

## Erträge von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau

Yields of mixed cropping systems with oil crops

HANS MARTEN PAULSEN und MARTIN SCHOCHOW<sup>1</sup>

### 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-

<sup>1</sup>Institut 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<sup>-1</sup> TM]

Standort	Jahr	Sommerungen		Winterungen	
			n		n
Trenthorst	04	<b>50</b>	63	<b>52</b>	28
	05	<b>59</b>	64	<b>66</b>	31
Wilmersdorf	04	<b>37</b>	50	-	-
	05	<b>23</b>	59	<b>39</b>	28
Pfaffenhofen	04	<b>47</b>	46	-	-
	05	<b>46</b>	68	<b>49</b>	28
Gülzow	04	<b>22</b>	41	-	-
	05	<b>25</b>	44	<b>44</b>	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<sup>-1</sup> TM]

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

<sup>a</sup>2004 nur in Trenthorst, <sup>b</sup>2005 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 m<sup>2</sup> 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
<b>TRT 04</b>	0,71	0,71	0,70
<b>TRT 05</b>	0,68	0,82	0,73
<b>WIL 04</b>	-	-	-
<b>WIL 05</b>	1,17	1,86	1,78
<b>PFA 04</b>	-	-	-
<b>PFA 05</b>	1,27	1,44	1,50
<b>GLZ 04</b>	-	-	-
<b>GLZ 05</b>	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-

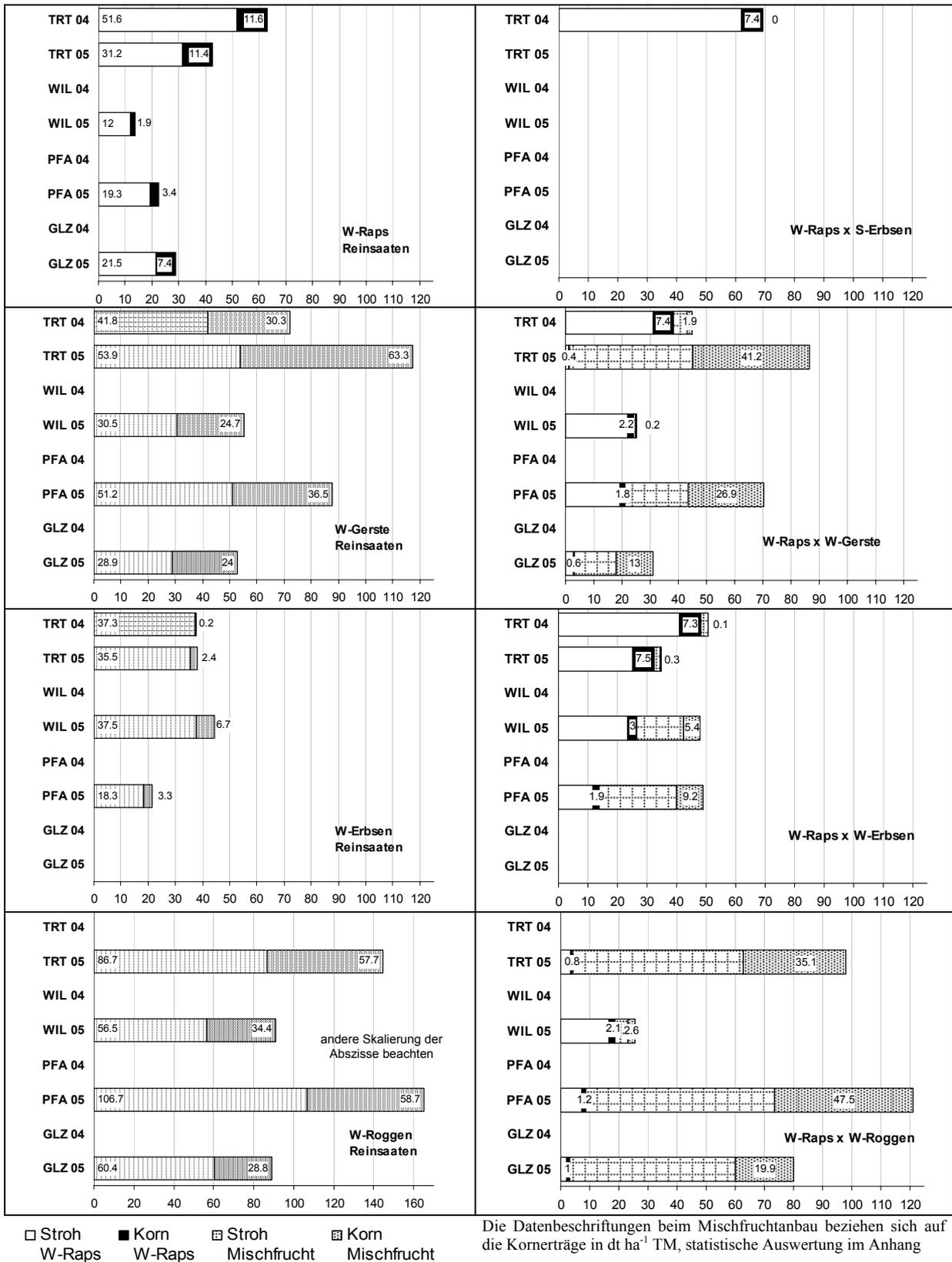


Abb. 1: Biomasseerträge [dt ha<sup>-1</sup> TM] der Gemenge aus Winterraps (W-Raps) mit Getreide und Leguminosen sowie deren Reinsaaten in Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA) und Gülzow (GLZ) 2004 und 2005, TM=Trockenmasse

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 Reinsaat 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<sup>-1</sup> TM] bei verschiedenen Saatverfahren des Mischfruchtanbaus von Erbsen und Leindotter sowie mit denen des Reinsaat 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 <sup>+</sup>
<b>F-Test</b>	**	***	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 <sup>+</sup>
<b>F-Test</b>	***	***	***

mit: \*\*\* = 0 ≤ P < 0,001, \*\* = 0,001 ≤ P < 0,01, \* = 0,01 ≤ P < 0,05, ns = P ≥ 0,05, <sup>+</sup> = Reinsaat Erbsen, Mittelwertvergleich nach ANOVA, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (LSD<sub>5%</sub>)

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 m<sup>2</sup>-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.

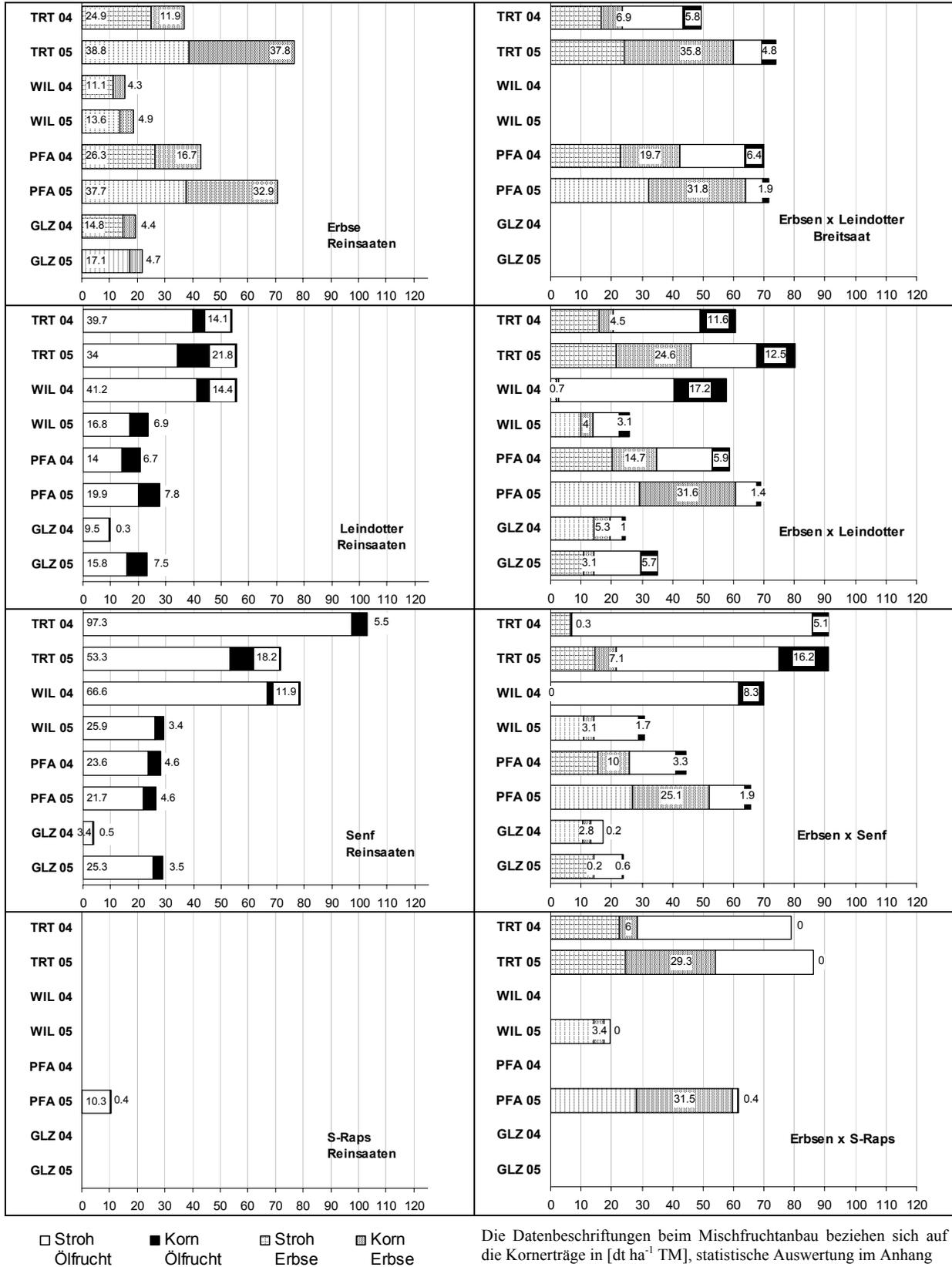


Abb. 2: Biomasseerträge [dt ha<sup>-1</sup> TM] der Gemenge aus Erbsen mit verschiedenen Ölf Früchten sowie deren Reinsaaten in Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA) und Gülzow (GLZ) 2004 und 2005, TM=Trockenmasse

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<sup>-1</sup> auf (Abb. 4). Obwohl sich der Öllein zwischen den Weizenreihen zu Vegetationsbeginn gut etablieren konnte, wurden in Mischfruchtanbau im weiteren Verlauf an den Standorten

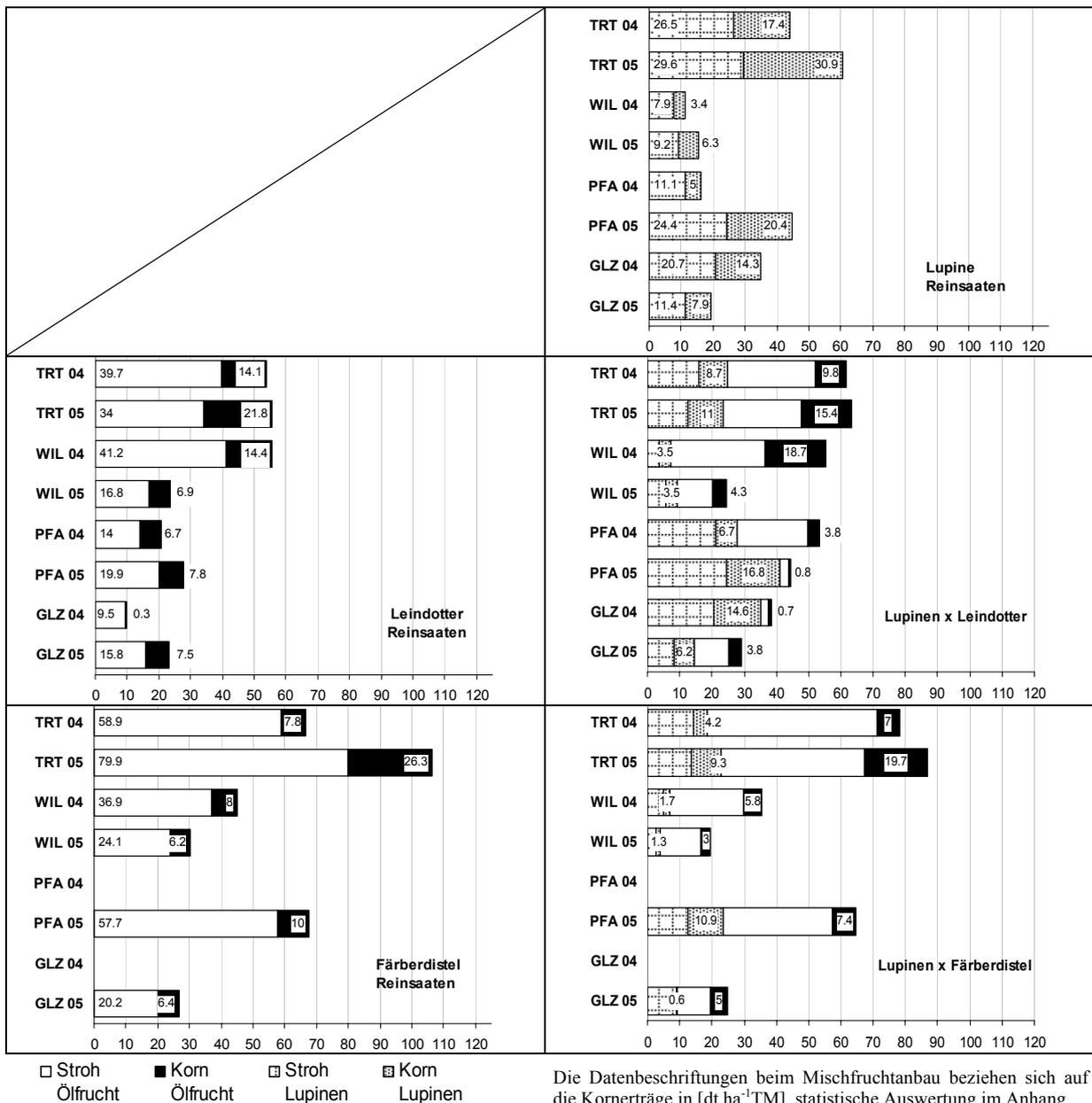


Abb. 3: Biomasseerträge [dt ha<sup>-1</sup> TM] der Gemenge aus Lupinen mit Saflor oder Leindotter sowie deren Reinsaaten in Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA) und Gülzow (GLZ) 2004 und 2005, TM=Trockenmasse

Trenthorst und Wilmersdorf 2004 im Vergleich zur Reinsaatvariante nur 10 % bzw. 20 % des Biomasseertrages gebildet. An diesen beiden Standorten wurden in Reinsaat 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 Leindotterreinsaat 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-

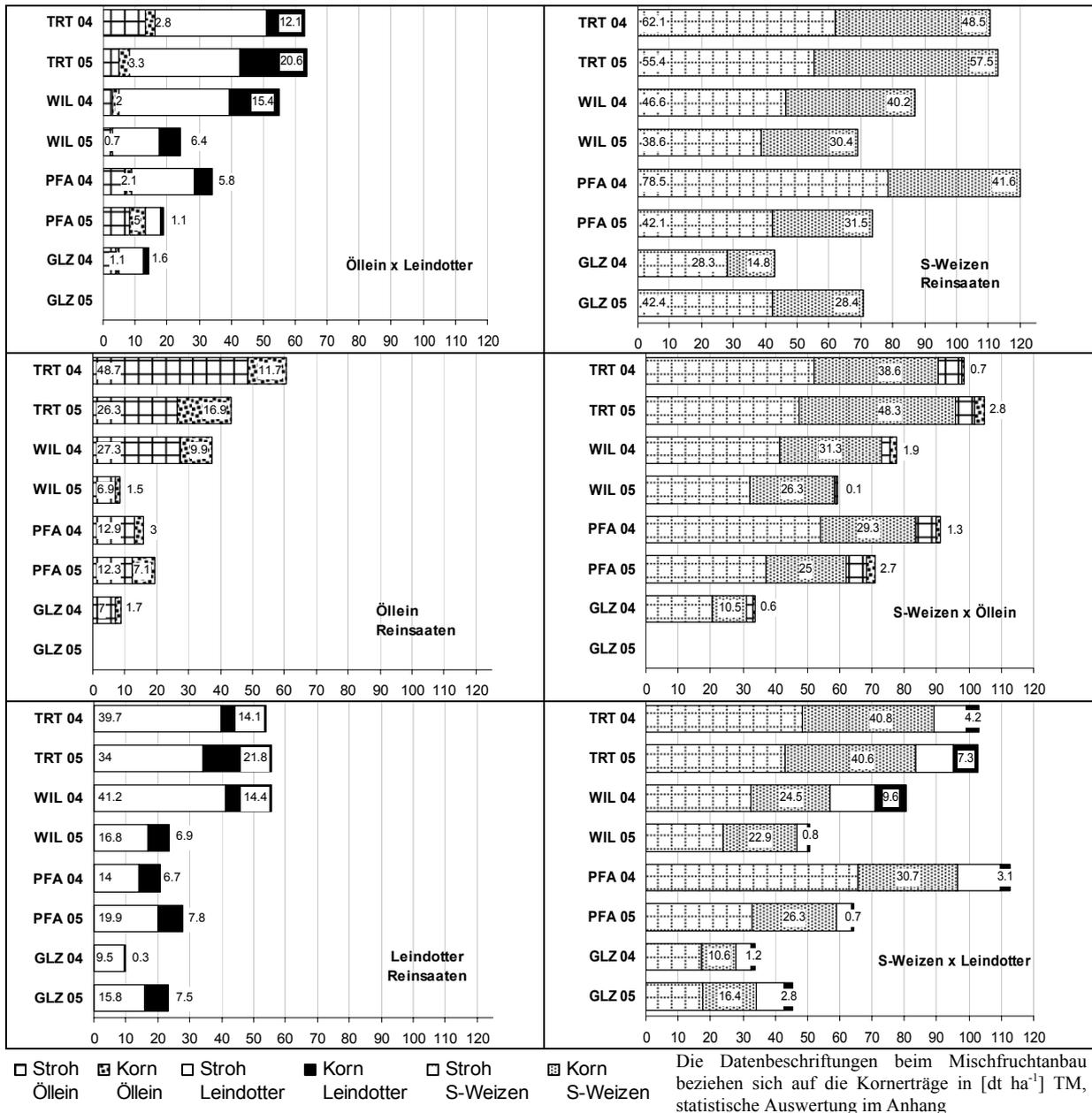


Abb. 4: Biomasseerträge [dt ha<sup>-1</sup> TM] der Gemenge aus Sommerweizen mit Öllein oder Leindotter und Öllein mit Leindotter sowie deren Reinsaaten in Trenthorst (TRT), Wilmersdorf (WIL), Pfaffenhofen (PFA), Gülzow (GLZ) 2004 und 2005, TM=Trockenmasse

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<sup>a</sup> der Komponenten der Mischkulturen mit Ölsaaten sowie derer Reinsaat und Summe des Mischfruchtertrages (MFE) [dt ha<sup>-1</sup> TM] über alle Standorte und Jahre

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

<sup>a</sup>Fett: Ertrag der einzelnen Kultur im Mischfruchtanbau > 50% des Ertrages des Reinanbaus <sup>b</sup>Ölsaat hier LD

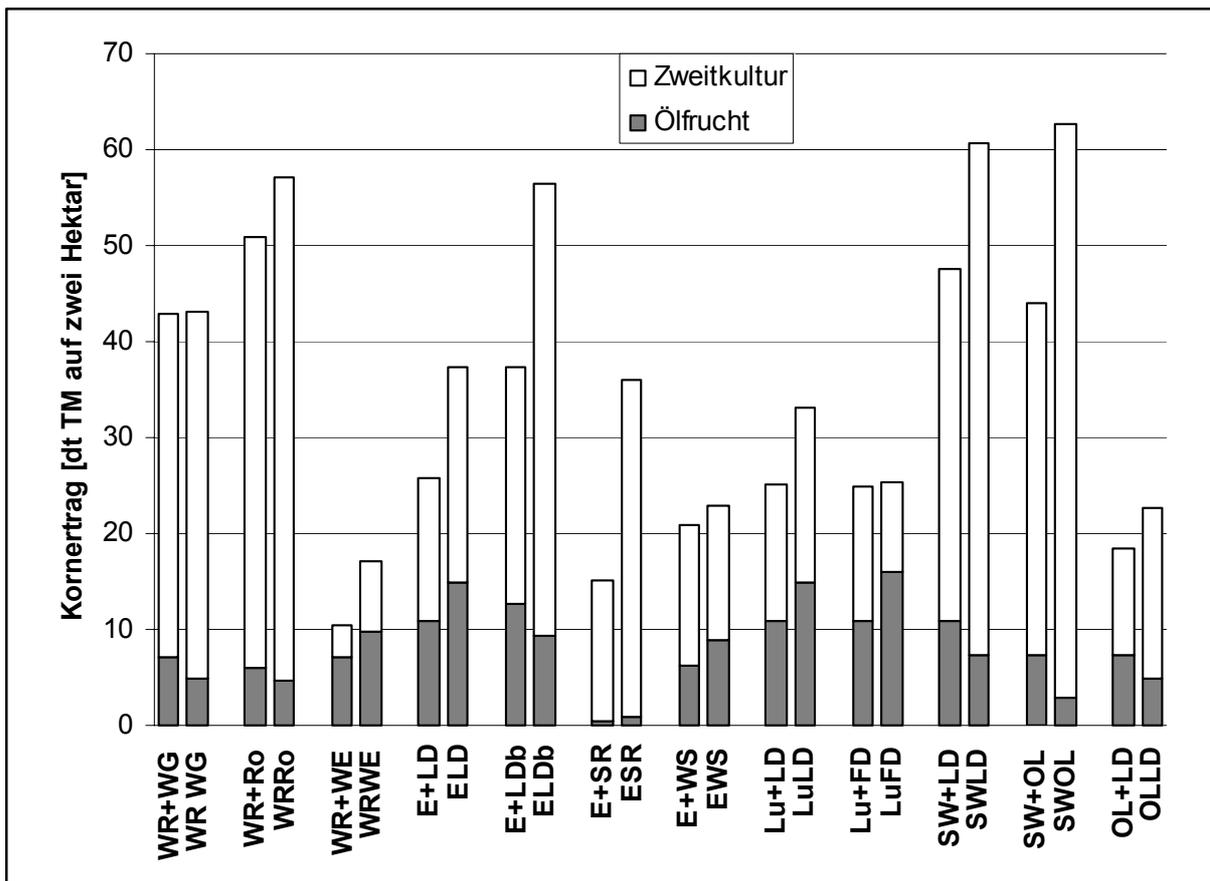


Abb. 5: Kornerträge von Mischfruchtanbausystemen mit Ölsaaten auf zwei Hektar Anbaufläche verglichen mit der Summe des Ertrages von je einem Hektar Anbau der Gemengepartner in Reinanbau, Mittelwerte aller Standorte und Jahre. Reinanbausysteme z. B. WR+WG, Mischfruchtanbau WRWG

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](http://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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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 &lt; 0.001, \*\* = 0.001 ≤ P &lt; 0.01, \* = 0.01 ≤ P &lt; 0.05, ns = P ≥ 0.05

 Tab A6: Erbsen (E) – Leindotter (LD), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha<sup>-1</sup> 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 &lt; 0.001, \*\* = 0.001 ≤ P &lt; 0.01, \* = 0.01 ≤ P &lt; 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A7: Erbsen (E) – Leindotter in Breitsaat (LDbreit), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha<sup>-1</sup> 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 &lt; 0.001, \*\* = 0.001 ≤ P &lt; 0.01, \* = 0.01 ≤ P &lt; 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A8: Blaue Lupinen (LU) – Saflor (FD), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha<sup>-1</sup> 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 &lt; 0.001, \*\* = 0.001 ≤ P &lt; 0.01, \* = 0.01 ≤ P &lt; 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A9: Blaue Lupinen (LU) – Leindotter (LD), Kornträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha<sup>-1</sup> 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 &lt; 0.001, \*\* = 0.001 ≤ P &lt; 0.01, \* = 0.01 ≤ P &lt; 0.05, ns = P ≥ 0.05

 Tab A10: Sommerweizen (SW) – Leindotter (LD), Kornträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha<sup>-1</sup> 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 &lt; 0.001, \*\* = 0.001 ≤ P &lt; 0.01, \* = 0.01 ≤ P &lt; 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A10: Sommerweizen (SW) – Öllein (OL), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha<sup>-1</sup> 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 &lt; 0.001, \*\* = 0.001 ≤ P &lt; 0.01, \* = 0.01 ≤ P &lt; 0.05, ns = P ≥ 0.05

Tab A11: Öllein (OL) – Leindotter (LD), Kornerträge im Rein- und Mischfruchtanbau [dt ha<sup>-1</sup> 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 &lt; 0.001, \*\* = 0.001 ≤ P &lt; 0.01, \* = 0.01 ≤ P &lt; 0.05, ns = P ≥ 0.05