

## 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 SCHOCHOW<sup>1</sup> und HANS-JÜRGEN REENTS<sup>2</sup>

### 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*

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

<sup>2</sup>Lehrstuhl 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

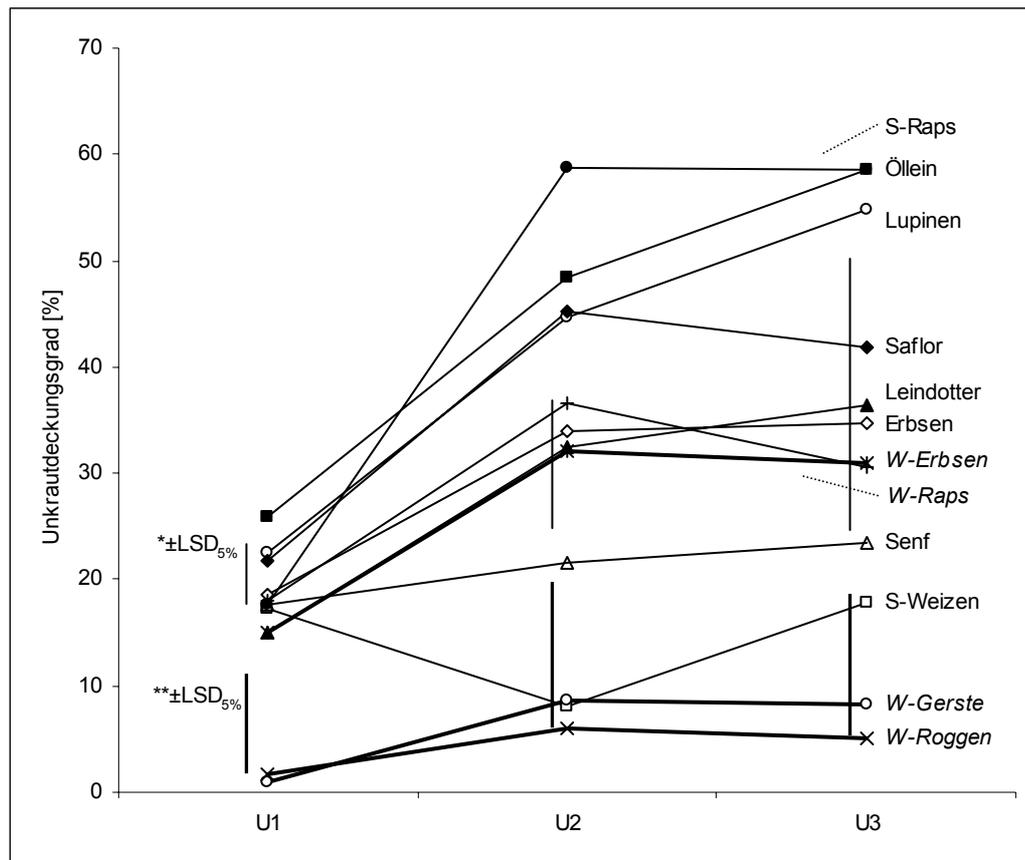


Abb. 1: Unkrautdeckungsgrad der Reinkulturen an den Versuchsstandorten, Mittelwerte aller Standorte aus 2004 und 2005

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.

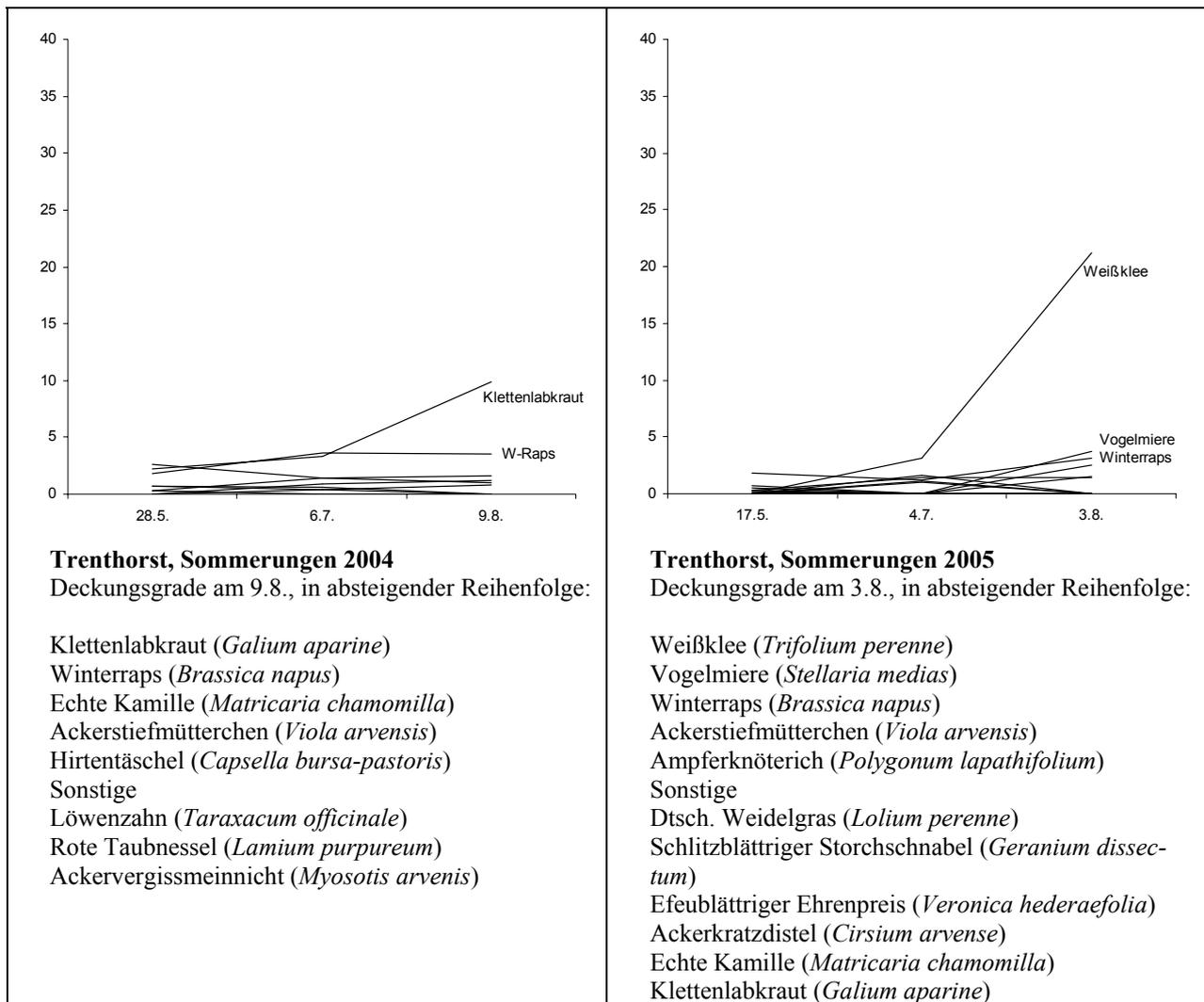


Abb. 2: Mittlerer Deckungsgrad [%] der vorkommenden Begleitflora in den Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen, Trenthorst 2004 und 2005, Sommerungen

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.

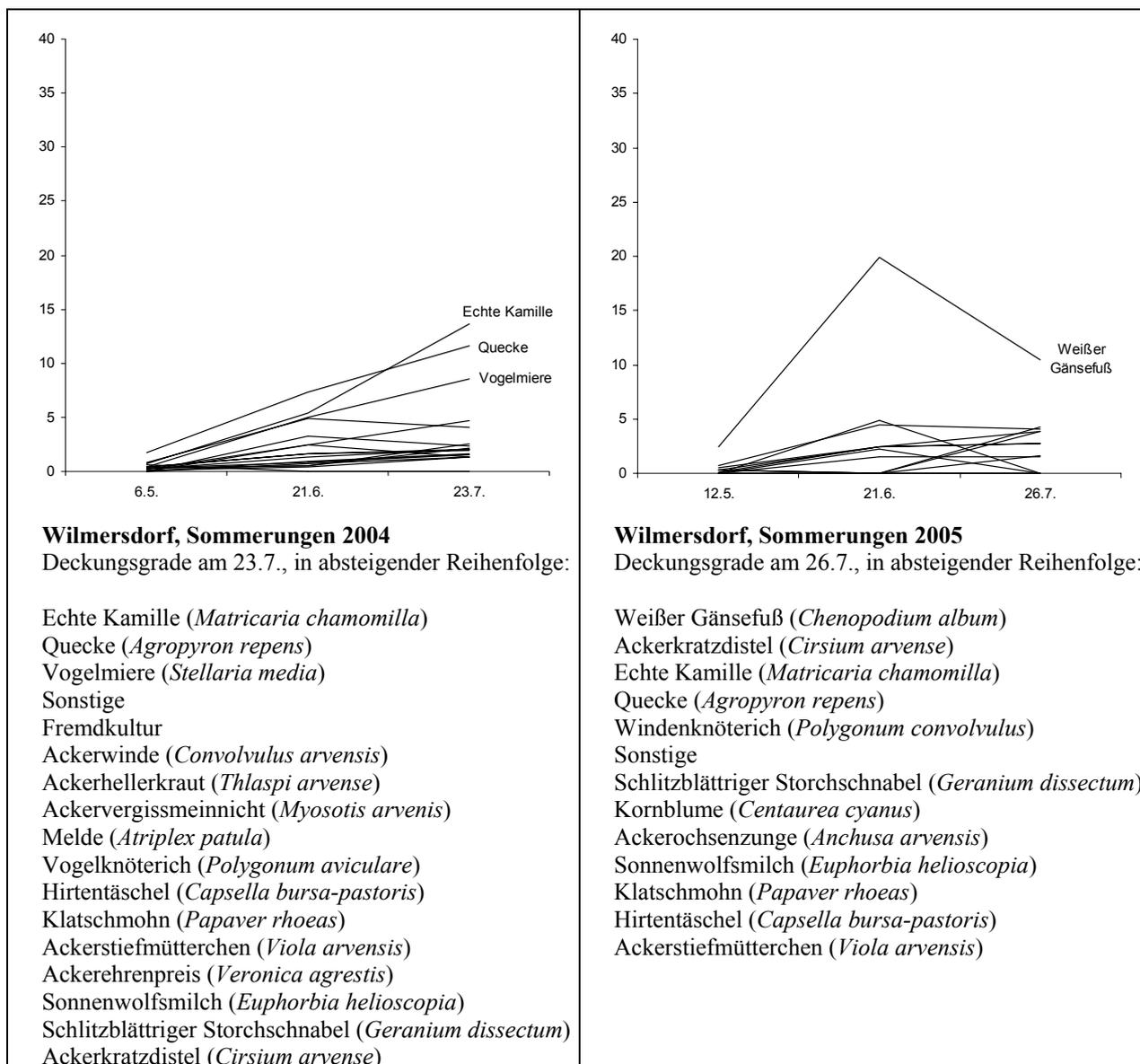


Abb. 3: Mittlerer Deckungsgrad [%] der vorkommenden Begleitflora in den Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen, Wilmersdorf 2004 und 2005, Sommerungen

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 Rapserrdflor befallen und etablierten sich dadurch von vornherein nur in geringem Maße.

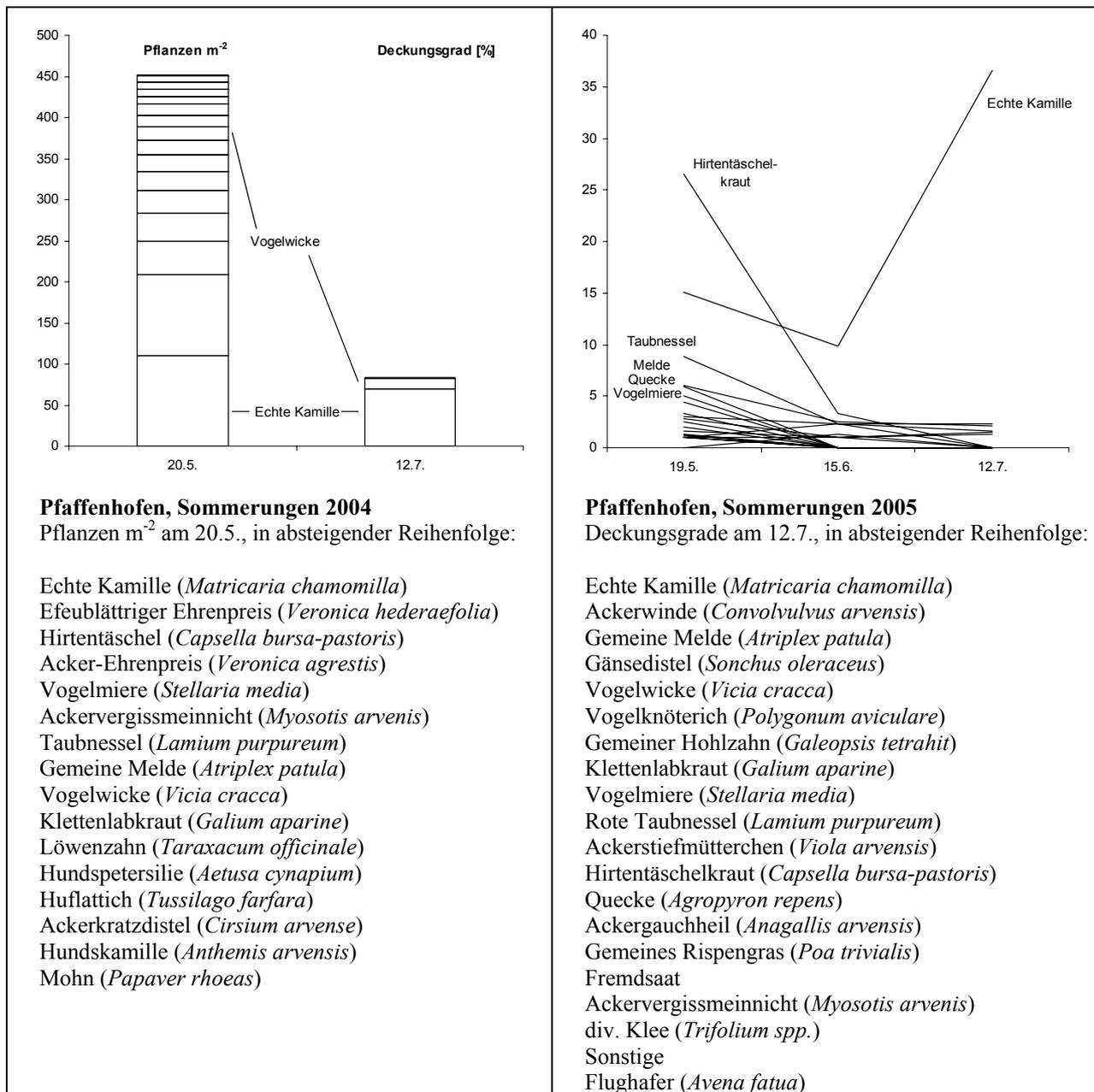


Abb. 4: Mittlerer Deckungsgrad [%] der vorkommenden Begleitflora in den Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen, Pfaffenhofen 2004 und 2005, sowie Pflanzenzahlen  $m^{-2}$  in 2004, Sommerungen

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 Rapserrdfloh 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).

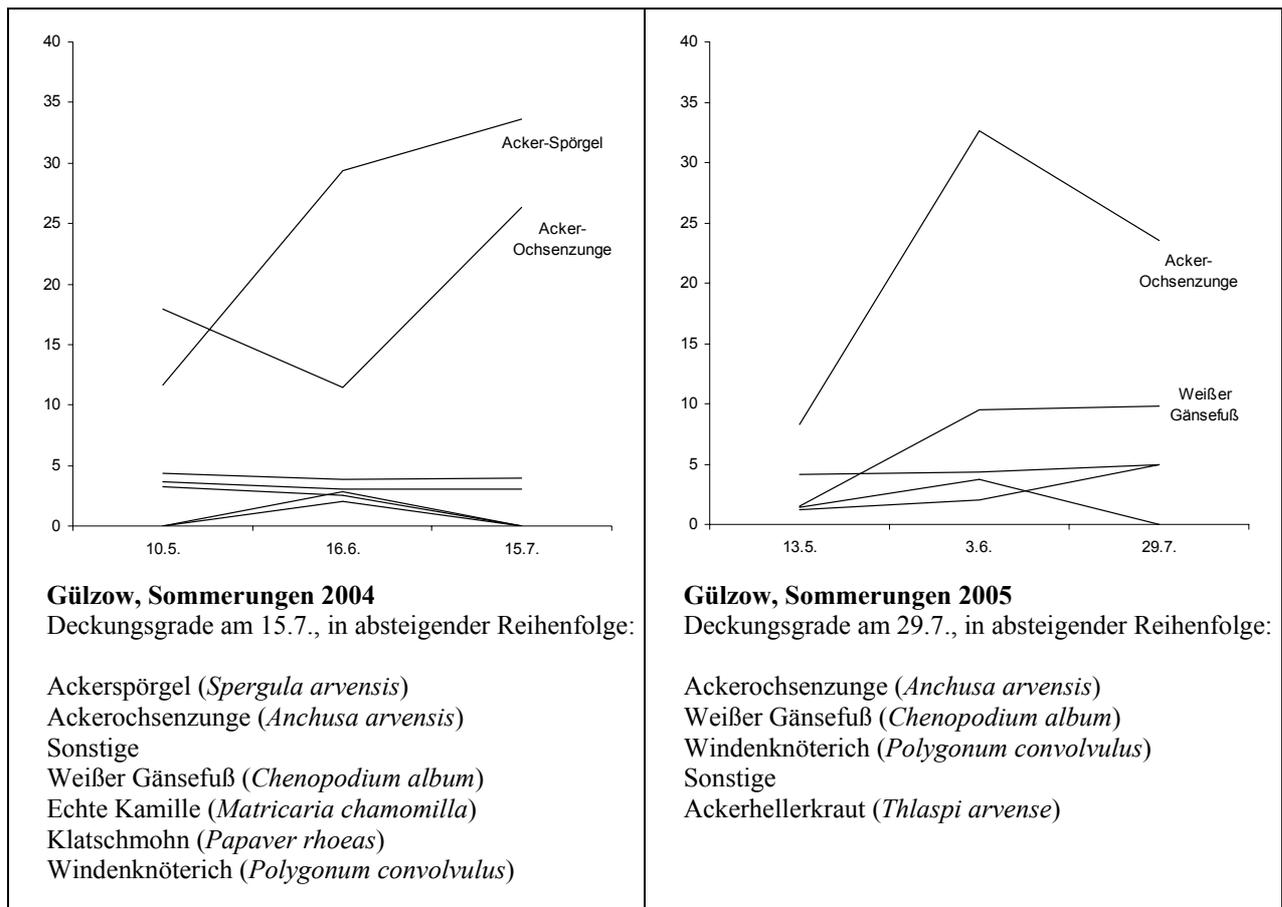


Abb. 5: Mittlerer Deckungsgrad [%] der vorkommenden Begleitflora in den Versuchen zum Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen, Gülzow 2004 und 2005, Sommerungen

### 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.

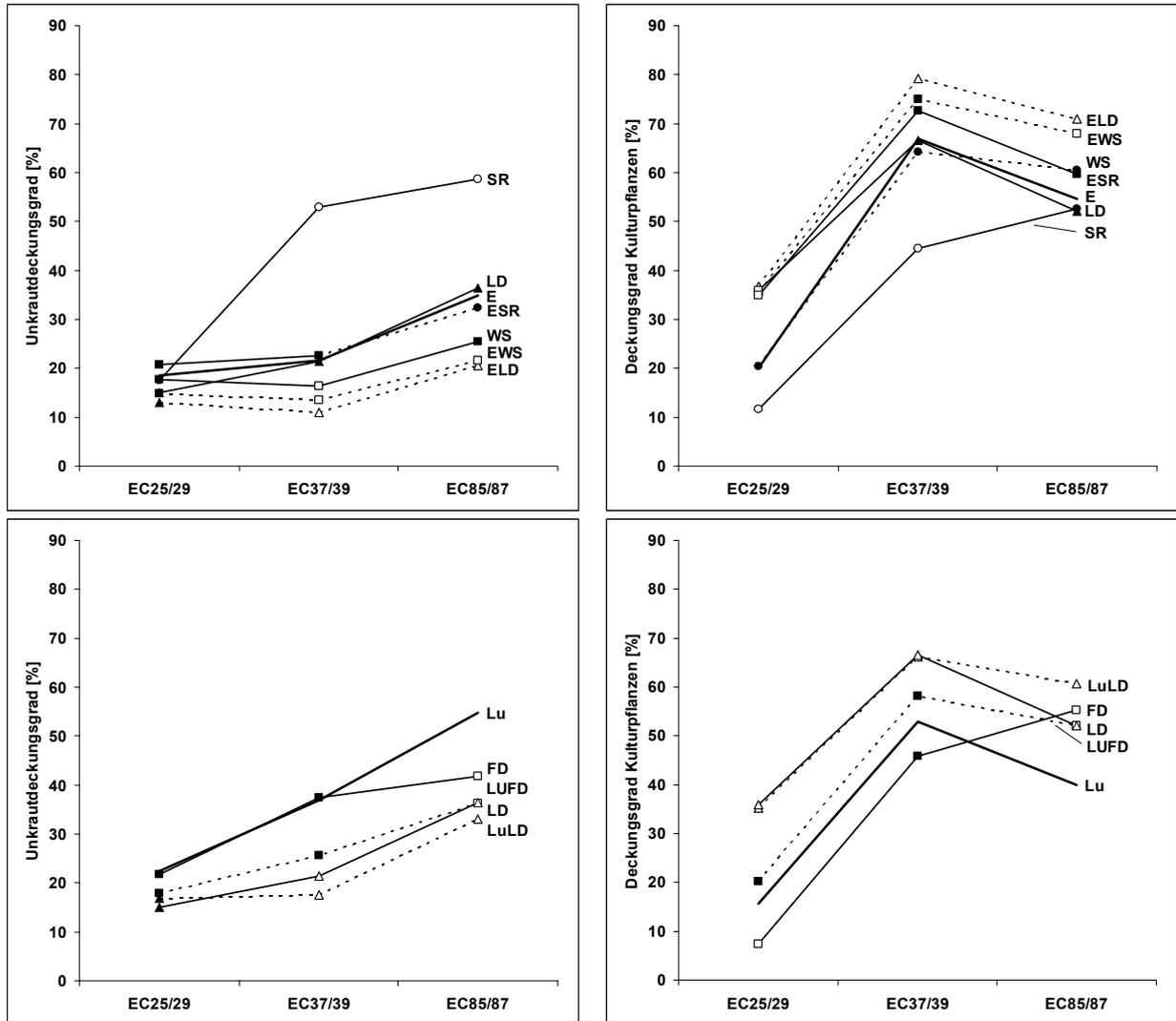


Abb. 6: Deckungsgrad des Unkrautes (links) und der Kulturpflanzen (rechts) beim Anbau von Erbsen (oben) bzw. Lupinen (unten) im Mischfruchtanbau mit verschiedenen Ölpflanzen sowie von deren Reinsaat. Mittelwerte aus Trenthorst, Wilmersdorf und Gülzow aus 2004 und 2005 sowie aus Pfaffenhofen 2005 (nur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

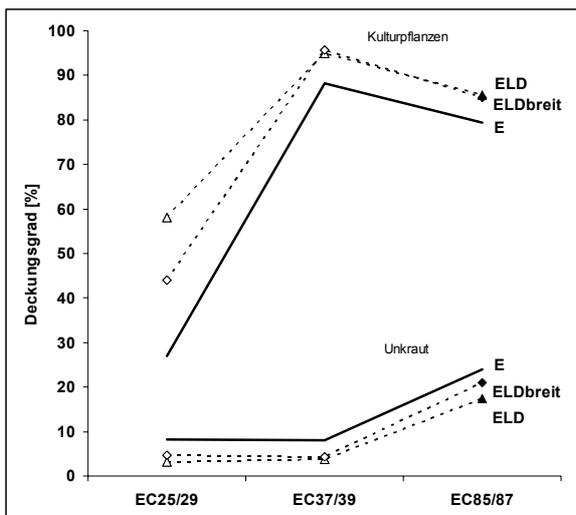


Abb. 7: Deckungsgrad des Unkrautes und der Kulturpflanzen beim Reinanbau und beim Mischfruchtanbau von Erbsen (E) und Leindotter (LD), Mittelwerte aus Trenthorst 2004 und 2005.

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.

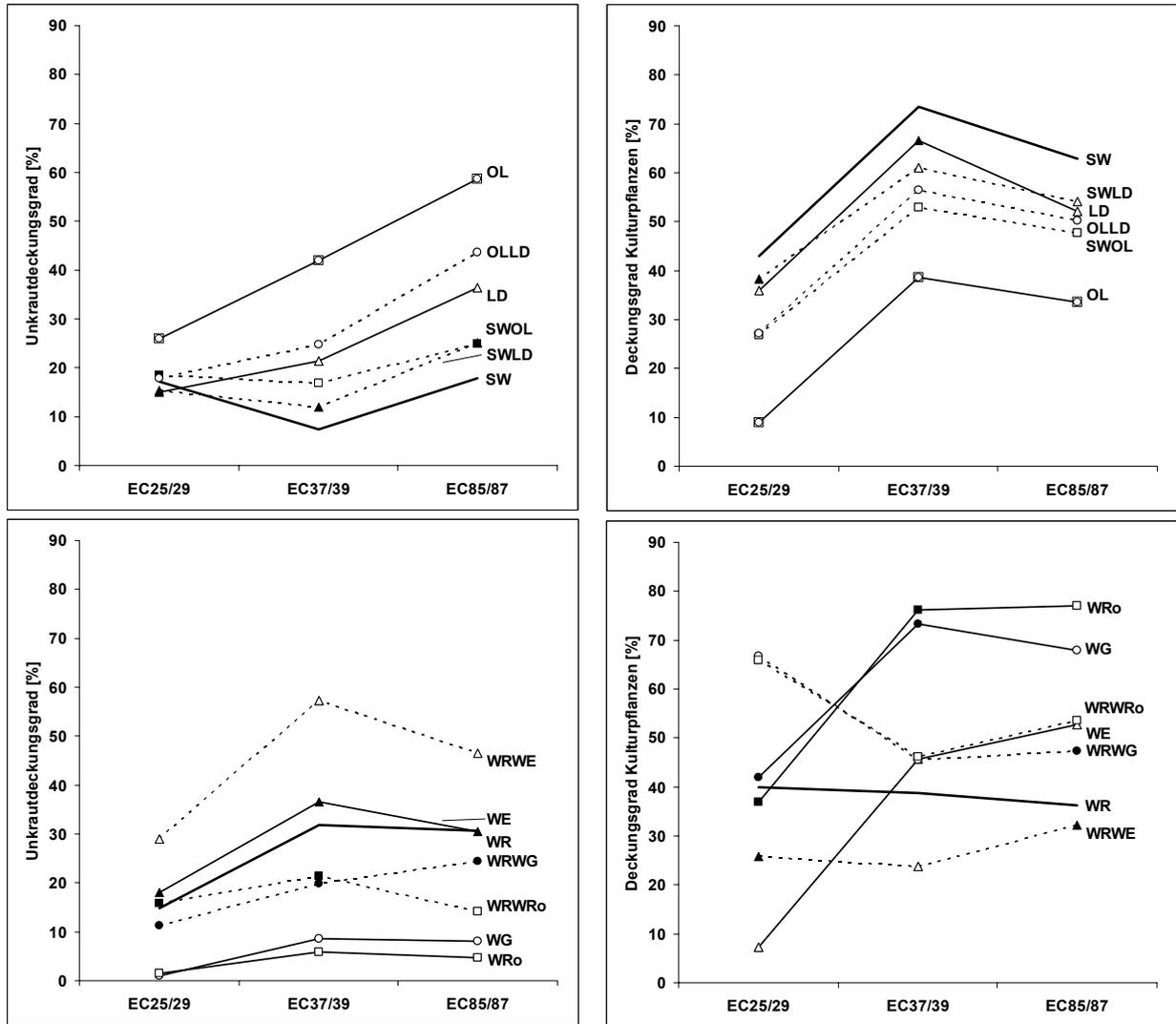


Abb. 8: Oben: Deckungsgrad des Unkrautes (links) und der Kulturpflanzen (rechts) beim Anbau von Sommerweizen (SW), Öllein (OL) und Leindotter (LD) in Reinsaat und im Mischfruchtanbau mit den Ölpflanzen (oben), Mittelwerte aus Trenthorst, Wilmersdorf, Gülzow aus 2004 und 2005 sowie aus Pfaffenhofen 2005 (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<sub>5%</sub> 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 gerin-

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-

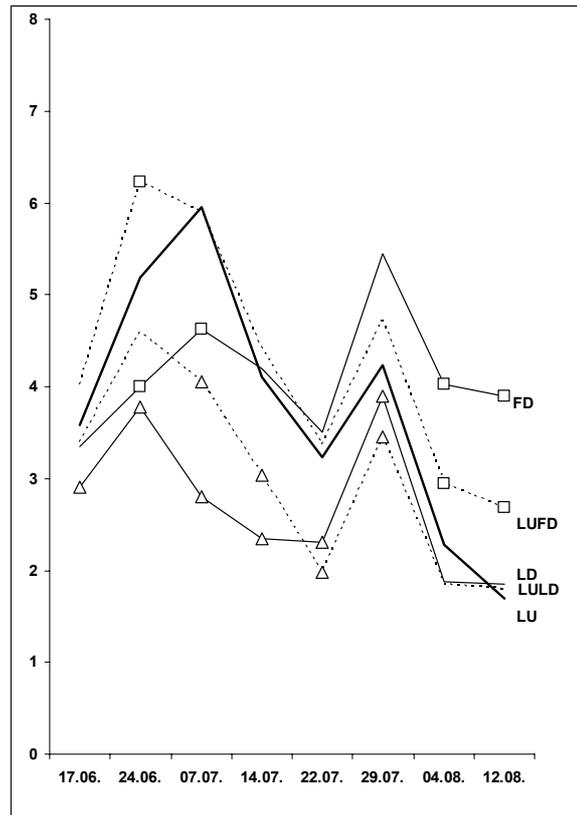
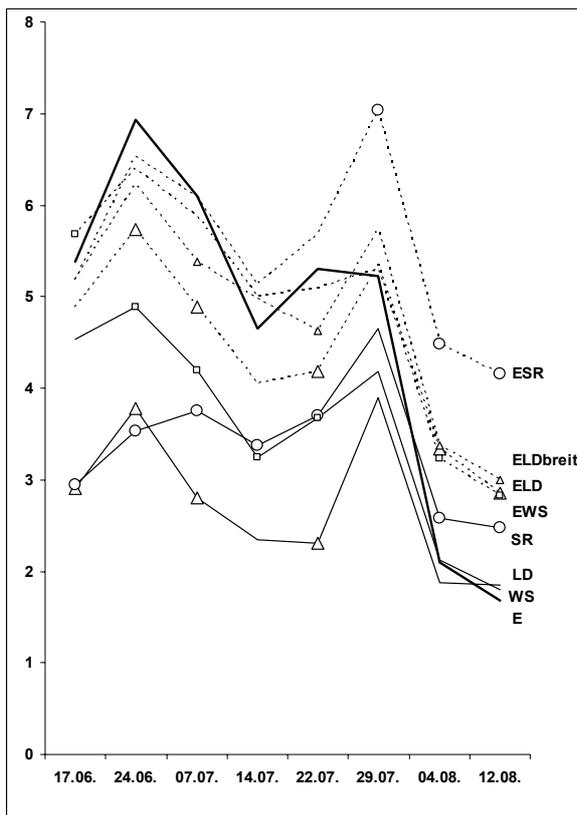


Abb. 9: Blattflächenindices von Erbsen (E) (links) und Lupinen (Lu) (rechts) in Reinsaat sowie im Gemenge mit Ölfrüchten, Mittelwerte aus Trenthorst 2005.

Die Datenpunkte, die mit Symbolen gekennzeichnet sind, unterscheiden sich statistisch signifikant ( $P < 0,05$ ) von den Werten der Erbsen bzw. Lupinen Reinkultur (LSD<sub>5%</sub> 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.

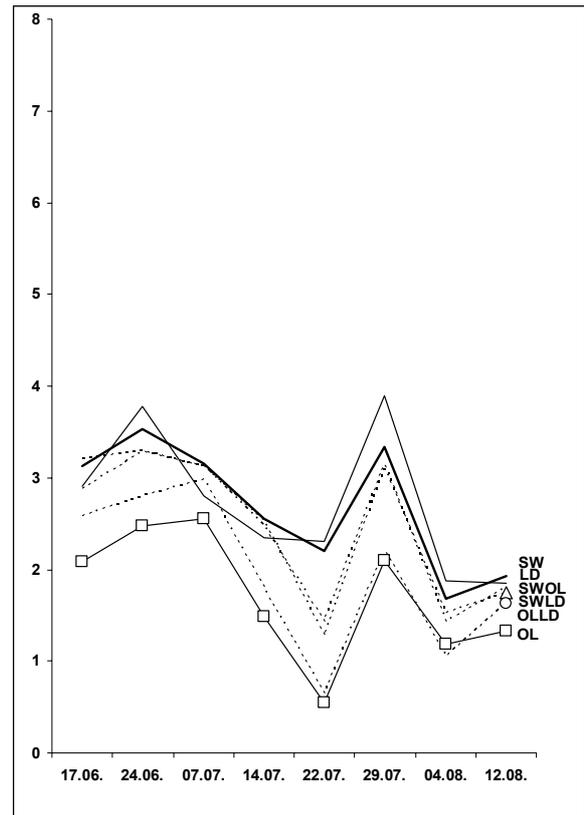


Abb. 10: Blattflächenindices von Sommerweizen (SW) und Öllein (OL) in Reinsaat sowie im Gemenge miteinander oder mit Leindotter(LD), Mittelwerte aus Trenthorst 2005.

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<sup>-1</sup> 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	<b>57,2</b>	51,9	<b>22,5</b>

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-

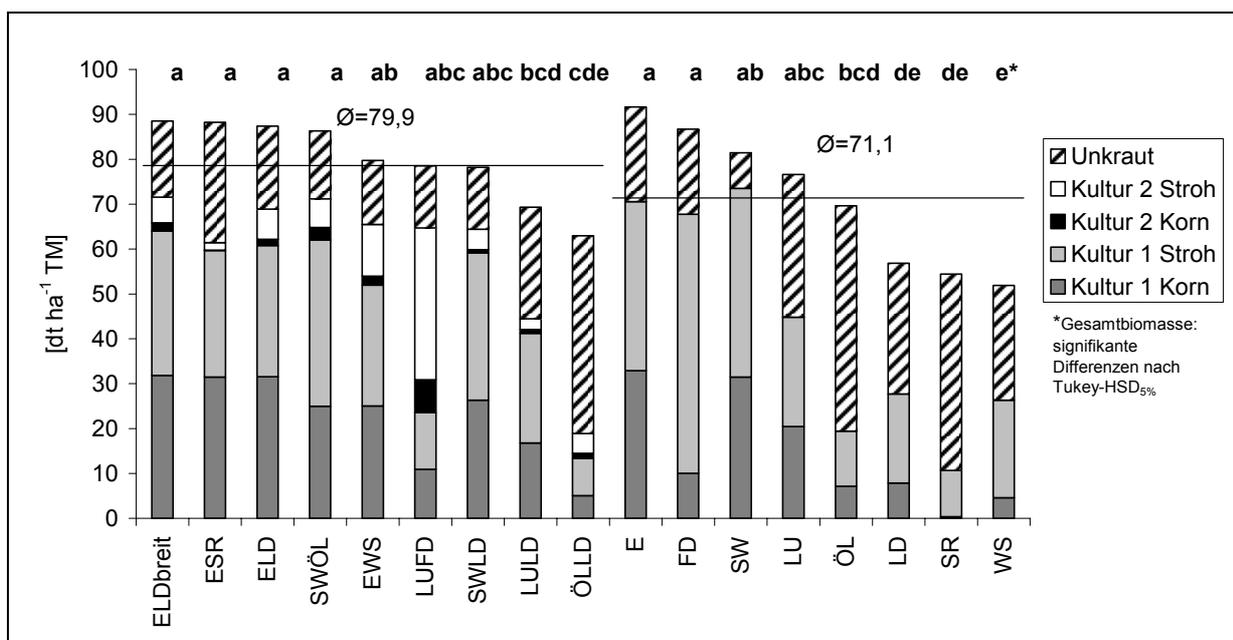


Abb. 11: Anteile von Korn und Stroh der Kulturpflanzen sowie des Unkrauts an der gesamten oberirdischen Biomasse in den Misch- und Reinkulturen, Pfaffenhofen 2005

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

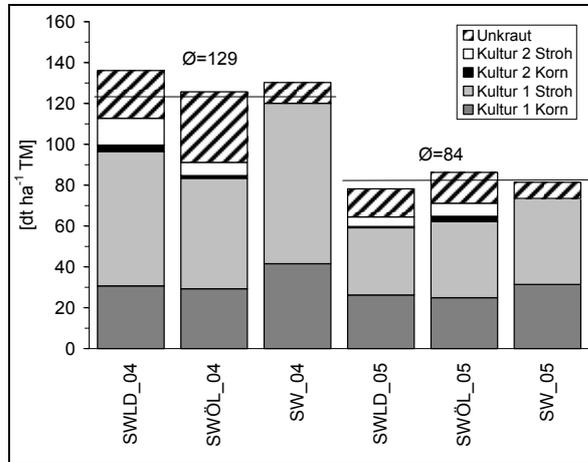


Abb. 12: Zusammensetzung des Biomasseaufwuchses in Sommerweizen in Misch- und Reinkultur, Pfaffenhofen 2004 und 2005

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 Standraumaussnutzung 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.