und liegt im Bereich derer vieler Unkrautsamen. Oft werden durch hohen Fremdbesatz nur schlechte Erntequalitäten erreicht. Mischfruchtanbausysteme mit anderen Kulturen können diesen Problemen durch eine bessere Unkrautunterdrückung entgegenwirken. Die Effekte des und die Motivation für den Mischfruchtanbau mit Ölsaaten sind bei Paulsen (2007) bereits beschrieben. Als Ziel des Anbausystems bleibt festzuhalten, dass bei pflanzenbaulichen Vorteilen Ölsaaten gleichzeitig mit anderen Kulturen erzeugt werden sollen. Dabei kann der Mischfruchtanbau auch zu verbesserten Flächenproduktivitäten durch die unterschiedlichen Ressourcenansprüche der Mischungspartner führen.

Ökologisch erzeugte Leinsamen sind gut abzusetzen. Leinöl wird im Bereich der Naturfarben und in geringerem Maße in der menschlichen Ernährung verwendet. Gefragt sind Leinpresskuchen für die Aufzucht von Kälbern und vor allem in der Pferdefütterung. Für die Erzeugung von ökologischem Faserlein und Lein werden unkrautfreie Saatgutpartien benötigt. Aufgrund der niedrigen Oxidationszahl des Leinöls ist die Verwendung als Komponente in Pflanzenölmischungen für den Betrieb von Traktoren nur in eingeschränktem Maße vorstellbar. Lein ist eine Ölpflanze, die einen geringen Schädlingsbefall aufweist und geringe Nährstoffansprüche stellt. Schon aus diesen Gründen ist er für den ökologischen Landbau interessant.

In den hier dargestellten Versuchen wurde Lein in Mischungen mit Sommerweizen, Hafer oder mit Leindotter in verschiedenen Anbauverfahren kultiviert. Variiert wurden Saatstärken, Reihenweiten und Saatverfahren. Die Ertragsleistung und die Kornausbildung der Pflanzen wurden ermittelt.

Material und Methoden

Im Jahr 2003 wurden Vorversuche zur Mischung von Lein mit Sommerweizen, Hafer oder Leindotter an zwei Standorten durchgeführt. Aufgrund der in diesen Versuchen beobachteten starken Ertragsrückgänge beim Lein im Mischfruchtanbau und seiner deutlich verzögerten Abreife in Getreide wurden in den Jahren 2004 und 2005 am Standort Trenthorst Versuche mit verschiedenen Mischungsverhältnissen und Standraumzuteilungen ange-

stellt. Auf den Anbau in Kombination mit Hafer wurde verzichtet (Tabelle 1). In einem gesonderten Projekt (Paulsen und Schochow, 2007a) wurden Varianten mit weiteren Reihenabständen erprobt. In diesem Projekt wurden auch Qualitätsparameter der Ernteprodukte (Paulsen und Seling, 2007: Getreide, Matthäus, 2007: Ölsaaten) sowie die Unkrautdeckung und der Blattflächenindex in den Varianten bestimmt (Paulsen et al., 2007).

Es wurden verschiedene Drillvarianten erprobt: Ablage in alternierenden Reihen mit Drillschar mit unterschiedlichen Reihenabständen (Tabelle 1: ohne Bezeichnung bzw. Bezeichnung „weit“), Ablage in Tankmischung bei gleichmäßiger Ablagetiefe der Saaten (Bezeichnung „Tank“) und Breitsaat des Leins bzw. des Leindotters über die Drillreihen der Zweitkultur (Bezeichnung „breit“). Um alternierende Reihen mit engen Reihenabständen zu realisieren wurde in den Versuchen mit einer versetzten zweiten Überfahrt gedrillt. Die Reihenabstände waren daher in diesen Varianten nicht immer gleichmäßig. Die Experimente wurden in randomisierten Blockanlagen in vier Wiederholungen, mit Parzellengrößen von 30 m² durchgeführt. Die Mischfruchtanbauvarianten wurden gemeinsam mit einem Parzellenmähdrescher geerntet. Nach Trocknung wurde das Erntegut mit einem Windsichter und einer Siebreinigungsmaschine gereinigt und die Saaten voneinander getrennt.

Der Land-Äquivalenzkoeffizient (LER) (Mead and Willey, 1980) zur Ermittlung der Flächenproduktivität des Mischfruchtanbaus im Vergleich zu den Reinsaatvarianten wurde wie folgt bestimmt: $LER = \frac{\text{Ertrag Kultur 1 im Mischfruchtanbau}}{\text{Ertrag Kultur 1 im Reinsaatbau}} + \frac{\text{Ertrag Kultur 2 im Mischfruchtanbau}}{\text{Ertrag Kultur 2 im Reinsaatbau}}$. Zusätzlich wurden die Tausendkorngewichte (TKG) der Saaten ermittelt. Die varianzanalytische Verrechnung der Versuche wurde mit dem Programm SAS (SAS Institute USA, 2002 bis 2003) durchgeführt.

Die Versuchsstandorte waren wie folgt charakterisiert: Trenthorst, Schleswig-Holstein: sandiger Lehm bis toniger Lehm, 50 bis 65 Bodenpunkte, 735 mm mittlerer Jahresniederschlag 2003: 487 mm, 2004: 781 mm, 635 mm; Pfaffenhofen, Bayern, lehmiger Sand bis sandig toniger Lehm 35 bis 45 Bodenpunkte, 784 mm mittlerer Jahresniederschlag, 2004: 804 mm, 2005: 1005 mm; Gülzow in Mecklenburg-Vorpommern, lehmiger Sand bis sandiger Lehm, 35 bis 45 Bodenpunkte, 542 mm mittlerer Jahresniederschlag und Wilmersdorf, Brandenburg, Sand bis sandiger Lehm, 20 bis 65 Bodenpunkte, 532 mm mittlerer Jahresniederschlag, 2003: 487 mm, 2004: 782 mm, 2005: 635 mm. Da weitere Kulturen mit höheren Nährstoffansprüchen als Lein auf den Standorten geprüft wurden standen die Mischungen mit Lein ausnahmslos nach Klee gras. Dies ist hinsichtlich einer zügigen Abreife des Leins sicherlich ungünstig zu beurteilen. Die Nährstoffgehalte der Standorte lagen bei knapper Kalkversorgung in

der Regel in den Versorgungsstufen C vereinzelt auch in B (vgl. Paulsen 2007, Paulsen und Schochow 2007b).

Tabelle 1:

Varianten und Standorte in den Experimenten zum Mischfruchtanbau von Lein mit Leindotter oder Sommergetreide

Ort Jahr	Varianten Bezeichnung	Saatstärken [Körner m ²]		Saat- stär- kenver- hältnis	
		Reinsaaten	Misch- fruchtan- bau		
Leindotter (LD) x Lein (OL) (Sorten Pernice x Norlin^a)					
Trenthorst 03	LD_OL	300	600	300 x 600	2
Wilmsdorf 03					
Trenthorst 04/05	LD1/1_OL1/1	360	600	360 x 600	2
	LD3/4_OL1/1	360	600	270 x 600	1,75
	LD1/1_OL3/4	360	600	360 x 450	1,75
	LD1/1_OL1/1Tank	360	600	360 x 600	2
	LD1/2_OL1/1Tank	360	600	180 x 600	2
	LD1/1_OL1/1breit	360	600	360 x 600	2
Trenthorst 04/05 ^b	LD1/1_OL2/3weit	360	600	360 x 400	1,66
Wilmsdorf 04/05 ^b					
Pfaffenhofen 04/05 ^b					
Gülzow 04 ^b					
S-Weizen (SW) x Lein (OL) (Sorten Fasan x Norlin^a)					
Trenthorst 03	SW_OL	450	600	450 x 600	2
Wilmsdorf 03	Ha_OL ^c	350	600	350 x 600	2
Trenthorst 04/05	SW3/4_OL1/1	400	600	400 x 600	1,75
	SW3/4_OL3/4	400	600	300 x 450	1,5
	SW3/4_OL1/1breit	400	600	300 x 600	1,75
	SW1/2_OL3/4	400	600	200 x 450	1,25
Trenthorst 04/05 ^b	SW1/2_OL2/3weit	400	600	360 x 400	1,13
Wilmsdorf 04/05 ^b					
Pfaffenhofen 04/05 ^b					
Gülzow 04 ^b					

^a2005 Sorte: Serenade

^beigene Versuchsserie mit eigenen Reinsaatvarianten

^c Hafer (Ha)

Ergebnisse

Versuche mit Hafer oder Sommerweizen im Mischfruchtanbau mit Lein

Beim Mischfruchtanbau von Hafer oder Sommerweizen und mit Lein in Trenthorst wurden im Jahr 2003 nur äußerst unzureichende Erträge erzielt. Der Versuch fand auf einem sehr schweren Teilstück der Fläche statt. Lein wurde zunächst vom Getreide stark beschattet und entwickelte sich langsam. Als das Getreide abreifte war der Lein noch grün. Die Gemenge gelangten erst zwei (Sommerweizen)

bis drei Wochen (Hafer) nach der Totreife des Getreides in die technische Erntereife. Auch der Lein in Reinsaat entwickelte sich nur schwach und bildete kaum Körner aus. Es kam dadurch zu erheblichen standort- und witterungsbedingten Ernteaussfällen (Tabelle 2). In Wilmsdorf waren die Erträge in 2003 nach einer ausgeprägten Frühjahrstrockenheit ebenfalls gering. Die Leinerträge im Gemenge mit Hafer und Sommerweizen gingen im Vergleich zur Reinsaat stark zurück. Die Erträge des Getreides wurden durch den Mischfruchtanbau nicht beeinträchtigt. Aufgrund der stärkeren Beschattung des Leins und der noch späteren Entwicklung des Leins in Gemenge mit Hafer wurde in den Folgejahren nur noch der Mischfruchtanbau mit Sommerweizen geprüft (Abbildung 1). Die Saatstärke des Sommerweizens wurde dabei gegenüber der des Sommerweizens in Reinsaat reduziert. Bei der Aussaat mit höheren Reihenabständen wurde auch die Saatmenge des Leins vermindert. Es wurden stets kompetitive Gemenge gewählt (Aufhammer, 1999), die bezogen auf die Reinsaatvarianten mit Saatstärkenverhältnissen zwischen 1,13 und 2 höhere Saatchichten aufwiesen (Tabelle 1).



Abbildung 1:

Mischfruchtanbau von Sommerweizen mit Lein, 12,5 Reihenabstand, Trenthorst 2004

Beim Mischfruchtanbau von Sommerweizen und Lein wurde der Leinertrag gegenüber dem der Reinsaaten des Leins stets massiv und überproportional zur vorgenom-

menen Verminderung der Saatmenge reduziert. Dieser Effekt trat auch auf, wenn dem Lein mehr Standraum eingeräumt wurde, wie dies in den Versuchen mit weitem Reihenabstand (12,5 bis 14 cm) und halber Saatstärke des Sommerweizens der Fall war (Tabelle 2). Im Sommerweizen waren die relativen Erträge bezogen auf die der Reinsaat stets höher als die Reduktion der Saatstärke. Außer in den Mischungen mit fast totalem Ausfall des Leins (Trenthorst 2004 bei 12,5 cm Reihenabstand und Wilmersdorf 2005 bei 14 cm Reihenabstand) konnten dadurch nahezu bei jeder Variante LER-Werte größer als Eins erzielt werden. Im Mischfruchtanbau mit Sommerweizen wurde jedoch nur ein maximaler Leinertrag von 3,7 dt ha⁻¹ Trockenmasse erzielt. Im Reinanbau konnten bis zu 17,4 dt ha⁻¹ Trockenmasse Leinsamen geerntet werden.

Tabelle 2:

Kornerträge [dt ha⁻¹] (Trockenmasse) und Landäquivalenzkoeffizienten (LER) von Leindotter und Lein im Mischfruchtanbau bei verschiedenen Reihenabständen und Saatstärken sowie in der Reinsaat, Trenthorst und Wilmersdorf 2003, 2004 und 2005

		Reinsaaten		Mischsaaten			LER
		S-Weizen	Lein	Gesamt	S-Weizen	Lein	
S-Weizen x Lein: Reihenabstand 6,75 bis 7 cm, S-Weizen und Lein volle Saatstärke							
Trenthorst	2003	9,7	0,5	12,1	11,9	0,2	1,6
Wilmersdorf	2003	21,4	4,0	24,6	22,6	2,0	1,6
S-Weizen x Lein: Reihenabstand 6,75 bis 7 cm, S-Weizen 3/4, Lein volle Saatstärke							
Trenthorst	2004	55,2	14,9	50,9	47,3	3,7	1,1
Trenthorst	2005	46,9	17,4	41,2	38,1	3,1	1,0
S-Weizen x Lein: Reihenabstand 12,5 bis 14 cm, S-Weizen halbe, Lein 2/3 Saatstärke							
Trenthorst	2004	48,5 ^a _B	11,7 ^A	39,3 ^b	38,6 _B	0,7 ^B	0,9
Trenthorst	2005	57,5 ^a _A	16,9 ^A	51,1 ^B	48,3 _B	2,8 ^B	1,0
Wilmersdorf	2004	40,2 _A	9,9 ^A	33,2	31,3 _B	1,9 ^B	1,0
Wilmersdorf	2005	30,4	1,5	26,4	26,3	0,1	0,9
Pfaffenhofen	2004	41,6 ^a	3,0 ^A	30,6 ^b	29,3 _B	1,3 ^B	1,1
Pfaffenhofen	2005	31,5 _A	7,2 ^A	27,7	25,0 _B	2,8 ^B	1,2
Gülzow	2004	14,8	1,7 ^A	11,1	10,6	0,6 ^B	1,1
		Hafer	Lein	Gesamt	Hafer	Lein	
Hafer x Lein: Reihenabstand 6,75 bis 7 cm, Hafer und Lein volle Saatstärke							
Trenthorst	2003	20,0	0,5	20,2	20,1	0,1	1,2
Wilmersdorf	2003	22,8 ^b _B	4,0 ^A	32,2 ^a	31,6 _A	0,6 ^B	1,5

Verschiedene Buchstaben kennzeichnen Unterschiede bei signifikanter ANOVA zeilenweise, wie folgt (Mittelwertvergleich Tukey-HSD_{5%}):
Hochgestellt, Kleinbuchstaben: Vergleiche von S-Weizen-Reinsaat und Mischsaaten-Gesamt,
Hochgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Lein-Reinsaat gegen Lein in Mischsaaten,
Tiefgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von S-Weizen-Reinsaat gegen S-Weizen in Mischsaaten

In den Versuchen zu unterschiedlichen Saatverfahren und Saatmengen der Komponenten konnte sich der Lein in Breitsaat schlechter etablieren als der Lein in Drillsaat mit 6,5 cm Reihenabstand (Abbildung 2). Bei der Breitsaat wurden die schwächsten Leinerträge jedoch die höchsten Sommerweizenenerträge erzielt. Bei den gedrillten Varianten verminderten sich die Sommerweizenenerträge gegenüber der Reinsaat unterproportional gegenüber der Saatmengenreduzierung. Verglichen mit dem Sommerweizenenertrag der mit Lein in Breitsaat erzielt wurde nahmen die Erträge im Mischfruchtanbau mit Lein in Drillsaat ab. In 2005 wurden in Trenthorst die Pflanzenzahlen der Kulturen im Feld zur Ernte ermittelt. Sie verhielten sich gleichgerichtet zur gewählten Saatmengenreduzierung (Tabelle 1) gegenüber der Reinsaat (Pflanzen m⁻²: SWRein 298, OLRein 435, SW 3/4 227 bis 242, SW1/2 169, OL1/1 411, OL3/4 291 bis 313).

Die Kornausbildung gemessen am TKG verbesserte sich jedoch in den gewählten Mischfruchtanbausystemen beim Lein und beim Sommerweizen gegenüber den Reinsaatvarianten (Tabelle 3).

Tabelle 3:

TKG der Saaten aus Mischfruchtanbau und Reinanbau von Lein und Sommerweizen, Trenthorst Mittelwerte aus 2004/2005

Variante	TKG [g] S-Weizen	TKG [g] Lein
6,25 cm Reihenabstand		
SWRein1/1	42,1b	
OLRein1/1		6,7c
SW3/4_OL1/1breit	43,7a	7,1b
SW3/4_OL1/1	43,3a	7,4a
SW3/4_OL3/4	43,0ab	7,3ab
SW1/2_OL3/4	43,6b	7,3ab
12,5 cm Reihenabstand		
SWRein	41,7	
SW1/2_OL2/3weit	41,3	6,5
OLRein		6,2

Mittelwertvergleich Tukey-HSD_{5%}, spaltenweise, nach signifikanter ANOVA

Aus diesen Zahlen kann geschlossen werden, dass die Leinpflanzen mit einer verringerten Samenzahl pro Pflanze auf die Konkurrenz des Weizens reagierten, da die Pflanzenzahlen die Aussaatmengen zur Ernte noch widerspiegeln und die TKG des Leins im Mischfruchtanbau ansteigen.

Die Flächenproduktivität der Mischfruchtanbausysteme von Sommerweizen mit Lein gemessen am LER war gegenüber den Reinsaatvarianten mit Werten zwischen 1 und 1,1 nicht deutlich erhöht (Abbildung 2, Tabelle 2). Im Mittel beider Jahre wurden im Mischfruchtanbau am Standort Trenthorst maximal 3,4 dt ha⁻¹ Trockenmasse Lein

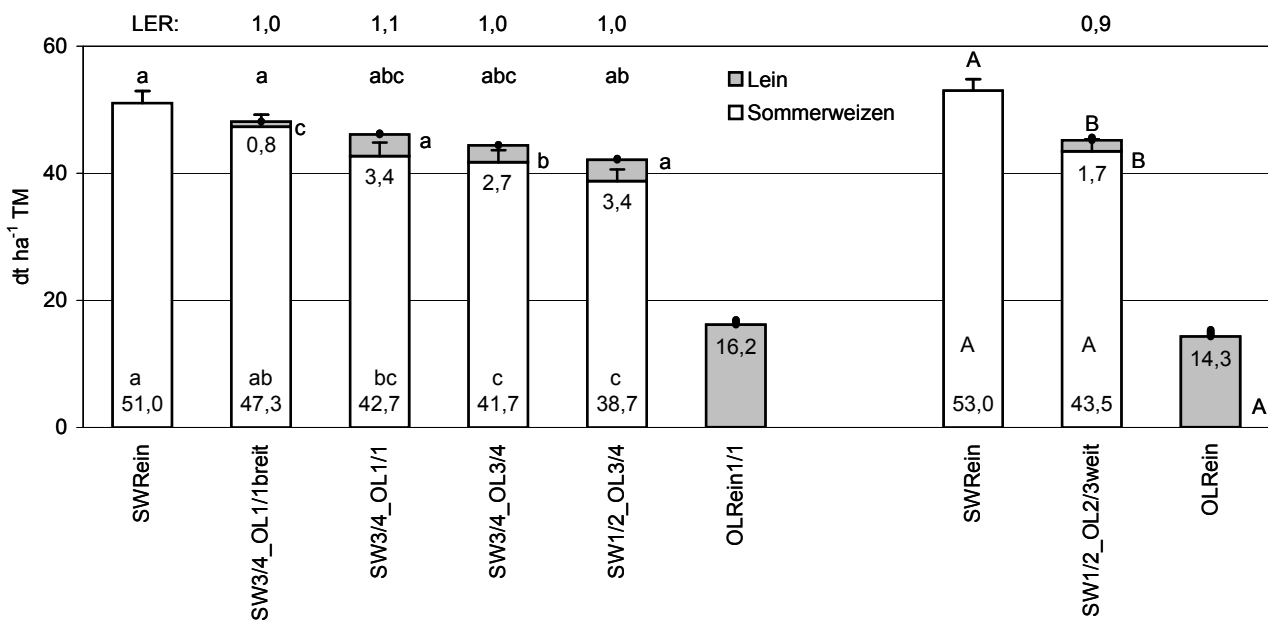


Abbildung 2:

Kornerträge (Trockensubstanz) beim Mischfruchtanbau von Sommerweizen (SW) mit Lein (OL) bei verschiedenen Saatstärken, Reihenweiten und Saatverfahren im Vergleich zu den Kornerträgen der Reinsaatvarianten sowie Land-Äquivalentkoeffizienten (LER), Mittelwerte Trenthorst 2004/2005 + SE, Mittelwertvergleich Tukey-HSD_{5%}, nach signifikanter ANOVA

geerntet. Der Ertrag des Leins in Reinsaat lag bei 16,2 dt ha⁻¹ Trockenmasse.

Versuche mit Leindotter im Mischfruchtanbau mit Lein

Bei den Versuchen zum Mischfruchtanbau von Leindotter und Lein (Abbildung 3) konnte sich der Lein in den Versuchen mit engem Reihenabstand besser etablieren. Die Kornerträge des Mischfruchtanbaus lagen meist auf oder über dem Niveau der Erträge der Kulturen im Reinsaat. In Trenthorst wurden von 2003 bis 2005 durchgängig und in Wilmersdorf in 2004 und 2005 hohe Leindotter- und Leinerträge in der Reinsaat erreicht (Tabelle 4).

In den Gemengen die mit engem Reihenabstand ausgesät wurden verminderte sich der Leinsamenertrag in Abhängigkeit von der Entwicklung des Leindotters deutlich. Im Versuch mit den weiteren Reihenabständen war die Abnahme des Kornertrages des Leins im Vergleich zur Reinsaat noch stärker ausgeprägt, wenn der Leindotter sich gut entwickelte (Trenthorst 2004, 2005 und Wilmersdorf 2004). Beim niedrigen Ertragsniveau der anderen Standorte verhielt sich der Leinertrag verglichen mit der Reinsaat gleichgerichtet zur Verringerung der Saatmenge.

Tabelle 4:

Kornerträge [dt ha⁻¹] (Trockenmasse) und Land-Äquivalentkoeffizienten (LER) von Leindotter und Lein im Mischfruchtanbau bei verschiedenen Reihenabständen und Saatstärken sowie in der Reinsaat, Trenthorst und Wilmersdorf 2003, 2004 und 2005

	Reinsaaten		Mischsaaten		LER
	Lein-dotter	Lein	Gesamt	Lein-dotter	
Reihenabstand 6,75 bis 7 cm, Leindotter volle bzw. 3/4 (x / y) Saatstärke, Lein volle Saatstärke					
Trenthorst	2003	13,1 _A	13,1 ^A	16,7 / 16,1	7,4 _B / 6,3 _B / 9,3 ^B / 9,9 ^B / 1,3 / 1,2
Wilmersdorf	2003	7,8 _A	4,5	5,8 / 5,9	2,2 _B / 1,9 _B / 3,6 / 4,0 / 1,1 / 1,1
Trenthorst	2004	19,0 _A	15,4 ^A	20,3 / 19,4	14,5 _B / 12,1 _B / 5,9 ^B / 6,5 ^B / 1,1 / 1,1
Trenthorst	2005	20,3	18,9 ^A	19,7 / 20,3	14,5 / 14,2 / 5,1 ^B / 6,1 ^B / 1,0 / 1,0
Reihenabstand 12,5 bis 14 cm, Leindotter volle, Lein 2/3 Saatstärke					
Trenthorst	2004	14,1	11,7 ^A	14,9	12,1 / 2,8 ^B / 1,1
Trenthorst	2005	21,8	16,9 ^A	23,9	20,6 / 3,3 ^B / 1,1
Wilmersdorf	2004	14,5	9,9 ^A	17,4	15,4 / 2,0 ^B / 1,3
Wilmersdorf	2005	6,9	1,5	7,1	6,4 / 0,7 ^B / 1,4
Pfaffenhofen	2004	6,7	3,0	7,9	5,8 / 2,1 / 1,6
Pfaffenhofen	2005	7,9 ^A	7,2 ^A	6,1 ^b	1,1 _B / 5,1 ^B / 0,8
Gülzow	2004	0,3 ^b	1,7 ^A	2,7 ^a	1,7 / 1,1 ^B / 6,3

Verschiedene Buchstaben kennzeichnen Unterschiede bei signifikanter ANOVA zeilenweise, wie folgt (Mittelwertvergleich Tukey-HSD_{5%}): Hochgestellt, Kleinbuchstaben: Vergleiche von Leindotter-Reinsaat und Mischsaaten-Gesamt, Hochgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Lein-Reinsaat gegen Lein in Mischsaaten, Tiefgestellt, Großbuchstaben: Vergleiche von Leindotter-Reinsaat gegen Leindotter in Mischsaaten



Abbildung 3: Mischfruchtanbau von Leindotter mit Lein, 12,5 cm Reihenabstand, Trenthorst 2005

In der Versuchsserie zur Variation der Saatmengen und Saatverfahren nahm der Leinertrag bei höheren Leindotteranteilen im Gemenge signifikant ab. Der höchste Leinanteil wurde bei Breitsaat des Leindotters erzielt. Die Tankmischung der Saaten brachte gegenüber der Saat in alternierenden Reihen und engem Reihenabstand keinen Ertragsnachteil. Auch eine Saat mit weiteren Reihenabständen verbesserte die Ertragsleistung des Leins im Mischfruchtanbau nicht (Abbildung 4). Die Gesamterträge des Mischfruchtanbaus unterschieden sich nicht statistisch signifikant von den Reinsaaterträgen des Leindotters. Bei normalen Leindotter- bzw. Leinerträgen in Reinsaat wurden überwiegend leicht erhöhte Flächenproduktivitäten des Mischfruchtanbaus gemessen am LER errechnet. Am Standort Pfaffenhofen, der in beiden Versuchsjahren eine erhebliche Verunkrautung mit Echter Kamille aufwies und an den Standorten Gülzow in 2004 und Wilmersdorf in 2005, auf denen in den genannten Jahren aufgrund einer lang anhaltenden Frühjahrstrockenheit nur eine geringe Pflanzenentwicklung möglich war, wurden im Mischfruchtanbau von jeweils einer oder auch beiden Komponenten ähnliche Erträge wie in der Reinsaat erreicht. Dadurch ergaben sich die zum Teil deutlich erhöhten LER-Werte (Tabelle 3).

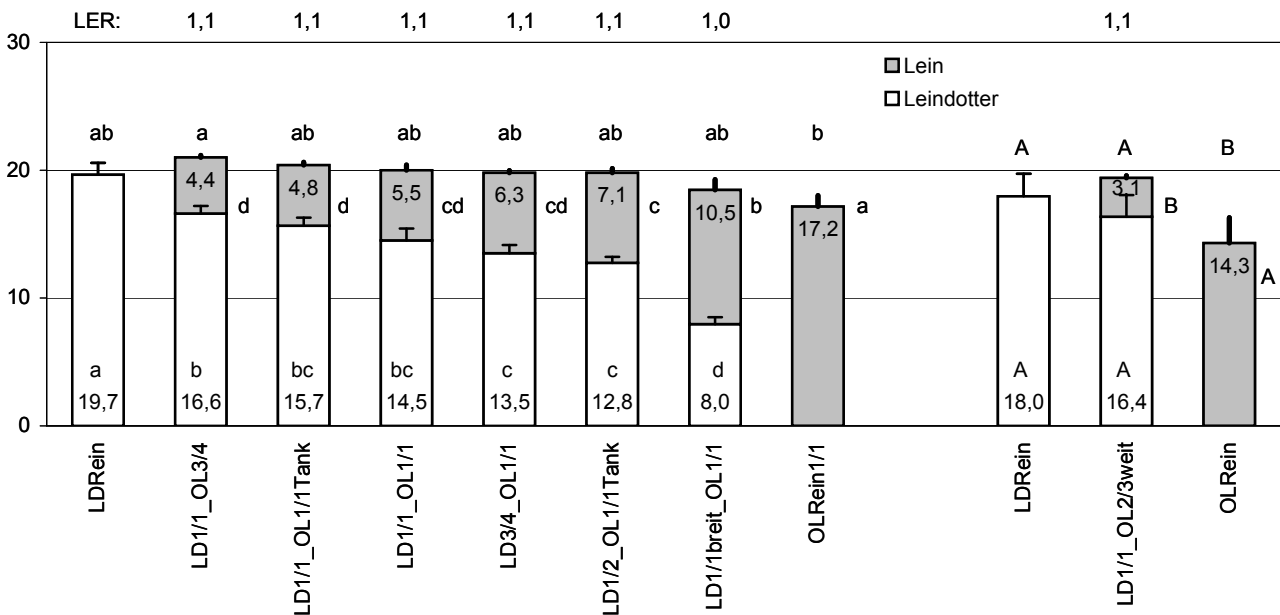


Abbildung 4: Kornertäge (Trockensubstanz) beim Mischfruchtanbau von Leindotter (LD) mit Lein (OL) bei verschiedenen Saatstärken, Reihenweiten und Saatverfahren im Vergleich zu den Kornertägen der Reinsaatvarianten sowie Land-Äquivalentkoeffizienten (LER), Mittelwerte Trenthorst 2004/2005 + SE, Mittelwertvergleich Tukey-HSD_{5%}, nach signifikanter ANOVA

Bei der Kornausbildung wurden beim Leindotter im Mischfruchtanbau mit Lein mit 12,5 cm Reihenabstand erhöhte TKG gegenüber Leindotter aus Reinsaat festgestellt. Lein reagierte im Mischfruchtanbau ebenfalls mit einer verbesserten Kornausbildung gegenüber der Reinsaat (Tabelle 5). Das TKG des gut entwickelten Leins im Verfahren mit Leindotterbreitsaat war niedriger als das der Gemenge mit geringerem Leinanteil.

Tabelle 5

TKG der Saaten aus Mischfruchtanbau und Reinanbau von Lein und Leindotter, Trenthorst Mittelwerte aus 2004/2005

Variante	TKG [g]	
	Leindotter	Lein
6,25 cm Reihenabstand		
LDRein1/1	1,3	
OLRein1/1		6,7c
LD1/1_OL1/1	1,3	7,3ab
LD1/1_OL1/1Tank	1,4	7,4a
LD1/1 breit_OL1/1	1,4	6,9c
LD1/2_OL1/1Tank	1,4	7,2b
LD3/4_OL1/1	1,4	7,3ab
12,5 cm Reihenabstand		
LDRein	1,3A	6,2A
LD1/1_OL2/3weit	1,4B	6,8B
OLRein		
Mittelwertvergleich Tukey-HSD _{5%} , spaltenweise, nach signifikanter ANOVA		

Diskussion

Beim Mischfruchtanbau von Lein mit Leindotter oder Sommergetreide wird der Leinertrag gegenüber dem Kornertrag des Leins im Reinsaatverfahren stark reduziert. In Mischung mit Sommerweizen konnten 0,1 bis 3,7 dt Lein (Trockensubstanz) pro Hektar erzeugt werden. Im Mischfruchtanbau mit Leindotter waren zwischen 0,7 und 10 dt Lein (Trockensubstanz) pro Hektar möglich. Durch Absenken der Saatmenge beim Mischungspartner konnte der Leinertrag in gewissen Grenzen gesteigert werden.

Bei den Saatverfahren zeigt sich die Breitsaat von Leindotter oder Lein auf dem untersuchten schwereren Standort wenig geeignet Bestände sicher zu etablieren. Die Erweiterung der Reihenabstände, die dem Lein mehr Platz verschaffen sollten, verbesserte das Erntergebnis beim Lein weder im Sommerweizen noch im Leindotter. Eine möglichst gleichmäßige Durchmischung und Verteilung der Saaten über die Fläche schaffte offensichtlich die besten Standortbedingungen für den Lein. In den Untersuchungen war der Abfall des Leinertrages in allen Varianten des Mischfruchtanbaus sehr hoch.

Bei Weizen wurde mit Saatmengen zwischen 200 und 400 Körnern gearbeitet (Tabelle 1) und im ökologischen Anbau Weizenerträge bis zu 50 dt ha⁻¹ erzielt. In Untersuchungen von Carr et al. (1990) zu Mischungen von Sommerweizen mit Lein in konventionellem Anbau in Nord Dakota war die Saatmenge des Sommerweizens mit 247 Körnern m⁻² eher dünn und wurde in den Mischfruchtanbau-Varianten nicht weiter reduziert. Lein wurde ebenfalls mit circa 600 Körnern m⁻² ausgesät. Die Leinerträge im Mischfruchtanbau mit Sommerweizen fielen auch in diesen Versuchen stark, auf Werte zwischen 0,6 dt ha⁻¹ und 2 dt ha⁻¹. Die Weizenerträge lagen zwischen 20 und 45 dt ha⁻¹. Dagegen wurde kein Einfluss des Saatverfahrens (gleiche Reihe, alternierende Reihen, Breitsaat des Leins, quer zu den Reihen) auf die Leinerträge gefunden. In Untersuchungen zum Mischfruchtanbau von Lein mit Gerste in Indien (Mandal und Mahapatra, 1990) wurden Erträge von 12 bis 14 dt ha⁻¹ Gerste und 1,6 bis 1,7 dt ha⁻¹ Lein erzielt. Die Erträge in Reinkultur lagen hier bei Gerste zwischen 16 und 18 dt ha⁻¹ und bei Lein zwischen 5 und 6 dt ha⁻¹.

Ertragseffekte bei der Verunkrautung von Lein mit Leindotter wurden von Grümmer (1955) und Balschun und Jacob (1972) näher untersucht. Die Autoren fanden in Gefäßversuchen eine erhebliche Beeinträchtigung des Leinertrages (Biomasse und Kornertrag) bei Zumischung von Leindotter. Eine verbesserte N-Versorgung förderte den Lein gegenüber dem Leindotter deutlich (Balschun und Jacob, 1972). Kranz und Jacob (1977a, 1977b) folgerten aus ihren Untersuchungen, dass Leindotter aufgrund des größeren Wurzelsystems besser um Nährstoffe und Standortfaktoren konkurrieren kann. Sie schlossen von Grümmer (1955) postulierte allelopatische Effekte durch Hemmstoffe aus den Blättern des Leindotters aus, die die Entwicklung des Leins direkt beeinflussen sollten.

In den hier dargestellten eigenen Untersuchungen waren die Leinerträge in Mischung mit Leindotter durch die Variation der Aussaatmengen eindeutig steuerbar. Ob die gefundene bessere Kornausbildung der Leinpflanzen in Mischkulturen durch geringere Kornzahlen pro Kapsel oder durch eine verbesserte Nährstoff- und Wasserversorgung der Einzelpflanze zustande kam, konnte in den angestellten Versuchen nicht geklärt werden. Jedoch sind die Wachstumsbedingungen für die einzelnen Kulturen in den getesteten Mischfruchtanbausystemen offensichtlich unterschiedlich zu denen im Reinanbau der Kulturen.

So konnte bei einem landwirtschaftlich interessanten Ertragsniveau ein Anstieg der Flächenproduktivität der Mischfruchtanbausysteme aus Lein mit Sommerweizen oder Leindotter anhand der um 10 % erhöhten LER-Werte nachgewiesen werden (Tabelle 2, Abbildung 2, Tabelle 4, Abbildung 4). Stellt man die Kornerträge des Mischfruchtanbaus in absoluten Zahlen auf zwei Hektar bezogen dar (Tabelle 6)

zeigt sich, dass aus dem Mischfruchtanbau von Sommerweizen mit Lein ein höheres Roheinkommen erzielt werden kann als bei zwei Hektar der jeweiligen Kulturen in Reinkultur (Gruber und Vogt-Kaute, 2007). Berechnet mit den Erträgen aus Trenthorst und Pfaffenhofen ergaben sich Einkommenssteigerungen von 280 bis 483 € ha⁻¹.

Tabelle 6:

Kornerträge des Reinanbaus zweier Kulturen auf je einem Hektar verglichen mit den Erntemengen der Kulturen auf zwei Hektar im Mischfruchtanbau sowie Rohertag der Anbausysteme in Euro und Differenz von Mischfruchtanbau zum Reinanbau

	Reinsaaten 2ha			Mischfruchtanbau 2 ha			1 ha
	S-Weizen	Lein	Summe	S-Weizen	Lein	Summe	Differenz
	dt	dt	€	dt	dt	€	€ ha ⁻¹
Trenthorst							
2004	55,2	14,9	2752	94,6	7,4	3718	483
2005	46,9	17,4	2599	82,4	6,2	3225	313
Pfaffenhofen							
2004	41,6	3,0	1621	58,6	2,6	2194	287
2005	31,5	7,2	1499	50,0	5,6	2058	280
	Lein-dotter	Lein		Lein-dotter	Lein		
Trenthorst							
2004	19,0	15,4	1607	24,2	13,0	1683	38
2005	20,3	18,9	1852	28,4	12,2	1807	-22
Pfaffenhofen							
2004	6,7	3,0	433	15,8	11,6	1270	419
2005	7,9	7,2	712	2,2	10,2	649	32

Erzeugerpreise Ökoware [€ dt⁻¹]: S-Weizen 35, Lein 55, Leindotter 40

Die getesteten Mischfruchtanbauvarianten von Leindotter mit Lein waren den Reinanbausystemen im Rohereinkommen weniger deutlich überlegen bzw. ungefähr gleichauf. Gründe dafür sind die guten Leinsamen-Erträge in den Reinsaaten in Trenthorst sowie der ähnliche Ertrag von Lein und Leindotter in Reinsaat in Pfaffenhofen 2005 bei ungleichmäßiger Entwicklung des Mischbestandes. Das deutlich erhöhte Roheinkommen pro Hektar Mischfruchtanbau in Pfaffenhofen 2004 kann durch die starke Verunkrautung des Lein-Reinbestandes erklärt werden (Paulsen et al., 2007). Hier hatten beide Kulturen im Reinanbau nur geringe Kornerträge. Im Mischfruchtanbau war die Verunkrautung geringer und es wurden höhere Erträge beider Mischungskomponenten erzielt. In 2005 konnte dort der Ausfall des Leindotters in Mischfruchtanbau in geringem Umfang durch Lein kompensiert werden. Berechnet mit den Erträgen aus Trenthorst und Pfaffenhofen ergaben sich Einkommensunterschiede von der Misch-

kultur gegenüber dem Anbau der Reinkulturen zwischen - 22 und + 419 € ha⁻¹ (Tabelle 5).

Insgesamt wird aus diesen Zahlen deutlich, dass beim Mischfruchtanbau mit Lein eine positive Ökonomie gegeben sein kann. Zusätzliche Kosten beim Mischfruchtanbau entstehen durch die notwendigen Reinigungsschritte zur Trennung der Saaten nach der Ernte, sowie durch technische Anpassungen in der Aussaattechnik. Das Verfahren liefert jedoch eine deutlich verbesserte Unkrautunterdrückung (Paulsen et al., 2007).

Beim Mischfruchtanbau mit Sommerweizen muss abgewogen werden, ob die erzeugten Saatenmengen an Lein aus dem Mischfruchtanbau mit 5 bis 50 % der Erträge des Reinanbaus für die angestrebten Verwertungslinien ausreichend sind.

Literatur

- Aufhammer W (1999) Mischbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten : ein Beitrag zur Nutzung von Biodiversität im Pflanzenbau. Stuttgart : Ulmer, 310 p
- Balschun H, Jacob F (1972) Über die zwischenartliche Konkurrenz von *Linum usitatissimum* L. und *Camelina*-Arten. *Flora* 161(1-2):129-172
- Carr PM, Schatz BG, Gardner JC, Zwinger SF (1993) Grain yield and returns from intercropping wheat and flax. *J Prod Agric* 6:67-72
- Gruber H, Vogt-Kaute W (2007) Anbaubedeutung und Ökonomie von Ölsaaten im ökologischen Landbau. *Landbauforsch Völknerode SH* 309:39-46
- Grümmer G (1955) Die Beeinflussung des Leinertrags durch *Camelina* Arten. *Flora* 146:158-177
- Kranz E, Jacob F (1977a) Competition of *Linum* with *Camelina* for minerals. 1. Uptake of sulphate-S-35. *Flora* 166(6):491-503
- Kranz E, Jacob F (1977b) Competition of *Linum* with *Camelina* for minerals. 2. Uptake of P-32-phosphate and Rb-86. *Flora* 166(6):505-516
- Mandal BK, Mahapatra SK (1990) Barley, lentil and flax under different intercropping systems. *Agron J* 82:1066-1068
- Matthäus B (2007) Qualitätsparameter von Ölsaaten aus ökologischen Rein- und Mischfruchtanbausystemen. *Landbauforsch Völknerode SH* 309:60-67
- Mead R, Willey RW (1980) The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. *Exp Agric* 16:217-228
- Paulsen HM (2007) Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau: 1. Ertragsstruktur des Mischfruchtanbaus von Leguminosen oder Sommerweizen mit Leindotter (*Camelina sativa* L. Crantz). *Landbauforsch Völknerode* 57(1):107-117
- Paulsen HM, Schochow M (eds) (2007a) Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau – Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schaderregerbefall und Produktqualitäten. Braunschweig : FAL, 142 p, *Landbauforsch Völknerode* SH 309
- Paulsen HM, Schochow M (2007b) Nährstoffgehalte und Nährstoffentzüge von Pflanzen in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. *Landbauforsch Völknerode* SH 309:47-59
- Paulsen HM, Schochow M, Reents H-J (2007) Unkrautvorkommen und Unkrautunterdrückung in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. *Landbauforsch Völknerode* SH 309:81-95
- Paulsen HM, Seling S (2007) Qualität von Getreide aus Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. *Landbauforsch Völknerode* SH 309:68-80