

Fruchtfolgegestaltung im Ökobetrieb zur Erlangung einer Treibstoffautarkie

Dr. Hans Marten Paulsen, Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Einleitung

Ökologische Landwirtschaft zielt unter anderem darauf ab, so weit wie möglich erneuerbare Energien in Produktion und Verarbeitung einzusetzen und Umweltverschmutzung und Abfall zu vermeiden (IFOAM 2002). Damit ist auch die Versorgung der landwirtschaftlichen Zugmaschinen mit regenerativen Energien ein Ziel zur weiteren Verbesserung der Umweltverträglichkeit dieser Wirtschaftsweise.

Pflanzenöle, Biodiesel aber auch Bioethanol können für den Fahrzeugantrieb eingesetzt werden (Widmann 1999a). Die Ökobilanzen und die Nachhaltigkeit des Einsatzes von Pflanzenölen und Biodiesel sowie ihrer Herstellung werden jedoch heftig diskutiert (Gärtner und Reinhardt, 2002, Ostermeier 2002, Schrimppf 2001). Bei den vorliegenden Ökobilanzen zur konventionellen Pflanzenölerzeugung wirkt sich der Faktor 'Energieeinsatz' zur Herstellung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln maßgeblich negativ auf die Gesamtbilanz aus (Kraus et al. 1999). Weiterhin wird die Emission von NO_x und die N-Auswaschung aus dem Boden bei intensiver Düngung von Rapspflanzen in konventionellen Betrieben dem Rapsöl negativ angerechnet. Im ökologischen Betrieb fallen diese genannten Betriebsmittel weg, so dass der Einsatz ökologisch erzeugter Pflanzenöle als Treibstoff von Seiten der Umweltverträglichkeit (Haas 1995, Köpke und Haas, 1997) unproblematischer erscheint (Alföldi et al. 1995). Im Vergleich zur Herstellung von Biodiesel entfällt beim Einsatz reinen Pflanzenöls als Treibstoff auch der Ressourceneinsatz für die Veresterung, bei jedoch geringeren Energiegehalten des Treibstoffs.

Die Nachfrage nach den motortechnischen Möglichkeiten zur Nutzung regenerativer Kraftstoffe und deren Verbreitung sind maßgeblich abhängig von den Einkaufsbedingungen für Dieselkraftstoff in den landwirtschaftlichen Betrieben. Eine Serienfertigung von speziell angepassten Motoren zur Nutzung regenerativer Kraftstoffe wird erst bei deutlich erhöhter Nachfrage stattfinden. Dann sind auch Einsparungen gegenüber der Um- und Nachrüstung mit heute verbreiteten Verfahren möglich.

Die Ansprüche ökologischer Wirtschaftsweisen lokale und regionale Produktion zu stärken und auch soziale Ansprüche bei Produktion, Verarbeitung und Verteilung zu berücksichtigen (IFOAM 2002) sprechen eher für kleinere, lokal aktive Verarbeitungseinheiten zur Pflanzenölgewinnung, die auch in bäuerlichen Strukturen entstehen können (Widmann 2001b). Kapitalintensivere Anlagen zur Gewinnung von Biodiesel oder Bioethanol können vermutlich nur überregional rentabel sein. Aus diesen Gründen ist für den ökologischen Landbau der Einsatz von Pflanzenöl als Treibstoff die Variante, die den Ansprüchen dieses Wirtschaftssystems am nächsten kommt.

Ölfrüchte haben jedoch im ökologischen Landbau mit Flächenanteilen von deutlich unter 5 % in Deutschland und Nordeuropa nur eine untergeordnete Anbaubedeutung (Gruber et al. 2001, Petterson et al. 2002, ZMP 2002). Der geringe Anbauumfang ist durch hohe Anbau Risiken durch Schädlingsbefall (Petterson et al. 2002, Davies and Doubleday, 2001), Probleme mit der Fruchtfolgegestaltung (Petterson et al. 2002, Paulsen et al. 2003a), eine notwendige Vertragsvermarktung (Redelberger 2000) sowie schlechte Marktplatzierung der Öle auf dem Nahrungsmittelmarkt (Haas und Kramer 1996) bedingt. Offensichtlich überwiegt dies auch pflanzenbauliche Vorteile, die sich durch eine Integration von Ölfrüchten in die Fruchtfolgen ökologischer Betriebe (Gruber 2001) ergeben könnten.

Im folgenden soll anhand von Literatur-, Versuchs- und Praxisdaten aufgezeigt werden, ob ein in Mitteleuropa wirtschaftender ökologischer Betrieb Ölfrüchte zum Zweck der eigenen Treibstoffgewinnung und zur Erlangung einer betrieblichen Treibstoffautarkie in ausreichendem Maße in die Fruchtfolge integrieren kann.

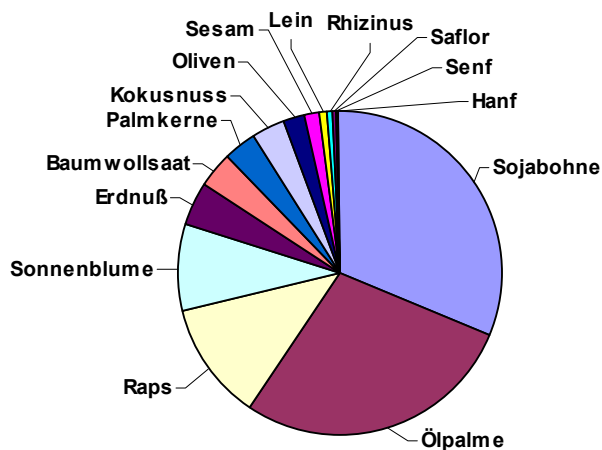
Weltweites Ölfrucht- und Pflanzenölangebot

Der Weltmarkt an Pflanzenölen wird von den Kulturarten Soja, Ölpalme, Raps und Sonnenblumen mit einem Anteil von ca. 80 % beherrscht (Tab. 1). Für den ökologischen Landbau liegen keine Daten über die weltweite Produktion von Ölsaaten vor. Jedoch sind Speiseöle nahezu aller Kulturen auf dem organischen Markt zu beziehen. Der ökologische Anbau von Ölfrüchten richtet sich daher nach Markt- und Standortbedingungen der jeweiligen Region. Der Einsatz der Öle zur Treibstoffnutzung ist abhängig von der Anpassung der Motorentechnik. Standards der Pflanzenölqualität werden z. B. durch den Weihenstephaner Standard gesetzt (Widmann 1999a). Prinzipiell haben alle Öle eine unterschiedliche Zusammensetzung hinsichtlich der Ölsäuregehalte und der Oxidationsstabilität, die eine unterschiedliche Lagerfähigkeit und auch ein unterschiedliches Verbrennungsverhalten zur Folge haben. Rhizinusöl wird z. B. als technisches Öl in der Flugzeugindustrie eingesetzt (Brigham 1993).

Tab. 1: Weltproduktion von Pflanzenölen und ihrer Ölfrüchte 2003 [Mt]

(nach: Anonym 2003, FAO 2003)

Produktion 02/03	Saat/Frucht	Öl	Anteil an der Weltpflanzenölproduktion	
	[Mt]	[Mt]	%	
Sojabohne	195,81	30,65	31	
Ölpalme	135,9 ^a	27,23	28	
Raps	31,72	11,73	12	
Sonnenblumen	24,02	8,35	9	
Erdnuß	30,57	4,33	4	
Baumwollsaat	32,81	3,49	4	
Palmkerne	7,77	3,36	3	
Kokusnuss	5,11 ^b	3,17	3	
Oliven	13,98 ^a	2,16	2	
Sesam ^a	2,82	1,41	1	
Lein ^a	2,04	0,82	1	
Rhizinus	1,12	0,56	1	
Saflor (Färberdistel) ^a	0,64	0,22	0,2	
Senf ^a	0,47	0,16	<0,2	
Hanf ^a	0,29	0,09	<0,1	
Summe		97,7	100	



^anach FAO, Daten für 2002 ^bPresskuchen

Forschung zu Ölsaaten im ökologischen Landbau

In Forschung und Beratung zu ökologisch erzeugten Ölfrüchten werden neben Erhebungen und Erfahrungsberichten zum Anbauumfang und zu Anbauproblemen (Haas und Kramer 1996, Loges und Böhm 2000, Ökoring-SH 2003, Petterson et al. 2002) in den letzten Jahren folgende Themen bearbeitet: Arten- und Sortenwahl von Ölfrüchten (Reinbrecht et al. 2002 und 2003), Mischfruchtanbau von Ölfrüchten mit anderen Kulturen (Carr et al. 1993, Makowski und Pscheidl 2003, Paulsen et al. 2003b, Weik et al. 2002) sowie die Optimierung der Fruchtfolgestellung von Winterraps (Gruber 2001, Neumann et al. 2003, Paulsen et al. 2003a). Erste Sortenversuche zum Rapsanbau im ökologischen Landbau werden in Deutschland zur Ernte 2004 u. a. durch die Landwirtschaftsberatung der Länder Schleswig-Holstein und Mecklenburg durchgeführt. Einzelne Anbauversuche der Länder zum Rapsanbau im ökologischen Landbau liegen auch aus den Vorjahren vor. Ein weiteres internationales Schwerpunktthema bei der Forschung zum Rapsanbau, aber auch beim Sojaanbau, liegt in der Verbreitung gentechnisch veränderten Erbguts (Kjellson et al., 2003).

Sollen Ölfrüchte im ökologischen Landbau angebaut werden, liegen nach diesen Studien erhebliche Defizite in der Risikominimierung beim Anbau. Weiterhin werden auch Mängel beim Aufzeigen möglicher Absatzwege von geeigneten Kulturen auf dem Nahrungs- und Futtermittelmarkt genannt (Redelberger 2000). Auch die Sicherstellung der GVO-Freiheit bei ökologisch erzeugtem Raps und ökologisch erzeugter Soja wird in Zukunft die Forschung beschäftigen.

Anbauwürdigkeit von Ölfrüchten als Reinsaat im ökologischen Landbau

Im ökologischen Landbau haben die verschiedenen im nord- und mitteleuropäischen Raum anbauwürdigen Ölfrüchte ein sehr unterschiedliches Anbaurisiko (Tab. 2), stellen aber auch dort eine Bereicherung der Fruchtfolge dar.

Beim Rapsanbau sind - vornehmlich durch den unkalkulierbar hohen Pilz- und Insektenbefall – sichere Kornerträge kaum zu erzielen (Petterson et al. 2002). Durchwuchsprobleme in den Folgekulturen sowie sein hoher Stickstoffbedarf erschweren hier die sinnvolle Fruchtfolgeplanung und überlagern in der Anbauentscheidung seinen positiven Vorfruchtwert, der zum Beispiel durch seine gute Durchwurzelungsintensität bedingt ist. Für die Vermarktung ökologisch erzeugten Rapsöls sind die Absatzwege jedoch relativ gut, da Rapsöl im technischen Bereich und als Lebensmittel auf dem Markt bereits eingeführt ist. Für die übrigen in der Tabelle genannten Kreuzblütler Ölerrettich, Rübsen, Senf, Leindotter und Krambe existieren aufgrund ihrer Nutzung als Nischenprodukt im konventionellen Landbau auch keine standardisierten Absatzwege und das Absatzrisiko ist dadurch höher. Hinsichtlich der Nährstoff- und Wasseransprüche sind diese Kulturarten jedoch anspruchsloser als der Raps (Freyer 2003). Die Kulturen haben jedoch ein geringeres Ertragspotential als der Winterraps (Abb. 2). Nicht winterharte Sommerkulturen, wie Senf, Sommerraps und (Sommer-)Leindotter verursachen im Vergleich zu den

genannten Winterformen der Brassicaceae weniger Durchwuchsprobleme. Das Samenpotential im Boden kann jedoch vor allem beim Sommerraps auch hier Verunkrautungsprobleme in der Fruchtfolge auslösen. Die schnelle Jugendentwicklung von Senf und die höhere Kältetoleranz von Rübsen macht diese Kulturen vor allem in der Jugendentwicklung konkurrenzfähiger gegen Unkraut. Ebenso macht sie dies weniger empfindlich gegen den Befall mit tierischen Schaderregern, wie Schnecken und Erdflöhe. Leindotter unterscheidet sich durch seine weniger stark ausgeprägte Blattentwicklung in der Jugendentwicklung und sein dadurch weniger ausgeprägtes Konkurrenzverhalten von den anderen genannten Kreuzblütlern im Wuchsverhalten (Hohnermeier und Agegnehu, 1994).

Tab. 2: Bewertung des Anbaurisikos verschiedener Ölpflanzen im ökologischen Landbau

Kulturart Pflanzenfamilie	N- Bedarf	Insek- ten	Pilze	Unkraut	Vögel/ Schnecken	Korn- ertrag	Frucht- folge	Markt
Raps ^B	-	-	-	o	o	+(-)	+ (-)	+
Sonnenblume ^{Co}	-	+	o	o	-	+(-)	+ (-)	+
Soja ^{Le}	+	-	o	-	-	o	+	+
Öllein ^{Li}	+	+	+	-	+	-	+	o
Ölrettich ^B	-	-	o	o	o	o	+ (-)	?
Rübsen ^B	-	o	o	o	-	o	+ (-)	?
Senf ^B	o	o	o	o	+	o	+	?
Krambe ^B	o	o	o	o	o	o	+ (-)	?
Saflor ^{Co}	o	+	o	o	o	o	+	?
Leindotter ^B	o	+	+	o(-)	+	-	+	?
Ölkürbis ^{Cu}	+	+	+	+	o	-	+	?
Hanf ^M	-	+	+	o	-	+	+	?
Mohn ^P	o	+	+	-	-	-	+	?

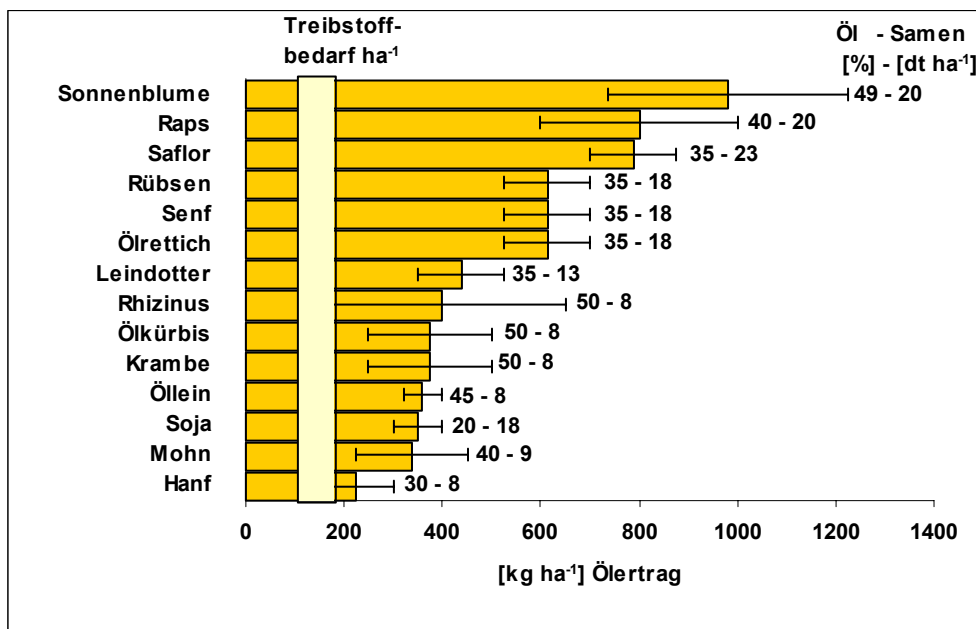
+ = günstig, - = ungünstig, o = keine besondere Problematik, ? = unklar

^B Brassicaceae, ^{Co} Compositae, ^{Cu} Cucurbitaceae, ^{Le} Leguminosae, ^{Li} Linaceae, ^M Moraceae, ^P Papaveraceae

Hinsichtlich der Notwendigkeit der Integration von Leguminosen in die Fruchtfolgen ökologisch wirtschaftender Betriebe erscheint besonders der Sojaanbau zur Ölerzeugung interessant. Jedoch begrenzen die klimatischen Ansprüche und die Ansprüche an die Tageslänge dieser Pflanze den Anbau im nordeuropäischen Raum. Die Vermarktung ökologisch erzeugten Sojaöls und des Presskuchens sind aufgrund der guten Eigenschaften dieser Produkte für Ernährung und Tierfütterung (Geisler, 1991) als unproblematisch einzustufen. Auch Sonnenblumenöl und Safloröl sind bereits etablierte Produkte auf dem Lebensmittelmarkt, so dass auch hier gute Vermarktungschancen bestehen. Soja, Sonnenblumen und Saflor weisen bei Berücksichtigung der Standortansprüche im Vergleich zu Winterraps im ökologischen Landbau eine höhere Ertragssicherheit und ein gutes Ertragspotential auf (Abb. 2). Sie und auch die anderen in Tabelle 2 genannten Arten Öllein, Ölkürbis, Hanf und Mohn sind auch durch ihre Zugehörigkeit zu anderen Pflanzenfamilien als die bei den Ölfrüchten häufigen Kreuzblütler (Tab. 2) für die Fruchtfolgeplanung interessant. Jedoch gilt dies nicht generell, denn es sind auch pflanzenfamilienübergreifende Befallsempfindlichkeiten und Übertragungseigenschaften von Schaderregern zu berücksichtigen. So sind zum Beispiel dem Sonnenblumenanbau in Fruchtfolgen mit Raps und Soja wegen der Gefahr der Übertragung von *Sclerotinia sclerotiorum* Grenzen gesetzt (Freyer 2003, Hoffmann und Schmutterer 1983). Darüber hinaus treten im ökologischen Landbau Durchwuchsprobleme in Folgekulturen beim Sonnenblumenanbau auf (Freyer 2003). Von den in Tabelle 2 weiterhin aufgeführten Kulturen sind (Öl-)lein Ölkürbis und Mohn gegenüber schlechter Stickstoffversorgung als am tolerantesten einzustufen (Freyer 2003 und Seehuber und Dambroth, 1984). Der selbstverträgliche Hanf weist, durch sein großes Massenwachstum bedingt, höhere Ansprüche an die Stickstoffversorgung auf (Geisler 1991). Sein Unkrautunterdrückungsvermögen ist beträchtlich und auch das Ertragspotential ist hoch (Höppner 1994, Höppner 1997a und b). Zusätzlich ist beim Hanf (Höppner 1994) wie auch beim Faserlein bei einer Vermarktungsmöglichkeit der Fasern die Doppelnutzung dieser Pflanzen interessant. Auch der Ölkürbis hat nach erfolgreicher Etablierung ein gutes Unkrautunterdrückungsvermögen (Freyer 2003). Er hat wie Lein und Mohn jedoch nur ein vergleichsweise geringes Ertragspotential (Tab. 2). Beim Anbau von Lein und Mohn in ökologischen Betrieben stellt die mangelhafte Konkurrenzfähigkeit der Kulturen gegen Unkraut (Bramm et al. 1990) ein großes Problem dar. Der Anbau von Hanf und Mohn unterliegt zum Beispiel in Deutschland strengen betäubungsmittelrechtlichen Auflagen, so dass eine Integration in die Fruchtfolgen nicht ohne behördliche Genehmigung möglich ist.

Bei dem in Abbildung 2 angenommenen Ertragspotential der verschiedenen Ölfrüchte in Reinsaat können im ökologischen Landbau mittlere Ölerträge zwischen 200 und 1000 kg ha⁻¹ angenommen werden.

Abb. 2: Mittlere Ölerträge und Spannweite der Ölerträge pro Hektar, mittlere Ölgehalte und mittlerer Samenertrag beim Anbau verschiedener Ölsaaten sowie Spannweite des Treibstoffbedarfs für die Ackerflächenbewirtschaftung im ökologischen Landbau



Bei einem Treibstoffbedarf landwirtschaftlicher Betriebe von 110 - 180 kg ha⁻¹ Ackerfläche (Tab. 3) könnten mit dem Öl eines Hektars Ölf Frucht in Reinsaat zwischen 1,8 und 5,6 Hektar Ackerfläche mit Treibstoff versorgt werden. Für die Grünlandbewirtschaftung ist ein Treibstoffbedarf von ca. einem Drittel des Bedarfs der Ackerflächen anzusetzen (Tab. 3).

Tab. 3: Kraftstoffbedarf pro Hektar für landwirtschaftliche Arbeiten (nach Holz 2002)

Acker Arbeit	Verbrauch [kg ha ⁻¹]			Grünland Arbeit	Verbrauch [kg ha ⁻¹]		
	von	bis	Mittel		von	bis	Mittel
Mulchen Gründung	8,5	11	9,8	Schleppen	2	3	2,5
Stoppelbearbeitung 1	7	16	11,5	Mahd	3,6	5,5	4,6
Stoppelbearbeitung 2	7	16	11,5	Zetten 1	1,8	4,5	3,2
Dung streuen (Kette)	15	20	17,5	Zetten 2	1,8	4,5	3,2
Pflügen	18	30	24,0	Zetten 3	1,8	4,5	3,2
Saatbettbereitung	10	15	12,5	Schwaden	1,8	4,5	3,2
Kreiseln + Drillen	10	14	12,0	Pressen + Wickeln*	7,5	7,5	7,5
Striegeln/Hacken 1	7	10	8,5	Dung streuen (Kette)	15	20	17,5
Striegeln/Hacken 2	7	10	8,5	Abfuhr	3	5	4,0
Untersaat ausbringen	1,5	2,5	2,0				
Mähdrusch	18	30	24,0				
Abfuhr	3	5	4,0				
Summe	112	180	146	Summe	38	59	49

* 1/2 h ha⁻¹

Anbauwürdigkeit von Ölfrüchten als Mischkultur im ökologischen Landbau

Eine weitere Alternative des Ölfrüchtanbaus ist die Etablierung von Mischkulturen mit Ölsaaten (Dahlmann 2003, Makowski und Pscheidl 2003, Paulsen et al. 2003). Mischanbausysteme bieten aufgrund ihrer höheren Biodiversität auch eine höhere Pufferkapazität gegen biotischen und abiotischen Stress und weisen durch gute Ausnutzung von Standraum und Standebene eine höhere Konkurrenzkraft gegen Unkraut auf als Reinanbausysteme. Zudem kann es zu Synergismen bei der Nährstoffaufnahme und bei der Standfestigkeit kommen (Aufhammer, 1999; Rauber, 2001). Besonders in Systemen mit limitiertem Betriebsmittelinput, wie dem ökologischen Landbau sind diese Bestandeseigenschaften interessant. Die Ertragssicherheit kann durch das Kompensationsvermögen eines Mischpartners verbessert werden (Paulsen 2003).

Mehrfährige Ergebnisse liegen für die Mischkultur mit Leindotter in ökologischen Betrieben (Tab. 4 und 5, Abb. 4) vor. Im Praxisbetrieb wurden beim Mischanbau von Erbsen und Sommerweizen mit Leindotter Leindottererträge zwischen 1 und 8 dt/ha ohne Ertragsverluste bei der Hauptfrucht erzielt (Paulsen et al. 2003, Tab 4).

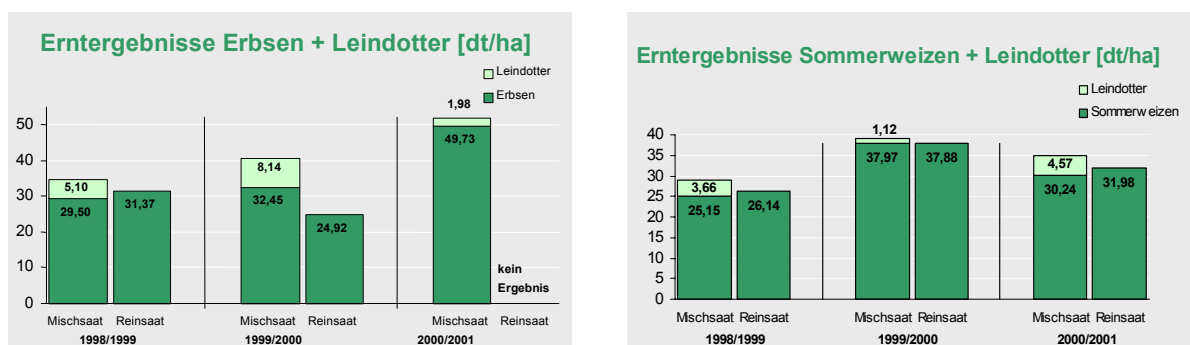


Abb. 4 Leindottererträge bei Mischanbau mit Erbsen und Sommerweizen im Praxisbetrieb, Feldanbau, Kramerbräu Naturlandhof, Pfaffenhofen (Paulsen et al. 2003)

Weitere Untersuchungen wurden am Institut für ökologischen Landbau der FAL zum Mischanbau mit Öllein, Saflor und Weisssem Senf angestellt. (Tab. 4 und 5). Die Ölfrüchterträge im Mischanbau liegen je nach Kulturarten zwischen 5 und 1000 kg (Tab. 5).

Tab. 4: Mischanbau mit Ölfrüchten, Gemenge und Reinsaaten: Saatstärken und Kornerträge, Trenthorst 2002

Kulturen		Pflanzen [Zahl/m ²]*	Mischanbau			Reinsaaten	
Haupt-	Ölfrucht		Haupt-	Ölfrucht	Gesamt	Haupt-	Ölfrucht
Sommergerste	Leindotter	267/165	13,8	0,3	14,0	13,5	2,7
Hafer	Leindotter	273/160	9,4 b	0,2	9,6	12,5 a	2,7
Erbsen	Leindotter	37/100	1,2	0,6	1,8	3,0	2,7
Sommerweizen	Öllein	135/160	10,5 b	1,3	11,8	13,0 a	3,2

*Hauptfrucht/Ölfrucht; signifikante Unterschiede zwischen Ertrag der Hauptfrucht im Misch- und im Reinanbau sind mit unterschiedlichen Buchstaben kenntlich gemacht

Bei den Ergebnissen von 2003 ist die hohe Konkurrenzstärke von Getreide gegenüber den untersuchten Ölfrüchten auffällig. In den Leguminosen konnten sich Ölpflanzen als Mischkulturen bei den angewandten Saatstärken deutlich besser etablieren (Tab. 5). Bemerkenswert sind auch der gute Gesamtertrag der Mischung Erbse und Saflor, die Kompensation des schwachen Lupinenertrages durch die Mischkultur Leindotter sowie der im Vergleich zum Ertrag des Ölleins in Reinsaart hohe Gesamtertrag der Mischung Öllein - Leindotter.

Tab. 5: Mittlere Erträge verschiedener Ölfrüchte im ökologischen Landbau im Mischanbau mit anderen Körnerfrüchten im Vergleich zu den Reinerträgen der Kulturarten an zwei Standorten in Brandenburg und Schleswig-Holstein, 2003 (bisher vorliegende Rohdaten)

Kulturen		Mischanbau			Reinsaaten		
Haupt-	Ölfrucht	Pflanzen [Zahl/m ²]*	Haupt-	Ölfrucht	Kornerträge [dt/ha]		Ölfrucht
					Gesamt	Haupt-	
Sommerweizen	Leindotter	450/360	13,0-19,0	0,05-0,6	13,3-19,6	9,7-21,5	2,4-9,4
Sommerweizen	Leindotter	340/360	7,8-18,1	0,06-1,2	7,9-19,3	9,7-21,5	2,4-9,4
Sommerweizen	Öllein	450/300	11,9-22,4	0,2-2,3	12,1-24,7	9,7-21,5	0,5-4,0
Hafer	Leindotter	350/360	22,8-23,6	0,3-1,7	23,4-24,5	20,0-22,8	2,4-9,4
Hafer	Leindotter	260/360	16,3-22,3	0,3-2,2	16,6-24,4	20,0-22,8	2,4-9,4
Hafer	Öllein	350/300	20,1-31,5	0,07-0,5	20,2-32,1	20,0-22,8	0,5-4,0
Sommergerste	Leindotter ^a	350/360	24,5	0,6	25,0	25,3	9,4
Sommergerste	Leindotter ^a	260/360	21,5	0,9	22,3	25,3	9,4
Erbsen	Leindotter	75/360	1,5-19,1	4,1-8,5	10,0-23,2	4,2-29,7	8,2-9,1
Erbsen	Leindotter	50/360	1,2-19,5	3,8-7,8	9,1-23,3	4,2-29,7	8,2-9,1
Erbsen	Saflor ^a	75/50	28,6	10,52	39,12	29,7 ^b	9,1
Erbsen	Weisser Senf ^a	75/50	17,5	6,8	24,2	29,7 ^b	9,1
Lupine	Leindotter	100/360	3,7-8,5	8,8-8,9	12,6-17,3	6,9-7,3	8,2-9,1
Lupine	Leindotter	75/360	4,5-5,9	8,7-8,9	12,0-14,6	6,9-7,3	8,2-9,1
Weisser Senf	Leindotter	100/360	2,9-9,1	1,5-3,2	12,3	3,9-12,1	13,1
Weisser Senf	Leindotter ^a	75/360	7,9	4,2	12,1	12,1	13,1
Öllein	Leindotter	600/360	2,2-7,4	3,6-10,2	5,8-17,6	4,5-13,1	7,9-13,1
Öllein	Leindotter	450/360	1,9-6,3	4,0-10,8	5,9-17,0	4,5-13,1	7,9-13,1
Saflor	Leindotter	100/360	4,7-16,5	3,8-5,3	8,6-23,2	9,5-25,6	7,9-13,1
Saflor	Leindotter	75/360	3,7-14,8	3,6-6,9	7,3-21,6	9,5-25,6	7,9-13,1

*Hauptfrucht/Ölfrucht (Saatstärke) ^abisher nur ein Standort ausgewertet, die Ergebnisse weiterer Artenkombinationen lagen bei Redaktionsschluss noch nicht vor ^bnur eine Wiederholung.

Mischfruchtssysteme dieser Art haben bei den vorliegenden Kornerträgen und angenommen mittleren Ölgehalten von 35 % ein Ertragsniveau von bis zu 350 kg ha⁻¹ Öl. Bei einem Ölertrag von 200 kg ha⁻¹ wird die Selbstversorgung auch bei Höchstwerten des Treibstoffbedarfs pro Hektar (Tab. 3) sicher gewährleistet. Dafür sind die in Abbildung 5 angegebenen Erträge der verschiedenen Ölfrüchte notwendig. Im Vergleich zum mittleren Ertragsniveau der Kulturen in Reinsaat (Abb. 1) zeigt sich, dass beim überwiegenden Anteil der Kulturarten nur ein geringer Anteil des Ertragspotentials ausgeschöpft werden muss um dieses Ziel zu erreichen. Diese lässt die genannte Zielsetzung des Mischanbaus mit Ölpflanzen realistisch erscheinen.

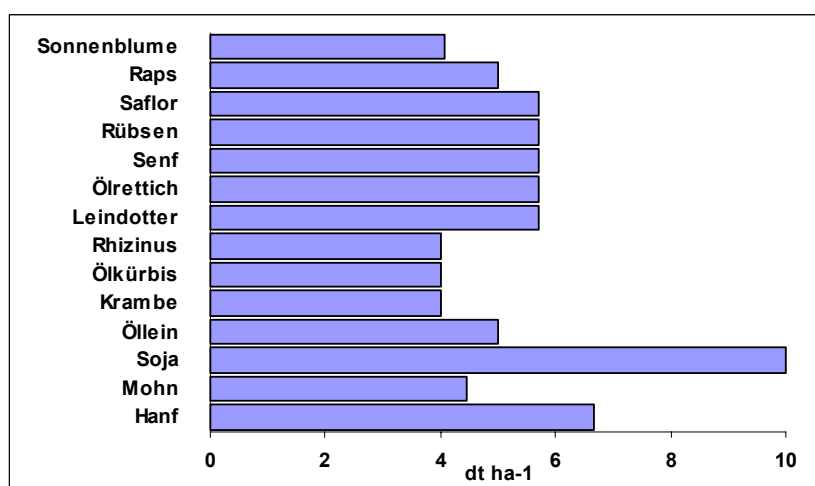


Abb. 5: Notwendige Kornerträge verschiedener Ölpflanzen für die Erzeugung von 200 kg ha⁻¹ Öl

Es ist daher weiter zu prüfen, welche Mischungen ausreichend ertragreich und pflanzenbaulich handhabbar sind. Allelopathische Effekte der verschiedenen Pflanzenarten, können als zwischenartliche Konkurrenz negativ auf den Gesamtertrag wirken, jedoch auch zu einer verbesserten Unkrautunterdrückung von Mischbeständen führen. Die Stützwirkungen beim Leindotteranbau in Erbsen führt zur

Ernteerleichterung (Makowski und Pscheidl, 2003). Mit 200 kg ha⁻¹ Ölertrag könnte ein Hektar Mischfruchtanbau den Treibstoffbedarf von 1,1 – 1,4 ha Ackerfläche und 3,4 - 5,3 ha Grünlandfläche sicherstellen (Tab. 3).

Zur Zeit werden weitere eigene Versuche zu Mischungen von Winterungen mit Ölsaaten durchgeführt.

Erzeugung von Pflanzenöl auf Stilllegungsflächen oder als Alternative zur Grünbrache (Teilbrache) im ökologischen Landbau

Eine durchgeführte Untersuchung zur Etablierung von Kleeuntersaaten im ökologischen Rapsanbau (Paulsen et al. 2003) zeigte, dass eine Weißkleeuntersaat zwischen den Reihen im ersten Versuchsjahr weder messbar zu einer Verbesserung der N-Versorgung von Winterraps beitrug, noch konnte nachgewiesen werden, dass sie durch die Kleeuntersaat verschlechtert wurde (Tab. 6). Der Versuch ergab, dass Kleeuntersaat in Winterraps während der Vegetationsperiode N im Bodenprofil halten konnte. Lagernder Raps war bei einer Weißkleeuntersaat nur mit großen Ernteverlusten zu beernten. Jedoch blieb eine bereits gut etablierte Leguminosenvorfrucht für den Anbau von Winterweizen zurück. Diese und auch die Variante von Neumann et al. (2003), Winterraps als sogenanntes 'Bicroping' in Kleebeständen zu etablieren, könnten bei Verzicht auf hohe Korn- und Ölerträge aber bei Erhaltung des Fruchtfolgewertes der Flächenstilllegung durch die Leguminosenuntersaat eine weitere Möglichkeit sein, zusätzliche Flächenpotentiale für die Erzeugung regenerativen Treibstoffs bereitzustellen.

Tab. 6: Kornerträge, N-Entzüge und N-Aufnahme von Winterraps mit und ohne Weißkleeuntersaat (Paulsen et al. 2003)

Anbauvariante	Korn- ertrag [dt ha ⁻¹]	N-Gehalte [%] bzw. (N-Aufnahme) [kg ha ⁻¹]			
		Pflanze _Blüh- beginn	Pflanze Totreife	Korn	Stroh
Mit Kleeuntersaat	8,6	2,2 (69)	(1,1) 65	2,5 (21)	- (44)
Ohne Kleeuntersaat	8.9	2,3 (87)	(1,3) 96	2,6 (23)	- (73)
F-Test	ns**	ns	ns	ns	ns

**ns = nicht signifikant,

Fruchtfolgebeispiele zur Erlangung einer Treibstoffautarkie im ökologischen Landbau

Soll eine ausreichend hohe Ölerzeugung für die Treibstoffgewinnung unabhängig von der Aufbereitungsform und der notwendigen Anpassung der Motorentchnik erzeugt werden, müssen die drei oben besprochenen Anbaualternativen miteinander kombiniert werden.

Tabelle 7 zeigt eine Fruchtfolge mit Raps in Reinkultur und Leindotter und Öllein in Mischkultur. Mit den Ölerträgen dieser fünffeldrigen Fruchtfolge wird der Treibstoffbedarf der Fruchtfolge bei den angegebenen Erträgen um 280 kg überschritten.

Tabelle 7: Abschätzung der Korn- und Ölerträge sowie des Treibstoffbedarfs für die Flächenbewirtschaftung einer Fruchtfolge mit Ölkulturen in Mono- und Mischkultur im ökologischen Landbau

Kulturen	Kornertrag [dt ha ⁻¹]	Ölertrag* [kg ha ⁻¹]	Treibstoffbedarf** [kg ha ⁻¹]
Kleegras	-	-	100
Winterraps + Zwischenfrucht	20	600	160
Sommerweizen-Öllein	30/2	60	120
Erbse-Leindotter	30/8	240	120
Winterweizen mit Kleegrasuntersaat	40	-	120
Fruchtfolge [kg gesamt]		900	620

* 30% Ölausbeute, zusätzlich fällt Ölkuchen an (Leindotter nur zur innerbetrieblichen Verwertung)

** nach Holz 2002

Nach den vorliegenden Ergebnissen und vorsichtigen Abschätzungen erscheint es auch möglich, den Treibstoffbedarf einer Fruchtfolge ausschließlich durch Mischfruchtanbau abzudecken und zu über-treffen (Tab. 8). Wird zusätzlich die weiter oben beschriebene Variante 'Teilbrache mit Raps' einge-führt, überschreitet die Ölerzeugung den Treibstoffbedarf der Fruchtfolge sehr deutlich. Jedoch müs-sen hier Fruchtfolgeexperimente zur Bestimmung der nachhaltigen Ertragsfähigkeit dieser Produkti-onssysteme durchgeführt werden.

Tabelle 8: Abschätzung der Korn- und Ölerträge sowie des Treibstoffbedarfs für die Flächenbewirtschaftung einer Fruchtfolge mit Ölkulturen in Mischkultur mit und ohne Rapsanbau auf der Grünbrache im ökologischen Landbau

Kulturen	Kornertrag [dt ha ⁻¹]	Ölertrag* [kg ha ⁻¹]	Treibstoffbedarf** [kg ha ⁻¹]
Klee mit Raps (Teilbrache)	(8)	(240)	140
ohne Raps	-	-	120
Winterweizen-Leindotter	40/2	120	120
Erbsen-Saflor	30/8	240	120
Mais-Sonnenblume^a	20/6	200	140
Öllein-Leindotter	8/10	300 ^b	120
Fruchtfolge [kg gesamt]		860 (-1100)	620-640

* 30% Ölausbeute, Sonnenblume 40% zusätzlich fällt Ölkuchen an (Leindotter nur zur innerbetrieblichen Verwertung) ** nach Holz 2002 ^aAbschätzung, noch im Versuchsstadium ^bnur Leindotteröl

Wie dargestellt, erfordert eine Fruchtfolgegestaltung zur Erlangung einer Treibstoffautarkie in ökologi-schen Betrieben viele neue pflanzenbauliche Ansätze. Der Mischfruchtanbau kann hierbei als wichti-ges Element angesehen werden. In den nächsten Jahren müssen weitere Artenkombinationen erar-beitet werden und hinsichtlich Ihrer Eignung als Fruchtfolgeglied und Ihrer produktionstechnischen Realisierbarkeit erprobt werden.

Literaturverzeichnis

- Alföldi T., Spiess E., Niggli U. Besson J. M., 1995: Energiebilanzen für verschiedene Kulturen bei bio-logischer und konventioneller Bewirtschaftung. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol.- Landbau, Kiel, 33-36.
- Anonym, 2003: Counselor and Attache Reports Official Statistics, USDA Estimates for September 2003 http://www.fas.usda.gov/psd/complete_tables/OIL-table1-4.htm.
- FAO, 2003: FAO Statistical Database, FAOSTAT, <http://apps.fao.org/>, Stand Okt. 03.
- Bigham, R. D., 1993: Castor: Return of an old Crop. In: Janik, J., Simon, J. E. (eds.), New Crops. Wiley, New York.
- Freyer, B., 2003: Fruchtfolgen. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Honermeier, B. & Agegnehu, M. 1994: Zur Anbaueignung von Sommerleindotter (*Camelina sativa* Crtz). Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 7, 331-334.
- Hoffmann, G. M. und Schmutterer, H., 1983: Parasitäre Krankheiten und Schädlinge bei landwirt-schaftlichen Kulturpflanzen. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- IFOAM, 2002: IFOAM Basic Standards for Organic Production and Processing. www.ifoam.org/standard.
- Carr, P. M., Schatz, B. G., Gardner, J. C., Zwinger, S. F., 1993: Grain yields and returns from Intercropping wheat and flax., J. Prod. Agric., Vol. 6, no. 1, 67-72.
- Davies, G. 2001: Farming to manage pests and diseases – the latest developments for organic bassiccas and carrots. www.organic-research.com/research/papers/hdrapdw.asp, Stand 3.10.02.
- Gärtner S. O. und Reinhardt G. A. 2002: Ökobilanz von RME im Vergleich zu Rapsöl. In: Munack, A. und Krahl J. (Hrsg.) 2002: Biodiesel – Potentiale, Umweltwirkungen, Praxiserfahrungen. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 239, 99-106.
- Geisler, G. 1991: Farbatlas landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Gruber, H., 2001: Herbstarbeiten im Öko-Landbau – Worauf ist zu achten?, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, Mecklenburg Vorpommern, www.landwirtschaft-mv.de/oeh Herbst.mv
- Gruber H., Annen T., Ziesemer A., 2001: Einfluss des Marktfruchtbaus auf die Gewinnveränderung in ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern. www.landwirtschaft-mv.de/oekobetr.mv.
- Haas G. und Kramer L., 1995: Ölsaaten im Organischen Landbau: Perspektiven in Anbau und Ökonomie. Beitr.3. Wiss.-Tagung Ökol.- Landbau, Kiel, 209-212.

- Haas G. und Köpke U., 1995: Klimarelevanz des organischen Landbaus – Ziel erreicht? Beitr. 3. Wissenschaftstagung Ökol. Landbau, Kiel, 37-40.
- Holz, W., 2002, Kraftstoffverbrauchswerte für landwirtschaftliche Arbeiten, Bauernblatt für Schleswig-Holstein vom 5.1.02.
- Höppner, F. 1994: Anbauversuche zur stickstoffdüngung und Bestandesdichte von Faserhanf. Landbauforschung Völknerode, 44 Jahrgang, Heft 4, 314-324.
- Höppner, F., 1997a: Europäische Hanfsorten im Standortvergleich zweier deutscher Anbauregionen. In 2. Biorohstoff Hanf. Tagungsband zum Symposium 27.02-02.03.1997 Frankfurt am Main, 209-219.
- Höppner, F. 1997b: Einfluss von saatedichte und Reihenweite auf die Korn- und Ölertragsleistung von Faserhanf. Tagungsband zum Symposium 27.02-02.03.1997 Frankfurt am Main, 220-224.
- Kjellsson, Gösta and Damgaard, Christian, 2003: Pollen dispersal of genetically modified oilseed rape to organic fields: Analysis of available data and the possibilities for co-existence. Working Paper, Dep. of Terrestrial Ecology, The National Environmental Research Institute (NERI). http://orgprints.org/00000832/01/oilseed_Rape-dispersal_DARCOF_enews.pdf.
- Köpke U. und Haas G., 1997: Umweltrelevanz des Ökologischen Landbaus. In: Nieberg H., 2002: ökologischer Landbau: Entwicklung, Wirtschaftlichkeit Marktchancen und Umweltrelevanz. Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 175, 119-146.
- Kraus K., Niklas G., Tappe M. (eds): Aktuelle Bewertung des Einsatzes von Rapsöl/RME im Vergleich zu Dieseldieselkraftstoff. UBA-Texte 97/99, Berlin.
- Loges, F. u. Böhm, H., 2001: Mehr Raps auf dem Acker. Bioland 4, 12-13.
- Makowski N. und Pscheidl M., 2003: Anbau von Leindotter. Alternativen im ökologischen und konventionellen Landbau? Raps 2/2003 (21 Jg.), 73-77.
- Neumann, H., Loges, R., Taube, F. 2003 (unveröffentlicht): Vortrag zum Bicropping im ökologischen Winterweizenanbau auf der 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 24.-26. Februar 2002 in Wien. Universität Kiel.
- Ökoring-SH, 2003: Rapsanbau, Beraterrundbrief 7/03, 4-5.
- Ostermeier A., 2002: Biodiesel (RME) aus Sicht des Umweltbundesamtes. In: Munack, A. und Krahl J. (Hrsg.) 2002: Biodiesel – Potentiale, Umweltwirkungen, Praxiserfahrungen. Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 239, 99-106.
- Paulsen H.-M., Böhm H., Stuckert P., Ulverich J., 2003a: Anbau von Raps mit Kleeuntersaat im ökologischen Landbau. In: Freyer B (ed) Ökologischer Landbau der Zukunft : Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 24.-26. Februar 2002 in Wien. Wien : Universität für Bodenkultur / Institut für Ökologischen Landbau, 491-492
- Paulsen H.-M., Dahlmann C., Pscheidl M., 2003b: Anbau von Ölpflanzen im Mischbau mit anderen Kulturen im ökologischen Anbau. In: Freyer B (ed) Ökologischer Landbau der Zukunft : Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 24.-26. Februar 2002 in Wien. Wien : Universität für Bodenkultur / Institut für Ökologischen Landbau, 49-52
- Petterson, B., Wallenhammar, A.-C., Svarén, A., 2002: Organic Production of oilseed rape in Sweden. Proceedings of the 14th IFOAM World Congress, 64.
- Pohl, I., 1998: Ölsaaten im Futtertrog. bio-land 1/98, 17.
- Seehuber, R. und Dambroth, M., 1984: Die Potentiale zur Erzeugung von Industrie Grundstoffen aus heimischen Ölpflanzen und die Perspektiven für ihre Nutzbarmachung. Lanbauforsch. Völknerode 34, (3), 174-182.
- Redelberger, H. 2000: Betriebsplanung im ökologischen Landbau. Bioland-Verlag Mainz.
- Reinbrecht, C., Becker, H. C., von Witzke-Ehbrecht S., Claupbein W., 2002: Evaluierung von Saflor und Leindotter-Genotypen zur Nutzung als Ölpflanze im Ökologischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 269-270.
- Reinbrecht, C., Hahn; V., von Witzke-Ehbrecht S., Becker, H., Claupbein W., 2003: Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzenarten und –sorten für die Speiseölproduktion im ökologischen Landbau. In: Freyer B (ed) Ökologischer Landbau der Zukunft : Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 24.-26. Februar 2002 in Wien. Wien : Universität für Bodenkultur / Institut für Ökologischen Landbau, 577-578.
- Schrimppf, E., 2001: (FH Weihenstephan) Pflanzenöle von den haltlosen Vorurteilen des Umweltbundesamtes. www.eurosolar.org/poitik/Pflanzenoel.htm, Stand 1.10.2002.
- Weik L., Kaul H. P., Kubler E., Aufhammer W., 2002: Grain yields of perennial grain crops in pure and mixed stands. Journal of Agronomy and Crop Science 188 (5): 342-349.
- Widmann B. 2001a: Verwendungsmöglichkeiten von Pflanzenölen, Qualitätsanforderungen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung. In: Dezentrale Ölsaatenverarbeitung, KTBL Arbeitspapier 267, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 59-76.
- Widmann B. 2001b: Hintergründe und Zielsetzung der dezentralen Ölsaateverarbeitung. In: Dezentrale Ölsaatenverarbeitung, KTBL Arbeitspapier 267, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 7-15.
- ZMP, 2002: Ökomarkt-Jahrbuch 2002 der ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft).