

## Forschungsprojekt zum Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau - Hintergrund und Projektbeschreibung

Research project on mixed cropping with oil crops to increase the area productivity in organic farming - background and project description

HANS MARTEN PAULSEN<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Die Zielsetzung des Forschungsprojektes war es, verschiedene Mischfruchtanbausysteme von Getreide oder Leguminosen mit Ölsaaten zu untersuchen. Es wurden zwei-jährige Parzellenversuche mit ökologischer Bewirtschaftung an vier Standorten in Deutschland durchgeführt. Bei den Sommersaaten wurden Gemenge aus halbblattlosen Erbsen (*Pisum sativum* L.) mit Leindotter (*Camelina sativa* L. Crantz), weißem Senf (*Sinapis alba* L.) oder Sommerraps (*Brassica napus* L.), Gemenge aus schmalblättriger (blauer) Lupine (*Lupinus angustifolius* L.) mit Leindotter oder Saflor (*Carthamus tinctorius* L.), Gemenge aus Sommerweizen (*Triticum aestivum* L.) mit Öllein (*Linum usitatissimum* L.) oder Leindotter sowie Gemenge aus Öllein mit Leindotter untersucht. Bei den Winterungen wurden Gemenge aus Winterraps (*Brassica napus* L.) mit Wintergerste (*Hordeum vulgare* L.), Winterroggen (*Secale cereale* L.) oder Wintererbsen (*Pisum sativum* convar. *speciosum*) geprüft. Die Mischfruchtanbauvarianten wurden mit den jeweiligen Reinkulturen der Gemengepartner verglichen. Folgende Parameter wurden erfasst: Korn- und Stroherträge, Unkrautvorkommen, Unkrautdeckungsgrad, Blattflächenindex, N, P, K, Mg und S-Gehalte in Korn und Stroh, die Aufnahme der genannten Nährelemente sowie verschiedene Qualitätsparameter in Körnern, Öl und Ölkuchen. Bei den Pflanzenkrankheiten und Schädlingen wurde ein Schwerpunkt auf die Erfassung von Schädlingen des Rapses und deren natürliche Gegenspieler gesetzt. Weiterhin wurde eine Befragung von Landwirten durchgeführt, um

die tatsächliche Verbreitung von Mischfruchtanbausystemen in der Praxis und praktische Erfahrungen damit zu erfassen. Es wurden verschiedene Techniken der Aussaat evaluiert und eine Spezialdrillmaschine für den Anbau von Mischkulturen entwickelt.

*Schlüsselworte:* Mischfruchtanbau, Ölsaaten, ökologischer Landbau

### Abstract

Different mixed cropping systems of cereals or legumes with oil seeds were explored in the research project. Plot trials were conducted in fields under organic management for two years at four sites in Germany. In spring seed mixtures of semi-leafless peas (*Pisum sativum* L.) with false flax (*Camelina sativa* L. Crantz), white mustard (*Sinapis alba* L.) or spring oilseed rape (*Brassica napus* L.); mixtures of blue lupines (*Lupinus angustifolius* L.) with false flax or safflower (*Carthamus tinctorius* L.); mixtures of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) with linseed (*Linum usitatissimum* L.) or false flax were chosen. In winter seed mixed cropping was performed with winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) combined with winter barley (*Hordeum vulgare* L.), winter rye (*Secale cereale* L.) or winter peas (*Pisum sativum* convar. *speciosum*). The results of the mixed cropping systems were compared with the results of plots with each of the components in single cropping. The following parameters were assessed: Seed and straw yields, weed population and weed cover, leaf area index, N-, P-, K-, Mg- and S-contents in seeds and straw, plant uptake of these elements and different quality parameters of seeds, oils

<sup>1</sup>Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst

and oilcakes. Regarding pest and disease occurrence, insect pests in oilseed rape and their natural predators were a special focus. Furthermore, the use of mixed cropping systems with oil crops and practical experiences on farms were assessed by means of a questionnaire. Techniques for the seeding of mixed cultures were evaluated and a special seed drill was developed.

*Keywords: mixed cropping systems, oil crops, organic farming*

## 1 Einleitung

Das Forschungsprojekt sollte die Lücken in den bereits vorhandenen Erkenntnissen aus Forschung und Praxis zum ökologischen Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen durch im Exaktversuch belegtes Zahlenmaterial schließen. Dazu wurden neben den Erträgen erstmalig systematisch Nährstoffaufnahme, Beschattungsleistung, Unkrautvorkommen, Krankheits- und Schädlingsbefall und Produktqualitäten verschiedener Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen ermittelt. Das Anbauverfahren wurde durch das Projekt einem breiten Fachpublikum zugänglich gemacht und wissenschaftlich diskutiert. Die bestehenden Praxiserfahrungen zum Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten wurden anhand von Betriebsbefragungen erfasst. Technische Lösungen zur Aussaat von Mischfruchtanbausystemen mit Ölsaaten wurden bewertet und optimiert.

## 2 Hintergrund

Die Integration von Ölfrüchten in die Fruchtfolge ökologisch wirtschaftender Betriebe scheitert oft an Anbaurisiken, die durch Schädlingsbefall (z. B. im Raps) und Verunkrautung (z. B. bei Öllein) gegeben sind. Ökologisch erzeugtes Öl erzielt jedoch hohe Marktpreise. Zudem sind die Presskuchen aus der Ölherstellung in der Tierfütterung willkommene Lieferanten für Energie, Eiweiß und Aminosäuren.

Mischkulturen weisen im Vergleich mit Monokulturen eine höhere Ertragselastizität

gegenüber Umweltbedingungen auf. Sie können durch eine gute Ausnutzung von Standraum und Standebene eine höhere Konkurrenzkraft gegen Unkräuter haben. Besonders in Systemen mit limitiertem Betriebsmittelinput wie dem ökologischen Landbau sind diese Bestandseigenschaften wichtig. Vor allem die Integration konkurrenzschwacher oder schädlingsanfälliger Ölfrüchte in Mischfruchtanbausysteme scheint aus diesen Überlegungen heraus interessant. Zudem kann es im Mischfruchtanbau durch Synergien der unterschiedlichen Pflanzen zu insgesamt höheren Flächenproduktivitäten als bei Reinanbausystemen kommen (TRENTBARTH 1986, DE WIT und VAN DEN BERG 1965). Positiv auswirken können sich hier z. B. unterschiedliche Durchwurzelungstiefen, Stützwirkungen, Wurzelausscheidungen, Beschattungseffekte sowie Stickstoffanreicherungen durch Leguminosen.

Futterbaugemenge, zum Beispiel Landsberger Gemenge oder Kleegrasmischungen, sind etablierte Anbauverfahren des Mischfruchtanbaus (RAUBER und HOF 2003). Zur Körnernutzung sind zum Beispiel Mischungen aus Erbsen und Sommergerste, Erbsen und Bohnen oder Hafer und Bohnen verbreitet (BÖHM und BERK 2006, JENSEN 2006, BRAMM und BÖHM 2005). Bei Getreide werden auch Sortenmischungen einer Art verwendet (FINCKH et al. 2005, FINCKH 2002). Diese Mischungen werden gemeinsam geerntet und meist ungetrennt verwertet. Die Körner können bei unterschiedlicher Korngröße und -form bzw. bei unterschiedlichem Gewicht mit Reinigungsanlagen auch voneinander getrennt und separat genutzt werden. Praxiserfahrungen zum gemeinsamen Mähdrusch von Leguminosen oder Getreide mit kleinsamigen Ölsaaten zeigen, dass eine gemeinsame Ernte möglich ist. Es muss hier bei der Wind- und Siebeinstellung ein Kompromiss zwischen der tolerierbaren Reinheit des Erntegutes und den Ernteverlusten gefunden werden. Die Erntereife der Kulturen im Gemenge sollte

nicht zu weit auseinander liegen.

Gleichzeitig gehen die Überlegungen dahin, Ölkulturen nur in dem Maße in die Gemenge einzubringen, dass bei den Hauptkulturen möglichst keine Ertragsminderung eintritt. Dabei werden geringe Ölerträge in Kauf genommen. Bei den bisher erprobten Mischungen sind auf diese Weise z. B. mit Leindotter zusätzliche Ölerträge von 200-300 kg ha<sup>-1</sup> erzielt worden. Ölmengen dieser Höhe würden ausreichen, den Treibstoffbedarf für die Bewirtschaftung der mit der Mischkultur bestellten Fläche sicher zu decken (PAULSEN und RAHMANN 2005). Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen kann daher auch als Beitrag gewertet werden, Energiekreisläufe im ökologischen Landbau zu schließen. Er ergänzt Bestrebungen, landwirtschaftliche Maschinen mit Pflanzenöl zu betreiben (FNR 2005).

## 2.1 Wissenschaftlicher und technischer Stand

In den letzten Jahren wurden bereits Ertragspotentiale von Mischfruchtanbausystemen von Erbsen bzw. Getreide mit Leindotter im konventionellen und im ökologischen Landbau erarbeitet (BRANDT et al. 2002, MAKOWSKI 2002a-d und 2003, MAKOWSKI und PSCHIEDL 2001 und 2003, HEIMLER 2002, PAULSEN 2003, BILAU et al. 2006, PAULSEN et al. 2003, IEU 2001; PAULSEN 2007). Auch zum Mischfruchtanbausystem Öllein-Sommerweizen existieren erste Ergebnisse (DAHLMANN 2003, PAULSEN et al. 2003, CARR et al. 1993). Zu den Konkurrenzbeziehungen der Anbaukombination Öllein-Leindotter existieren zahlreiche detaillierte Studien (BALSCHUN und JACOB 1972; KRANZ und JACOB 1977 a und b, KRANTZ und JACOB 1978, LOVETT und SAGAR 1978). Neuere Praxis- und Versuchsergebnisse zu dieser Kombination finden sich bei IEU (2001), DAHLMANN (2003) und PAULSEN (2003). Ergebnisse aus der Praxis zur Mischung von Senf und Erbsen werden bereits gemeldet (IEU, 2001). Zur

technischen Machbarkeit der Aussaat, Ernte und Aufbereitung der Mischkulturen existieren praktische Erfahrungen bei den in den Veröffentlichungen genannten Versuchsanstaltern und Praxisbetrieben. Die seit vielen Jahren an der Entwicklung und Vervollkommnung des Anbauverfahrens beteiligten Partner haben sich zur Verbesserung des Informationsflusses und zur Koordination der Aktivitäten zu einer 'Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau' ([www.mischfruchtanbau.de](http://www.mischfruchtanbau.de)) zusammengeschlossen. Von den Landwirt/innen im Kreis der Interessengemeinschaft wird inzwischen auf mehreren einhundert Hektar Mischfruchtanbau vor allem mit Leindotter betrieben. Vor Projektbeginn wurden, neben dem Ertragspotential von Mischfruchtanbausystemen mit Leindotter und Senf, Ertragspotentiale und technische Anforderungen weiterer Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen evaluiert. Dies waren Gemenge mit Sommerraps, Saflor, Öllein, Sonnenblume und Ringelblume. Die Ergebnisse von zwei Standorten liegen vor (PAULSEN 2003; BILAU 2003, PAULSEN 2007). Anhand der vorliegenden Erfahrungen wurden für das Forschungsprojekt nachstehend aufgeführte, aussichtsreiche Mischungen von Sommerkulturen ausgewählt und geprüft: Erbsen-Sommerraps, Erbsen-Weißer Senf, Erbsen-Leindotter, blaue (schmalblättrige) Lupinen-Saflor, blaue Lupinen-Leindotter, Öllein-Leindotter, Weizen-Öllein, Weizen-Leindotter.

Zu Mischfruchtanbausystemen mit Winter-raps erschien in der Projektlaufzeit eine erste Studie (SZUMIGALSKI und VAN ACKER 2005 und 2006). Berichte über den Mischfruchtanbau von Winter-raps und Wintergerste existieren sonst nur aus den 50er Jahren (MAKOWSKI und BRAND 2002). Im hier beschriebenen Projekt wurden Kombinationen von Winter-raps mit Wintergerste, Winterroggen oder Wintererbsen untersucht. Einen Überblick zu den Faktoren Unkrautunterdrückung, Schädlings- und Krank-

heitsbefall sowie zur Ausnutzung der Wachstumsfaktoren Nährstoffe und Wasser in ökologischem Gemengeanbau geben HOF und RAUBER (2003). Studien zu Gemengen mit Ölfrüchten zur Körnernutzung waren zu diesem Themenkomplex jedoch bisher nicht vorhanden.

Es ist davon auszugehen, dass bei als Mischkultur angebauten Arten gegenüber der Reinsaat Qualitätsveränderungen auftreten können. Hinweise auf eine positive Beeinflussung qualitativer Aspekte beim Mischfruchtanbau mit Ölsaaten geben Daten zu Klebergehalten aus Anbauversuchen von Weizen in Reinkultur und in Mischkultur mit Leindotter (IEU 2001).

Hierzu und auch zu Aspekten der Nährstoffaufnahme, der Unkrautunterdrückung sowie zum Schaderregerbefall von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau sollten im Projekt systematisch Daten erhoben werden.

### 3 Arbeitsziele des Projektes

Anhand der gewonnenen Proben und Boniturdaten sollten mit dem Projekt die nachfolgend aufgeführten Arbeitsziele erreicht werden:

*Arbeitsziel 1:* Es sollte ermittelt werden, ob Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen sich in Bezug auf die Nährstoffgehalte und -entzüge (N, P, K, S, Mg) von denen der Reinsaat unterscheiden.

*Begründung:* Anhand der Ergebnisse lassen sich Betrachtungen darüber anstellen, ob Mischfruchtanbausysteme die im Boden verfügbaren Nährstoffe durch räumliche oder zeitliche Unterschiede des Wachstums der verschiedenen Gemengepartner besser ausnutzen können als Reinanbausysteme oder ob es zu direkten oder indirekten Konkurrenzbeziehungen der Pflanzen um Nährstoffe kommt. Die Erfassung der Nährstoffgehalte und -entzüge der genannten Mischkulturen im Vergleich zu den jeweiligen Reinkulturen bildet in der Praxis eine wertvolle Entscheidungsgrundlage für die Fruchtfolgegestaltung und Düngung im

ökologischen Landbau. Darüber hinaus ist die Nährstoffversorgung eine entscheidende Größe für die Ausbildung ausreichender Produktqualitäten. Allein durch die Erfassung der Nährstoffgehalte und -entzüge verschiedener Kulturen im ökologischen Landbau ergaben sich wissenschaftlich relevante und praktische Erkenntnisse. Für den ökologischen Landbau liegen bisher keine systematisch erfassten Daten dazu vor. Feldversuche zu diesem Thema, durchgeführt mit gleichen Arten und Sorten auf verschiedenen Standorten bilden hier eine wertvolle Informationsquelle zur Einschätzung des Nährstoffbedarfs ökologisch angebaute Pflanzen.

*Arbeitsziel 2:* Es sollte ermittelt werden, ob Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen eine verbesserte Unkrautunterdrückung gegenüber den jeweiligen Reinsaat haben. Dabei sollte auch der Einfluss der Aussaattechnik berücksichtigt werden.

*Begründung:* Im ökologischen Landbau ist die Unkrautregulierung einer der entscheidenden Parameter für den erfolgreichen Anbau nahezu aller Kulturarten. Besonders Pflanzen mit langsamer Jugendentwicklung (z. B. Körnerleguminosen, Saflor) und/oder geringer Beschattungsleistung (z. B. Öllein) und auch Pflanzen mit langer Vegetationsperiode (z. B. Winterraps) weisen hier Probleme auf. Durch die Einführung von Mischkulturen ändern sich auch die Konkurrenzbeziehungen für das Unkraut, so dass in Mischbeständen eine verbesserte Unkrautunterdrückung gegenüber der Reinsaat auftreten kann. Auch allelopathische Effekte können hierbei eine Wirkung haben.

Bei der Aussaat von Feinsämereien als Mischkultur mit großkörnigen Arten sind deutliche Unterschiede in der Ablagetiefe erforderlich. Um die Saat in einem Arbeitsgang auszubringen, ist eine spezielle Anpassung der Drilltechnik erforderlich. Die technisch einfachste Variante für eine Aussaat ist eine Breitsaat auf die Bodenoberfläche mit anschließendem Striegeln und gegebene

nenfalls Walzen. Bei diesem Verfahren wird der feinsamige Gemengepartner flächendeckend verteilt, während der grobkörnige Gemengepartner gedrillt wird. Zur Evaluierung der Auswirkung dieses Verfahrens auf die Unkrautunterdrückung wurde an den Standorten Trenthorst und Pfaffenhofen eine Variante 'Erbsen-Leindottergemenge mit Leindotterbreitsaat' zusätzlich zur Drillsaat des Gemenges in Reihen angelegt.

Eine Breitsaat ist auf den meisten Betrieben mit vorhandener Technik (Pneumatikstreuer/Kastenstreuer, Striegel und Walze) in absätzigem Verfahren möglich. Technische Möglichkeiten zur Realisierung der Aussaat in einem Arbeitsgang wurden an zwei Standorten anhand speziell erweiterter Drillmaschinen und damit bestellten Großschlägen vorgestellt. In Pfaffenhofen wurde im Rahmen des Projektes die vorhandene Drilltechnik weiter angepasst.

*Arbeitsziel 3:* Es sollte ermittelt werden, ob sich das Auftreten von und der Befall mit Schädlingen und Pflanzenkrankheiten in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen von den Reinsaatvarianten unterscheiden.

*Begründung:* Bei vielen beschriebenen Mischfruchtssystemen wurde eine Reduktion des Schädlingsbefalls, vor allem mit spezialisierten Schädlingen nachgewiesen. Als Gründe hierfür werden Verdünnungseffekte und Bedeckung und dadurch ausgelöste Wirtfindungsprobleme oder eine Veränderung des Mikroklimas und der Wirtspflanzendichte genannt. Weiterhin können Effekte durch unterschiedliche Attraktivität von Mischfruchtpartnern ausgelöst werden. Bekannt sind solche Effekte z. B. beim verringerten Läusebefall von Kartoffeln, wenn gleichzeitig Haferstreifen im Bestand kultiviert werden. Mischfruchtbestände können außerdem zur Förderung der natürlichen Schädlingskontrolle durch prädatorenische und parasitische Gegenspieler beitragen. Alle an Raps oder Senf auftretenden Schadinsekten werden im Larvensta-

dium durch spezifische Schlupfwespen angegriffen, deren Aktivität und Parasitierungsleistung durch die Vegetationsvielfalt und Struktur des Habitats ansteigen (ANDOW 1991, HORN 2000). Die Beobachtung, dass an Weizenpflanzen, die durch Windhalmverunkrautung beschattet werden, strahlungsbedingte Blattflecken gegenüber unbeschatteten Pflanzen vermindert sein können (PFLANZEN-SCHUTZDIENST SCHLESWIG-HOLSTEIN 2000) zeigt, dass physikalische Effekte in Mischkulturen dazu beitragen können, auch abiotischen Stress bei Pflanzen zu vermindern.

Bei der Epidemiologie der Pflanzenkrankheiten werden z. B. die höhere räumliche Distanz der Wirtspflanzen und resistente Gemengepartner oder Gemengepartner, die abwehrende Stoffe ausscheiden, als Gründe für eine verringerte Ausbreitung angesehen. Ebenso kann jedoch eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in Pflanzengemengen einen erhöhten Befall mit Pflanzenkrankheiten gegenüber der Reinsaat auslösen (HOF und RAUBER 2003). Zusammenhänge dieser Art waren für den Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen bisher nicht bekannt. Das Projekt lieferte durch ein Monitoring von Schädlingen in Raps sowie die Bestimmung von Parasitierungsraten der Schädlinge durch Prädatoren Daten zu diesem Themenbereich.

*Arbeitsziel 4:* Es sollte ermittelt werden, inwieweit in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen die Produktqualitäten im Vergleich zu Reinsaatvarianten beeinflusst werden.

*Begründung:* Durch die veränderten Wachstumsbedingungen in Mischbeständen sind auch Einflüsse auf die Qualität der Ernteprodukte zu erwarten. Es wurde bisher nicht systematisch analysiert, ob aus Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau Produkte mit veränderter innerer und äußerer Qualität hervorgehen. Qualitätsparameter sind entscheidende Faktoren für die inner- und außerbe-

triebliche Verwertung und beeinflussen die Rentabilität von Anbausystemen. Im Projekt wurden daher marktrelevante und spezielle Qualitätsparameter der Produkte des Misch- und Reinanbaus ermittelt.

*Arbeitsziel 5:* Es sollte ermittelt werden, welche Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen bereits heute in ökologisch wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieben praktiziert werden, welche produktions-technischen Gründe Betriebsleiter/innen zur Wahl dieser Anbauform bewegen und wie die technische Umsetzung des Mischfruchtanbaus in den Betrieben ist.

*Begründung:* In der ‚Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau‘ sind zahlreiche Landwirt/innen zusammengeschlossen, die bundesweit mit wachsender Tendenz Mischfruchtanbau unter anderem mit Ölfrüchten durchführen. Die hauptsächlich eingesetzte Mischkultur ist hier der Leindotter. Von den Landwirt/innen wird als Vorteil der Mischungen eine verbesserte Unkrautunterdrückung, ein Verzicht auf Arbeitsgänge bei der Unkrautregulierung, eine verbesserte Standfestigkeit von Erbsen bis zur Ernte sowie eine stabilisierende Wirkung auf den Gesamtertrag genannt. Durch die Betriebsbefragung sollten die praktischen Erfahrungen, die technische Umsetzbarkeit und praktische Grenzen des Verfahrens aufgezeigt werden.

*Übergreifendes Arbeitsziel:* Die im Projekt gewonnenen Daten können als Grundlage für die Beratung im Bereich Mischfruchtanbau dienen, auch wenn keine Unterschiede zwischen Mischfrucht- und Reinanbau hinsichtlich Nährstoffaufnahme, Krankheits- und Schädlingsbefall, Unkrautunterdrückung oder Produktqualitäten festgestellt werden. Darüber hinaus stimulieren die Ergebnisse eine weitere wissenschaftliche Forschung zu den Ursachen.

#### **4 Kommunikation der Ergebnisse**

Das Projekt lief über die zwei Feldversuchsperioden 2004 und 2005. Durch die Anlage der Feldversuche auf vier Standorten wurde die Bandbreite der Entwicklung der Mischkulturen in zwei Versuchsjahren erfasst. Es wurden begleitende Feldbegehungen mit Kurzreferaten zur Thematik und zu ersten Ergebnissen für landwirtschaftliche Praktiker, Berater und Wissenschaftler angeboten. Erste Ergebnisse des Projekts wurden auf verschiedenen wissenschaftlichen Tagungen im In- und Ausland veröffentlicht (PAULSEN et al. 2007a, PAULSEN et al. 2007 b, PAULSEN und SCHOCHOW 2007, SCHOCHOW und PAULSEN 2005, PAULSEN et al. 2006).

Im September 2006 wurde eine Fachtagung mit 45 Besuchern in Braunschweig durchgeführt, auf der wissenschaftliche Ergebnisse und praktische Beratungsempfehlungen aus dem Projekt präsentiert und diskutiert wurden. Die dort vorgestellten Beiträge der Projektpartner sind Grundlage des hier vorliegenden Berichtes. Insgesamt können die im Projekt erhobenen Daten als Grundlage zum Verständnis und zur Verbesserung von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen dienen. Aus den Ergebnissen können innovative Ansätze zur Aufklärung von Zusammenhängen im Bereich Nährstoffausnutzung, interspezifischer Konkurrenz und Synergie in Mischbeständen mit Ölpflanzen erarbeitet werden. Des Weiteren wurden durch die im Projekt vorhandenen Reinsaatvarianten Nährstoffansprüche und Schaderregerbefall von Ölpflanzen an vier verschiedenen Standorten in Deutschland geprüft und dadurch auch wesentliche pflanzenbaulich relevante Rahmendaten für den ökologischen Ölpflanzenanbau erfasst. Durch die Anlage von Feldversuchen auf praktischen ökologischen Betrieben und auf Versuchsbetrieben sowie durch die Einbindung der Praxis, der Beratung und verschiedener wissenschaftlicher Stellen in das Projekt ist ein Transfer der Erkenntnisse in alle Ebenen gewährleistet.

---

### 5 Material und Methoden

An vier Standorten in Deutschland wurde eine zweijährige Versuchsserie mit verschiedenen Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen durchgeführt. Verglichen wurde der Anbau der Mischkultur mit der Reinkultur der jeweiligen Früchte (Tab. 1, Abb. 1 und 2).

R WR	R WR	R WR	R WR
1/1 WRWG 4	2/2 WRWE 3	3a/3 WRWRO 2	13/4 WR 1
3a/1 WRWRO 5	13/2 WR 6	2/3 WRWE 7	1/4 WRWG 8
13/1 WR 12	3a/2 WRWRO 11	1/3 WRWG 10	2/4 WRWE 9
2/1 WRWE 13	1/2 WRWG 14	13/3 WR 15	3a/4 WRWRO 16
R WR	R WR	R WR	R WR
R WG	R WG	R WG	R WG
14/1 WG 20	16/2 WRO 19	15/3 WE 18	14/4 WG 17
15/1 WE 21	14/2 WG 22	16/3 WRO 23	15/4 WE 24
16/1 WRO 28	15/2 WE 27	14/3 WG 26	16/4 WRO 25
R WG	R WG	R WG	R WG

Abkürzungen: WR=Winterraps, WG=Wintergerste, WE=Wintererbsen, WRO=Winterroggen R=Rand  
Beschriftung der Parzellen: Variante/ Wiederholung, Kultur, Parzellenummer, Variante 3a: siehe Tab. 1

Abb. 1: Versuchsplan der Wintersaaten

Standorte waren Trenthorst in Schleswig-Holstein [Ökologischer Versuchsbetrieb der FAL, sandiger Lehm - toniger Lehm, 50-65 Bodenpunkte, 735 mm Jahresniederschlag], Pfaffenhofen in Bayern [Kramerbräu Naturland Hof, lehmiger Sand - sandig toniger Lehm 35-45 Bodenpunkte, 784 mm Jahresniederschlag], Gülzow in Mecklenburg-Vorpommern [Ökologisches Versuchsfeld der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft, lehmiger Sand - sandiger Lehm, 35-45 Bodenpunkte, 542 mm Jahresniederschlag] und Wilmersdorf in Brandenburg [Gut Wilmersdorf, Bioland-Betrieb, Sand - sandiger Lehm, 532 mm Jahresniederschlag, 20-65 Bodenpunkte]. Die Niederschläge und

R E	R E	R E	R E
21/1 LD 1	5/2 EWS 2	16/3 E 3	6/4 ELD 4
4/1 ESR 8	7/2 ELDbreit 7	23/3 WS 6	22/4 SR 5
22/1 SR 9	6/2 ELD 10	21/3 LD 11	7/4 ELDbreit 12
16/1 E 16	23/2 WS 15	5/3 EWS 14	4/4 ESR 13
6/1 ELD 17	22/2 SR 18	4/3 ESR 19	16/4 E 20
5/1 EWS 24	21/2 LD 23	7/3 ELDbreit 22	23/4 WS 21
23/1 WS 25	16/2 E 26	22/3 SR 27	21/4 LD 28
7/1 ELDbreit 32	4/2 ESR 31	6/3 ELD 30	5/4 EWS 29
R E	R E	R E	R E
R Lu	R Lu	R Lu	R Lu
8/1 LuFD 33	17/2 Lu 34	9/3 LuLD 35	20/4 FD 36
17/1 Lu 40	20/2 FD 39	8/3 LuFD 38	9/4 LuLD 37
20/1 FD 41	9/2 LuLD 42	17/3 Lu 43	8/4 LuFD 44
9/1 LuLD 48	8/2 LuFD 47	20/3 FD 46	17/4 Lu 45
R Lu	R Lu	R Lu	R Lu
R SW	R SW	R SW	R SW
10/1 SWLD 49	18/2 SW 50	11/3 SWÖL 51	18/4 SW 52
18/1 SW 56	11/2 SWÖL 55	10/3 SWLD 54	11/4 SWÖL 53
11/1 SWÖL 57	10/2 SWLD 58	18/3 SW 59	10/4 SWLD 60
R SW	R SW	R SW	R SW
R LD	R LD	R LD	R LD
19/1 ÖL 64	12/2 ÖLLD 63	19/3 ÖL 62	12/4 ÖLLD 61
12/1 ÖLLD 65	19/2 ÖL 66	12/3 ÖLLD 67	19/4 ÖL 68
R LD	R LD	R LD	R LD

Abkürzungen: E=Erbse, Lu=Lupine, SW=Sommerweizen, ÖL=Öllein, FD= Saflor (Färberdistel), LD=Leindotter, SR=Sommerraps, WS=Weisser Senf, R=Rand; Beschriftung der Parzellen: Variante/Wiederholung, Kultur, Parzellenummer

Abb. 2: Versuchsplan der Sommersaaten

Tab. 1: Varianten der Feldversuche und Aufbau der Versuchsanlagen

Nr.	Kultur 1	Aussaat-termin	Sorte	Saatstärke <sup>a</sup> [Körner m <sup>-2</sup> ]		Kultur 2	Aussaat-termin	Sorte	Saatstärke* [Körner m <sup>-2</sup> ]
<b>Mischfruchtanbau</b>									
1.	W-Raps	Ende Aug.	Express	35	x	W-Gerste	Ende Sept.	Lomerit	175
2.	W-Raps	Ende Aug.	Express	35	x	W-Erbesen	Ende Sept.	Assas	40
3.	W-Raps	Ende Aug.	Express	35	x	S-Erbesen	März/April	Madonna	40
3a <sup>c</sup>	W-Raps	Ende Aug.	Express	35	x	W-Roggen	Ende Sept.	Boresto	100
4.	S-Erbesen	März/April	Madonna	60	x	S-Raps	März/April	Haydn	50
5.	S-Erbesen	März/April	Madonna	60	x	Weißer Senf	März/April	Albatros	40
6.	S-Erbesen	März/April	Madonna	80	x	Leindotter	März/April	Pernice	360
7.	S-Erbesen <sup>b</sup>	März/April	Madonna	80	x	Leindotter breit <sup>b</sup>	März/April	Pernice	360
8.	Blaue Lupine	März/April	Boruta	75	x	Saflor	März/April	Sabina	75
9.	Blaue Lupine	März/April	Boruta	100	x	Leindotter	März/April	Pernice	360
10.	S-Weizen	März/April	Fasan	200	x	Leindotter	März/April	Pernice	360
11.	S-Weizen	März/April	Fasan	200	x	Öllein	März/April	Norlin	400
12.	Öllein	März/April	Norlin	400	x	Leindotter	März/April	Pernice	360
<b>Reinanbau</b>					<b>Weitere Angaben:</b>				
13.	W-Raps	Ende Aug.	Express	70		- Parzellengröße: 10*3 m (Abweichungen nach technischen Erfordernissen der Versuchsansteller) - 4 Wiederholungen, randomisierte Blockanlage - Winterkulturen 03/04 nur in Gülzow und Trenthorst - Die Kulturen werden beim Mischfruchtanbau in alternierenden Reihen ausgesät (nicht Variante 7: Leindotter in Breitsaat <sup>b</sup> ), Reihenweite 12,5-14 cm			
14.	W-Gerste	Ende Sept.	Lomerit	350					
15.	W-Erbesen	Ende Sept.	Assas	80					
16.	S-Erbesen	März/April	Madonna	80					
16a <sup>c</sup>	W-Roggen	Ende Sept.	Boresto	200					
17.	Blaue Lupine	März/April	Boruta	100					
18.	S-Weizen	März/April	Fasan	400					
19.	Öllein	März/April	Norlin	600					
20.	Saflor	März/April	Sabina	100					
21.	Leindotter	März/April	Pernice	360					
22.	S-Raps	März/April	Haydn	100					
23.	Weißer Senf	März/April	Albatros	80					

<sup>a</sup> keimfähige Körner <sup>b</sup>nur in Pfaffenhofen und Trenthorst <sup>c</sup>Varianten 3 und 16 in 05 durch Variante 3a bzw. 16a ersetzt

Temperaturen im Raum der Versuchsstandorte in den Versuchsjahren sind in den Abbildungen 1-4 dargestellt. Auffällig sind die unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen in Wilmersdorf, Pfaffenhofen und Gülzow im Frühjahr 2004, was den Aufgang und die Anfangsentwicklung der Sommersaaten deutlich behinderte (Abb. 4).

Durch die überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen in Trenthorst, Wilmerdorf und Gülzow in Jahr 2005 sowie in Wilmersdorf und Pfaffenhofen 2004 kam es in einzelnen Varianten zu Ernteverzögerungen. Vor allem in den Leguminosen führte dies zu Vorernteverlusten.

Bei der Ertragsermittlung wurden die Kornerträge der Reinkulturen und die der einzelnen Mischkulturen getrennt erfasst.

Anhand einer Quadratmeterbeerntung vor der Ernte oder durch Wägung des gesamten Strohs bei der Ernte wurden das Korn-Stroh-Verhältnis und die oberirdische Biomasse bestimmt.

Stroh und Korn wurden nach folgenden Verfahren auf die Versorgung mit Nähr-elementen analysiert:

N und S elementaranalytisch (Körner), N nach Kjehldal (Stroh) (Methodenbuch VDLUFA Bd. III, 4.1.1), P, K und Mg in Korn und Stroh sowie S im Stroh nach Säureaufschluss (Methodenbuch VDLUFA BD. VII, 2.1.1) an ICP-OES (DIN EN ISO 11885). Die Nährstoffversorgung und Nährstoffaufnahme der Pflanzen der Rein- und Mischfruchtanbausysteme wurde erhoben.

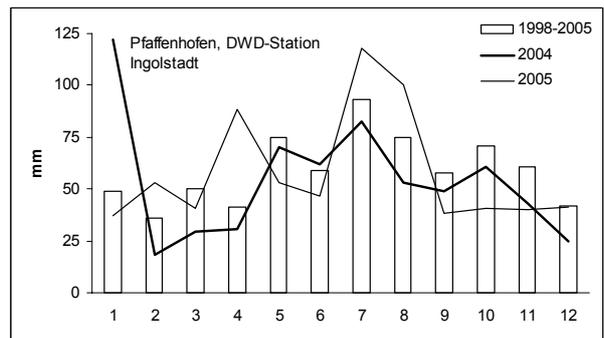
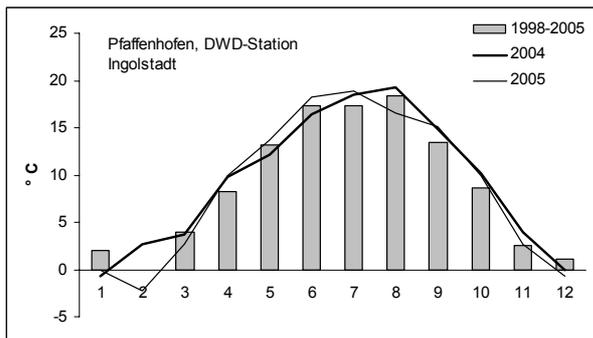
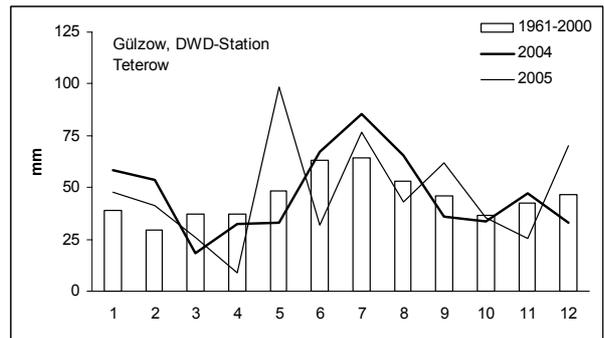
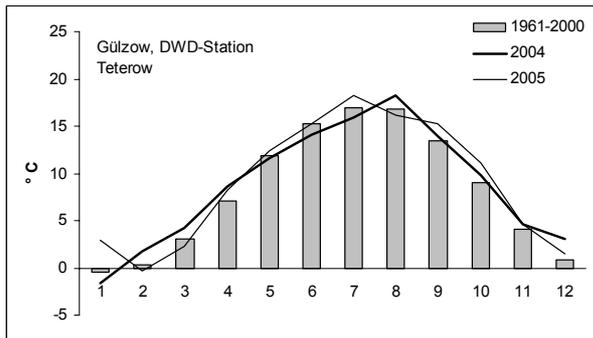
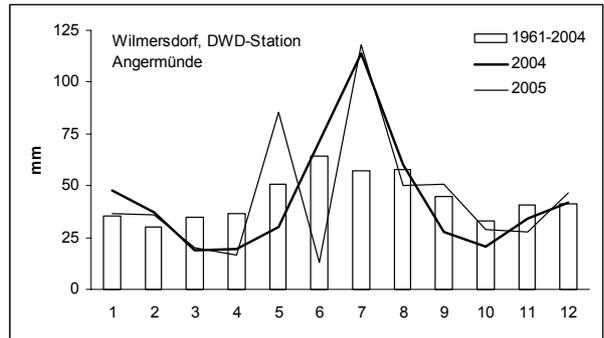
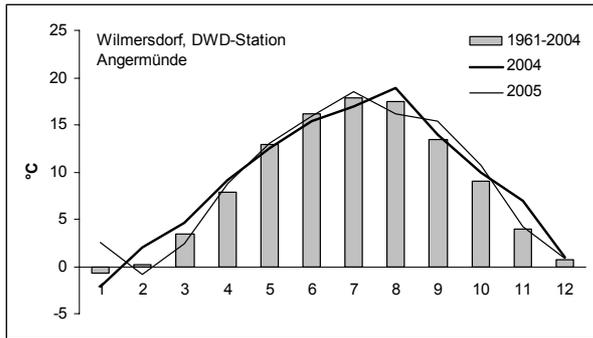
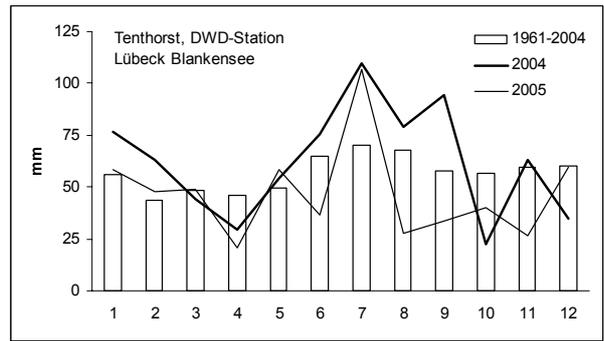
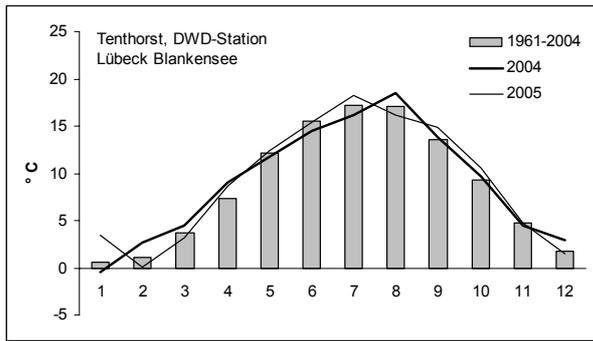


Abb. 3: Monatliche Temperaturmittel im den Gebieten der Versuchsstandorte in 2004 und 2005 im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten, Daten: Deutscher Wetterdienst

Abb. 4: Monatliche Niederschlagssummen in den Gebieten der Versuchsstandorte in 2004 und 2005 im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten, Daten: Deutscher Wetterdienst

Zur Ermittlung des Unkrautunterdrückungsvermögens wurden Unkrautbonituren zur Ermittlung der Arten und des Deckungsgrades in allen Varianten durchgeführt. Zusätzlich wurden Blattflächenindex (LAI) und

Beschattung durch eine differenzierende Strahlungsmessung über dem Bestand und im Bestand mit einem 'Sun Scan System' ermittelt. Durch das Messverfahren sollte die Bewertung der Anbausysteme hinsichtlich

ihres Unkrautunterdrückungsvermögens anhand objektiver Messwerte ermöglicht werden. Eingesetzt wurde ein LAI-Messgerät mit Photodioden (SS1-UM-1.05) der Firma Delta-T Devices. Das Gerät besteht aus drei Teilen: Die Messeinheit zur Messung der einfallenden direkten und indirekten PAR oberhalb des Bestandes (Beam Fraction Sensor, type BF3). Sie wird auf einem Stativ installiert und nach Norden ausgerichtet und gibt die Messdaten zur Differenzrechnung über Funk an das eigentliche Messgerät weiter. Dieses besteht aus einer ca. 1 m langen Leiste, die mit 64 Photosensoren (Sun-Scan Probe, type SS1, 400 - 700 nm) bestückt ist und mit einem Datenaufnahmegesetz verbunden wird. Hier findet die Datenverarbeitung und Umrechnung statt. Mit jeder Messung im Pflanzenbestand findet parallel eine Messung oberhalb des Bestandes statt. So kann eine weitgehend witterungsunabhängige Messung durchgeführt werden. Es wurden fünf zufällig verteilte Messungen pro Versuchsparzelle angestellt. Gemessen wurde in ca. 10 cm Höhe über dem Boden. Die Sensorenleiste wird parallel zum Boden in den Bestand geschoben, wobei die Sensoren möglichst senkrecht nach oben zeigen, um eine Eigenbeschattung zu verhindern. Nach der letzten Messung errechnet der Computer automatisch die Durchschnittswerte der erhobenen Daten. Die gemessenen Daten werden zum LAI verrechnet, der die Blattfläche eines Pflan-

zenbestandes beschreibt (LANG und XI-ANG 1985). Er wird aus der direkten und diffusen PAR über dem Bestand, dem Einstrahlungswinkel, diffuser und reflektierter PAR im Pflanzenbestand und dem Blattflächenwinkel errechnet (CAMPBELL 1986). Bei dem verwendeten Messsystem wird der LAI über die Lichteinstrahlung im und über dem Bestand angenähert. Der Hersteller rechnet für sein approximiertes Modell mit einem Fehler von 10% gegenüber dem wissenschaftlichen Gesamtmodell.

Der Befall mit Pflanzenkrankheiten wurde in allen Parzellen bonitiert. Jedoch zeigten sich hier keine gerichteten Effekte. Detaillierte Untersuchungen wurden zum Befall von Winterraps mit Schadinsekten sowie deren Parasitierung mit natürlichen Prädatoren durchgeführt.

Aufgrund der unterschiedlichen Wachstums- und Konkurrenzbedingungen in den Rein- und Mischfruchtanbausystemen waren auch Einflüsse auf qualitative Merkmale der Rein- und Mischkulturen zu erwarten.

Bei Getreide und Leguminosen wurde der Einfluss des Anbausystems anhand verarbeitungstechnischer Eigenschaften sowie wichtiger Qualitätsparameter für Ernährung und Fütterung analysiert (Tabelle 2).

Bei den Ölsaaten sind unter ökonomischen Gesichtspunkten der Ölgehalt der Saaten sowie die Ölqualität, die die weitere Nutzung des Öles bestimmt, entscheidend. Die

Tab. 2: Untersuchte qualitative Merkmale am Erntegut der angebauten Misch- und Reinkulturen

<b>Getreide, Leguminosen</b>	
Sommer-, Winterweizen	<u>Korneigenschaften</u> : Mineralstoffgehalt, TKG, Fallzahl, Rohproteingehalt, Sedimentationswert, Klebergehalt; <u>Mahlqualität</u> : Griffbarkeit, Wasseraufnahme, Aschewertzahl, Mehlausbeute; <u>Backqualität</u> : Volumenausbeute, Teigeigenschaften, Gebäckeeigenschaften
Wintergerste	Marktwareanteil, Vollgersteanteil, hl-Gewicht, Rohproteingehalt, TKG
Sommer-, Wintererbsen, Lupinen	TKG, Rohproteingehalt
<b>Ölpflanzen (Öl und Kuchen)</b>	
Leindotter Weißer Senf Sommer-, Winterraps	TKG, Ölertrag, Ölgehalt, Tocopherolgehalt, Fettsäurezusammensetzung, Rancimat-Test, sensorische Prüfung, GSL-Gehalt, Sinapin
Saffor Öllein	TKG, Ölertrag, Ölgehalt, Tocopherolgehalt, Fettsäurezusammensetzung, Rancimat-Test, sensorische Prüfung

Qualität des gewonnenen Öles wird dabei durch Parameter wie Fettsäure- und Tocopherolzusammensetzung bzw. -gehalt, aber auch durch die Oxidationsstabilität und insbesondere die sensorische Qualität bestimmt. Neben diesen Merkmalen wurden Qualitätsparameter bestimmt, die für die Verwertung des Ölkuchens in der Tierfütterung von Bedeutung sind. Bei Ölkuchen der *Brassicaceae* (Raps, Leindotter, Senf) kann die Verwendung insbesondere durch den Gehalt an Glucosinolaten eingeschränkt sein. Ein weiterer wichtiger analysierter Inhaltsstoff in diesen Ölsaaten ist Sinapin, der bei Verfütterung an bestimmte Legehennenrassen zur Bildung von stinkenden Eiern führt.

Die statistische Verrechnung der Daten erfolgte mit SAS.

## 5 Literatur

- Balschun H, Jacob F (1972) Interspecific competition among *Linum-usitatissimum* L. and species of *Camelina*. *Flora* 161 (1-2):129ff
- 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
- Bramm A, Böhm H (2005) Erzeugung von proteinreichem Futter auf Basis von Körnerleguminosen in Reinsaat und im Mischanbau mit Sommergetreidearten. *UFOP-Schriften* 29:191-194
- Brandt D, Makowski N, Schrimpf E, (2002) Mischfruchtanbau. Faltblatt, Bundesverband Pflanzenöle e. V., Saarbrücken
- Campbell GS (1986) Extinction coefficients for radiation in plant canopies using an ellipsoidal inclination angle distribution. *Agric. For. Meteorol.*, 36:317-321
- Carr PM, Schatz BG, Gardner JC, Zwinger SF, (1993) Grain yields and returns from intercropping wheat and flax. *J Prod Agric.*, Vol. 6, 1:67-72
- Dahlmann C (2003) Zum Mischfruchtanbau von Ölfrüchten mit anderen Körnerfrüchten. Masterarbeit, Georg-August-Universität Göttingen, Agrarwissenschaftliche Fakultät, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 87 S.
- De Wit CT, van den Berg JP (1965) Competition between herbage plants. *Neth J Agric Sci* 13:212-221
- Finckh M R (2002) Sortenmischungen bei Getreide: Eine Chance für die ökologische Qualitätsproduktion. *SÖL-Berater-Rundbrief*(2):3-4
- Finckh MR, Butz A, Lützkendorf K, Greiner E, Schulze-Schilddorf G (2005) Ertragsstabilität und Qualität von Weizensortenmischungen im Ökologischen Anbau. In: Heß J, Rahmann G (Hrsg.) Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Kassel University Press GmbH, Kassel:71-74
- FNR (2005) 100-Traktoren-Demonstrationsprojekt [online]. Zu finden in: <http://www.fnr.de/100traktoren2005/> [zitiert am 6.6.2007]
- Heimler F (2002) (unveröffentlichte Daten): Erste Ergebnisse aus den Exaktversuchen des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) Straubing zum Mischfruchtanbau. Handout zum Vortrag zur Jahresversammlung der IG Mischfruchtanbau, 14.11.2002
- Hof C, Rauber R (2003) Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenbau, Georg-August-Universität Göttingen. Herausgeberin: Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft, ISBN 3-00-011733-4
- IEU, Institut für Energie- und Umwelttechnik (2001) (unveröffentlicht) Bericht über die Versuchsreihe Mischfrucht für die ökologische Landwirtschaft, Anbau 2001. Brand & Kaiser GbR, Josephsplatz 3, München, Selbstverlag
- 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. Quality of Life and management of living resources QLK5-CT-2002-02352 final report [online]. Zu finden in <<http://www.intercrop.dk>> [zitiert am 06.06.2007]
- 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
- Kranz E, Jacob F (1978) Competition of *Linum* with *Camelina* for minerals. 1. Uptake of sulphate-S-35 affected by herbicides. *Flora* 167 (6): 561-573
- Lang ARG, Xiang Y (1986) Estimation of leaf area index from transmission of direct sunlight in discontinuous canopies. *Agric. For. Meteorol.* 35:83-101

- Lovett JV, Sagar GR (1978) Influence of bacteria in the phyllosphere of *Camelina sativa* (L) crantz on germination of *Linum-usitatissimum* L. *New Phytologist* 81 (3):617-625
- Makowski N (2000) Neue Wege im Öko-Landbau, *Bauernzeitung* 41, 30-31
- Makowski N (2002a) Mischfrucht statt Brache. *Bauernzeitung* 43, Heft 19, Deutscher Bauernverlag Berlin:27
- Makowski N (2002b) Öko-Ackerbausystem am Praxisbeispiel. *dlz* 5:38-41
- Makowski N (2002c) Wie weiter auf Sandböden? *Bauernzeitung* 43, Heft 30, Deutscher Bauernverlag Berlin:24-25
- Makowski N (2002d) Erfolg mit Mischsaaten. *Bauernzeitung* 43, Heft 42:16-17
- Makowski N (2003) Gemischte Kulturen sind ökologischer. *Der fortschrittliche Landwirt (A)*, Heft 2:10-11
- Makowski N, Brandt D (2000): Mischfruchtanbau von Leindotter und Erbsen ist attraktiv [online]. Zu finden in <[http://www.pflanzenoel-motor.de/projekte\\_koop/erbsemisch.pdf](http://www.pflanzenoel-motor.de/projekte_koop/erbsemisch.pdf)> [zitiert am 05. 11. 2002]
- Makowski N, Pscheidl M (2001) Mischfruchtanbau eine Alternative? *SÖL-Beraterrundbrief* 2:5-10
- Makowski N, Pscheidl M (2003) Anbau von Leindotter. Alternativen im ökologischen Landbau. *Raps* 21:73-77
- Paulsen HM (2007) Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. 1. Ertragsstruktur des Mischfruchtanbaus von Leguminosen oder Sommerweizen mit Leindotter (*Camelina sativa* L. *Crantz*). *Landbauforsch Völkenrode* 1 (57):107-117
- Paulsen HM (2003) Fruchtfolgegestaltung im Ökobilbetrieb zur Erlangung einer Treibstoffautarkie. In: *Dezentrale Pflanzenölnutzung. 5. Tagung Erneuerbare Energien in der Landwirtschaft in Aulendorf*, Tagungsband Landesgewerbeamt Baden-Württemberg, [online] <<http://orgprints.org/2211/>> [zitiert am 6.6.2007]
- Paulsen HM, Dahlmann C und Pscheidl M (2003) Anbau von Ölpflanzen im Mischfruchtanbau 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
- Paulsen HM, Schochow M, Behrendt A, Rahmann G (2007a) 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 HM, Schochow M, Behrendt A (2007b) N-Bedarf und N-Effizienz von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. In: Zikelki S, Claupbein W, Dabbert S, Kaufmann B, Müller T, Závate A V (Hrsg.) *Zwischen Tradition und Globalisierung - 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Universität Hohenheim, Stuttgart:105-108 [online]. Zu finden in <<http://orgprints.org/9412/>>
- Paulsen HM, Rahmann G (2004) Wie sieht der energieautarke Hof mit optimierter Nährstoffbilanz im Jahr 2025 aus? *Landbauforsch Völkenrode* SH 274:57-73
- Paulsen HM, Schochow M (2007) P, K, Mg, S und N-Versorgung von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. In: Zikelki S, Claupbein W, Dabbert S, Kaufmann B, Müller T, Závate A V (Hrsg.) *Zwischen Tradition und Globalisierung - 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Universität Hohenheim, Stuttgart:77-78 [online]. Zu finden in <<http://orgprints.org/9412/>>
- Paulsen, HM, Schochow M, Ulber B, Kühne S, Rahmann G (2006) Mixed cropping systems for biological control of weeds and pests in organic oilseed crops. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: COR 2006, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK, 18-20 September 2006; In: Atkinson, Chris und Younie, David, (Hrsg.) *What will organic farming deliver? Aspects of Applied Biology* 79, AAB Office, Warwick, UK:215-220
- Pflanzenschutzdienst Schleswig-Holstein, 2000: *Versuchsbericht für den Ackerbau 2000*. Pflanzenschutzdienst Schleswig-Holstein, ALR Husum, Kiel und Lübeck
- Schochow M, Paulsen HM (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. kassel university press:295-296
- 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:57-81