

Landbauforschung
Völkenrode
FAL Agricultural Research

Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau – Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schaderregerbefall und Produktqualitäten

herausgegeben von
Hans Marten Paulsen und Martin Schochow

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt gefördert mit Mitteln
des Bundesprogramms Ökologischer Landbau
(Projekt Nr. 03OE113)
Laufzeit und Berichtszeitraum: 01.03.2003 - 31.10.2006

Institut für ökologischen Landbau
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Trenthorst 32, 23847 Westerau

Trenthorst, Juni 2007

Zusammenarbeit mit anderen Stellen:

Dr. Harriet Gruber, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, LFA, Mecklenburg-Vorpommern, Dorfplatz 1, 18276 Gülzow

PD Dr. habil. Stefan Kühne, BBA, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

Dr. Bertrand Matthäus, BFEL, Institut für Lipidforschung, Piusallee 68/76, 48147 Münster

Markus Pscheidl, Kramerbräu-Naturland Hof, Sonnenstraße 4, 85276 Pfaffenhofen
und Institut für Energie- und Umwelttechnik, IEU, Josephsplatz 3, 80798 München

Dr. Hans Jürgen Reents, TU-München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, WZW, Alte Akademie 16, 85350 Freising

Dr. Simone Seling, BFEL, Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie, Schützenberg 12, 32756 Detmold

Dr. Bernd Ulber, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Entomologische Abteilung, Universität Göttingen, Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen

Werner Vogt-Kaute, Naturland - Verband für naturgemäßen Landbau e.V., Kleinhaderner Weg 1, 82166 Gräfelfing

Vorwort

Das Projekt „Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau“ sollte zu dem in den letzten Jahren in vielen landwirtschaftlichen Betrieben diskutierten Anbausystem neue Ergebnisse liefern. Exaktversuche zu den Themen „Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schad-erregerbefall und Produktqualitäten“ waren bisher noch nicht durchgeführt worden. Mit dem vorliegenden Projektbericht liegen nun Daten vor, die in ihrer Heterogenität durchaus typisch für das Anbausystem in der Praxis sind. Die Kombination zweier Pflanzenarten in einem Bestand birgt in jedem Jahr und auf jedem Standort immer Überraschungen. Es ergaben sich aus dem Projekt jedoch durchaus Regelmäßigkeiten bei vielen untersuchten Parametern. Neben den rein pflanzenbaulichen Fragen aus der Themenstellung des Projekts umfasst der Bericht auch Kapitel zur Ökonomie und zur Verbreitung von Ölfrüchten im ökologischen Landbau sowie

zur Optimierung der Drilltechnik für den Mischfruchtanbau. Diese Themen wurden auch auf dem Abschlusskongress zum Projekt im September 2006 präsentiert

Das Forschungsprojekt wurde durch das „Bundesprogramm ökologischer Landbau“ gefördert. Ich danke den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Geschäftsstelle für die unkomplizierte Projektabwicklung. Weiterhin danke ich allen Kolleginnen und Kollegen, die als Projektpartnerinnen und -partner so konstruktiv mitgewirkt haben, für die nette Zusammenarbeit. Mein besonderer Dank gilt Martin Schochow und den vielen anderen direkt im Projekt angestellten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie vielen fest angestellten Kräften der beteiligten Institutionen, die durch Zählen, Wiegen, Bonitieren und Messen eine große Datenfülle geschaffen haben. Meiner Kollegin Dagmar Schaub danke ich herzlich für Korrekturen an Text, Inhalt und Layout des Berichtes.

Hans Marten Paulsen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Forschungsprojekt zum Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau - Hintergrund und Projektbeschreibung PAULSEN HM.....	1
Erträge von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau PAULSEN HM, SCHOCHOW M.....	13
Verbreitung von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen in der landwirtschaftlichen Praxis SCHOCHOW M, STEPHAN M, PAULSEN HM.....	33
Anbaubedeutung und Ökonomie von Ölsaaten im ökologischen Landbau GRUBER H, VOGT-KAUTE W.....	39
Nährstoffgehalte und Nährstoffentzüge von Pflanzen in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau PAULSEN HM, SCHOCHOW M.....	47
Qualitätsparameter von Ölsaaten aus ökologischen Rein- und Mischfruchtanbausystemen MATTHÄUS B.....	60
Qualität von Getreide aus Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau PAULSEN HM, SELING S.....	68
Unkrautvorkommen und Unkrautunterdrückung in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau PAULSEN HM, SCHOCHOW M, REENTS HJ.....	81
Schädlingsbefall von Raps in Rein- und Mischfruchtanbau im ökologischen Landbau KÜHNE S, ULBER B.....	96
Drilltechnik zur Etablierung von Mischfruchtanbausystemen im ökologischen Landbau PAULSEN HM, PSCHIEDL M.....	108
Fotoanhang.....	online 115

Den Fotoanhang finden Sie in der Online-Version des Heftes unter www.fal.de.

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 PAULSEN¹

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

¹Institut 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⁻¹ 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) 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 Winterraps erschien in der Projektlaufzeit eine erste Studie (SZUMIGALSKI und VAN ACKER 2005 und 2006). Berichte über den Mischfruchtanbau von Winterraps und Wintergerste existieren sonst nur aus den 50er Jahren (MAKOWSKI und BRAND 2002). Im hier beschriebenen Projekt wurden Kombinationen von Winterraps 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 gegebener

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 ^a [Körner m ⁻²]		Kultur 2	Aussaat-termin	Sorte	Saatstärke* [Körner m ⁻²]
Mischfruchtanbau									
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 ^c	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 ^b	März/April	Madonna	80	x	Leindotter breit ^b	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
Reinanbau					Weitere Angaben:				
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 ^b), 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 ^c	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					

^a keimfähige Körner ^bnur in Pfaffenhofen und Trenthorst ^cVarianten 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.

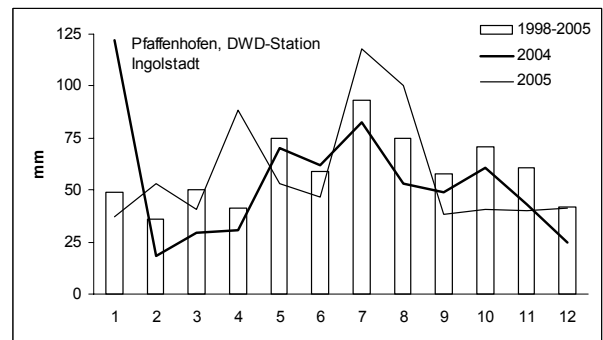
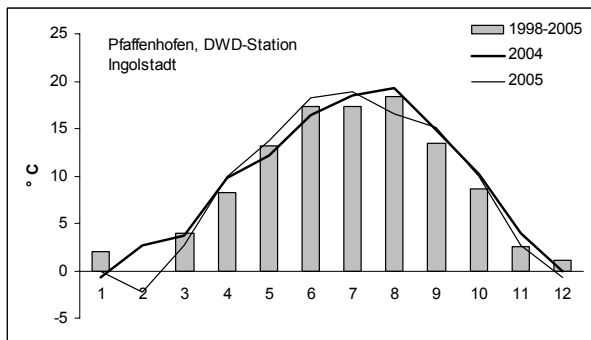
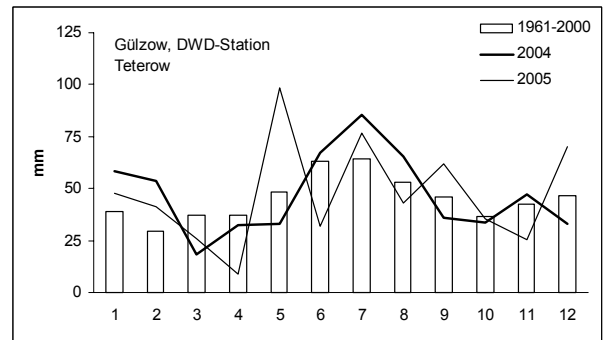
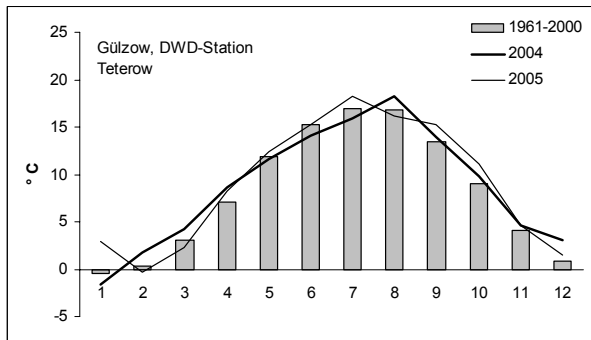
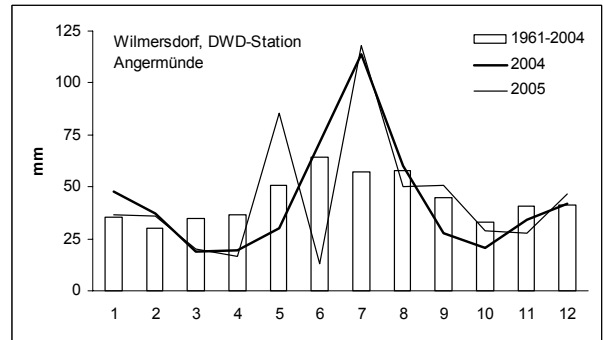
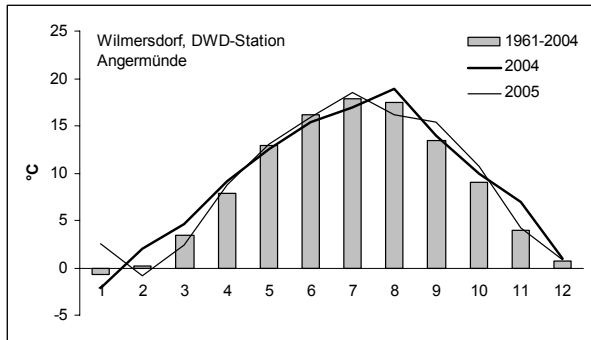
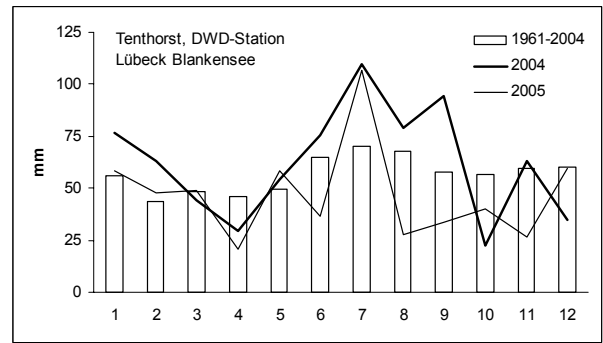
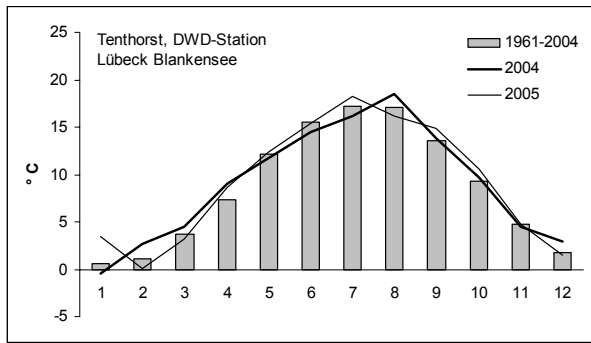


Abb. 3: Monatliche Temperaturmittel im den Gebieten der Versuchsstandorte in 2004 und 2005 im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten, Daten: Deutscher Wetterdienst

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 Datenaufnahmegerät 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

Getreide, Leguminosen	
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
Ölpflanzen (Öl und Kuchen)	
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> [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 Ökobetrieb 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

Erträge von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau

Yields of mixed cropping systems with oil crops

HANS MARTEN PAULSEN und MARTIN SCHOCHOW¹

Zusammenfassung

Die geprüften Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen zeigten an den Standorten und Jahren stark unterschiedliche Erträge. Hinsichtlich der gemeinsamen Abreife wies die Mischung aus Saflor und blauer Lupine die größten Differenzen auf. Für die übrigen Mischungen waren die Unterschiede bei der Erntereife der Komponenten vertretbar. Sommerraps fiel durch Schädlingsbefall nahezu vollständig aus.

Zahlreiche Mischungen zeigten gegenüber den Reinsaaten der Komponenten verbesserte Flächenproduktivitäten. Reinsaaten der Mischfruchtanbaukomponenten hatten im Durchschnitt bei gleichem Flächenverbrauch geringere Erträge als der Mischfruchtanbau. Wenn im ökologischen Landbau Ölsaaten produziert werden sollen, ist ein Mischfruchtanbau sinnvoll. Das hohe Ertragsrisiko der Ölsaaten im ökologischen Landbau kann auf diese Weise vermindert und die mittleren Flächenerträge gesteigert werden. Soll die Ertragszusammensetzung des Mischfruchtanbaus verändert werden, müssen Saatstärken und Reihenweiten modifiziert werden.

Schlüsselworte: ökologischer Landbau, Ölsaate, Flächenproduktivität

Abstract

The mixed cropping systems with oil crops showed highly different yield levels due to the different locations and years. The components of the mixture of blue lupines with safflower had significantly different ripening times. All other combinations showed acceptable consistencies in maturity. Yields of spring rapeseed were almost completely

destroyed by pest insects in all years.

In numerous mixed cropping systems the area productivity increased compared to the sole cropping of their single components. On average, with the same area requirement, the total seed yield of all mixed cropping systems evaluated in this study was higher than the added yields of their single components in sole cropping. Therefore, when the decision to produce organic oilseeds has been taken, mixed cropping systems can be seen as a measure to reduce their high yield risk and to increase average area yields. If the yield composition of mixed cropping is to be changed, seed densities and row distances have to be adopted.

Keywords: organic farming, oil crops, area productivity

1 Einleitung

Der Ertrag an Korn und Stroh von Feldfrüchten ist die bestimmende Größe für die Ökonomie. Korn- und Strohertrag als "oberirdischer Biomasseertrag" bestimmen aber auch den Nährstoffanspruch der Pflanzen und letztendlich auch die Qualitäten der Produkte. Weiterhin ist die Biomassebildung wichtig für eine Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern und sie ist Kennzahl für die Produktivität eines Anbausystems.

Als Grundlage der Bewertung der im Forschungsprojekt "Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen" adressierten Punkte "Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung und Produktqualitäten" werden nachfolgend die erzielten Korn- und Stroherträge an den Versuchstandorten dargestellt. Die Erträge von Mischfruchtanbausystemen sind jedoch nicht unmittelbar mit dem Ertrag einer Kompo-

¹Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst

nente in Reinsaat vergleichbar. Denn beim Mischfruchtanbau werden zum Teil Pflanzen mit unterschiedlichem absolutem Ertragsniveau miteinander angebaut. Die Erträge müssen daher relativ zum Ertragspotential beider Kulturen in Reinanbau bewertet werden (AUFHAMMER 1999). Nur so können Reinanbausysteme und Mischfruchtanbausystemen hinsichtlich ihrer Flächenproduktivität miteinander verglichen werden.

2 Material und Methoden

Im Artikel „Hintergrund und Projektbeschreibung“ in diesem Band sind die Versuchsvarianten und die Ernteverfahren beschrieben.

Das Erntegut der Parzellen wurde mit Windsichtern und einer Siebreinigungsanlage gereinigt und getrennt. Zur Einstufung der Flächenproduktivität des Mischfruchtanbaus gegenüber dem Reinanbauverfahren wurden die relativen Gesamterträge (RYT=Relative Yield Total) nach DE WIT und VAN DEN BERG (1965) (vgl. auch AUFHAMMER 1999) wie folgt errechnet:

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

In den Abbildungen und Tabellen sind die Versuchsstandorte wie folgt abgekürzt: Trenthorst TRT, Wilmersdorf WIL, Pfaffenhofen PFA, Gülzow GLZ. Die Mischungskomponenten werden wie nachstehend abgekürzt: Winterraps WR, Wintergerste WG, Wintererbsen WE, Winterroggen WRO oder RO, Erbsen E, blaue Lupine LU, Sommerweizen SW, Öllein OL, Leindotter LD, Saflor (Färberdistel) FD, Sommerraps SR, weißer Senf WS.

Alle Ertragsangaben beziehen sich auf die Trockenmasse (TM).

3 Ergebnisse

3.1 Allgemeine Ertragsniveaus an den Versuchsstandorten

Die Ertragsniveaus an den Versuchsstandorten waren in den Versuchsjahren deutlich unterschiedlich. Trenthorst wies in beiden

Jahren die höchsten Biomasseerträge auf, Gülzow die geringsten (Tab. 1).

Die Erträge der einzelnen Kulturen der Reinsaat zeigten eine ähnliche Reihung des Ertragsniveaus der Standorte (Abb. 1-4). Die maximal erzielten Kornerträge in Tabelle 2 sind, bis auf die Kulturen Winterraps, Wintererbsen, Sommerraps, als sehr gutes Ertragsniveau für ökologische Bewirtschaftung anzusehen. Die schlechten

Tab. 1: Biomasseerträge im Mittel aller Versuchsvarianten (Summe der Korn- und Stroherträge in Trockenmasse) an den Versuchsstandorten in 2004 und 2005 [dt ha⁻¹ TM]

Standort	Jahr	Sommerungen		Winterungen	
			n		n
Trenthorst	04	50	63	52	28
	05	59	64	66	31
Wilmersdorf	04	37	50	-	-
	05	23	59	39	28
Pfaffenhofen	04	47	46	-	-
	05	46	68	49	28
Gülzow	04	22	41	-	-
	05	25	44	44	16

Tab 2: Spannweite der mittleren Biomasseerträge der Reinsaat (Summe der Korn- und Stroherträge) und Spannweite der mittleren Kornerträge an den Versuchsstandorten in 2004 und 2005 [dt ha⁻¹ TM]

	Biomasse		Korn	
	2004	2005	2004	2005
W-Raps^a	63	14-43	11,4	1,9-11,8
W-Gerste^a	72	53-117	30,3	24,0-63,3
W-Erbsen^a	38	21-44	0,2	3,4-6,7
W-Roggen	-	89-144	-	28,8-57,7
S-Erbsen	19-43	19-77	4,3-16,7	4,9-37,8
Lupine	11-44	15-60	3,4-17,4	6,3-30,9
S-Weizen	43-111	71-113	14,8-48,5	28,4-57,5
Öllein	9-60	8-43	1,7-11,7	1,5-16,9
Leindotter	9-56	23-56	0,3-14,4	6,9-21,8
S-Raps^b	-	-	-	0,35
Saflor	45-67	27-106	7,8-8,0	6,2-26,3
Senf	4-103	26-72	0,5-11,9	3,4-18,2

^a2004 nur in Trenthorst, ^b2005 aufgrund von starkem Schädlingsbefall nur in Pfaffenhofen beerntbar

Maximalerträge von Winterraps sind durch den starken typischen Schädlingsbefall im ökologischen Landbau bedingt (KÜHNE et

al. 2006). Die schlechten Erträge bei der Wintererbse in Reinsaat sind auf die mangelhafte Stabilität dieser Kultur in Reinsaat zurückzuführen. Die Bestände gingen frühzeitig in Lager und es kam zu fast vollständigen Ausfallverlusten. Wintererbsen zur Körnernutzung werden daher typischerweise mit einer Stützfrucht ausgesät (VOGT-KAUTE 2004). Beim Sommerraps kam es durch den starken Rapsglanzkäferbefall an allen Standorten zu nahezu vollständigem Blüten- und Schotenverlust. Ein erneutes Austreiben der Pflanzen und die Reifeverzögerung machten eine Beerntung der Reinsaatparzellen unmöglich. Die Parzellen mit Mischfruchtanbausystemen mit Sommerraps reiften ebenfalls nicht gleichmäßig ab. Die Parzellen mit Erbsen und Sommerraps wurden entsprechend dem Reifezeitpunkt der Erbsen beerntet.

3.1.1 Erträge der Mischfruchtanbausysteme mit Winterraps

Winterraps und Gemenge mit Winterraps wurden 2004 nur auf den Standorten in Trenthorst und Gülzow ausgedrillt. Der Bestand in Gülzow wurde aufgrund unzureichender Nachwinterentwicklung vollständig umgebrochen. 2005 wurde in den Versuchen die Variante Winterraps x Sommererbsen durch die Variante Winterraps x Winterroggen ersetzt, da sich die nachgesäten Sommererbsen im Winterraps nicht etablieren konnten (Abb.1, Winterraps x Sommererbsen). Im Jahr 2004 entwickelten sich auch die übrigen nachgesäten Mischsaaten zwischen den Rapsreihen schlecht. Zum einen war nach der ersten Hacke nur eine schlechte Saatbettbereitung zwischen den Reihen möglich, zum anderen wurden die Kulturen vom üppigen Raps stark unterdrückt. 2005 wurde daher keine zeitversetzte Saat mehr durchgeführt und die Mischfrüchte in 2005 auf allen Standorten Ende August, gleichzeitig mit dem Winterraps, ausgesät. Sichtbar wird der Effekt der Bewirtschaftungsänderung am Wintergerstenertrag beim Mischfruchtanbau mit Winterraps in Trenthorst

2004 (Abb. 1 Winterraps x Wintergerste). Die Gerste weist hier im Gegensatz zur Reinsaat und im Gegensatz zum Verfahren mit zeitgleicher Saat in 2005 nur eine sehr geringe Biomassebildung auf und wird vom Winterraps dominiert. In 2005 ist die Gerste in der Mischung deutlich durchsetzungsfähiger.

Die Winterrapsenerträge wurden in allen Versuchen stark durch Insektenbefall beeinflusst (vgl. Abschnitt zum Schädlingsbefall in diesem Band). In Wilmersdorf, Gülzow und Pfaffenhofen waren die Reinsaatparzellen durch die Witterungsbedingungen ohnehin nur unzureichend entwickelt. Betrachtet man die Entwicklung des Winterrapses in den Mischfruchtvarianten (Abb. 1), so zeigt sich, dass dort in der Regel niedrigere Rapsenerträge als in der Reinsaat erzielt wurden. Ein derartiger Effekt kann schon in der Reduzierung der Saatstärke des Rapses im Mischfruchtanbau um 50 % auf 35 Körner pro m² begründet sein. Interpretationen zu Effekten des Mischfruchtanbaus auf den Ertrag sind aufgrund der hohen Ernteauffälle durch den Schädlingsbefall jedoch kaum zu liefern.

Eine höhere Flächenproduktivität gemessen am relativen Gesamtertrag (RYT) des Mischfruchtanbaus wurde durch die Mischung aus **Winterraps** und **Wintergerste** in Trenthorst nicht erzielt (Tab. 3).

Tab. 3: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Winterraps mit Wintergerste an den Versuchsstandorten

RYT	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	0,71	0,71	0,70
TRT 05	0,68	0,82	0,73
WIL 04	-	-	-
WIL 05	1,17	1,86	1,78
PFA 04	-	-	-
PFA 05	1,27	1,44	1,50
GLZ 04	-	-	-
GLZ 05	0,62	0,64	0,64

RYT- Werte über 1 wurden in Wilmersdorf erreicht. Hier konnte sich die Gerste im Mischfruchtanbau nicht etablieren. Der ohnehin geringe Ertrag des Rapses in

Reinsaat an Korn und vor allem an Stroh wurde durch den Rapsertag im Mischfruchtanbau übertroffen (Abb. 1). Der Raps im Mischfruchtanbau weist schon dadurch einen relativen Ertrag gegenüber der Reinsaat (RY-Wert) größer 1 auf. In Pfaffenhofen betragen die Winterraps- und Wintergerstenerträge im Mischfruchtanbau jeweils mehr als 50 % des Reinsaatertages, so dass auch hier eine erhöhte Flächenproduktivität des Mischfruchtanbaus auftrat.

Beim Mischfruchtanbau von **Winterraps** mit **Wintererbsen** winternten die Wintererbsen in Gülzow aus. In Trenthorst waren sie in Mischung mit Raps nur lückig vorhanden. In Pfaffenhofen wurden in Mischung mit Raps höhere Wintererbsen Erträge erzielt, als in der Reinsaat. Die Pflanzen wurden durch den Raps gestützt, gingen vor der Ernte nicht ins Lager und konnten daher verlustfrei beerntet werden. Die Flächenproduktivität beim Mischfruchtanbau von Winterraps mit Wintererbsen in Wilmersdorf und Pfaffenhofen wurde vor allem im Vergleich zur Winterraps Reinsaat deutlich gesteigert, dies allerdings auf niedrigem Ertragsniveau (Abb. 1). Es wurden RYT-Werte von über 2 erreicht (Tab. 4). Die ohnehin niedrigen Winterrapsertäge wurden durch die Wintererbsenerträge ergänzt. In Wilmersdorf wurde

Tab. 4: Relativerträge (RY) der Komponenten des Mischfruchtanbaus (in Klammern) sowie relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Winterraps mit Wintererbsen an den Versuchsstandorten

WRWE	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	(0,6/0,5) 1,14	(0,8/0,1) 0,85	(0,8/0,1) 0,85
TRT 05	(0,6/0,1) 0,76	(0,8/0,1) 0,86	(0,8/0,1) 0,84
WIL 04	-	-	-
WIL 05	(1,6/0,8) 2,38	(2,0/0,4) 2,39	(1,9/0,5) 2,40
PFA 04	-	-	-
PFA 05	(0,6/2,8) 3,35	(0,6/1,4) 2,04	(0,6/1,6) 2,25
GLZ 04	-	-	-
GLZ 05	-	-	-

in Klammern: RY von (Winterraps/Wintererbsen)
RY=Ertrag Mischkultur/Ertrag Reinkultur

von den Wintererbsen im Mischfruchtanbau bei geringerer Aussaatstärke und deutlich

geringerer Biomassebildung 80 % des Kornetrags im Vergleich zur Reinsaat erzielt (Tab. 4, RY-Werte). Das Ergebnis bestätigt, dass Vorernte- und Ernteverluste bei Wintererbsen bei gelungenem Mischfruchtanbau durch die Stützwirkung vermindert werden können.

Der **Winterroggen** in Reinsaat erzielte auf allen Standorten gute Erträge. In Mischung mit Winterraps unterdrückte der Roggen in Trenthorst, Pfaffenhofen und Gülzow den Raps deutlich. In Wilmersdorf konnte sich der Roggen zwischen den Rapsreihen nur schlecht etablieren und erzielte geringe Erträge. (Abb. 1). In Pfaffenhofen hatte der Roggen im Gemenge 80 % des Ertrags des Roggens in Reinsaat. Trotz unzureichender Entwicklung des Rapses in der Mischung wurden daher hohe RYT-Werte erzielt (Tab. 5). Die hohen RYT-Werte in Wilmersdorf sind darauf zurückzuführen, dass in der Mischung mit Roggen mehr Raps als in der Reinsaat geerntet wurde. Dies allerdings auf äußerst geringem Ertragsniveau.

Tab. 5: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Winterraps mit Winterroggen an den Versuchsstandorten

RYT	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	-	-	-
TRT 05	0,68	0,78	0,75
WIL 04	-	-	-
WIL 05	1,18	1,47	1,07
PFA 04	-	-	-
PFA 05	1,16	0,99	1,06
GLZ 04	-	-	-
GLZ 05	0,83	0,99	0,90

3.1.2 Erträge des Mischfruchtanbaus von Ölsaaten mit Leguminosen

Bei den Versuchen zum Mischfruchtanbau von Erbsen und Lupinen mit Ölsaaten wurden die Standortunterschiede erneut sehr deutlich. In Trenthorst und Pfaffenhofen entwickelten sich die Rein- und Mischfruchtbestände aufgrund der besseren Standortbedingungen und der gleichmäßigeren Niederschlagsverteilung in der Regel besser. In Pfaffenhofen trat 2004 eine massi-

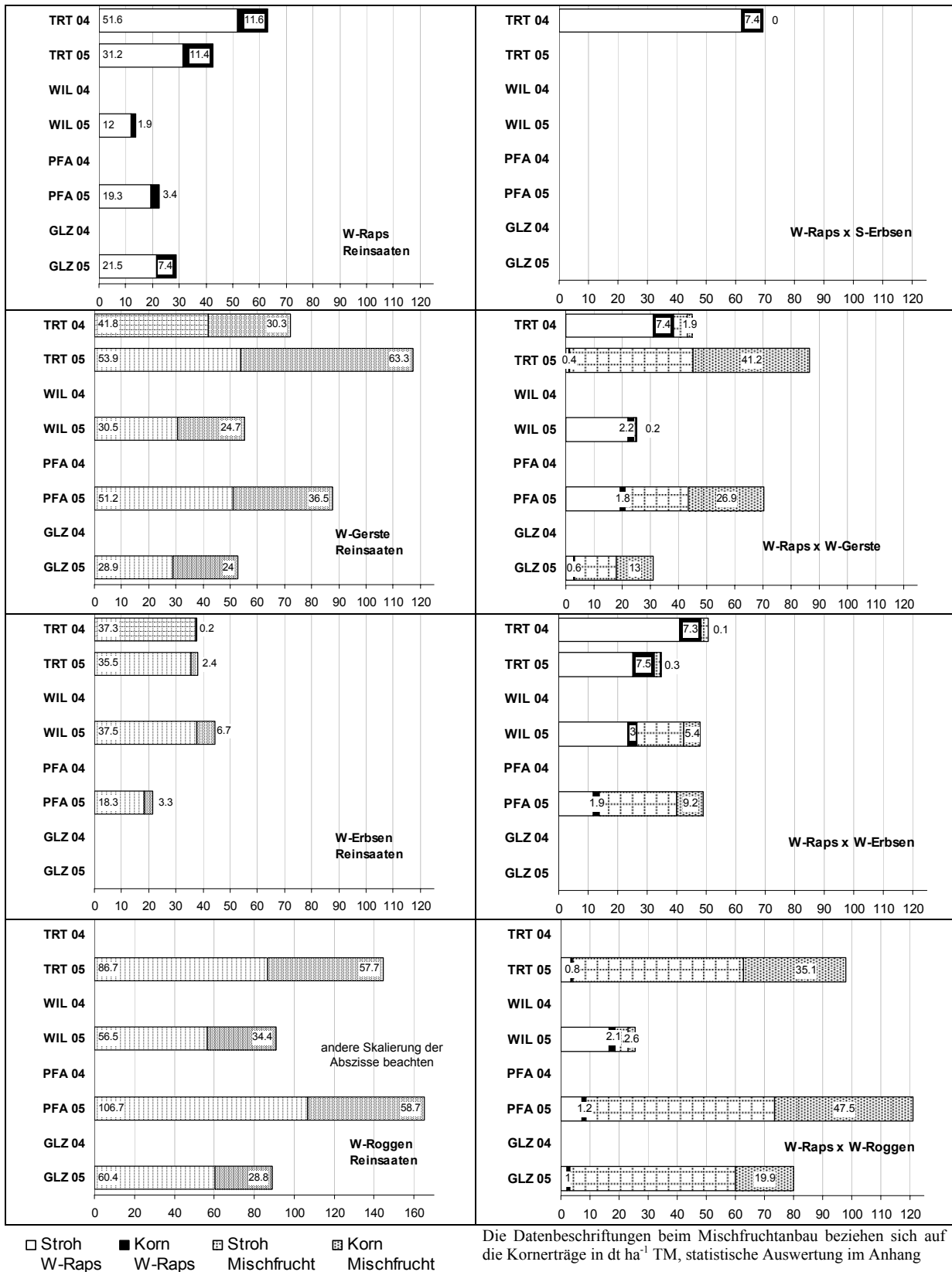


Abb. 1: Biomasseerträge [dt ha⁻¹ TM] der Gemenge aus Winterraps (W-Raps) mit Getreide und Leguminosen sowie deren Reinsaaten in Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA) und Gülzow (GLZ) 2004 und 2005, TM=Trockenmasse

ve Verunkrautung mit Kamille auf, die die Entwicklung der Pflanzen deutlich behinderte. Besonders die Lupinen in Reinsaat konnten sich daher in diesem Jahr dort nur schwer etablieren (Abb. 3). Die Erbsen wurden in Trenthorst und Gülzow besonders 2004 in Misch- und Reinanbau stark von Blattläusen befallen. Dadurch kam es zu deutlichen Einbußen im Kornertrag. Die vegetative Entwicklung der Pflanzen war dort normal.

Bei den Ölsaaten in Reinsaat etablierte sich der **Leindotter** an allen Standorten gleichmäßig, jedoch passend zum Jahresertragsniveau. Auffällig ist die besonders gute Entwicklung des Leindotters, aber auch des Senfs, in Reinsaat und Gemengen in Wilmersdorf 2004 (Abb. 2).

Senf fällt durch seine vergleichsweise hohe Biomassebildung auf. Die Kornerträge wurden in Wilmersdorf 2005, Trenthorst 2004 und in Pfaffenhofen 2005 stark durch den Rapsglanzkäferbefall gemindert (Abb. 2). In Gülzow konnten sich 2004 aufgrund von Trockenheit und starker Verunkrautung bei Senf und Leindotter nur sehr schwache Pflanzen ausbilden.

Der **Safflor** fiel dort 2004, wie auch in Pfaffenhofen, komplett aus. Auf den übrigen Standorten konnte sie sich in den Reinsaatvarianten mit relativ hohen Biomasseerträgen durchsetzen (Abb. 3).

Sommerraps in Reinsaat und im Mischfruchtanbau mit Erbsen wies auf den Standorten Trenthorst 2004 und 2005, in Wilmersdorf 2004 und in Pfaffenhofen 2005 eine gute Biomasseausbildung auf (Abb. 2). In Gülzow lief der Sommerraps in beiden Jahren, ebenso wie in Wilmersdorf 2005 und Pfaffenhofen 2004, nur schwach auf und wurde dort vom Rapserrdfloh zusätzlich deutlich geschädigt. Die Blüten des Sommerrapses wurden in allen Jahren komplett von Rapsglanzkäfern vernichtet. Die verbleibenden vegetativen Teile der Sommerrapses verzweigten sich immer weiter und reiften extrem spät ab. Sie konnten nicht mehr maschinell beerntet

werden. Bei der Reinsaat war allerdings nur in Pfaffenhofen 2005 eine Biomassebestimmung möglich.

Beim Mischfruchtanbau von **Erbsen mit Leindotter** wurden, verglichen mit den Reinsaat, höhere Flächenproduktivitäten gemessen am RYT-Wert erzielt (Tab. 6).

Tab. 6: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Erbsen mit Leindotter an den Versuchsstandorten und im Vergleich verschiedener Saatverfahren (Werte in Klammern Erbsen mit Leindotterbreitsaat, sonst: alternierende Reihen)

ELD	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	(1,20) 0,99	(1,36) 1,17	(1,30) 1,12
TRT 05	(1,22) 1,17	(1,19) 0,89	(1,21) 1,04
WIL 04	1,36	1,09	1,16
WIL 05	1,27	1,25	1,24
PFA 04	(1,76) 2,13	(2,06) 2,37	(1,97) 2,31
PFA 05	(1,14) 1,21	(1,11) 1,14	(1,15) 1,18
GLZ 04	4,54	1,39	1,54
GLZ 05	1,15	1,62	1,56

Der Vergleich der Saatverfahren Erbse-Leindotter in alternierenden Reihen und Erbse mit Leindotter in Breitsaat zeigt deutlich, dass das verbesserte Standortangebot für den Leindotter beim Saatverfahren mit alternierenden Reihen zu besserer Entwicklung und höheren Kornerträgen führt. Die Erbsenerträge gehen jedoch zurück (Tab. 7).

Tab. 7: Vergleich der Korn- und Stroherträge [dt ha⁻¹ TM] bei verschiedenen Saatverfahren des Mischfruchtanbaus von Erbsen und Leindotter sowie mit denen des Reinanbaus der beiden Kulturen, Mittelwerte aus Trenthorst und Pfaffenhofen 2004 und 2005

Saatverfahren	Korn		
	Erbse	Leindotter	Gesamt
Breitsaat	23,5 a	4,7 c	28,3 a
Reihen alternierend	18,9 b	7,8 b	26,6 a
Reinsaat	24,8 a	12,6 a	24,8 a ⁺
F-Test	**	***	ns
Stroh			
Breitsaat	23,9 b	14,0 c	37,9 a
alternierende Reihen	21,7 b	18,7 a	40,4 a
Reinsaat	31,9 a	16,9 b	31,9 b ⁺
F-Test	***	***	***

mit: *** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05, ns = P ≥ 0,05, ⁺ = Reinsaat Erbsen, Mittelwertvergleich nach ANOVA, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (LSD_{5%})

Mit der Erbsen-Reinsaat lassen sich die höchsten Erbsenerträge erzielen, jedoch liegt der Gesamt-Kornertrag bei den Erbsen-Leindotter-Gemengen in der gleichen Höhe. Die Strohbildung ist, bedingt durch das Leindotterstroh, in den Gemengen deutlich höher als in der Erbsenreinsaat. Bei Betrachtung der einzelnen Standorte in den zwei Erntejahren war die beschriebene Ertragsstruktur zum Teil weniger deutlich ausgeprägt, aber vorhanden (Abb. 2).

Beim Mischfruchtanbau von **Erbsen und Senf** zeigte sich die hohe Konkurrenzfähigkeit des Senfs deutlich. Die Erbsen entwickelten sich gemeinsam mit Senf deutlich schwächer. Besonders in Trenthorst und Pfaffenhofen, an denen gute Erbsenerträge in der Reinsaat erzielt werden konnten, ist dieser Effekt deutlich (Abb. 2). Durch den Rapsglanzkäferbefall kam es beim Senf zum Teil zu starken Einbußen beim Kornertrag. Die Biomassebildung des Senfs war an den Standorten im Vergleich zur Reinsaat und zur Entwicklung der Erbsen stets üppig (Abb. 2). In Wilmersdorf 2004 wurden die Erbsen vollständig vom Senf verdrängt. Die Flächenproduktivitäten des Mischfruchtanbaus von Erbsen und Senf im Vergleich zu den Reinsaaten lagen trotzdem meist über 100 % (Tab. 8).

Tab. 8: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Erbsen mit Senf an den Versuchsstandorten

RYT	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	0,95	1,08	1,00
TRT 05	1,08	1,37	1,25
WIL 04	0,70	0,92	0,91
WIL 05	1,13	1,38	1,33
PFA 04	1,32	1,25	1,26
PFA 05	1,18	1,25	1,25
GLZ 04	1,04	1,80	1,70
GLZ 05	0,21	1,19	0,99

Beim Mischfruchtanbau von **Erbsen mit Sommerraps** waren beim Sommerraps durch den Rapsglanzkäferbefall nahezu keine Kornerträge möglich. Die Parzellen waren zum Teil nicht maschinell zu beer-

ten, da der Sommerraps nicht abreifte. Die Reinsaaten wurden nur in Pfaffenhofen 2005 per m²-Schnitt beerntet. Die Gemenge in Trenthorst und Pfaffenhofen etablierten sich bis zur Blüte normal und lassen Schlüsse über die Kombinationseffekte auf die Erbsen zu. Deutlich wird, dass Sommerraps und Senf viel Biomasse bildet und der Erbsenertrag im angewandten Mischfruchtanbauverfahren im Vergleich zur Reinsaat vermindert ist. Jedoch sind, im Gegensatz zu den Versuchen mit Senf, bei Erbsen in Mischung mit Sommerraps noch interessante Erträge möglich. Als Grund dafür kann die langsamere Jugendentwicklung des Sommerrapses im Vergleich zum Senf angenommen werden, die eine bessere Entwicklung der Erbsen zu Wachstumsbeginn ermöglicht.

Beim Mischfruchtanbau von **Lupinen mit Leindotter** sanken die Korn- und Stroherträge der Lupine im Vergleich zur Reinsaat ab, wenn der Leindotter sich gut etablierte (Abb. 3). Besonders deutlich wurde dies in Trenthorst. Hier verminderten sich die Korn- und Stroherträge der Lupinen auf ca. die Hälfte. Dies ist nicht nur auf die Reduzierung von Aussaatstärke und Reihenzahl im Mischfruchtanbau zurückzuführen, denn die Lupinerträge bei schlechter Leindotterentwicklung an den Standorten Pfaffenhofen 2005 und Gülzow 2004 sanken im Vergleich zur Reinsaat weniger stark ab. Durch den Leindotter kam es vor allem in Trenthorst zu ausgeprägten Verdrängungsprozessen der allgemein konkurrenzschwachen Lupine (KOLBE et al. 2002). Auf allen Standorten war durch den Mischfruchtanbau mit Leindotter ein deutlicher Ertragszuwachs an Biomasse gegeben (Abb. 3). Dieser Effekt war besonders klar in Wilmersdorf zu erkennen, wo die Lupinerträge in Reinsaat auf niedrigem Niveau lagen. Durch die Mischsaat mit Leindotter wurden hier die Flächenerträge im Vergleich zur Lupinenreinsaat sehr deutlich erhöht.

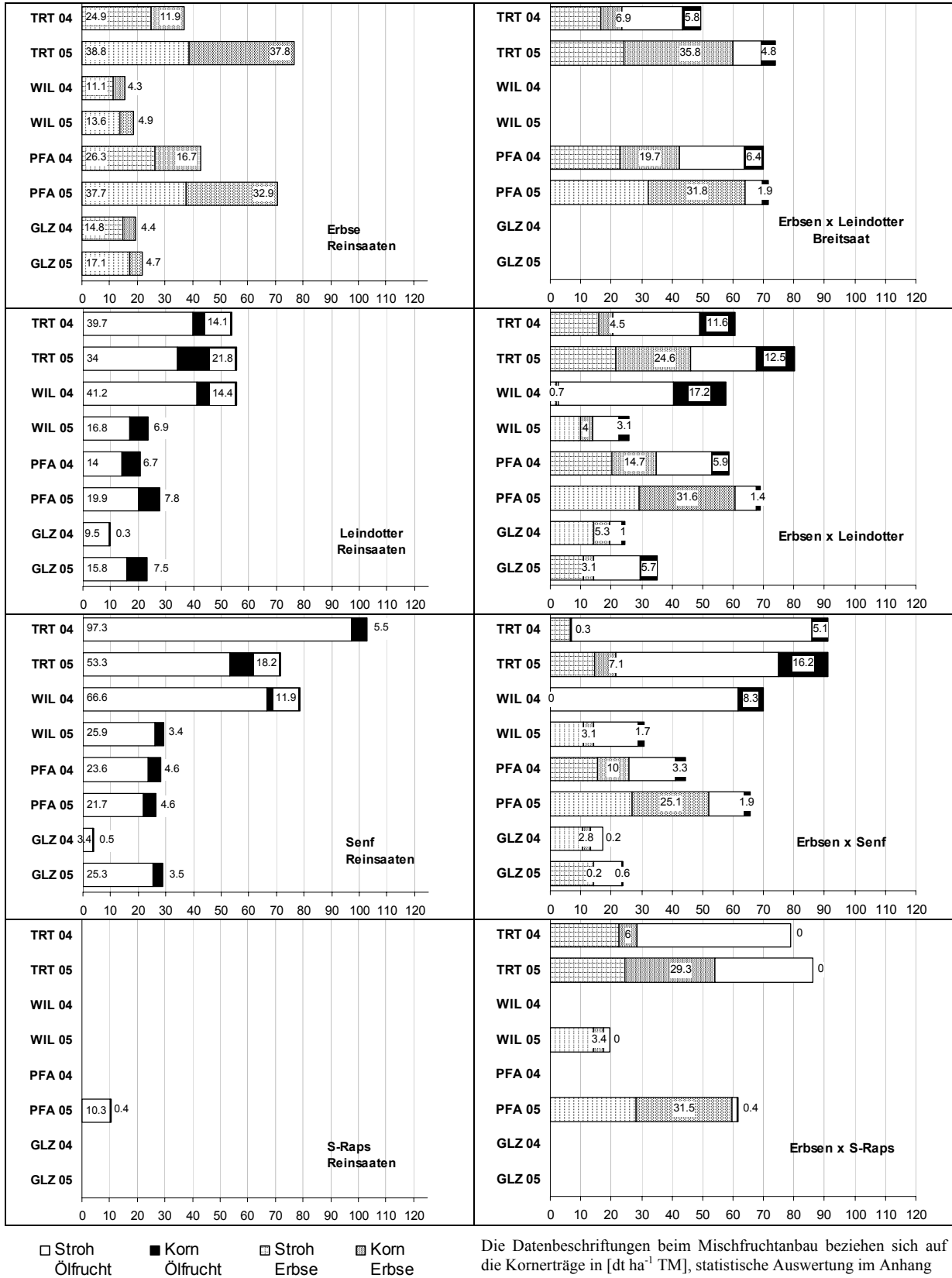


Abb. 2: Biomasseerträge [dt ha⁻¹ TM] der Gemenge aus Erbsen mit verschiedenen Ölf Früchten sowie deren Reinsaaten in Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA) und Gülzow (GLZ) 2004 und 2005, TM=Trockenmasse

In Pfaffenhofen wurden 2004 im Mischfruchtanbau von Lupinen und Leindotter von den Lupinen höhere Korn- und Stroherträge erzielt als in der Lupinenreinsaat. Grund war die starke Verunkrautung der Reinsaatparzellen mit Kamille, die in den Mischungen durch den Leindotter zurückgedrängt wurde. Dort herrschten dann offensichtlich günstigere Wachstumsbedingungen für die Lupine. Beim Mischfruchtanbau von Lupine mit Leindotter kam es fast durchweg zu einer Erhöhung der Flächenproduktivität gemessen am RYT (Tab. 9).

Tab. 9: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Lupinen mit Leindotter an den Versuchsstandorten

RYT	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	1,20	1,29	1,24
TRT 05	1,06	1,14	1,10
WIL 04	2,33	1,18	1,49
WIL 05	1,18	1,28	1,24
PFA 04	1,91	3,47	3,27
PFA 05	0,93	1,12	1,04
GLZ 04	3,35	1,24	1,33
GLZ 05	1,29	1,41	1,38

Beim Mischfruchtanbau von **Lupine und Saflor (=Färberdistel)** wurden die Lupinerträge auf allen Standorten im Vergleich zur Lupinenreinsaat deutlich gemindert. Der Aufwuchs der Parzellen ist bis zur Schossphase sehr homogen, da die Lupinen sich durch die späte und langsame Jugendentwicklung des Saflors noch normal entwickeln können. Nach der Lupinenblüte weist Saflor jedoch ein rasantes Massenzwachstum auf und unterdrückt die Lupinen. Zudem lagen Blüte und Reife des Saflors an den Versuchsstandorten ca. 3 Wochen nach der der Blauen Lupine, so dass durch aufplatzende Hülsen auch Ernteverluste bei den Lupinen auftreten. Die Versuche zum Mischfruchtanbau von Lupinen und Saflor werden daher mit später reifenden Lupinentypen fortgesetzt. Saflor wies in den Mischfruchtvarianten, verglichen mit der Reinsaat, jedoch hohe Erträge auf (Abb. 3). Die Flächenproduktivität des Anbauverfahrens gemessen am RYT lag bis auf den

Standort Wilmersdorf 2005 und den Korn-ertrag in Gülzow 2004 über 100 % (Tab. 10).

Tab. 10: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Lupinen mit Saflor an den Versuchsstandorten

RYT	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	1,14	1,43	1,32
TRT 05	1,05	1,01	0,98
WIL 04	1,23	1,27	1,27
WIL 05	0,69	0,81	0,77
PFA 04	-	-	-
PFA 05	1,27	1,10	1,13
GLZ 04	-	-	-
GLZ 05	0,86	1,28	1,06

3.1.3 Erträge des Mischfruchtanbaus von Ölsaaten mit Sommerweizen und untereinander

Die Versuche zum Mischfruchtanbau von Sommerweizen mit Öllein oder Leindotter bzw. zum Mischfruchtanbau von Öllein mit Leindotter wiesen über die Jahre an allen Standorten die stabilsten Erträge auf. In Gülzow 2005 lief der Öllein im Rein- und Mischanbau nicht auf, die Parzellen wurden nicht beerntet. **Sommerweizen** dominiert sowohl Leindotter als auch Öllein im Mischfruchtanbau sehr deutlich. Die Kornerträge des Sommerweizens im Mischfruchtanbau betragen zwischen 60 und 80 % der Reinsaat-erträge an den Standorten (Abb. 4). Die im Versuchsdesign gewählte Absenkung der Saatstärken und Änderung der Standraumverhältnisse im Mischfruchtanbau gegenüber der Reinsaat ist bei der Interpretation der Ergebnisse erneut zu beachten. Bei den relativen Flächenenerträgen zeigt sich, dass die **Sommerweizen-Leindotter-Gemenge** gemessen am RYT-Wert Flächenproduktivitäten aufweisen, die nur in Einzelfällen deutlich über 1 liegen (Tab. 11).

Beim Mischfruchtanbau von **Sommerweizen mit Öllein** wies der Öllein an den Standorten nur ein Kornertragsniveau zwischen 0,6 und 2,8 dt ha⁻¹ auf (Abb. 4). Obwohl sich der Öllein zwischen den Weizenreihen zu Vegetationsbeginn gut etablieren konnte, wurden in Mischfruchtanbau im weiteren Verlauf an den Standorten

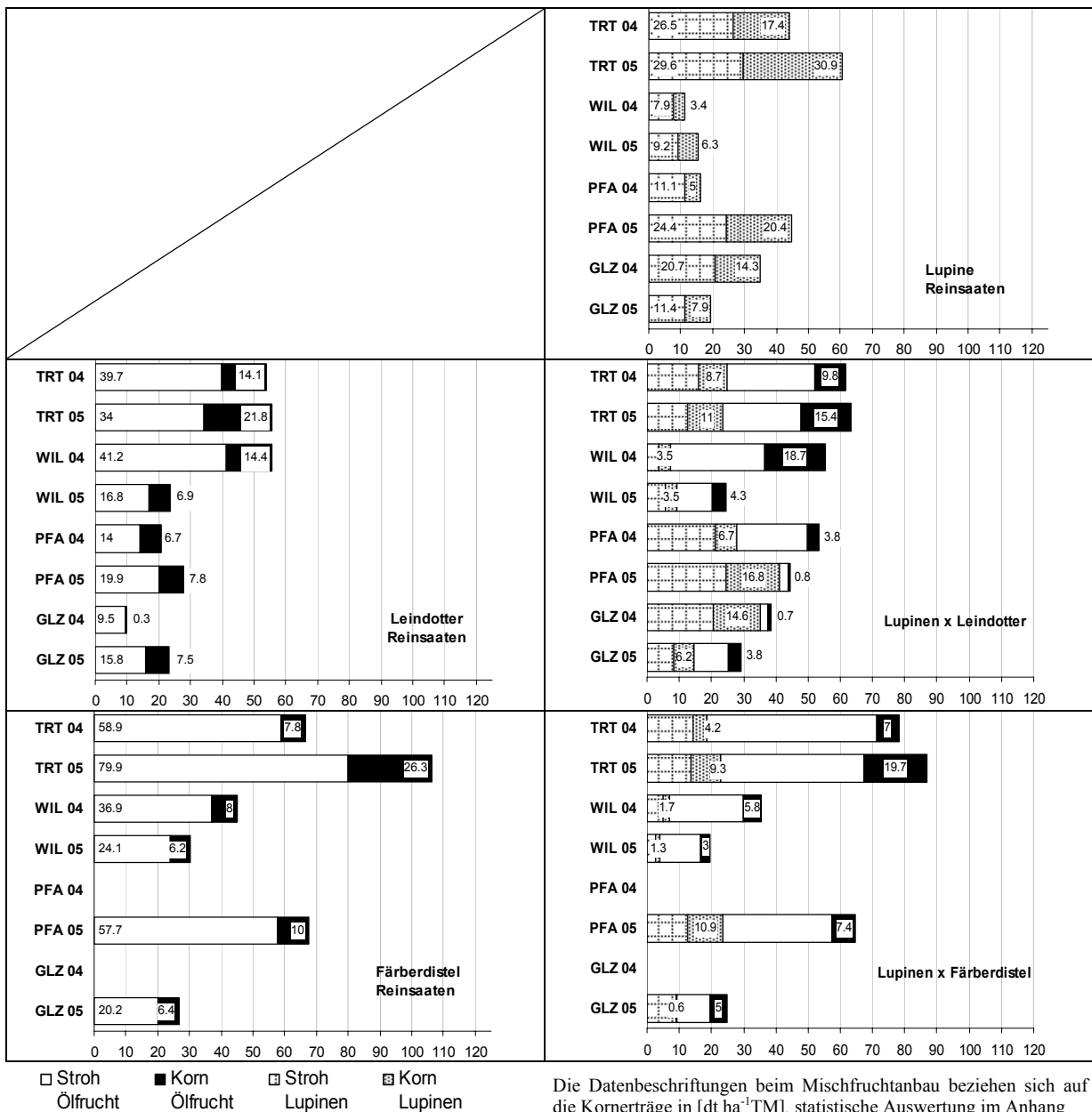


Abb. 3: Biomasseerträge [dt ha⁻¹ TM] der Gemenge aus Lupinen mit Saflor oder Leindotter sowie deren Reinsaaten in Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA) und Gülzow (GLZ) 2004 und 2005, TM=Trockenmasse

Trenthorst und Wilmersdorf 2004 im Vergleich zur Reinsaartvariante nur 10 % bzw. 20 % des Biomasseertrages gebildet. An diesen beiden Standorten wurden in Reinsaart durchaus gute Ölleinerträge erzielt. Die Flächenproduktivität des Mischfruchtanbaus von Sommerweizen mit Öllein gemessen am RYT war nur in Pfaffenhofen deutlich erhöht

(Tab. 12).

Beim Mischfruchtanbau von **Öllein und Leindotter** ist der Leindotter oft auf dem Ertragsniveau der Leindotterreinsaart am Standort und lässt nur bei sehr schwacher Entwicklung Ölleinerträge zu, die in die Nähe der Reinsaaterträge am Standort kommen (Abb. 4). In Studien zum Konkur-

renzverhalten des Leindotters in Öllein wurden ebenfalls deutliche Ertragsminderungen beim Öllein bei Verunkrautung mit Leindotter-Arten nachgewiesen (BALSCHUN und JACOB 1972, GRIMME 1958). Am stark mit Kamille verunkrauteten

Tab. 11: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn-, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Sommerweizen mit Leindotter an den Versuchsstandorten

RYT	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	1,14	1,03	1,06
TRT 05	1,04	1,12	1,08
WIL 04	1,28	1,04	1,08
WIL 05	0,87	0,81	0,84
PFA 04	1,20	1,77	1,59
PFA 05	0,92	1,01	1,00
GLZ 04	4,72	1,10	1,27
GLZ 05	0,95	0,96	0,97

Tab. 12: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Sommerweizen mit Öllein an den Versuchsstandorten

RYT	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	0,86	0,99	0,95
TRT 05	1,01	1,09	1,06
WIL 04	0,97	1,00	0,97
WIL 05	0,93	0,98	0,96
PFA 04	1,14	1,19	1,18
PFA 05	1,17	1,39	1,31
GLZ 04	1,06	1,01	1,01
GLZ 05	-	-	-

Tab. 13: Relative Gesamterträge (RYT) von Korn, Stroh und Biomasse des Mischfruchtanbaus von Öllein mit Leindotter an den Versuchsstandorten

RYT	Korn	Stroh	Biomasse
TRT 04	1,10	1,15	1,14
TRT 05	1,14	1,21	1,18
WIL 04	1,27	0,95	1,04
WIL 05	1,39	1,20	1,24
PFA 04	1,57	1,93	1,78
PFA 05	0,85	0,90	0,89
GLZ 04	5,98	1,35	1,55
GLZ 05	-	-	-

Standort Pfaffenhofen erbrachte das Gemenge aus Öllein und Leindotter in 2004 deutlich höhere Erträge als die Öllein- bzw. Leindotter Reinsaaten. Am Standort Gülzow waren beide Gemengepartner schwach entwickelt, wiesen aber beide ein ähnliches Ertragsniveau wie in der Reinsaat auf. Die

RYT-Werte des Mischfruchtanbaus sind daher an diesen Standorten besonders deutlich erhöht (Tab. 13). Es wird jedoch aus diesem Gemenge an allen Standorten überwiegend Leindotter geerntet.

4 Diskussion

Die Erträge der Mischfruchtanbausysteme waren in der Projektlaufzeit an den Standorten aufgrund von Witterungsbedingungen und Schädlingsbefall insgesamt sehr uneinheitlich. Die Mischung aus Saflor und blauer Lupine war in Bezug auf eine gleichmäßige Abreife kritisch zu sehen. Hier sollten weitere Untersuchungen hinsichtlich der Sorten und Standorteignung durchgeführt werden. Die Mischung von Erbse mit Sommerraps war aufgrund von Schädlingsbefall und Wiederaustrieb schwer zu beernten, da viele grüne Rapsstängel die Ernte behinderten. Die übrigen Mischungen zeigten vertretbare Unterschiede bei der Erntereife. Sie konnten verlustarm gemeinsam geerntet werden. Auf witterungsbedingte Probleme an einzelnen Standorten wurde hingewiesen.

Bei der Interpretation der Ernteergebnisse muss berücksichtigt werden, dass in den Versuchen die Mischkulturen in alternierenden Reihen ausgebracht wurden. Bei allen Mischungen, außer beim Gemenge von Erbsen und Leindotter, wurden die Saatstärken gegenüber der Reinsaat reduziert. In allen Mischbauvarianten konnte daher kein dem Reinanbau der jeweiligen Kultur gleichwertiger absoluter Ertrag erwartet werden. Die Betrachtung der Relativerträge gemessen als RYT zeigt jedoch, dass überwiegend Effizienzgewinne durch den Mischfruchtanbau stattgefunden haben (Tab. 14).

Die absoluten Kornerträge der Mischungspartner fallen in den Mischungen gegenüber ihren Reinsaaten fast immer ab (Tab. 15). Nur in Einzelfällen ist das Gemenge auch absolut ertragreicher als die Einzelkomponenten in Reinkultur. Jedoch erzielten zahlreiche Komponenten mehr als 50 % des Ertrages der Reinkultur. Da aber zwei Hektar Anbaufläche für die zwei Reinsaaten benö-

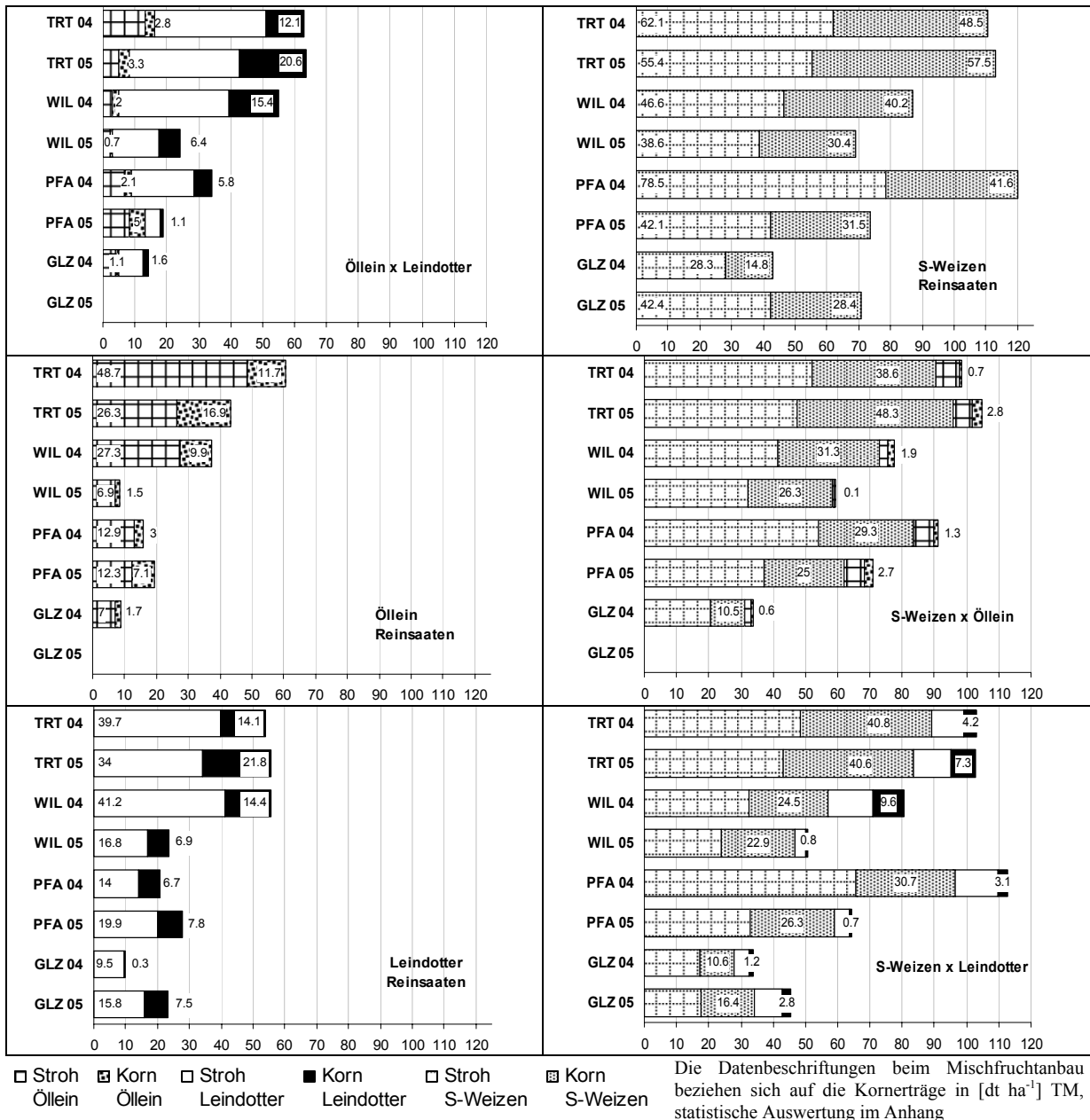


Abb. 4: Biomasseerträge [dt ha⁻¹ TM] der Gemenge aus Sommerweizen mit Öllein oder Leindotter und Öllein mit Leindotter sowie deren Reinsaaten in Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA), Gülzow (GLZ) 2004 und 2005, TM=Trockenmasse

tigt werden, müssen die Erträge der Mischfruchtanbausysteme zum Vergleich ebenfalls für zwei Hektar berechnet werden. Errechnet man die auf zwei Hektar erzeugten Erntemengen für das Versuchsmittel über alle Standorte und Jahre zeigt sich, dass in den meisten Mischfruchtanbausystemen von den in Mischung angebauten Leguminosen oder Getreidearten auch in absoluten Zahlen mehr Menge erzeugt wird. Auch bei vielen Ölsa-

ten stehen durch den Mischfruchtanbau bei gleichem Flächenverbrauch wie im Reinanbau der Mischungspartner höhere Erntemengen zur Verfügung (Abb. 5). Daran zeigt sich, dass, wenn Ölsaaten produziert werden sollen, ein Mischfruchtanbau sinnvoll ist. Das hohe Ertragsrisiko der Ölsaaten kann auf diese Weise vermindert und die mittleren Flächenerträge gesteigert werden.

Tab. 14: RYT-Werte des Kornertrags der Mischkulturen mit Ölsaaten >1 oder <1 an den Standorten (Zusammenfassung)

	TRT		WIL		PFA		GLZ	
	04	05	04	05	04	05	04	05
WRWG	<1	<1	-	>1	-	>1	-	<1
WRWRo	-	<1	-	>1	-	>1	-	<1
WRWE	>1	<1	-	>1	-	>1	-	-
ELD	<1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1
ELDbreit	>1	>1	-	-	>1	>1	-	-
ESR	<1	<1	<1	<1	<1	>1	<1	<1
EWS	<1	>1	<1	>1	>1	>1	>1	<1
LuLD	>1	>1	>1	>1	>1	<1	>1	>1
LuFD	>1	>1	>1	<1	-	>1	-	<1
SWLD	>1	>1	>1	<1	>1	<1	>1	<1
SWOL	<1	>1	<1	<1	>1	>1	>1	-
OLLD	>1	>1	>1	>1	>1	<1	>1	-

Tab. 15: Mittlere Kornerträge^a der Komponenten der Mischkulturen mit Ölsaaten sowie derer Reinsaat und Summe des Mischfruchtertrages (MFE) [dt ha⁻¹ TM] über alle Standorte und Jahre

	Ölsaaten		Zweitkultur		Summe MFE
	Rein	Misch	Rein	Misch	
WRWG	7,2	2,5	35,8	19,1	21,6
WRWRo	6,1	2,3	44,9	26,3	27,5
WRWE	7,2	4,9	3,2	3,7	8,7
ELD	11,0	7,5	14,7	11,2	18,7
ELDb	12,6	4,7	24,8	23,5	28,3
ESR	0,4	0,4	14,7	17,6	18,0
EWS	6,3	4,5	14,7	7,0	11,5
LuLD	11,0	7,5	14,1	9,1	16,6
LuFD	10,8	8,0	14,1	4,7	12,7
SWLD	11,0	3,7	36,6	26,6	30,3
SWOL	7,4	1,4	36,6	29,9	31,4
OLLD ^b	7,4	2,4	11,0	8,9	11,4

^aFett: Ertrag der einzelnen Kultur im Mischfruchtanbau > 50% des Ertrages des Reinanbaus ^bÖlsaat hier LD

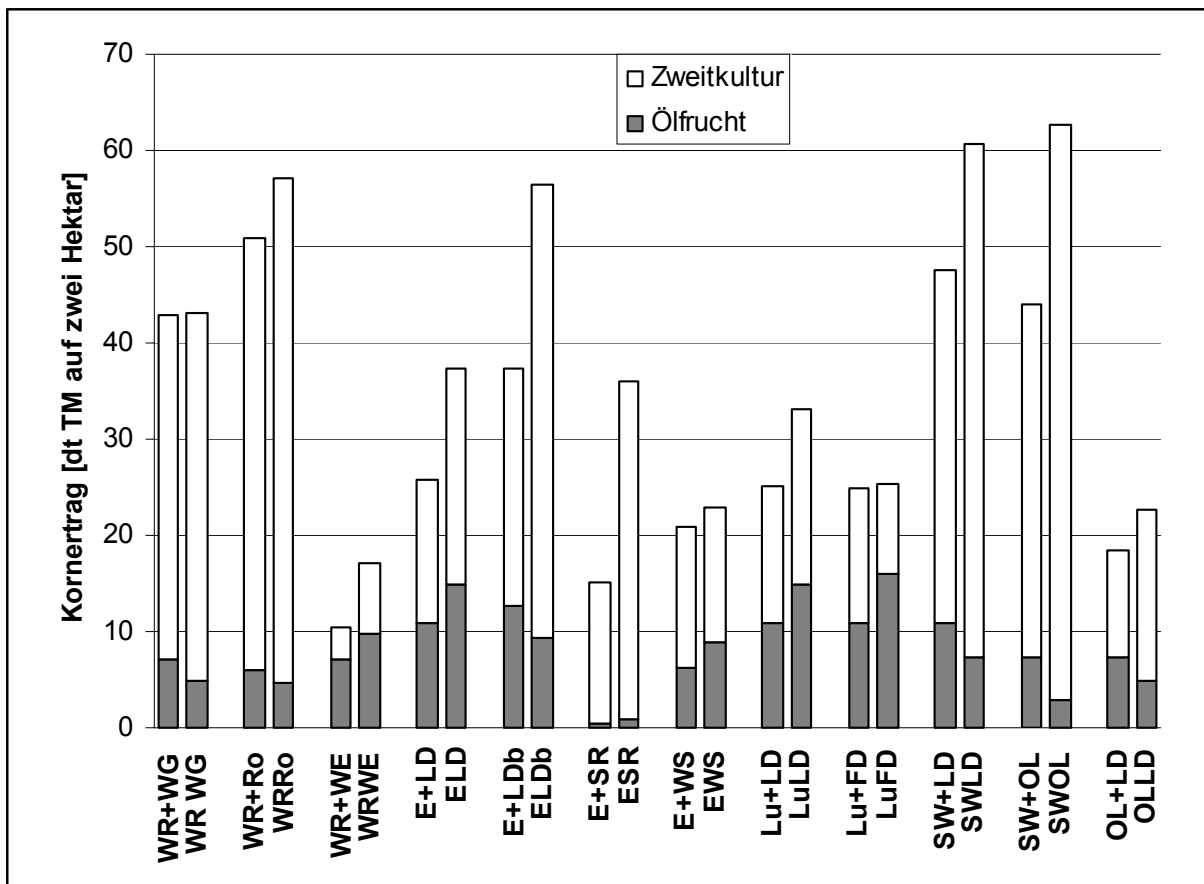


Abb. 5: Kornerträge von Mischfruchtanbausystemen mit Ölsaaten auf zwei Hektar Anbaufläche verglichen mit der Summe des Ertrages von je einem Hektar Anbau der Gemengepartner in Reinanbau, Mittelwerte aller Standorte und Jahre. Reinanbausysteme z. B. WR+WG, Mischfruchtanbau WRWG

Bei Ölsaaten, bei denen es im Mischfruchtanbau zu starken Ertrageinbussen kommt (z. B. beim Öllein in Mischung mit Weizen oder Leindotter), muss abgewogen werden, ob der Leinertrag noch kostendeckend erwirtschaftet wird. (Vgl. dazu den Artikel zur Anbaubedeutung und Ökonomie von Ölsaaten in diesem Band). Bei diesen Mischungen könnten durch Veränderungen der Saatstärken oder der Reihenanordnung einzelne Komponenten des Mischfruchtanbausystems anders begünstigt werden (PAULSEN 2007), um die Ertragszusammensetzung in die gewünschte Richtung zu beeinflussen.

5 Literatur

Aufhammer W (1999) Mischfruchtanbau von Getreide und anderen Körnerfruchtarten. Ulmer Stuttgart.

Balschun H, Jacob F (1972) Interspecific competition among *Linum-usitatissimum* L. and species of *Camelina*. *Flora* 161 (1-2):129ff.

de Wit CT, van den Berg JP (1965) Competition between herbage plants. *Neth J Agric sci* 13:212-221

Grümmer G (1958) Die Beeinflussung des Leinertrages durch *Camelina* Arten. *Flora* 146: 158-177.

Kolbe H, Karalus W, Hänsel M, Grünbeck A, Gramm M, Arp B, Krellig B (2002) Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft [online]. Zu finden in <www.landwirtschaft.sachsen.de/LfL> [zitiert am 6.6.2007]

Kühne S, Wohlleben S, Ulber B, Saucke H (2006) Rapsschädlinge. In: Kühne S, Burth U, Marx P (eds) *Handbuch zum Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau*, Kap. 3.3, Ulmer, Stuttgart:1-4

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

Vogt-Kaute W (2004) Entwicklung von Winter-Ackerbohnen für den ökologischen Landbau - Teilprojekt 1, Bericht, Naturland e.V., Bundesprogramm ökologischer Landbau [online] <<http://orgprints.org/5021/>> [zitiert am 6.6.2007]

Tabellarischer Anhang

Statistische Auswertung zum Vergleich der Kornerträge an den Versuchsstandorten

In den nachfolgenden Tabellen sind die Kornerträge der Varianten aufgeführt. Verglichen wurden die Erträge der einzelnen Kulturen in Reinsaat (in den Tabellen mit (1) und (2) gekennzeichnet) mit den Erträgen der jeweiligen Art im Mischfruchtanbau (Vergleiche: (1) vs (3) und (2) vs (4)). Weiterhin wurde der gesamte Kornertrag des Mischfruchtanbaus (in den Tabellen mit (5) gekennzeichnet) mit dem Kornertrag der Reinkulturen verglichen (Vergleiche: (1) vs (5) und (2) vs (5)). Signifikante Unterschiede im F-Test bei der varianzanalytischen Auswertung zwischen den verschiedenen Erträgen sind in den Tabellen kenntlich gemacht (vs=versus). Nicht übereinstimmende Mittelwerte über die Versuchsjahre und Standorte gegenüber den bei den einzelnen Jahren angegebenen Werten resultieren aus Datenausschluss bei der Verrechnung unvollständiger Probensätze.

Tab A1: Winterraps (WR) - Wintergerste (WG), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) WR	(2) WG	(3) WR	(4) WG	(5) WR/WG	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	11,6	30,3	7,4	1,9	9,3	ns	ns	***	***
	05	11,4	63,3	0,4	41,2	41,6	***	***	***	***
	04-05	11,5	46,8	3,9	21,5	25,4	***	*	*	*
WILM	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	1,9	24,7	2,2	0,2	2,4	ns	ns	***	***
	04-05	1,9	24,7	2,2	0,2	2,4	ns	ns	***	***
PFA	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	3,4	36,5	1,8	26,9	28,7	ns	***	ns	ns
	04-05	3,4	36,5	1,8	26,9	28,7	ns	***	ns	ns
GÜL	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	7,4	24,0	0,6	13,0	13,6	***	*	***	**
	04-05	7,4	24,0	0,6	13,0	13,6	***	*	***	**
ALLE	04	11,4	30,3	7,4	1,9	9,3	ns	ns	***	***
	05	6,1	37,2	1,2	21,6	23,8	***	***	**	*
	04-05	7,2	35,8	2,5	19,1	21,6	***	**	***	**

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A2: Winterraps (WR) - Wintererbsen (WE), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) WR	(2) WE	(3) WR	(4) WE	(5) WR/WE	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	11,4	0,2	7,3	0,1	7,4	ns	ns	ns	***
	05	11,8	2,4	7,5	0,3	7,8	*	*	**	**
	04-05	11,6	1,3	7,4	0,2	7,6	**	**	*	***
WILM	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	1,9	6,7	3,0	5,4	8,4	ns	*	ns	ns
	04-05	1,9	6,7	3,0	5,4	8,4	ns	*	ns	ns
PFA	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	3,4	3,3	1,9	9,2	11,1	ns	ns	ns	ns
	04-05	3,4	3,3	1,9	9,2	11,1	ns	ns	ns	ns
GÜL	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-
	04-05	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-
ALLE	04	11,4	0,2	7,3	0,1	7,4	ns	ns	ns	***
	05	6,1	4,1	4,2	4,9	9,1	ns	ns	ns	**
	04-05	7,2	3,2	4,9	3,7	8,7	ns	ns	ns	***

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A3: Winterraps (WR) - Winterroggen (RO), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) WR	(2) RO	(3) WR	(4) RO	(5) WR/RO	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	11,8	57,7	0,8	35,1	35,8	***	***	***	***
	04-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WILM	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	1,9	34,4	2,1	2,6	4,7	ns	*	***	***
	04-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PFA	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	3,4	58,7	1,2	47,5	48,7	ns	***	*	*
	04-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GÜL	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	7,4	28,8	1,0	19,9	20,9	***	***	**	**
	04-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALLE	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	6,1	44,9	1,3	26,3	27,5	***	***	**	**
	04-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A4: Erbsen (E) – Somterraps (SR), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) E	(2) SR	(3) E	(4) SR	(5) E/SR	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	11,9	-	6,0	-	6,0	ns	ns	-	-
	05	37,8	-	29,3	-	29,3	*	*	-	-
	04-05	24,8	-	17,7	-	17,7	ns	ns	-	-
WILM	04	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	4,9	-	3,4	-	3,4	ns	ns	-	-
	04-05	4,6	-	3,4	-	3,4	ns	ns	-	-
PFA	04	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	32,9	0,4	31,5	0,4	31,6	ns	ns	ns	***
	04-05	24,8	0,4	31,5	0,4	31,6	ns	ns	ns	***
GÜL	04	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-
	04-05	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-
ALLE	04	9,8	-	6,0	-	6,0	ns	ns	-	-
	05	20,1	0,4	21,4	0,4	21,8	ns	ns	**	**
	04-05	14,7	0,4	17,6	0,4	17,6	ns	ns	ns	*

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A5: Erbsen (E) – Weißer Senf (WS), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) E	(2) WS	(3) E	(4) WS	(5) E/WS	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	11,9	5,5	0,3	5,1	5,4	*	ns	ns	ns
	05	37,8	18,2	7,1	16,2	23,3	***	**	ns	**
	04-05	24,8	11,8	3,7	10,6	14,3	**	ns	ns	ns
WILM	04	4,3	11,9	0	8,3	8,3	-	**	*	ns
	05	4,9	3,4	3,1	1,7	4,8	ns	ns	**	ns
	04-05	4,6	7,0	3,1	4,5	6,6	ns	ns	ns	ns
PFA	04	16,7	4,6	10,0	3,3	13,3	ns	ns	ns	***
	05	32,9	4,6	25,1	1,9	27,0	ns	*	***	***
	04-05	24,8	4,6	17,6	2,6	20,2	ns	ns	***	***
GÜL	04	4,4	0,5	2,8	0,2	3,0	ns	ns	ns	**
	05	4,7	3,5	0,2	0,6	0,8	***	***	**	**
	04-05	4,6	2,0	1,5	0,4	1,9	**	**	*	ns
ALLE	04	9,8	5,2	4,4	4,0	8,4	ns	ns	ns	ns
	05	20,1	7,4	8,9	5,1	14,0	*	ns	ns	ns
	04-05	14,7	6,3	7,0	4,5	11,5	*	ns	ns	*

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

 Tab A6: Erbsen (E) – Leindotter (LD), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) E	(2) LD	(3) E	(4) LD	(5) E/LD	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	11,9	14,1	4,5	11,6	16,1	ns	ns	ns	ns
	05	37,8	21,8	24,6	12,5	37,1	**	ns	***	***
	04-05	24,8	18,0	14,6	12,0	26,6	ns	ns	**	ns
WILM	04	4,3	14,4	0,7	17,2	17,9	**	***	ns	ns
	05	4,9	6,9	4,0	3,1	7,1	ns	*	**	ns
	04-05	4,6	10,7	2,4	10,2	12,5	*	**	ns	ns
PFA	04	16,7	6,7	14,7	5,9	20,6	ns	ns	ns	**
	05	32,9	7,8	31,6	1,4	33,0	ns	ns	***	***
	04-05	24,8	7,3	23,1	3,7	26,8	ns	ns	**	***
GÜL	04	4,4	0,3	5,3	1,0	6,3	ns	ns	ns	ns
	05	4,7	7,5	3,1	5,7	8,8	**	**	ns	ns
	04-05	4,6	6,1	4,0	3,7	7,7	ns	**	ns	ns
ALLE	04	9,8	10,9	6,4	9,4	15,8	ns	*	ns	*
	05	20,1	11,0	15,8	5,7	21,5	ns	ns	*	*
	04-05	14,7	11,0	11,2	7,5	18,7	ns	ns	*	*

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A7: Erbsen (E) – Leindotter in Breitsaat (LDbreit), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) E	(2) LD	(3) E	(4) LDbreit	(5) E/LDbreit	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	11,9	14,1	6,9	5,8	12,7	ns	ns	**	ns
	05	37,8	21,8	35,8	4,8	40,6	ns	ns	***	***
	04-05	24,8	18,0	21,3	5,3	26,6	ns	ns	***	ns
WILM	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	04-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PFA	04	16,7	6,7	19,7	6,4	26,1	ns	ns	ns	***
	05	32,9	7,8	31,8	1,9	33,7	ns	ns	***	***
	04-05	24,8	7,3	25,5	4,2	29,9	ns	ns	*	***
GÜL	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	04-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALLE	04	14,3	10,4	13,3	6,1	19,4	ns	**	*	*
	05	35,4	14,3	33,8	3,3	37,1	*	**	**	***
	04-05	14,8	12,7	23,5	4,7	28,3	*	**	***	***

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A8: Blaue Lupinen (LU) – Saflor (FD), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) LU	(2) FD	(3) LU	(4) FD	(5) LU/FD	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	17,4	7,8	4,2	7,0	11,2	***	*	ns	ns
	05	30,9	26,3	9,3	19,7	29,0	***	ns	***	*
	04-05	24,1	17,0	6,7	13,3	20,1	***	ns	ns	ns
WILM	04	3,4	8,0	1,7	5,8	7,5	ns	ns	ns	ns
	05	6,3	6,2	1,3	3,0	4,3	**	ns	ns	ns
	04-05	4,9	7,1	1,5	4,4	5,9	**	ns	ns	ns
PFA	04	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	20,4	10,0	10,9	7,4	18,3	**	ns	*	***
	04-05	17,4	10,0	10,9	7,4	18,3	ns	ns	*	***
GÜL	04	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-
	05	7,9	6,4	0,6	5,0	5,6	**	ns	ns	ns
	04-05	11,1	6,4	0,6	5,0	5,6	**	ns	ns	ns
ALLE	04	11,2	7,9	3,0	6,3	9,3	**	ns	ns	ns
	05	16,4	12,2	5,5	8,8	14,3	***	ns	ns	ns
	04-05	14,1	10,8	4,7	8,0	12,7	**	ns	ns	ns

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A9: Blaue Lupinen (LU) – Leindotter (LD), Kornträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) LU	(2) LD	(3) LU	(4) LD	(5) LU/LD	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	17,4	14,1	8,7	9,8	18,5	**	ns	ns	ns
	05	30,9	21,8	11,0	15,4	26,4	***	*	*	*
	04-05	24,1	18,0	9,9	12,6	22,4	***	ns	*	ns
WILM	04	3,4	14,4	3,5	18,7	22,2	ns	***	*	**
	05	6,3	6,9	3,5	4,3	7,8	ns	ns	*	ns
	04-05	4,9	10,7	3,5	11,4	15,0	ns	ns	ns	ns
PFA	04	5,0	6,7	6,7	3,8	10,5	ns	ns	ns	ns
	05	20,4	7,8	16,8	0,8	17,6	ns	ns	***	***
	04-05	17,4	7,3	14,8	1,4	16,2	ns	ns	***	***
GÜL	04	14,3	0,3	14,6	0,7	15,3	ns	ns	ns	ns
	05	7,9	7,5	6,2	3,8	10,0	ns	ns	**	ns
	04-05	11,1	6,1	10,4	2,2	12,6	ns	ns	*	ns
ALLE	04	11,2	10,9	8,8	9,2	18,0	ns	*	ns	**
	05	16,4	11,0	9,4	6,1	15,5	*	ns	*	ns
	04-05	14,1	11,0	9,1	7,5	16,6	*	ns	*	**

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

 Tab A10: Sommerweizen (SW) – Leindotter (LD), Kornträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) SW	(2) LD	(3) SW	(4) LD	(5) SW/LD	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	48,5	14,1	40,8	4,2	45,0	***	*	**	***
	05	57,5	21,8	40,6	7,3	47,9	***	***	***	***
	04-05	53,0	18,0	40,7	5,7	46,4	***	**	**	***
WILM	04	40,2	14,4	24,5	9,6	34,1	***	*	ns	***
	05	30,4	6,9	22,9	0,8	23,7	*	*	***	***
	04-05	35,3	10,7	23,7	5,2	28,9	**	ns	*	***
PFA	04	41,6	6,7	30,7	3,1	33,8	*	ns	*	***
	05	31,5	7,8	26,3	0,7	27,0	**	*	***	***
	04-05	36,5	7,3	28,5	1,9	30,4	**	ns	***	***
GÜL	04	14,8	0,3	10,6	1,2	11,8	*	ns	ns	*
	05	28,4	7,5	16,4	2,8	19,2	*	ns	***	**
	04-05	21,6	6,1	13,5	2,0	15,5	*	ns	**	**
ALLE	04	36,3	10,9	26,6	4,5	31,1	*	ns	***	***
	05	37,0	11,0	26,6	2,9	29,5	*	ns	***	***
	04-05	36,6	11,0	26,6	3,7	30,3	**	*	***	***

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A10: Sommerweizen (SW) – Öllein (OL), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) SW	(2) ÖL	(3) SW	(4) ÖL	(5) SW/ÖL	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	48,5	11,7	38,6	0,7	39,3	***	***	***	***
	05	57,5	16,9	48,3	2,8	51,1	***	**	***	***
	04-05	53,0	14,3	43,5	1,7	45,2	**	*	***	***
WILM	04	40,2	9,9	31,3	1,9	33,2	*	ns	**	***
	05	30,4	1,5	26,3	0,1	26,4	ns	ns	ns	***
	04-05	35,3	5,7	28,8	1,0	29,8	*	ns	*	***
PFA	04	41,6	3,0	29,3	1,3	30,6	**	**	*	***
	05	31,5	7,1	25,0	2,7	27,7	*	ns	***	***
	04-05	36,5	5,1	27,1	2,0	29,2	**	*	**	***
GÜL	04	14,8	1,7	10,5	0,6	11,1	ns	ns	***	*
	05	28,4	-	-	-	-	-	-	-	-
	04-05	21,6	1,7	10,5	0,6	11,1	*	ns	***	*
ALLE	04	36,3	6,6	27,5	1,1	28,6	ns	ns	***	***
	05	37,0	8,5	33,2	1,9	35,1	ns	ns	**	***
	04-05	36,6	7,4	29,9	1,4	31,4	*	ns	***	***

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A11: Öllein (OL) – Leindotter (LD), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha⁻¹ Trockenmasse]

Ort	Jahr	— Reinsaat —		— Mischfruchtanbau —			— F-Test —			
		(1) ÖL	(2) LD	(3) ÖL	(4) LD	(5) ÖL/LD	(1) vs. (3)	(1) vs. (5)	(2) vs. (4)	(2) vs. (5)
TRT	04	11,7	14,1	2,8	12,1	14,9	***	*	ns	ns
	05	16,9	21,8	3,3	20,6	23,9	***	**	ns	ns
	04-05	14,3	18,0	3,0	16,3	19,4	***	*	ns	ns
WILM	04	9,9	14,4	2,0	15,4	17,4	**	*	ns	ns
	05	1,5	6,9	0,7	6,4	7,1	ns	**	ns	ns
	04-05	5,7	10,7	1,4	10,9	12,2	*	*	ns	ns
PFA	04	3,0	6,7	2,1	5,8	7,9	ns	**	ns	ns
	05	7,1	7,8	5,0	1,1	6,1	**	ns	***	*
	04-05	5,1	7,2	3,6	3,4	7,0	ns	ns	**	ns
GÜL	04	1,7	0,3	1,1	1,6	2,7	*	*	ns	*
	05	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-
	04-05	1,7	6,1	1,1	1,6	2,7	*	*	*	ns
ALLE	04	6,6	10,9	2,0	8,7	10,7	***	*	ns	ns
	05	8,5	11,0	3,0	9,4	12,4	*	ns	ns	ns
	04-05	7,4	11,0	2,4	8,9	11,4	***	*	ns	ns

mit: *** = 0 ≤ P < 0.001, ** = 0.001 ≤ P < 0.01, * = 0.01 ≤ P < 0.05, ns = P ≥ 0.05

Verbreitung von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen in der landwirtschaftlichen Praxis

Use of mixed cropping systems with oil crops on farms

MARTIN SCHOCHOW¹, MARGRET STEPHAN² und HANS MARTEN PAULSEN¹

Zusammenfassung

Der Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten hat sich in den vergangenen Jahren insbesondere im Bundesland Bayern immer weiter ausgebreitet. Um Erfahrungen aus der Praxis für die Forschung nutzbar zu machen und eine erste Charakterisierung des Mischfruchtanbaus „on-farm“ durchzuführen, wurde eine Befragung der Mitgliedsbetriebe „Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau“ durchgeführt. Die Betriebe zogen eine positive Bilanz des Mischfruchtanbaus, sahen allerdings noch Probleme im technischen Bereich und in der Vermarktungssituation. Oft waren sie bereits über das Experimentierstadium hinaus und der Mischfruchtanbau war schon eine etablierte Form der Flächenbewirtschaftung. Der Forschungsbedarf zu diesem Thema wurde jedoch weiterhin als hoch angesehen. Viele Betriebe wünschten sich eine Umstellung des Schlepperbetriebs auf Pflanzenöl als Alternative für fortschreitende Preiserhöhungen bei fossilen Brennstoffen.

Schlüsselworte: Mischfruchtanbau, Ölfrüchte, Befragung, Pflanzenbau

Abstract

In the last few years mixed cropping systems with oil crops gained a growing popularity in Germany, especially in the federal state of Bavaria. A survey was conducted to transfer the practical experiences and problems of the farmers to the research level. The farmers take positive stock of the mixed cropping systems. However problems in the technical sector and in marketing were reported. In many cases the mixed cropping systems are already integrated in the operating procedure. There is a strong demand for research. Many farmers plan a conversion of their

tractors engine to vegetable oil as an alternative to fossil fuels.

Keywords: mixed cropping, oil crops, questionnaire, plant production

1 Einleitung

Ziel des Mischfruchtanbaus mit Ölfrüchten ist es, über die Einmischung von Ölfrüchten zusätzlich zum eigentlichen Ertrag der Hauptkultur Ölsaaten zu erzeugen. Das daraus gewonnene Öl kann zum Betrieb umgerüsteter Dieselmotoren, hier speziell Schleppermotoren, genutzt werden (PAULSEN et al. 2004). Durch die Erzeugung von Pflanzenöl als nachwachsendem Kraftstoff entspricht dieses Anbausystem den Zielen des ökologischen Landbaus nach möglichst geschlossenen Stoffkreisläufen. Der anfallende Ölkuchen kann die durch den Wegfall konventioneller Futtermittel entstandenen Lücken in der Eiweißfütterung im ökologischen Landbau schließen (RAHMANN 2004). Für die Treibstoffproduktion könnte die Einmischung von Ölfrüchten in Mischfruchtanbausysteme z. B. nur in einem geringen Maße erfolgen, so dass der zu erwartende Ölertrag der Menge Treibstoff entspricht, die für die Bewirtschaftung der Fläche nötig wären. Für den Hektar Ackerland wären das 100 bis 150 l Öl oder 3 bis 5 dt Ölsaaten (BRANDT et al. 2002). Der Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten wurde bereits vor Beginn des „Forschungsprojekts zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen“ in landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland durchgeführt. Im Rahmen des Forschungsprojektes sollten die dabei gewonnenen Erfahrungen und festgestellten Probleme erhoben werden. Es wurde ein Fragebogen entwickelt, um eine Befragung von Praktikern

¹Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst

²Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau, Langenbach

durchzuführen, die selbst aktiv Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten betreiben. Der tatsächliche Stand des Mischfruchtanbaus in Deutschland konnte so skizziert werden.

Der überwiegende Teil der Landwirte, die Mischfruchtanbau betreiben hat sich in der Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau (IG Mischfruchtanbau, www.mischfruchtanbau.de) zusammengeschlossen, welche sich auch aktiv für die weitere Ausbreitung dieses Anbausystems einsetzt. Die IG Mischfruchtanbau konnte für eine Kooperation gewonnen werden und stellte die notwendigen Daten ihrer Mitglieder zur Verfügung.

2 Material und Methoden

Der Fragebogen wurde als schriftliche Befragung entwickelt und auf der Jahreshauptversammlung der IG Mischfruchtanbau im Dezember 2004 den dort anwesenden Mitgliedern vorgestellt und zur Beantwortung ausgehändigt. Den übrigen Mitgliedern wurde er im Laufe des Februars 2005 auf dem Postweg zugeschickt. Beiliegend befand sich ein Informationsschreiben mit Hinweisen zur Beantwortung und der Zusicherung der anonymen Verwendung der Ergebnisse. Er enthielt sowohl offene Fragen mit eigenem Spielraum in der Formulierung der Antworten, wie auch geschlossene Fragen mit festen Antwortkategorien zum Ankreuzen (ATTESLANDER 2003). Diese machten den größeren Teil aus. Bei den geschlossenen Fragen waren häufig Mehrfachnennungen möglich. Bei zügigem Durcharbeiten der Fragen war eine Beantwortung des Fragebogens in 20 Minuten möglich. Der Rücklauf ging zunächst an die IG Mischfruchtanbau, von wo aus die Fragebögen an das Institut für ökologischen Landbau weitergeleitet wurden. Die Befragung war im Oktober 2005 abgeschlossen.

Der Fragebogen bestand aus drei Teilen. Die Fragen des ersten Teiles zielten auf allgemeine Betriebsdaten ab, wie z. B. Betriebsgröße, Spezialisierung, Arbeitskräfte und Klimadaten. So konnte abgeschätzt werden, ob der Mischfruchtanbau sich auf bestimmte

Betriebstypen beschränkt oder allgemein verbreitet ist.

Der zweite Teil befasste sich mit den direkten Erfahrungen und Problemen der Landwirte mit dem Mischfruchtanbau. So wurden z. B. Fragen zur Motivation, dieses Anbausystem zu etablieren, gestellt. Natürlich sollten auch Anbaudaten wie Mischungen, Erntemengen und der Umfang des Anbaus von den Befragten in Erfahrung gebracht werden. Ein weiterer Themenkomplex waren Fragen nach pflanzenbaulichen und technischen Vorteilen und Problemen des Mischfruchtanbaus mit Ölfrüchten. Auch auf die eingeschränkten Verwertungsmöglichkeiten einiger Ölfrüchte wurde eingegangen. In diesem Zusammenhang wurde auch die Absicht zur energetischen Nutzung des gewonnenen Pflanzenöls in Schleppermotoren erfragt.

Der dritte Teil befasste sich mit der eigenen Einschätzung der Befragten. Hier sollten sie ihre Zufriedenheit mit dem Anbausystem bewerten bzw. angeben, ob sie an einer Ausweitung des Anbaus interessiert sind. Weiterhin hatten sie die Möglichkeit, Anregungen für weitere Forschungstätigkeiten zu geben

3 Ergebnisse

Insgesamt wurde der Fragebogen an 93 Mitglieder der IG Mischfruchtanbau verteilt. 43 von ihnen antworteten, was einer Rücklaufquote von 46 % entsprach. 3 Befragte gaben an, keinen eigenen Betrieb zu führen und 4 weitere betrieben keinen Mischfruchtanbau. Die Antworten von 36 Befragten, die den Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten etabliert hatten, konnten so ausgewertet werden. Nach Auskunft der IG Mischfruchtanbau sind ca. 60 % der Mitglieder aktiv im Mischfruchtanbau.

3.1 Allgemeiner Teil

Der überwiegende Teil der Betriebe wirtschafteten als reine Ackerbau- oder Mischbetriebe. Nur ein geringer Teil (5 Betriebe) betrieb Milchviehhaltung oder Veredelung. Die

Betriebsgrößen lagen zwischen 8 ha bei einem Nebenerwerbsbetrieb und 265 ha bei einem norddeutschen Gemischtbetrieb. Der geographische Schwerpunkt der Befragung lag mit 36 Betrieben im Bundesland Bayern. So ließ es sich auch erklären, dass 26 Betriebe oberhalb von 400 m über N. N. lagen. Bodenart und Bodenfruchtbarkeit waren durch alle Kategorien verteilt, ebenso wie die Klimate und Höhenlagen.

Von den 40 befragten Betrieben wirtschafteten 33 nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus, entsprechend wendete die Mehrheit der Betriebe Fruchtfolgen mit mehr als 5 Gliedern an.

3.2 Fragen zum Mischfruchtanbau

Der größte Teil der befragten Betriebe (16) gab an, über Nachbarn und Bekannte auf den Mischfruchtanbau gestoßen zu sein, 15 Betriebe hatten sich über Literatur und Fachpresse informiert. Als weitere Informationsquelle wurde ein Ackerbauseminar des Biolandverbandes genannt. Über die Landwirtschaftskammer bzw. Berater war nur ein geringer Teil (5) auf das Anbausystem aufmerksam geworden.

Die häufigsten genannten Erwartungen an den Mischfruchtanbau waren die verbesserte Unkrautunterdrückung und die höhere Standfestigkeit der Bestände. Ebenso spielten die verbesserte Ertragssicherheit und der Aspekt der Ölgewinnung für Pflanzenölmotoren eine Rolle. Die Ergänzung der betriebseigenen Futtererzeugung war von untergeordneter Bedeutung. Es wurden kaum betriebswirtschaftliche Vorteile erwartet (Abb. 1).

Über die Hälfte der Befragten (21) gab an, in den Jahren 2002 und 2003 mit dem Mischfruchtanbau begonnen zu haben. 2004 und 2005 ging der Trend deutlich zurück, nur noch insgesamt 8 Betriebe hatten in diesem Zeitraum mit dem Mischfruchtanbau begonnen. Nur 6 Betriebe waren seit 2000 oder vorher im Mischfruchtanbau aktiv.

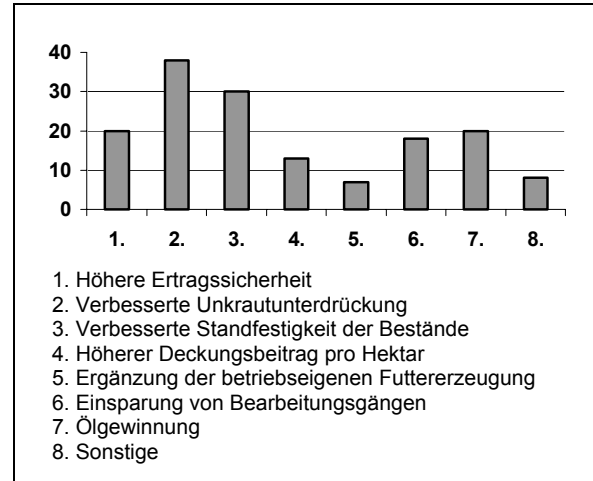


Abb.1: Ergebnisse zu den Erwartungen an den Mischfruchtanbau

Der überwiegende Teil der Betriebe (23) baute die Mischung Erbse-Leindotter an. Weitere 14 Betriebe mischten Leindotter in verschiedene Getreidearten (Winterweizen, Sommerweizen, Triticale, Hafer und Dinkel) ein. Jeweils 2 Betriebe verwendeten die Mischungen Erbse-Leindotter-Hafer, Ackerbohne-Leindotter und Soja-Leindotter. Darüber hinaus wurden von Einzelbetrieben die Mischungen Ackerbohne-Senf, Wintererbse-Winterraps, Sonnenblume-Rotklee, Wicke-Senf, Mais-Sonnenblume, Wicke-Leindotter und Hafer-Leindotter-Senf verwendet. Es wurden für alle Mischungen die handelsüblichen Sorten verwendet. Die Saatstärke des Leindotters liegt bei 3-4 kg ha⁻¹ in Mischung mit Erbsen. In der Mischung mit Getreide liegt mit 3-6 kg ha⁻¹ eine größere Bandbreite der Saatstärke des Leindotters vor.

In den Jahren 2002/2003 waren die Erträge des Getreides in Mischung mit Leindotter als gut zu bewerten, bei den Erbsen traten jedoch deutliche Variationen im Ertragsniveau auf. Leindotter wies in Getreide mit 0-4 dt ha⁻¹ durchschnittlich geringere Erträge auf, als in Erbsen mit 4-10 dt ha⁻¹. 2005 lag die Fläche, die auf den einzelnen Betrieben im Mischfruchtanbau bestellt wurde, zwischen 0,3 und 17 ha. Das waren bei 34 Betrieben, die dazu Angaben gemacht haben, durchschnittlich 7,3 ha pro Betrieb. Insgesamt wurden von den im Jahr 2005 Befrag-

ten 247,3 ha mit Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen bewirtschaftet.

Zur Verwendung der Ölfrüchte gaben 10 Betriebe eine betriebseigene Futternutzung an, während jeweils 9 Betriebe das Pflanzenöl im Schlepperbetrieb nutzten bzw. das Öl verkauften. Nur 3 Betriebe konnten den Presskuchen absetzen. 7 Betriebe gaben an, keine Verwendung für die Ölfrüchte zu haben (Abb. 2).

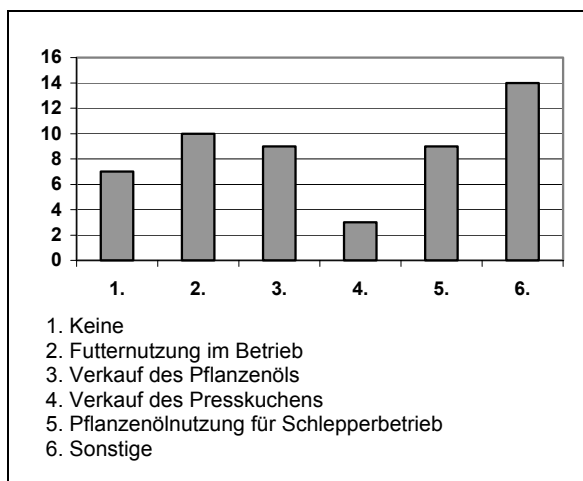


Abb. 2: Ergebnisse zur Verwendung der Ölfrüchte

Zu den erzielten Preisen für Pflanzenöl und Presskuchen konnten nur wenige Betriebe Auskunft geben. Der Abnahmepreis für Leindottersaat belief sich auf 25–32 € dt⁻¹. Rapskuchen in Ökoqualität wurde mit 40 € dt⁻¹ gehandelt. Raps-Futteröl erbrachte 120 € dt⁻¹. Leindotterpresskuchen wurde für 20 € dt⁻¹ abgesetzt, Leindotteröl für 68 € dt⁻¹. Die Mehrheit der Betriebe (19) bewertete die Absatzmöglichkeiten für Pflanzenöl als gut bis sehr gut. Lediglich 4 Betriebe beurteilten die Absatzsituation als mangelhaft. Die Absatzmöglichkeiten für den Presskuchen sahen knapp die Hälfte der Betriebe (13) als gut bis sehr gut an. Allerdings hatte auch eine deutliche Anzahl (8) die Absatzmöglichkeiten als mangelhaft eingeschätzt.

Die Höhe des Ertrages der Nicht-Ölsaaten in den Mischungen gaben die meisten Betriebe als unverändert an. Immerhin waren 8 Betriebe von einem Ertragsrückgang betroffen. 5 konnten den Ertrag steigern. Auch die Pro-

duktqualitäten waren nach Ansicht der meisten Betriebe gleich geblieben. 9 Betriebe gingen von einer gesteigerten Qualität der Hauptfrucht aus und nur 2 von einer verringerten.

Die große Mehrheit der Betriebe (28) passte die Saattechnik nicht speziell an. Sie behielten sich mit einem Exaktdüngerstreuer und einer zweiten Überfahrt. Lediglich 4 Betriebe hatten ihre Technik durch einen zweiten Säkasten an der Drillmaschine oder einem angebauten Säkasten am Hackstriegel angepasst (vgl. auch den Artikel zur "Drilltechnik" in diesem Band).

Hinsichtlich der erreichten Ziele durch den Mischfruchtanbau haben sich die Erwartungen der Betriebe in Bezug auf Ertragssicherheit, Unkrautunterdrückung und Standfestigkeit der Bestände erfüllt. Auch die Einsparung von Bearbeitungsgängen und die Versorgung mit hofeigenem Pflanzenöl waren durch den Mischfruchtanbau oft möglich.

Die hauptsächlichen Problemfelder beim Mischfruchtanbau sahen die Betriebe auf der technischen Seite (Abb. 3).

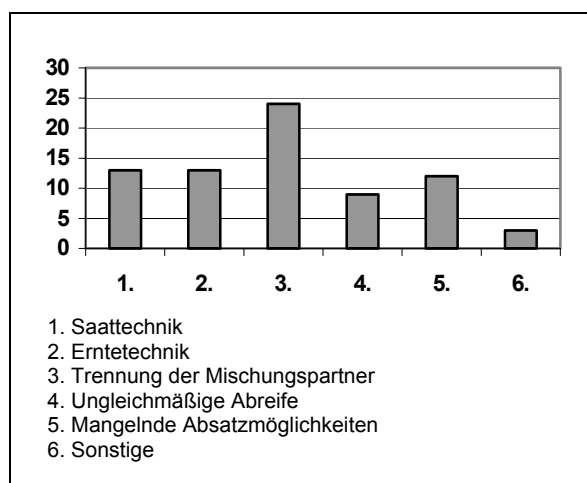


Abb. 3: Ergebnisse zu Problemfeldern im Mischfruchtanbau

Weit über die Hälfte der Betriebe führten Schwierigkeiten bei der Trennung des Ernteguts an. Die Saat- und Erntetechnik wurde ebenfalls oft als problematisch angesehen. Auch die mangelnden Absatzmöglichkeiten der Ölfrüchte bereiteten einigen Betrieben

Probleme. Pflanzenbauliche Schwierigkeiten, wie die ungleichmäßige Abreife schieben dagegen eine eher untergeordnete Rolle zu spielen.

Auf die Frage nach der Verbreitung von Pflanzenölschleppertechnik antworteten 7 Betriebe, dass sie bereits umgerüstete Schlepper fahren. Sämtliche Umrüstungen erfolgten nach 2001. Weitere 22 Betriebe planten eine Umrüstung, davon 8 in den Jahren 2005/06. Nur 7 befragte Betriebe nahmen Abstand von einer Umrüstung.

3.3 Eigene Einschätzung zum Mischfruchtanbau

Nach Meinung der großen Mehrheit der Betriebe (26) hatten sich ihre Erwartungen an den Mischfruchtanbau erfüllt oder mehr als erfüllt. Nur 7 Betriebe waren eher unzufrieden und sahen ihre Erwartungen als nicht erfüllt an.

Auch in Zukunft wollten 32 Betriebe den Mischfruchtanbau beibehalten oder sogar noch ausweiten. Nur 2 Betriebe wollten ihn aufgeben und einer ihn verringern (Abb. 4).

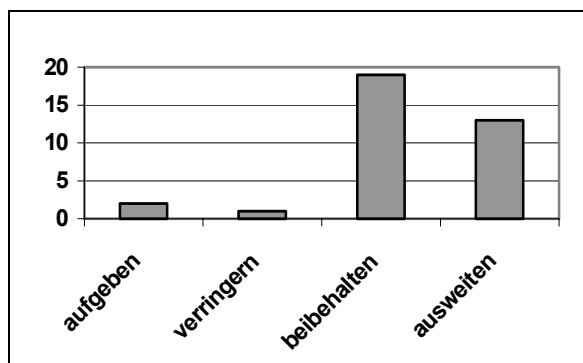


Abb. 4: Ergebnisse zu der Frage, wie die Betriebe zukünftig mit dem Anbau von Mischkulturen verfahren wollen

Die 13 Betriebe, die eine Ausweitung des Mischfruchtanbaus planten, strebten folgende neue Mischungen mit Ölsaaten an: Hafer-Erbse-Leindotter, Soja-Erdklee, Linse-Saflor. Weiterhin wurde über den Mischfruchtanbau von Linsen-Getreide, Linse-Erbse-Lupine, Hafer-Sommergerste-Lupine oder Mais-Feuerbohne nachgedacht. Auf die Frage, ob mit dem Mischfruchtanbau mit

Ölfrüchten ein höherer Deckungsbeitrag erwirtschaftet werden kann, antworteten 23 Betriebe mit ja. Allerdings fällt dieser Vorteil ihrer Meinung nach nur gering aus. 9 Betriebe sahen keine Vorteile in Bezug auf den Deckungsbeitrag.

Bei den eigenen Fragen und Vorschlägen der Betriebe an die Forschung zum Thema Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten war die Suche nach neuen Mischungspartnern wichtigstes Anliegen. Auch die technischen Möglichkeiten zur Trennung des Ernteguts sollten verbessert werden. Viele Betriebe interessierten sich auch für den Ernährungswert der Ölfrüchte bei Mensch und Tier. Andere wiederum machten sich Gedanken über Fruchtfolgekrankheiten bei zu engem Leindotteranbau. Die Untersuchung des Schädlings- und Pilzbefalls bei Mischkulturen war ebenfalls ein Thema. Allgemein wurde eine bessere Informations- und Öffentlichkeitsarbeit gefordert. An die Adresse der Züchtungsforschung ging der Wunsch nach einer Verbesserung der Leindottersorten. Betriebe mit Winterrapsanbau machten auf die Schädlingsprobleme aufmerksam und wollen die Optimierung des Ölfrüchteanbaus in Reinsaat als Alternative zum Getreideanbau vorantreiben. Ein weiteres Problem wurde bei der Verbesserung der Drilltechnik angesprochen. Eine Verbesserung der Ölmühleninfrastruktur wurde ebenfalls als wünschenswert erachtet. Neue Verwendungszwecke für das Pflanzenöl sollten erschlossen werden, um den Absatz zu sichern. Die Nutzung von Pflanzenöl als Treibstoff ohne Umrüstung des Motors war ebenfalls von Interesse.

4 Diskussion

Die Rücklaufquote der Fragebögen von 46% war als gut zu bezeichnen. Laut Aussage der IG Mischfruchtanbau betrieben zum Zeitpunkt der Befragung 60% der 93 Mitglieder aktiv Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten. Davon wurden 36 erfasst und somit 2/3 der aktiven Mitglieder. Die Ergebnisse besitzen also eine hohe Aussagekraft.

Auffallend ist die lokale Begrenzung der Verteilung der Mitglieder auf das Bundesland Bayern, was durch die Aussage der Betriebe erklärt wird, oft durch Nachbarn und Bekannte auf den Mischfruchtanbau gestoßen zu sein. Ebenso spielt das Ackerbauseminar des Biolandanbauverbandes eine Rolle und erklärt auch, warum verhältnismäßig viele Biobetriebe Mischfruchtanbau betreiben. Ein weiterer Grund für das Überwiegen der Biobetriebe (33 von 40 antwortenden Betrieben) könnte darin liegen, dass so weit als möglich geschlossene Energiekreisläufe im Betrieb ein wichtiges Ziel im Ökolandbau sind. Viele Betriebe die Ölfrüchte im Mischfruchtanbau anbauen sind Ackerbaubetriebe, also Spezialisten im Bereich des Pflanzenbaus und sind daher eher geneigt, neue Anbauformen zu testen und weiter zu entwickeln. Das spiegelt sich auch in der großen Bandbreite der verwendeten Mischungen wieder. Gerade die Ackerbaubetriebe haben aber gleichzeitig Probleme mit der Vermarktung der Presskuchen, da eine betriebs-eigene Nutzung entfällt. Hier werden die Absatzmöglichkeiten im Vergleich zum Öl deutlich schlechter bewertet. So ist auch die Einschätzung der Mehrheit der Betriebe einleuchtend, dass mit dem Mischfruchtanbau zwar ein höherer Deckungsbeitrag erwirtschaftet werden kann, dieser aber gering ausfällt. Verbesserte Vermarktungsstrukturen und Vermarktungsalternativen wären hier ein wichtiger Schritt in die Zukunft. Die reinen Ackerbaubetriebe erwarteten durch den Mischfruchtanbau mit Ölsaaten allerdings auch keine Ergänzung der betriebseigenen Futtererzeugung, sondern eine Verbesserung bei pflanzenbaulichen Problemen besonders beim gemeinsamen Anbau der Erbse mit Leindotter. 23 Betriebe verwenden diese Mischung. Dies lässt darauf schließen, dass die Erbse im Anbau sehr problematisch ist und man hier einen Mischungspartner gefunden hat, der diese Kultur ideal ergänzt und absichert.

Die Etablierung der Mischungen bedeutet für die Betriebe wenig Aufwand, da sie weiter-

hin die handelsüblichen Sorten und ihre bereits vorhandene Technik verwenden. Die erzielten Erträge an Ölfrüchten lagen fast alle im Bereich von $2 - 10 \text{ dt ha}^{-1}$, was eine ausreichende Versorgung der Betriebe mit Pflanzenöl für die Bearbeitung der Fläche sicherstellen würde. Die Praxis bestätigt hier also die Theorie von der angestrebten Treibstoffautarkie der landwirtschaftlichen Betriebe. Die große Mehrheit der Betriebe hat seit 2002 mit dem Mischfruchtanbau begonnen. Nach einem regelrechten Einstiegsboom 2002/2003 ist die Entwicklung in den darauffolgenden Jahren etwas verflacht und hat sich bei 4 bis 5 Neueinsteigern pro Jahr eingependelt. Bedenkt man dabei, dass die überwiegende Mehrheit der Betriebe ihre Erwartungen an den Mischfruchtanbau als erfüllt ansah und insgesamt nur zwei Betriebe an das Aufgeben dieses Anbausystems dachten, ist mit einer kontinuierlichen Ausbreitung zu rechnen. So wird sich die festgestellte Ausdehnung des Anbaus bei den befragten Betrieben von rund 250 Hektar sicherlich noch vergrößern. Insgesamt kann die Aussage getroffen werden, dass sich der Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten in der Praxis etabliert hat. Der Ideenreichtum für neue Mischungen ebenso wie der kontinuierliche Anbau bereits erprobter Mischungen wie Erbse-Leindotter lassen das Potenzial dieses Anbausystems erkennen.

5 Literatur

- Atteslander P (2003) Methoden der empirischen Sozialforschung. Walter de Gruyter, Berlin, New York
- Brandt D, Makowski N, Schrimppf, E (2002) Mischfruchtanbau. Faltblatt, Bundesverband Pflanzenöle e. V., Saarbrücken
- Paulsen HM, Schochow M, Ulverich J (2004) Mit der richtigen Fruchtfolge zur Treibstoffautarkie. Ökologie und Landbau, 132, 4:26–29
- Rahmann G (2004) Ökologische Tierhaltung. Ulmer Verlag, Stuttgart

Anbaubedeutung und Ökonomie von Ölsaaten im ökologischen Landbau

Importance and economy of oil crops in organic farming

HARRIET GRUBER¹ und WERNER VOGT-KAUTE²

Zusammenfassung

Ölsaaten sind im ökologischen Landbau nur in geringem Umfang vertreten. Für den einheimischen Markt sind besonders Winterraps, Sonnenblumen und Öllein wichtig. Sie werden zur Verarbeitung als Speiseöl nachgefragt. Ursachen des geringen Anbauumfangs sind in erster Linie der häufig geringe Ertrag und die damit verbundene schlechte Wirtschaftlichkeit des Anbaus. Berechnungen ergaben, dass z. B. bei Raps über 20 dt ha⁻¹ notwendig sind, um höhere Direktkosten freie Leistungen zu erreichen als mit Weizen. Höhere Preise können geringe Erträge in der Regel nicht ausgleichen. Der Beitrag gibt einen Überblick über die Anbaubedeutung der Ölsaaten im ökologischen Landbau und liefert Beispielrechnungen zur Wirtschaftlichkeit ausgewählter Ölfrüchte.

Schlüsselworte: ökologischer Landbau, Ölsaaten, Ökonomie, Anbaubedeutung

Abstract

At present oil crops have only a small share in organic farming. The most important oil crops in Germany are winter rape, sunflower and linseed. They are used predominantly for the extraction of edible oil. Low yields and low profitability are the reason for the small shares of oilseeds in organic farming. It is obvious that oilseeds can only compete with cereals if higher yield levels are reached. The product price is less important. This article gives an overview of the occurrence of oil crops in organic crop rotations and some examples of the profitability of selected oilseeds.

Keywords: organic farming, oilseeds, importance of cultivation, economy

1 Einleitung

Der Anbau von Ölsaaten spielt im einheimischen ökologischen Landbau eine untergeordnete Rolle, obwohl diese zur Auflockerung getreidestarker Fruchtfolgen sehr sinnvoll wären. Da die Nachfrage nach Ölsaaten sowohl für die Speiseölnutzung als auch für die Nutzung des Futterkuchens konstant steigend ist, wird der Bedarf zu einem großen Teil durch Importe gedeckt. Ursachen für den geringen Anbauumfang sind einerseits die hohen Ertragsschwankungen und andererseits die geringe ökonomische Konkurrenzkraft vieler Arten. Insbesondere der Rapsanbau ist davon betroffen.

2 Material und Methoden

Für den Überblick zur Anbaubedeutung wurden Literaturangaben und Erhebungen der Autoren verwendet. Ausgangspunkt für die ökonomische Betrachtung waren die Ertragsergebnisse des Mischfruchtanbauprojektes. Im Rahmen dieses über das BÖL geförderte Forschungsvorhaben wurden an 4 Standorten in Deutschland über zwei Jahre Feldversuche mit Rein- und Mischfruchtvarianten angelegt. Diese ermittelten Erträge sowie Angaben aus der Literatur sind Grundlage für die ökonomische Kalkulation. Die verfahrensökonomische Bewertung wurde nach dem DLG-Standard der Deckungsbeitragsrechnung vorgenommen. Marktpreise und Saatgutkosten sind Angaben von Vermarktungs- und Saatgutfirmen in unterschiedlichen Regionen Deutschlands. Die Kalkulation der Arbeitserledigungskosten erfolgte nach den Öko-Richtwerten des KTBL (2002).

¹ Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow

² Naturland-Verband für naturgemäßen Landbau e. V., Gräfelting

3 Ergebnisse

3.1 Anbaubedeutung

3.1.1. Flächenumfang

Nach Angaben der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle ZMP (2006) wurden 2004 im ökologischen Landbau etwa 3200 ha Raps, 2000 ha Sonnenblumen und 1500 ha Öllein angebaut. Diese im ökologischen Landbau wichtigsten Ölpflanzen nehmen an der Gesamtfläche der jeweiligen Kultur jedoch nur einen geringen Anteil ein. Dennoch ist bei diesen Kulturen ein deutlicher Anstieg der Anbaufläche im Vergleich zu 2002 zu beobachten. Die von der ZMP unter „Sonstige“ angegebenen 900 ha könnten möglicherweise Leindotter und Senf sein, wobei Leindotter sehr häufig in Mischkultursystemen angebaut wird (Tab. 1).

Tab. 1: Anbaufläche von Ölsaaten im ökologischen Landbau 2004 (ZMP 2006)

Kultur	Anbaufläche und Anteil an der Gesamtfläche		Veränderung zu 2002
	ha	%	
Raps	3200	0,25	+7
Sonnenblumen	2000	6,33	+67
Öllein, Leinsamen	1500	11,63	+15
Sonstige	900	23,68	+173

Bei einem angenommenen Nachbauanteil von 50 % wird die aus den Saatgutverkäufen errechnete ökologische Leindotterfläche in Deutschland deutlich über 3000 ha liegen. (Tab. 2). Der Anbau von Raps hat aufgrund intensiver Nachfrage von Ölmühlen nach einheimischer Produktion zur Ernte 2006 deutlich zugenommen. Diese Entwicklung wurde durch die stark gesunkenen Erzeugerpreise für alle wichtigen Ackerkulturen der Ernte 2004 bei konstanten oder sogar steigenden Rapspreisen gefördert. Aus den Saatgutverkäufen im Herbst 2006 lässt sich vorhersagen, dass dieses Niveau nicht gehalten wird, obwohl die Erntemengen 2006 in einigen Regionen überdurchschnittlich waren. Die Preise für Getreide sind nach dem Tiefpunkt der Ernte 2004 wieder gestiegen,

so dass die ökonomische Konkurrenzkraft des Rapses sinkt.

Tab. 2: Naturland Anbauflächen 2005 (eigene Erhebungen)

Kultur	Fläche
Raps	242
Sonnenblumen	620
Öllein, Leinsamen	80
Leindotter	3500*
Senf (als Hauptfrucht)	117
Hanf	12
Kürbiskerne	12

*Aus Saatgutverkauf geschätzte gesamte Ökofläche in Deutschland

3.1.2 Besonderheiten im Produktionsverfahren

Das Haupthindernis der Ausweitung des ökologischen Rapsanbaus sind die verschiedenen Schädlinge, die in vielen Gegenden in den meisten Anbaujahren hohen Schaden verursachen. Der Rapsanbau konnte daher nur in einigen Gebieten Nord- und Ostdeutschlands erfolgreich etabliert werden.

Aufgrund der hohen klimatischen Ansprüche der Sonnenblumen sind nur einige Regionen in Deutschland für den Anbau geeignet. Auf diesen Gunststandorten erreichte der ökologische Sonnenblumenanbau einen stabilen Umfang mit Erträgen, die nur geringfügig unter denen konventioneller Erträge liegen. Für Probleme sorgt teilweise die begrenzte Verfügbarkeit ausreichend frühreifer Sorten. Als Folgefrucht nach Sonnenblumen kommt wegen Durchwuchs- und Nährstoffproblemen in der Regel nur Klee gras in Frage, das oft schon als Untersaat in den Sonnenblumenbestand ausgebracht wird.

Der Anbau von Öllein in Reinsaat ist häufig mit hohem Unkrautdruck verbunden. Probleme bei der Abreife bei zu hoher Stickstoffversorgung spielen im ökologischen Anbau eine untergeordnete Rolle und können durch die Fruchtfolgestellung gelöst werden. Der Anbau in Mischfruchtanbausystemen kann das Unkrautproblem entschärfen.

Die Leindotterflächen sind in den letzten Jahren besonders durch die Einführung der Mischfruchtanbausysteme stark angestie-

Tab. 3: Besonderheiten im Produktionsverfahren

Kultur	Probleme mit Schädlingen/Krankheiten	Probleme mit Unkraut	Sonstige Probleme
Raps	Sehr starker Schädlingsdruck, regional unterschiedlich	Mit gewissem Aufwand lösbar	Durchwuchs
Sonnenblumen	Bei regelmäßigem Anbau Falscher Mehltau. Sclerotinia in Sonnenblumen begrenzt den Anbau anderer Kulturen	Gering	Oft keine frühreifen Sorten erhältlich
Öllein	Gering	Sehr hoch	
Leindotter	Gering, regional Rapserrdfloh	Hoch	Kaum Anbau in Reinkultur
Senf	Gering	Gering	
Hanf	Gering	Jugendentwicklung oft langsam	Ernte

gen. Für den Leindotteranbau eignen sich auch Sandstandorte mit guter Wasserversorgung. Das Haupthemmnis für einen weiteren Ausbau der Flächen ist das Verbot der Verfütterung von Leindotter und seinen Verarbeitungsprodukten.

Senf wäre eine für viele Standorte sehr gut geeignete Kultur. Leider ist nur die Vermarktung von Speisesenf und Zwischenfruchtsaatgut möglich. Daher scheitert eine Ausweitung des Anbaus zurzeit an der fehlenden Vermarktung.

Hanf und Kürbiskerne sind zwei Kulturen, die in ihrer Bedeutung zunehmen, aber dennoch eine nur untergeordnete Rolle spielen. Sie benötigen gute Böden und warmes Sonnenblumenklima. Gerade bei Hanf kann die Ernte bei feuchter Witterung im September wegen des faserigen Stroh sehr schwierig sein (Tab. 3).

Sojabohnen werden in Deutschland zur Zeit nicht oder nur in sehr geringem Umfang zur Produktion von Öl angebaut. Einheimische Ware dient der Tofuherstellung, wenige Partien werden nach thermischer Behandlung als Futter eingesetzt.

Bei allen Ölsaaten außer Leindotter und Senf finden umfangreiche Importe statt.

3.1.3 Qualität und Verwendungsmöglichkeiten

Für die Verwertung als Speiseöl haben Raps und Sonnenblumen die größte Bedeutung. Bei Speiseöl aus Lein, Leindotter, Hanf und Kürbiskernen ist die Nachfrage begrenzt, zum Teil aufgrund starken Eigengeschma-

ckes, zum Teil wegen des höheren Preises. Für Futteröle, die zur Staubbinding von Futtermischungen dienen, kommen Mischöle von Speiseölmühlen, minderwertige Chargen (z. B. zu hoher Ölsäuregehalt) oder Sonnenblumen von Umstellungsflächen zum Einsatz. Hier ist der Bedarf weitestgehend gedeckt.

Mit der Reduzierung der konventionellen Futterkomponenten Maiskleber und Kartoffeleiweiß bekommen ökologische Ölkuchen eine immer größere Bedeutung in der Tierfütterung. Während Körnerleguminosen in ihrem Aminosäuremuster überwiegend Lysin liefern, weisen die Ölkuchen höhere Methioningehalte auf. Dennoch ist der Einsatz einheimischer Ölkuchen in Geflügel- und Schweinerationen begrenzt, da importierter Sojakuchen wesentlich mehr Lysin und Sesamkuchen mehr Methionin liefern (Tab. 4). Für Lein- und Hanfkuchen sind wegen antinutritiver Inhaltsstoffe Obergrenzen in Rationen zu beachten. Dies gälte bei Aufhebung des Verfütterungsverbot auch für Leindotterkuchen. Leindotter ist im Zusammenhang mit seinen antinutritiven Inhaltsstoffen nicht ungünstiger einzuschätzen als Lein oder Hanf.

Die energetische Verwertung von ökologisch angebauten Ölsaaten ist gegenwärtig für die meisten Betriebe unökonomisch, wozu hohe Produktionskosten und geringe Erträge bei Winterraps und teilweise auch beim Leindotter beitragen (PAULSEN et al. 2007). Darüber hinaus bleibt zu bedenken, dass der Speiseölmarkt nicht ausreichend durch ein-

heimische Ware bedient werden kann.

Tab. 4: Qualität von Futtermitteln aus ökologischem Anbau (VOGT-KAUTE 2006)

Futtermittel	Rohprotein [g kg ⁻¹]	Lysin [g kg ⁻¹]	Methionin [g kg ⁻¹]
Erbsen	202	15,0	2,1
Ackerbohnen	272	16,3	2,1
Blaue Lupinen	304	20,0	1,8
Sojabohnen	368	21,4	5,1
Rapskuchen	332	16,9	6,9
Sonnenb.kuchen	252	9,6	4,9
Leinkuchen	332	13,1	6,9
Leindotterkuchen	370	16,9	6,2
Hanfkuchen	330	10,7	7,3
Sojakuchen	444	27,0	6,3
Sesamkuchen	377	10,6	10,7

3.2 Ökonomie

Die folgende ökonomische Betrachtung bezieht sich auf Winterraps, Sonnenblumen und Öllein sowie deren Nutzung als Speiseöl. Andere Ölsaaten werden aufgrund ihrer geringeren Anbaubedeutung nicht einbezogen. Die Beurteilung der Effizienz des Ölsaatenanbaus im Betrieb erfordert nicht nur den Vergleich der verschiedenen Ölfrüchte untereinander, sondern ebenso eine Bewertung in Bezug auf die bisherige Nutzung.

3.2.1 Marktleistung

Ausgangspunkt dieser ökonomischen Bewertung ist die durch den Ertrag und den Preis bestimmte Marktleistung. Die wenigen Ertragsergebnisse aus der Praxis und aus Feldversuchen belegen bei allen Ölpflanzen überaus große Ertragsschwankungen in Abhängigkeit von Standort und Jahr. Im Mischfruchtprojekt wurden bei **Winterraps** 2005 in Abhängigkeit vom Standort im Reinanbau Erträge zwischen 2 und 12 dt ha⁻¹ festgestellt. Im Mischanbau mit Winterroggen lagen die Rapsertträge im Mittel nur bei 1,3 dt ha⁻¹ mit geringen Schwankungen zwischen den Standorten (vgl. Abschnitt zu "Erträgen" in diesem Band). Aus Sachsen werden Rapsertträge in Abhängigkeit vom Jahr von 5 bis 28,5 dt ha⁻¹ mitgeteilt (KOLBE 2004). Ähnlich große Ertragsschwankungen ergab auch eine Praxiserhebung des Kompe-

tenzzentrums Ökolandbau in Niedersachsen. Betriebe aus verschiedenen Bundesländern erreichten Winterrapsertträge zwischen 2 und 30 dt ha⁻¹. (JOREK 2004, 2005). BÖHM (2005) teilt Erträge bei Winterraps zwischen 10 und 27 dt/ha mit.

Die **Sonnenblumen** können unter günstigen Bedingungen ähnliche Erträge erreichen wie im konventionellen Anbau. Das belegen vor allem Versuchsergebnisse. An mehreren Standorten wurde ein mittlerer Ertrag von 28,5 dt ha⁻¹ (REINBRECHT 2004) erzielt. Hohe Sonnenblumenertträge von 30 dt ha⁻¹ wurden in einer dreijährigen Prüfung unter ökologischen Anbaubedingungen auf einem Lößstandort in Sachsen festgestellt. Allerdings traten auch hier Ertragsschwankungen zwischen den Jahren von 0 bis 53 dt ha⁻¹ auf (KOLBE 2004). PAULSEN et al. (2007) gehen in ökonomischen Bewertungen von Erträgen von 25 dt ha⁻¹ aus.

Der **Öllein** Reinanbau scheitert oftmals am hohen Unkrautdruck. Dementsprechend hoch sind die Ertragsschwankungen im ökologischen Landbau. Im Mischfruchtprojekt wurden in Abhängigkeit vom Standort Erträge zwischen 2 und 17 dt ha⁻¹ erreicht. 2005 kam es am Standort Gülzow wegen starker Verunkrautung mit Ackerrohsenzunge (*Anchusa arvensis*) zum Totalausfall (vgl. auch Abschnitt zu "Unkrautvorkommen und Unkrautunterdrückung" in diesem Band). Beim Anbau in Mischkultur lagen die Ölleinertträge im Durchschnitt nur bei etwa 2 dt ha⁻¹, da die Konkurrenzkraft der Mischungspartner Sommerweizen und Leindotter in der Regel hoch war. Kolbe (2004) gibt für einen Lößstandort in Sachsen Erträge zwischen 9 und 35 dt ha⁻¹ an.

Leindotter und **Weißer Senf** wurden im Mischfruchtprojekt sowohl als Reinsaat als auch als Mischkultur angebaut. Obwohl bei der ökonomischen Betrachtung nicht weiter einbezogen, sollen hier doch einige Ergebnisse zur Ertragsleistung mitgeteilt werden. Der Leindotter wird in Praxisbetrieben vorzugsweise als Mischkultur angebaut, mit dem vordergründigen Ziel, die Pflanze als

Stützfrucht und das Öl als Treibstoff einzusetzen. Für die Speiseölvermarktung gibt es einen kleinen Markt im Bereich der Speiseölproduktion. Die Erträge in Versuchen des Mischfruchtprojektes wiesen große Schwankungen auf und erreichten in Abhängigkeit von Standort und Jahr 0,3 bis 21,8 dt ha⁻¹. Beim Anbau von Leindotter in Mischung mit anderen Kulturen lagen die Erträge bei etwa 75 % in Vergleich zum Reinanbau. Etwa 10 dt ha⁻¹ wurden an verschiedenen Standorten in verschiedenen Jahren geerntet (REINBRECHT 2005, GRUBER 2005, SCHUSTER 2006). Im Rahmen von Versuchen in Leitbetrieben in Nordrhein-Westfalen lagen die Erträge zwischen 2 und 5 dt ha⁻¹. In diesen und anderen Versuchen konnte der Leindotter weder seine angebliche Platzfestigkeit noch seine besondere Unkraut unterdrückende Wirkung unter Beweis stellen (STUMM 2005).

Der Weiße Senf erreichte in den zwei Jahren des Mischfruchtprojektes sehr unterschiedliche Erträge. 2004 wurde ein Durchschnittsertrag von 5,2 dt ha⁻¹ erreicht. Besonders auf dem Sandboden in Gülzow war die Bestandesdichte unzureichend und der Befall mit Rapsglanzkäfern vergleichsweise hoch. 2005 lagen die Erträge auf den vier Standorten zwischen 3,4 und 18,2 dt ha⁻¹. In Versuchen in Sachsen wurden deutlich höhere Erträge mit geringen Schwankungen zwischen den Jahren erreicht (SCHUSTER 2006).

Tab.5: Unterstellte Erträge und Marktpreise von Ölpflanzen

Fruchtart	Erträge dt ha ⁻¹		Marktpreis € dt ⁻¹	
	gering	hoch	gering	hoch
Winterraps	11	21	45	48
Öllein	10	15	45	60
Sonnenblumen	20	30	28	36

Aus den vorliegenden Erhebungen werden für Raps, Sonnenblumen und Öllein für die ökonomische Bewertung zwei Ertragsgruppen unterstellt (Tab. 5). Dabei ist der geringe Ertrag nicht immer nur den sandigen Böden zuzuordnen, sondern vielmehr ungünstigen

Gesamtbedingungen (Schädlingsbefall, Boden, Witterung, Anbautechnik).

Die in der Tabelle 5 aufgeführten Preise berücksichtigen, dass in unterschiedlichen Regionen unterschiedliche Marktpreise realisiert werden können. Für Raps wurde bei der Befragung der Vermarktungsfirmen ein Preis von 45 bis 48 € dt⁻¹ bei 43 % Ölgehalt angegeben. Bei Öllein wurden in Abhängigkeit von der Nachfrage sehr starke preisliche Unterschiede deutlich, so dass im Einzelfall auch Preise über 60 € dt⁻¹ möglich sind. Auch Sonnenblumen zeigten in der Befragung deutlich unterschiedliche Marktpreise, die zwischen 28 und 36 € dt⁻¹ lagen. Bei den ermittelten Marktpreisen war ein klares Nord-Süd-Gefälle nicht zu erkennen. Vielmehr wurde deutlich, dass innerhalb dieser kleinen, sehr speziellen Märkte bei bestimmten Abnehmern auch gute Preise erzielt werden, wenn Angebot und Nachfrage stimmen. Aus den für die Kalkulation unterstellten Erträgen und Preisen wird die Marktleistung errechnet (Tab. 6).

Tab. 6: Marktleistung der Ölsaaten bei unterschiedlichem Ertrags- und Preisniveau

Fruchtart	Marktleistung € ha ⁻¹	
	geringer Preis	hoher Preis
Winterraps		
geringer Ertrag	495	528
hoher Ertrag	945	1008
Sonnenblumen		
geringer Ertrag	560	720
hoher Ertrag	840	1080
Öllein		
geringer Ertrag	450	600
hoher Ertrag	675	900

Im Ergebnis zeigen sich bei allen Ölsaaten erhebliche Unterschiede zwischen den beiden Ertragsgruppen, wodurch die Bedeutung der Ertragsleistung unterstrichen wird. Zwischen den Preisgruppen und zwischen den Ölsaaten innerhalb einer Ertrags- bzw. Preisgruppe sind die Unterschiede in der Marktleistung vergleichsweise gering.

3.2.2 Vergleich der Direktkosten freien Leistung

Für den ökonomischen Vergleich der Ölsaaten wird die Direktkosten freie Leistung ausgewählt (Tab.7). Diese ergibt sich aus der Marktleistung abzüglich der Direktkosten (Saatgut, Hagelversicherung). Kosten für Reinigung und Trocknung sowie Düngung sind in der Regel betriebsspezifisch sehr verschieden und unterscheiden sich weniger zwischen den Ölpflanzen, so dass sie bei den Direktkosten für diese Betrachtung nicht berücksichtigt werden.

Tab. 7: Direktkosten freie Leistung für Ölsaaten bei unterschiedlichem Ertrags- und Preisniveau

Fruchtart	Direktkosten freie Leistung € ha ⁻¹	
	geringer Preis	hoher Preis
Winterraps		
geringer Ertrag	445	478
hoher Ertrag	890	953
Sonnenblumen		
geringer Ertrag	422	582
hoher Ertrag	701	939
Öllein		
geringer Ertrag	362	512
hoher Ertrag	584	809

Ein Vergleich der Deckungsbeiträge wird aufgrund der nur geringfügig unterschiedlichen variablen Maschinenkosten für alle Kulturen (Pflügen, Saatbettbereitung und Aussaat sowie mechanische Pflege, Ernte, Korntransport und Stoppelbearbeitung) nicht vorgenommen, obwohl diese einen erheblichen Teil der variablen Gesamtkosten ausmachen. Sie liegen bei den einbezogenen Ölsaaten zwischen 102 und 116 € ha⁻¹.

Die Direktkosten werden wesentlich durch den unterschiedlichen Saatgutpreis je Hektar beeinflusst. Dieser liegt für Öko-Rapssaatgut bei etwa 125 € pro Einheit. Bei den Sonnenblumen lagen die angegebenen Preise zwischen 190 bis 215 € pro Einheit. Für Öllein wurden sehr unterschiedliche Preise festgestellt, die zwischen 170 bis 300 € pro dt lagen. Der Saatgutpreis je Hektar wurde als Mittelwert mit üblichen Saatstärken kalkuliert. Für Winterraps ergaben sich die ge-

ringsten Saatgutkosten je Hektar, für Sonnenblumen die höchsten. Dadurch sinkt die Konkurrenzkraft der Sonnenblume gegenüber Winterraps, insbesondere bei hohen Erträgen.

Im Ergebnis zeigen sich wieder deutliche Unterschiede zwischen den zwei Ertragsgruppen. Diese Tatsache weist den Ertrag als entscheidende Einflussgröße auch im ökologischen Landbau aus. Höhere Preise können die Direktkosten freie Leistung nur geringfügig beeinflussen. Die zwischen den Ölsaaten festgestellten Unterschiede in der Marktleistung verstärken sich bei der Betrachtung der Direktkosten freien Leistung. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass hier eine Kalkulation mit Durchschnittswerten vorgenommen wurde und schon geringfügig andere Erträge die Direktkosten freie Leistung beeinflussen können.

3.2.3 Vergleich der Fruchtarten in der Fruchtfolge

Bei allen Ölsaaten stellt sich die Frage, wie stark sie im ökonomischen Wettstreit mit etablierten Kulturen sind. Der Winterraps wäre zwar in Getreide betonten Fruchtfolgen eine willkommene Auflockerung, verdrängt es jedoch in der Regel von seinem Platz. Beide Kulturen konkurrieren in vielen Betrieben um die Vorfrucht Klee gras. Der Anbau von Winterraps nach Klee gras ist weit verbreitet, um eine ausreichende Stickstoffversorgung zu gewährleisten. Ein Vergleich der Direktkosten freien Leistung zeigt, dass Erträge über 20 dt ha⁻¹ erreicht werden müssen, um vergleichbare Leistungen wie mit Winterweizen zu erzielen (Tab. 8).

Tab. 8: Vergleich der Direktkostenfreien Leistung von Winterweizen und Winterraps

Kennzahl	Winterweizen		Winterraps	
	geringer Preis	hoher Preis	geringer Preis	hoher Preis
Ertrag dt ha ⁻¹	45	45	21	21
Preis € dt ⁻¹	22	25	45	48
Direktkosten freie Leistung € ha ⁻¹	900	1034	890	1008

Tab. 9: Vergleich der Direktkosten freien Leistung von Getreide, Öllein und Sonnenblumen

Kennzahl	Weizen	Roggen	Roggen	Öllein	Öllein	Sonnenblumen	Sonnenblumen
Ertrag dt ha ⁻¹	35	25	45	10	15	20	30
Preis € dt ⁻¹	22	15	15	45	45	28	28
Direktkosten freie Leistung € ha ⁻¹	681	318	618	362	584	555	840

Beim Vergleich wird von einem durchschnittlichen Weizenantrag von 45 dt ha⁻¹ ausgegangen. Versuchsergebnisse belegen, dass auf besseren Standorten ein derartiger Weizenantrag mit hoher Wahrscheinlichkeit erreicht und überboten werden kann, die Chance auf einen Rapsantrag über 20 dt ha⁻¹ aber derzeit eher gering ist.

Sonnenblumen und Öllein werden in der Fruchtfolge häufig als abtragende Arten angebaut. Bei den Sonnenblumen ist davon auszugehen, dass sie unter günstigen Standortbedingungen hohe Erträge erreichen können. Ein Vergleich mit Winterweizen bei einem hier unterstellten geringen Ertrag (als abtragende Kultur) und mit Winterroggen zeigt, dass auch bei Sonnenblumen vergleichsweise hohe Erträge erforderlich sind, um ähnliche Direktkosten freie Leistungen zu erreichen wie das Getreide (Tab. 9). Ähnliches zeigt der Vergleich mit Öllein, der trotz hoher Erträge nur konkurrenzfähig ist, wenn beim Roggen weniger als 45 dt ha⁻¹ geerntet werden. Da der Öllein auch auf sehr leichten Böden angebaut wird, z. B. in Nordostdeutschland und hier in erster Linie Roggen mit einem geringen Ertragspotential verdrängt, lohnt sich ein Vergleich beider Kulturen. Auf diesen Standorten wäre der Öllein erst ab einem Ertrag von etwa 10 dt ha⁻¹ anbauwürdig. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand ist es allerdings im ökologischen Landbau schwierig überhaupt Ölleinbestände mit geringem Unkrautbewuchs zu etablieren und vermarktbar Ware zu produzieren. Aufgrund dieser Problematik gibt es in Versuchen und in der Praxis bereits Erfahrungen im Mischanbau mit Getreide.

In Versuchen des Mischfruchtprojektes wurden Untersuchungen zum Anbau von Öllein mit Sommerweizen als Mischfrucht durchgeführt. In Abhängigkeit vom Standort wurden

0-2,8 dt ha⁻¹ Öllein geerntet. Ein Vergleich des Mischfruchtanbaus mit dem Reinanbau zeigt, dass zwar die Flächenleistung erhöht, die Wirtschaftlichkeit des Ölleins aber bei den hier unterstellten Erträgen und Preisen nicht verbessert wird. Trotz der geringeren Kosten, die auf den Öllein entfallen, reicht dieser Ertrag nicht aus (Tab.10).

Wie sich im Mischfruchtprojekt gezeigt hat, ist eine Reihe von Fragen bisher nicht beantwortet. Es ist unklar, wie Saatstärken bemessen sein sollten, um besonders konkurrenzwache Arten wie Öllein zu fördern. Darüber hinaus sind Möglichkeiten der mechanischen Pflege, die in solch einem heterogenen Pflanzenbestand bestehen, nicht untersucht worden. Von einer ausreichenden Unkraut unterdrückenden Wirkung der Mischfruchtbestände kann nicht unter allen Standortbedingungen ausgegangen werden.

Tab. 10: Vergleich von Reinsaat und Mischanbau mit Öllein

Kennzahl	Reinsaat		Mischanbau	
	Sommerweizen	Öllein	Sommerweizen	Öllein
Ertrag dt ha ⁻¹	37	7,5	30	1,9
Preis € dt ⁻¹	22	45	22	45
Direktkosten € ha ⁻¹				
Saatgut	87	85	45	64
Hagelvers.	2	2	2	2
Aufbereitung				16
Direktkosten freie Leistung € ha ⁻¹	725	251	613	3,5
Variable Maschinenkosten € ha ⁻¹	109	112	109	
Deckungsbeitrag € ha ⁻¹	378		508	

Trotz einiger Vorteile des Mischfruchtanbaus auch mit anderen Ölsaaten bleibt offen, ob der Bedarf an einheimischer Ware durch dieses Anbauverfahren besser gedeckt wer-

den kann. Der Mischfruchtanbau erhöht in der Regel die Flächenleistung, das Ziel mehr Ölsaaten für einen Wachstumsmarkt zu produzieren, wird allerdings nicht erreicht.

4 Diskussion

Insgesamt erweist sich der Ölsaatenanbau als kompliziertes Produktionsverfahren, von der Etablierung der Bestände bis zur Gesunderhaltung. Geringe Erträge führen dazu, dass die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Getreideanbau sehr häufig nicht gegeben ist. Da nur von vergleichsweise geringen Preisveränderungen ausgegangen werden kann, müssen in erster Linie die Erträge erhöht und stabilisiert werden. Letzteres setzt die Professionalisierung des gesamten Anbauverfahrens voraus.

5 Literatur

Böhm H (2005) Anbau von Raps im ökologischen Landbau, Anbauversuche mit Raps. Bericht des Instituts für ökologischen Landbau der FAL Trenthorst:182

Gruber H (2005) Versuchsergebnisse der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, unveröffentlicht

Jorek B (2004) Datenerhebung zum Bio-Rapsanbau 2004. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen

Jorek B (2005) Datenerhebung zum Bio-Rapsanbau 2005. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen

Kolbe H (2004) Vergleich von Leguminosen und Ölpflanzen im ökologischen Landbau. Versuchsergebnisse. Versuchsberichte der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 2003-2004

KTBL (2002) Ökologischer Landbau Kalkulationsdaten für Ackerfrüchte und Gemüse. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. Darmstadt

Paulsen HM, Schädlich Olaf, Oppermann, R (2007) Dezentrale Pflanzenölerzeugung und -nutzung auch in ökologischen Betrieben? Beitrag präsentiert bei der Konferenz: Zwischen Tradition und Globalisierung - 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart, Deutschland [online]. Zu finden in <<http://orgprints.org/9362/>>

Reinbrecht C, Claupein W (2004) Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzenarten und -sorten für den Ökologischen Landbau unter den Aspekten Speiseölgewinnung und Eiweißquelle. Bericht,

Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim.

Schuster (2006) Versuchsergebnisse der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, unveröffentlicht

Stumm C (2005) Gemengeanbau von Hafer und Lein-dotter. Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein- Westfalen, Versuchsbericht 2005

Vogt-Kaute W (2006) Bewertung und Verbesserung der Praxistauglichkeit von Proteinquellen zur anerkannt ökologischen Tierhaltung in Deutschland, unveröffentlicht

ZMP (2006) Strukturdaten ökologischer Landbau. Materialien zur Marktberichterstattung, SH 60: 228-235

Nährstoffgehalte und Nährstoffentzüge von Pflanzen in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau

Nutrient content and nutrient uptake of plants in organic mixed cropping systems with oil crops

HANS MARTEN PAULSEN und MARTIN SCHOCHOW¹

Zusammenfassung

In Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen wurden die N-, P-, K-, Mg- und S-Gehalte in Korn und Stroh der Pflanzen bestimmt und die Nährstoffentzüge berechnet. Getreide, Leguminosen und Ölpflanzen aus ökologischem Anbau erreichten die Grenzwerte, die für eine ausreichende Versorgung von Pflanzen in konventionellen Anbausystemen angegeben werden, in der Regel nicht. Wenn es in den geprüften Mischfruchtanbausystemen zu veränderten Nährstoffgehalten gegenüber den jeweiligen Pflanzen im Reinsaat kam, waren die Gehalte eher verbessert. Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen stieg in den Mischfruchtanbausystemen, verglichen mit den Nährstoffbedürfnissen der Komponenten in Reinsaat, mindestens gegenüber einer Art an. Fruchtfolgeplanung und Düngung sollten diesen erhöhten Nährstoffbedarf der Anbausysteme berücksichtigen.

Schlüsselworte: Nährstoffgrenzwerte, Flächenproduktivität, Nährstoffentzug, ökologischer Landbau

Abstract

Seeds and straw of plants from mixed cropping systems with oil crops were analysed for N, P, K, Mg and S. The nutrient uptake of the crops was calculated. Thresholds given for nutrient contents in plant material from conventional production were generally not reached in cereals, legumes or oil crops from organic production. Nutrient concentrations of plants from mixed cropping systems were frequently elevated compared to sole cropping systems. Nutrient uptake of mixed cropping systems increased, compared to the values reached at least in one sole

cropped component of the mixtures. This elevated nutrient demand of mixed cropping should be considered in the planning of crop rotations and fertilisation.

Keywords: nutrient thresholds, area productivity, nutrient uptake, organic farming

1 Einleitung

Im Forschungsprojekt zum Anbau von Mischkulturen mit Ölsaaten war Arbeitshypothese, dass der Mischfruchtanbau sich auf die Nährstoffversorgung der Pflanzen im Vergleich zur Reinsaat auswirkt. Denkbar sind hier einseitige Veränderungen in den Nährstoffgehalten der Pflanzen zu Lasten eines Mischungspartners (BALSCHUN und JACOB 1972, KRANTZ und JACOB 1977 a und b). Aber auch eine verbesserte Versorgung der Pflanzen in Mischkultur könnte auftreten. Andere Nährstoffaufnahmezeiten unterschiedliche Durchwurzelungstiefen oder ein anderer Wurzelaufbau der Mischungspartner können dazu führen, dass die Bodennährstoffe im Vergleich zur Reinsaat einer Kultur besser ausgenutzt werden. Die Ergebnisse zur N-, P-, K-, Mg- und S-Versorgung der Pflanzen in den Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen sind im Folgenden dargestellt.

2 Material und Methoden

Die Nährstoffversorgung der Pflanzen in Korn und Stroh wurde mit den im Abschnitt 'Hintergrund und Projektbeschreibung' dieses Bandes genannten Methoden bestimmt. Im Sommerraps, der auf den meisten Standorten nicht maschinell beerntbar war, wurden die Analysen im Material der Quadratmeterbeerntung durchgeführt.

¹Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst

Tab. 1: Bodenkennwerte und Versorgungsstufen an den Versuchsstandorten

		pH	mg 100g ⁻¹			Mg	C _{org} %	N _{Ges} %	Bodenart
			P	K					
Trenthorst	2004	6,5 B	10 D	14 C	17 E	1,4	0,14	Tu2	
	2005	6,5 B	6 C	12 C	10 D	1,9	0,11	Lt3	
Wilmersdorf	2004	6,1 B	5 C	12 C	13 D	2,1	0,11	Ls3	
	2005	6,7 D	19 E	18 D	4 B	2,5	0,14	Sl3	
	Winterungen 2005	6,5 B	20 E	20 D	6 C	2,6	0,14	Sl3	
Pfaffenhofen	2004	6,2 B	7 C	13 C	9 C	1,9	0,10	Ls3	
	2005	6,1 B	9 C	11 C	5,3 B	2,1	0,10	Lt2	
	Winterungen 2005	5,9 C	6 C	11 C	7 C	1,1	0,06	Ls3	
Gülzow	2004	6,4 B	15 D	17 D	5,3 B	2,3	0,13	Sl2	
	2005	6,1 B	5 C	13 C	13 D	2,1	0,11	Sl2	
	Winterungen 2005	6,2 C	4 B	8 B	3 B	1,2	0,08	Sl2	

2.1 Nährstoffversorgung der Böden an den Standorten

Die schwach humosen bis humosen Versuchsstandorte wiesen nach Bodenanalyse eine ausreichende Versorgung mit den Nährstoffen P, K und Mg auf (Tab. 1). Aufgrund der Fruchtfolgegestaltung der Versuche nach Klee gras war mit einer guten N-Versorgung der Pflanzen zu rechnen. Zu erwarten war, dass die Nährstoffgehalte der Pflanzen an den Standorten und Jahren aufgrund der unterschiedlichen Bodengehalte und der klimatischen Bedingungen ein unterschiedliches Niveau aufweisen.

3 Ergebnisse

3.1 Nährstoffversorgung der Pflanzen an den Standorten

Die Nährstoffgehalte der Pflanzen in den Reinsaatparzellen an den Standorten werden in den Abbildungen 1 - 4 mit für den konventionellen Landbau angegebenen normalen Nährstoffgehalten von Pflanzen, die für die Erstellung von Nährstoffbilanzen und Düngplänen angegeben sind, eingeordnet (MLUV BRANDENBURG 2000, LFL 2006 (blaue Lupine), TLL 1999 (S)). Die angegebenen Gehaltswerte wurden in der Regel von den ökologisch angebauten Pflanzen nicht erreicht. Nur Öllein, Lupinen und Senf wiesen bei den N-, P- und K-Gehalten der Körner ein Niveau über den Richtwerten auf. Bei den Ölsaaten waren z. B. die im Vergleich zu den Richtwerten hohen P- und K-Gehalte der Körner auffällig. Die N-, K- und Mg- und

S-Gehalte im Stroh lagen deutlich unter der angegebenen normalen Versorgung. Beim Saflor, für den keine Angaben zu normalen Nährstoffgehalten in Korn und Stroh existieren, fiel die im Vergleich zu anderen Kulturen relativ gute P-Versorgung des Strohs auf (Abb. 1). Weiterhin wurde deutlich, dass die Nährstoffgehalte an N, P, K, Mg und S ein standort- und jahrestypisches Niveau aufweisen.

Bei den Kreuzblütlern waren erwartungsgemäß höhere S-Gehalte in Korn und Stroh zu verzeichnen als in den übrigen Kulturen. Leindotter lag hier aufgrund seiner höheren Glucosinolatgehalte etwas über den Werten des geprüften 00-Winterrapses, aber weit unter den Werten der geprüften Senfsorte. Es wurde in den Versuchen auch kein glucosinolatärmer Senf verwendet. Die N-Gehalte von Leindotter- und Senfsaat lagen deutlich über den N-Gehalten von Winterraps. Die P-, K- und Mg-Gehalte der Senfkörner waren höher, die K-Gehalte des Senfstrohs jedoch geringer als die angegebenen Richtwerte (Abb. 2). Auffällig war weiterhin die weite Streuung der K-Gehalte im Stroh bei Senf und Leindotter an den Standorten sowie der deutliche Unterschied in der Versorgung des Leindotterstrohs mit N, K und S zwischen den Jahren 2004 und 2005 (Abb. 2).

Beim Getreide wurden die angegebenen Nährstoffrichtwerte nur in einem Fall erreicht. Die Überschreitung des verwendeten

N-Richtwertes bei den Körnern von Sommerweizen erklärt sich dadurch, dass beim Sommerweizen die Richtwerte für Winterweizen angesetzt wurden, Sommerweizen aber typischerweise höhere N-Gehalte aufweist (BERG et al. 2003). Das durchgängige Unterschreiten der konventionellen Richtwerte beim Getreide weist auf das hohe Düngungsniveau im konventionellen Landbau hin. Die hier gemessenen niedrigeren Gehalte in Getreide können als typisch für die ökologische Produktion angesehen werden (KOLBE et al. 2003, ZIMMER und

DITTMANN 2003).

Bei den Erbsen ist das deutliche Unterschreiten der Richtwerte für N in Korn und Stroh nicht zu erklären. Hier muss angenommen werden, dass die zur Ermittlung der Richtwerte herangezogene Datenbasis aufgrund der geringeren Anbaubedeutung von Erbsen im konventionellen Landbau nicht das Standortspektrum abdeckt. Bei den Lupinen entsprechen die gefunden Nährstoffgehalte im Korn den Richtwerten besser.

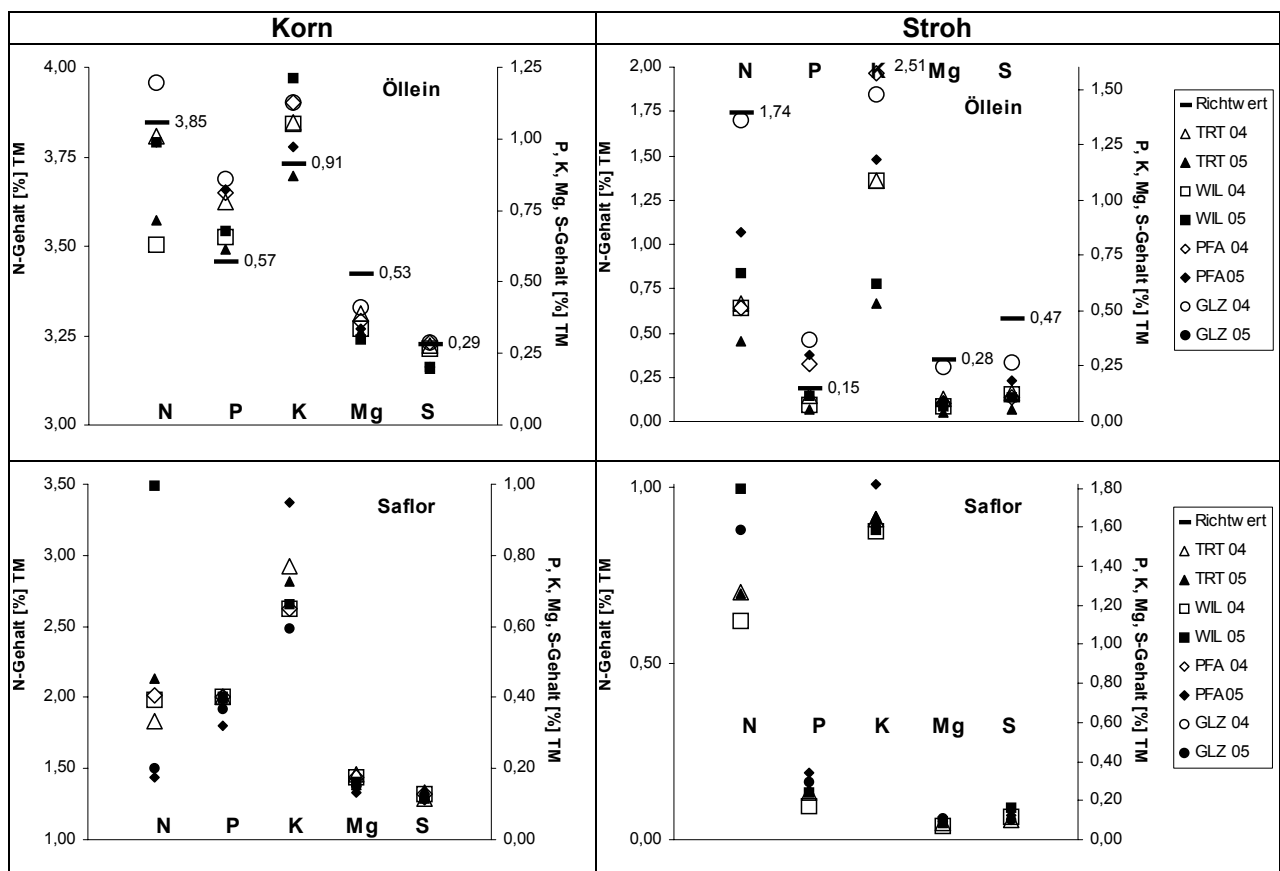


Abb. 1: Nährstoffgehalte in Korn und Stroh der Reinsaaten von Öllein und Safflor an den Versuchsstandorten im Vergleich zu durchschnittlichen Nährstoffgehalten von Kulturen nach Richtwerten (soweit vorhanden) konventioneller Produktion

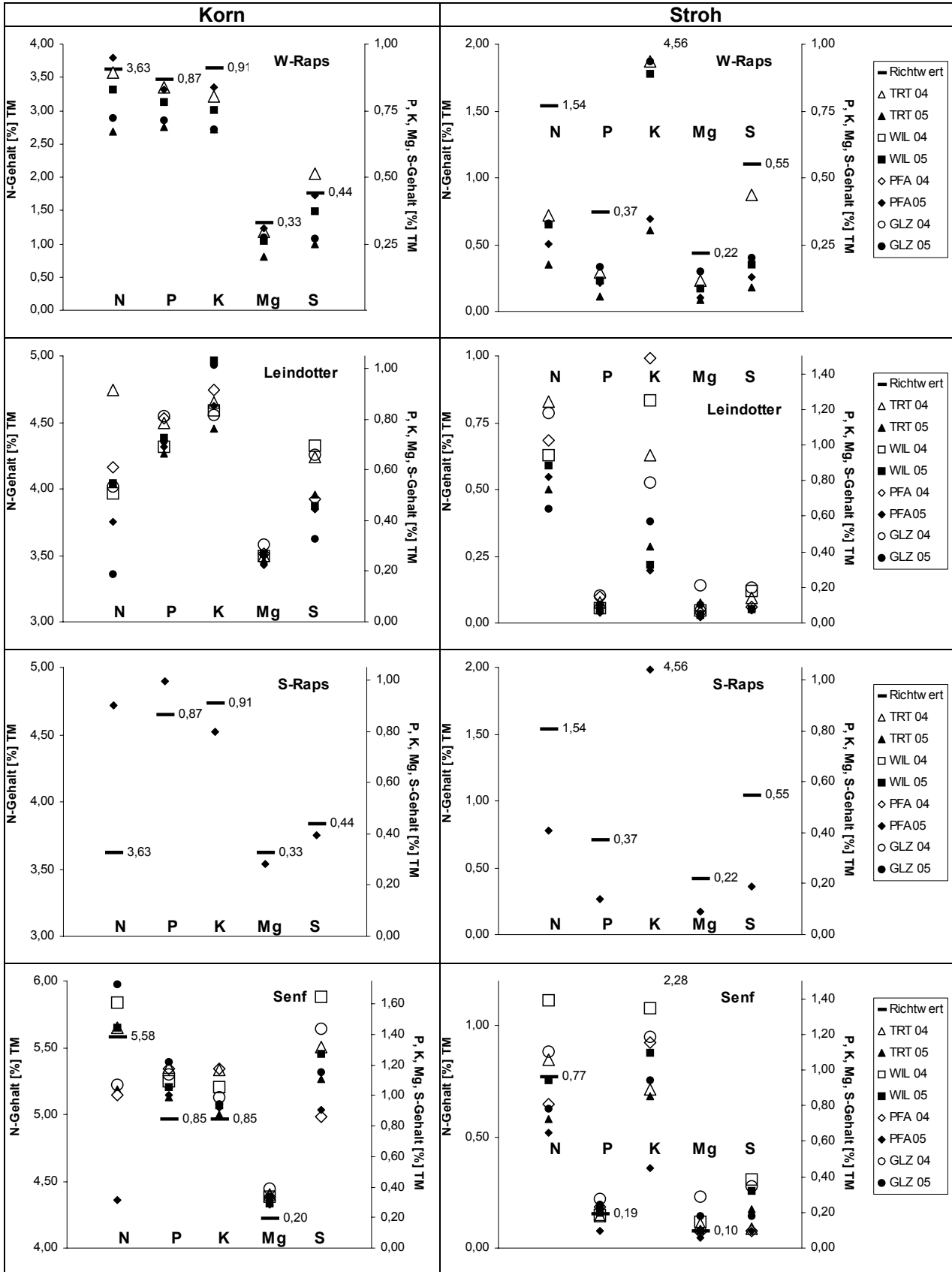


Abb. 2: Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Winter- und Sommerraps, Leindotter und Senf in Reinsaat an den Versuchsstandorten im Vergleich zu durchschnittlichen Nährstoffgehalten der Kulturen nach Richtwerten (soweit vorhanden) konventioneller Produktion

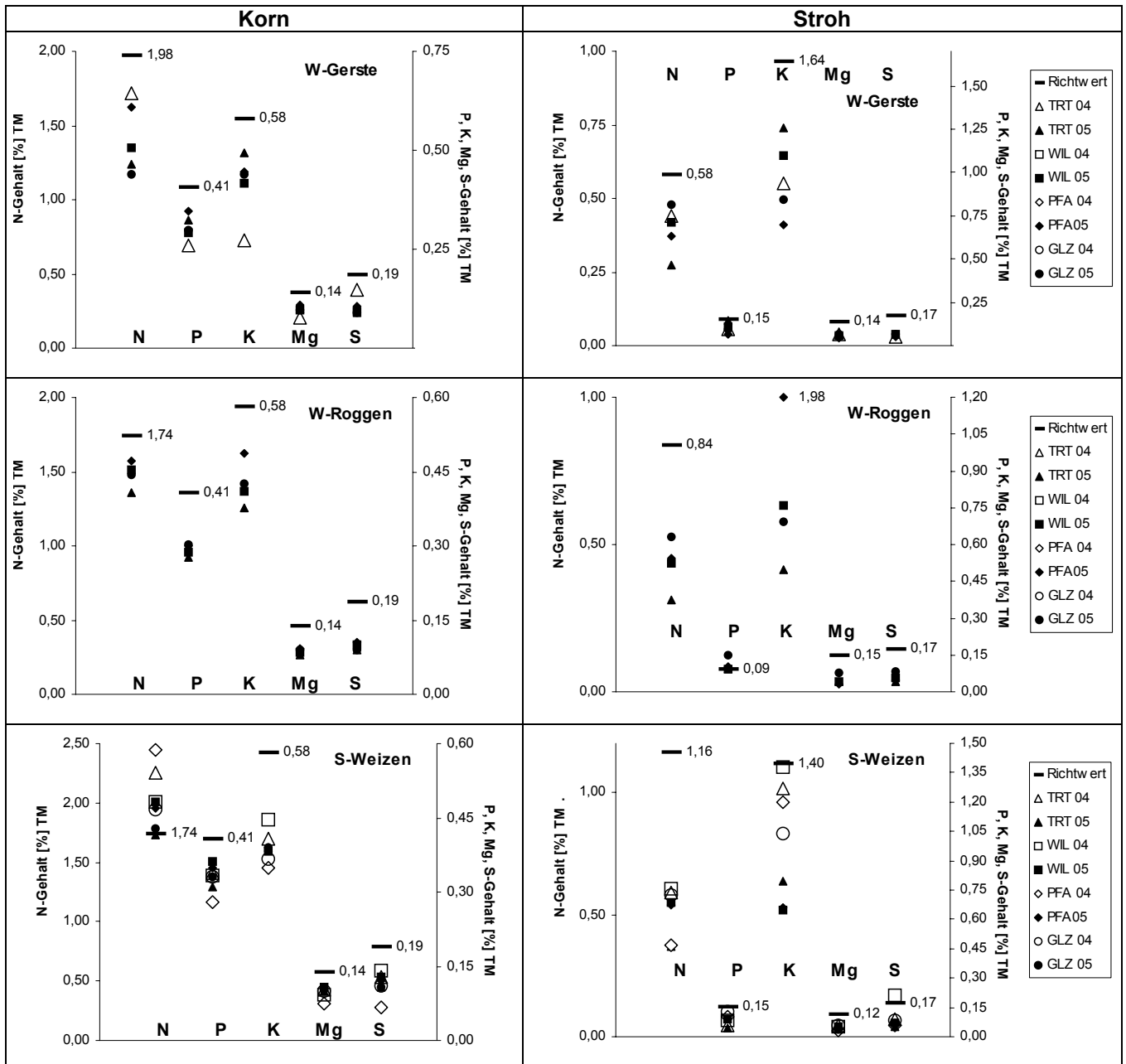


Abb. 3: Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Getreide in Reinsaat an den Versuchsstandorten im Vergleich zu durchschnittlichen Nährstoffgehalten von Kulturen nach Richtwerten konventioneller Produktion

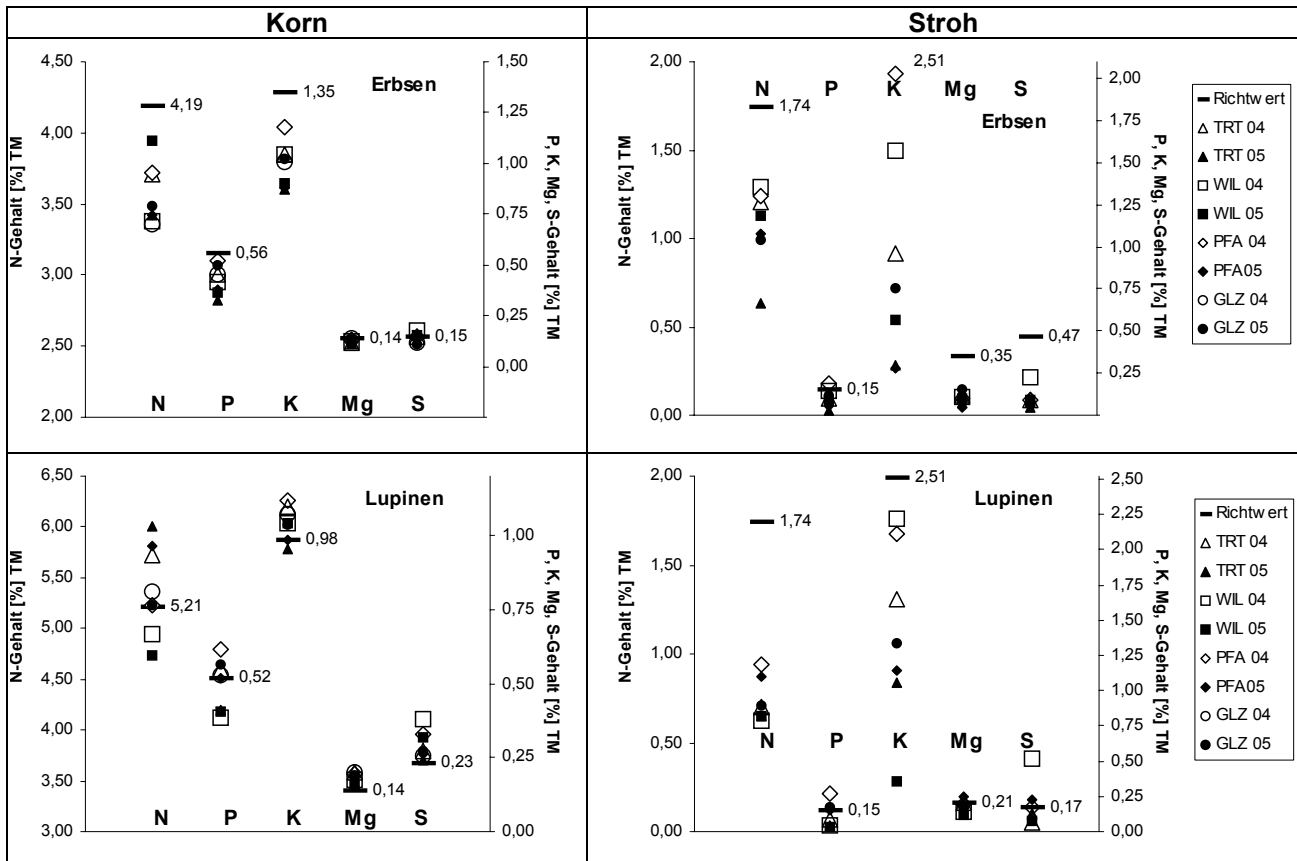


Abb. 4: Nährstoffgehalte der Reinsaat in Korn und Stroh von Erbsen und Lupinen an den Versuchsstandorten im Vergleich zu durchschnittlichen Nährstoffgehalten von Kulturen nach Richtwerten konventioneller Produktion

3.2 Nährstoffversorgung der Pflanzen im Mischfruchtanbau

Es fiel auf, dass die Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Pflanzen im Mischfruchtanbau mit denen ihrer Reinsaat überwiegend positiv korreliert waren (Tab. 2). Bei hohen Nährstoffgehalten eines Partners lagen auch hohe Nährstoffgehalte des anderen Partners vor. Das lässt darauf schließen, dass das Nährstoffniveau vom Standort und nicht vom Mischungspartner bestimmt wird. Die vereinzelt auftretenden negativen Korrelationskoeffizienten zum Nährstoffgehalt der Mischkulturen weisen auf Verdrängungsprozesse hin, die die Nährstoffversorgung eines Mischungspartners verschlechtern.

3.2.1 Nährstoffgehalte der Pflanzen in Abhängigkeit vom Mischungspartner

Betrachtet man die gemessenen Nährstoffgehalte in Korn und Stroh der Mischungspartner zur Ernte, zeigten sich nur bei

bestimmten Mischungen Effekte gegenüber den Reinsaatvarianten. In den nachfolgenden Vergleichen der Mittelwerte der Nährstoffgehalte in den Tabellen 1 - 14 sind nur die Standorte und Jahre einbezogen, die bei der jeweiligen Mischung eine gute Ausbildung beider Mischungspartner zeigten.

3.2.1.1 Mischfruchtanbau von Winterraps mit Wintergetreide oder Wintererbsen

Die Nährstoffgehalte von Winterraps wurden in der Regel nicht signifikant durch den Mischfruchtanbau mit Wintergerste, Wintererbsen oder Winterroggen beeinflusst. Wintergerste (Tab. 3) und Winterroggen (Tab. 4) wiesen allerdings in Mischkultur mit Winterraps höhere N-Gehalte im Korn auf als in der Reinsaat. Auch die S-Gehalte waren leicht erhöht. Bei den N-, P-, Mg- und S-Gehalten im Stroh war ebenso eine verbesserte Versorgung des Getreides in Mischung mit Winterraps zu verzeichnen. Die Wintererb-

sen waren in Reinsaat besser mit K, Mg und S versorgt als in Mischung mit Winterraps (Tab. 5).

	Stroh					Korn				
	N	P	K	Mg	S	N	P	K	Mg	S
WR x WG				0,75 ***	0,58 *					0,5 *
WR x WE			-0,98			0,78				0,58
WR x WRo	-0,82 *								0,52 *	
E x SR	0,54 *									
E x WS			0,52 ***	0,46 *	0,4 *	0,59 ***	0,81 ***	0,82 ***	0,72 ***	0,7 **
E x LD			0,69 ***	0,70 ***	0,68 ***		0,61 ***		0,81 ***	0,47 ***
E x LDbreit			0,65 ***	0,74 **		0,57 *	0,94 ***	0,64 **		0,63 **
Lu x FD		0,46 *				-0,42 *				
Lu x LD			0,63 ***		0,65 ***					
SW x LD	0,72 ***	0,39 *	0,69 ***	0,72 ***	0,74 ***	0,58 ***			-0,55 **	
SW x OL	0,40 *	0,53 **	0,64 ***	0,55 **		0,58 **				
OL x LD	0,64 ***	0,39 *	0,59 ***	0,85 ***	0,51 **		0,59 ***	0,43 *	0,78 ***	0,56 **

Tab. 2: Zusammenhang der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh der Gemengepartner beim Mischfruchtanbau mit Ölsaaten, Pearsonsche Korrelationskoeffizienten (nur signifikante Werte), vier Standorte 2004 und 2005 mit: *** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05

Tab. 3: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Winterraps und Wintergerste im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche in TRT 04, PFA 04, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

	W-Raps		W-Gerste	
	Rein	mit W-Gerste	Rein	mit W-Raps
Korn N	3,7	3,9	1,7	1,8 *
P	0,83	0,83	0,30	0,31
K	0,82	0,81	0,36	0,34
Mg	0,3	0,3	0,09	0,09
S	0,48	0,47	0,13	0,14
Stroh N	0,65	0,72	0,41	0,5
P	0,13	0,13	0,08	0,12 *
K	0,74	0,83	0,82	0,91
Mg	0,09	0,11 *	0,05	0,06 ***
S	0,31	0,33	0,05	0,08 ***

*** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05
fett: signifikant höhere Werte

Tab. 4: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Winterraps und Winterroggen im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche in TRT 05, PFA 05, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

	W-Raps		W-Roggen	
	Rein	mit W-Roggen	Rein	mit W-Raps
Korn N	3,1	3,2	1,48	1,70 ***
P	0,75	0,76	0,29	0,3 ***
K	0,74	0,74	0,43	0,42
Mg	0,26	0,26	0,09	0,09
S	0,32	0,35	0,09	0,11 ***
Stroh N	0,56	0,56	0,43	0,50 *
P	0,12	0,14	0,11	0,13 ***
K	0,69	0,66	0,79	0,71
Mg	0,09	0,09	0,05	0,06 ***
S	0,16	0,16	0,05	0,08 ***

^a*** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05
fett: signifikant höhere Werte

Tab. 5: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Wintererbsen und Wintererbsen im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche in WILM 05, PFA 05, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		W-Raps		W-Erbesen	
		Rein	mit W-Erbesen	Rein	mit W-Raps
Korn	N	3,5	3,8	3,9	3,8
	P	0,80	0,81	0,46	0,41
	K	0,79	0,85 *	1,1	1,0 *
	Mg	0,28	0,3	0,14	0,12 **
	S	0,4	0,45	0,16	0,14 **
Stroh	N	0,60	0,56	1,3	1,1 *
	P	0,11	0,12	0,11	0,12
	K	0,71	0,81	0,91	0,51
	Mg	0,08	0,08	0,10	0,08
	S	0,16	0,17	0,09	0,09

**** = $0 \leq P < 0,001$, ** = $0,001 \leq P < 0,01$, * = $0,01 \leq P < 0,05$
fett: signifikant höhere Werte

3.3.1.2 Mischfruchtanbau von Erbsen mit Ölsaaten

Sommererbsen waren im Mischfruchtanbau mit Leindotter, Senf und Sommerraps zur Ernte nicht schlechter mit Nährstoffen versorgt als in der Erbsen-Reinsaat. (Tab. 6 - 9).

Tab. 6: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Erbsen und Sommerraps im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche in TRT 04/05, PFA 05, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		Erbse		S_Raps ¹	
		Rein	mit S-Raps	Rein	mit Erbse
Korn	N	3,6	3,5	4,7	4,7
	P	0,38	0,39	1	0,9
	K	0,93	0,95	0,8	0,71
	Mg	0,12	0,12	0,28	0,27
	S	0,13	0,12	0,39	0,40
Stroh	N	0,96	0,95	0,78	0,85
	P	0,06	0,06	0,14	0,14
	K	0,51	0,59 *	1,04	0,99
	Mg	0,08	0,08	0,09	0,1
	S	0,06	0,06	0,19	0,24

¹ nur Pfaffenhofen 2005

**** = $0 \leq P < 0,001$, ** = $0,001 \leq P < 0,01$, * = $0,01 \leq P < 0,05$
fett: signifikant höhere Werte

Senf (Tab. 7) und Leindotter (Tab. 8) wiesen im Mischfruchtanbau mit Erbsen höhere N- und S-Gehalte in Korn und Stroh auf. Leindotter im Mischfruchtanbau mit Erbsen hatte darüber hinaus im Stroh höhere K- und Mg-

Gehalte. Eine bessere N-Versorgung der Leindotterpflanzen im Mischfruchtanbau mit Erbsen wurde auch schon in früheren Wachstumsstadien nachgewiesen (PAULSEN et al. 2007).

Tab. 7: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Erbse und weißem Senf im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte aller Standorte in 2005, Vergleich F-Test ANOVA^a

		Erbse		Senf	
		Rein	mit Senf	Rein	mit Erbse
Korn	N	3,6	3,5	5,1	5,4 ***
	P	0,40	0,43 ***	1,05	1,01 ***
	K	0,96	0,99 *	0,98	0,97
	Mg	0,13	0,13	0,31	0,30
	S	0,13	0,14	1,0	1,09
Stroh	N	1,0	1,0	0,62	0,78 **
	P	0,09	0,03	0,19	0,20
	K	0,79	0,72 ***	0,89	0,95
	Mg	0,08	0,08	0,09	0,1
	S	0,07	0,07	0,18	0,3 ***

**** = $0 \leq P < 0,001$, ** = $0,001 \leq P < 0,01$, * = $0,01 \leq P < 0,05$
fett: signifikant höhere Werte

Tab. 8: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Erbse und Leindotter im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche aller Standorte und Jahre, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		Erbse		Leindotter	
		Rein	mit Leindotter	Rein	mit Erbse
Korn	N	3,7	3,5	4,2	4,5 ***
	P	0,41	0,41	0,73	0,73
	K	0,97	0,97	0,89	0,91
	Mg	0,12	0,12	0,25	0,25
	S	0,14	0,13 ***	0,51	0,54 *
Stroh	N	1,1	1,1	0,63	0,77 **
	P	0,09	0,10	0,10	0,11
	K	0,83	0,89	0,7	0,96 ***
	Mg	0,09	0,09	0,06	0,07 **
	S	0,05	0,07 *	0,09	0,11 *

**** = $0 \leq P < 0,001$, ** = $0,001 \leq P < 0,01$, * = $0,01 \leq P < 0,05$
fett: signifikant höhere Werte

Tab. 9: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Erbsen und Leindotter im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau bei Breitsaat des Leindotters, Mittelwerte der Versuche in TRT 04/05, PFA 04/05, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		Erbsen		Leindotter breit	
		Rein	mit Leindotter breit	Rein	mit Erbsen
Korn	N	3,5	3,6	4,2	4,5 *
	P	0,42	0,41	0,74	0,74
	K	0,99	0,96	0,85	0,85
	Mg	0,12	0,12	0,25	0,25
	S	0,13	0,12 *	0,52	0,55
Stroh	N	1,02	0,94	0,64	0,78 *
	P	0,09	0,09	0,10	0,12
	K	0,89	0,93	0,79	1,23 ***
	Mg	0,08	0,09	0,06	0,08 **
	S	0,07	0,05 **	0,09	0,11 *

*** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05
fett: signifikant höhere Werte

3.3.1.3 Mischfruchtanbau von blauen Lupinen mit Ölsaaten

Beim Mischfruchtanbau von blauen Lupinen mit Leindotter sanken die Nährstoffgehalte der Lupine im Vergleich zur Reinsaat ab (Tab. 10).

Tab. 10: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von blauen Lupinen und Leindotter im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche in TRT 04/05, WILM 04/05, PFA 04, GLZ 05, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		Lupine		Leindotter	
		Rein	mit Leindotter	Rein	mit Lupine
Korn	N	5,3	5,1	4,1	4,0
	P	0,49	0,42 ***	0,73	0,71 *
	K	1,05	0,94 ***	0,91	0,86 *
	Mg	0,18	0,16 ***	0,26	0,26
	S	0,30	0,28 ***	0,52	0,50
Stroh	N	0,72	0,70	0,61	0,60
	P	0,11	0,09	0,10	0,1
	K	1,42	1,25 **	0,83	0,70 *
	Mg	0,17	0,18	0,07	0,08
	S	0,16	0,16	0,11	0,11

*** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05
fett: signifikant höhere Werte

Vor allem die Gehalte im Korn zeigten hier signifikante Effekte. Leindotterreinsaat waren besser mit P und K versorgt als in Mischsaat mit Lupinen. Beim Mischfrucht-

anbau mit Saflor waren die Lupinen schlechter mit Kalium versorgt. Saflor wies im Gegensatz dazu in Mischung mit Lupinen eine bessere Versorgung mit P, K und S auf (Tab. 11).

Tab. 11: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von blauen Lupinen und Saflor im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche in TRT 04/05, WILM 04, PFA 05, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		Lupine		Saflor ¹	
		Rein	mit Saflor	Rein	mit Lupine
Korn	N	5,6	5,6	1,9	2
	P	0,47	0,46	0,38	0,4 **
	K	1,01	0,96 *	0,77	0,8 *
	Mg	0,18	0,17	0,16	0,17
	S	0,29	0,32 *	0,12	0,14 *
Stroh	N	0,72	0,82	0,80	0,87
	P	0,08	0,09	0,25	0,28
	K	1,47	0,88 ***	1,68	1,7
	Mg	0,2	0,2	0,08	0,09
	S	0,21	0,17	0,12	0,12

¹Strohproben ohne Wilmersdorf 2004

*** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05
fett: signifikant höhere Werte

3.3.1.4 Mischfruchtanbau mit Sommerweizen und Ölsaaten und von Öllein mit Leindotter

Sommerweizen im Mischfruchtanbau mit Leindotter wies im Korn höhere N- und S-Gehalte auf als in der Reinsaat (Tab. 12).

Tab. 12: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Sommerweizen und Leindotter im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche aller Standorte und Jahre, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		S-Weizen		Leindotter	
		Rein	mit Leindotter	Rein	mit S-Weizen
Korn	N	2,0	2,1 ***	4,0	4,0
	P	0,32	0,35	0,74	0,73
	K	0,39	0,42	0,89	0,87
	Mg	0,1	0,11	0,26	0,27
	S	0,11	0,12 ***	0,53	0,60 ***
Stroh	N	0,50	0,46 *	0,62	0,62
	P	0,08	0,07	0,10	0,11
	K	0,99	1,27 ***	0,76	0,77
	Mg	0,05	0,04	0,09	0,09
	S	0,09	0,09	0,11	0,14 **

*** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05
fett: signifikant höhere Werte

Im Stroh war die Reinsaat demgegenüber besser mit N versorgt. Das Stroh der Reinsaat wies geringere K-Gehalte auf als das des Mischfruchtanbaus (Tab. 12).

Beim Leindotter waren Unterschiede in den Nährstoffgehalten zwischen Rein- und Mischfruchtanbau bei S gegeben. Leindotter weist aufgrund seiner Glucosinolatgehalte typische hohe S-Gehalte auf. Die S-Versorgung der Pflanzen im Mischfruchtanbau war besser als im Reinanbau.

In Mischung mit Öllein wies Sommerweizen eine etwas schlechtere Versorgung des Strohs mit P und S auf als in Reinsaat. Die übrigen Nährelemente im Stroh und in den Körnern blieben gegenüber der Reinsaat unverändert (Tab. 13). Öllein zeigte im Mischfruchtanbau mit Sommerweizen gegenüber der Reinsaat einen angestiegenen P-Gehalt im Korn sowie eine erhöhte Konzentration aller untersuchten Nährelemente im Stroh. Hier muss es aufgrund des starken Biomasserückgangs des Ölleins im Mischfruchtanbau zu einer Aufkonzentration der Nährstoffe in den vegetativen Pflanzenteilen gekommen sein.

Tab. 13: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Sommerweizen und Öllein im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche in TRT 04/05, WILM 04/05, PFA 04/05, GLZ 04, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		S-Weizen		Öllein	
		Rein	mit Öllein	Rein	mit S-Weizen
Korn	N	2,1	2,08	3,8	3,8
	P	0,33	0,33	0,75	0,80 ***
	K	0,39	0,39	1,06	1,07
	Mg	0,1	0,1	0,35	0,36
	S	0,11	0,13	0,25	0,25
Stroh	N	0,52	0,48	0,86	0,98 ***
	P	0,09	0,07 ***	0,18	0,27 ***
	K	1	1	1,09	1,28 ***
	Mg	0,05	0,04	0,1	0,14 ***
	S	0,09	0,08 ***	0,14	0,19 ***

*** = $0 \leq P < 0,001$, ** = $0,001 \leq P < 0,01$, * = $0,01 \leq P < 0,05$
fett: signifikant höhere Werte

Beim Mischfruchtanbau von Öllein und Leindotter zeigte der Öllein gegenüber seiner Reinsaatvariante verringerte P-Gehalte und

erhöhte S-Gehalte im Korn (Tab. 14). Das Stroh des Ölleins wies im Mischfruchtanbau höhere P-, Mg- und S-Gehalte auf. Leindotter, der das Gemenge dominierte, blieb im Mischfruchtanbau in den Nährstoffgehalten nahezu unverändert. Einzig die Kaliumgehalte im Stroh sanken gegenüber der Reinsaatvariante ab.

Tab. 14: Vergleich der Nährstoffgehalte in Korn und Stroh von Öllein und Leindotter im Reinanbau mit denen der jeweiligen Kultur im Mischfruchtanbau, Mittelwerte der Versuche in TRT 04/05, WILM 04/05, PFA 04/05, GLZ 04, Vergleich F-Test ANOVA^a [% i. TM]

		Öllein		Leindotter	
		Rein	mit Leindotter	Rein	mit Öllein
Korn	N	3,8	3,9	4,1	4,1
	P	0,75	0,7 ***	0,74	0,73
	K	1,06	1,06	0,87	0,86
	Mg	0,35	0,36	0,26	0,26
	S	0,25	0,26 ***	0,56	0,55
Stroh	N	0,86	0,92	0,65	0,65
	P	0,18	0,23 ***	0,10	0,1
	K	1,08	1,13	0,79	0,65 *
	Mg	0,10	0,12 **	0,08	0,08
	S	0,14	0,16 *	0,11	0,12

*** = $0 \leq P < 0,001$, ** = $0,001 \leq P < 0,01$, * = $0,01 \leq P < 0,05$
fett: signifikant höhere Werte

3.3 Nährstoffaufnahmen der Pflanzen in Misch- und Reinkultur

Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen in Korn und Stroh ist abhängig von der spezifischen Nährstoffaneignung der Pflanzen und ihrem Massenwachstum. In Mischfruchtanbau von Erbsen mit Sommerraps, weißem Senf oder Leindotter stiegen die Aufnahmen von P, K, Mg und S auf der Fläche gegenüber der Erbsenreinsaat (Tab. 15). Sie lagen auf oder über dem Niveau der jeweiligen Ölsaaten im Reinanbau. In diesen Anbausystemen ist die Nährstoffaufnahme eher additiv bzw. steigt mit der Einführung eines Gemengepartners mit höheren Nährstoffansprüchen. Bei N wird der Effekt durch die N-Bindung der Erbsen überlagert. Diese Ergebnisse waren auch unabhängig von den verglichenen Saatverfahren 'Erbsen-Leindotter in alternierenden Reihen (ELD)' und 'Erbsen mit Leindotter-Breitsaat (ELDbreit)' (Tab. 15), denn vor

Tab. 15: Nährstoffaufnahme von Korn und Stroh von Mischkulturen mit Sommerungen im Vergleich mit den jeweiligen Reinkulturen [kg ha⁻¹]

	N	P	K	Mg	S
ESR	100a	13a	55a	7,8a	8,6a
E	87a	8,0b	31b	4,4b	4,1b
SR	-	-	-	-	-
F-Test	ns	**	**	**	**
EWS	91a	16a	50	7,7a	14a
E	89a	9,4b	37	4,5b	4,0b
WS	65b	15a	44	7,0a	14a
F-Test	**	**	ns	**	**
ELD	105a	14a	53a	6,5a	9,8ab
E	85b	8,5b	35b	4,1b	4,0c
LD	62c	11b	30b	4,7b	9,0b
F-Test	***	***	***	***	***
ELDbreit	136a	29	65a	7,1a	8,3a
ELD	133a	17	63a	7,3a	9,8a
E	117a	12	48b	5,5b	5,1b
LD	70b	12	30c	5,0bB	9,3a
F-Test	***	ns	***	**	**
LuLD	108a	13a	44	7,7a	13a
Lu	109a	9,3b	42	6,9a	7,6b
LD	73b	12a	34	5,4b	11a
F-Test	**	**	ns	**	**
LuFD	117a	19 a	89b	8,6a	11
Lu	128a	11b	51c	8,2a	9,0
FD	70b	20a	107a	7,0b	8,4
F-Test	***	***	***	*	ns
SWLD	108a	16a	70a	6,2a	9,9a
SW	103a	17a	66a	5,9a	7,5b
LD	56b	9,5b	24b	4,2b	7,5b
F-Test	***	***	***	***	*
SWOL	91b	15a	62a	5,8A	8,0a
SW	104a	17a	69a	6,0A	8,3a
OL	44c	8,4b	29b	4,5B	4,4b
F-Test	***	***	***	**	***
OLLD	65a	12a	32	5,4a	9,4a
OL	44b	8,4b	29	4,5b	4,4b
LD	60a	10a	30	4,6ab	9,0a
F-Test	***	***	ns	*	***

Mittelwerte der Standorte bei ESR: TRT04/05, WIL05; EWS: TRT, PFA04/05, WIL, GLZ05; ELD: TRT, WIL, PFA04/05, GLZ04; ELDbreit: TRT, PFA04/05; LULD: TRT, WIL04/05, PFA05; LUF: TRT04/05, WIL04, PFA05; SWLD: TRT, PFA04/05, W05, GLZ04; SWOL: TRT, WIL, PFA04/05, GLZ04 und bei OLLD: TRT, WIL, PFA04/05, GLZ04. Mittelwertvergleich: LSD5% nach signifikanter ANOVA, *** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05, ns = nicht signifikant P > 0,05

allem im Jahr 2004 stieg die geerntete Biomasse in beiden Mischfruchtanbauvarianten gegenüber den Erbsen in Reinsaat deutlich an (vgl. auch den Abschnitt zu den „Erträgen“ in diesem Band).

Auch beim Mischfruchtanbau von Lupinen mit Leindotter oder Saflor stiegen die P-, K-, Mg- und S-Aufnahme gegenüber den Lupinen in Reinsaat. Beim Anbau von Sommerweizen mit Öllein oder Leindotter veränderte sich die Aufnahme der Elemente gegenüber dem Sommerweizen in Reinsaat in der Regel nicht signifikant (Tab. 15). Gegenüber Öllein in Reinsaat bedeutete der Mischfruchtanbau mit Sommerweizen oder Leindotter jedoch einen erheblich höheren Nährstoffentzug auf der Fläche.

Beim Mischfruchtanbau von Winterraps mit Wintergerste sanken die N-, P-, K- und Mg-Aufnahmen gegenüber der Wintergerste und stiegen gegenüber dem Winterraps im Reinsaat (Tab. 16). Aufgrund des typischen hohen S-Gehaltes von Rapspflanzen nahm die S-Aufnahme im Mischfruchtanbau gegenüber der Rapsreinsaat ab und gegenüber der Wintergerstenreinsaat zu.

Tab. 16: Nährstoffaufnahme von Korn und Stroh von Mischkulturen mit Winterraps im Vergleich mit den jeweiligen Reinkulturen [kg ha⁻¹]

	N	P	K	Mg	S
WRWG	47b	10	33b	4,8	8,9a
WR	42b	9,2	29b	5,0	12a
WG	59a	12	45a	4,8	5,3b
F-Test	*	ns	*	ns	*
WRWRO	58b	12b	43b	4,4b	6,8b
WR	28c	6,0c	14c	2,6c	4,3c
WRO	108a	23a	93a	7,4a	9,0a
F-Test	***	***	***	***	**
WRWE	56a	9	34	4	6
WR	15b	3,0	14	1,6	2,9
WE	71a	6,7	46	4,6	3,9
F-Test	*	ns	ns	ns	ns

Mittelwerte der Standorte bei WRWG: TRT04, WIL, PFA, GLZ05; WRWRO: TRT, WIL, PFA05 und bei WRWE WIL05. Mittelwertvergleich: LSD5% nach signifikanter ANOVA, *** = 0 ≤ P < 0,001, ** = 0,001 ≤ P < 0,01, * = 0,01 ≤ P < 0,05, ns = nicht signifikant P > 0,05

Die Nährstoffaufnahme im Mischfruchtanbau von Winterraps und Winterroggen nahm

bei allen Nährstoffen eine Zwischenstellung zwischen der der Reinsaat der Mischungs-komponenten ein (Tab. 16). Ähnlich war dies beim Gemenge von Winterraps mit Wintererbsen. Bei den wenigen vorliegenden Daten zu dieser Kombination waren diese Effekte jedoch nicht statistisch zu sichern.

4 Diskussion

Bei der Einstufung der Nährstoffversorgung der Reinkulturen an den Standorten wurde deutlich, dass im ökologischen Landbau bei den Nährelementgehalten eine enorme Bandbreite in den Pflanzen zu erwarten ist. Die heute existierenden Richtwerte für eine ausreichende Versorgung von Pflanzen beziehen sich auf gedüngte konventionelle Systeme. Bei der überwiegenden Zahl der hier betrachteten Pflanzenarten wurden unter ökologischen Produktionsbedingungen diese Richtwerte nicht erreicht. Da in den Versuchen in den Reinsaat durchaus typische Erträge für den ökologischen Landbau erzielt wurden, muss diskutiert werden, ob die angegebenen Grenzwerte zu erreichen sind und ob die Nährelemente die ertragslimitierenden Faktoren sind. Diese Fragestellung konnte im Rahmen dieser Studie nicht behandelt werden. Die Daten können als Grundlage für weitere Arbeiten zur Nährstoffversorgung ökologisch angebaute Pflanzen herangezogen werden.

Wenn in den durchgeführten Versuchen Unterschiede in den N-, P-, K-, Mg- oder S-Gehalten zwischen den gleichen Kulturen in Reinsaat oder Mischkultur messbar waren, war die Versorgung in der Mischkultur in der Regel besser (Tab. 3-14). Die interspezifische Konkurrenz in den Mischkulturen war offensichtlich geringer als die intraspezifische Konkurrenz in den Reinkulturen. Dieses Erkenntnis entspricht den Erwartungen, die eingangs an den Mischfruchtanbau gestellt wurden.

Werden die Nährstoffentzüge betrachtet, zeigt sich, dass die Mischungen in der Regel höhere Werte aufweisen als die Mischungs-komponenten mit den geringeren Nährstoff-

ansprüchen in der Reinsaat. Dies kann eine pure Ergänzung des spezifischen Nährstoffentzuges durch die zusätzlich gebildete Biomasse im Mischfruchtanbau sein. Der Nährstoffentzug der Gemenge nimmt dann eine Zwischenstellung verglichen mit den Entzügen der beiden Reinsaat der Komponenten ein. Dies war bei den Mischungen aus Winterraps und Wintergetreide deutlich (Tab. 16). Ein Effizienzgewinn gemessen am RYT wurde bei diesen Mischungen dann auch nicht gefunden (vgl. Kapitel zu den „Erträgen“ in diesem Band).

In den geprüften Mischungen mit Erbsen und Lupinen stieg die Nährstoffaufnahme auch oft auf oder über das Niveau der Mischungs-partner, die in Reinsaat die höheren Nährstoffansprüche zeigten (EWS, ELD, ELDbreit, LuLD in Tab. 15). In diesen Gemengen wurden auch deutlich erhöhte Flächenproduktivitäten gemessen am RYT gefunden.

Beim Sommerweizen stieg die Nährstoffaufnahme im Mischfruchtanbau mit den Ölsaaten gegenüber der Sommerweizenreinsaat nicht an. Auch Öllein im Gemisch mit Leindotter übertraf die Nährstoffentzüge der Leindotterreinsaat nicht. Hier können die Mischungs-partner die Standortressourcen offensichtlich nicht durch räumliche oder zeitliche Unterschiede bei der Nährstoffaufnahme besser ausnutzen. Das Ertragniveau der Ölsaaten in Sommerweizen und das des Ölleins in Leindotter blieb daher auch nur gering.

Festzuhalten bleibt, dass die Einführung von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen die Nährstoffvorräte in vielen Fällen zusätzlich beansprucht. Da mit dem Anbausystem eine verbesserte Flächenproduktivität angestrebt wird, ist dies auch erwünscht und naheliegend. Bei der Fruchtfolgeplanung und Düngung müssen eventuell erhöhte Nährstoffansprüche der Mischkulturen mit Ölsaaten gegenüber Reinsaatssystemen berücksichtigt werden.

5 Literatur

- Balschun H, Jacob F (1972) Interspecific competition among *Linum-usitatissimum* L. and species of *Camelina*. *Flora* 161 (1-2):129ff
- Berg M, Schenke H, Eisele J, Leisen E, Paffrath A (2003) Getreidebau. Dokumentation 10 Jahre „Leitbetriebe Ökologischer Landbau NRW“ 10 Jahre Netzwerk Ökologischer Landbau in NRW: Wissenschaft – Beratung – Praxis Herausgeber: Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft" Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Band 105:45-63 [online]. Zu finden in <http://www.oekolandbau.nrw.de/pdf/leitbetriebe/dokumentation_10_jahre/getreidebau.pdf> [zitiert am 6.6.2007]
- Graf T, Degner J, Kerschberger M, Malarski O (2003) Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Öllein. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena [online] <<http://www.tll.de/ainfo/pdf/oell0702.pdf>> [zitiert am 6.6.2007]
- 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
- LFL (2006) Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten. (Stand: November 2006) Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising [online] Zu finden in <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/10536/linkurl_0_1_0_0.pdf> [zitiert am 6.6.2007]
- MLUV Brandenburg (2000) (Hrsg.) Rahmenempfehlungen zur Düngung 2000 im Land Brandenburg. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg [online]. Zu finden in <<http://www.mluv.Brandenburg.de/cms/media.php/2331/duengbro.pdf>> [zitiert am 6.6.2007]
- Paulsen H M, Schochow M, Behrendt A, Rahmann G (2007) N-requirement of mixed-cropping systems with oilcrops in organic farming. In: 14th World Fertilizer Congress: fertilizers and fertilization; stewardship for good security, food quality, environment and nature conservation, 22-27 January 2006, Chiang Mai, Thailand; Conference proceedings (im Druck)
- TLL (1999) Merkblatt Schwefelgehalte in landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und organischen Düngestoffen. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena [online]. Zu finden in <<http://www.tll.de/ainfo/pdf/sgeh0699.pdf>> [zitiert am 6.6.1999]
- Zimmer J, Dittmann B (2002) Nährstoffbilanzen im ökologischen Landbau unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme, LVL Brandenburg, Güterfelde [online]. Zu finden in <<http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/oeknaehr.pdf>> [zitiert am 6.6.2007]

Qualitätsparameter von Ölsaaten aus ökologischen Rein- und Mischfruchtanbausystemen

Quality parameters of oilseeds from organic sole and mixed cropping systems

BERTRAND MATTHÄUS¹

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurde der Einfluss des Anbaustandortes und Anbaujahres sowie von Mischungspartnern auf die Qualität von Ölsaaten untersucht. Als Bewertungskriterien dienten dabei Ölgehalt, Fettsäure-, Sterin und Tocopherolzusammensetzung, Sinapin- und Glucosinolatgehalt sowie die sensorische Bewertung der Öle. Es zeigte sich, dass sowohl der Anbaustandort als auch das Anbaujahr einen Einfluss auf die Qualitätsparameter haben. Diese Einflüsse überlagerten sich teilweise. Ein Einfluss des Mischungspartners wurde nur in der Mischung Öllein/Leindotter festgestellt, während Leguminosen oder Getreide die Qualität der Ölsaaten nicht beeinflussten. So lag der Ölgehalt für Leindotter in der Mischung mit Öllein etwas höher, wohingegen dies für Öllein nicht so ausgeprägt war. Auch zeigte Leindotter in der Mischung einen höheren Gehalt an α -Linolensäure. Für Öllein wurde dieser Effekt nicht gefunden. Bei der sensorischen Beurteilung von Leindotteröl schnitt das Öl aus der Reinsaat schlechter ab als das Öl von Leindotter aus dem Mischfruchtanbau.

Schlüsselworte: Ölsaaten, ökologischer Landbau, Qualitätsparameter

Abstract

The aim of the project was the investigation of the influence of year and location of cultivation as well as of mixture partners on the quality of oilseeds. Oil content, composition of fatty acids, sterols and tocopherols, content of sinapine and glucosinolates and the sensory evaluation were used as parameters for the assessment. Both year and location of cultivation influenced the quality parameters.

The influence of year and location of cultivation interfered partially. The influence of mixture partners was only noticeable for the mixture linseed-false flax (*Camelina sativa*), while legumes or cereals did not affect the quality of the oilseed. The oil content of false flax was higher in the mixture with linseed, while this effect was not as pronounced for linseed. Additionally false flax showed a higher content of α -linolenic acid when cultivated in the mixture. This effect was not found for linseed. False flax oil from sole cropping had a lower sensory quality than oil from mixed cropping.

Keywords: oilseeds, organic farming, quality parameters

1 Einleitung

Qualität wird gemäß der *International Organisation for Standardization* definiert als die *Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes, die sich auf dessen Eignung zur Erfüllung festgelegter oder vorausgesetzter Erfordernisse bezieht*. Dies bedeutet, dass Qualität durch die Festlegung von Qualitätsparametern definiert wird und somit stets das Ergebnis eines Vergleichs zwischen den Qualitätsanforderungen und der tatsächlichen Beschaffenheit eines Produktes ist. Qualität ist also entgegen der allgemeinen Meinung nicht etwas Außergewöhnliches, Hochwertiges oder auch besonders Gutes, sondern Qualität beschreibt über die definierten Qualitätsparameter, wie ein Produkt beschaffen ist oder sein sollte.

Qualität umfasst heute nicht mehr nur die Produktqualität, sondern auch die Qualität des Herstellungsprozesses und somit die gesamte Produktionskette, wobei heute auch Umweltaspekte, psychische, soziale, kultu-

¹Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Lipidforschung, Münster

relle, ethische und politische Betrachtungsweisen in den Begriff einfließen. Dieser Aspekt ist insbesondere bei Produkten aus dem ökologischen Landbau zu berücksichtigen und für den Verbraucher ein wichtiges Kriterium, das seine Kaufentscheidung beeinflusst.

Des Weiteren kann aber auch der gesundheitliche Wert, der Genusswert, sowie der Gebrauchswert eines Produktes als Qualitätskriterium für die Beurteilung herangezogen werden.

Betrachtet man die Qualitätsparameter zur Beurteilung von Ölsaaten in ökologischen Rein- und Mischfruchtanbausystemen, so sind diese abhängig von dem Verwendungszweck der Ölsaaten und der daraus hergestellten Produkte. Die Verarbeitung von Ölsaaten erfolgt in der Regel zu Pflanzenöl, das als Speiseöl, oder Futteröl in der Tierernährung Verwendung findet oder für technische Anwendungen eingesetzt wird. Der dabei anfallende Presskuchen wird günstigerweise in der Tierernährung verwendet, kann aber auch als Brennstoff oder Dünger eingesetzt werden.

Generell wird die Produktqualität in den Verordnungen und Gesetzen des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB) definiert, wenn eine Verwendung als Futtermittel oder Lebensmittel vorgesehen ist. Darüber hinaus gibt es aber auch noch verschiedene Standards und Normen wie die Leitsätze für Speisefette und -öle, den Codex Alimentarius oder die DIN-Norm V 51605 für die Verwendung von Rapsöl als Kraftstoff.

Trotz der unterschiedlichen Produkte ist eine gemeinsame Betrachtung der Qualitätsparameter für die Beurteilung von Pflanzenöl und Presskuchen sinnvoll, da die Verwertung beider Produkte aus Gründen der Wirtschaftlichkeit anzuraten ist.

Das wichtigste Kriterium für die Beurteilung der Qualität von nativen Pflanzenölen, die als Speiseöle genutzt werden, ist der sensorische Eindruck, da die äußere Beschaffenheit sowie Geruch und Geschmack des Lebens-

mittels in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Genusswert des Produktes stehen und daher letztendlich für den Erfolg oder Misserfolg verantwortlich sind. Daneben sind aber auch noch andere Parameter wichtig, die z. B. die Oxidationsstabilität oder die Zusammensetzung der Öle hinsichtlich Fettsäuren und Tocopherolen beschreiben. Für die Beurteilung von Pressrückständen des Ölgewinnungsprozesses, die in der Tierernährung eingesetzt werden sollen, werden Parameter herangezogen, die zum einen den Futterwert des Presskuchens beschreiben und andererseits die Zusammensetzung hinsichtlich antinutritiver Stoffe berücksichtigen. Dies sind beispielsweise Glucosinolate und Sinapin für Saaten aus der Familie Brassicaceae oder auch Inositolphosphate und phenolische Verbindungen.

Der Anbau von Ölsaaten in ökologisch arbeitenden Betrieben scheitert oft an Anbaursiken, die durch Schädlingsbefall (z. B. Raps) und Verunkrautung (z. B. Öllein) gegeben sind, obwohl ökologisch erzeugtes Öl hohe Marktpreise erzielt und der Presskuchen ein willkommener Lieferant für Energie, Eiweiß und Aminosäuren in der Tierfütterung ist. Hier könnte der Mischfruchtanbau von Ölpflanzen mit anderen Kulturen dazu beitragen, die Probleme des ökologischen Landbaus zu reduzieren.

Da im ökologischen Landbau bisher keine Untersuchungen durchgeführt worden sind, wie sich der Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen auf die Qualität der geernteten Früchte auswirkt, sollten innerhalb des Projektes folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie beeinflusst der Anbaustandort die Qualität der Ölsaat?
- Wie beeinflusst das Anbaujahr die Qualität der Ölsaat?
- Gibt es Unterschiede zwischen Reinsaat und Mischsaat hinsichtlich der Qualität?
- Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Mischungspartner auf die Qualität der Ölsaat?

2 Material und Methoden

2.1 Material

Im Rahmen des Projektes wurden die folgenden Mischungen geprüft: Winterraps (W-Ra) mit Wintergerste, Wintererbse oder Sommer-Erbse; Sommer-Raps (S-Ra) mit Sommer-Erbse; Weißer Senf (Sen) mit Sommer-Erbse; Saflor (SF) mit blauer Lupine; Öllein (OeL) mit Sommerweizen oder Leindotter und Leindotter (LD) mit Sommer-Erbse, blauer Lupine, Sommerweizen oder Öllein.

Die Mischungen wurden an den Standorten Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA) und Gülzow (GLZ) in den Jahren 2004 und 2005 angebaut.

2.2 Methoden

2.2.1 Ölgehalt

Der Ölgehalt wurde gemäß Methode ISO 659:1998 (ISO 1998) durch Extraktion der Ölsaaten in einer Twisselmann-Apparatur mittels Petrolether bestimmt.

2.2.2 Fettsäurezusammensetzung

Die Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung erfolgte gaschromatographisch gemäß Methode ISO 5509:2000 (ISO 2000).

2.2.3 Tocopherolzusammensetzung

Die Bestimmung der Tocopherolzusammensetzung erfolgte mittels Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Fluoreszenz-Detektor (BALZ et al. 1992).

2.2.4 Sterinzusammensetzung

Die Bestimmung der Sterinzusammensetzung erfolgte gaschromatographisch gemäß Methode ISO 12228:1999 (E) (ISO 1999).

2.2.5 Glucosinolatgehalt

Der Gehalt an Glucosinolaten wurde mittels HPLC mit UV-Detektion nach der Methode von Fiebig und Jörden (FIEBIG und JÖRDEN 1990) bestimmt.

2.2.6 Sinapingehalt

Der Gehalt an Sinapin wurde mittels HPLC mit UV-Detektion nach der Methode von Matthäus (MATTHÄUS 1998) bestimmt.

2.2.7 Sensorische Beurteilung

Die sensorische Beurteilung der mit Hilfe einer Schneckenpresse gewonnenen Öle erfolgte durch eine geschulte Prüfergruppe für kaltgepresste Speiseöle gemäß der Methode DGF C-II 1 (97) in Verbindung mit den im Institut für Lipidforschung erarbeiteten Prüfkriterien.

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss von Anbaujahr und Anbaustandort auf die Qualität der Ölsaaten

Ein wichtiger Faktor, der die Qualität der gewonnenen Ölsaaten und hier insbesondere die Zusammensetzung maßgeblich beeinflusst, ist die Sorte. Durch die Sortenwahl werden bestimmte, genetisch festgelegte Merkmale einer Ölsaate ausgewählt und insbesondere bei Merkmalen mit einer hohen Erblichkeit hat diese Wahl Auswirkungen auf die Qualität der Ölsaate (SCHULZ und SCHUMANN, 1999). Neben dem Einfluss der Sorte spielen aber auch der Anbaustandort mit daraus resultierenden Umweltfaktoren wie Temperatur, Wasserversorgung, Sonneneinstrahlung oder auch die Bodenbeschaffenheit eine wichtige Rolle für die Qualität.

Abbildung 1 zeigt einen deutlichen Einfluss der Anbaustandorte Trenthorst, Wilmersdorf, Pfaffenhofen und Gülzow auf den Ölgehalt verschiedener Ölsaaten, dessen Ausprägung aber auch von der jeweiligen Ölsaate abhängig ist. Während der Ölgehalt von Leindotter, Saflor und weißem Senf, aus dem Anbau in Trenthorst (gestrichelte Kreise) signifikant ($P < 0,05$) niedriger lag als für die anderen Standorte, waren die Unterschiede zwischen den anderen Standorten nicht so groß. Lediglich Öllein zeigte am Standort Pfaffenhofen einen signifikant ($P < 0,01$) niedrigeren Ölgehalt als an den Standorten Trenthorst,

Wilmsdorf und Gülzow (gepunkteter Kreis).

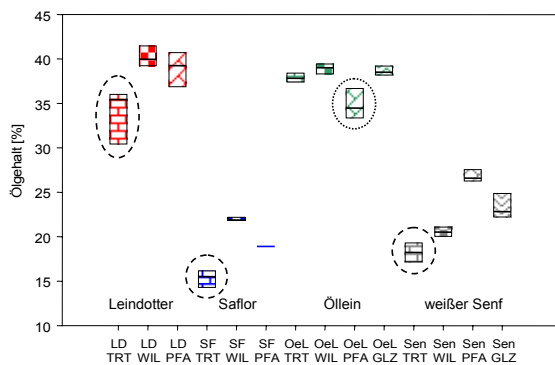


Abb. 1: Einfluss des Anbaustandortes auf den Ölgehalt verschiedener Ölsaaten

Beeinflusst wird der Ölgehalt vor allem durch ein Wasserdefizit während der Blütezeit bis zur Reife, wodurch es zu einer verminderten Ölbildung in den Körnern kommen kann (CHAMPOLIVIER und MERRIEN, 1996). Ein solches Wasserdefizit wird sowohl durch die Bodenbeschaffenheit als auch durch die klimatischen Verhältnisse am Anbaustandort bedingt.

Neben dem Ölgehalt ist auch die Fettsäurezusammensetzung ein wichtiges Kriterium für die Qualität einer Ölsaat. Leindotteröl zeichnet sich beispielsweise durch einen hohen Gehalt an α -Linolensäure aus, der zwischen 32 und 40 % liegt und am ehesten mit dem von Leinöl vergleichbar ist. Als weitere essentielle Fettsäure enthält Leindotteröl Linolensäure, deren Gehalt zwischen 14 und 20 % liegt. Ungewöhnlich hoch konzentriert ist 11c-Eikosensäure in Leindotteröl. Während die meisten Speiseöle davon unter einem Prozent enthalten (Ausnahme Rapsöl: etwas über 1 %), weist Leindotteröl Gehalte zwischen 12 und 24 % auf (mittlerer Gehalt: 16,3 %). Eikosensäure gehört wie Ölsäure bzw. Erukasäure zur Familie der Omega-9-Fettsäuren. Über ihre ernährungsphysiologische Wirkung ist wenig bekannt. Sie könnte sich als einfach ungesättigte Fettsäure ähnlich wie Ölsäure verhalten. Allerdings haben Untersuchungen gezeigt, dass große Mengen an Eikosensäure in Tierexperimenten zu ei-

ner Verfettung am Herzen führten, wenn auch wesentlich geringer ausgeprägt als bei Erukasäure (BEARE-ROGERS und NERA 1972; SAUER UND KRAMER 1983).

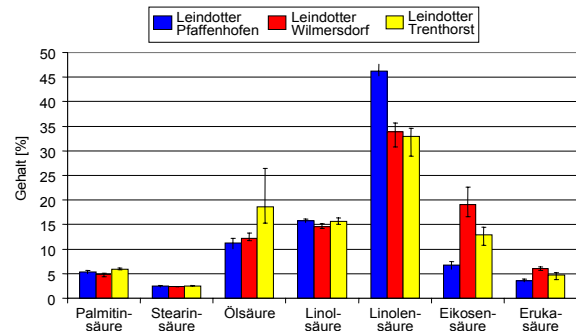


Abb. 2: Einfluss des Anbaustandortes auf die Fettsäurezusammensetzung von Leindotter

Abbildung 2 zeigt den Einfluss des Anbaustandortes auf die Fettsäurezusammensetzung von Leindotteröl. Während es bei den gesättigten Fettsäuren Palmitin- und Stearinsäure keine signifikanten Unterschiede zwischen den Standorten gibt, zeigte sich bei den ungesättigten Fettsäuren Ölsäure, α -Linolensäure und Eikosensäure ein deutlicher Einfluss des Anbaustandortes.

So ist der Gehalt an Ölsäure in Leindotter, angebaut in Trenthorst, signifikant ($P < 0,01$) höher als in Leindotter der anderen Standorte. Ähnliches zeigt sich für α -Linolensäure von Leindotter, angebaut in Pfaffenhofen. Die hier gefundenen Gehalte liegen signifikant höher ($P < 0,005$) als für die Standorte Wilmsdorf und Trenthorst. Es werden am Standort Pfaffenhofen im Mittel absolut 10 % mehr α -Linolensäure im Öl gefunden. Dahingegen liegt der Gehalt an Eikosensäure für Leindotter, angebaut in Pfaffenhofen, signifikant niedriger ($P < 0,005$) als für die anderen Standorte. Den höchsten Gehalt an Eikosensäure, der signifikant über den Werten der anderen Standorte lag, ($P < 0,005$) wies Leindotter, angebaut in Wilmsdorf auf. Die gefundenen mittleren Gehalte für Ölsäure und Eikosensäure in Leindotter der Standorte Wilmsdorf und Trenthorst liegen aber dennoch innerhalb der in der Literatur beschriebenen Schwankungsbreite für diese

Fettsäuren in Leindotter (BUDIN et al. 1995; Strasil, 1997; BÜCHSENSCHÜTZ-NOTHDURFT et al. 1998). Der in Leindotter, angebaut in Pfaffenhofen, gefundene Gehalt für α -Linolensäure von mehr als 45 % liegt allerdings deutlich über den in der Literatur beschriebenen Gehalten, während der Gehalt an Eikosensäure deutlich darunter liegt. Der Gehalt an Erukasäure und Linolensäure wird durch den Anbaustandort nicht signifikant beeinflusst.

Ein wichtiger Parameter für die Beurteilung der Qualität von Ölsaaten der Familie Brassicaceae ist der Gehalt an Glucosinolaten. Insbesondere bei der Verwertung des bei der Ölgewinnung anfallenden Presskuchens für die Tierernährung ist der Gehalt und die Zusammensetzung der Glucosinolate von großer Bedeutung, da sich deren Abbauprodukte, Isothiocyanate, Nitrile und Thiocyanate, negativ auf die Fortpflanzung und das Wachstum von Tieren auswirken und zu Schilddrüsenveränderungen führen können (SCHÖNE 1993, MAWSON et al. 1994).

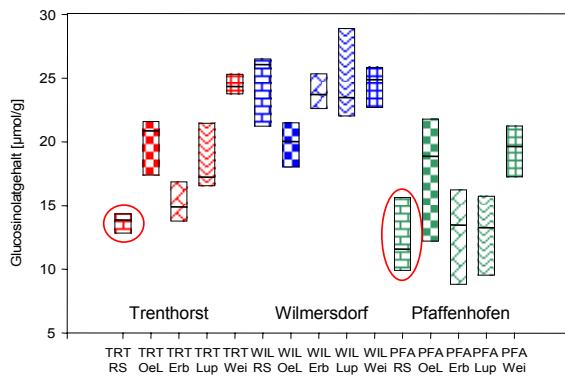


Abb. 3: Einfluss des Anbaustandortes und des Mischungspartners auf den Glucosinolatgehalt von Leindotter

In Abbildung 3 ist der Einfluss des Anbaustandortes sowie verschiedener Mischungspartner auf den Glucosinolatgehalt von Leindotter dargestellt. Es konnte nur ein schwacher Einfluss des Anbaustandortes auf den Glucosinolatgehalt festgestellt werden ($P < 0,05$). So lag der Glucosinolatgehalt von Leindotter, angebaut in Pfaffenhofen, unabhängig vom Mischungspartner niedriger als

bei den beiden anderen Standorten, während die höchsten Gehalte für Leindotter, angebaut in Wilmersdorf, gefunden wurden.

Für die Standorte Trenthorst und Pfaffenhofen wurden die niedrigsten Glucosinolatgehalte jeweils in Leindotter, angebaut in Reinsaat, gefunden. Allerdings ist dieser Befund nicht signifikant und konnte am Standort Wilmersdorf nicht bestätigt werden. Möglicherweise wurde der Befund eines niedrigeren Glucosinolatgehaltes für Leindotter in Reinsaat von Standorteffekten in Wilmersdorf überdeckt.

Es ist bekannt, dass Trockenheit und Wärme die Einlagerung der Glucosinolate von den Schotenwänden in die Samen behindern können (SCHULZ und SCHUMANN 1999). Hier kann einer der Gründe für die höheren Gehalte an Glucosinolaten in Leindotter, angebaut in Wilmersdorf, liegen.

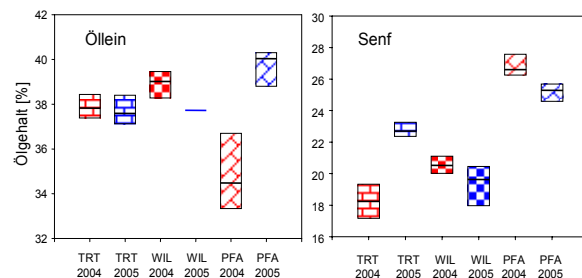


Abb. 4: Einfluss des Anbausjahres auf den Ölgehalt von Öllein und weißem Senf

Ein weiterer wichtiger Faktor, der die Qualität einer Ölsaat beeinflusst, ist das Anbaujahr. Hier sind wie beim Einfluss des Anbaustandortes Umweltfaktoren für Qualitätsunterschiede verantwortlich. So treten für Öllein und Senf zum Teil signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Anbaujahren 2004 und 2005 auf (Abb. 4). Überlagert wird dieser Effekt aber durch den Einfluss des Standortes. Somit ist der Jahreseffekt nicht an jedem Standort gleich oder gleich ausgeprägt.

Ausgeprägter ist der Effekt des Anbaujahres auf die Qualität der Ölsaat, wenn man nur einen Anbaustandort betrachtet. In Abbildung 5 ist zur Verdeutlichung der Einfluss des Anbaujahres auf den Gehalt an Ölsäure

in Rapssaat dargestellt. Es handelt sich dabei um drei Sorten, die unabhängig vom hier beschriebenen Projekt, über einen Zeitraum von vier Jahren an einem Standort angebaut worden sind. Man kann deutlich den Einfluss der Sorte, aber auch den Einfluss des Anbaujahres auf den Gehalt an Ölsäure sehen. So liegt der mittlere Gehalt an Ölsäure (schwarze Linie) für die Sorte Express höher als für die Sorten Talent oder Artus. Im Anbaujahr 2002 wurde für die drei Sorten der höchste Gehalt an Ölsäure gefunden (gepunkteter Kreis), während die Gehalte im Jahr 2004 für die drei Sorten am niedrigsten lagen (gestrichelter Kreis).

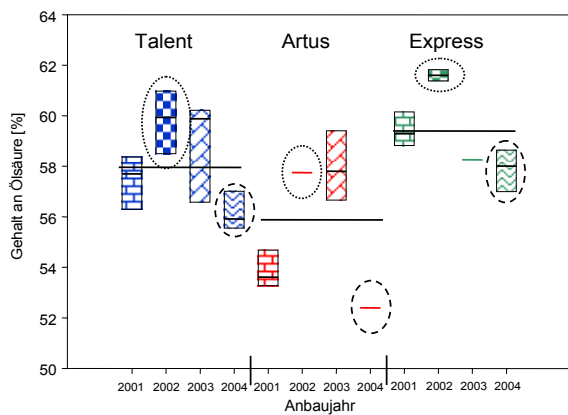


Abb. 5: Beispiel für den Einfluss des Anbaujahres auf den Gehalt an Ölsäure in verschiedenen Winterrapsorten an einem Standort

3.2 Einfluss des Mischungspartners auf die Qualität der Ölsaat

Ein Ziel des Mischfruchtanbaus sollte sein, dass die Qualität der Ölsaaten aus dem Mischfruchtanbau nicht schlechter ist als die entsprechenden Qualitäten aus dem Reinanbau. Nur unter diesem Aspekt ist das erste Ziel des Mischfruchtanbaus, in der Summe höhere Erträge als durch den Reinanbau zu erzielen, sinnvoll.

In Abbildung 6 ist der Einfluss von Reinsaat bzw. Mischsaat auf den Ölgehalt von Leindotter bzw. weißem Senf dargestellt. Als Mischungspartner diente jeweils Erbse. Der Einfluss des Standortes ist zu sehen, aber innerhalb eines Standortes gab es keinen

signifikanten Einfluss des Mischungspartners auf den Ölgehalt. Für die Mischungen Leindotter-Lupine bzw. Saflor-Lupine wurde ein vergleichbares Ergebnis gefunden. Auch hier waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ölgehalten der Reinsaat und der Mischung festzustellen.

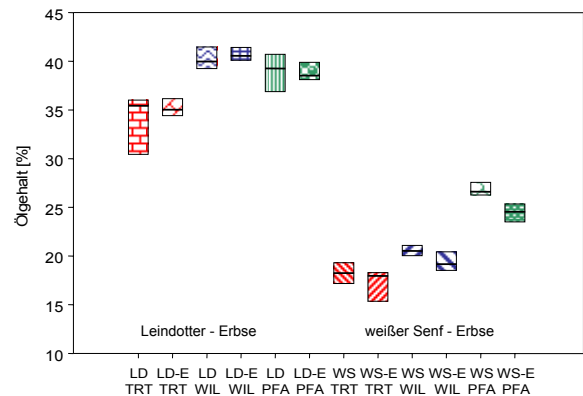


Abb. 6: Einfluss des Mischfruchtanbaus mit Erbsen auf den Ölgehalt von Leindotter oder weißem Senf an drei Standorten

Etwas anders ist das Bild, wenn statt einer Leguminose oder Getreide Öllein als Mischungspartner für Leindotter verwendet wird. Für den Standort Trenthorst wurde dann ein schwach signifikanter ($P < 0,05$) Einfluss des Mischungspartners auf den Ölgehalt der Samen festgestellt (Abb. 7).

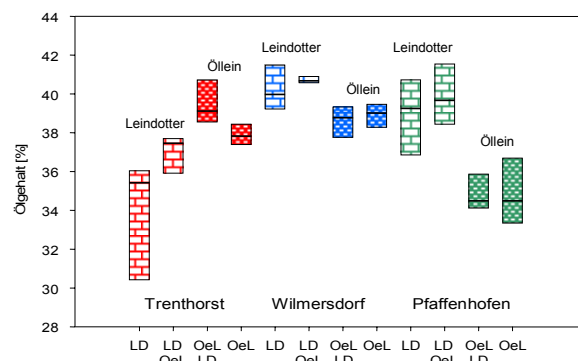


Abb. 7: Einfluss des Mischfruchtanbaus von Leindotter mit Öllein auf den Ölgehalt der beiden Kulturen

An diesem Standort lagen die Ölgehalte von Öllein und Leindotter höher, wenn beide Ölsaaten in Mischung angebaut wurden, als wenn der Anbau jeweils in Reinsaat erfolgte.

Für die Standorte Wilmersdorf und Pfaffenhofen konnte diese Beobachtung nicht gemacht werden. Hier wurde beim Ölgehalt kein Unterschied zwischen Ölsaaten aus Reinsaat bzw. Mischfruchtanbau festgestellt. Ein schwach signifikanter ($P < 0,05$) Einfluss des Mischungspartners Öllein ist für den Gehalt an α -Linolensäure im Öl von Leindotter festzustellen (Abb. 8).

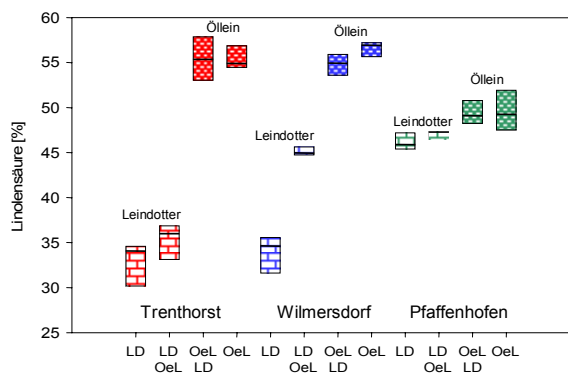


Abb. 8: Einfluss der Mischfruchtanbaus von Leindotter mit Öllein auf den Gehalt an α -Linolensäure der beiden Kulturen

Für die drei Standorte Trenthorst, Wilmersdorf und Pfaffenhofen lag der Gehalt an α -Linolensäure von Leindotter aus der Mischung mit Öllein höher als im reinen Leindotter. Ein vergleichbarer Effekt war für Öllein nicht festzustellen. Hier gab es zwischen dem Gehalt an α -Linolensäure von Öllein aus der Reinsaat zum Gehalt in der Mischung keinen signifikanten Unterschied. Eine mögliche Erklärung ist, dass der Gehalt an α -Linolensäure in Öllein mit 50 – 55 % ohnehin sehr hoch lag und ein entsprechender Einfluss des Mischungspartners nicht mehr gegeben war. Bestätigt wird diese Annahme durch die Tatsache, dass am Standort Pfaffenhofen der Gehalt an α -Linolensäure in Leindotter mit über 45 % ebenfalls sehr hoch lag und somit auch hier zwischen Leindotter und Leindotter in der Mischung mit Öllein nur ein schwach signifikanter Unterschied festzustellen war.

Eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale für native Speiseöle ist die sensorische Beurtei-

lung. So zeichnet sich Leindotteröl durch einen milden erbsigen Geschmack aus. Oftmals kommt noch eine leicht holzige oder adstringierende Note hinzu, die aber nicht als Fehler zu werten ist. Dahingegen dürfen modrige, stichige, röstige oder auch ranzige Eindrücke nicht auftreten, da sie auf eine fehlerhafte Lagerung der Saat oder des Öles hindeuten.

Abbildung 9 zeigt das Ergebnis der sensorischen Bewertung von Leindotteröl aus Reinsaat und Mischsaat. Das positive Merkmal „erbsig“ ist für Öl aus Leindotter in Reinsaat schwach signifikant niedriger ($P < 0,05$) als für Öl, das aus Mischsaat gewonnen wurde. Die Merkmale „holzige“ und „adstringierend“ sind im Gegensatz dazu in Öl aus Leindotter im Reinsaatbau deutlicher wahrnehmbar. Ein Grund dafür ist auch die reduzierte Intensität des Merkmals „erbsig“ des Öles aus dem Reinsaatbau.

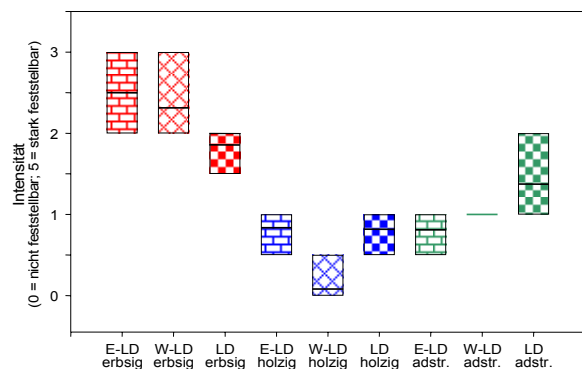


Abb. 9: Einfluss des Mischungspartners auf die sensorische Beurteilung von Leindotteröl

4 Diskussion

Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss von Anbaustandort, Anbaujahr und insbesondere des Mischungspartners auf die Qualität von verschiedenen Ölsaaten im Mischfruchtanbau zu untersuchen.

Dabei konnte der in der Literatur beschriebene Einfluss des Anbaustandes und des Anbaujahres auf den Ölgehalt und andere Qualitätsparameter wie Glucosinolate und Fettsäurezusammensetzung auch für Saaten aus dem Mischfruchtanbau bestätigt werden.

Der für den Mischfruchtanbau mit Ölsaaten wichtige Aspekt eines Einflusses der Mischung und des Mischungspartners auf die Qualität der Ölsaaten konnte nicht signifikant nachgewiesen werden. Lediglich für den Glucosinolatgehalt gab es Hinweise, dass dieser in der Reinsaat etwas niedriger lag als für Saaten aus dem Mischfruchtanbau. Dieses Ergebnis bedarf allerdings einer Überprüfung und Bestätigung. Ein weiterer Einfluss der Mischungspartner zeigte sich nur für die Mischung zweier Ölsaaten, wohingegen für Mischungen Ölsaaten-Leguminose oder Ölsaaten-Getreide kein Einfluss auf die Ölsaaten festgestellt werden konnte.

In der Mischung Leindotter-Öllein lag der Ölgehalt, aber auch der Gehalt an α -Linolensäure in Leindotter aus der Mischung etwas höher als in Körnern aus der Reinsaat des Leindotters. Dieser Effekt trat für den Ölgehalt auch bei Öllein auf, allerdings nicht so ausgeprägt. Ein Effekt auf den Gehalt an α -Linolensäure in Öllein wurde nicht gefunden. Offensichtlich kommt es zu einer positiven Beeinflussung des Leindotters durch Öllein, während der ohnehin höhere Öl- bzw. α -Linolensäuregehalt im Öllein durch die Anwesenheit von Leindotter nicht weiter gesteigert werden kann.

Betrachtet man die sensorische Beurteilung von Leindotteröl so wirkt sich die Anwesenheit von Mischungspartnern im Vergleich zur Reinsaat positiv aus. Diese Unterschiede sind nur schwach signifikant und sollten daher nochmals überprüft werden.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Mischfruchtanbau mit Ölsaaten keinen signifikant negativen Einfluss auf verschiedene Parameter zur Beschreibung der Qualität hat. Daher wird der Erfolg des Mischfruchtanbaus auch eher durch anbautechnische Ergebnisse wie den Ertrag beschrieben, wohingegen die Qualität der Ölsaaten unabhängig von der gewählten Anbauform, Reinsaat- oder Mischfruchtanbau, ist.

5 Literatur

- Balz M, Schulte E, Thier HP (1992) Trennung von Tocopherolen und Tocotrienolen durch HPLC. *Fat Sci. Technol.* 94:209-213
- Beare-Rogers JL, Nera EA (1972) Accumulation of Cardiac Fatty Acids in Rats Fed Synthesized Oils Containing C22 Fatty Acids. *Lipids* 7:46-50
- Büchenschütz-Nothdurft A, Schuster A, Friedt W (1998) Breeding for modified fatty acid composition via experimental mutagenesis in *Camelina sativa* (L.) Cz. Ind. Crops Prod. 7:291-295
- Budin JT, Breene WM, Putnam DH (1995) Some Compositional Properties of *Camelina sativa* L. Crantz) Seeds and Oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72:309-315
- Champolivier L, Merrien. A. (1996) The effects of temperature differences during seed ripening on oil content and its fatty acid composition in two sunflower varieties (oleic and not). *Oléagineux* 3:140-144
- Fiebig HJ, Jörden M (1990) HPLC of Desulfoglucosinolates. *J. High Res. Chromatogr.* 13:377-379
- International Standard (1998) ISO 659:1998 - Oilseeds - Determination of hexane extract (or light petroleum extract), called "oil content", Geneva
- International Standard (2000) ISO 5509:2000 - Animal and vegetable fats and oils - Preparation of methyl esters of fatty acids, Geneva
- International Standard ISO (1999) 12228:1999 - Animal and vegetable fats and oils - Determination of individual and total sterols contents - Gaschromatographic method, Geneva
- Matthäus B (1998) Effect of dehulling on the composition of antinutritive compounds in various cultivars of rapeseed. *Fett/Lipid* 100:295-301
- Mawson R, Heaney RK, Zdunczyk Z, Kozłowska H (1994) Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects, Part 3. Animal growth and performance. *Die Nahrung* 38:167-177
- Sauer FD, Kramer JKG (1983) Factors That Affect Myocardial Lipidosis in the Rat. In: Kramer JKG, Sauer F D, Pigden W J (eds) High and Low Erucic Acid Rapeseed Oil Production, Usage, Chemistry and Toxicological Evaluation. Academic Press:260
- Schöne F (1993) Anforderungen der Tierernährung an die Rapszüchtung. *Fat Sci. Technol.* 95:147-154
- Schulz RR, Schumann W (1999) Rapsqualität in Abhängigkeit von Umweltfaktoren und Abbautechnik. *Raps* 17:128-130
- Strasil Z (1997) Content of oil and individual fatty acids in some species of alternative oil-bearing crops. *Rostlinna Vyroba* 43:59-64

Qualität von Getreide aus Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau

Seed quality of cereals from organic mixed cropping systems with oil crops

HANS MARTEN PAULSEN¹ und SIMONE SELING²

Zusammenfassung

In den geprüften Mischfruchtanbausystemen von Getreide mit Ölsaaten traten bei Getreide gegenüber den Qualitäten der Kulturen im Reinanbau Veränderungen auf. Beim Sommerweizen im Mischfruchtanbau mit Leindotter oder Öllein kam es zu positiven Effekten auf die Kornausbildung, den Protein- und Feuchtklebergehalt. Bei den geprüften Gemengen wurde die halbe Saatstärke des Sommerweizens durch Ölsaaten ersetzt. Die Konkurrenz zwischen den Saatreihen verschiedener Pflanzenarten war offensichtlich geringer als die beim Reinanbau des Sommerweizens.

Im Gegensatz dazu zeigten Winterroggen und Wintergerste im Mischfruchtanbau mit Winterraps eine schlechtere Kornausbildung als im Reinanbau. Schon bei halber Saatstärke beider Komponenten stellt Winterraps im Mischfruchtanbau anscheinend eine erhebliche Konkurrenz für das Getreide dar.

Schlüsselworte: Mischfruchtanbau, Reinsaat, Getreidequalität, Ölsaaten

Abstract

In the evaluated mixed cropping systems of cereals with oil crops, quality parameters changed compared to sole cropping systems. In spring wheat combined with false flax or linseed seed development, protein- and gluten content were increased. In the evaluated crop mixtures, half of the spring wheat was replaced by oilseeds. Apparently competition between alternating seed rows of different cultures was lower than between rows of single cropped spring wheat.

By contrast, a reduced seed development in winter rye and winter barley was observed when grown in mixed cropping with winter

rape. Obviously winter rape is highly competitive to cereals in mixtures, even at halved seed densities.

Keywords: mixed cropping, sole cropping, cereal quality, oil crops

1 Einleitung

Die verarbeitungstechnologisch relevanten Qualitätsparameter von Weizen werden bekanntermaßen von der genetischen Grundlage (der Sorte), den Umweltbedingungen und den Anbaumaßnahmen beeinflusst (BOLLING 1989). Es ist daher auch zu erwarten, dass die veränderten Wachstumsbedingungen in Mischfruchtanbausystemen die Qualitätsparameter der Mischungspartner gegenüber Reinsaatverfahren der Kulturen beeinflussen. In welchem Umfang und in welche Richtung dies geschieht, ist unter anderem von Saatverfahren, Standraumzummessung, Kulturartenkombination und den verfügbaren Standortressourcen abhängig. Die im Forschungsprojekt zum Mischfruchtanbau mit Ölsaaten erzielten Ergebnisse zu den Einflüssen des Anbausystems auf Qualitätsparameter von Getreide und Leguminosen werden im Folgenden dargestellt.

2 Material und Methoden

Bei den durchgeführten Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölsaaten wurden bei den Saatstärken additive Mischungsverfahren eingesetzt. Dabei wurden bei den untersuchten Mischungen mit Sommerweizen 50 % der Reinsaatstärke des Sommerweizens und 75 % der Reinsaatstärke des Ölleins bzw. 100 % der Reinsaatstärke des Leindotters verwendet. In den Wintersaaten wurden jeweils 50 % der Reinsaatstärke der jeweiligen Kultur in den Mischfruchtanbausysteme

¹Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst

²Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie (BFEL), Detmold

men verwendet. Die verschiedenen Kulturen wurden in abwechselnden Reihen ausgesät (vgl. auch den Beitrag zu „Hintergrund und Projektbeschreibung“ in diesem Band). Die Bestimmung der Qualitätsparameter erfolgte nach den üblichen Standardverfahren der International Association for Cereal Science and Technology (ICC).

3 Ergebnisse

Zumindest bei den additiven Saatverfahren kommt es, durch die im Vergleich zur Reinsaat höhere Saatkichte, zu einer höheren Konkurrenz in der Reihe. Durch den Gemengepartner waren jedoch zwischen den Nachbarreihen veränderte Konkurrenzbeziehungen zu erwarten. So wiesen die meisten Mischfruchtanbausysteme verglichen mit den Reinsaat höhere Flächenproduktivitäten gemessen am RYT auf (vgl. auch den Beitrag zu den „Erträgen“ in diesem Band). Hinsichtlich der Qualität der Ernteprodukte aus den Mischfruchtanbausystemen können aus der N-Versorgung der Pflanzen bereits erste Schlüsse auf den Rohproteingehalt gezogen werden. Bei den N-Gehalten der Körner von den Standorten, auf denen die Mischfruchtanbausysteme gut ausgebildet waren, traten nur vereinzelt signifikante Un-

terschiede zwischen denen von Mischungskomponenten gegenüber denen von Reinsaat auf. So zeigten Körner von Wintergerste bzw. Winterroggen im Mischfruchtanbau mit Wintererbsen, sowie Leindotter und Senf im Mischfruchtanbau mit Erbsen gegenüber ihren Reinsaatvarianten zum Teil erhöhte N-Gehalte. Die N-Gehalte der Leguminosen im Mischfruchtanbau blieben unbeeinflusst (vgl. auch den Beitrag zur „Nährstoffversorgung“ in diesem Band).

Im Folgenden werden die zu Getreide erhobenen backtechnologisch relevanten Qualitätsparameter dargestellt.

3.1 Qualität von Sommerweizen im Gemenge mit Leindotter oder Öllein

Bei den Tausendkorngewichten (TKG) wies der Sommerweizen aus dem Mischfruchtanbau mit Leindotter durchgängig höhere Werte auf als der Sommerweizen aus dem Reinanbau und der Sommerweizen aus dem Mischfruchtanbau mit Öllein. Der Sommerweizen aus dem Mischfruchtanbau mit Öllein zeigte tendenziell geringere TKG als der aus dem Reinanbau (Abb. 1). Die TKG in Pfaffenhofen waren mit mittleren Werten unter 40 g sehr gering und deutlich unter dem Versuchsmittel.

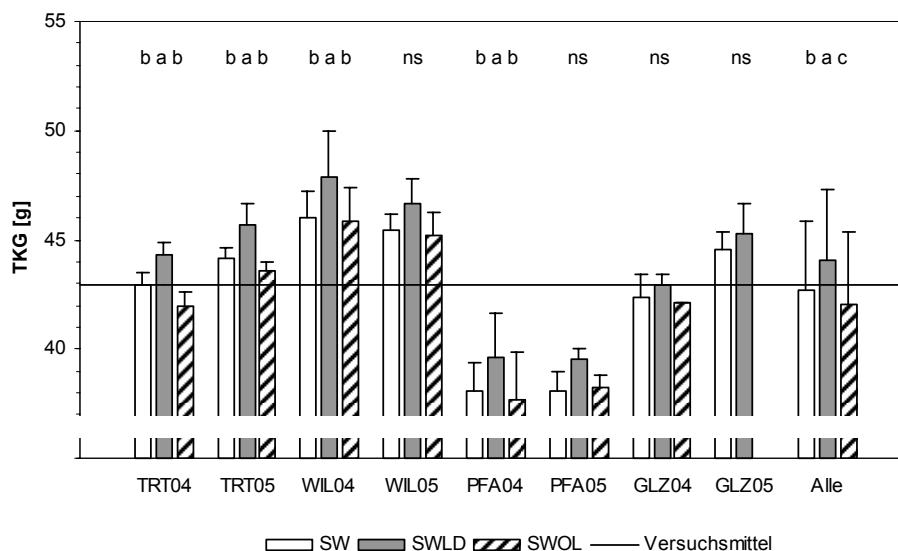


Abb. 1: Tausendkorngewichte (TKG) von Sommerweizen aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten. Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400, Mittelwert + Stdabw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA; n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

Bei den Proteingehalten zeigte der Weizen aus dem Mischfruchtanbau in der Regel höhere Werte als der Weizen aus dem Reinanbau (Abb. 2). Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Mischfruchtanbausystemen von Sommerweizen mit Öllein bzw. mit Leindotter waren nur im Trenthorst gegeben, dies jedoch in 2004 und 2005 gegensätzlich. Im Mittel aller Orte und Jahre erreichten die Körner aus dem Mischfruchtanbau deutlich höhere Proteingehalte als die aus dem Reinanbau.

Feuchtkleber ist die Bezeichnung für den klebrig-elastischen Teil des Korns, der übrig bleibt, wenn Stärke und lösliche Bestandteile aus einem Teig ausgewaschen werden. Feuchtkleber besteht größtenteils aus Eiweiß und enthält ungefähr 80-85 % des Gesamteiweißes eines Korns. Die Feuchtkleber-Ge-

halte des Sommerweizens aus dem Mischfruchtanbau mit Leindotter oder Öllein waren gegenüber dem Sommerweizen aus dem Reinbau ebenfalls erhöht (Abb. 3). Systematische Unterschiede zwischen den Mischfruchtanbauvarianten mit Leindotter bzw. Öllein wurden nicht gefunden.

Bei den Sedimentationswerten wurden nur in Trenthorst signifikante Unterschiede zwischen den Anbausystemen gefunden. Hier wies der Weizen aus dem Gemenge mit Öllein gegenüber dem Sommerweizen aus dem Reinanbau in beiden Jahren höhere Werte auf. Sommerweizen aus dem Mischfruchtanbau mit Leindotter zeigte 2005 auch gegenüber dem Sommerweizen aus dem Mischfruchtanbau mit Öllein höhere Werte (Abb. 4).

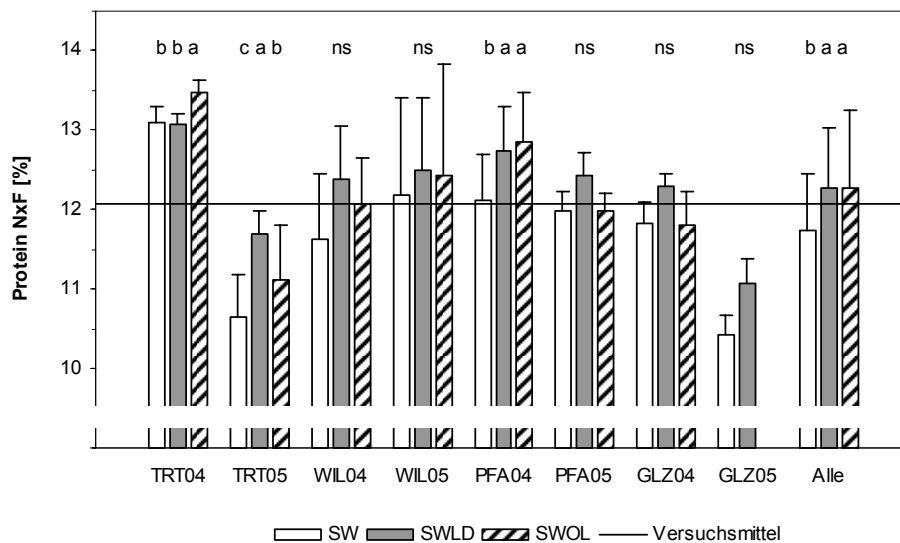


Abb. 2: Proteingehalte (N-Gehalte x 5,7) von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdabw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

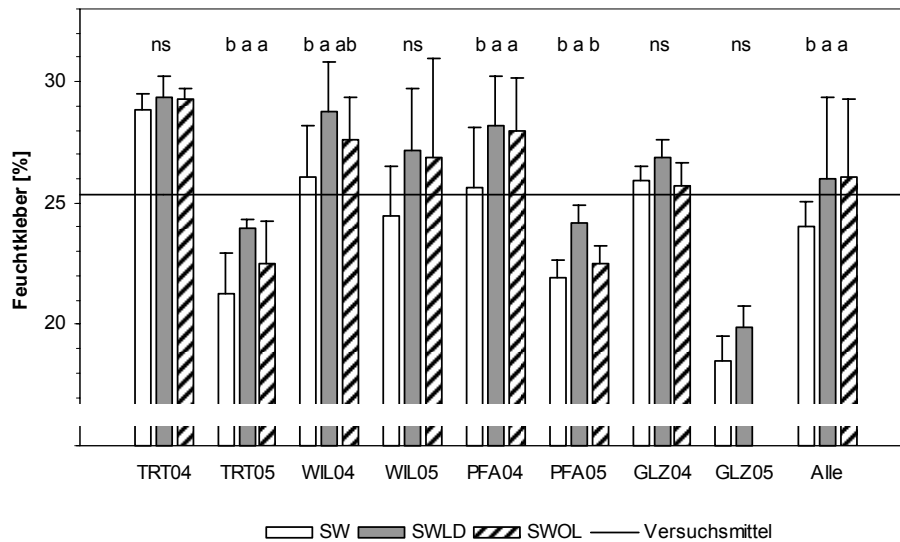


Abb. 3: Feuchtklebergehalte von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

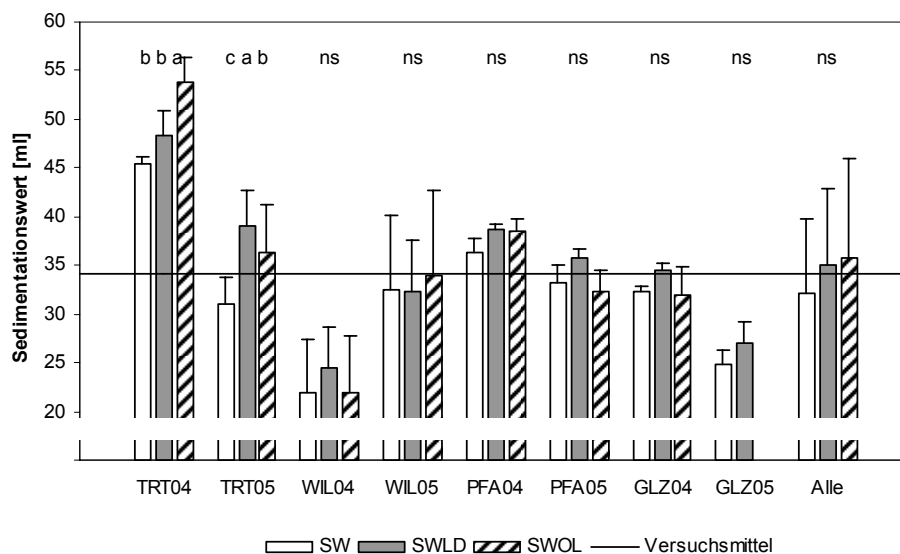


Abb. 4: Sedimentationswerte von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

In einer Gluten-Index-Zentrifuge wird Feuchtkleber durch ein spezielles Sieb gedrückt. Der Gluten-Index ist der prozentuale Anteil des Feuchtklebers, der auf dem Spezialeinsatz der Zentrifuge zurückbleibt, d. h. dieses spezielle Sieb auf Grund seiner geringen Dehnfähigkeit nicht passiert. Der Wert sagt aus, ob es sich um einen kurzen (hoher

Gluten-Index) oder weichen (niedriger Gluten-Index) Kleber handelt. Der Gluten-Index des Weizens aus den Versuchen wurde in der Regel nicht signifikant durch das Anbausystem beeinflusst (Abb. 5). Ebenso waren auch die Fallzahlen des Sommerweizens bei zum Teil hohen Schwankungsbreiten unabhängig vom Anbausystem (Abb. 6).

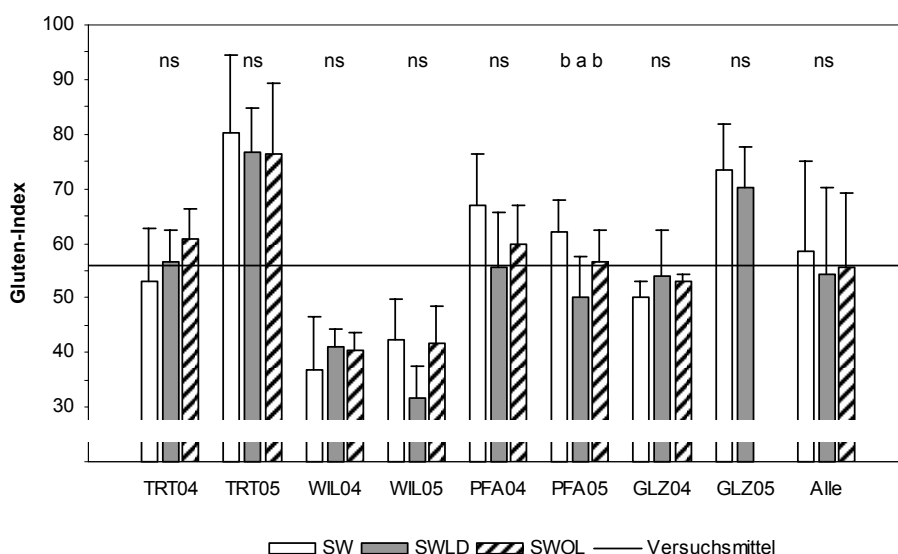


Abb. 5: Gluten-Indices von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten

Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

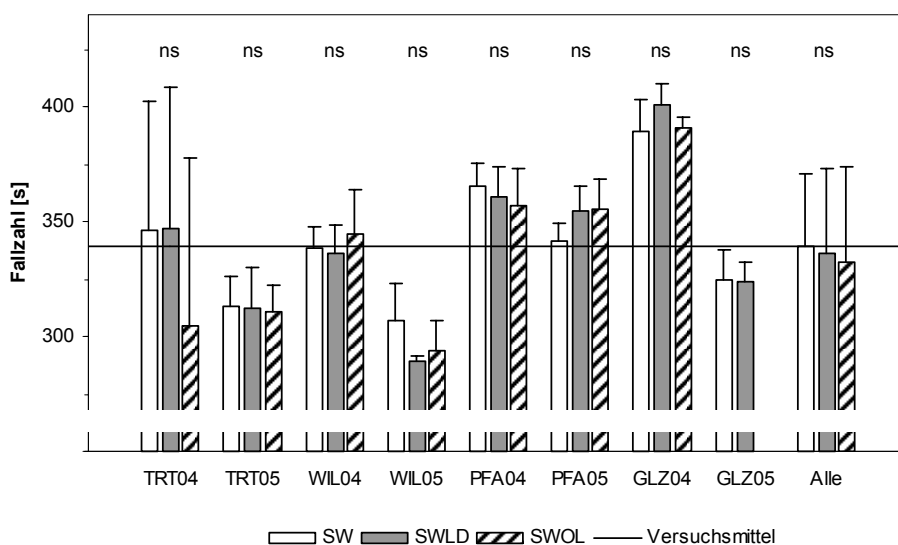


Abb. 6: Fallzahlen von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten

Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Die Mineralstoffgehalte (=Aschegehalte) des Korns wurden durch das Anbausystem ebenfalls nicht gerichtet beeinflusst (Abb. 7). Im Mittel der Versuche und Jahre wies der Sommerweizen aus dem Gemengeanbau mit Leindotter die höchsten Aschegehalte auf. Als Erklärungsansatz für eine Steigerung des Mineralstoffgehaltes könnte eine schlechte

Kornausbildung (LINDHAUER und MEYER 2003), z. B. durch verfrühte Abreife des Weizens der Mischfruchtanbausysteme, dienen. Da die TKG des Sommerweizens in Mischung mit Leindotter aber erhöht waren (Abb. 1) scheidet dieser Ansatz als Erklärung aus. Der Effekt scheint daher eher ungerichtet.

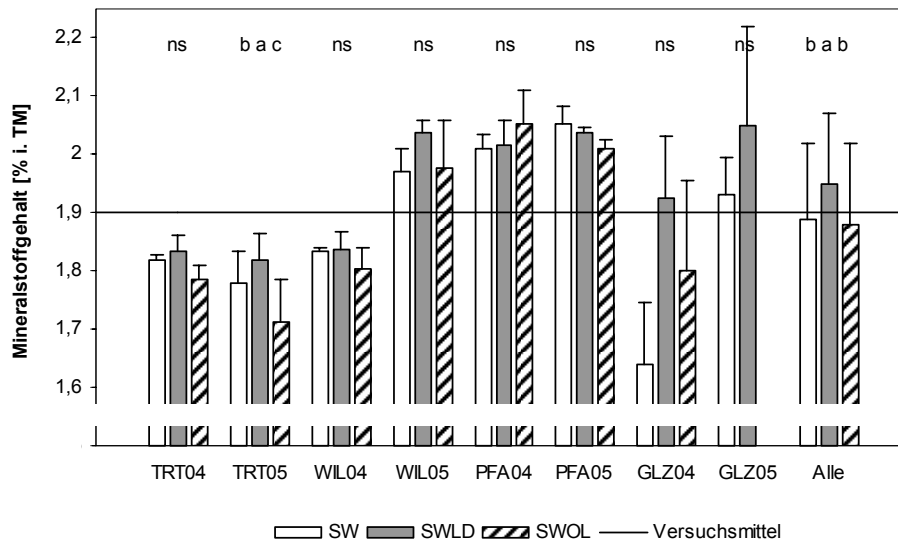


Abb. 7: Ganzkorn-Mineralstoffgehalte von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

Bei den erhobenen *Parametern zur Mahlqualität* des Sommerweizens (Gesamtmehl-anfall, Type-550-Anfall, Mineralstoffgehalt im Gesamtmehl, Kornhärte (=Griffigkeit),

Mineralstoffwertzahl) wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Anbausystemen festgestellt (Abb. 8 bis Abb. 11).

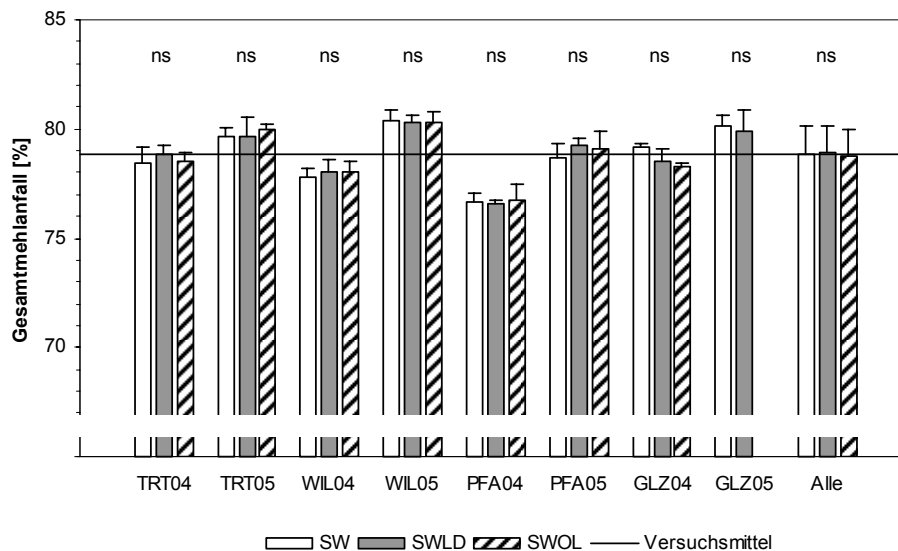


Abb. 8: Gesamtmehl-anfall bei der Vermahlung von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

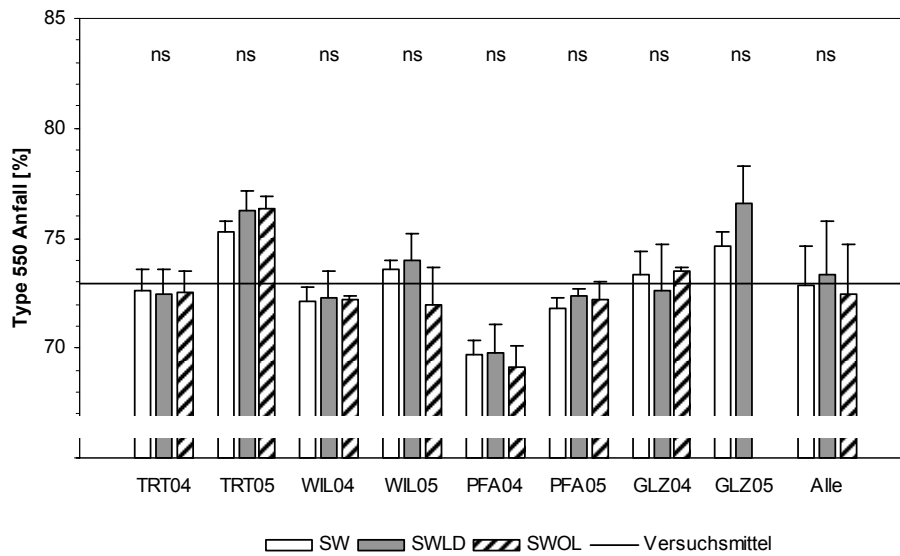


Abb. 9: Mehlanfall der Type 550 bei der Vermahlung von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

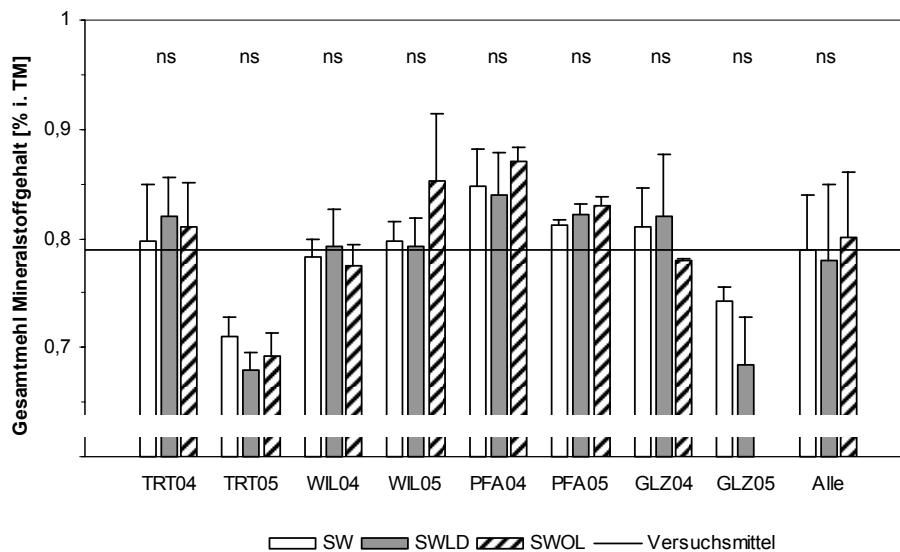


Abb. 10: Mineralstoffgehalte im Gesamtmehl von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

Die Kornhärte charakterisiert die Bindung von Eiweiß und Stärkekörnern im Endosperm. Sie wird weitgehend von der Sorte bestimmt und kann durch Produktionstechnik kaum beeinflusst werden. Bei Sorten mit härterer Kornstruktur entsteht während der Vermahlung eine höhere mechanische Stärkebeschädigung, solche Mehle binden mehr

Wasser und zeigen bessere Teig- und Gebäckausbeuten. Die Kornhärte in Prozent bezeichnet den Mehlrückstand der Type 550 nach 3 Minuten Siebung mit einem 75 Mikrometer-Luftstrahlsieb und kann auch mit indirekten Methoden (NIR) ermittelt werden. An den einzelnen Standorten und Jahren ließen sich die gemessenen Unterschiede in

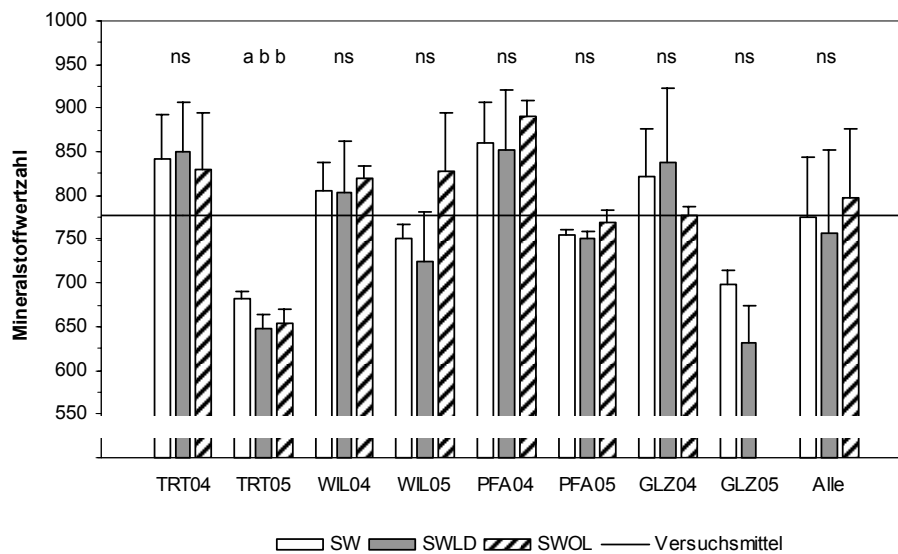


Abb. 11: Mineralstoffwertzahl des Mehls von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

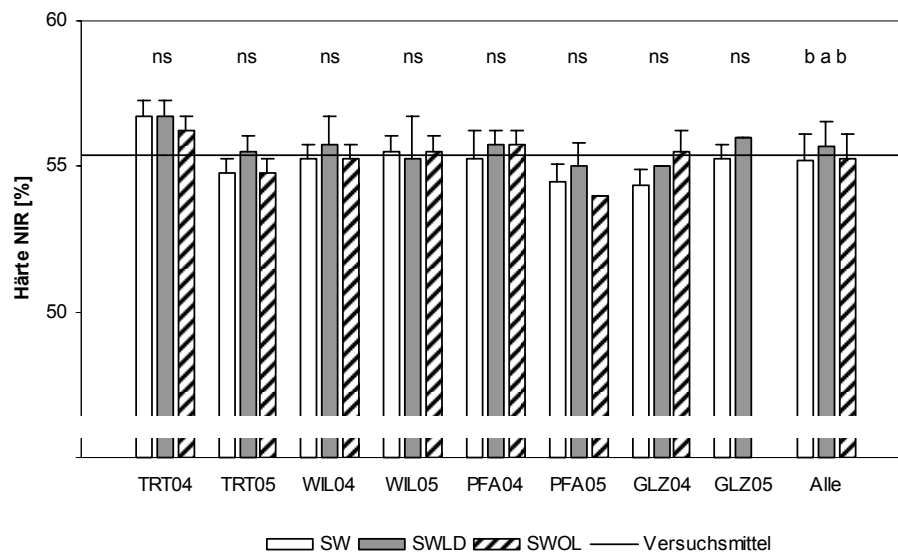


Abb. 12: Kornhärte von Sommerweizenkörnern aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

der Kornhärte nicht statistisch sichern. Im Versuchsmittel wies der Weizen aus dem Mischfruchtanbau mit Leindotter die höchsten Werte auf (Abb. 12).

Bei den *Backqualitätsparametern* (Abb. 13 und 14) des Sommerweizenmehls (Wasser-aufnahme und Backvolumen im Rapid-Mix-Test, Teigelastizität und Gebäckausbund sowie Teigoberfläche (durchgängig feucht oder

etwas feucht), Krumenelastizität (durchgängig gut) wurden ebenfalls keine systematisch durch das Anbausystem begründbaren Effekte gemessen. Die in Trenthorst und Gülzow in 2005 gefundenen niedrigen Protein- und Feuchtklebergehalte (Abb. 2 und 3) werden durch das geringere Backvolumen des Weizenmehls aus diesen Versuchen bestätigt (Abb. 14).

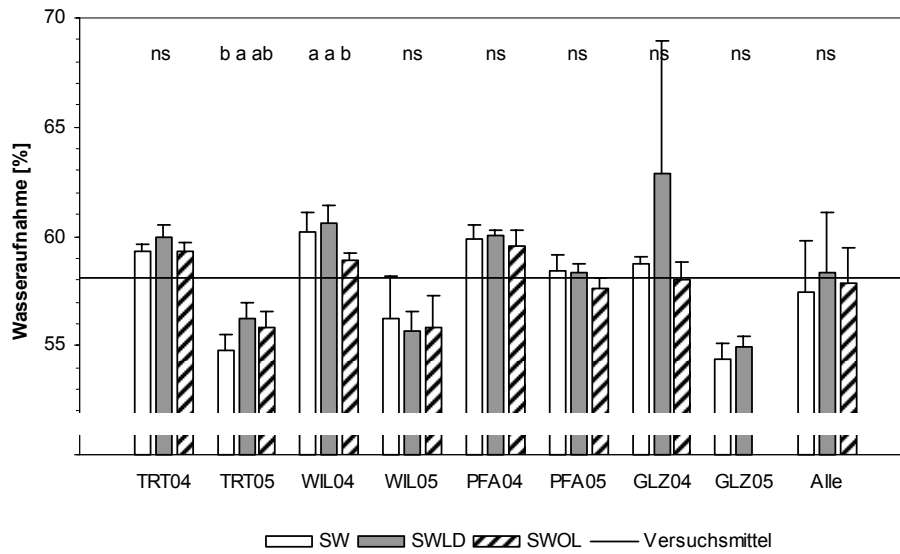


Abb. 13: Wasseraufnahme beim Rapid-Mix-Test mit Mehlen von Sommerweizen aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

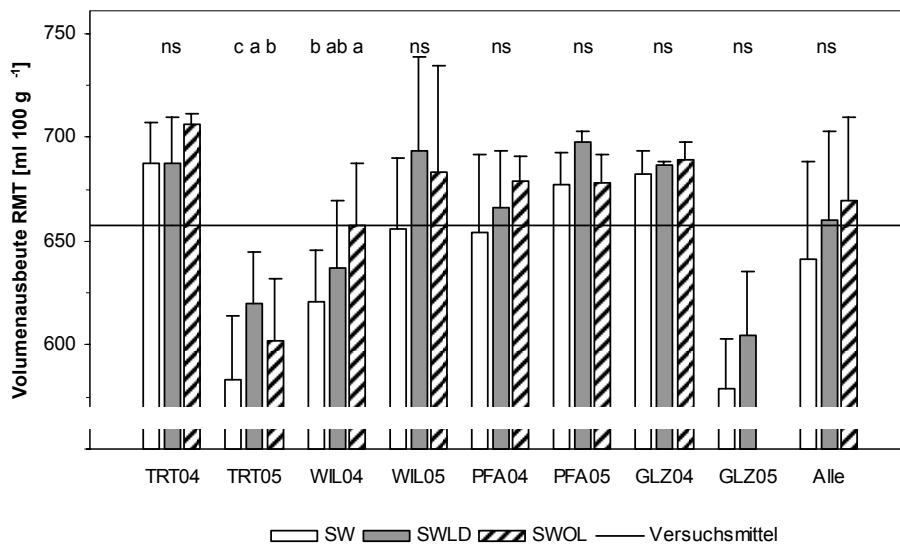


Abb. 14: Backvolumina beim Rapid-Mix-Test mit Mehlen von Sommerweizen aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m⁻²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw., signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

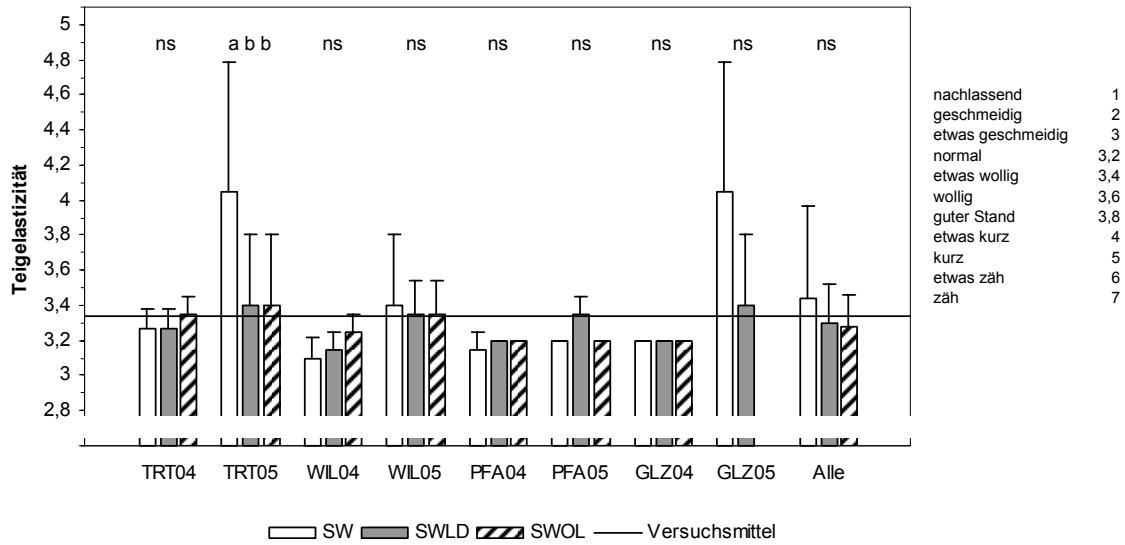


Abb. 15: Teigelastizität (metrische Skala) beim Rapid-Mix-Test mit Mehlen von Sommerweizen aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw.,
 signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

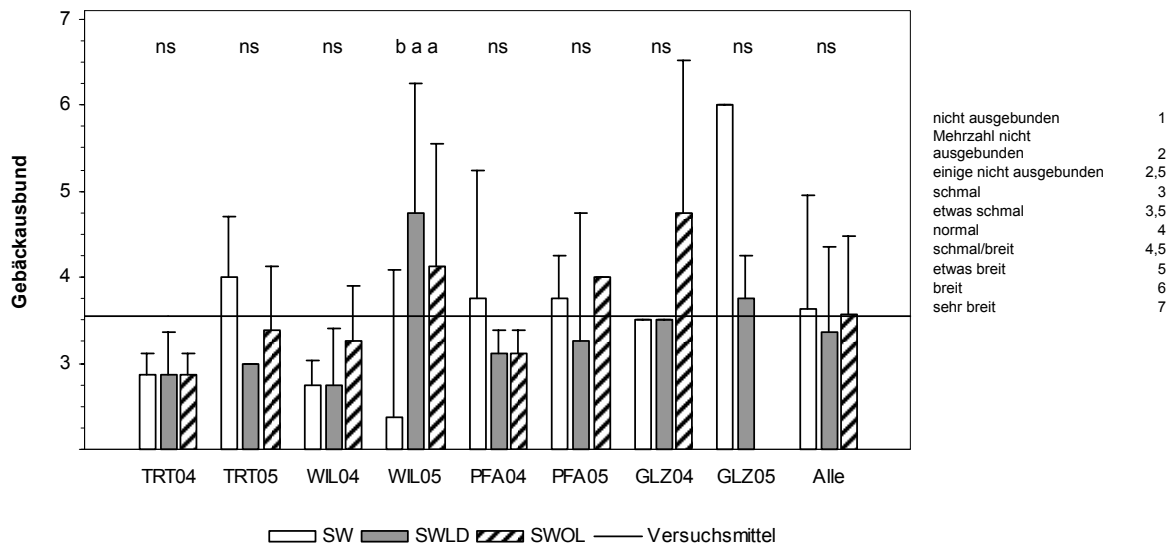


Abb. 16: Gebäckausbund (metrische Skala) beim Rapid-Mix-Test mit Mehlen von Sommerweizen aus Reinanbau (SW) und aus Mischfruchtanbau mit Leindotter (SWLD) oder Öllein (SWOL) von verschiedenen Standorten
 Saatstärken [Körner m²]: SW=400; SWLD bzw. SWOL (alternierende Reihen) SW=200, LD=360 bzw. OL=400; Mittelwert + Stdbw.,
 signifikante Unterschiede (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA, n=3-4) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

3.2 Qualitäten von Winterroggen und Wintergerste aus dem Mischfruchtanbau mit Winterraps

In dem untersuchten Mischfruchtanbausystem von *Winterroggen* mit Winterraps waren die Hektolitergewichte des Roggens in der Regel gegenüber der Roggenreinsaat vermindert. Sonst konnte kein gerichteter Effekt des Anbausystems auf Qualitätsparameter nachgewiesen werden (Tab. 1). Die Kornerträge bei Roggen im Mischfruchtanbau mit Winterraps in Wilmersdorf waren im Vergleich zur Roggen-Reinsaat sehr deutlich reduziert. Dies könnte eine Erklärung für die gegenüber dem Roggen aus Reinanbau erhöhten Proteingehalte im Korn sein. Eventuell war in dieser Variante mehr Stickstoff für die Pflanzen verfügbar. Auf einen solchen Anreicherungseffekt weisen auch die gegenüber dem Reinanbau verringerten Hektolitergewichte des Roggens aus dem Mischfruchtanbau in Wilmersdorf hin. In Trenthorst kam es in der Roggenreinsaat gegenüber dem Roggen aus dem Mischfruchtanbau mit Winterraps zu einer verbesserten Kornausbildung. Neben dem hl-Gewicht war hier das TKG erhöht. Die ermittelten Effekte des Anbausystems in Gülzow auf den Mineralstoffgehalt, die Fallzahl und die Amylogrammwerte (Tab. 1) sind nicht aus der Versuchsanlage erklärbar.

Der Mischfruchtanbau der *Wintergerste* mit Winterraps führte hingegen gegenüber dem Gerstenreinanbau zu einer messbar schlechteren Kornausbildung bei der Gerste (Tab. 2). In Trenthorst sanken im Mischfruchtanbau die TKG, hl-Gewichte sowie der Anteil großer Körner an der Siebsortierung und damit der Marktwarenanteil und der Vollgerstenanteil signifikant ab. Im Versuchsmittel waren diese Effekte ebenfalls statistisch zu sichern (Tab. 2). Bei Betrachtung der Werte für Pfaffenhoffen fällt auf, dass die Kornausbildung in der Gerste aus dem Mischfruchtanbausystem im Vergleich zur Reinsaat nicht oder sogar positiv beeinflusst wurde. Die positiven Differenzen sind je-

doch nicht gesichert. Dieser Effekt ist insofern bemerkenswert, da dort, verglichen mit den anderen Standorten, am meisten Rapsbiomasse gemeinsam mit der Gerste aufwuchs und hier eher der umgekehrte Effekt erwartet werden konnte (vgl. auch den Beitrag zu den „Erträgen“ in diesem Band).

4 Diskussion

Bei den Korneigenschaften des Sommerweizens wurden die TKG, Proteingehalte, und Feuchtklebergehalte in den erprobten Mischfruchtanbausystemen gegenüber der Reinsaat des Sommerweizens positiv beeinflusst oder blieben unverändert. In den geprüften Gemengen war die halbe Saatstärke des Sommerweizens durch Ölsaaten ersetzt. Bei den Sedimentationswerten, Gluten-Indices, Fallzahlen und Mineralstoffgehalten war die Qualität des Sommerweizens aus dem Mischfruchtanbau gegenüber dem Reinanbau unverändert. Die veränderten Konkurrenzverhältnisse in den Mischfruchtanbausystemen durch den Ersatz von Sommerweizen durch andere Kulturen führen offensichtlich eher zu einer Verbesserung der verfügbaren Ressourcen für den Sommerweizen. Aus Weite-Reihe-Systemen mit Weizen (BECKER und LEITHOLD 2003) ist dieser Effekt bekannt und durch das bessere Nährstoff- und Lichtangebot in den Reihen bedingt.

Bei den erhobenen Parametern zur Mahlqualität des Sommerweizens (Gesamtmehl-anfall, Type-550-Anfall, Mineralstoffgehalt im Gesamtmehl, Kornhärte, Mineralstoffwertzahl) und auch bei den Backqualitätsparemetern des Sommerweizenmehls (Wasseraufnahme und Backvolumen, Teigelastizität, Gebäckausbund Teigoberfläche, Krumenelastizität) blieb die Qualität des Sommerweizens aus dem Mischfruchtanbau gleichwertig. Insgesamt sind negativ veränderte Kornqualitäten im Sommerweizen in den geprüften Anbaukombinationen daher nicht zu befürchten. Beim Mischfruchtanbau von Winterraps mit Wintergerste oder Winterroggen waren die Qualitäten sicherlich

Tab. 1: Qualitätsparameter von Winterroggenkörnern aus Reinanbau und aus dem Mischfruchtanbau mit Winterraps, 2005
Mittelwerte ± Standardabweichung, statistisch signifikante Unterschiede an den einzelnen Orten zwischen den Anbauvarianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (LSD_{5%}, nach signifikanter ANOVA)

Ort	Variante	TKG [g] (ISO 520)	Hektolitergewicht [kg hl ⁻¹] (ISO 7971-2)	Schmackkornanteil [Gew.-%] (ICC 103/1)	Mutterkornanteil [Gew.-%] (ICC 103/1)	Protein (f=6,25) [% i. TM] (ICC 105/2)	Mineralstoffgehalt [% i. TM] (ICC 104/1)	Fallzahl [s] (ICC 107)	Amylogramm Verkleisterungs-max. [AE] (ICC 126/1)	Amylogramm, Temp.-max. Verkl.-max. [°C] (ICC 126/1)
TRT	W-Roggen	38,5 a ±1,6	74,3 a ±0,3	0,2 ±0,1	0,00 ±0,00	8,1 a ±0,4	1,72 ±0,08	105 ±10	430 ±15	65,1 ±0,3
	W-Roggen x W-Raps	34,1 b ±0,5	72,0 b ±0,5	1,1 ±0,3	0,00 ±0,00	7,3 b ±0,3	1,69 ±0,05	104 ±25	458 ±119	65,5 ±0,9
WIL	W-Roggen	36,1 ±1,1	75,5 a ±0,2	0,1 ±0,1	0,02 ±0,04	8,8 b ±0,6	1,69 ±0,03	168 ±14	586 ±63	68,0 ±0,8
	W-Roggen x W-Raps	38,0 ±1,5	72,9 b ±0,3	0,7 ±0,2	0,02 ±0,04	12,7 a ±0,7	1,81 ±0,06	167 ±25	513 ±78	68,0 ±0,5
PFA	W-Roggen	28,4 ±0,1	71,8 ±0,7	4,3 ±2,1	0,00 ±0,00	9,9 ±0,4	1,92 ±0,10	244 ±25	539 ±33	71,5 ±1,3
	W-Roggen x W-Raps	30,9 ±1,7	72,6 ±0,8	2,6 ±1,4	0,01 ±0,01	9,6 ±0,2	1,83 ±0,04	277 ±28	585 ±27	72,8 ±0,9
GLZ	W-Roggen	34,6 ±0,6	75,6 a ±0,2	0,6 ±0,1	0,04 ±0,03	8,5 ±0,3	1,70 b ±0,03	192 b ±16	825 b ±61	68,8 b ±0,9
	W-Roggen x W-Raps	31,9 ±1,1	73,2 b ±0,4	1,6 ±0,2	0,01 ±0,02	8,8 ±0,5	1,78 a ±0,02	231 a ±5	944 a ±36	70,9 a ±0,3
Alle	W-Roggen	34,0 ±3,9	74,1 a ±1,6	1,4 ±1,9	0,01 ±0,03	8,8 ±0,8	1,76 ±0,11	183 b ±53	595 ±155	68,6 ±2,4
	W-Roggen x W-Raps	33,4 ±2,9	72,6 b ±0,7	1,5 ±1,0	0,01 ±0,02	9,4 ±2,0	1,77 ±0,07	196 a ±72	632 ±211	69,4 ±3,0

Tab. 2: Qualitätsparameter von Wintergerstekörnern aus Reinanbau und aus dem Mischfruchtanbau mit Winterraps, 2005
Mittelwerte ± Standardabweichung, statistisch signifikante Unterschiede an den einzelnen Orten zwischen den Anbauvarianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (LSD_{5%}, nach signifikanter ANOVA)

Ort	Variante	TKG [g] (ISO 520)	Hektolitergewicht [kg hl ⁻¹] (ISO 7971-2)	Siebsortierung [mm]			Protein (f=6,25) [% i. TM] (ICC 105/2)
				Anteil [%]	Marktwarenanteil [%]	Vollgerstenanteil [%]	
TRT	W-Gerste	52,3 a ±0,7	70 a ±0,3	> 2,8	> 2,2 & < 2,5	< 2,2	96 a ±0,8
	W-Gerste x W-Raps	47,7 b ±1,0	66 b ±0,6	84 a ±1,0 66 b ±2,7	4 b ±0,6 11 a ±2,0	0,7 b ±0,2 2,3 a ±0,4	86 b ±2,3
WIL	W-Gerste	-	-	-	-	-	-
	W-Gerste x W-Raps	50,9 ±4,4	61 ±1,0	67 ±2,8	21 ±1,1	2,3 ±0,4	88 ±2,3
PFA	W-Gerste	43,1 ±2,4	57 ±0,6	55 ±7,8	23 ±3,0	4,7 ±0,7	78 ±4,9
	W-Gerste x W-Raps	44,0 ±1,5	59 ±1,0	58 ±6,3	23 ±2,2	3,2 ±0,9	81 ±5,0
GLZ	W-Gerste	44,8 ±0,4	60 ±1,0	51 ±2,6	28a ±1,3	2,2 b ±0,5	79 a ±2,2
	W-Gerste x W-Raps	43,4 ±2,1	59 ±1,8	46 ±6,9	24b ±1,4	6,0 a ±1,5	70 b ±5,8
Alle ²	W-Gerste	46,7 ±4,4	62 a ±5,3	62 a ±1,5	21 ±6,9	2,7 b ±1,7	83 a ±8,5
	W-Gerste x W-Raps	45,0 ±2,5	61 b ±3,9	56 b ±1,0	23 ±2,0	3,8 a ±1,9	79 b ±8,4

¹ Probenverlust ² ohne Wilmersdorf

durch die sehr heterogene Ertragszusammensetzung an den Standorten beeinflusst. Winterraps stellt für Winterroggen und Wintergerste jedoch offensichtlich schon bei halber Saatstärke der Gemengekomponenten eine erhebliche Konkurrenz für das Getreide dar. Darauf weisen die verringerten hl-Gewichte beider Getreidearten und die verschlechterte Siebsortierung bei der Wintergerste aus dem Mischfruchtanbau mit Winterraps hin. Die Qualität des Getreides muss bei der weiteren Optimierung dieser Gemenge daher sorgfältig beachtet werden.

5 Literatur

Becker K, Leithold G (2003) Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen im ökologischen Anbau. Bericht, Organischer Landbau, Universität Giessen [online]. Zu finden in: <<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1157/>> [zitiert am 6.6.2007]

Bolling H (1989) 25 Jahre Qualitätsuntersuchungen im Rahmen der Wertprüfung in der Bundesrepublik Deutschland. Getreide Mehl Brot 43:227-231

Münzing K, Wolf K (2005) Verarbeitungseigenschaften von deutschem Öko-Weizen und Öko-Dinkel. In: Rahmann G (Hrsg.) Ressortforschung für den ökologischen Landbau. Landbauforsch Völkenrode, Sonderheft 290:57-62.

Lindhauer M G, Meyer D (2003) Die Qualität der deutschen Weizenernte 2002 – quantitatives und qualitatives Ergebnis in Bund und Ländern. BAGKF Jahresbericht des Instituts für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie. 12-14 [online]. Zu finden in: <<http://www.bagkf.de/lbbagkf/ddd/jahresberichtbagkf1390350.pdf>> [zitiert am 6.6.2007]

ICC (1-n) International Association for Cereal Science and Technology (ICC) General Principles of the available ICC Standard Methods [online]. Zu finden in: <<http://www.icc.or.at/methods3.php>> [zitiert am 6.6.2007]

Unkrautvorkommen und Unkrautunterdrückung in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau

Weed density and weed suppression in organic mixed cropping systems with oil crops

HANS MARTEN PAULSEN, MARTIN SCHOCHOW¹ und HANS-JÜRGEN REENTS²

Zusammenfassung

Die Unkrautunterdrückung in verschiedenen Mischfruchtanbausystemen von Ölpflanzen mit anderen Körnerfrüchten wurde erfasst und mit den Werten von Reinsaat der Mischungskomponenten verglichen. Ermittelt wurden die Deckungsgrade von Unkräutern und Kulturpflanzen sowie die Minderung der photosynthetisch aktiven Strahlung im Pflanzenbestand. Bei den Ölfrüchten in Reinsaat stieg die Unkrautdeckung in der Reihenfolge weißer Senf, Winterraps, Leindotter, Saflor, Öllein an.

Alle geprüften Mischungen erzielten einen verbesserten Unterdrückungseffekt verglichen mit der Reinsaat der Kultur mit geringem Unkrautunterdrückungsvermögen. So zeigten die Mischungen aus Erbse mit Leindotter oder Senf gegenüber dem Erbsenreinanbau, die Mischungen aus blauer Lupine mit Saflor oder Leindotter gegenüber dem reinen Lupinenanbau, die Mischungen aus Öllein mit Sommerweizen oder Leindotter gegenüber dem Ölleinanbau in Reinsaat und die Mischungen aus Winterraps mit Wintergerste oder Winterroggen gegenüber der Rapsreinkultur geringere Unkraut- und höhere Kulturpflanzendeckungsgrade. Niedrige Werte von Blattflächenindices in Mischungen mit gegenüber den Zielkulturen in Reinsaat verringertem Unkrautvorkommen weisen darauf hin, dass die Unkrautunterdrückung der Gemenge nicht nur durch Lichtkonkurrenz erzielt wird.

Schlüsselworte: Unkrautdeckungsgrad, Begleitflora, Lichtkonkurrenz

Abstract

Weed suppression in different mixed cropping systems of oil crops with other grain crops was compared to values reached in sole cropping systems of the single components. Soil covering of weeds and crops and the reduction of photosynthetic active radiation in the crop cover were determined. When sole cropped oil crops were compared, weed covering increased in the following order: white mustard, winter rape, false flax, safflower, linseed.

In all mixed cropping systems weed suppression increased compared to its crop component with low weed competition in single cropping. So, lower weed covering was determined in plots with mixtures of peas with white mustard or false flax compared to sole cropped peas; mixtures of blue lupins with safflower or false flax compared to sole cropped lupins; mixtures of linseed with spring wheat or false flax compared to sole cropped linseed, and mixtures of winter rape with winter barley or winter rye compared to winter rape in sole cropping. Low leaf area indices, measured in mixed cropping systems with low weed covering compared to the sole cropped target cultures show that weed suppression is not only caused by competition for light.

Keywords: weed covering, segetal plants, light competition

¹Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst

²Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Technische Universität München, Freising

1 Einleitung

Zielsetzung des Mischfruchtanbaus mit Ölfrüchten ist unter anderem die Unkrautunterdrückung. Veröffentlichungen, die in der Projektlaufzeit erschienen, zeigen erste Ergebnisse zur Wirksamkeit des Verfahrens bei Mischungen aus Erbsen und Leindotter (SAUKE und ACKERMANN 2005). Mischungen aus Sommerraps mit Sommerweizen waren weniger erfolgreich (SZUMIGALSKI und VAN ACKER 2005).

Die im Forschungsprojekt erzielten Ergebnisse zur Unkrautunterdrückungsleistung aller geprüften Mischungen mit Ölsaaten sowie der jeweiligen Reinsaat sind nachfolgend dargestellt.

2 Material und Methoden

In allen Parzellen wurden visuelle Bonituren zum Deckungsgrad der Unkräuter vorgenommen. Die Kulturpflanzen befanden sich an den drei Boniturterminen (Tab. 1: U1, U2, U3) in den Makrostadien Seitensprossbil-

dung (EC 25/29, Erbse 30/31), Ende Längenwachstum (EC 37/39 bzw. Erbse 55/59) bzw. Fruchtreife (EC 86/87) (HACK et al. 1992).

3 Ergebnisse

3.1 Unkrautdeckungsgrade und Unkrautvorkommen an den Versuchsstandorten

In Tabelle 1 ist die mittlere Verunkrautung der Reinkulturen an den Standorten in den einzelnen Jahren angegeben. Die Getreidearten und Senf wiesen an den Boniturterminen den geringsten Unkrautdeckungsgrad auf (Abb. 1). Sommerraps hatte auf den meisten Standorten erhebliche Etablierungsprobleme. Die Verunkrautung war an diesen Standorten daher sehr hoch, ebenso in Öllein und Lupinen. Die Unkrautdeckungsgrade stiegen bis zur Ernte an. Im Saflor fielen sie durch das starke Massenwachstum des Saflors nach dem zweiten Boniturtermin zur Ernte hin wieder ab.

Tab. 1: Unkrautdeckungsgrad [%] in den Reinsaat der geprüften Kulturpflanzen nach visueller Bonitur (Mittelwerte \pm SD, n=4)

2004	Trenthorst			Wilmersdorf			Pfaffenhofen			Gülzow		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
Erbsen	13 \pm 3,7	13 \pm 7,2	32 \pm 26	6 \pm 1,4	103 \pm 44	97 \pm 36	-	79 \pm 43	-	21 \pm 2,5	13 \pm 2,9	15 \pm 4,1
Lupinen	10 \pm 1,0	20 \pm 3,6	17 \pm 6,1	3 \pm 1,6	49 \pm 20	91 \pm 3,7	-	99 \pm 2,5	-	41 \pm 6,3	44 \pm 8,5	45 \pm 17
S-Weizen	1 \pm 0,6	2 \pm 0,5	2 \pm 0,3	8 \pm 7,7	4 \pm 2,4	8 \pm 1,0	-	12 \pm 13	-	23 \pm 2,9	10 \pm 0	39 \pm 4,8
Öllein	5 \pm 1,1	8 \pm 2,4	10 \pm 6,0	5 \pm 2,9	34 \pm 18	57 \pm 26	-	94 \pm 9,5	-	45 \pm 4,1	41 \pm 6,3	83 \pm 16
Saflor	14 \pm 4,0	24 \pm 4,2	14 \pm 3,6	4 \pm 3,1	55 \pm 22	64 \pm 33	-	100 \pm 0	-	50 \pm 10	64 \pm 7,1	95 \pm 7,1
Leindotter	6 \pm 2,2	6 \pm 1,0	16 \pm 13	4 \pm 1,3	9 \pm 2,9	22 \pm 11	-	110 \pm 20	-	28 \pm 2,9	48 \pm 17	68 \pm 6,5
S-Raps	12 \pm 2,1	8 \pm 2,1	10 \pm 7,5	3 \pm 2,1	46 \pm 25	75 \pm 30	-	100 \pm 0	-	48 \pm 5,0	79 \pm 2,0	88 \pm 5,0
Senf	3 \pm 2,6	4 \pm 2,6	5 \pm 2,3	4 \pm 2,0	12 \pm 5,1	21 \pm 7,9	-	59 \pm 27	-	41 \pm 6,3	44 \pm 3,0	67 \pm 1,7
2005												
Erbsen	4 \pm 1,0	4 \pm 1,0	17 \pm 4,4	9 \pm 3,1	37 \pm 16	28 \pm 3,1	73 \pm 17	5 \pm 3,9	14 \pm 5,9	5 \pm 1,7	19 \pm 2,5	43 \pm 10
Lupinen	5 \pm 1,0	15 \pm 3,9	35 \pm 2,6	5 \pm 2,1	51 \pm 8,8	42 \pm 10	73 \pm 29	12 \pm 2,9	85 \pm 11	4 \pm 8,5	35 \pm 10	20 \pm 14
S-Weizen	3 \pm 0,8	3 \pm 1,3	17 \pm 5,4	2 \pm 0,8	7 \pm 2,2	8 \pm 2,8	73 \pm 7,5	6 \pm 2,1	31 \pm 7,5	12 \pm 3,4	20 \pm 4,1	20 \pm 8,2
Öllein	5 \pm 1,3	7 \pm 1,4	68 \pm 12	2 \pm 1,3	54 \pm 10	41 \pm 7,0	85 \pm 7,2	54 \pm 7,9	94 \pm 1,3	34 \pm 3,6	97 \pm 1,9	-
Saflor	5 \pm 1,4	12 \pm 1,5	30 \pm 4,7	4 \pm 1,2	42 \pm 4,9	28 \pm 7,7	58 \pm 21	16 \pm 3,3	17 \pm 6,7	18 \pm 2,6	50 \pm 7,1	45 \pm 11
Leindotter	1 \pm 0,5	9 \pm 2,9	60 \pm 23	7 \pm 4,3	28 \pm 17	21 \pm 0,5	56 \pm 23	17 \pm 3,9	50 \pm 18	4 \pm 1,2	35 \pm 11	20 \pm 7,1
S-Raps	3 \pm 0,6	10 \pm 1,4	36 \pm 2,9	5 \pm 3,7	100 \pm 4,4	64 \pm 16	53 \pm 7,0	69 \pm 17	79 \pm 14	0 \pm 0	60 \pm 11	-
Senf	2 \pm 1,8	4 \pm 4,3	27 \pm 26	6 \pm 2,0	31 \pm 5,4	28 \pm 6,6	64 \pm 33	7 \pm 2,2	15 \pm 4,4	4 \pm 1,2	11 \pm 2,5	15 \pm 0
W-Raps	12 \pm 4,2	38 \pm 9	44 \pm 12	20 \pm 4,1	29 \pm 12	29 \pm 8,0	-	-	-	13 \pm 5,4	29 \pm 22	20 \pm 0
W-Gerste	0 \pm 0	4 \pm 2,3	4 \pm 1,3	1 \pm 0,3	13 \pm 4,2	12 \pm 0,8	-	-	-	2 \pm 0,5	9 \pm 1,5	9 \pm 2,5
W-Erbsen	0 \pm 0	1 \pm 0	2 \pm 0,5	1 \pm 0,3	27 \pm 6,7	15 \pm 3,1	-	-	-	53 \pm 6,8	82 \pm 3,7	75 \pm 4,8
W-Rogg.	0 \pm 0,1	2 \pm 0,3	3 \pm 0,5	1 \pm 0,3	9 \pm 4,3	7 \pm 1,7	-	-	-	4 \pm 1,7	7 \pm 3,3	5 \pm 0

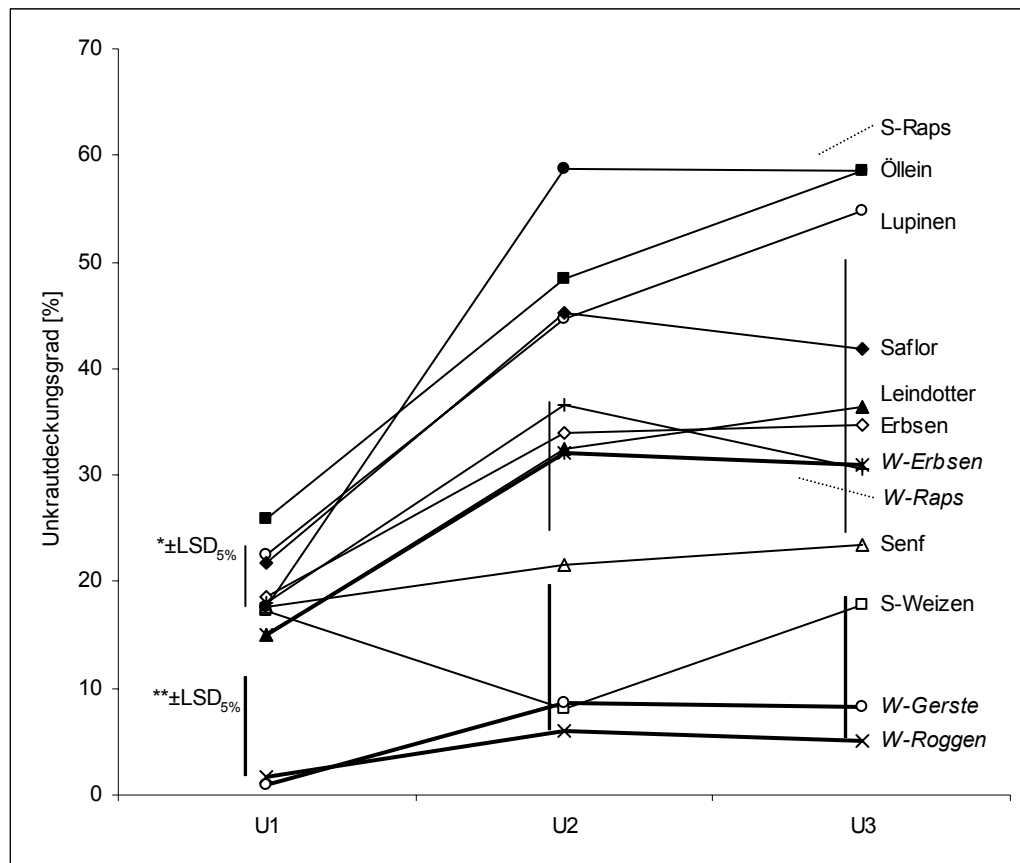


Abb. 1: Unkrautdeckungsgrad der Reinkulturen an den Versuchsstandorten, Mittelwerte aller Standorte aus 2004 und 2005

Die Zusammensetzung der Ackerbegleitflora war an den Standorten unterschiedlich und vielfältig. In den Abbildungen 2-5 sind die mittleren Deckungsgrade der verschiedenen Arten, gemittelt über alle Varianten, angegeben. Auf allen Standorten machten zum Ende der Vegetationszeit nur wenige Arten den Großteil des Unkrautdeckungsgrades aus.

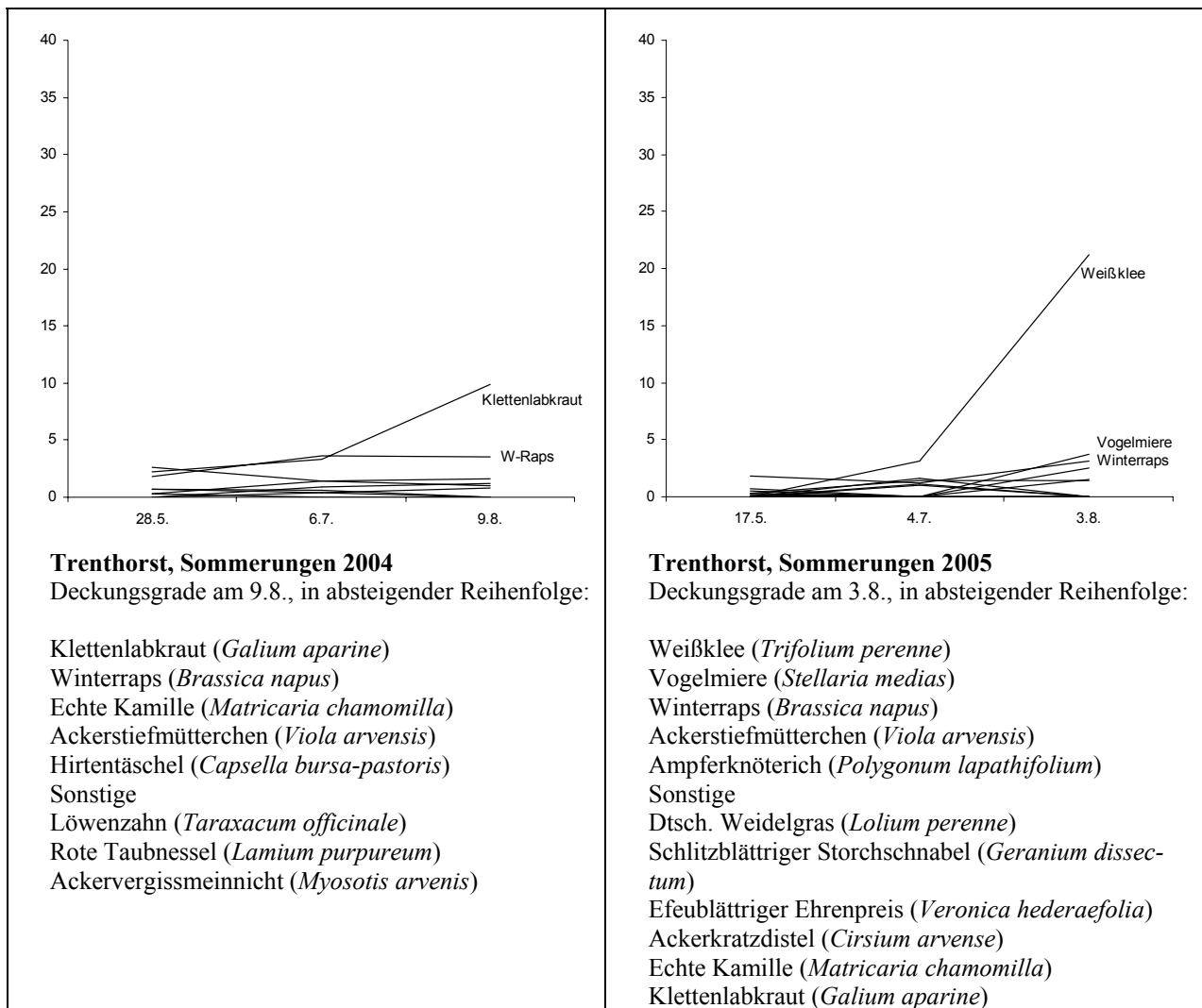


Abb. 2: Mittlerer Deckungsgrad [%] der vorkommenden Begleitflora in den Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen, Trenthorst 2004 und 2005, Sommerungen

In Trenthorst entwickelte sich im Versuchsjahr 2005 ein geschlossener Weißkleebestand unter den Kulturen. Jedoch war dieser unter Getreide, Senf und Erbsen weniger stark ausgeprägt als unter den anderen Kulturen. In Trenthorst mussten der Winterrapsdurchwuchs und die Ackerkratzdistel im Sinne einer ordnungsgemäßen Versuchs-

durchführung mit der Hand reguliert werden. Bei den in Abbildung 2 angegebenen Daten ist dies zu berücksichtigen. Insgesamt wies der Standort Trenthorst in beiden Versuchsjahren nur eine geringe bis mäßige Verunkrautung auf.

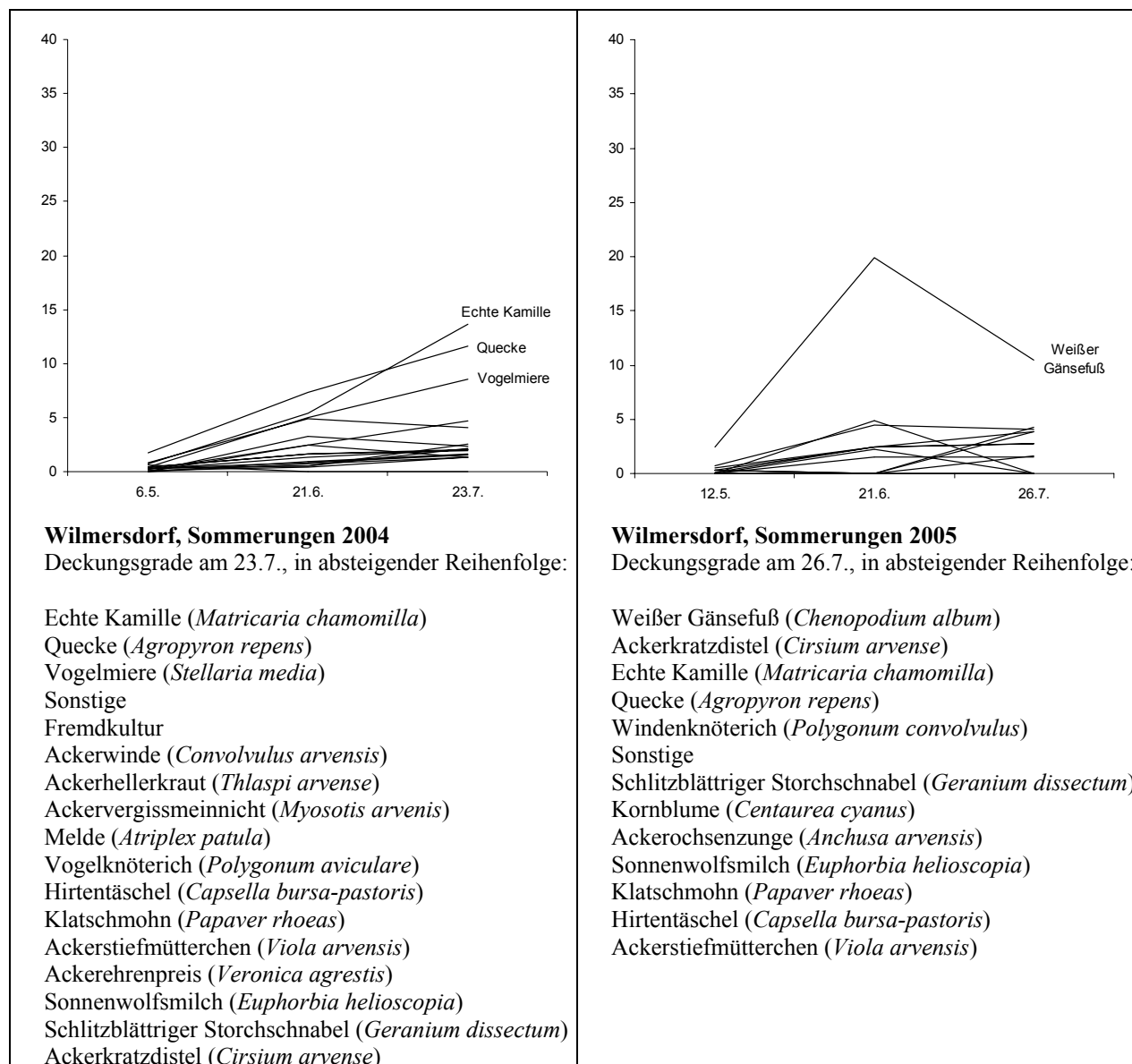


Abb. 3: Mittlerer Deckungsgrad [%] der vorkommenden Begleitflora in den Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen, Wilmersdorf 2004 und 2005, Sommerungen

Auf dem trockeneren, leichteren Standort Wilmersdorf trat in beiden Jahren eine vielfältige Ackerbegleitflora auf, die in der Summe hohe Deckungsgrade verursachte (Abb. 3). In den Kulturarten mit geringerem Unkrautunterdrückungsvermögen war die Verunkrautung zur Ernte sehr stark. Nur Sommerweizen, Senf und Leindotter und bei guter Bestandesetablierung auch die Erbsen (2005) wiesen eine deutlich geringere Verunkrautung auf (Tab. 1). Dominante Arten zur Ernte waren 2004 Echte Kamille, Quecke und Vogelmiere. Aber auch die anderen Ar-

ten waren zur Ernte noch vorhanden. 2005 war die Verunkrautung zur Ernte überwiegend durch weißen Gänsefuß, Ackerkratzdistel, echte Kamille und Quecke bestimmt. Insgesamt war die Verunkrautung in Wilmersdorf als stark einzustufen.

In Pfaffenhofen kam es 2004 zu extremer Verunkrautung des gesamten Versuches mit echter Kamille. Es wurden im Mittel aller Varianten mehr als 100 Pflanzen m^{-2} Kamille und ca. 350 Pflanzen m^{-2} anderer Arten gezählt (Abb. 4). Zur Ernte war die Unkrautbedeckung überwiegend durch die Kamille bestimmt. Nur der Sommerweizen konnte die Unkräuter effektiv unterdrücken. Die

Reinsaatparzellen wiesen zum zweiten Boniturtermin nur Unkrautdeckungsgrade von 12 % auf (Tab. 1). Senf und auch die Erbsen konnten sich etwas besser durchsetzen als die übrigen Kulturen. Sommerraps und Saflor wurden 2004 stark vom Rapserdflor befallen und etablierten sich dadurch von vornherein nur in geringem Maße.

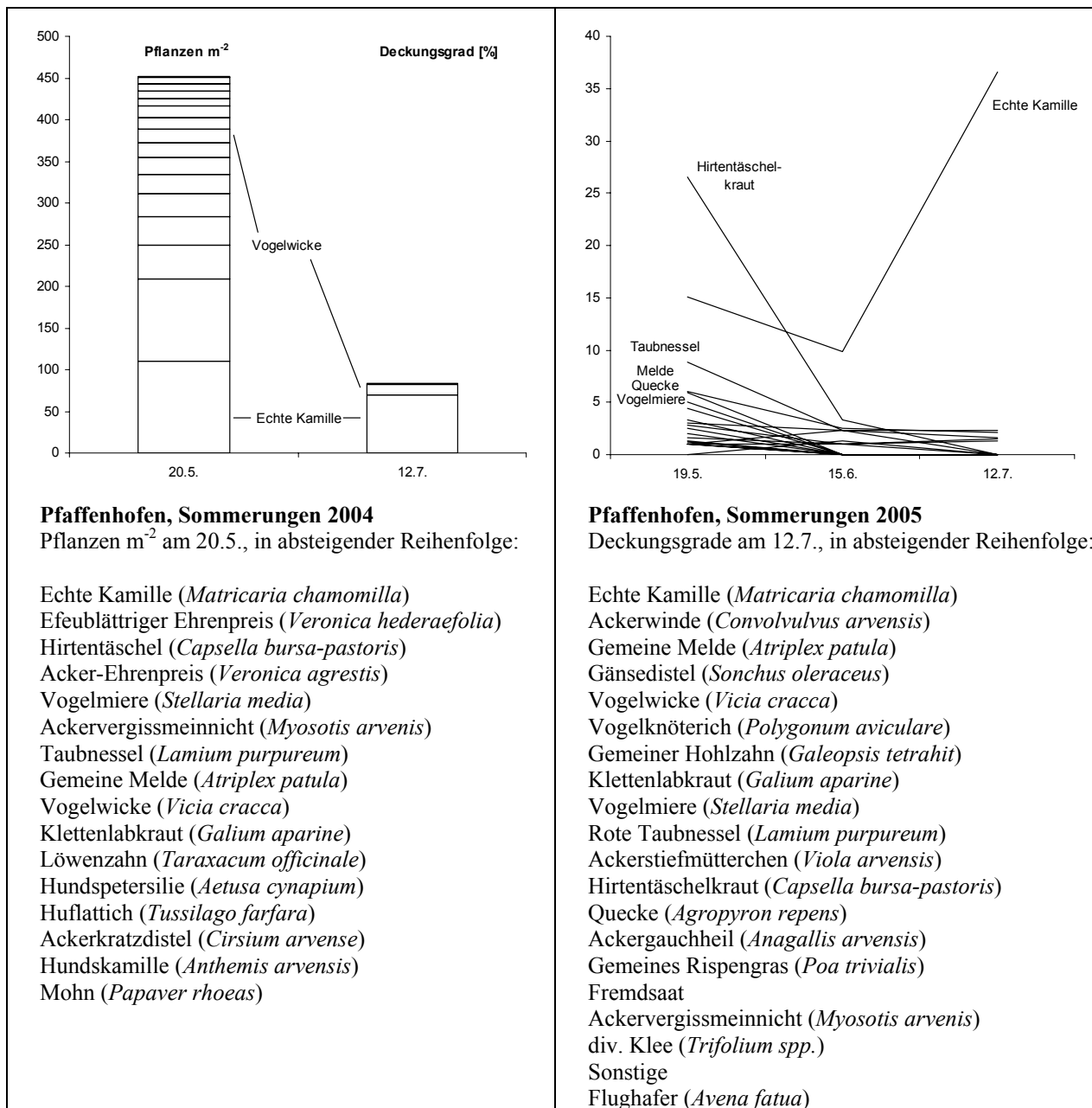


Abb. 4: Mittlerer Deckungsgrad [%] der vorkommenden Begleitflora in den Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen, Pfaffenhofen 2004 und 2005, sowie Pflanzenzahlen m^{-2} in 2004, Sommerungen

2005 war von Beginn an eine starke Verunkrautung mit Hirtentäschelkraut und echter Kamille sowie eine vielfältige Mischverunkrautung überwiegend niedrig wachsender Arten zu verzeichnen (Abb. 4). Ab dem zweiten Boniturtermin wurden die Unkrautdeckungsgrade dann von der Kamille bestimmt. Bei den Reinsaaten (Tab. 1) wiesen die Öllein-, Lupinen- und Sommerrapspartellen sehr hohe Unkrautdeckungsgrade auf. Erbsen, Senf, Saflor und Sommerweizen waren deutlich weniger verunkrautet. Die Unterdrückungsleistung des Leindotters nahm zur Ernte hin verglichen mit dem Saflor ab.

In Gülzow trat in beiden Versuchsjahren in den Sommerungen eine massive Verunkrau-

tung mit Ackerrohsenzunge, in 2004 zusätzlich auch mit Acker-spörgel auf (Abb. 5). Aufgrund der Trockenheit konnten sich in 2004 alle Ölsaaten nur äußerst unzureichend etablieren und entwickeln. Sommerraps und Färberdistel wurden zusätzlich stark vom Rapserrdflor geschädigt. Bei den Reinsaaten wurden in Erbsen und Sommerweizen die geringsten Unkrautdeckungsgrade ermittelt (Tab. 1). In 2005 war die Verunkrautung geringer. Öllein und Sommerraps wurden jedoch aufgrund unzureichender Bestandesentwicklung und starker Verunkrautung nicht beerntet. Auch Erbsen und Saflor waren stark verunkrautet. Senf, Leindotter, Sommerweizen und Lupinen wiesen eine bessere Unkrautunterdrückungsleistung auf (Tab. 1).

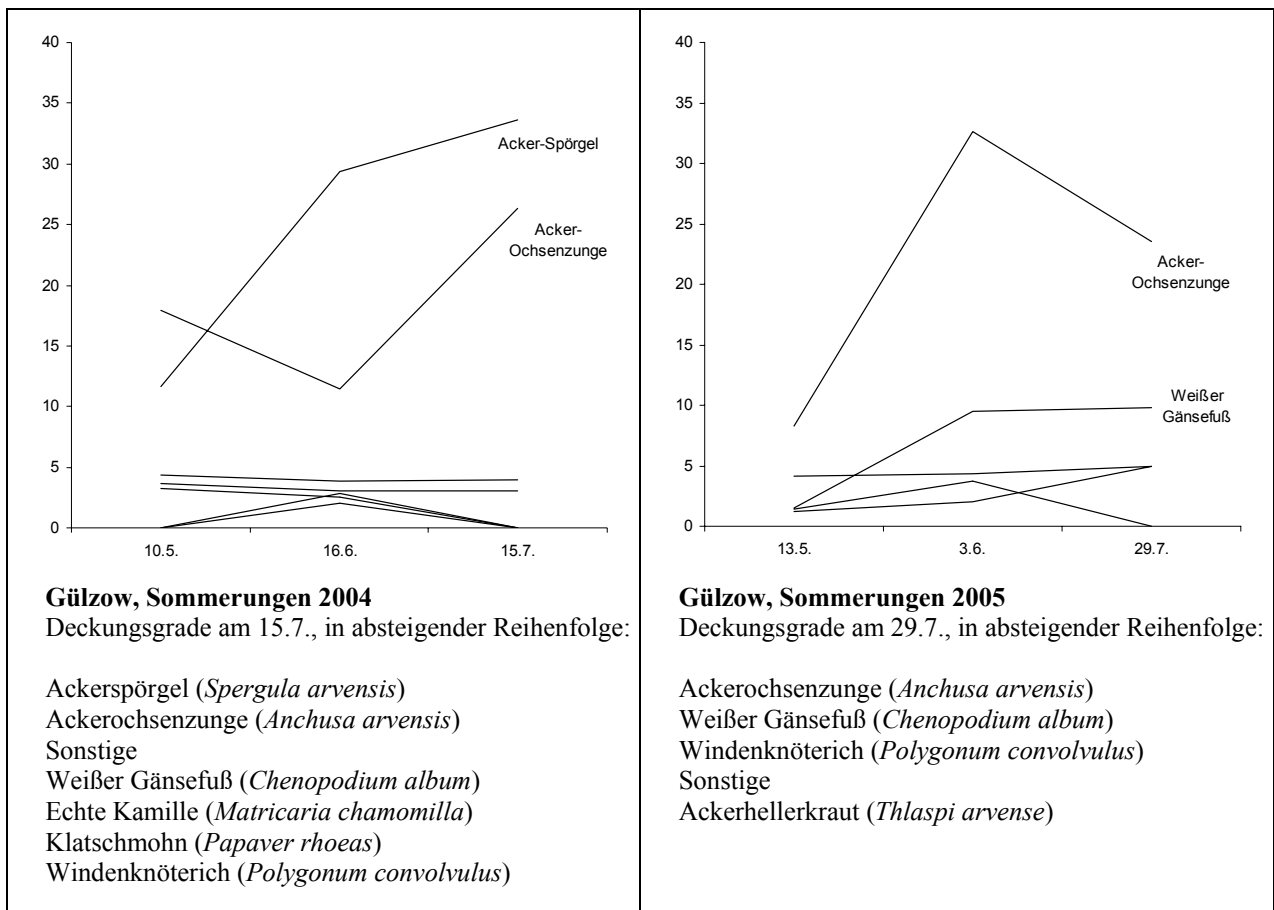


Abb. 5: Mittlerer Deckungsgrad [%] der vorkommenden Begleitflora in den Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen, Gülzow 2004 und 2005, Sommerungen

3.2 Effekte des Mischfruchtanbaus auf die Deckungsgrade der Kulturpflanzen und der Unkräuter

In den Abbildungen 6 - 8 sind die Deckungsgrade der Unkräuter und Kulturpflanzen in den Mischfruchtanbausystemen den Werten der Reinsaatparzellen gegenübergestellt. In den Abbildungen sind die statistisch signifikanten Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Gemengen und der Reinkultur, die Ziel- bzw. Hauptkultur des Mischfruchtanbaus ist, mit den nicht ausgefüllten Symbolen gekennzeichnet.

Solche Zielkulturen wären z. B. Erbse, Öllein oder Winterraps. Beim Mischfruchtanbau dieser Pflanzen mit anderen Kulturen ist das Ziel, den Ertrag dieser Pflanzen zu erhalten oder zu stabilisieren. Beim Erbsenanbau geht es nach dieser Definition darum, möglichst zusätzliche Ölerträge zu erzielen und den Erbsenertrag dadurch nicht zu stark einzuschränken. Beim Öllein kann es zum Beispiel darum gehen, eine Beerntbarkeit und einen Ertrag durch das Mischfruchtanbausystem überhaupt erst möglich zu machen, wenn an dem Standort in Öllein in Reinkultur starke Verunkrautungsprobleme auftreten. Beim Winterrapsanbau könnte die Zieldefinition des Anbausystems sein, das hohe Ertragsrisiko durch den Schädlingsbefall beim Winterraps durch den Mischfruchtanbau zu senken.

3.2.1 Deckungsgrade der Kulturen und der Begleitflora in Mischfruchtanbausystemen von Erbsen oder Lupinen mit Ölsaaten

In Erbsen konnten durch den Mischfruchtanbau mit Leindotter und Senf die Unkrautdeckungsgrade gegenüber der Erbsenreinsaat bis zur Ernte deutlich verringert werden. Die Mischung mit Sommerraps brachte bei den mittleren Werten über alle Standorte keine Verbesserung, da der Sommerraps sich auf den meisten Standorten aufgrund von Schädlingsbefall nur unzureichend etablierte (Abb. 6 oben links). In Trenthorst traten die Schäden am Sommerraps erst durch den Rapsglanzkäferbefall auf, die Sommerrapspflanzen waren dort vegetativ voll entwickelt. Hier wurde der Unkrautdeckungsgrad durch den Mischfruchtanbau mit Sommerraps gegenüber der Erbsenreinsaat ebenfalls vermindert. Die Deckungsgrade der Kulturpflanzen waren in den Mischfruchtanbausystemen von Erbsen mit Leindotter oder Senf (bzw. mit Sommerraps in Trenthorst) ebenfalls erhöht (Abb. 6 oben rechts). Dies erklärt die verbesserte Unkrautunterdrückung der Mischfruchtanbausysteme.

Auch durch den Mischfruchtanbau von Lupinen mit Leindotter oder Saflor konnten gegenüber den Lupinen in Reinsaat eine verbesserte Unkrautunterdrückung und höhere Bestandesdichten der Kulturpflanzen erreicht werden (Abb. 6 unten). Allerdings fällt hier auf, dass der Saflor (FD) durch seine relativ langsame Etablierung und Jugendentwicklung, verglichen mit dem Leindotter, die Unkrautunterdrückungsleistung erst später erbringt.

Auch gegenüber den Ölfrüchten in Reinsaat brachten die Mischfruchtanbausysteme mit Erbsen und Lupinen hinsichtlich der Unkrautunterdrückung Vorteile.

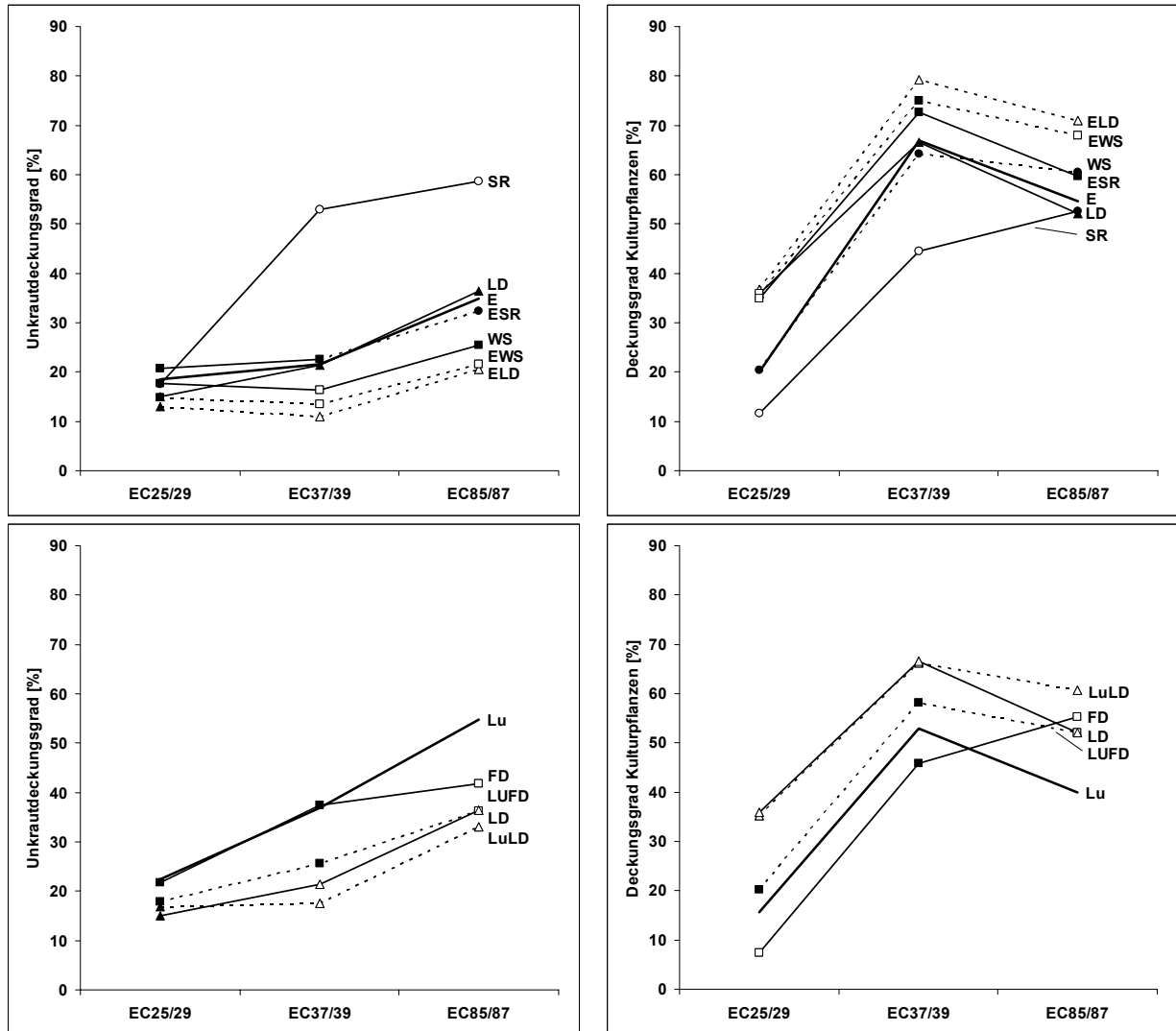


Abb. 6: Deckungsgrad des Unkrautes (links) und der Kulturpflanzen (rechts) beim Anbau von Erbsen (oben) bzw. Lupinen (unten) im Mischfruchtanbau mit verschiedenen Ölpflanzen sowie von deren Reinsaaten. Mittelwerte aus Trenthorst, Wilmersdorf und Gülzow aus 2004 und 2005 sowie aus Pfaffenhofen 2005 (nur bei Unkrautdeckungsgrad).

Die Datenpunkte, die mit nicht ausgefüllten Symbolen gekennzeichnet sind, unterscheiden sich statistisch signifikant ($P < 0,05$) von den Werten der Erbsen bzw der Lupinen in Reinkultur ($LSD_{5\%}$ nach signifikanter ANOVA). E=Erbsen, Lu=Lupinen, SR=Sommerrap, WS=Senf, LD=Leindotter, FD=Saflor

In Trenthorst und Pfaffenhofen wurde zusätzlich die Leindotterbreitsaat in Erbsenbeständen mit 12,5 cm Reihenabstand (ELDbreit) erprobt. Hinsichtlich der Unkrautunterdrückung und des Deckungsgrades brachte das Verfahren gegenüber der Aussaat der beiden Kulturen in alternierenden Reihen keine weiteren Vorteile. In Abbildung 7 sind die Deckungsgrade der Pflanzen für Trenthorst dargestellt. In Pfaffenhofen zeigten die an wenigen Terminen erhobenen Da-

ten den gleichen Effekt. Die Unterschiede waren an diesem Standort jedoch aufgrund der hohen Variabilität der Daten bei dem höheren Verunkrautungs niveau nicht statistisch zu sichern (Tab. 2).

Die Auswirkungen des Saatverfahrens auf die Etablierung des Leindotters und die Ertragsstruktur des Gemenges wurden bereits im Abschnitt zu den Kornträgen der Gemenge besprochen (vgl. dazu den Artikel zu den „Erträgen“ in diesem Band).

Tab. 2: Deckungsgrad des Unkrautes und der Kulturpflanzen beim Reinanbau und beim Mischfruchtanbau von Erbsen (E) und Leindotter (LD) bei verschiedenen Saatverfahren, Mittelwerte aus Pfaffenhofen 2004 und 2005 (Termin 2), Werte aus 2005 (Termin 1 und 3)

	Unkrautdeckungsgrad %			Deckungsgrad Kulturpflanzen EC37/39
	EC25/29	EC37/39	EC85/87	
E	73	42	14	22
ELD	50	28	13	46
ELDbreit	66	15	16	52
n/Variante	4 (2005)	8 (2004/2005)	4 (2005)	4 (2004)

Reihenabstände: Reinsaat 12,5 cm, ELD=Erbsen und Leindotter Reihe für Reihe 12,5 cm, ELDbreit=Breitsaat des Leindotters zwischen die Erbsenreihen 12,5 cm

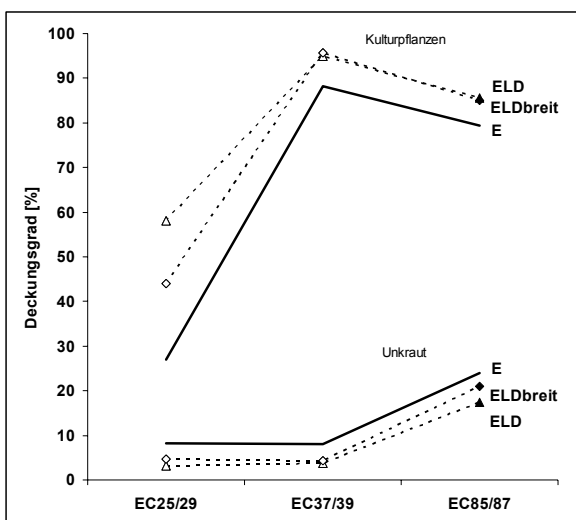


Abb. 7: Deckungsgrad des Unkrautes und der Kulturpflanzen beim Reinanbau und beim Mischfruchtanbau von Erbsen (E) und Leindotter (LD), Mittelwerte aus Trenthorst 2004 und 2005.

Reihenabstände: Reinsaat 12,5 cm, ELD=Erbsen und Leindotter Reihe für Reihe 12,5 cm, ELDbreit=Breitsaat des Leindotters zwischen die Erbsenreihen 12,5 cm

Die Werte, die mit nicht ausgefüllten Symbolen gekennzeichnet sind, unterscheiden sich statistisch signifikant ($P < 0,05$) von den Werten der Erbsen in Reinkultur ($LSD_{5\%}$ nach signifikanter ANOVA).

3.2.2 Deckungsgrade der Kulturen und der Begleitflora in Mischfruchtanbausystemen von Getreide mit Ölsaaten und Öllein mit Leindotter

In den untersuchten Mischfruchtanbausystemen aus Sommerweizen mit Öllein oder Leindotter traten zum Teil höhere Unkrautdeckungsgrade, aber durchgängig geringere Kulturpflanzendeckungsgrade gegenüber dem Sommerweizen in Reinkultur auf (Abb. 8). Gegenüber dem Leindotter und dem Öl-

lein im Reinanbau war der Unkrautdeckungsgrad in den Mischfruchtanbauvarianten mit Sommerweizen jedoch geringer. Leindotter im Reinanbau erreichte ähnliche Kulturpflanzendeckungsgrade wie die Mischungen mit Sommerweizen. Gegenüber dem Öllein in Reinanbau hatten die Gemenge aus Öllein mit Sommerweizen und Öllein mit Leindotter deutlich höhere Kulturpflanzendeckungsgrade und einen deutlich niedrigeren Unkrautdeckungsgrad (Abb. 8 oben). Bei den Mischfruchtanbausystemen mit Winterraps (Abb. 8 unten) konnten in den Mischungen mit Wintergerste und vor allem mit Winterroggen gegenüber dem Raps in Reinsaat geringere Unkrautdeckungsgrade und höhere Deckungsgrade der Kulturpflanzen erzielt werden. Die Wintererbsen waren im Mischfruchtanbau mit Winterraps am Standort Trenthorst gegenüber ihrer Reinsaat schwach entwickelt. Im Mittel der Versuche waren im Mischfruchtanbau mit Wintererbsen höhere Unkrautdeckungsgrade und geringere Deckungsgrade der Kulturpflanzen gegenüber dem Winterraps im Reinanbau zu finden. Wintergetreide wies im Reinanbau die geringste Verunkrautung und die höchsten Deckungsgrade der Kulturpflanzen auf. Die Verunkrautung im Winterraps konnte durch die Mischungen mit Getreide gesenkt werden.

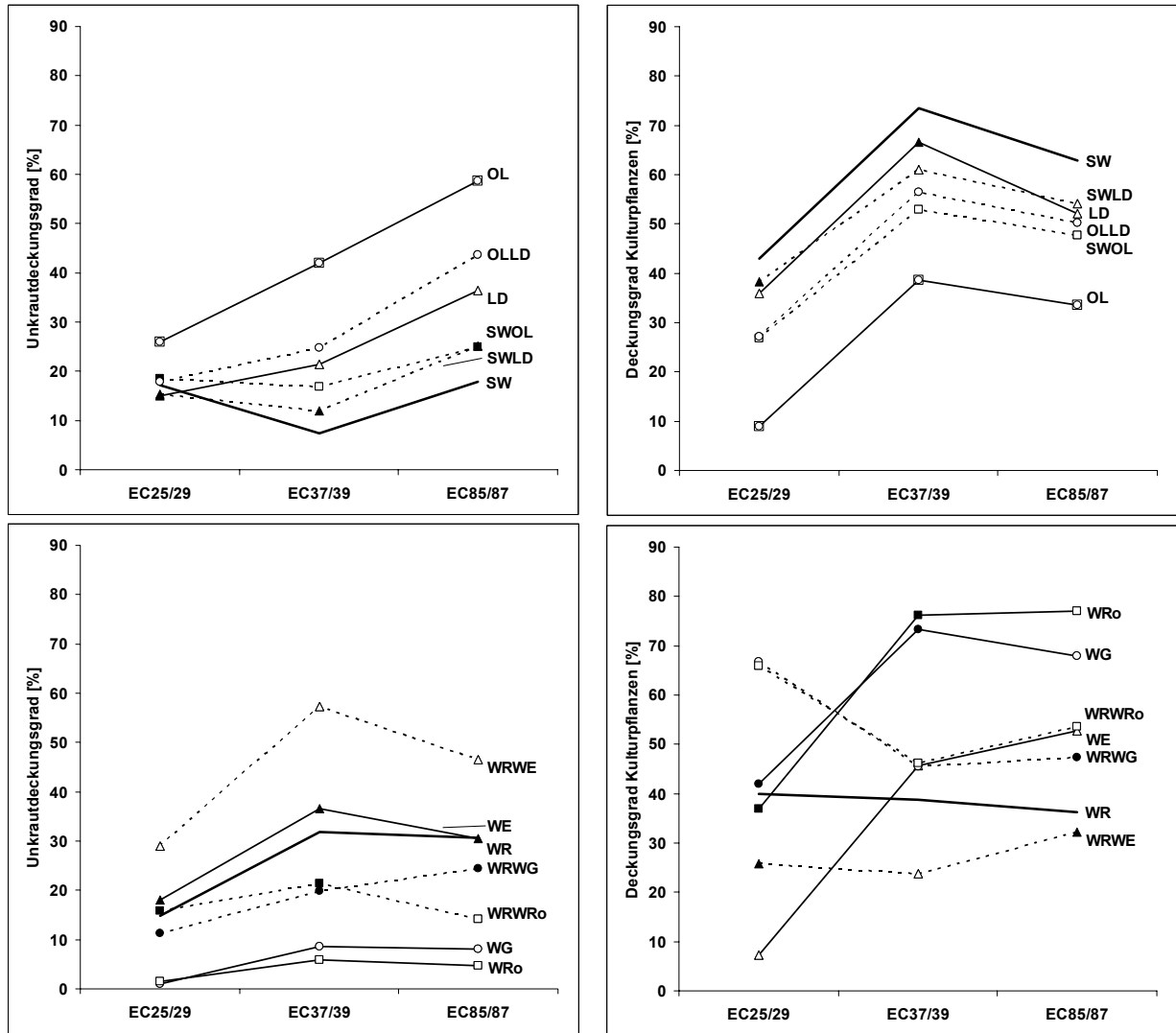


Abb. 8: Oben: Deckungsgrad des Unkrautes (links) und der Kulturpflanzen (rechts) beim Anbau von Sommerweizen (SW), Öllein (OL) und Leindotter (LD) in Reinsaat und im Mischfruchtanbau mit den Ölpflanzen (oben), Mittelwerte aus Trenthorst, Wilmersdorf, Gülzow aus 2004 und 2005 sowie aus Pfaffenhofen 2005 (nur bei Unkrautdeckungsgrad).

Unten: Deckungsgrad des Unkrautes und der Kulturpflanzen beim Anbau von Winterraps (WR), Wintergerste (WG), Winterroggen (WRo) und Wintererbsen (WE) in Reinsaat sowie im Mischfruchtanbau von Wintererbsen mit den anderen Kulturen, Mittelwerte aus Trenthorst, Wilmersdorf und Gülzow 2005.

Die Werte, die mit nicht ausgefüllten Symbolen gekennzeichnet sind, unterscheiden sich statistisch signifikant ($P < 0,05$) von den Werten der Reinkulturen Sommerweizen, Öllein (Vergleich mit OLLD) bzw. Winterraps ($LSD_{5\%}$ nach signifikanter ANOVA).

3.3 Blattflächenindices der Anbausysteme

Die anhand der Messungen zur Schwächung der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) in den Pflanzenbeständen ermittelten Blattflächenindices der verschiedenen Anbausysteme wurden stark durch die Verunkrautung der Bestände mitbestimmt. Die Werte sind zwar positiv korreliert, bei Betrachtung der Mittelwerte über die Standorte

zeigte sich aber nur in einigen Varianten ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Blattflächenindices und den Boniturergebnissen zu den Deckungsgraden der Kulturpflanzen (Tab. 3). Messungen zur Minderung der PAR-Strahlung müssen daher sorgfältig vor dem Hintergrund der Bestandesstruktur eingeordnet werden.

Die Messungen zu den Blattflächenindices am Standort Trenthorst, der nur eine gering-

Tab. 3: Pearsonsche Korrelationskoeffizienten des Zusammenhangs zwischen den Blattflächenindices und den Deckungsgraden der Kulturpflanzen am zweiten Boniturtermin, Standorte Trenthorst, Wilmersdorf und Gülzow 2004 und 2005

E	ELD	ELDb	ESR	EWS	FD	LD	Lu	LuFD	LuLD	OL	OLLD	SR	SW	SWLD	SWOL	WS
0,52	0,54	0,07	0,77	0,48	0,65	0,75	0,47	0,82	0,51	0	0,40	0,58	0,54	0,42	0,70	0,82
**	**	ns	***	*	***	***	*	***	*	ns	ns	*	**	*	***	***

Signifikanzgrenzen: ns = nicht signifikant; * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$

ge Verunkrautung und gleichmäßige Bestände aufwies, bestätigten jedoch die bei den Bonituren gewonnenen Erkenntnisse zu den Deckungsgraden der Sommerkulturen. Die Messwerte zur Minderung der PAR-Strahlung bzw. die Blattflächenindices in den Mischfruchtanbausystemen mit Erbsen und Ölsaaten sind vor allem in den späten Wachstumsstadien höher als die Werte beim reinen Erbsenanbau (Abb. 9 links). Alle Mischfruchtanbausysteme mit Erbsen wiesen höhere Werte auf als die geprüften Ölsaaten

in Reinkultur. Beim Vergleich der Saatverfahren des Erbse-Leindotter-Gemenges weist die Leindotter-Breitsaat in Erbsen (ELDbreit) mit einem Reihenabstand von 12,5 cm von Anfang an höhere Werte auf als die Variante in der die Erbsen im Wechsel mit Leindotter (ELD) gedreht wurden. Als Grund dafür muss die ermittelte höhere Beschattungsleistung der Erbsen in frühen Wachstumsstadien gegenüber dem Leindotter angenommen werden. Bei der Variante Erbsen mit Leindotterbreitsaat sind die Erb-

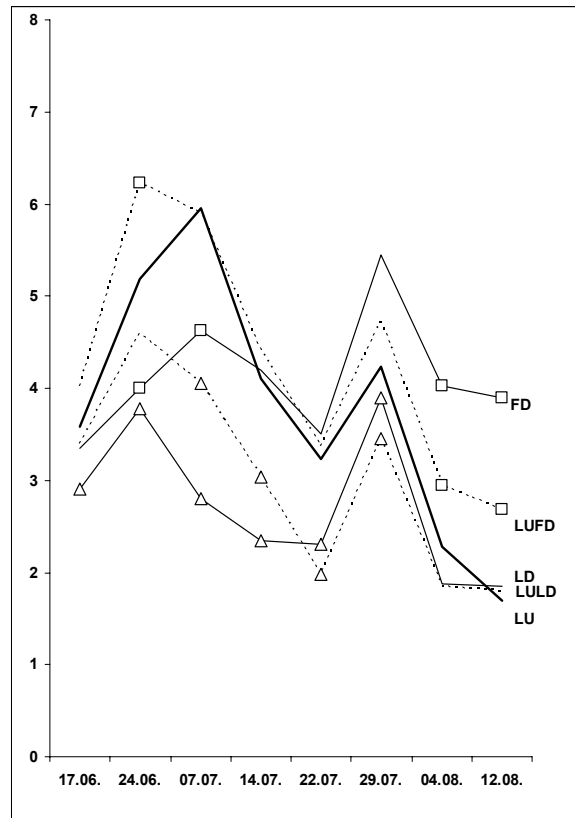
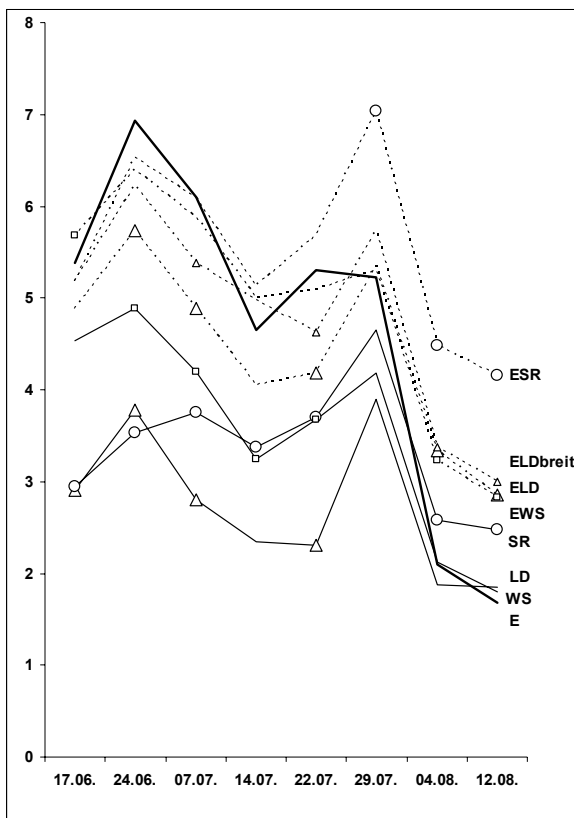


Abb. 9: Blattflächenindices von Erbsen (E) (links) und Lupinen (Lu) (rechts) in Reinsaat sowie im Gemenge mit Ölfrüchten, Mittelwerte aus Trenthorst 2005.

Die Datenpunkte, die mit Symbolen gekennzeichnet sind, unterscheiden sich statistisch signifikant ($P < 0,05$) von den Werten der Erbsen bzw. Lupinen Reinkultur (LSD_{5%} nach signifikanter ANOVA).

LD=Leindotter, WS=Senf, SR= Sommerraps, LDbreit=Leindotter in Breitsaat, FD=Saflor

sen gleichmäßiger über die Fläche verteilt, so dass höhere LAI-Werte erzielt werden.

Das Gemenge aus blauer Lupine und Saflor (FD) wies zu Beginn und zum Ende der Vegetationszeit eine höhere Beschattungsleistung auf als die Lupinen in Reinsaat (Abb. 9 rechts). Das geprüfte Mischfruchtanbausystem aus Lupinen mit Leindotter und auch der Leindotter im Reinanbau erreichten erst zur Ernte ähnliche bzw. höhere Werte für den Blattflächenindex wie die Lupinen im Reinbau. Im Gegensatz dazu steht der im Standortmittel gefundene, verringerte Unkrautdeckungsgrad des Gemenges Lupine-Leindotter gegenüber den Lupinen im Reinbau. Das legt den Schluss nahe, dass Leindotter zwar bei ungleichmäßiger ausgebildeten Lupinenbeständen als Lückenfüller dient und Verunkrautung unterdrückt, aber dies nicht nur der Effekt einer Lichtkonkurrenz, sondern auch der Konkurrenz um andere Wachstumsfaktoren ist.

Die Messungen zur Minderung der PAR-Strahlung beim Mischfruchtanbau von Sommerweizen mit Öllein oder Leindotter zeigen, dass die Beschattung des Sommerweizens durch den Mischfruchtanbau im Saatverfahren Reihe für Reihe tendenziell gesenkt wird (Abb. 10). Dies bestätigen die bei der Bonitur der Deckungsgrade gewonnenen Ergebnisse (Abb. 8 oben). Auch die gegenüber dem Öllein in Reinanbau erhöhten LAI des Mischfruchtanbaus von Öllein mit Leindotter und vor allem von Öllein mit Sommerweizen sind zu den dort gewonnenen Ergebnissen kongruent.

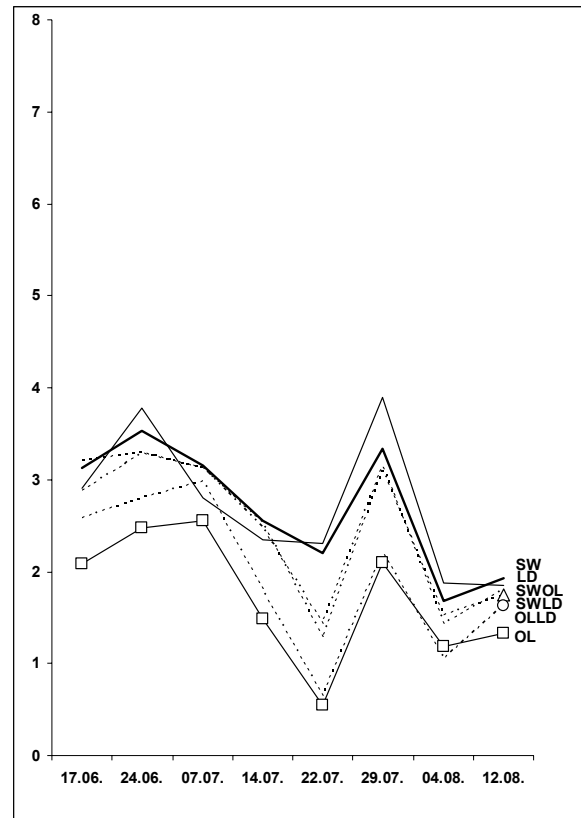


Abb. 10: Blattflächenindices von Sommerweizen (SW) und Öllein (OL) in Reinsaat sowie im Gemenge miteinander oder mit Leindotter(LD), Mittelwerte aus Trenthorst 2005.

Die Datenpunkte, die mit Symbolen gekennzeichnet sind, unterscheiden sich statistisch signifikant ($P < 0,05$) von den Werten des Sommerweizens bzw. des Ölleins (bei OLLD) in Reinkultur ($LSD_{5\%}$ nach signifikanter ANOVA).

3.4 Erfassung der Unkrautbiomasse

Im Jahr 2005 wurde in Pfaffenhofen neben der oberirdischen Biomasse der Kulturpflanzen auch die Unkrautbiomasse erfasst. Der Vergleich des Reinanbaus mit dem Mischfruchtanbau zeigt, dass bei Mischungen die Gesamtbiomasse der Kulturpflanzen im Schnitt der Varianten höher war als in den Reinkulturen (Tab. 4).

Tab. 4: Vergleich der Zusammensetzung des oberirdischen Biomasseaufwuchses in den Misch- und Reinkulturen [dt ha⁻¹ TM], gemittelt über alle Versuchsvarianten, Pfaffenhofen 2005

	Mischkulturen			Reinkulturen		
	Kulturpflanzen	Unkraut	Gesamt	Kulturpflanzen	Unkraut	Gesamt
Mittelwert	59,0	20,9	79,9	42,6	28,5	71,1
Diff: Misch-Reink.	+16,4	-7,6	+8,8			
Stdabw.	17,3	10,3	9,8	24,4	14,8	16,0
VK%	29,3	50,0	12,2	57,2	51,9	22,5

Im Einzelfall kann dies auch umgekehrt sein, wie das Beispiel Sommerweizen zeigt (Abb. 11). Dies hat aber unter anderem seine Ursache in dem weiteren Getreidereißenabstand der Mischkultur im Vergleich zur Reinsaat. Weiterhin wird in dem Vergleich Mischkultur mit Reinkultur deutlich, dass die Unkrautbiomasse in dem Mischfruchtbestand niedriger war (Tab. 4), so dass man von einer verbesserten Konkurrenz der Mischung ausgehen kann.

Eine Bewertung der Anbausysteme unter dem Aspekt der Assimilationsleistung und damit dem Aufbau organischer Substanz auf der Fläche kann durch den Vergleich der Gesamtbiosmassen (Kulturpflanzen + Unkraut) erfolgen (Tab. 4). Hier erreichten die Mischkulturen mit $79,9 \text{ dt ha}^{-1}$ ebenfalls einen höheren Wert. Allerdings war aufgrund des komplementären Aufwuchses die Differenz ($+8,8 \text{ dt ha}^{-1}$) geringer als bei der Gegenüberstellung der Biosmassen der Kulturpflanzen ($+16,4 \text{ dt ha}^{-1}$). Dieser Unterschied ergibt sich vor allem durch die Reinkulturen von weißem Senf und Sommerraps, die im Laufe der Vegetationszeit weitgehend ausgefallen waren (Abb. 11). Es wäre zu hypothetisieren, dass sich die Gesamtbiosmassen

ohne diese Ausfälle nicht unterschieden hätten. Dann wäre davon auszugehen, dass bei solch hohem Potential der Biomassebildung des Unkrautes ohne Unkrautregulierung das Unkraut Lücken weitgehend kompensiert. Auf solchen Flächen könnte ein einheitlicher, typischer und kulturartunabhängiger Gesamtbiosmassenaufwuchs erwartet werden. Die relativ einheitliche Biomassebildung bei den geprüften Anbauvarianten mit Sommerweizen stützt diese These (Abb. 12)

Unter dem Aspekt der Sicherheit der Kulturführung ist noch von Bedeutung, wie stark die Streuung bei den untersuchten Parametern ist. Es zeigt sich, dass der Variationskoeffizient der Unkrautbiomasse in beiden Kulturverfahren mit ca. 50 % annähernd gleich ist (Tab. 4). Bei der Biomasse der Kulturpflanze im Reinanbau ist er mit 57 % deutlich höher als bei der Biomasse der Kulturpflanzen im Mischfruchtanbau mit 29,3 %. Innerhalb und beim Vergleich von Reinkulturen bestehen also deutlich größere Schwankungen im Wachstum als bei Mischfruchtanbausystemen. Dort sind Schwankungen bei der Gesamtbiosmasse deutlich gering-

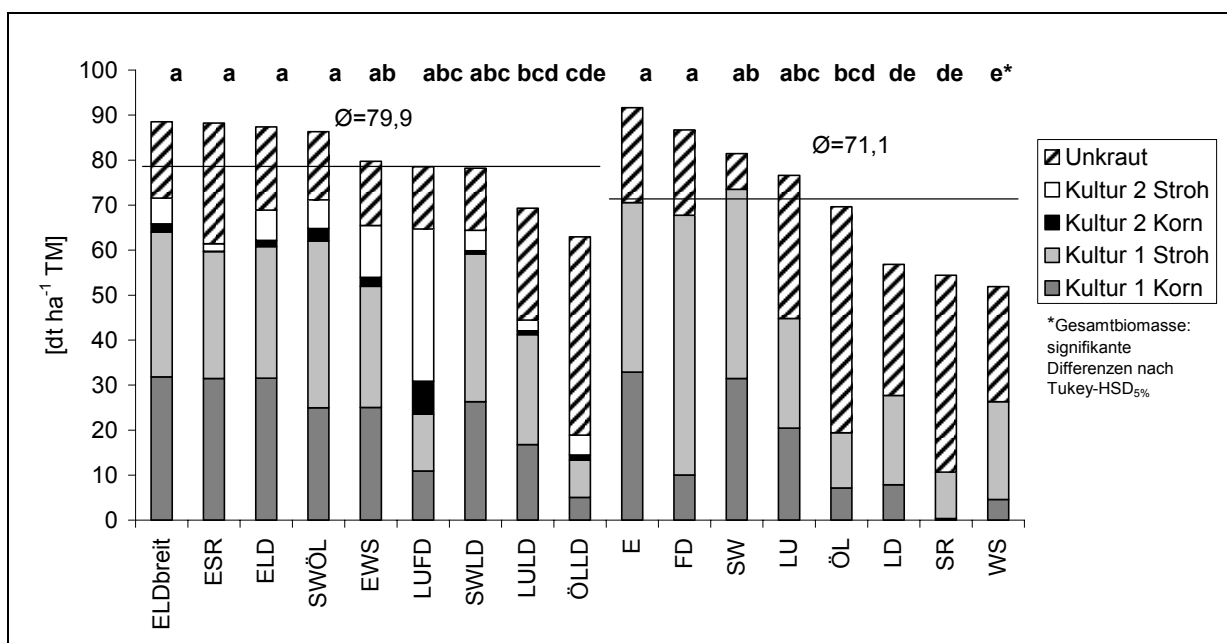


Abb. 11: Anteile von Korn und Stroh der Kulturpflanzen sowie des Unkrauts an der gesamten oberirdischen Biomasse in den Misch- und Reinkulturen, Pfaffenhofen 2005

ger. Das zeigt wiederum, dass ein Gesamtbestand an Pflanzen sich sehr viel mehr ähnelt als die Kulturpflanzen untereinander.

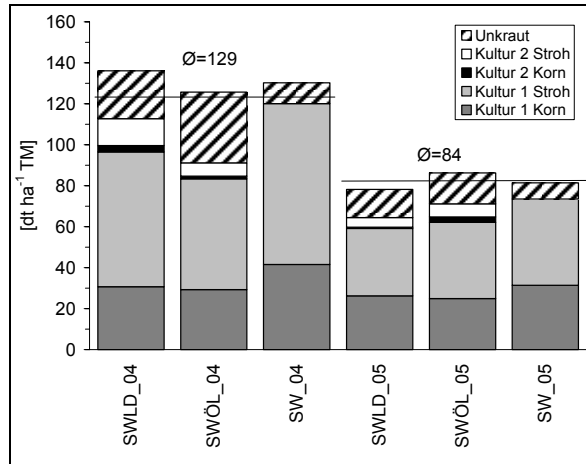


Abb. 12: Zusammensetzung des Biomasseaufwuchses in Sommerweizen in Misch- und Reinkultur, Pfaffenhofen 2004 und 2005

Der Vergleich der Biomasse der Anbausysteme mit Sommerweizen über die beiden Versuchsjahre macht deutlich, dass Jahr und Standort im Endeffekt über die Gesamtaufwuchsleistung entscheiden und die Anteile der Kulturen wohl eher vom Einzelmanagement abhängen (Abb. 12).

4 Diskussion

Festzuhalten bleibt, dass die Unkrautunterdrückung in den Zielkulturen aller untersuchten Mischfruchtanbausysteme gegenüber den Reinsaaten messbar verbessert werden konnte. Dies war bereits mit dem in den Versuchen angewandten Saatverfahren mit alternierenden Reihen der Hauptkulturen mit den Ölpflanzen möglich. Die Ergebnisse zum LAI beim Saatverfahren Erbse mit Leindotterbreitsaat, in dem die Erbsen mit der vollen Reihenzahl gedrillt wurden, zeigen, dass durch eine gleichmäßigere Sattgutverteilung und verbesserte Standraumausnutzung die Unkrautunterdrückung noch weiter verbessert werden kann. Welches Saatverfahren verwendet wird, muss jedoch vor dem Hintergrund anderer pflanzenbaulicher Aspekte und des spezifischen Wachstumsver-

laufs sowie der Konkurrenzbeziehungen der gemischten Kulturarten bedacht werden.

5 Literatur

Hack H, Bleiholder H, Buhr L, Meirer U, Schnock-Fricke U, Weber E, Witzemberger A (1992) Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyledoner Pflanzen -Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein-. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 44 (12):265-270

Saucke H, Ackermann K (2005) Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa*). Weed Research 46:453-461.

Szumigalski A, van Acker R (2005) Weed suppression and crop production in annual intercrops. Weed Science 53:813-825.

Schädlingsbefall an Raps in Rein- und Mischfruchtanbau im ökologischen Landbau

Insect pest infestation of oilseed rape in organic sole and mixed cropping systems

BERND ULBER¹ und STEFAN KÜHNE²

Zusammenfassung

Schädlingsauftreten und –befall in Raps in Rein- und Mischfruchtanbau wurden an vier Versuchsstandorten durch Gelbschalenfänge, Klopfproben und die Sektion von Pflanzen und Blüten bestimmt. Zudem wurde an zwei Standorten die Parasitierung der Schadinsekten erfasst.

In der Mehrzahl der Versuche führte der Mischfruchtanbau nicht zur Reduzierung des Schädlingsbefalls. Nur bei Mischfruchtanbau von Raps mit Getreide zeigte sich eine schwache Tendenz für eine Abnahme der Trieb- und Knospenschädlinge. Ein positiver Einfluss des Mischfruchtanbaus auf die Parasitierung der Schädlingslarven war nur in Einzelversuchen festzustellen. Für die Ableitung gesicherter Empfehlungen sind noch weitere Untersuchungen notwendig. Die Erhebungen zeigten deutlich, dass neben dem Großen Rapsstängelrüssler und dem Gefleckten Kohltriebrüssler Rapsglanzkäfer ein bedeutendes Problem im ökologischen Landbau sind und unbedingt praxistaugliche Verfahren zur Senkung des Schädlingsbefalls benötigt werden.

Schlüsselworte: Raps, Schädlingsbefall, Parasitoide, Mischfruchtanbau, ökologischer Landbau

Abstract

The incidence and abundance of pest insects were investigated in organic oilseed rape in pure stands and in mixed cropping systems of oilseed rape with cereals or with legumes. Insects caught in yellow water traps and numbers of insects in stems, flowers and pods were evaluated. Additionally, the identity and level of parasitism of pest larvae by hymenopterus parasitoids were determined at

some locations.

Only a weak tendency of a reduction of stem and bud pests on oilseed rape in mixed cropping with cereals could be observed. In most experiments, mixed cropping did not significantly reduce insect infestations. In some experiments the level of parasitism of pest larvae was increased in mixed cropping systems. Additional studies are necessary for conclusive recommendations. The investigation showed clearly that in addition to rape stem weevil (*Ceutorhynchus napi*) and cabbage stem weevil (*C. pallidactylus*), the pollen beetle (*Meligethes* spp.) is an important problem in organic farming. Appropriate management techniques for the reduction of pest infestation need to be developed.

Keywords: oilseed rape, insect pests, parasitoids, mixed cropping, organic farming

1 Einleitung

Der Raps wird von einer großen Zahl von Schadinsektenarten befallen, die eines der Haupthindernisse für eine stärkere Einbeziehung des Rapsanbaus in den ökologischen Landbau darstellen. Bei hoher Befallsdichte können die Schädlinge regional zu Ertragsminderungen von weit über 50 % führen. Zu den wichtigsten Arten zählen der Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala*), der Große Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi*), der Gefleckte Kohltriebrüssler (*C. pallidactylus*), der Rapsglanzkäfer (*Meligethes* spp.), der Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis*) und die Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae*). Während der Rapserrdfloh durch Fraß an Blättern und Trieben von Winterraps im Herbst und Winter nur periodisch von Bedeutung ist, können der Rapsstängelrüssler und Kohltriebrüssler

¹Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Entomologische Abteilung, Universität Göttingen

²Institut für integrierten Pflanzenschutz, Biologische Bundesanstalt, Kleinmachnow

im Frühjahr durch ihren Minierfraß in den Rapstrieben und -blättern gravierende Ernteverluste verursachen. Der Rapsglanzkäfer verursacht durch die Schädigung der Knospen seit einigen Jahren wieder Ertragsverluste im Rapsanbau. Bedingt durch zunehmende Resistenz der Käfer gegenüber synthetischen Pyrethroiden und damit geringen Regulierungserfolgen im konventionellen Landbau ist das Schadaufreten im ökologischen Landbau in den letzten zwei Jahren stark angestiegen. Die Regulierung des Rapsstängel- und Kohltriebrüsslers sowie des Rapsglanzkäfers nimmt daher für den ökologischen Winterrapsanbau eine Schlüsselposition ein.

Zur Regulierung des Schädlingsauftretens könnten unter anderem Mischfruchtssysteme beitragen, die durch eine größere Heterogenität des Pflanzenbestandes die Wirtsfindung erschweren und gleichzeitig die natürliche Schädlingskontrolle durch Antagonisten fördern (HORN 2000). Derartige Effekte des Mischfruchtanbaus wurden vor allem bei spezialisierten Schädlingen beobachtet, zu denen auch die wichtigen Schadinsekten an Raps gehören. Ziel der Untersuchungen war, das Auftreten und die Befallsstärke der bedeutendsten Rapsschädlinge im Reinanbau und Mischfruchtanbau von Raps mit Getreide oder Leguminosen an den verschiedenen Standorten vergleichend zu erfassen sowie den Einfluss des Mischfruchtanbaus auf die Parasitierung der Schädlinge zu bestimmen.

2 Material und Methoden

2.1 Erfassung des Schädlingsauftretens

Zur Überwachung des Zufluges und der Aktivitätsdichte im Bestand wurden an den Versuchsstandorten jeweils zwei Gelbschalen eines einheitlichen Typs (26 x 32 cm) im Winter- und Sommerraps aufgestellt. Die zur Hälfte mit einer Fangflüssigkeit (Wasser und einige Tropfen Entspannungsmittel) gefüllten Schalen wurden zunächst am Boden aufgestellt und später jeweils der Höhe des Bestandes angepasst. Sie wurden von der 12. bis 31. Kalenderwoche jeweils

am Abstand von 3-4 Tagen (Montag und Donnerstag) geleert (Abb. 1).



Abb. 1: Gelbschale am Versuchsstandort Trenthorst

An den einzelnen Leerungsterminen wurden der Rapsstängelrüssler, Kohltriebrüssler, Kohlschotenrüssler und Rapsglanzkäfer sortiert und gezählt.

Der Befall der Rapspflanzen mit dem Rapsglanzkäfer wurde weiterhin mit Hilfe von Klopfproben vergleichend untersucht. Hierzu wurden die Käfer an drei bis vier Terminen (Knospenstadium - Blüte) von 25 Blütenständen pro Parzelle (5 Haupttriebe an jeweils 5 Boniturstellen) abgeschüttelt und gezählt (Abb. 2). Die Erfassung des Larvenbefalls des Rapsglanzkäfers erfolgte gegen Ende der Rapsblüte in 25 Blütenständen, die zufallsverteilt aus jeder Parzelle entnommen und im Labor untersucht wurden.

Für die Befallsermittlung mit Larven des Rapsstängelrüsslers, Kohltriebrüsslers und Rapsdelflohs wurden etwa Mitte der Rapsblüte 15 Rapspflanzen pro Parzelle dicht über dem Boden abgeschnitten. Die Pflanzenproben wurden später im Labor durch Pflanzensektion untersucht. Dabei wurden die Larven aus Haupt- und Seitentrieben sowie aus den Blattstielen entnommen und bestimmt.



Abb. 2: Rapsglanzkäfer an den Blütenknospen, Wilmersdorf 2005

2.2 Bestimmung der Parasitierung der Schädlinglarven

Weiterhin wurde der Einfluss von Rein- und Mischfruchtanbau von Raps in ausgewählten Versuchen auf die Höhe der Parasitierung der Larven des Rapsglanzkäfers, Kohltriebrüsslers und Rapserrdflohs bestimmt. Dazu wurden die in den Pflanzen gefundenen Schädlinglarven zunächst im Labor in 70%igem Ethanol konserviert und später zum Nachweis von Parasitoideneiern bzw. -larven unter einem Binokular aufpräpariert. Zur Artbestimmung der Parasitoiden wurde ein Teil der Schädlinglarven im Labor weitergezüchtet, so dass die sich aus den parasitierten Wirtslarven entwickelnden adulten Schlupfwespen bestimmt werden konnten.

3 Ergebnisse

Die Übersicht in Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Verlauf des Auftretens der verschiedenen Schädlingarten im Rapsanbau. Es wird deutlich, dass im Verlauf des Frühjahrs und Sommers alle Entwicklungsstadien der Pflanze angegriffen werden. Dabei werden nacheinander die unterschiedlichen Pflanzenorgane von Blatt, Stängel, Blütenknospe bis hin zur Schote befallen.

Mit dem Beginn der Vegetationsperiode verlassen der Große Rapsstängelrüssler, Gefleckte Kohltriebrüssler und Rapsglanzkäfer ihre Winterlager und wandern in die Winte-

rapsbestände ein. Während die Rapsglanzkäfer auf die Knospenbildung im Raps warten und zuerst Pollennahrung auch aus anderen Frühblühern aufnehmen, beginnen die Rapsstängel- und Kohltriebrüssler schon früh mit der Eiablage. Die Einwanderung der Rapsglanzkäfer in die Rapsfelder und die Schädigung der Blütenknospen beginnt in den meisten Jahren im April. Gegen Ende April erscheinen die ersten Kohlschotenrüssler in den Rapsbeständen. Mit Beginn der Schotenbildung legen sie in der Regel ein Ei in die Schote ab. Durch die dabei entstehenden Wunden in der Schotenwand kann die Kohlschotenmücke anschließend bis zu 30 Eier pro Schote in diese Schoten ablegen. Die schlüpfenden Larven saugen an den Samen und an der Schotenwand, was zu einem vorzeitigen Aufplatzen der Schote und damit zum Verlust der Samen führt.

Im Folgenden werden die verschiedenen Schädlinge in ihrer Biologie kurz beschrieben und die Ergebnisse der Fallenfänge und Käferzählungen vorgestellt:

Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyl.)

Der große Rapsstängelrüssler erscheint im März. Ab einer Bodentemperatur von 5-7 °C und einer Lufttemperatur von 9-12 °C erfolgt der Zuflug der 3-4 mm langen, schwarzgrauen Käfer aus den vorjährigen Rapschlägen. Nach einem etwa zweiwöchigen Reifungsfraß erfolgt die Eiablage (ca. 100 Eier/Weibchen) vorzugsweise in die Triebspitzen der Rapspflanzen. Durch den Reiz der Eiablage entstehen Missbildungen des Stängels. Es kommt zu S-förmigen Krümmungen, Stauchungen und zum Aufplatzen der Stängel. Die bis 7 mm langen, weißlichen Larven mit dunkler Kopfkapsel verpuppen sich ab Mitte Juni im Boden in einem Erdkokon. Die Jungkäfer verbleiben noch bis zum nächsten Frühjahr im schützenden Kokon (eine Generation/Jahr).

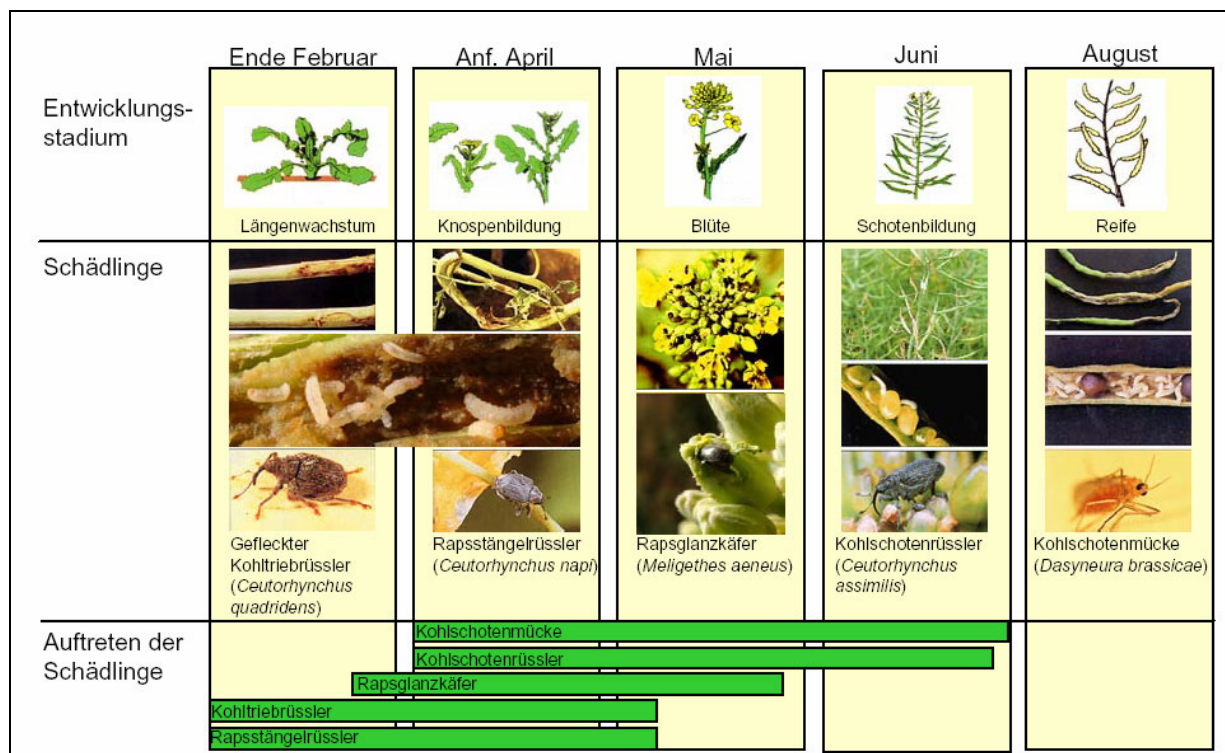


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf des Auftretens der verschiedenen Rapsschädlinge

Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Mrsh.), syn. *C. quadridens* (Panz.))

Der 2,5-3,5 mm lange Käfer erscheint im Frühjahr etwa zeitgleich mit dem Großen Rapsstängelrüssler, wenn an 2 Tagen mindestens an vier Stunden je Tag mehr als 15 °C erreicht werden. Aufgrund seiner vergleichsweise etwas höheren Temperatursprüche kann sich sein Auftreten in manchen Jahren zeitlich verzögern. Nach einem Reifungsfraß erfolgt die Eiablage des Gefleckten Kohltriebrüsslers (ca. 100 Eier/Weibchen) in Gruppen bis zu 6 Eiern vorzugsweise in die Blattstiele oder auch in Stängel. Die Larven schlüpfen nach 5-6 Tagen und fressen in Blattmittelrippen, -stielen und Trieben. Beim Durchschneiden befallener Pflanzenteile lassen sich im Stängelmark die unregelmäßigen, durch Kot braun verfärbten Fraßgänge und Larven finden, welche von denen des Großen Rapsstängelrüsslers kaum zu unterscheiden sind. Nach Verlassen der Rapsstängelrüssler im Bodenschlupfen die Jungkäfer 3-4 Wochen später und suchen dann sehr bald ihre Winterquar-

tiere in Saumbiotopen auf (eine Generation/Jahr).

Abbildung 4 zeigt das Erstauftreten der beiden Rüsselkäferarten an den verschiedenen Versuchsstandorten und Jahren. Es wird deutlich, dass das Erstauftreten an den nördlichen, kühleren Standorten Trenthorst und Gülzow um eine Woche später erfolgen kann als an den südlicher gelegenen Standorten Pfaffenhofen und Wilmersdorf.

Der Gefleckte Kohltriebrüssler ist mit Ausnahme von Trenthorst und Wilmersdorf im Jahr 2005 zeitgleich oder später als der Große Rapsstängelrüssler in die Bestände eingeflogen.

Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* (F.))

Der Zuflug der 1,5-2,7 mm großen Käfer aus den Winterquartieren (Waldränder, Gebüsche) erfolgt bei einer Bodentemperatur ab 10 °C und einer Lufttemperatur ab 15 °C. Bei dem Pollenfraß der Käfer werden die Fruchtanlagen in den Knospen verletzt, es kommt zum Vergilben und Abfallen einzelner Knospen, so dass lückige Schotenstände

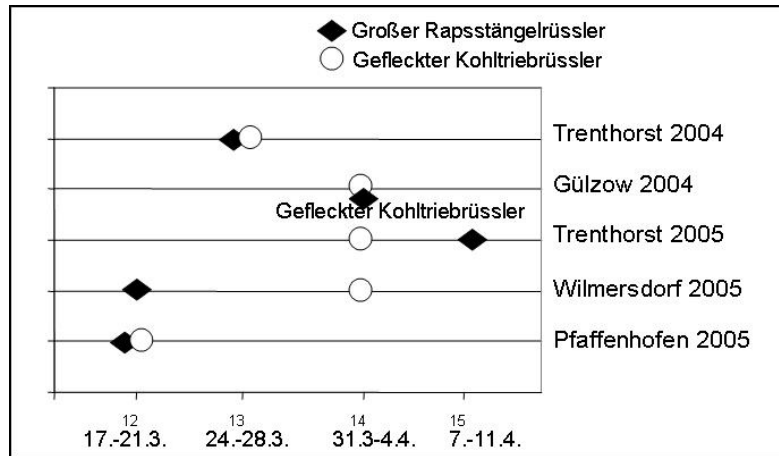


Abb. 4: Erstauftreten des Großen Rapsstängelrüsslers (*Ceutorhynchus napi*) und Gefleckten Kohltriebrüsslers (*Ceutorhynchus pallidactylus*) an den Versuchsstandorten und Jahren

gebildet werden. Starker Befall kann auch zum Totalverlust der Schoten führen. Nach dem Reifungsfraß der Weibchen erfolgt die Eiablage (etwa 200 Eier/Weibchen) in die größeren Knospen. Die Larven schlüpfen nach 4-7 Tagen und ernähren sich in Knospen und Blüten ebenfalls von Pollen. Nach 3-3,5 Wochen verpuppen sich die gelblich-weißen Larven im Boden, die Puppenruhe dauert 10-11 Tage. Die Jungkäfer erscheinen im Juni und können die Sommerrapsbestände schwer schädigen (eine Generation/Jahr). In Abbildung 5 sind die Ergebnisse der Gelbschalenfänge von Ende März bis Ende Juli im Winter- und Sommerraps am Beispiel des Standortes Trenthorst im Jahr 2004 ab-

gebildet. In der Darstellung werden der unterschiedliche Aktivitätsverlauf und das zahlenmäßige Verhältnis der verschiedenen Rapschädlinge zueinander deutlich. Die im Winterraps schlüpfenden und anschließend in den Sommerraps einfliegenden Jungkäfer des Rapsglanzkäfers übersteigen die Aktivitätsdichten der anderen Schädlinge im Sommerraps um ein Vielfaches. Vergleicht man die Spitzenwerte der Aktivität der Rapsglanzkäfer an den verschiedenen Standorten und Jahren im Winter- und Sommerraps, so wird die Bedeutung dieses Schädlings für den Sommerraps besonders deutlich (Abb. 6).

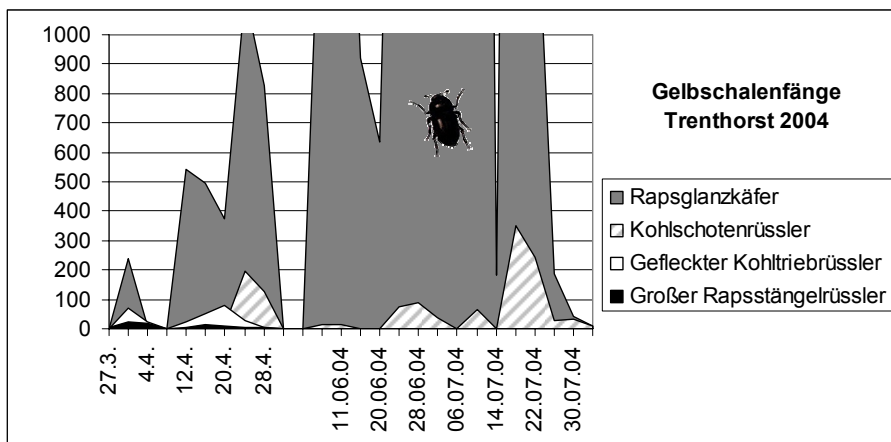


Abb. 5: Gelbschalenfänge der Rapschädlinge am Versuchsstandort Trenthorst im Jahr 2004

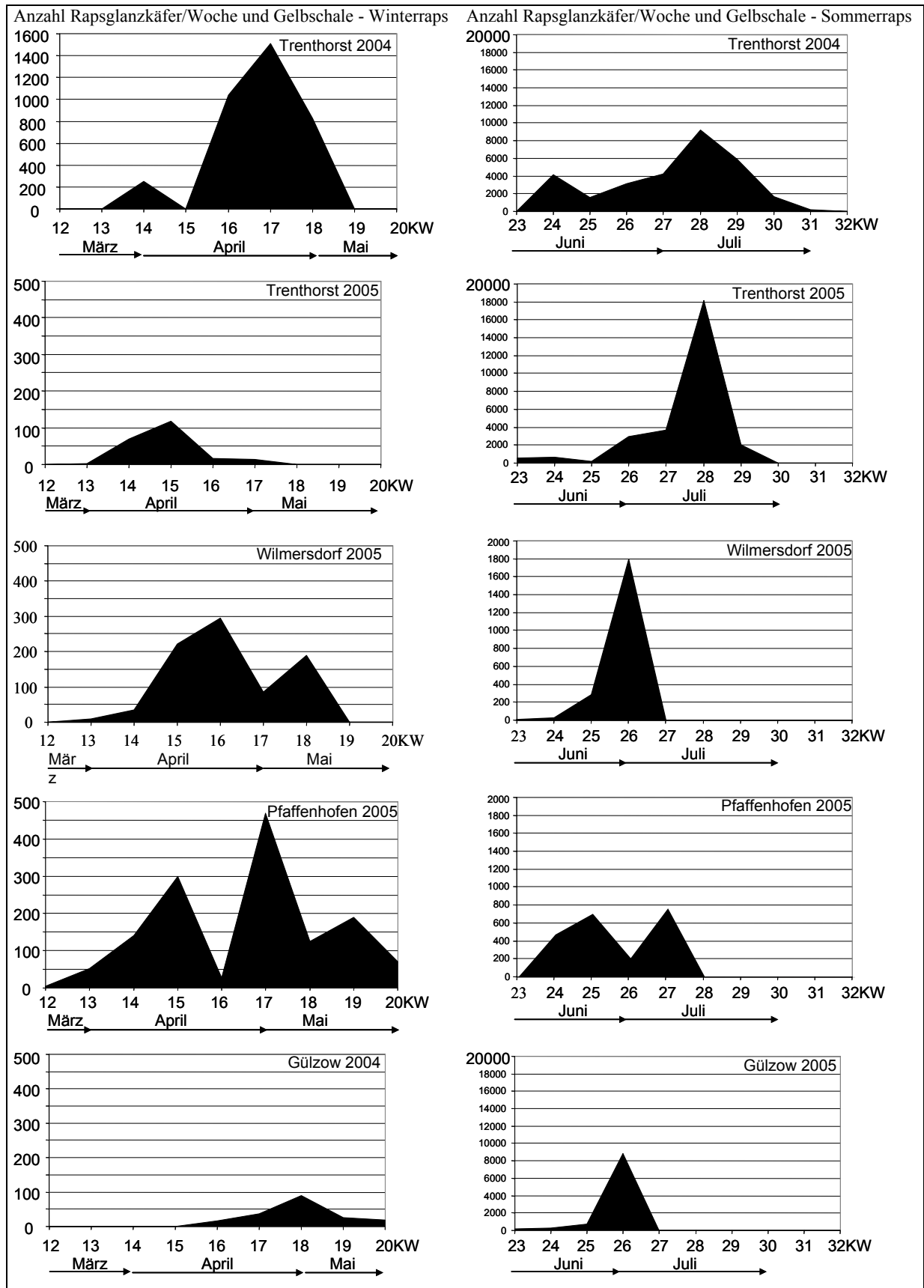


Abb. 6: Aktivitätsdichte (Gelbschalenfänge) des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus*) in Winter- und Sommerappsflächen der Versuchsstandorte und Jahre (die unterschiedliche Skalierung der Ordinate ist zu beachten)

Tab. 1: Rapsglanzkäferbefall (*Meligethes aeneus*) an Winterraps in Reinanbau und Mischfruchtanbau mit anderen Kulturen, April 2004 und 2005 [Käferzahl an 25 Rapspflanzen (Klopfprobe) zu Blühbeginn (T1), zur Mitte der Blüte (T2) und zur Vollblüte (T3)]

Variante	Trenthorst 2004			Trenthorst 2005			Wilmersdorf 2005			Gülzow 2005		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
WRaps	173	261	48	50ab	36	4	55	27	14	36	12	17
WRaps - WGerste	239	233	49	-	-	-	65	32	18	23	9	15
WRaps - WErbsen	222	221	53	78 a	46	3	78	33	16	-	-	-
WRaps - SErbsen	205	238	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WRaps - WRoggen	-	-	-	35 b	53	4	75	31	16	15	6	12
WRaps - WWeizen	214	238	52	39 b	53	2	-	-	-	-	-	-
F-Test	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
GD _{5%} Tukey-HSD	-	-	-	34,6	-	-	-	-	-	-	-	-

nur vereinzelter geringer Befall der Pflanzen mit *C. napi*, *C. pallidactylus* und *C. assimilis*

Während die Spitzenaktivitätswerte in Trenthorst 2004 und Wilmersdorf 2005 im Sommerraps um etwa das siebenfache höher als im Winterraps liegen, übersteigen sie in Gülzow 2004 die Fangzahlen des Winterraps um das 80-fache und in Trenthorst 2005 sogar um das 180-fache.

Vergleicht man die Aktivität der Rapsglanzkäfer im Winterraps zwischen den Standorten, so fällt die hohe Aktivität der Käfer in Trenthorst im Jahr 2004 auf. Im darauffolgenden Jahr waren die Spitzenwerte am gleichen Standort um das 12fache geringer. Im Vergleich zu Wilmersdorf (2005) und Pfaffenhofen (2005) war die Aktivität der Käfer dort sogar am geringsten.

Die extrem hohe Aktivitätsdichte des Rapsglanzkäfers im Winterraps am Standort Trenthorst im Jahr 2004 spiegelt sich auch an den Ergebnissen der Klopfproben in der Anzahl der Altkäfer pro Knospen- und Blütenstand wider (Tab. 1). Mit maximal 261 Käfern pro 25 Blütenständen (Mitte Blüte, T2) war sie um etwa das siebenfache höher als im darauffolgenden Jahr.

3.1 Schädlingbefall an Raps in Rein- und Mischfruchtanbau

Bei Vergleich der Käferzahlen an den Rapspflanzen in der Winterrapsreinsaat und den Mischfruchtparzellen konnte meistens kein signifikanter reduzierender Effekt des Mischfruchtanbaus auf den Rapsglanzkäferbefall festgestellt werden. (Tab. 1). In den Versuchen Trenthorst 2005 und Gülzow

2005 war allerdings am ersten Termin (T1), der für den Schaden relevant ist, im Mischfruchtanbau mit Getreide ein geringerer Befall der Rapspflanzen als in der Reinsaat festzustellen (signifikant nur in Trenthorst 2005 gegenüber Winterraps-Wintererbsen).

Der Befall der Rapspflanzen mit den Larven des Rapsglanzkäfers wies in den Rein- und Mischfruchtparzellen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede auf. In Abb. 7 ist das Ergebnis der Larvenerfassung mit Hilfe von Klopfproben am Beispiel des Standortes Wilmersdorf im Jahr 2005 dargestellt. Die als Folge des Rapsglanzkäferbefalls an den Rapspflanzen auftretenden Schotenverluste (leere Knospenstiele) und die Zahl der ausgebildeten Schoten sind in Tab. 2 dargestellt. Im von Rapsglanzkäfern besonders stark befallenen Versuch Trenthorst im Jahr 2004 konnten die Schotenverluste nicht ermittelt werden. In den anderen Versuchen zeigte sich bei wesentlich geringerem Befallsniveau, dass die Schotenverluste in Rein- und Mischfruchtanbau nur in Gülzow im Jahr 2005 einen signifikanten Unterschied aufwiesen. In den Versuchen in Trenthorst 2005 und Gülzow 2005 war die Gesamtschotenanzahl pro Pflanze außerdem im Mischfruchtanbau von Raps mit Winterroggen signifikant geringer als im Reinanbau. Es ist allerdings fraglich, ob dieser Effekt auf einen stärkeren Fraßschaden des Rapsglanzkäfers im Mischfruchtanbau oder auf andere Ursachen (Konkurrenz zwischen Raps und Roggen) zurückzuführen ist.

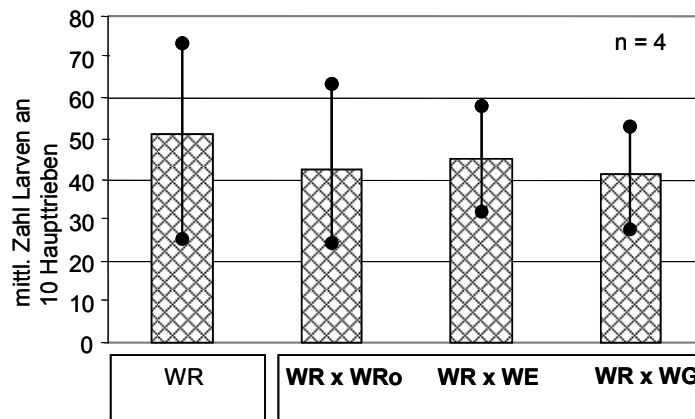


Abb 7: Mittlere Anzahl der Larven des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus*) an jeweils zehn Rapspflanzen (Haupttrieb); Klopffproben Wilmersdorf vom 20.05.2005 (WR: Winterraps, WRo: Winterroggen, WE: Wintererbse, WG: Wintergerste)

Tab. 2: Schotenverlust (Ver) [%] durch Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus*) am Haupttrieb (HT) von Winterraps in Reinanbau und in Mischfruchtanbau mit anderen Kulturen, Juni 2004 und 2005 sowie Anzahl ausgebildeter Schoten an der gesamten Pflanze (Ges) und am Haupttrieb (HT)

Variante	Trenthorst 2004			Trenthorst 2005			Wilmersdorf 2005			Pfaffenhofen 2005			Gülzow 2005		
	Ges	HT	Ver	Ges	HT	Ver	Ges	HT	Ver	Ges	HT	Ver	Ges	HT	Ver
WRaps	498	-	-	865	214	26	272	72	59	183	15	71	567	42	78
WRaps - WGerste	496	-	-	-	-	-	382	93	52	162	13	75	281	65	59
WRaps - WErbsen	567	-	-	868	175	31	461	104	53	209	15	74	-	-	-
WRaps - WRoggen	-	-	-	336	152	29	369	73	62	92	13	71	222	50	65
WRaps - WWeizen	-	-	-	489	176	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-Test	ns	-	-	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
GD _{10%} Tukey-MSD	-	-	-	465	-	-	-	-	-	-	-	-	201	-	10

Der Befall der Rapspflanzen mit den Larven des Rapserdflöhs, Rapsstängelrüsslers und Kohltriebbrüsslers ist für die Standorte Trenthorst 2004 und Pfaffenhofen 2005 in Tab. 3 und 4 dargestellt. Während die Larvenzahl des Rapserdflöhs und des Rapsstängelrüsslers in den Rapsstängeln zwischen Rein- und Mischfruchtanbau keine signifikanten Unterschiede aufwies, wurde die Zahl der Kohltriebbrüsslerlarven im Versuch Trenthorst durch den Mischfruchtanbau mit Wintergerste und Wintererbse gegenüber der Reinsaat signifikant reduziert. Dieser

Effekt ließ sich im Versuch Pfaffenhofen 2005 allerdings nicht reproduzieren, und im Mischfruchtanbau mit Wintererbse zeigte sich sogar ein signifikant höherer Kohltriebbrüsslerbefall als in der Reinsaat. Bei dem Befall der Rapsschoten mit den Larven der Kohlschotenmücke deutete sich in einigen Versuchen an, dass der Winterraps im Mischfruchtanbau mit Getreide eher stärker befallen wird als im Reinanbau (Tab. 5). Dieser Effekt konnte im Versuch Trenthorst 2005 im Mischfruchtanbau mit Winterweizen statistisch gesichert werden. Ein ähn-

Tab. 3: Larvenbefall der Winterrapspflanzen mit Rapserrdflö, Rapsstängelrüssler und Kohltriebrüssler in Rein- und Mischfruchtanbau, Trenthorst 2004

Variante	mittlere Zahl Larven pro Pflanze (\pm SD)		
	Rapserrdflö	Rapsstängelrüssler	Kohltriebbrüssler
WRaps	0,4 \pm 0,1 a	3,2 \pm 0,5 a	6,3 \pm 0,9 a
WRaps - WGerste	0,5 \pm 0,1 a	3,1 \pm 0,9 a	3,2 \pm 0,5 b
WRaps - Wackerbohne	0,4 \pm 0,1 a	3,4 \pm 0,7 a	4,9 \pm 0,5 ab
WRaps - WErbsen	1,0 \pm 0,5 a	3,6 \pm 0,7 a	3,1 \pm 0,2 b
F-Test	ns	ns	*
GD _{5%} Tukey MSD	-	-	-

Tab. 4: Larvenbefall der Winterrapspflanzen mit Rapserrdflö, Rapsstängelrüssler und Kohltriebrüssler in Rein- und Mischfruchtanbau, Pfaffenhofen 2005

Variante	Mittlere Zahl Larven pro Pflanze (\pm SD)		
	Rapserrdflö	Rapsstängelrüssler	Kohltriebbrüssler
WRaps	1,5 \pm 0,4 a	1,8 \pm 0,5 a	9,4 \pm 3,6 a
WRaps - WRoggen	1,2 \pm 0,7 a	0,8 \pm 0,6 a	10,3 \pm 4,4 a
WRaps - WGerste	0,8 \pm 0,3 a	1,2 \pm 0,7 a	12,4 \pm 4,2 a
WRaps - WErbsen	1,5 \pm 0,6 a	1,7 \pm 0,7 a	20,0 \pm 8,7 b
F-Test	ns	ns	*
GD _{5%} Tukey MSD	-	-	-

Tab. 5: Schotenbefall mit der Kohlschotenmücke (KM) (*Dasineura brassicae*) und dem Kohlschotenrüssler (KR) (*Ceutorhynchus assimilis*) von Winterraps in Reinanbau und in Mischfruchtanbau mit anderen Kulturen sowie sichtbare Fraßschäden und Verformungen der Schoten (FV) Juni 2004 und 2005, Angaben in [%]

Variante	Trenthorst 2004			Trenthorst 2005			Wilmersdorf 2005			Pfaffenhofen 2005			Gülzow 2005		
	KM	KR	FV	KM	KR	FV	KM	KR	FV	KM	KR	FV	KM	KR	FV
WRaps	26,5	1,5	6,8	3,3	0,8	4,8	15,5	1,3	13,8	9,8	1,3	4,8	9,3	0,5	6,0
WRaps - WGerste	18,5	2,5	9,5	-	-	-	20,0	2,5	9	13,8	2	5	12,8	1,3	8,3
WRaps - WErbsen	18,8	2	9,0	3,3	0,5	4	16,5	1,3	7,5	8,3	1,3	6	-	-	-
WRaps - WRoggen	-	-	-	6,3	0,8	4,3	19,3	1,0	7,5	11,5	1,0	5,3	8,3	0,5	2,5
WRaps - WWeizen	-	-	-	7,0	0,8	4,3	-	-	--	-	-	-	-	-	-
F-Test	ns	ns	ns	*	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
GD _{10%} Tukey-MSD	-	-	-	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Durchgängiger Befall der Pflanzen mit *C. pallidactylus*

licher Zusammenhang zeigte sich bei der Befallshäufigkeit mit dem Kohlschotenrüssler, die im Mischfruchtanbau von Winterraps mit Wintergerste jeweils tendenziell höher war als im Reinanbau von Raps. Der Anteil Schoten, die sichtbare Fraßschäden und Verformungen aufwiesen, war in der Regel in Rein- und Mischfruchtanbau etwa gleich hoch (Ausnahme Gülzow 2005).

3.2 Parasitierung der Schadinsekten an Raps in Rein- und Mischfruchtanbau

Die Parasitierungsraten der Rapsglanzkäferlarven konnten im Jahr 2005 an den Standorten Wilmersdorf und Pfaffenhofen in Winterraps genauer analysiert werden. In

den Sommerrapsparzellen am Standort Trenthorst 2005 lag die Parasitierungsrate im Mittel nur bei 3,2% und zwischen den Reinanbau- und Mischanbauparzellen von Sommerraps mit Sommererbsen traten keine signifikanten Unterschiede auf.

Als Parasitoidenarten wurden in den Rapsglanzkäferlarven die Schlupfwespenarten *Tersilochus heterocerus* und *Phradis interstitialis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) nachgewiesen (Abb. 7 und 8). An beiden Standorten dominierte die Art *T. heterocerus*. Am Standort Wilmersdorf bewegte sich die Gesamtparasitierung der Larven zwischen 6,8 % und 16,3 %. In den Parzellen mit Mischfruchtanbau von Raps mit Getreide

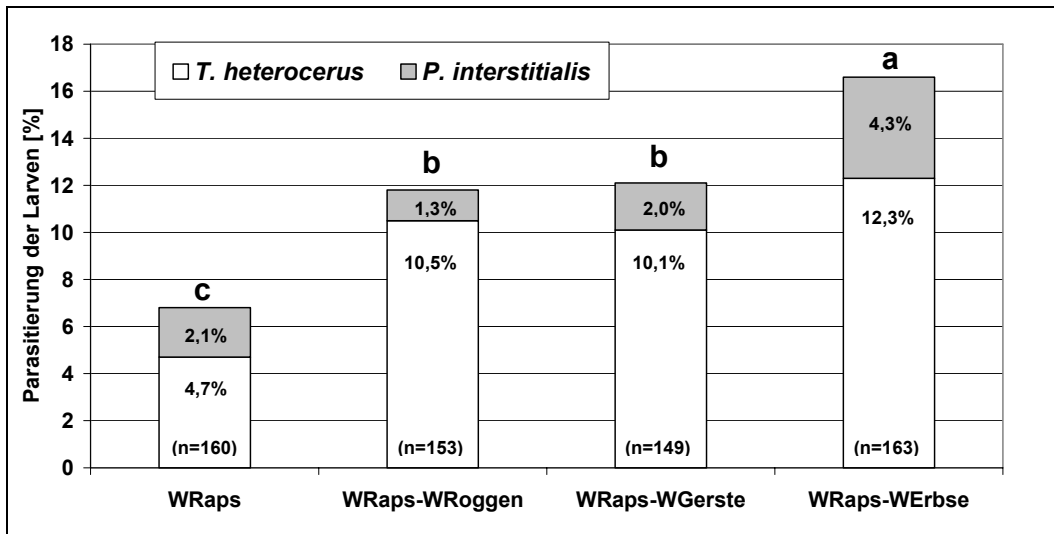


Abb. 7: Parasitierung der Rapsglanzkäferlarven durch *T. heterocerus* und *P. interstitialis* an Winterraps in Rein- und Mischfruchtanbau (Wilmersdorf, Mai 2005) (in Klammern = Zahl sezierter Wirtslarven). Unterschiedliche Buchstaben über den Säulen kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0,05$).

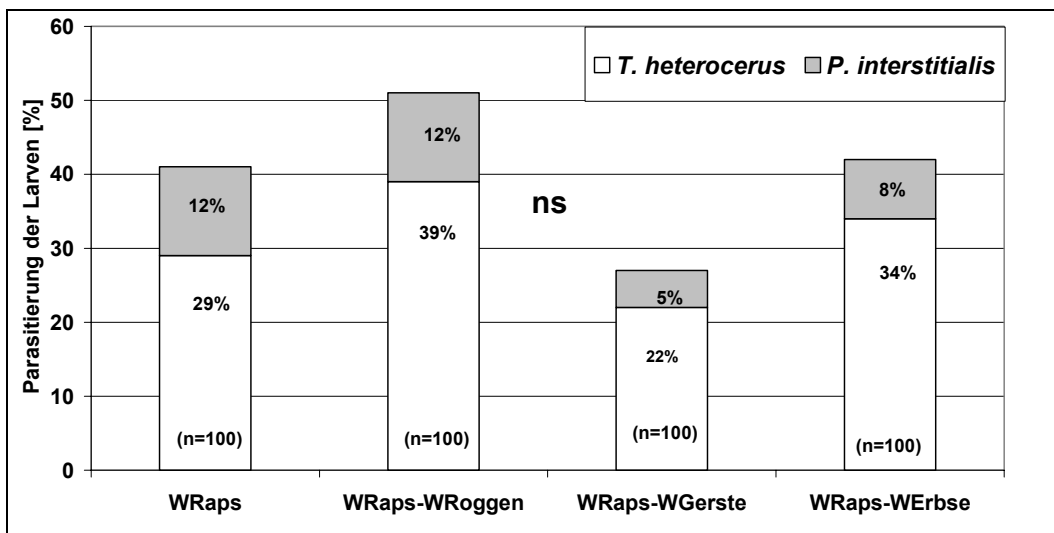


Abb. 8: Parasitierung der Rapsglanzkäferlarven durch *T. heterocerus* und *P. interstitialis* an Winterraps in Rein- und Mischfruchtanbau (Pfaffenhofen, Mai 2005) (in Klammern = Zahl sezierter Wirtslarven). (ns = nicht signifikant)

und deutlicher noch in den Parzellen mit Wintererbsen war sie gegenüber der Raps-Reinsaat signifikant erhöht. Am Standort Pfaffenhofen lag die Parasitierung der Rapsglanzkäferlarven mit 27 % bis 51 % auf einem wesentlich höheren Niveau. Bei Mischfruchtanbau von Raps mit Getreide oder Wintererbsen war in diesem Versuch aber kein signifikanter, fördernder Effekt festzustellen. Bei Mischfruchtanbau von Raps mit Winterroggen war die Parasitierungsrate ten-

denziell um 10 % höher als im Reinanbau.

Der Mischfruchtanbau mit Wintergetreide oder Wintererbsen hatte in den Versuchen in Trenthorst 2004 und Paffenhofen 2005 keinen signifikanten Einfluss auf die Larvalparasitierung der Kohltriebrüssler und Rapserrflöhe im Rapsstängeln (Tab. 6).

Tab. 6. Parasitierungsraten des Kohltriebrüsslers und Rapsdflchs an Winterraps in Rein- und Mischfruchtanbau (% parasitierte Larven, MW \pm SD)

Variante	mittl. Anteil parasitierter Larven (\pm SD)		
	Gefl. Kohltriebrüssler		Rapsdflch
	Trenthorst 2004	Pfaffenhofen 2005	Pfaffenhofen 2005
WRaps	15,3 \pm 9,4 a	32,1 \pm 3,4 a	8,1 \pm 5,3 a
WRaps - WRoggen	21,8 \pm 8,1* a	34,1 \pm 11,2 a	20,5 \pm 26,9 a
WRaps - WGerste	9,3 \pm 13,1 a	31,2 \pm 5,7 a	23,2 \pm 6,9 a
WRaps - WErbsen	9,7 \pm 7,0 a	27,5 \pm 10,8 a	3,7 \pm 3,7 a
F-Test	ns	ns	ns
GD _{5%} Tukey MSD	-	-	-

*Trenthorst 2004: Winterraps-Winterackerbohnen

4 Diskussion

Die Erhebung der Schädlingdichten an Winterraps aus Reiffrucht- oder Mischfruchtanbau mit Getreide oder Leguminosen im ökologischen Anbau lieferte erste interessante Hinweise darauf, welche Möglichkeiten eine Diversifizierung des Pflanzenbestandes und Auflockerung des Monokultur-Charakters für die Verminderung des Schädlingsbefalls und die Förderung der biologischen Kontrolle durch Parasitoide bieten. Aufgrund der größeren Vielfalt der Vegetation und des Lebensraumes können Mischfruchtanbausysteme sowohl über das Angebot von Nichtwirtspflanzen für Schädlinge und deren Desorientierung bei der Wirtspflanzensuche als auch über höhere Antagonistendichten zur natürlichen Regulation des Schädlingsbefalls und zur Ertragssicherung beitragen. In der Literatur finden sich einige Beispiele, die verminderte Schädlingdichten gerade bei spezialisierten Arten in diversifizierten Anbausystemen belegen (ANDOW 1991, KRÜSS und TSCHARNTKE 2000). In anderen Untersuchungen wurde jedoch kein Effekt des Mischfruchtanbaus oder sogar ein erhöhter Schädlingsbefall der anfälligen Pflanzen in der Mischkultur gegenüber der Reinkultur beobachtet (HORN 2000).

In der vorliegenden Untersuchung übte der Mischfruchtanbau von Raps mit Getreide oder Leguminosen im Vergleich zum Reiffruchtanbau von Raps keinen gesicherten Einfluss auf den Befall mit Rapsschädlingen aus. Aus den Ergebnissen kann lediglich eine schwache Tendenz für eine Reduktion der

Stängelminierer und Rapsdflch im Mischfruchtanbau abgeleitet werden. Die Ergebnisse der an den vier Standorten in den Jahren 2004 und 2005 durchgeführten Erhebungen sind insgesamt sehr inhomogen. So führte der Mischfruchtanbau von Winterraps in der Mehrzahl der Versuche nicht zu der erwarteten Reduzierung des Befalls mit dem Rapsdflch und anderen Schädlingen. Eine ‚Maskierung‘ der anfälligen Wirtspflanze Raps durch Wintergetreide oder Wintererbsen als Mischungspartner konnte unter den gegebenen Bedingungen nicht konsistent nachgewiesen werden. Signifikante Effekte des Mischfruchtanbaus auf die untersuchten Schädlinge gegenüber der Reiffrucht ließen sich nur in Einzelversuchen feststellen. Dies ist vermutlich unter anderem auf die unterschiedlichen Bedingungen an den Versuchsstandorten zurückzuführen, wie die zum Teil nur schwach entwickelten Bestände von Raps oder Mischfruchtspartner oder den unterschiedlichen Beikrautbesatz in den Parzellen. Auch bei den natürlichen Gegenspielern der Rapsdflch waren die Einflüsse des Mischfruchtanbaus in den einzelnen Versuchen unterschiedlich. In Einzelversuchen kam es zu einer stärkeren Parasitierung der Schädlingslarven im Mischfruchtanbau. Die Parasitierungsraten lagen in einigen Versuchen über 30 %; damit tragen die Schlupfwespen dazu bei, die Fluktuationen der Schädlinge auf einem niedrigen Niveau zu stabilisieren (HAWKINS und CORNELL 1994). Nach Angaben in der Literatur können die Parasi-

tierungsraten der Rapschädlinge 20-50 %, beim Rapsglanzkäfer sogar bis über 80 % erreichen. Sie können also erheblich zur natürlichen Regulation der Schädlingsdichten beitragen (NILSSON 2003, ULBER 2003, WILLIAMS 2004). Die Schonung und Förderung der natürlichen Feinde ist somit ein wesentliches Element der Schädlingsregulierung im ökologischen Rapsanbau.

Für eine abschließende Bewertung von Einflüssen des Mischfruchtanbaus auf die natürliche Schädlingsregulation und für die Ableitung gesicherter Empfehlungen für den ökologischen Rapsanbau sind aber noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Darüber hinaus zeigen die Erhebungen deutlich, dass neben dem Großen Rapsstängelrüssler und dem Gefleckten Kohltriebrüssler die Rapsglanzkäfer ein Hauptproblem für den ökologischen Rapsanbau darstellen, da sie durch ihren Knospenfraß die Ausbildung von Schoten vollständig verhindern können. Besonders im Sommerrapsanbau kann der Rapsglanzkäfer zu vollständigem Ertragsverlust führen, da die Aktivität auf den Sommerrapsflächen durch den massiven Zuflug der Altkäfer und der schlüpfenden Jungkäfer nach Ende der Blüte aus den Winterrapsbeständen bis auf das 180fache ansteigen kann (vgl. Trenthorst 2005). Die Stärke des Rapsglanzkäferauftretens ist jahresabhängig und kann auf dem gleichen Versuchsstandort großen Schwankungen unterworfen sein. Bedingt durch die sich weiter ausbreitende Resistenz der Rapsglanzkäfer gegen synthetische Pyrethroide und die damit verbundenen geringeren Regulierungserfolge im konventionellen Landbau ist die weitere Zunahme des Schadauftretens im ökologischen Landbau zu erwarten. Praxistaugliche, umweltverträgliche Verfahren zur direkten Befallsenkung des Schaderregervorkommens in den Rapsbeständen sind also unbedingt nötig, um Ertragsverluste zu vermeiden und Raps weiterhin als interessante und anbauwürdige Pflanze für den ökologischen Landbau beizubehalten.

5 Literatur

- Andow DA (1991) Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561-586.
- Hawkins BA, Cornell HV (1994) Maximum parasitism rates and successful biological control. *Science* 266:1886.
- Horn DJ (2000) Ecological control of insects. In: *Insect pest Management*. Ed. J.E. Rechcigl & N.A. Rechcigl, Lewis, Boca Raton:3-24.
- Nilsson C (2003) Parasitoids of Pollen beetles. In: *Biocontrol of oilseed rape pests*. Ed. D.V. Alord. Blackwell Science, Oxford:74-85.
- Thies C, Tschardt T (2000) Biologische Schädlingskontrolle durch Landschaftsmanagement. *Ökologie & Landbau* 115, 3/2000:47 – 48
- Ulber B (2003) Parasitoids of stem weevils. In: *Biocontrol of oilseed rape pests*. Ed. DV Alord. Blackwell Science, Oxford:87-95
- Williams IH (2004) Advances in insect pest management of oilseed rape in Europe. In: *Insect Pest Management – Field and Protected Crops*. Ed. Horowitz AR & I Ishaaya I. Springer-Verlag Heidelberg:181-208

Drilltechnik zur Etablierung von Mischfruchtanbausystemen

Seed drill technology for mixed cropping systems

HANS MARTEN PAULSEN¹ und MARKUS PSCHIEDL²

Zusammenfassung

Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen erfordern eine angepasste Aussaattechnik. Es müssen zum Teil Saaten mit sehr unterschiedlichen Größen und Ansprüchen an die Saattiefe abgelegt werden. Saatgutmischungen scheiden daher in den meisten Fällen aus. Absätziges Verfahren, wie eine Breitsaat der Feinsämereien nach der Drillsaat der Erstkultur oder eine zweite Überfahrt mit der Drillmaschine, sind möglich, haben jedoch Schwächen in der gleichmäßigen und/oder tiefengenauen Ablage der Saat. Mit kombinierten Verfahren, durch Zusammenkoppeln von Drillmaschinen oder den Anbau von Nachsaatkästen, können die Mischfruchtanbausysteme in einem Arbeitsgang bestellt werden. Für eine optimale Aussaat mit gleichmäßiger Verteilung der Mischkulturen auf der Fläche muss für jede Kultur eine möglichst große Zahl tiefenverstellbarer Säschare vorhanden sein. Die Säkästen müssen getrennt abgedreht werden können. Die Belegung der Säschare sollte flexibel möglich sein. So können auch verschiedene Mischfruchtanbausysteme mit jeweils angepassten Standraumbedingungen ausgesät werden.

Schlüsselworte: Ölpflanzen, Feldanbau, Feldversuchswesen, ökologischer Landbau

Abstract

Mixed cropping systems with oilseeds need adapted seeding systems. In most cases different seed sizes have to be drilled in different depths. Seed mixtures in the seed box are not suitable for these cases.

Intermittent systems, like broadcasting of the fine seeds after drilling the first component of the mixtures or a complete second drill step, are possible. Seed distribution and/or seed depths are, however, not homogeneous

with these practices. Combined systems, like a simple coupling of a second seed drill or the mounting of additional seed hoppers, offer the possibility to sow mixed cropping systems in one operation. For an optimal sowing with uniform distribution, each seed component of the mixtures needs a density regulation and a high number of depth-controlled drill coulters. If the seed allocation to the different coulters is variable, different mixed cropping systems can be drilled with adopted distribution.

Keywords: oil crops, field cultivation, field trials, organic farming

1 Einleitung

Sollen Mischfruchtanbausysteme in der Praxis etabliert werden, müssen sich landwirtschaftliche Betriebe bei der Drilltechnik anpassen. Auch im Feldversuchswesen sind geeignete Verfahren notwendig. Die technischen Erfordernisse werden durch die Anzahl der Mischungspartner, ihre Saatstärken, Ablagetiefen und die notwendige Standraumzumessung bestimmt. So werden beim Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen oft kleine und große Saaten mit stark unterschiedlichen Ansprüchen an die Saattiefe auf einer Fläche gedrillt (z. B. Erbse-Leindotter, Raps-Roggen). Weiterhin bestimmen die Zielsetzung des Mischfruchtanbaus, wirtschaftliche Überlegungen und Aspekte der Energiebilanz die Drilltechnik.

Mischfruchtanbausysteme aus Kulturen mit unterschiedlichen Ansprüchen an das Saatverfahren können mit in landwirtschaftlichen Betrieben normalerweise vorhandener Technik z. B. in absätzigem Verfahren ausgesät werden. Jedoch stellt dies immer nur einen Kompromiss hinsichtlich der oben genannten Kriterien dar.

¹Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst

²Kramerbräu-Naturland Hof, Pfaffenhofen

2 Material und Methoden

In diesem Beitrag werden technische Möglichkeiten und Grenzen von verschiedenen Drillverfahren für Mischkulturen mit Ölsaaten beschrieben. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine Drillmaschine zur gleichzeitigen Ausbringung von zwei Saaten durch den Kramerbräu Naturlandhof (Pfaffenhofen Ilm, Bayern) in Zusammenarbeit mit der Fa. Heko entwickelt. Bei der Konstruktion wurden die speziellen Erfordernisse des Mischfruchtanbaus berücksichtigt. Auf technische Entwicklungen und Anpassungen im Bereich des Feldversuchswesens wird ebenfalls eingegangen.

3 Ergebnisse

3.1 Saatgutmischungen

Bei gängigen Verfahren des Mischfruchtanbaus, z. B. beim Anbau von Getreide in Mischung mit Leguminosen (JENSEN 2006), werden die Gemengepartner oft in Tankmischung auf einheitlicher Saattiefe ausgebracht (HOF und RAUBER 2003, WWW.OEKOLANDBAU.DE 2007). Die Methode ist einfach, kann mit vorhandenen Drillmaschinen ausgeführt werden und erforder-

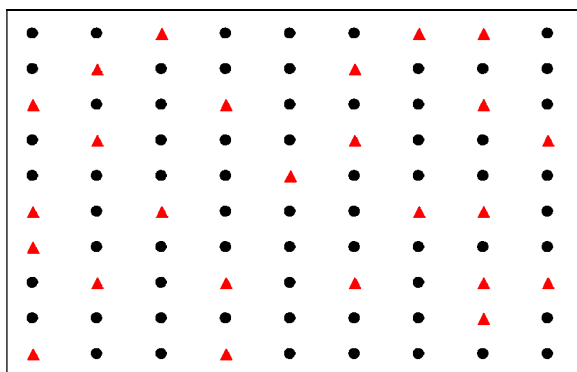


Abb. 1: Verteilung der Saaten auf der Fläche bei der Aussaat verschiedener Saaten in Tankmischung (Zeichnung Pscheidl)

dert nur einen Arbeitsgang. Hinsichtlich der Ablagetiefe ist das Verfahren allerdings meist für beide Gemengepartner suboptimal. Zudem kann es bei diesem Verfahren zu einer Entmischung der Saaten im Saatgutbehälter kommen. Das führt zu einer ungleich-

mäßigen Beschickung der Fallrohre oder der Verteilköpfe und so zu einem ungleichmäßigen Saatstärkenverhältnis auf der Fläche (Abb. 1). Für den Mischfruchtanbau von Kulturen mit stark unterschiedlichen Korngrößen scheidet diese Drilltechnik daher aus.

3.2 Absätziges Verfahren

3.2.1 Breitsaat und Striegel

Feinkörnige Saaten können auch im absätzigen Verfahren, nach der Drillsaat des Mischungspartners, als Breitsaat ausgebracht werden. Mit einem Striegel werden die Feinsämereien danach eingearbeitet. Insgesamt sind dann drei Arbeitsgänge für die Aussaat der Mischkultur erforderlich. Bei Mischfruchtanbausystemen mit Erbsen könnte die Breitsaat jedoch einige Tage nach der Saat der Erstkultur ausgebracht werden. Der Striegelgang würde die Saat einarbeiten und gleichzeitig als Blindstriegeln zur ersten Unkrautbekämpfung dienen (PIETSCH et al. 2006, FREYER et al. 2005).

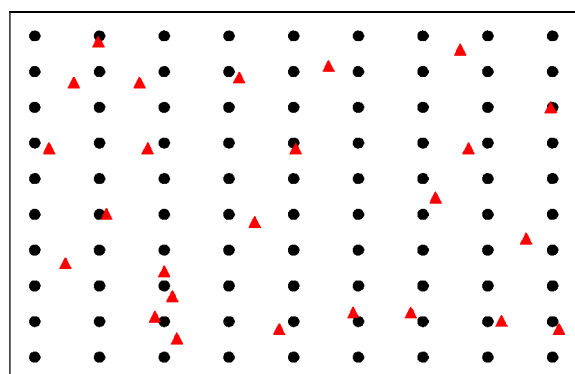


Abb. 2: Verteilung der Saaten auf der Fläche bei Drillsaat der Erstkultur und absätziger Breitsaat der Zweitkultur (Zeichnung Pscheidl)

Breitsaatverfahren zur Ausbringung von Mischkulturen im absätzigen Verfahren erfordern nur einfache, meist in landwirtschaftlichen Betrieben vorhandene Technik (Untersaatstreuer, pneumatischer Düngerstreuer). Jedoch ist mindestens ein zusätzlicher Arbeitsgang für die Bestellung erforderlich. Die Verteilung des Saatgutes ist bei der Breitsaat durch Wind, schwankende Gestänge und Geräte nicht immer gleichmäßig. Zu-

dem gelangt Saatgut auch in und direkt neben die Reihen der Erstkultur (Abb. 2). Die mögliche Saattiefe bei der Breitsaat ist nur begrenzt.

3.2.2 Drillsaat mit zwei Überfahrten

Anstelle einer Breitsaat kann auch eine absätzigige Drillsaat der Zweitkultur durchgeführt werden. Vorteilhaft sind bei diesem Verfahren die exakte Tiefenführung und die optimale Saatgutverteilung in der Reihe. Problematisch ist jedoch, dass die Zweitkultur nicht in jeder Überfahrt genau zwischen die Reihen der Erstkultur abgelegt werden kann und ungleichmäßige Reihenabstände auftreten. Im Extremfall wird die Zweitkultur in die Reihe der Erstkultur abgelegt (Abb. 3 und 4).

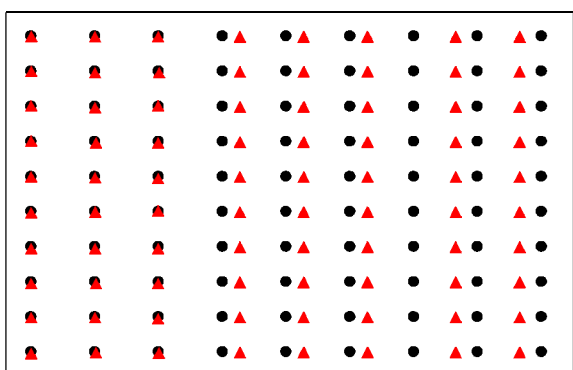


Abb. 3: Verteilung der Saaten auf der Fläche bei absätzigiger Drillsaat der Erst- und Zweitkultur (Zeichnung Pscheidl)



Abb. 4: Zu enge Reihenabstände von Erbsen und Leindotter bei absätzigiger Drillsaat der Gemengepartner, Trenthorst 2003

Die Standraumbedingungen können durch

eine Saat der Zweitkultur schräg oder quer zur Drillrichtung der Erstkultur verbessert werden. Nachteilig sind die bei der zweiten Überfahrt auftretenden Bodenverdichtungen und Fahrspuren.

3.3. Kombinierte Verfahren

Sollen Überfahrten eingespart werden und gleichmäßige Reihenabstände zwischen den Mischungspartnern erreicht werden, ist die Kombination von Geräten notwendig. Denkbar ist zum Beispiel das Anhängen einer zweiten Drillmaschine. Eine solche Kombination ist allerdings sehr lang und schwer. Dreipunkt-Verbindungen zwischen Geräten sind in gewissem Maße flexibel. Die nachlaufende Drillmaschine kann daher auch bei solchen Kombinationen aus der gewünschten Spur laufen. Günstiger sind direkt an die Drillmaschine angebaute Saatkästen mit eigenen Säaggregaten. Technische Möglichkeiten dazu sind im Folgenden beschrieben.

3.3.1. Kombination von Drillsaat und Breitsaat

Werden Breitsaatverfahren mit der Drillsaat kombiniert, können Feinsämereien vor dem Striegel der Drillmaschine ausgebracht werden (Abb. 5 und 6).



Abb. 5: Standard-Drillmaschine (3m, 24 Reihen) mit Nachsaatkästen und 24 flexiblen Auslaufschläuchen, Pfaffenhofen 2003

Für Feinsämereien können zum Beispiel für den Grünlandbereich entwickelte Nachsaatkästen an die Drillmaschine angebaut wer-

den. Sie weisen nur ein geringes Gewicht auf und die Saatmenge der Zweitkultur kann hier genau abgedreht werden. Die Saatgutzuteilung erfolgt gleichmäßig. Hinsichtlich der Saattiefe und der exakten Tiefenablage ist dieses System jedoch limitiert.



Abb. 6: Drillmaschine (24 Reihen) mit einem Nachsaatkasten mit 12 fixierten Ausläufe für eine Breitsaat vor dem Striegel oder eine Saat in alternierenden Reihen durch Umstecken der Schläuche an die Drillschare, Trenthorst 2003

Die Breitsaat wird je nach Konstruktion des Auslaufs zwischen oder über die Reihen der Erstkultur ausgebracht (Abb. 5 und 7).



Abb. 7: Prallteller unter dem Auslaufrohr eines Nachsaatkastens für eine breitere Verteilung der Saat, Trenthorst 2003

3.3.2 Drillsaat zweier Komponenten in einem Arbeitsgang

Eine perfekte Standraumzuteilung (Abb. 8) und Tiefenablage kann nur mit kombinierten Drillsaatsystemen erreicht werden.

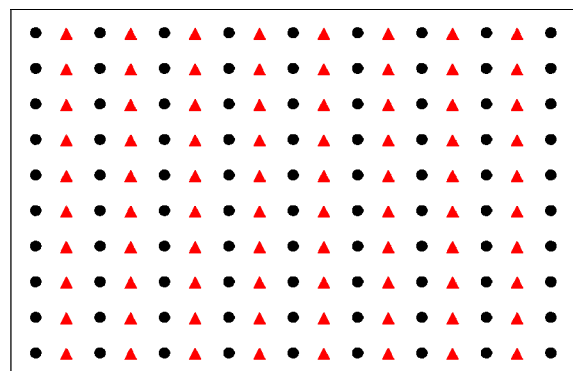


Abb. 8: Verteilung der Saaten auf der Fläche bei kombinierter Drillsaat der Erst- und Zweitkultur (Zeichnung Pscheidl)

Bei der in Abb. 6 gezeigten Maschine können die Saatschläuche des Nachsaatkastens auch auf die Säschare der Drillmaschine umgesteckt werden. Durch Verstellen des Federdruckes an den einzelnen Säscharen können dann auch unterschiedliche Saattiefen erreicht werden.

Die erreichbare Reihenzahl ist dabei abhängig von der Anzahl vorhandener Schare. Engere Reihenweiten, die beim Mischfruchtanbau aus Gründen der vollständigen Standraumaussnutzung und Bodenbedeckung gewünscht sein können, erfordern den Anbau zusätzlicher Säschare. Bei der in diesem Forschungsprojekt zum "Mischfruchtanbau mit Ölsaaten" entwickelten Sämaschine wurden ein zusätzlicher Saatgutbehälter und eine zusätzliche tiefenregulierbare Säscharreihe an eine pneumatische Stempeldruckpacker-Drillmaschine montiert (Abb. 9). Mit diesem System werden mit 47 Saatzeilen auf 3 m gleichmäßige Reihenabstände von knapp 6,5 cm erreicht. Systeme dieser Art haben ein hohes Gewicht und erfordern einen hohen konstruktiven Aufwand. Jedoch können Saattiefe und Standraumverteilung optimiert werden und es ist nur eine Überfahrt notwendig.

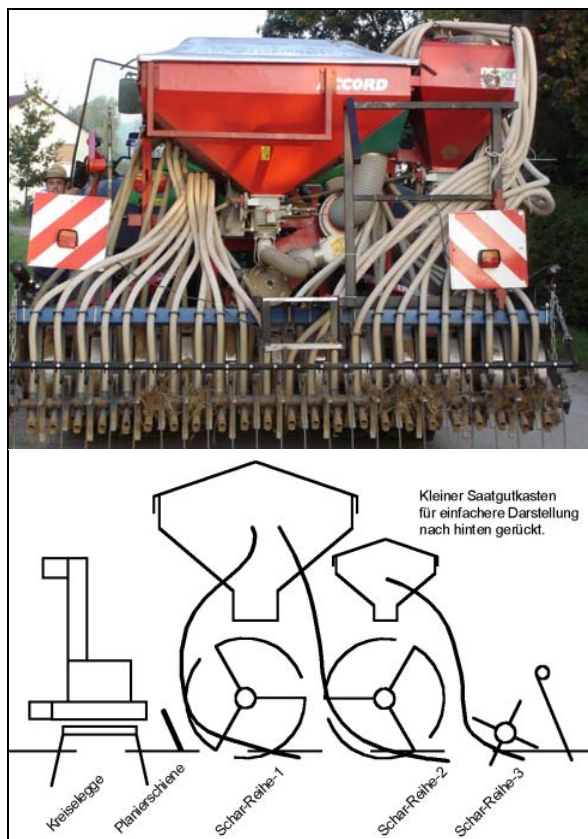


Abb. 9: Pneumatische Stempelpacker-Sämaschine mit zwei Saatkästen und 47 Reihen für die Aussaat von Mischkulturen, Pfaffenhofen 2005 (Zeichnung STRAUSS 2005)

3.3.3 Drilltechnik in Parzellenversuchen zum Mischfruchtanbau

In Feldversuchsanlagen muss ein Saatgutwechsel von Parzelle zu Parzelle vorgenommen werden können. In Parzellendrillmaschinen wird das Saatgut während der Parzellenüberfahrt über Bandköpfe in die Saatrohre dosiert. Bei Versuchen zum Mischfruchtanbau müssen verschiedene Saatgutarten auf unterschiedliche Reihen verteilt werden. Dazu ist es erforderlich, mehrere Bandköpfe auf der Maschine anzuordnen (Abb. 10). Für die Aussaat von Fein- und Grobsämereien müssen für eine gleichmäßige Saatgutverteilung unterschiedlich dimensionierte Bandköpfe vorgesehen werden.

Bei der in Abb. 11 dargestellten Parzellendrillmaschine kann die Saattiefe für jedes Schar einzeln durch Federdruck eingestellt werden. Durch Umstecken der Schläuche können die Reihen in verschiedener Abfolge

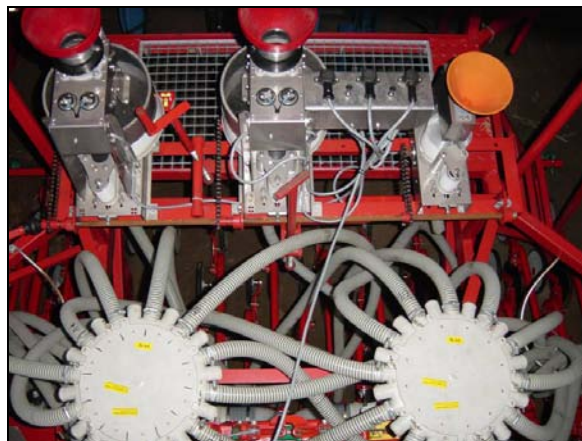


Abb. 10: Bandköpfe und Verteilstücke einer pneumatischen Parzellendrillmaschine für die Aussaat von Mischkulturen, zwei Bandköpfe können zur gleichzeitigen Dosierung verschiedener Saaten eingesetzt werden, Trenthorst 2003



Abb. 11: Umsteckmöglichkeiten von Säschräuben an verschiedene Säaggregate einer Parzellendrillmaschine, Trenthorst 2003

mit verschiedenen Saaten beschickt werden. In einer Überfahrt können gleichmäßige Reihenabstände von 12,5 cm erreicht werden (Abb. 12), engere Reihenabstände wären nur durch den Anbau zusätzlicher Säschräuben möglich. Mehrfache Überfahrten zur Verringerung des Reihenabstands führen zu den beschriebenen Unzulänglichkeiten im Reihenabstand.

Bei der Aussaat randomisierter Blockanlagen zum Mischfruchtanbau wechseln Reinsaatbestände mit Mischfruchtbeständen ab. In Reinsaatbeständen wird auf allen Säschräuben gleicher Scharndruck benötigt. Da die Druckregulierung der einzelnen Säschräuben bei der hier beschriebenen Maschine von Hand er-

folgt, müssen die Reinkulturen und die Mischfruchtanbausysteme in getrennten Arbeitsgängen gedrillt werden. Das erfordert



Abb. 12: Gleichmäßige Reihenabstände von Öllein und Leindotter in alternierenden Reihen bei gleichzeitiger Drillsaat, Trenthorst 2004

ein erneutes Anfahren der unbedrillten Versuchspartellen in den Fahrspuren der ersten Überfahrt nach dem notwendigen Umbau der Maschine. Die zügige Aussaat von Parzellenversuchsanlagen zum Mischfruchtanbau verlangt daher eine sorgfältige Planung der Überfahrten und Umbaumaßnahmen.

4 Diskussion

Für die Aussaat und Etablierung von Mischfruchtanbausystemen sind vielfältige technische Möglichkeiten denkbar. Gegenüber Breitsaatverfahren haben Drillsaatverfahren den entscheidenden Vorteil einer exakten Tiefenführung und eines guten Bodenschlusses bei der Saat. Vor allem in trockenen Jahren und bei ungünstigen Bodenverhältnissen beeinflusst eine Drillsaat beider Komponenten den Feldaufgang deutlich positiv.

Investitionen in spezielle Drillverfahren für den Mischfruchtanbau sollten vor dem Hintergrund des Einsatzzwecks, des Einsatzumfangs und der Standortbedingungen sorgfältig abgewogen werden.

5 Literatur

Freyer B, Pietsch G, Hrbek R, Winter S (2005) Futter- und Körnerleguminosen im Biologischen Landbau. Agrarverlag, Leopoldsdorf. ISBN 3-7040-2032-X.

Hof C, Rauber R (2003) Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau. Hrsg. Bundesprogramm ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, ISBN 3-00-011733-4.

Jensen ES (2006) Intercropping of cereals and grain legumes for increased production, weed control, improved product quality and prevention of N-losses in European organic farming systems (INTERCROP) [online]. Zu finden in: <<http://www.intercrop.dk/images/Presentations%20&%20Documents/2005/Final/ReportRevised.pdf>> [zitiert am 6.6.2007]

Pietsch G, Freyer B, Hrbek R (2006) Merkblatt Erbse. Hrsg. Institut für ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien [online]. Zu finden in <http://www.nas.boku.ac.at/fileadmin/_/H93/H933/Personen/Pietsch/MerkblattErbse.pdf> [zitiert am 6.6.2007]

Strauss (2005) Mischfruchtaussaat leicht gemacht. Bioland 11/05:26-27.

www.oekolandbau.de (2007) Kulturdatenblatt Getreide-Leguminosengemenge [online]. Zu Finden in: <http://www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanzliche-erzeugung/ackerbau/getreide-und-koernerleguminosen/kulturdatenblatt-getreide-leguminosengemenge/> [zitiert am 6.6.2007]

Fotoanhang

PAULSEN HM, SCHOCHOW M (2007) (Hrsg.) Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau - Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schaderregerbefall und Produktqualitäten. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt gefördert mit Mitteln des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (Projekt Nr. 03OE113)

Erbsen-Sommerraps (ESR)



Foto1: ESR, Pfaffenhofen, Mitte Juni 2005

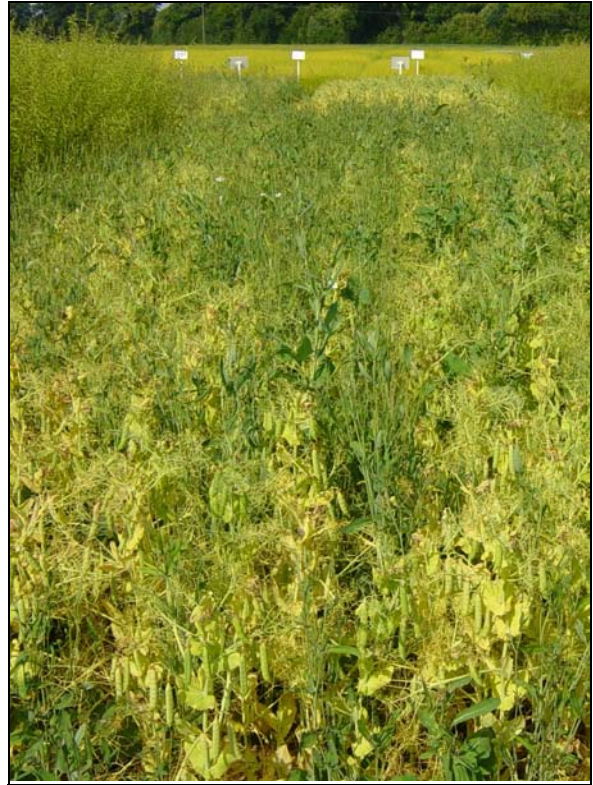


Foto 2: ESR, Trenthorst, Anfang Juli 2005



Foto 4: ESR, Trenthorst, Anfang August 2004



Foto 5: ESR, Trenthorst, Ende August 2004

Erbsen Reinsaat (E)



Foto 5: E, Trenthorst, Ende Mai 2005

Sommerraps Reinsaat (SR)



Foto 6: SR, Trenthorst, Ende Mai 2005



Foto 7: E, Trenthorst, Mitte August 2004

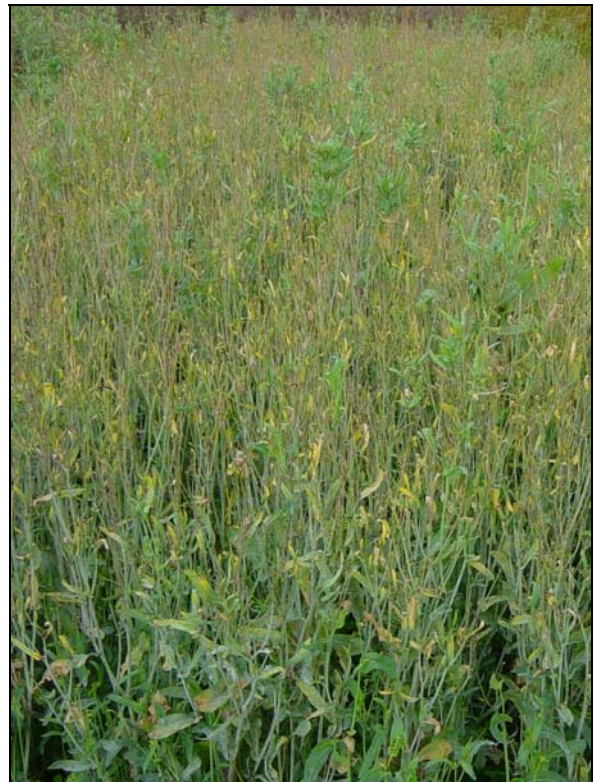


Foto 8 SR, Trenthorst, Mitte August 2004

Erbsen-Weißer Senf (EWS)



Foto 9: EWS, Trenthorst, Ende Mai 2005



Foto 10: EWS, Gülzow, Mitte Juni 2004



Foto 11: EWS, Trenthorst, Anfang Juli 2005



Foto 12: EWS, Trenthorst, Mitte August 2005

Weißer Senf Reinsaat (WS)



Foto 13: WS, Trenthorst, Mitte Juni 2005

Leindotter Reinsaat (LD)



Foto 14: LD, Trenthorst, Anfang Juni 2004



Foto 15: WS, Trenthorst, Mitte August 2005



Foto 16: LD, Wilmersdorf, Mitte Juli 2005

Erbse-Leindotter (ELD)



Foto 17: ELD, Pfaffenhofen, Anfang Mai 2004

Erbse-Leindotter Breitsaat (ELDbreit)



Foto 18: ELDbreit, Pfaffenhofen, Anfang Mai 2005



Foto 19: ELD, Trenthorst, Mitte Mai 2004



Foto 20: ELDbreit, Trenthorst, Mitte Mai 2004

Erbse-Leindotter (ELD)



Foto 21: ELD, Trenthorst, Anfang Juli 2004

Erbse-Leindotter Breitsaat (ELDbreit)



Foto 22: ELDbreit, Trenthorst, Anfang Juli 2004



Foto 23: ELD, Trenthorst, Mitte August 2004



Foto 24: ELDbreit, Trenthorst, Mitte August 2004

Blaue Lupine-Saflor (LUF)



Foto 25: LUF, Trenthorst, Mitte Mai 2004



Foto 26: LUF, Trenthorst, Anfang Juli 2004



Foto 27: LUF, Wilmersdorf, Mitte Juli 2004



Foto 28: LUF, Trenthorst, Mitte August 2004

Blaue Lupine Reinsaat (LU)



Foto 29: LUFD, Trenthorst, Mitte Mai 2004

Saflor Reinsaat (FD)



Foto 30: LUFD, Trenthorst, Anfang Juli 2004



Foto 31: Lu, Trenthorst, Mitte Juli 2004



Foto 32: FD, Trenthorst, Mitte Juli 2004

Lupine-Leindotter (LULD)



Foto 33: LULD, Trenthorst, Mitte Mai 2004



Foto 34: LULD, Trenthorst, Anfang Juli 2004



Foto 35: LULD, Trenthorst, Mitte Juni 2004



Foto 36: LULD, Trenthorst, Mitte August 2004

Sommerweizen-Leindotter (SWLD)



Foto37: SWLD, Trenthorst, Mitte Mai 2004



Foto 38: SWLD, Gülzow, Mitte Juni 2004



Foto 39: SWLD, Gülzow, Anfang Juli 2005



Foto 40: SWLD, Trenthorst, Ende August 2004

Sommerweizen Reinsaat (SW)



Foto 41: SW, Trenthorst, Mitte Mai 2005

Öllein Reinsaat (OL)



Foto 42: OL, Trenthorst, Mitte Juni 2004



Foto 43: SW, Pfaffenhofen, Anfang August 2005



Foto 44: OL, Trenthorst, Mitte August 2004

Sommerweizen-Öllein (SWOL)



Foto 45: SWOL, Trenthorst, Ende Mai 2004



Foto 46: ESR, Wilmersdorf, Mitte Juni 2004



Foto 47: SWOL, Trenthorst, Anfang Juli 2004



Foto 48: SWOL, Trenthorst, Mitte August 2004

Öllein-Leindotter (OLLD)



Foto 49: OLLD, Trenthorst, Ende Mai 2005



Foto 50: OLLD, Wilmersdorf, Anfang Juni 2004



Foto 51: OLLD, Wilmerdorf, Mitte Juli 2004



Foto 52: OLLD, Trenthorst, Mitte August 2004

Winterraps-Wintergerste (WRWG)



Foto 53: WRWG, Trenthorst, Anfang Oktober 2003



Foto 54: WRWG, Gölzow, Anfang Oktober 2003



Foto 55: WRWG, Gölzow, Anfang Mai 2005



Foto 56: WRWG, Pfaffenhofen, Ende Juni 2005

Winterraps Reinsaat (WR)



Foto 57: WR, Gülzow, Anfang Oktober 2004

Wintergerste Reinsaat (WG)



Foto 58: WG, Trenthorst, Oktober 2003



Foto 59: WR, Trenthorst, Mitte Juli 2005



Foto 60: WG, Gülzow, Anfang Juli 2004

Winterraps-Wintererbse (WRWE)



Foto 61: WRWE, Pfaffenhofen, Anfang Oktober 2004



Foto 62: WRWE, Pfaffenhofen, Ende Juni 2005



Foto 63: WRWE, Trenthorst, Ende Juni 2005



Foto 64: WRWE, Wilmersdorf, Mitte August 2005

Wintererbse Reinsaat (WE)



Foto 65: WE, Trenthorst, Anfang Oktober 2004

Winterroggen Reinsaat (WRO)



Foto 66: WRO, Gülzow, Anfang Oktober 2004



Foto 67: WE, Trenthorst, Mitte Juli 2005



Foto 68: WRO, Gülzow, Anfang Juli 2004

Winterraps-Winterroggen (WRWRO)



Foto 69: WRWRO, Trenthorst, Mitte April 2005



Foto 70: WRWRO, Gülzow, Mitte Mai 2005



Foto 71: WRWRO, Trenthorst, Mitte Juni 2005



Foto 72: WRWRO, Wilmersdorf, Anf. August 2005

274	Folkhard Isermeyer (Hrsg.) (2004) Ackerbau 2025	9,00€
275	Abdelaziz Ibrahim Abdelaziz Aly Omara (2004) Further development of a mobile wind energy plant for a low-pressure irrigation system	9,00€
276	Gerold Rahmann . Hiltrud Nieberg . Susanne Drengemann . Alois Fenneker . Solveig March . Christina Zurek Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzes (2004)	13,00€
278	Maria del Carmen Lamas (2005) Factors affecting the availability of uranium in soils	8,00€
279	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2005) Bestimmung von Ammoniak-Einträgen aus der Luft und deren Wirkung auf Waldökosysteme (ANSWER-Projekt)	7,00€
280	Hans-Joachim Weigel und Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2005) Biologische Senken für atmosphärischen Kohlenstoff in Deutschland — Tagungsband	9,00€
281	Albert Sundrum and Friedrich Weißmann (eds.) (2005) Organic pig production in free range systems	7,00€
282	Folkhard Isermeyer . Alexander Gocht . Werner Kleinhanß . Bernd Küpker . Frank Offermann . Bernhard Osterburg . Joachim Riedel und Ulrich Sommer (2005) Vergleichende Analyse verschiedener Vorschläge zur Reform der Zuckermarktordnung	7,00€
283	Luit J. De Kok and Ewald Schnug (eds.) (2005) Proceedings of the 1st Sino-German Workshop on Aspects of Sulfur Nutrition of Plants	11,00€
284	Rainer Oppermann and Gerold Rahmann (2005) Transforming Rural Communication Three sociological case studies in a developed an urbanized rural area of northern Germany: regional partnership Lübeck bay, organic farming and nature protection	7,00€
285	Jyldyz Uzakbaeva (2005) Effect of different tree species on soil quality parameters in forest plantations of Kyrgyzstan	8,00€
286	Silvia Haneklaus, Rose-Marie Rietz, Jutta Rogasik and Susanne Schroetter (eds.) (2005) Recent advances in in agricultural chemistry	11,00€
287	Maria del Carmen Rivas (2005) Interactions between soil uranium contamination and fertilization with N, P and S on the uranium content and uptake of corn, sunflower and beans, and soil microbiological parameters	8,00€
288	Alexandra Izosimova (2005) Modelling the interaction between Calcium and Nickel in the soil-plant system	8,00€
290	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2005) Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2005	9,00€
292	Franz-Josef Bockisch und Elisabeth Leicht-Eckardt (Hrsg.) (2006) Nachhaltige Herstellung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse	15,00€
293	Judith Zucker (2006) Analyse der Leistungsfähigkeit und des Nutzens von Evaluationen der Politik zur Entwicklung ländlicher Räume in Deutschland und Großbritannien am Beispiel der einzelbetrieblichen Investitionsförderung	12,00€
294	Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2006) Möglichkeiten der Dekontamination von "Unerwünschten Stoffen nach Anlage 5 der Futtermittelverordnung (2006)"	15,00€

295	Hiltrud Nieberg und Heike Kuhnert (2006) Förderung des ökologischen Landbaus in Deutschland — Stand, Entwicklung und internationale Perspektive	14,00€
296	Wilfried Brade und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2006) Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung - Empfehlungen für die Praxis	12,00€
297	Hazem Abdelnabby (2006) Investigations on possibilities to improve the antiphytopathogenic potential of soils against the cyst nematode <i>Heterodera schachtii</i> and the citrus nematode <i>Tylenchulus semipenetrans</i>	8,00€
298	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2006) Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2006	9,00€
299	Franz-Josef Bockisch und Klaus-Dieter Vorlop (Hrsg.) (2006) Aktuelles zur Milcherzeugung	8,00€
300	Analyse politischer Handlungsoptionen für den Milchmarkt (2006)	12,00€
301	Hartmut Ramm (2006) Einfluß bodenchemischer Standortfaktoren auf Wachstum und pharmazeutische Qualität von Eichenmisteln (<i>Viscum album</i> auf <i>Quercus robur</i> und <i>petraea</i>)	11,00€
302	Ute Knierim, Lars Schrader und Andreas Steiger (Hrsg.) (2006) Alternative Legehennenhaltung in der Praxis: Erfahrungen, Probleme, Lösungsansätze	12,00€
303	Claus Mayer . Tanja Thio . Heike Schulze Westerath . Pete Ossent . Lorenz Gygax . Beat Wechsler und Katharina Friedli (2007) Vergleich von Betonspaltenböden, gummimodifizierten Spaltenböden und Buchten mit Einstreu in der Bullenmast unter dem Gesichtspunkt der Tiergerechtigkeit	8,00€
304	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2007) Calculations of Emissions from German Agriculture — National Emission Inventory Report (NIR) 2007 for 2005	16,00€
[304]	Introduction, Methods and Data (GAS-EM)	
[304A]	Tables	
	Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft — Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2007 für 2005	
[304]	Einführung, Methoden und Daten (GAS-EM)	
[304 A]	Tabellen	
305	Joachim Brunotte (2007) Konservierende Bodenbearbeitung als Beitrag zur Minderung von Bodenschadverdichtungen, Bodenerosion, Run off und Mykotoxinbildung im Getreide	14,00€
306	Uwe Petersen . Sabine Kruse . Sven Dänicke und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2007) Meilensteine für die Futtermittelsicherheit	10,00€
307	Bernhard Osterburg und Tania Runge (Hrsg.) (2007) Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie	15,00€
308	Torsten Hinz and Karin Tamoschat-Depolt (eds.) (2007) Particulate Matter in and from Agriculture	12,00€
309	Hans Marten Paulsen und Martin Schochow (Hrsg.) (2007) Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau – Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schaderregerbefall und Produktqualitäten	9,00€