

Forschungsbericht

Nr. 88

Grundwasserschutz im Organischen Landbau: Untersaaten in Kartoffeln zur Minderung hoher Restnitratmengen im Boden

Projektleitung: Prof. Dr. U. Köpke

Projektbearbeiter: PD Dr. Guido Haas

Institut für Organischen Landbau

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Bonn, August 2002

ISSN 1610-2460

Projektleitung: Prof. Dr. U. Köpke

Projektbearbeiter: PD Dr. Guido Haas

Institut für Organischen Landbau
Katzenburgweg 3, 53115 Bonn
Tel.: 0228 - 73 5615, Fax: 0228 - 73 5617
e-mail: iol@uni-bonn.de

Zitiervorschlag:

G. HAAS UND U. KÖPKE (2002): Grundwasserschutz im Organischen Landbau: Untersaaten in Kartoffeln zur Minderung hoher Restnitratmengen im Boden. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 88, 61 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung - Wissensstand	1
1.2	Zielsetzung: Anbaustrategie Untersaaten	5
2	Material und Methoden	6
2.1	Standorte und Versuchsanstellung	6
2.1.1	Versuchsanlagen - Varianten	8
2.1.2	Witterung	10
2.2	Methoden	12
3	Ergebnisse und Diskussion	14
3.1	Untersaaten	14
3.1.1	Anbauverfahren	14
3.1.2	Erträge und Stickstoffaufnahme	17
3.1.3	Stickstoff im Sproß - Konkurrenzfähigkeit gegenüber Spätverunkrautung	25
3.1.4	CN-Verhältnis, Stickstoff- und Ligningehalt der Untersaaten	29
3.2	Boden	33
3.2.1	Nitratgehalte im Boden	33
3.2.2	Bodenfeuchte und -temperatur	39
3.3	Kartoffelerträge und Stoffgehalte	41
4	Abschlußdiskussion	43
4.1	Arteneignung: Artenwahl - Saatzeit	43
4.2	Zusätzliche positive Umwelteffekte	45
5	Schlußfolgerungen für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis	47
6	Literatur	55
7	Konsequenzen für weitere Forschungsaktivitäten	59
8	Veröffentlichungen - Vorträge - Pressemitteilungen	60
9	Kurzfassung	61

1 Einleitung

1.1 Problemstellung - Wissensstand

Nach Kartoffeln werden in allen Anbausystemen teilweise höhere Nitratgehalte im Boden gemessen. Im Organischen Landbau ist generell der Verlust von Stickstoff (N) zu mindern. Neben dem Schutz des Naturhaushalts ist besonders im Organischen Landbau der effiziente N-Transfer in der Fruchtfolge entscheidend für den Ertrag und die Qualität der Folgefrüchte (KÖPKE 1993/4). Der Organische Landbau weist zwar systemimmanente Vorteile hinsichtlich der **Vermeidung von Nitratausträgen in das Grundwasser** auf (HAAS 1997, 2001, HAAS et al. 1998, BERG 2003), aber der gewässerschonende Anbau von Leguminosen, Hackfrüchten und Feldgemüse erfordert effiziente **Handlungsempfehlungen für die Praxis**. Für den Leguminosenanbau (Klee gras, Ackerbohnen, Zwischenfrüchte) wurden Strategien zur Minderung von Nitratausträgen erarbeitet (HEß 1989, 1993/95, JUSTUS und KÖPKE 1995, JUSTUS 1996, KÖNIG 1996, FAßBENDER 1998).

Nach organisch angebauten Kartoffeln wurden vor Winter Nitratgehalte um 30 kg N/ha, aber auch bis über 100 kg N/ha bis zu einer Bodentiefe von 90 cm gemessen (ALFÖLDI et al. 1992, HEß 1993/95, STEIN-BACHINGER 1993, BACHINGER 1996, FAßBENDER 1998, HAAS et al. 1998, MÖLLER et al. 1999, REENTS & MÖLLER 1999, FRIED et al. 2000, BERG 2003). Für den Kartoffelanbau gut geeignet sind "leichte", siebfähige Böden. Dies sind Flächen mit sandigen bis anlehmigen Bodensubstraten, die vor allem bei flachgründigen Böden eine vglw. geringe Wasserspeicherkapazität aufweisen. Bei hohen Niederschlagsmengen über Winter und entsprechenden Sickerwasser-Neubildungsraten resultiert eine hohe Austragsgefährdung für Nitrat. Geeignete Strategien zur Minderung von Nitratausträgen, wie für andere Kulturen erarbeitet (s.o.), fehlen im Kartoffelanbau bislang.

Auf den Nitratgehalt im Boden nach der Rodung kann beim Anbau von Kartoffeln zu verschiedenen Anbauphasen Einfluß genommen werden (Tab. 1.1).

Tab. 1.1: Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Beeinflussung der Bodennitratgehalte nach dem Anbau von Kartoffeln (Erläuterung im nachfolgenden Text)

vor der Pflanzung	vor der Ernte	zur Ernte	nach der Ernte
Vorfrucht	Untersaat	Rodetermin 'Rodesaat Senf'	Zwischenfrucht oder Zweitfrucht bei Rodung bis 20. Aug.
Düngung		N-Sperre: (u.a. Stroh)	Bodenbearbeitung: - Intensität - Zeitpunkt
Sortenwahl / Reifetyp			Nachfrucht

Vorfrucht – Düngung – temporäre N-Senke Kartoffelkraut

Im konventionellen Landbau werden für Speisekartoffeln bis zum Entwicklungsstadium "Stauden 10 cm" Gehalte an verfügbarem Stickstoff im Boden bis zu einer Höhe von 200 kg N/ha in 0 - 60 cm Tiefe für die Praxis empfohlen (WALTHER 1995, LÖVENICH 1996). Diese hohen N-Mengen können teilweise auch bei organischer Bewirtschaftung insbesondere bei **Vorfrucht** Futterleguminosen und/oder organischer **Düngung** zur Verfügung stehen. Untersuchungen auf organisch bewirtschafteten Kartoffelflächen zeigen, daß diese hohen Nitratmengen im Boden innerhalb kurzer Zeit von den Kartoffelpflanzen bis etwa zum Entwicklungsstadium Ende Blüte aufgenommen werden (HEB 1993/95, SCHELLER 1993, STEIN-BACHINGER 1993, SCHMIDT 1997, FAßBENDER 1998, SCHMIDTKE et al. 1998, MÖLLER et al. 1999).

Dabei stellt das **Kartoffelkraut** eine wichtige **temporär wirksame Senke für Stickstoff** dar. STRICKER (1985) stellte bis Ende Juni bereits 70% und Ende Juli 95% der Ende August in der Kartoffelpflanze vorhandenen N-Menge fest. Bei einer Krauttrockenmasse von 20 - 35 dt/ha und einem N-Gehalt von etwa 2,5 - 3% werden zwischenzeitlich 50 - 100 kg N/ha durch das Kartoffelkraut gebunden (NEUHOFF 2000). Zwischen 40 und 66% des Stickstoffs in den Knollen zur Ernte werden aus Stengeln und Blättern in die Knollen transloziert, der Rest wird aus dem Boden direkt aufgenommen (MILLARD & MACKERRON 1986, KOLBE & STEPHAN-BECKMANN 1997). Übersteigt das N-Angebot die Aufnahmekapazität der Knollen, wird überschüssiger Stickstoff vermehrt im Kraut eingelagert (MILLARD & MARSHALL 1986).

Zum Zeitpunkt der Ernte ist im Organischen Landbau das Kartoffelkraut in der Regel bereits zersetzt. Nach KOLBE & STEPHAN-BECKMANN (1997) wird der nicht in die Knollen eingelagerte Stickstoff in Höhe von etwa 30% der maximal im Kraut gebundenen N-Menge (etwa 15 - 30 kg N/ha) wieder im Boden freigesetzt. Früher und sich rasch ausbreitender Krautfäulebefall wirkt sich negativ auf die N-Translokation aus. Der dann noch nicht in die Knollen umgelagerte Stickstoff wird mit der Krautzersetzung zusätzlich frei. Weiterhin im Boden mineralisiertes Nitrat kann kaum noch aufgenommen werden, wodurch höhere Nitratgehalte im Boden bereits zur Ernte resultieren können.

Eine an das N-Aufnahmevermögen der Kartoffel angepasste Düngung - im Organischen Landbau im wesentlichen mit Wirtschaftsdüngern - läßt überschüssige Nitratstickstoffmengen im Boden wie auch hohe Nitratgehalte in den Knollen weitgehend vermeiden. Aufgrund der stark witterungsabhängigen N-Freisetzung sind im Organischen Landbau einer gezielten N-Düngung mit Stallmist jedoch enge Grenzen gesetzt. Nach Vorfrucht Rotklee gras ist Stallmisdüngung allerdings, wie vielfach in der Praxis gehandhabt, bei ausreichend mit Kalium versorgten Böden nicht mehr ertragswirksam (STEIN-BACHINGER 1993, NEUHOFF 2000) und sollte, um eine zusätzliche Erhöhung der Bodennitratgehalte im Herbst zu vermeiden, in diesem Fall nicht ausgebracht werden.

Bodenbearbeitung – Nachfrucht Wintergetreide

Infolge der Rodung wird der Boden intensiv bewegt und durchlüftet. Durch die Rodung sowie die nachfolgende Bodenbearbeitung kann die Mineralisierung von Stickstoff im Boden stark gefördert werden. Dabei sind Bodenfeuchte und -temperatur entscheidende Einflußgrößen. Spätere Rode- und Bodenbearbeitungstermine und damit i.d.R. geringere Bodentemperaturen sowie eine geringere Bearbeitungsintensität werden die Freisetzungsraten für Bodenstickstoff mindern, wie der Vergleich von Bodennitratgehalten nach Kartoffeln mit später gerodeten Zuckerrüben (HAAS et al. 1998, S. 31, konventioneller Landbau) und Futterrüben sowie Mais (ausbleibende Bodenbewegung zur Ernte wirkt zusätzlich günstig) (FABBENDER 1998) nahelegt.

Die zur Nutzung der positiven Vorfruchteffekte von Kartoffeln als Nachfrüchte vornehmlich angesäten Winterweizen- oder Winterroggen-Bestände können hohe Restnitratmengen vor Winter kaum reduzieren (ALFÖLDI et al. 1992, HEB 1993/95, STEIN-BACHINGER 1993, SCHMIDT 1997, FABBENDER 1998). Es werden bis zum Vegetationsende nur etwa 20 bis 30 kg N/ha aufgenommen. Um Nitratverluste nach Kartoffeln mit folgendem Wintergetreide zu mindern, untersuchten REENTS & MÖLLER (1999) in Südbayern den Einfluß der Saatzeit von Winterweizen, Dinkel und Winterroggen. Bei gleichem Rodetermin Mitte September wurden bei Aussaat direkt nach der Kartoffelernte geringere Nitratgehalte vor Winter im Vergleich zu einer Aussaat vier Wochen später festgestellt. Im Vergleich zum üblichen Saattermin im Oktober waren die Kornerträge gleich hoch, die Kornqualitäten aber geringer (u.a. Proteingehalt Winterweizen). Der zum dritten Termin spät im November gesäte Winterweizen wies die größte Verlagerung von Nitrat in die Bodenschicht 90 bis 150 cm auf.

Späte Saattermine der Wintergetreide-Nachfrucht sollten mit möglichst späten Rodeterminen gekoppelt sein. Die Variation der Saattermine für Getreide nach Kartoffeln sind dabei standortspezifisch und in Abhängigkeit von Vorfrucht und Bodenbearbeitungs- bzw. Rode-terminen zu entwickeln. Die von REENTS & MÖLLER (1999) empfohlene Frühsaat von Getreide nach Kartoffeln bedarf weiterer Prüfung, da beide Untersuchungsjahre durch ungewöhnlich kalte Winter geprägt waren, die infolge wochenlanger Frostperioden längere Zeit kein Sickerwasser bilden ließen. Der Unkraut- und Krankheitsdruck bei Frühsaat war höher, was im wärmeren Rheinland verstärkt zu erwarten ist. Bislang steht keine empfehlenswerte Nitratminderungsstrategie für Wintergetreide nach Kartoffeln zur Verfügung.

Rodetermin - Zwischen-/Zweitfrucht - 'Rodesaat'

Mit Zwischen- oder Zweitfrüchten ist die Aufnahme und Bindung von im Herbst mineralisiertem Nitrat in die aufwachsende Pflanzenmasse möglich. Der gebundene Stickstoff kann mit Zwischenfrüchten effizient bis zum Anbau einer Sommerung im nachfolgenden Frühjahr transferiert werden. Mit dem ökonomisch interessanten Anbau von Feldgemüse nach

Kartoffeln wird in pflanzlichen Ernteprodukten gebundener Stickstoff von der Fläche exportiert (KÖPKE 1996, KOTNIK & KÖPKE 2001). Für beide Strategien stehen geeignete Brassicaceen mit vergleichsweise noch spät möglichen Saat- oder Pflanzterminen sowie auch bei niedrigen Temperaturen im Spätherbst noch hohen Wachstumsraten zur Verfügung. Erst nach mehrjähriger Versuchsanstellung wird die Kombination von früh zu rodenden Kartoffeln und Brassicaceen-Feldgemüsen hinsichtlich Praktikabilität, Kosten und Nitrataustragsminderung zu beurteilen sein.

Erforderlich ist hierfür eine Rodung der Kartoffeln bis spätestens 20. August. Die marktdominierenden mittel-frühen, lagerfähigen Speisekartoffelsorten werden in der Regel aber erst im September gerodet. Frühere Rodetermine von Lagerkartoffeln sind, wenn Schalenfestigkeit gegeben ist, nur mit entsprechenden Kühllagerkapazitäten möglich. Auch die gleichzeitige Aussaat von geeigneten Zwischenfrüchten durch den Anbau eines Schleuderstreuers an den Kartoffelroder (BUCHNER et al. 1997) erfordert eine Rodung bis etwa 20. August, um hinreichend wüchsige Zwischenfruchtbestände sicher zu gewährleisten.

Dabei kann für den Organischen Landbau die Auswahl geeigneter Zwischenfruchtarten problematisch sein. Zwischenfruchtbestände (bspw. vielfach angebauter Gelbsenf) können nach Frosteinwirkung bereits im November/Dezember absterben und bei nachfolgend wärmeren Witterungsphasen (Tagestemperaturen 5 - 10°C, häufig im Rheinland) über Winter zersetzt und mineralisiert werden. Die Nitratgehalte im Boden steigen dann bereits im Januar/Februar wieder an. Bei einsetzendem Tauwetter oder großen Niederschlagsmengen wird bereits im zeitigen Frühjahr Nitrat in tiefere Bodenschichten verlagert (THORUP-KRISTENSEN 1995, BERG 2003). Die geeigneteren winterharten Zwischenfruchtarten (bspw. Rübsen, Winterraps) erfordern wegen möglichem Durchwuchs eine höhere Sorgfalt beim Umbruch.

1.2 Zielsetzung: Anbaustrategie Untersaaten

Mit der Strategie 'Untersaaten in Kartoffeln' wird primär angestrebt, hohe N-Mengen in der Sproßmasse der Untersaaten bis zur Rodung der Kartoffeln zu binden, um damit geringere Nitratgehalte im Boden zur und nach der Ernte zu erreichen. WELLER (1984) hatte Lupinen-Untersaaten in Kartoffeln als zusätzliche N-Quelle speziell für viehlose Betriebe des Organischen Landbaus beschrieben.

Die Untersaat geeigneter Arten erfolgt nach dem letzten Häufeln in die Dammfurche des aufwachsenden Kartoffelbestandes. Die Eignung der verschiedenen Arten ist abhängig von deren Entwicklungsfähigkeit im wachsenden Kartoffelbestand, der N-Senkenkapazität und der späteren zeitbezogenen und mengenmäßigen Freisetzung/Immobilisierung von Stickstoff im Boden als Funktion der stofflichen Zusammensetzung. Die theoretischen Überlegungen zu diesem Verfahren wurden in Feldversuchen unter den Bedingungen des Organischen Landbaus in den Jahren 1997 bis 1999 erprobt.

Auf dem Versuchsbetrieb Scheyern der TU München-Weihenstephan wurde 1997 die Einsaat von Senf primär zur Minderung der Erosionsdisposition unter Praxisbedingungen getestet (KAINZ et al. 1997). Statt einer 'echten' Untersaat wird mit beginnendem Krautfäule-Befall und/oder zur Begrenzung des Größenwachstums der Knollen (Pflanzguterzeugung) das Kartoffelkraut abgeschlegelt und breitflächig Senf ausgesät. Diese Variante wurde ab 1998 in das eigene Versuchskonzept integriert.

Die Feldversuche wurden mit folgender Zielsetzung angelegt:

- **Durchführbarkeit des Anbauverfahrens**
 - Etablierung einer Untersaat in Kartoffeln
 - Etablierung einer Untersaat in Kartoffelbeständen organisch wirtschaftender Praxisbetriebe
- **Untersaaten-Arten- & Verfahrenseignung im Hinblick auf**
 - Sproß-Trockenmassenbildung (Wachstumsrate),
 - N-Aufnahme im Sproß (N-Senkenkapazität, N-Aufnahmeraten),
 - Konkurrenzkraft gegenüber Spätverunkrautung,
 - Zerset- und Abbaubarkeit (Parameter: N-Gehalt, C/N-Verhältnis, Ligningehalt),
 - Rodebehinderung,
 - Minderung der Nitratgehalte im Boden zu und nach der Ernte sowie
 - positive Zusatzeffekte (Humusreproduktion, Blütenangebot, Landschaftsbild).

Ausgangspunkt der Überlegung war die **Kernhypothese**, daß mit geeigneten Untersaaten die Nitratgehalte im Boden nach Kartoffeln vor Winter wirksam gemindert werden können.

2 Material und Methoden

2.1 Standorte und Versuchsanstellung

Die Kernversuche wurden auf dem Versuchsbetrieb für Organischen Landbau Wiesen-
gut/Hennef der Universität Bonn angelegt (HAAS 1995). Das Wiesengut liegt in der
Siegniederung bei Hennef auf einer Höhe von 62 bis 65 m über NN etwa 25 km östlich von
Bonn. Im Jahre 1999 wurden zusätzlich auf drei weiteren Standorten in Kartoffelschlägen
langjährig organisch wirtschaftender Betriebe Feldversuche angelegt (Tab. 2.1, 2.2). Die
Betriebe nehmen am Projekt "Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen"
teil (www.uni-bonn.de/leitbetriebe). Regionalräumlich lagen die Betriebe bei nahezu ebenem
Relief in der Niederrheinischen Bucht und im nördlich angrenzenden Niederrheinischen
Tiefland in der Nähe von Düsseldorf (38 m ü. NN), Mönchengladbach (41 m ü. NN) und
Kleve (28 m ü. NN). Die Standorte werden nachfolgend bis auf das Wiesengut (WG)
verschlüsselt. Die Böden der Feldversuchsstandorte waren teilweise nur 60 - 75 cm mächtig,
weshalb die Bodenbeprobung im Jahre 1999 auf allen Flächen einheitlich nur in den beiden
Bodenschichten 0 - 30 und 30 - 60 cm erfolgte.

Tab. 2.1: Standortdaten und Bewirtschaftung der Kartoffelanbauflächen

Betrieb	WG '97	WG '98	WG '99*	N '99*	W '99*	O '99*
Bodenart	sU	sU	sU	hS	sL	sL
Ackerzahl	58	65	73	40	75	80
C _t % / N _t %	1,0/0,1	1,1/0,11	0,96/0,11	2,52/0,16	0,9/0,08	0,93/0,09
Humusgehalt (C _t x 1,724)	1,7	1,9	1,7	4,3	1,6	1,6
mg P/100 g Boden	5,5	5,4	4,1	4,0	6,3	4,9
" 30 - 60 cm tief	1,3	1,1	0,9	1,2	1,5	3,8
mg K/100 g Boden	17,4	23,7	7,4	5,6	6,9	13,0
" 30 - 60 cm tief	7,5	8,6	4,1	3,1	5,9	12,9
pH	5,9	6,2	6,3	5,9	6,3	6,2
Düngung zu Kartoffeln	75 kg K/ha 35 kg P/ha	75 kg K/ha 35 kg P/ha	75 kg K/ha	150 dt/ha Stallmist	keine	keine
Vorvorfrucht	W-Roggen	W-Roggen	W-Roggen	Kleegras	Möhren	Gemüse
Vorfrucht	Kleegras	Kleegras	Kleegras	S-Weizen	Erbsen	S-Weizen

*Beprobung der betriebsüblichen Variante am 4./5. Nov. 1999;
soweit nicht spezifiziert, Angabe für 0 - 30 cm Bodentiefe, P/K-Analyse nach DL-Extraktion,
Kleegras - Rotkleegras

Neben der betriebsüblichen mechanischen Unkrautkontrolle wurden zusätzlich manuell Ackerkratz- und Kohlgänsedistel-Nester sowie einzelne größere Ampfer- und Weißer Gänsefußpflanzen zur Untersaat nach dem letzten Häufelgang mit dem Ziel einheitlicher Prüfbedingungen in allen Varianten entfernt. In allen Versuchen wurde vorgekeimtes Pflanzgut von Sorten der frühen bzw. mittel-frühen Reifegruppe verwendet. Der Dammanabstand betrug 75 cm, die Pflanzgut-Sortierung 35 bis 50 bzw. 55 mm und der Pflanzabstand 28 - 32 cm (47.600 - 41.600 Knollen/ha). In den Feldversuchen auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut wurden am 19.6.1997 2 kg Cu/ha sowie am 20. und 29. Juni 1998 in Summe 3 kg Cu /ha gegen Krautfäule und jedes Jahr etwa Ende Juni gegen Kartoffelkäferlarven das *Bacillus thuringiensis* Präparat "Novodor" ausgebracht. An den weiteren Standorten des Jahres 1999 trat bislang kein Kartoffelkäferbefall auf. Gedüngt wurden auf dem Wiesengut in den Jahren 1997 und 1998 2,5 dt/ha Hyperphos (35 kg P/ha, 18 kg Mg/ha) und in allen 3 Jahren 3 dt/ha Kalimagnesia (75 kg K/ha, 18 kg Mg/ha). Im Jahre 1999 wurden die Versuchs- bzw. Praxisflächen auf dem Standort O (Mai 25 mm, Juni 20 mm) und dem Wiesengut (Ende Juli/Anfang August 2 x 25 mm) beregnet.

Tab. 2.2: Bewirtschaftung der Feldversuchsflächen

Betrieb	WG '97	WG '98	WG '99	N '99	W'99	O'99
Dammausrichtung	Nord-Süd	Nord-Süd	Nord-Süd	Nord-Süd	Ost-West	Nordost-Südwest
Kartoffelsorte	Cilena	Nicola/ Agria	Nicola/ Agria	Solara	Nicola	Charlotte
Pflanztermin	22.4.	1.5	28.4	3.4	23.4	31.3
Striegel/Netzegge	2x	2x	1x	5x	2x	2x
Häufler/Hacke	5x	3x	2x	6x	2x	3x
letzter Häufelgang	13.6	23.6	11.6	25.5	15.6	21.5 ¹⁾
Saat Untersaat	19.6.	24.6	11.6	26.5	15.6	15.6
Saat Senf /spät	entfiel ²⁾	27.7	6.8	29.7	29.7	entfiel ³⁾
Kraut abgestorben	Anfang Juli	Mitte Juli	Mitte Aug.	Mitte Juli	Mitte Juli	Anfang Juli
Rodetermin	10.9.	28.9./8.11.	15.10	23.9	24.9	27.9
Grubber	- ⁵⁾	- ⁶⁾	1x	1x	1x	2x
Saat Nachfrucht	Frühjahr ⁵⁾	Frühjahr ⁶⁾	28.10	7.10	30.11 ⁴⁾	19.10
Nachfrucht	S-Weizen	S-Weizen	W-Weizen	W-Roggen	W-Wicken	W-Roggen

¹⁾ vorgesehener letzter Häufelgang entfiel aufgrund früh eingetretenem Phytophthora-Krautfäulebefall

²⁾ erst seit 1998 Versuchsvariante ³⁾ aus Fruchtfolgegründen ⁴⁾ pfluglos

⁵⁾ aus Versuchsgründen bzw. ⁶⁾ witterungsbedingt keine Bearbeitung im Herbst

Die Saat der Untersaaten in die Furchen erfolgte mit einem Einrad-Handsäugerät (Säaggregat Fa. Sembdner). Die Breitsaat von Buchweizen, Hirse, Senf und Gras wurde 1998 mit einer Parzellen-Drillmaschine (Fa. Hege) ohne Bodenkontakt der Säschare nach dem Abschlegeln der Kartoffeln durchgeführt. Im Jahr 1999 wurde der Senf in den absterbenden oder je nach Standort schon weitgehend abgestorbenen Kartoffelbestand je zur Hälfte in die Furche gedrillt und manuell auf die Dammkronen gestreut. Im Jahr 1998 wurde zur Spätsaat in einem gesonderten Feldversuch der Unkrautaufluchts in Dammhöhe abgemulcht. Im Jahre 1999 war die Spätsaat jeweils in den Feldversuch mit Sonnenblume und Mais integriert. In den Furchen erfolgte vor der Spät- bzw. Senfsaat ein Hackdurchgang mit einer Einradhacke.

2.1.1 Versuchsanlagen - Varianten

Alle Feldversuche wurden als randomisierte Blockanlagen mit 4 Wiederholungen angelegt (Tab. 2.3). Die Parzellen waren 3 m breit (4 Dämme/Furchen) und zwischen 9 und 10 m lang. In den Jahren 1997 und 1998 wurden auf dem Versuchsbetrieb für Organischen Landbau Wiesengut die Untersaateneignung mehrerer Arten mit den empfohlenen Aussaatmengen geprüft (Tab. 2.4).

Tab. 2.3: Übersicht über die Feldversuche der Jahre 1997 bis 1999 (Erläuterung s. Text)

	Wiesengut 1997	Wiesengut 1998		4 Standorte 1999
Sätermin	19. Juni	24. Juni	28. Juli	s. Tab. 2.2
Saat	Furchensaat	Furchensaat	Furchen-/Breitsaat	Furchen-/Breitsaat
Faktor	Sonnenblume	Sonnenblume	Sonnenblume	Sonnenblume
Arten	Mais	Mais	Mais	Mais
	Sorghumhirse	Sorghumhirse	Sorghumhirse	-
	Buchweizen	Buchweizen	Buchweizen	-
	Winterraps	Winterraps	-	-
	Einj. Weidelgras	-	Einj. Weidelgras	-
	Phacelia*	-	-	-
	-	-	Gelbsenf	Gelbsenf
Zusatzvarianten				unkrautarm unkrautarm & Stroh
Zusatzfaktor		Kartoffelsorte		auf dem Wiesengut Kartoffelsorte
Zusatzversuch		Dammabstand 75 / 90 cm		

*Phacelia wurde aufgrund sehr geringer Massenbildung und lückigem Bestand nicht ausgewertet.

Tab. 2.4: Aussaatmengen der Untersaaten

Art	Sorte	Kö/m ¹⁾	kg/ha ²⁾
Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i>)	Helena	8 - 12	
Mais (<i>Zea mays</i>)	Arsenal	8 - 12	
Gelbsenf (<i>Sinapis alba ssp. alba</i>)	Albatros		20
Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	Lifago		25
Sorghumhirse-Sudangras (<i>Sorghum bicolor ssp. sudanense</i>)	Susu		20
Winterraps (<i>Brassica napus ssp. napus</i>)	Liratop		10
Phacelia (<i>Phacelia tanacetifolia</i>)	Lisette		10
Einjähriges Weidelgras (<i>Lolium multiflorum ssp. gaudini</i>)	Pollanum		40

¹⁾ Anzahl Körner je m variierte in Abhängigkeit von Samengröße bzw. Saattechnik (s. Text).

²⁾ Die Aussaatmenge bezieht sich bei Furchensaat auf einen Sästreifen in Furchenbreite von 15 cm.

Im Jahre 1999 wurden zusätzlich eine unkrautarm gehaltene Variante (regelmäßig gejätet) und eine Variante unkrautarm jeweils ohne Untersaat mit einer Ausbringung von 40 dt TM/ha **Strohhäcksel** nach der Ernte auf allen Standorten angelegt (Abb. 2.1).



Abb. 2.1: Ausbringung von Stroh in einer Variante des randomisierten Versuches zu Kartoffel-Untersaaten am 30.9.99 nach Rodung der Kartoffeln

Die **Aussaat von Mais** und insbesondere der flachen und ovalen **Sonnenblumensamen** war mit dem Einrad-Handsägggregat (Fa. Sembdner) nur befriedigend möglich, da keine exakte Einzelkornsaat mit definierten Abständen in der Reihe möglich war und Lücken bzw. Ansammlungen von Samen auftraten. Um dieses Problem zu mindern, wurde im Jahre 1999 das Sonnenblumen-Saatgut auf eine einheitliche Größe von 3 bis 3,75 mm abgesiebt (TKM von 63,6 g).

Um den Einfluß der Beschattung auf die Untersaaten zu untersuchen, erfolgte 1998 und 1999 auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut die Prüfung mit dem zweiten **Versuchsfaktor Kartoffelsorte**. Es wurden die Sorten Nicola mit einer eher gedrungenen, kompakten Krautausbildung und Agria mit einer aufrechteren und "lockeren" Wuchsform geprüft. Zwar gab es sortenbedingte Unterschiede im Wuchstyp und Abreifeverhalten (Nicola etwas früher absterbend, Stengel eher in die Furche hineinfallend), aber nach vegetationsbegleitenden Bonituren und Erhebungen konnte keine differenzierte Entwicklung der geprüften Untersaat Sonnenblume festgestellt werden. Auch der in einem weiteren **Zusatzversuch** durchgeführte Vergleich der **Dammabstände** 75 und 90 cm ergab keinen deutlichen Einfluß auf die Entwicklung der Untersaat Sonnenblume (Kartoffelsorte Agria, Wiesengut 1999). Auf die Darstellung der Ergebnisse dieser Zusatzfaktoren bzw. -versuche wird deshalb verzichtet.

2.1.2 Witterung

Nach einem milden März und kühlem April folgten im Jahre **1997** ein regnerischer Mai und hohe Niederschlagsmengen Anfang Juni (Tab. 2.5). Ab Mitte Juni breitete sich bereits *Phytophthora* aus (Infektionsherd im Versuch), die gefördert durch die feuchtwarme Witterung Anfang Juli zu einem frühen Absterben des Bestandes bis Anfang/Mitte Juli führte. Ergiebige Niederschläge in der zweiten Julihälfte sowie ein heißer August stellten gute Wuchsbedingungen für die Untersaaten dar. Außer ergiebigen Niederschlägen zu Beginn des Monats war der September niederschlagsfrei, bis im Oktober wieder Niederschläge fielen.

Die im Jahre **1998** lang andauernden kühlen und niederschlagsreichen, für den Kartoffelanbau extrem widrigen Witterungsphasen führten zu einer späten Pflanzung der Kartoffeln in einen zu feuchten Boden (1. Mai 1998), zu teilweise unbefriedigender Wirkung der maschinellen Pflegemaßnahmen, hohem Krautfäuledruck und schwacher Untersaatenentwicklung. Nur im Mai und Juli/August gab es jeweils eine längere warme bis heiße und niederschlagsfreie Witterungsperiode. Besonders mißlich war, daß infolge ergiebiger Niederschläge im September und Oktober die Böden völlig 'aufgeweicht' waren und die Rodung nur in exemplarischen Teilflächen bzw. gar nicht möglich war. Die Witterungsverhältnisse waren im Vergleich zum langjährigen Mittel ab Anfang Juli bis Ende Oktober zu naß und zu kühl (Tab. 2.5).

Tab. 2.5: Witterungsdaten der Standorte und Versuchsjahre 1997 bis 1999

(Niederschlag in mm und Lufttemperatur in °C, Quelle: WG - DWD-Station Köln-Flughafen, Niederschlagsdaten der Betriebe, Temperatur von nächstgelegener DWD-Station)

Monat	Einheit	WG 1961-1990	WG '97	WG '98	WG '99	N '99	W '99	O '99
Jan.	mm	62	6	34	90	85	68	90
	°C	1,8	-0,7	4,3	4,9	5,0	5,6	5,4
Feb.	mm	48	70	12	67	21	61	79
	°C	2,4	6,3	6,0	2,6	3,0	2,9	2,7
März	mm	62	39	66	59	36	103	102
	°C	5,2	8,2	7,1	7,5	7,0	7,6	7,8
April	mm	55	56	73	75	42	78	65
	°C	8,7	7,6	9,7	10,1	9,8	10,1	10,5
Mai	mm	74	98	101	62	80	43	85
	°C	13,2	13,4	15,5	15,9	14,3	15,0	15,1
Juni	mm	86	206	127	85	63	65	70
	°C	16,2	16,4	16,8	15,8	15,4	16,3	16,4
Juli	mm	84	99	69	49	55	98	71
	°C	17,8	17,7	16,6	19,8	19,2	19,8	20,4
Aug.	mm	77	34	44	86	89	64	94
	°C	17,4	20,7	17,1	18,1	17,1	17,8	18,2
Sep.	mm	61	25	163	59	47	64	48
	°C	14,2	14,1	14,7	18,1	17,4	17,7	18,4
Okt.	mm	55	65	151	49	38	58	11
	°C	10,3	9,0	9,7	10,1	10,2	10,6	10,6
Nov.	mm	65	39	82	36	47	38	39
	°C	5,6	5,8	3,2	5,4	6,0	5,9	6,0
Dez.	mm	72	72	44	90	91	133	60
	°C	2,9	4,4	3,6	4,2	4,2	4,6	4,4
Jahr	mm	801	809	966	807	694	873	814
	°C	9,7	10,2	10,4	11,0	10,7	11,2	11,3

Im Jahre **1999** konnte, nachdem die kühle und niederschlagsreiche Witterung im April endete, die Kartoffelpflanzung bei idealen Bodenbedingungen durchgeführt werden. Die Jugendentwicklung erfolgte aufgrund günstiger Witterung im Mai und Juni mit niederschlagsarmen Abschnitten sehr zügig. Eine zwar warme, sonnenscheinreiche aber teilweise schwüle Witterung im Juli mit einzelnen ergiebigen Wärmegewittern ließ auf den externen Standorten die Krautfäule sich rasch ausbreiten, war aber auch günstig für die Jugendentwicklung der Untersaat. Die in diesem Jahr auf dem Wiesengut kaum mit Krautfäule befallenen Kartoffelbestände wurden im August aufgrund geringer Niederschlagsmengen beregnet. Der sehr warme und bis Ende des Monats weitgehend niederschlagsfreie September

ließ alle Untersaatenbestände bei sehr geringen Bodenfeuchten bis Entwicklungsstadium 'Beginn/Mitte Samenbildung' abreifen. Zwar führten die Niederschläge im Oktober und November wieder zur Durchfeuchtung des Bodens, aber erst gegen Ende November/ Anfang Dezember nach ergiebigen Niederschlägen und Aufsättigung der Böden wurde Sickerwasser gebildet.

Nach einem wie auch schon im Dezember sehr milden Monat Januar **2000** (3,6° C, 45 mm, Köln-Flughafen) war der Jahresanfang ab Ende Januar und im Februar (5,4°C, 92 mm) von erheblichen Niederschlagsmengen geprägt (192% des langjährigen Mittels), die Anfang März zu zeitweise wasserüberstauten Böden führten.

2.2 Methoden

Untersaaten: Bestandesentwicklung und Zeiternten

Die Feldversuche auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut wurden ab Anfang Juli etwa wöchentlich und auf den externen Standorten drei- bis vierwöchentlich betreut und bonitiert (u.a. Entwicklungsstadien, Wuchshöhe, Bestandesdichte der Untersaaten und Kartoffeln). Die manuellen Zeit- (1997 und 1998) bzw. Endernten für die Erfassung des Aufwuchses von Untersaat und Unkraut wurde in den Jahren 1997 und 1998 auf einer Teilfläche von 2,25 m² und 1999 von zweimal 3 m² je Parzelle durchgeführt. Das Erntematerial (Gesamtpflanzen) wurde mit einem Laborhäcksler zerkleinert. Davon wurde ein Aliquot für die Trockensubstanzbestimmung und nachfolgenden Laboranalysen entnommen. Das getrocknete Material wurde mit einer Ultrazentrifugalmühle auf 1 mm (Ligninanalyse) bzw. < 0,25 mm (CN-Bestimmung) vermahlen.

Kartoffelernte

Die Kartoffelernte erfolgte in den Jahren 1997 und 1999 von Hand auf einer Fläche von 3 Dämmen á 2,5 m und 1998 auf dem Wiesengut durch Rodung der beiden mittleren Kartoffeldämme in Parzellenlänge mit einem Siebkettenroder und anschließender Handlese in den Varianten Kontrolle und Sonnenblume. Anschließend erfolgte die Sortierung nach Knollengröße, Anteile fauler, grüner und Fraßschäden sowie Wachstumsrisse aufweisender Knollen. Der verkaufsfähige Anteil wurde für Knollengrößen von 30 bis 65 mm unabhängig von der Knollenform festgelegt. Die Bestimmung des Stärkegehaltes erfolgte über die Bestimmung der Dichte bzw. des Unterwassergewichts nach LUNDEN 1956 (beschrieben als VdLUFA-Vorschrift).

Boden- und Pflanzenuntersuchungen

Die Entnahme von Bodenproben in Schichten á 30 cm bis 60 cm Tiefe erfolgte mittels Elektromotorhammer (Fa. Hilti) und Pürckhauer-Bohrstöcken. Die **Bodenproben** wurden bis zur Extraktion tiefgefroren. In zweifacher Extraktion wurden je 50 g Boden mit 200 ml einprozentiger Kaliumsulfat-Lösung versetzt und eine Stunde über Kopf geschüttelt. Die Bestimmung der **Nitrat und Ammonium-Gehalte** erfolgte mit einem automatischen Analysator (Fa. Skalar) mit segmentiertem kontinuierlichen Durchfluß naßchemisch und UV-photometrisch im Meßbereich 0,5 bis 3 ppm bzw. entsprechend verdünnt. Zur Berechnung der $N_{\min}$ -Gehalte je Hektar wurde eine Lagerungsdichte des Bodens für alle Standorte von 1,5 g/cm³ zugrunde gelegt. Bei gemessenen Ammoniumgehalten von max. 5 kg, in wenigen Ausnahmen bis maximal 10 kg/ha Ammonium-N im Ap-Horizont beschränkt sich die nachfolgende Darstellung auf die Nitrat-N Mengen im Boden.

Die **Gesamtstickstoff- und -kohlenstoffgehalte** von **Pflanzen- und Bodenmaterial** wurden mit einem GC-Elementaranalysator (Fa. Carlo-Erba) bestimmt. Die Ligningehalte des Pflanzenmaterials wurden von der FG Tierernährung, GH Kassel-Witzenhausen nach VdLUFA-Vorschrift (Methodenbuch III, 2. Ergänzung 1988, Rohlignin 6.5.3) abgeändert für die automatisierte Analyse (Fabrikat: Fibertec System 1021) analysiert.

Biometrische Auswertung

Die Verrechnung der Versuchsdaten erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS (Statistical Analysis System). Falls die Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test nach DUFNER et al. 1992, S. 204) und Varianzhomogenität (Varianzanalyse der quadrierten Residuen nach PIOPHO 1996) erfüllt waren, wurde nach Varianzanalyse und signifikantem F-Test für die einfaktoriellen Blockanlagen (SAS: PROC GLM) die **Grenzdifferenz (MSD - Mean Significant Difference)** mittels Tukey-Test ($\alpha = 0,05$) bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Untersaaten

3.1.1 Anbauverfahren

Die Untersaaten Mais und Sonnenblume wurden im Juni (Kap. 2.1.1, Tab. 2.2) in die Dammfurchen nach dem letzten Häufelgang vor Bestandesschluß ausgesät. Nach erfolgter Keimung hängt die weitere Entwicklung von der Beschattung durch die Kartoffelpflanzen (u.a. Dauer Bestandesschluß) ab (Abb. 3.1).



Abb. 3.1: Feldaufgang Sonnenblumen in den Dammfurchen

- Standort Wiesengut (WG) am 23.6.99 (Dammabstand 90 cm)

Im Rheinland stellt sich in der Regel Ende Juni/Anfang Juli Krautfäulebefall ein. Mit zunehmendem Blattbefall wird das Kartoffelkraut lichter und die Untersaat erhält genügend Licht um bei ausreichender Bodenfeuchte und sommerlich warmer Witterung rasch aufwachsen zu können (Abb. 3.2, 3.3). Bis zur Rodung der Kartoffeln können sich ansprechende Bestände entwickeln (Abb. 3.4, 3.5).



Abb. 3.3: Zwischen den Kartoffelstauden aufwachsender Mais - Standort N am 7.7.99



Abb. 3.2: In Furchen aufwachsender Mais und Sonnenblumen (Bildmitte Kartoffeldamm) - Standort WG am 10.8.98



Abb. 3.4: Untersaaten kurz vor Rodebeginn - Standort N am 21.9.97
(links vorne Kamillenverunkrautung, rechts Sonnenblumen, links oben Mitte Senf)



Abb. 3.5: Versuchsanlage Untersaaten kurz vor Rodebeginn - Standort W am 24.9.97
(links vorne Varianten "unkrautarm", rechts Sonnenblumen, Mais
2. Reihe von links: Senf, Mais, Sonnenblumen)

Die Untersaaten können erst mit dem Absterben des Kartoffelkrauts und damit verringerter Beschattung durch die Kartoffelpflanzen aufwachsen, wie dies an der Entwicklung der Wuchshöhe darstellbar ist (Abb. 3.6).

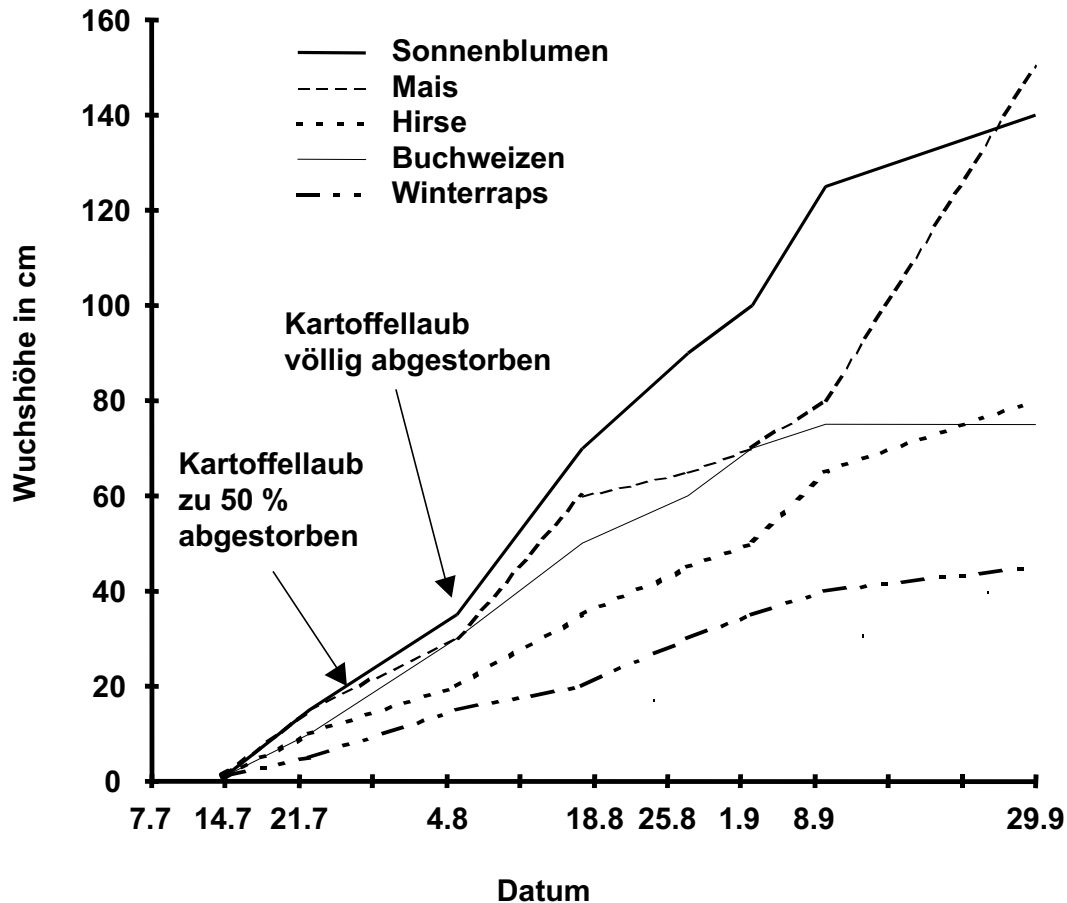


Abb. 3.6: Entwicklung der Untersaaten-Wuchshöhe im Versuchsjahr 1998 am Standort Wiesengut (Untersaat am 24. Juni 1998)

3.1.2 Erträge und Stickstoffaufnahme

Im Versuchsjahr **1997** und **1998** erreichten Sonnenblume (49,8 bzw. 32,7 dt TM/ha) und Mais (45,7 bzw. 21,7 dt TM/ha) die höchsten **Sproß-Trockenmasseerträge** (Abb. 3.7, 3.8). Bis auf Raps und Hirse waren zum Zeitpunkt der Kartoffelernte alle Arten im Entwicklungsstadium Ende Blüte bis Samenbildung, zum Teil bereits aussamend (Buchweizen, Einjähriges Weidelgras).

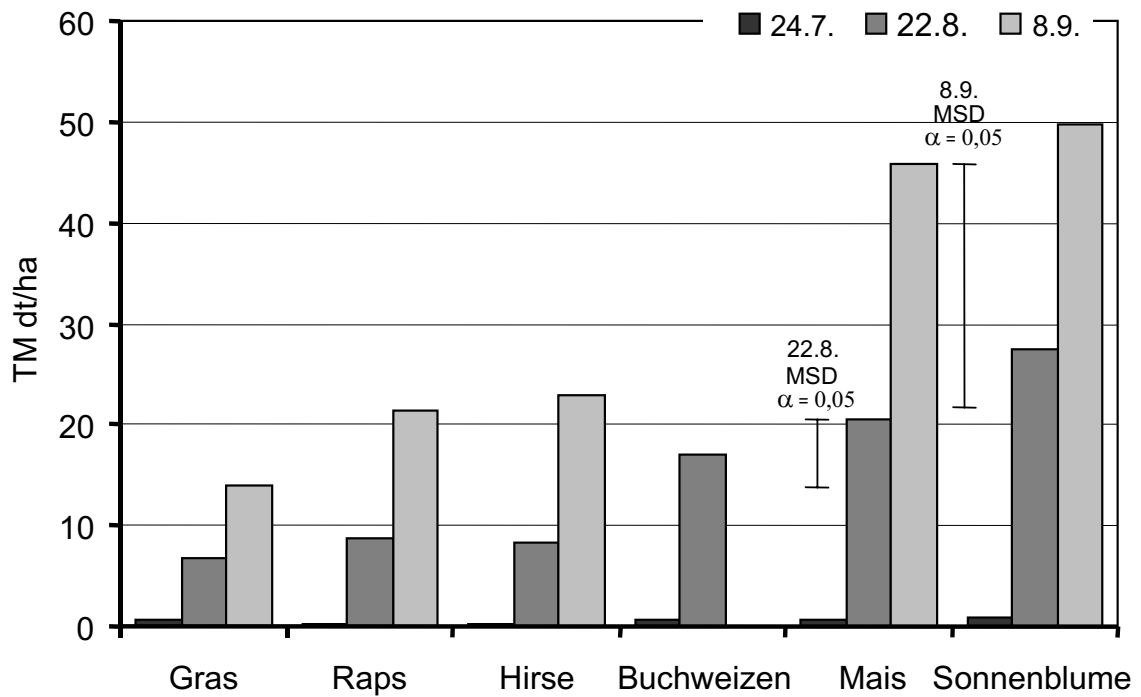


Abb. 3.7: Sproßmassenentwicklung der Untersaaten im Versuchsjahr 1997 am Standort Wiesengut (Untersaat am 19. Juni 1997, Buchweizen vorzeitig beerntet)

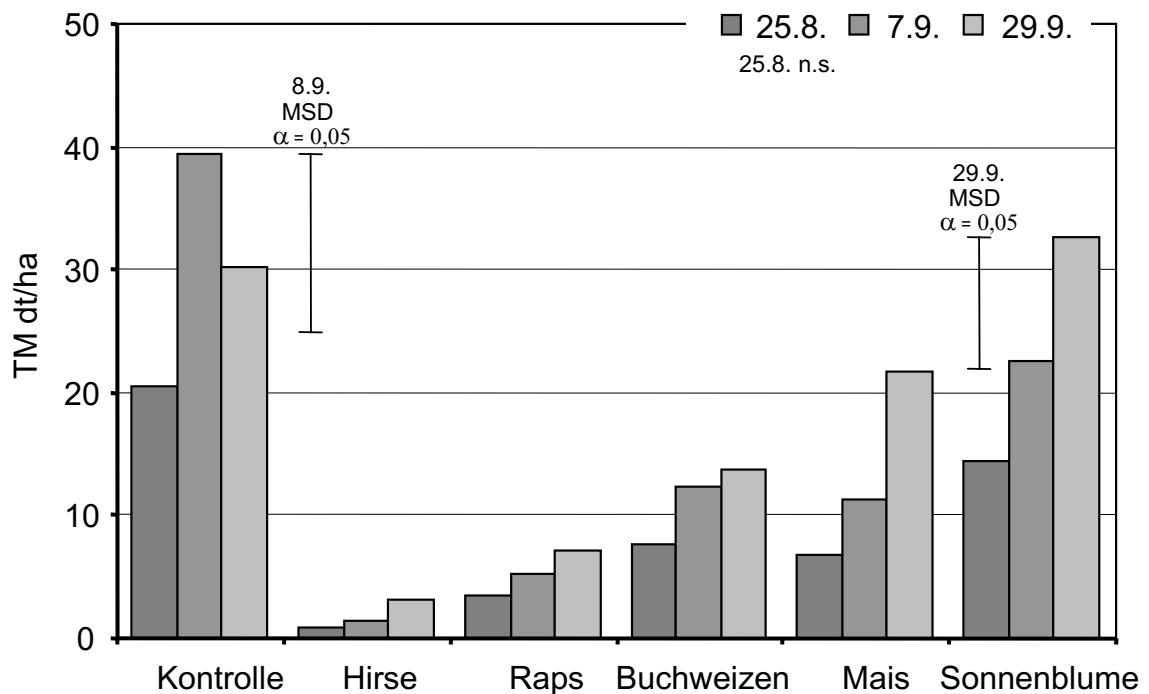


Abb. 3.8: Sproßmassenentwicklung der Untersaaten und des Unkraut (Kontrolle) im Versuchsjahr 1998 am Standort Wiesengut (Untersaat am 24. Juni 1998)

Im Jahr **1997** wurden **am 24. Juli** in allen Varianten Trockenmassen unter 1 dt/ha mit Trockenmassenzuwächsen seit der Saat von unter 0,03 dt/ha*d festgestellt. Im darauf folgenden Zeitabschnitt **bis zum 22. Aug.** wiesen Mais und Sonnenblume einen deutlich höheren **täglichen Trockenmassezuwachs** von 0,69 bzw. 0,68 dt/ha*d auf. Buchweizen und die restlichen Arten lagen bei 0,56 bzw. unter 0,30 dt TM/ha*d. **Bis** zur Ernte am **8. Sep.** war erneut ein Anstieg im täglichen Trockenmassezuwachs je ha aller Arten in der Reihenfolge Einjähriges Weidelgras (0,43 dt), Raps (0,75 dt), Hirse (0,86 dt) und deutlich abgesetzt bei Mais (1,48 dt) sowie Sonnenblume (1,72 dt) festzustellen. Der bereits Anfang September abreifende und aussamende Buchweizen wurde vorzeitig endbeerntet. Bezogen auf die **gesamte Wachstumsperiode** wiesen Sonnenblume (0,62 dt) und Mais (0,56 dt) einen doppelt so hohen täglichen Massenzuwachs je ha verglichen mit den weiteren Arten auf (Hirse 0,28, Raps 0,26, Gras 0,17, Buchweizen 0,21 dt).

Die Rangfolge der Arten für die im Sproß **aufgenommene Stickstoffmenge** und die tägliche **Stickstoffaufnahme** war ähnlich der Trockenmassebildung (Tab. 3.1). Die tägliche Stickstoffaufnahme und der insgesamt von Sonnenblume im Sproß gebundene Stickstoff (1,34 kg N/ha*d bzw. 108,5 kg N/ha) waren deutlich höher im Vergleich mit Mais (0,76 kg N/ha*d bzw. 61,6 kg/ha). Auch Raps wies bei geringerer Massenbildung aufgrund einer hohen N-Aufnahmerate im letzten Wachstumsabschnitt eine im Vergleich zu Mais größere N-Menge je ha auf.

Tab. 3.1: N im Sproß der Untersaaten zu drei Terminen und tägliche N-Aufnahme im Versuchsjahr 1997 am Standort Wiesengut (in kg N/ha, Untersaat am 19. Juni 1997)

	N im Sproß			tägliche N-Aufnahme			
	24.07.	22.08.	8.09.	- 24.07.	- 22.08.	- 8.09.	19.6 - 8.09.
Einjähriges Weidelgras	1,9	16,3 c	33,0 b	0,06	0,49	0,98	0,41
Winterraps	1,0	29,4b c	70,4ab	0,03	0,98	2,41	0,87
Sorghumhirse	0,8	16,8 c	39,5b	0,03	0,55	1,34	0,49
Buchweizen	1,8	35,4 b	n.b.	0,05	1,16	n.b.	0,44*
Mais	1,3	33,7bc	61,6ab	0,04	1,12	1,64	0,76
Sonnenblume	2,8	62,0 a	108,5 a	0,08	1,07	4,40	1,34
MSD _{α=5%}	n.s.	18,3	62,6				

n.b. - nicht bestimmt *bezogen auf den Zeitraum Saat bis 22.08.

Zeitraum N-Aufnahmerate: ab Saat- bzw. vorhergehenden bis angegebenen Zeiterntetermin.

Im zweiten **Versuchsjahr 1998** mit widrigen Witterungsbedingungen (naßkalt) wurden insgesamt deutlich geringere **Trockenmassen** erreicht (Abb. 3.8). Auch in diesem Jahr waren Sonnenblume und Mais den weiteren Arten überlegen. Der **tägliche Trockenmassenzuwachs** ab der Saat am 24. Juni **bis zum 25. Aug.** betrug für Hirse 0,01 dt, Raps 0,06 dt, Mais 0,11 dt, Buchweizen 0,12 dt und Sonnenblume 0,23 dt. Der doppelt so hohe Zuwachs des Sonnenblumenbestandes setzte sich in der folgenden Periode **bis 7. Sep.** fort. Bei Sonnenblume, Mais und Buchweizen wurden 0,64, 0,35 und 0,36 dt/ha*d gemessen. Raps und Hirse wiesen mit 0,14 bzw. 0,04 dt/ha*d einen deutlich geringeren Zuwachs auf. Der Zuwachs des Unkrauts in der Kontrollparzelle war im ersten und zweiten Zeitraum mit 0,33 bzw. 1,45 dt/ha*d allen Untersaaten überlegen. **Bis** zur Ernte am **29. Sep.** war beim wie im Vorjahr bereits abreifenden Buchweizen sowie bei Hirse und Raps nur ein geringfügiger Zuwachs gegeben (0,06, 0,08 und 0,09 dt/ha*d). Der Zuwachs von Mais war erneut angestiegen (0,48 dt/ha*d), während bei Sonnenblume ein Rückgang (0,46 dt/ha*d) und beim Unkraut Massenverluste festzustellen waren (-0,42 dt/ha*d, u.a. abgestorbener Weißer Gänsefuß).

Die höchste Trockenmasse von 39,4 dt/ha wurde bereits am 8.9.98 durch das in der Kontrollparzelle aufwachsende Unkraut gebildet. Für den gesamten Zeitraum war bezogen auf die gebildete Trockenmasse zum Zeitpunkt der Ernte am 29. Sep. der tägliche Massenzuwachs von Sonnenblume (0,34 dt) dem von Unkraut (0,31 dt), Mais (0,22 dt) und Buchweizen (0,14 dt) wie im Vorjahr bei allerdings nahezu halb so hohen Zuwachsraten überlegen. Die gleichen Verhältnisse zeigten sich bei der im Sproß **gebundenen N-Menge** und den **N-Aufnahmeraten** (Tab. 3.2), wobei Raps im Vergleich zum Vorjahr deutlich geringere Zuwächse aufwies.

Tab. 3.2: N im Sproß der Untersaaten und tägliche N-Aufnahme zu drei Terminen im Versuchsjahr 1998 am Standort Wiesengut (in kg N/ha, Untersaat am 24. Juni 1998)

	N im Sproß				tägliche N-Aufnahme		
	25.08.	7.09.	27.9.	- 25.08.	- 7.09.	- 27.9.	24.6. - 27.09.
Kontrolle							
Unkraut	33,9	56,2	46,8	0,55	1,71	-0,43	0,48
Winterraps	10,5	14,4	19,2	0,17	0,30	0,22	0,20
Sorghumhirse	2,1	3,4	6,3	0,03	0,10	0,13	0,06
Buchweizen	16,4	24,8	24,0	0,26	0,64	-0,03	0,25
Mais	12,4	20,1	35,0	0,20	0,59	0,68	0,36
Sonnenblume	29,9	49,7	63,5	0,48	1,53	0,60	0,65

Zeitraum N-Aufnahmerate: ab Saat- bzw. vorhergehenden bis angegebenen Zeiterntetermin.

Grenzdifferenzen s. S. 26, Tab. 3.6

In einem **zweiten Versuch 1998** mit einer Ansaat nach dem Absterben des Kartoffelkrauts (bei enger Begriffsauslegung dann eigentlich nicht mehr als Untersaat zu bezeichnen) wurden statt Raps Gelbsenf und zusätzlich Einjähriges Weidelgras geprüft. Mais und Sonnenblume wurden in die Furche, der Rest breitflächig obenauf ausgesät. Die größte Massenbildung und N-Aufnahme wies Senf (28,5 dt TM/ha, 60,9 kg N/ha) gefolgt vom Unkraut aufwuchs in der Kontrollparzelle auf (23,4 dt TM/ha, 48,2 kg N/ha) (Tab. 3.3). Die bei Frühsaat überlegenen Arten Sonnenblume und Mais konnten nur 28 bzw. 24 dt TM/ha bilden und 40,8 bzw. 29 kg N/ha aufnehmen. Die höchste Massenbildungs- und N-Aufnahmerate ab der Saat am 27. Juli bis 7. Sep. wurden bei Senf mit täglich 0,53 dt TM und 1,42 kg N je ha*d festgestellt.

Tab. 3.3: Versuch Untersaat spät (am 27. Juli 1998): Ertrag, N im Sproß, Wachstums- und N-Aufnahmeraten von Untersaat und Unkraut (Kontrolle) - Standort WG

	Ertrag [dt/ha]		Wachstumsrate [dt TM/ha a]			N im Sproß [kg N/ha]		tägliche N-Aufnahme [kg N/ha*d]		
	7.9.	29.9.	- 7.9.	- 29.9.	27.7. - 29.9.	7.9.	29.9.	- 7.9.	- 29.9.	27.7. - 29.9.
Kontrolle Unkraut	15,2	23,4	0,38	0,37	0,38	32,6	48,2	0,8	0,7	0,78
Gelbsenf	21,3	28,5	0,53	0,33	0,46	56,9	60,9	1,42	0,16	0,98
Einjähriges Weidelgras	n.b.	6,5	-	-	0,10	n.b.	17,3	-	-	0,28
Sorghum- hirse	n.b.	3,2	-	-	0,05	n.b.	9,1	-	-	0,15
Buchweizen	8,1	15,1	0,20	0,32	0,24	20,3	29,0	0,51	0,39	0,47
Mais	n.b.	9,8	-	0,45	0,16	n.b.	19,7	-	-	0,32
Sonnen- blume	5,0	17,3	0,12	0,56	0,28	15,1	40,8	0,38	1,17	0,66

n.b. – nicht bestimmt, da zu geringer Aufwuchs; Grenzdifferenzen s. S. 26, Tab. 3.7

Zeitraum N-Aufnahmerate: ab Saat- bzw. vorhergehenden bis angegebenen Zeiterntetermin.

Nach den Ergebnissen der Versuchsjahre 1997 und 1998 wurden **1999** nur noch Sonnenblume und Mais in Furchensaat vor Bestandesschluß der Kartoffeln sowie Senf nach dem Absterben des Kartoffelkrautes breitflächig auch den Damm bedeckend in einer randomisierten Versuchsanlage auf vier Standorten geprüft.

Im Jahr 1999 wurden trotz des sehr gut entwickelten und lange geschlossenen Kartoffelbestandes am **Standort N** von Mais, Sonnenblume, Senf und Unkraut (Kontrolle) Trockenmasseerträge von 57,4, 39,6, 19,6 bzw. 17,5 dt/ha gebildet (Abb. 3.9) und die höchsten N-Aufnahmen im Sproß der Untersaaten erzielt (Tab. 3.8).

Die lang andauernde und dichte Beschattung des Kartoffelkrautes führte zum Absterben von Sonnenblumenpflanzen. Geerntet werden konnten nur 5,7 Sonnenblumen-**Pflanzen je m** (Pfl./m) und 8,3 Mais-Pfl./m. Auf den Standorten WG, W und O wurden 8,3, 9,6 und 11,6 Mais-Pfl./m bzw. 10,8, 9,7 und 11,1 Sonnenblumen-Pfl./m geerntet.

Demgegenüber wurden trotz den lückigen und früh von Krautfäule befallenen Kartoffelbeständen auf den Standorten W und O, die zu deutlich geringeren Kartoffelerträgen führten (Kap. 3.3), geringere Massenerträge der Untersaaten festgestellt. Auf **Standort W** erzielte Sonnenblume (38,3 dt TM/ha, 53,5 kg N/ha) einen fast gleichhohen Ertrag aber eine höhere N-Aufnahme im Vergleich zu Mais (38,7 dt TM/ha, 46,3 kg N/ha). Die Aufwuchsmassen von Unkraut in der Kontrollparzelle (24,5 dt TM/ha) und die von Senf (18,6 dt TM/ha) waren deutlich geringer, während die gebundene N-Menge nur etwas geringer ausfiel (45,1 bzw. 37,5 kg N/ha).

Auf **Standort O** wurden in der betriebsüblich bewirtschafteten Kontrollvariante im Vergleich der Standorte im Versuchsjahr 1999 die höchste Unkrautmasse (33,0 dt TM/ha) und aufgenommene N-Menge (50,4 kg N/ha) festgestellt. Die N-Aufnahme von Sonnenblume und Mais war im Gegensatz zur annähernd gleichen Massenbildung deutlich geringer (31,9 bzw. 28,3 kg N/ha und 35,3 bzw. 28,2 dt TM/ha) (s. Abb. 3.9, Tab. 3.8). Die Untersaaten auf diesem Standort wiesen auffallend geringe N-Gehalte auf (s. Kap. 3.1.4).

Neben der für Kartoffel ungünstigen Fruchtfolgestellung nach Feldgemüse waren auf Standort O der nicht vorhandene Hauptfrucht-Leguminosenanbau und die viehlose Bewirtschaftung (keine Wirtschaftsdüngererzeugung) mögliche Gründe für eine geringere bodenbürtige Freisetzung von Stickstoff. Ursächlich für den hohen Unkrautaufwuchs könnte der mehrwöchige Vorsprung der Unkräuter gegenüber den Untersaaten gewesen sein. Der letzte Häufelgang wurde am 21. Mai und die Untersaat erst am 15. Juni durchgeführt. Der weitere vorgesehene Häufelgang entfiel.

Aufgrund des weitgehend krautfäulefreien erst Ende August natürlich abgereiften Kartoffelbestandes waren auf dem Versuchsbetrieb **Wiesengut** die Untersaaten- und Unkrauterntemassen nur gering (Unkraut der Kontrollvariante, Sonnenblume, Mais und Senf 12,8, 10,8, 10,9 bzw. 6,9 dt TM/ha sowie 22,0, 16,6, 17,0 und 16,4 kg N/ha) (Abb. 3.9, Tab. 3.8).

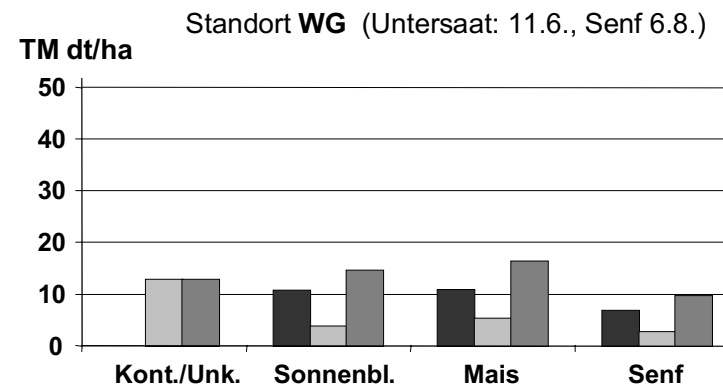
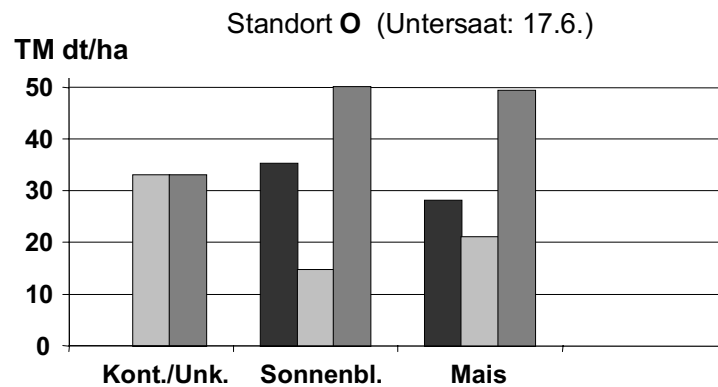
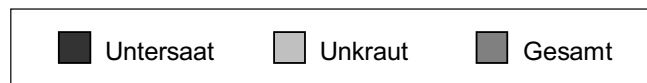
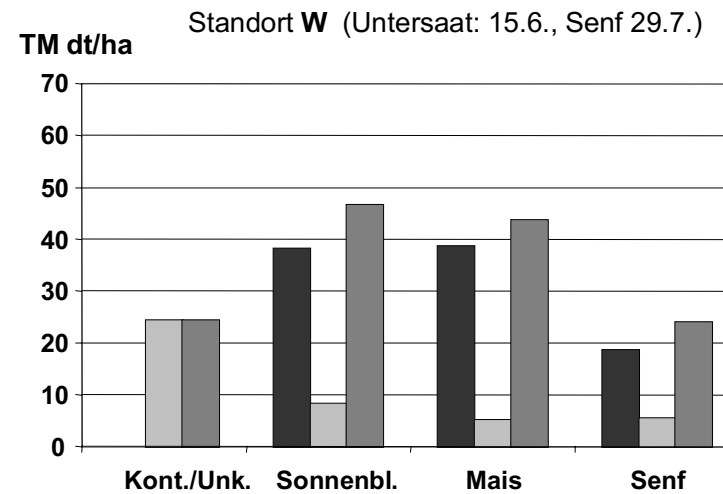
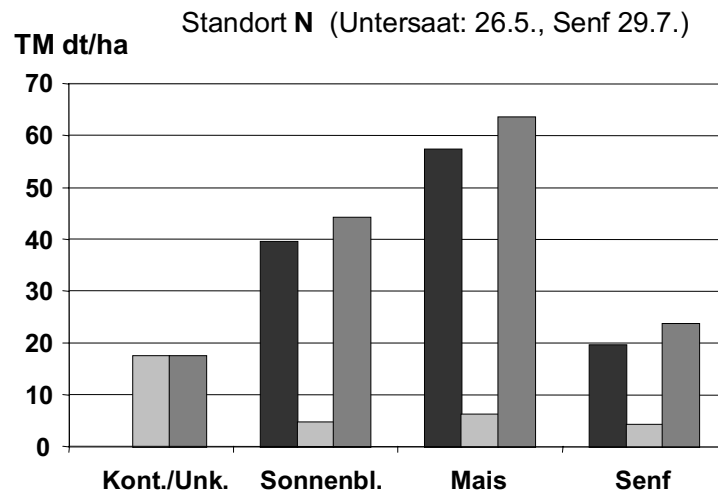


Abb. 3.9: Sproßmasse (in dt TM/ha) von Untersaaten und Unkraut im Versuchsjahr 1999 auf vier Standorten
 Grenzdifferenz s. S. 27, Tab. 3.8 für Stickstoff im Sproß

Im **Mehrjahresmittel** (1997 - 1999) wiesen Sonnenblume, Mais und Senf in etwa gleiche Wachstumsraten von 0,31 dt TM/ha*d auf (Tab. 3.4). Die Vegetationszeit für Mais und Sonnenblume betrug 81 bis 120 Tage und für Senf 53 bis 62 Tage. Sonnenblume, Mais, Senf und das Unkraut in der Kontrollparzelle nahmen im Mittel von vier Feldversuchen 0,46, 0,41, 0,77 bzw. 0,37 kg N/ha*d auf. Aufgrund der kürzeren Wachstumsperiode wurde bei Senf trotz hoher Zuwachsraten aber ein geringerer Massenertrag festgestellt, mit höheren N-Aufnahmeraten andererseits annähernd gleichhohe N-Mengen im Sproß erreicht (Tab. 3.5, 3.8).

Tab. 3.4: Wachstumsraten von Saat bis Ernte [dt TM/ha*d] ausgewählter Untersaaten und Unkraut der Kontrollvariante in den Jahren 1997 bis 1999

Standort/Jahr	Anzahl Tage Senf/SB, Mais	Kontrolle Unkraut	Senf	Mais	Sonnen- blume (SB)
Wiesengut '98	- / 97	0,31	-	0,22	0,34
Wiesengut '98 ¹⁾	62 / -		0,46	-	-
Wiesengut '99	53 / 109	0,12	0,13	0,10	0,10
Standort N '99	55 / 120	0,15	0,36	0,48	0,33
Standort W '99	56 / 100	0,25	0,33	0,39	0,38
Mittelwert n = 4		0,20	0,32	0,30	0,29
Standort O '99	- / 103	0,32	²⁾	0,27	0,34
Mittelwert n = 5		0,23		0,29	0,30
Wiesengut '97	- / 81	-	-	0,56	0,62
Mittelwert n = 6	53-62 / 81-120			0,33	0,34

¹⁾ Im Jahre 1998 wurden Senf und weitere nicht gelistete Arten in einem getrennten Versuch geprüft.

²⁾ Kein Anbau aus Fruchtfolgegründen

Tab. 3.5: Stickstoff-Aufnahmeraten von Saat bis Ernte [kg N/ha·d] ausgewählter Untersaaten und Unkraut der Kontrollvariante in den Jahren 1997 bis 1999

Standort/Jahr	Anzahl Tage Senf/SB, Mais	Kontrolle Unkraut	Senf	Mais	Sonnen- blume (SB)
Wiesengut '98	- / 97	0,48	-	0,36	0,65
Wiesengut '98 ¹⁾	62 / -		0,98	-	-
Wiesengut '99	53 / 109	0,20	0,31	0,16	0,15
Standort N '99	55 / 120	0,33	1,13	0,65	0,51
Standort W '99	56 / 100	0,45	0,67	0,46	0,54
Mittelwert n = 4		0,37	0,77	0,41	0,46
Standort O '99	- / 103	0,49	²⁾	0,27	0,31
Mittelwert n = 5		0,39		0,38	0,43
Wiesengut '97	- / 81	-	-	0,76	1,34
Mittelwert n = 6	53-62 / 81-120			0,44	0,58

¹⁾ Im Jahre 1998 wurden Senf und weitere nicht gelistete Arten in einem getrennten Versuch geprüft.

²⁾ Kein Anbau aus Fruchtfolgegründen

3.1.3 Stickstoff im Sproß - Konkurrenzfähigkeit gegenüber Spätverunkrautung

Im Vergleich mit dem Unkrautaufwuchs in den Kontrollparzellen waren die Untersaaten nicht immer überlegen. Aber unter Berücksichtigung des in den jeweiligen Untersaatenvarianten zusätzlich aufgewachsenen Unkrauts war bei effizienten Untersaatenarten die Summe von Ertrag und N-Aufnahme beider Fraktionen höher (Tab. 3.6 - 3.8). Dabei war im Vergleich der Arten, neben der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit der Untersaat selbst, die Konkurrenzkraft gegenüber dem Unkraut unterschiedlich.

Im Versuch mit früher Ansaat im **Jahre 1998** war in der Variante Sonnenblume zu allen Zeiternteterminen die Summe aufgenommenen Stickstoffs von Untersaat und Unkraut höher im Vergleich zum Unkrautaufwuchs in der Kontrollparzelle (Tab. 3.6). Zum Zeitpunkt der Endernte waren aufgrund bereits abgestorbener Unkrautmasse zwischen dem 7. und 29. September 1998 außer bei Sorghumhirse in allen Untersaatenvarianten höhere N-Mengen im Vergleich zur Kontrolle gebunden. Die Untersaaten Sonnenblume und Mais konnten in allen Versuchen den Unkrautaufwuchs signifikant verringern.

Tab. 3.6: N im Sproß [kg N/ha] von Untersaaten und Unkraut im Versuchsjahr 1998 am Standort Wiesengut (Untersaat am 24. Juni 1998)

Datum	Kontrolle Unkraut	Sorghum- hirse	Winter- raps	Buch- weizen	Mais	Sonnen- blume	MSD _{α=5%}
25. Aug.							
Untersaat	-	2,1b	10,5b	16,4ab	12,4ab	29,9a	18,40
<u>Unkraut</u>	<u>34,0a</u>	<u>24,9ab</u>	<u>23,2ab</u>	<u>18,0ab</u>	<u>19,7ab</u>	<u>13,8b</u>	19,50
Gesamt	34,0	26,9	33,8	34,4	32,2	43,6	26,38
7. Sep.							
Untersaat	-	3,4c	14,4bc	24,8b	20,1b	49,7a	13,75
<u>Unkraut</u>	<u>56,2a</u>	<u>51,1ab</u>	<u>34,6bc</u>	<u>34,1bc</u>	<u>34,3bc</u>	<u>19,5c</u>	20,80
Gesamt	56,2	54,5	49,0	58,9	54,4	69,2	n.s.
29. Sep.							
Untersaat	-	6,3c	19,2bc	24,0bc	35,0b	63,5a	19,50
<u>Unkraut</u>	<u>46,8</u>	<u>37,5</u>	<u>37,2</u>	<u>37,2</u>	<u>39,0</u>	<u>22,5</u>	n.s.
Gesamt	46,8b	43,8b	56,5ab	61,2ab	74,0ab	86,1a	32,06

Von den im **Jahre 1998 spät** nach dem Absterben bzw. nach dem die Kartoffelkrautreste abgeschlegelt waren, angesäten Arten, waren wiederum Sonnenblume, Mais und geringer in Ertrag und N-Aufnahme Buchweizen dem Unkrautaufwuchs in der Kontrollparzelle überlegen (Tab. 3.7). Senf wies die höchsten Massen- und N-Erträge auf. Aufgrund der hocheffizienten Unkrautunterdrückung war der Unkrautaufwuchs deutlich reduziert. Damit war auch die Summe von Untersaat und Unkraut bei Senf etwas geringer (32,8 dt TM/ha) im Vergleich mit der Variante Sonnenblume (33,8 dt TM/ha).

Tab. 3.7: Ertrag und N im Sproß der "spät" gesäten "Untersaaten" und Unkraut am 29. Sep. 1998 am Standort Wiesengut (Ansaat am 27. Juli 1998)

Datum	Kontrolle Unkraut	Sorghum- hirse	Einj. Wei- delgras	Senf	Buch- weizen	Mais	Sonnen- blume	MSD α=5%
dt TM/ha								
Untersaat	-	3,2e	6,5ed	28,5a	15,1bc	9,9cd	17,3b	5,66
<u>Unkraut</u>	<u>23,4a</u>	<u>19,0ab</u>	<u>11,4bc</u>	<u>4,4c</u>	<u>14,7b</u>	<u>19,1ab</u>	<u>16,5ab</u>	8,08
Gesamt	23,4bc	22,2bc	17,9c	32,8a	29,9ab	29,0ab	33,8a	8,84
kg N/ha								
Untersaat	-	9,1d	17,3cd	60,9a	29,0bc	19,7cd	40,7b	17,02
<u>Unkraut</u>	<u>48,2a</u>	<u>40,0ab</u>	<u>23,6bc</u>	<u>9,1c</u>	<u>30,1b</u>	<u>39,9ab</u>	<u>35,3ab</u>	17,39
Gesamt	48,2b	49,1b	40,9b	70,0a	59,1ab	59,6ab	76,0a	20,37

Auch im **Jahre 1999** wies Senf trotz späterer Saat eine hohe Aufwuchsleistung auf, erreichte im Mittel aber nicht die von Mais und Sonnenblume (Tab. 3.8). In diesem Jahr war die Unkrautunterdrückung unter allen Untersaatenarten hoch effizient.

Tab. 3.8: N im Sproß [kg N/ha] von Untersaaten und Unkraut im Versuchsjahr 1999 an vier Standorten (Angaben zur Bewirtschaftung s. Kap. 2.1.1)
(Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant)

Standort	Kontrolle ¹⁾	Senf	Mais	Sonnenblume	MSD _{α=5%}
Standort N					
Untersaat	39,6b	62,3a	77,4a	60,9ab	25,1
<u>Unkraut</u>	39,6a	<u>10,2b</u>	<u>11,8b</u>	<u>8,6b</u>	7,2
Gesamt	39,6b	72,5a	89,2a	69,5a	27,9
Standort W					
Untersaat	45,1	37,5	46,3	53,5	17,9
<u>Unkraut</u>	45,1a	<u>9,5b</u>	<u>6,9b</u>	<u>10,4b</u>	10,5
Gesamt	45,1	47,0	53,2	63,9	19,3
Standort O					
Untersaat	50,4a	2)	28,3b	31,9ab	19,9
<u>Unkraut</u>	50,4a		<u>32,1b</u>	<u>22,2b</u>	14,1
Gesamt	50,4		60,4	54,1	18,6
Wiesengut					
Untersaat	22,0	16,6	17,0	16,4	11,6
<u>Unkraut</u>	22,0a	<u>6,8b</u>	<u>9,6b</u>	<u>3,9b</u>	8,1
Gesamt	22,0	23,4	26,6	20,3	10,3

Mittelwert '99					
Untersaat	-	38,7	42,3	40,7	
<u>Unkraut</u>	39,3	<u>7,9</u>	<u>15,1</u>	<u>12,0</u>	
Gesamt	39,3	46,6	57,4	52,7	

¹⁾ Untersaat & Unkraut sind in der Variante Kontrolle identisch; ²⁾ kein Anbau aus Fruchtfolgegründen

Unkrautartenspektrum

Das Spektrum an Unkrautarten war auf den Betrieben mit bis zu 24 Arten vielfältig, wenn- gleich von wenigen konkurrenzstarken Arten dominiert (Tab. 3.9). Hinsichtlich Massenwach- stum und N-Aufnahme waren auf den Standorten O, W und Wiesengut Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*), Knötericharten (*Fallopia convolvulus*, *Polygonum persicaria*) und Vogelmiere (*Stellaria media*) vorherrschend, während auf dem Standort N mit einem sandig- humosen Boden in den Furchen vorwiegend Echte (*Matricaria chamomilla*) und Geruchlose Kamille (*M. inodora*) aufwuchs. Durch die Untersaaten wurden primär die dominanten Unkrautarten in ihrem Wachstum unterdrückt. Sehr wüchsig mit hohem Massenzuwachs war Weißer Gänsefuß, der im August zumeist Samen ausbildete und abstarb. Unter dem abster- benden Gänsefuß war dann vermehrt der Aufwuchs von Vogelmiere und/oder Franzosenkraut (*Galinsoga ciliata*) festzustellen.

Tab. 3.9: Ackerbegleitflora ("Unkräuter und -gräser") auf den Feldversuchsflächen

Art	Wiesengut	Standorte		
		O	W	N
Weißer Gänsefuß (<i>Chenopodium album</i>)	d !	d !	d !	g
Vogelmiere (<i>Stellaria media</i>)	d	d		
Zottiges Franzosenkraut (<i>Galinsoga ciliata</i>)	x	d	x	
Geruchlose Kamille (<i>Matricaria inodora</i>)	x	x	g	d !
Echte Kamille (<i>Matricaria chamomilla</i>)	d			d !
Gemeiner Windenknöterich (<i>Fallopia convolvulus</i>)	x	x	d	x
Flohnknöterich (<i>Polygonum persicaria</i>)	d	x	d	x
Kohlgänsedistel (<i>Sonchus oleraceus</i>)	n x	n x		
Ackerkratzdistel (<i>Cirsium arvense</i>)	x	n x		
Klettenlabkraut (<i>Galium aparine</i>)	x	x		
Ackerstiefmütterchen (<i>Viola arvensis</i>)	g			
Ackermanze (<i>Mentha arvensis</i>)	g			
Klatschmohn (<i>Papaver rhoeas</i>)	g			
Gemeiner Erdrauch (<i>Fumaria officinalis</i>)	g			g
Rote Taubnessel (<i>Lamium purpureum</i>)	x	g	g	
Kleine Brennessel (<i>Urtica urens</i>)	g		g	g
Wickenarten (<i>Vicia spp.</i>)	g	g		
Gemeines Hirtentäschel (<i>Capsella bursa-pastoris</i>)	g			g
Dreiteiliger Zweizahn (<i>Bidens tripartita</i>)	g '98			
Einjährige Rispe (<i>Poa annua</i>)			g	
Feldlöwenmäulchen (<i>Misopates orontium</i>)				g
Schwarzer Nachschatten (<i>Solanum nigrum</i>)				g
Zwerg-Storchschnabel (<i>Geranium pusillum</i>)				g
Gemeiner Reiherschnabel (<i>Erodium cicutarium</i>)				g
Acker-Spergel (<i>Spergula arvensis</i>)				g
Sumpf-Rohrkraut (<i>Gnaphalium uliginosum</i>)				g
Ölrettich (<i>Raphanus sativus</i>)				xD
Gelbsenf bzw. Weißer Senf (<i>Sinapis alba</i>)	xD '98			
Winterroggen (<i>Secale cereale</i>)				gD
Rot- und Weißklee (<i>Trifolium pratense</i> bzw. <i>repens</i>)	gD	gD		
Nutzgräserarten (v.a. Weidelgräser)	gD	gD		xD
Krauser Ampfer (<i>Rumex crispus</i>)	xD			
Breitwegerich (<i>Plantago major</i>)	gD			
Gemeiner Löwenzahn (<i>Taraxacum officinale</i>)		gD		
Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i>)		gD		
d - dominantes Leitunkraut	D - Durchwuchs bzw. vorfruchtbedingt			
x - vorhanden	n - nur nesterweises Auftreten			
g - geringes Vorkommen				

3.1.4 CN-Verhältnis, Stickstoff- und Ligningehalt der Untersaaten

Im Zuge der Kartoffelrodung wird der Untersaaten- und Unkrautaufwuchs zerstört und wiederholt durch die nachfolgende Grundboden- und Saatbettbearbeitung zur Nachfrucht in den Boden eingearbeitet. Im Hinblick auf die Freisetzung des bis zur Kartoffelernte im Untersaaten- und Unkrautaufwuchs gebundenen Stickstoffs sind der N-Gehalt und das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C/N) relevant. Der Gehalt an höhermolekularen Gerüstsubstanzen wie z.B. Lignin, welches im Zuge der Abreife gebildet wird, stellt einen weiteren Parameter der Mineralisierbarkeit der organischen Substanz im Hinblick auf die N-Freisetzung (CADISCH & GILLER 1997), aber auch für die Humusersatzleistung dar (KLIMANEK 1988). Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf Sproßanalysen. Die in den einzelnen Pflanzenteilen (Blätter, Stengel, Blüten- und Fruchtstand) unterschiedlichen Anteile an N, Lignin und deren C/N-Verhältnissen sowie weitere die Zersetzung- und Mineralisierbarkeit bestimmenden Einflußgrößen (Art und Anteil der verschiedenen Kohlenhydrat- bzw. Rohfaserfraktionen, Wachsschichten, etc.) blieben unberücksichtigt.

Die höchsten **N-Gehalte** wurden in den Versuchsjahren 1997 und 1998 bei Raps (3,2 bzw. 2,75%) mit dem engsten C/N-Verhältnis von 12,7 bzw. 15,6 gemessen. Gründe waren die lückigen Bestände mit kräftigen Einzelpflanzen in rein vegetativer Entwicklung. Die ebenfalls schwach entwickelten Hirsebestände wiesen in den Jahren 1997 und 1998 N-Gehalte von 1,8 und 2,0% sowie C/N-Gehalte von 25,3 und 21,9 auf. Die Werte für Buchweizen waren ähnlich (1997 und 1998 2,1 bzw. 1,7% N, C/N-Verhältnis 23,4 bzw. 25,3).

Tab. 3.10: N-Gehalte im Sproß ausgewählter Untersaaten und Unkraut (Kontrollvariante)

	N-Gehalt in % der TM				
	Senf	Kontrolle Unkraut	Mais	Sonnen- blume	MSD _{α=5%}
WG '97	-	-	1,3b	2,2a	0,52
WG '98*	2,1*	1,6	1,6	1,9	n.s.
WG '99	2,3a	1,8b	1,6b	1,5b	0,31
O '99	-	1,5a	1,0b	0,9b	0,29
W '99	2,0a	1,8a	1,2b	1,4b	0,23
N '99	3,2a	2,3b	1,3c	1,6bc	0,77
Mittelwert (MW)	-	-	1,3	1,6	
MW ohne '97' & 'O'	2,4	1,9	1,4	1,6	

* Daten für Unkraut der Kontrolle, Sonnenblume und Mais aus Versuch "früh" sowie für Senf aus Versuch "spät", s. Kap. 2.1.1.

Gemittelt über Jahre und Standorte wies **Mais** (1,3 bzw. 1,4% N) etwas geringere **N-Gehalte** in der Trockenmasse im Vergleich zu **Sonnenblume** (1,6% N) auf (Tab. 3.10). Die höchsten N-Gehalte wurden bei **Senf** (2,4% N) festgestellt. Eine Mittelstellung nahm der N-Gehalt des Unkrauts der Kontrollvariante ein (1,9% N). Die N-Gehalte von Unkraut (Kontrolle) und Senf waren im Versuchsjahr 1999 auf dem Standort N trotz hoher Massenbildung und N-Aufnahme am höchsten und auf dem Standort O in allen Varianten am geringsten (Tab. 3.10). Trotz der auf Standort O im Hinblick auf die Stickstoffnachlieferung aus dem Boden ungünstigen Fruchtfolgestellung der Kartoffeln und Untersaaten nach Feldgemüse war der N-Gehalt des Unkrauts von 1,5% höher im Vergleich zu den Untersaaten und erreichte annähernd das Niveau der N-Gehalte in den Unkraut-Kontrollvarianten der anderen Standorte.

Im Mittel der Standorte und Jahre wurde bei Mais und Sonnenblume ein weites **C/N-Verhältnis** von etwa 30 ermittelt im Vergleich zu Senf und Unkraut mit etwa 20 (Tab. 3.11). Je geringer die N-Gehalte um so weiter war das C/N-Verhältnis.

Tab. 3.11: C/N-Verhältnis im Sproß ausgewählter Untersaaten und Unkraut der Kontrollvariante

Standort /Jahr	C/N-Verhältnis				MSD _{$\alpha=5\%$}
	Senf	Kontrolle Unkraut	Mais	Sonnen- blume	
WG '97	-	-	34,0a	20,1b	9,97
WG '98*	21,0	21,5	27,8	23,9	n.s.
WG '99	17,4b	15,7b	29,9a	29,4a	3,51
O '99	-	27,4b	45,5a	49,6a	8,40
W '99	21,1c	21,7c	38,8a	32,2b	5,16
N '99	13,8b	19,3b	34,8a	31,5a	12,07
Mittelwert (MW)			35,1	31,1	
MW ohne '97' & 'O'	18,3	19,6	32,8	29,3	

* Daten für Unkraut, Sonnenblume und Mais aus Versuch "früh", Senf aus Versuch "spät".

Der mikrobielle Ab- und Umbau sowie die **N-Mineralisierung** der Untersaaten nach deren Einarbeitung in den Boden verläuft um so langsamer je geringer der N-Gehalt, je weiter das C/N-Verhältnis und je höher der Ligningehalt ist. Für den Abbau von Pflanzensubstanz mit weitem C/N-Verhältnis wird im Boden freies Nitrat benötigt, ein **Immobilisierungseffekt** ('N-Sperre') für Nitrat tritt ein. Dieser Immobilisierungseffekt kann im Extrem bspw. mit der Ausbringung von Weizenstroh mit einem N-Gehalt von 0,5% und einem C/N-Verhältnis von 100 erreicht werden, das 1999 in einer Zusatzvariante ausgebracht wurde.

Vergleichsweise leicht umsetzbar ist die organische Substanz im Boden mit in der Regel einem C/N-Verhältnis von 10 und die Bodenorganismen selbst weisen ein C/N-Verhältnis von 5 - 8 auf (PAUL & CLARK 1988, S.135). Nach PAUL & CLARK (1988, S. 137) wird keine Netto-Mineralisierung von Pflanzen-N ab einem **C/N-Verhältnis** weiter als 25 und einem **N-Gehalt** von weniger als 1,6% stattfinden. Da der C-Gehalt pflanzlicher, vor allem abreifender Substanz relativ konstant bei etwa 45% liegt, ist der N-Gehalt bestimmend für das C/N-Verhältnis und damit selbst ein Parameter der Mineralisierbarkeit pflanzlicher Substanz. PALM & ROWLAND (1997) zitieren einen **Schwellenwert** nach JENSEN (1929) und COSTANTINIDES & FOWNES (1994) von 1,7 - 2,0% N, oberhalb dessen eine Mineralisierung eintritt.

Auch WHITMORE & HANDAYANTO (1997) beschreiben ein C/N-Verhältnis von 25 als kritischen Schwellenwert, während SCHULZ & KLIMANEK (1998) bereits 21 als kritisches C/N-Verhältnis angeben. Nach HEAL et al. (1997) wird Pflanzensubstanz mit einem C/N-Verhältnis von unter 20 schnell umgesetzt. Entsprechend diesen Literaturangaben wiesen Senf und Unkraut mit einem mittleren C/N-Verhältnis unter 20 eine schnelle Umsetzbarkeit (Mineralisierungstendenz) im Gegensatz zu Mais und Sonnenblume mit C/N-Verhältnissen um 30 (Immobilisierungstendenz) auf.

Tab. 3.12: Ligningehalte im Sproß ausgewählter Untersaaten und Unkraut (Kontrolle)

Standort /Jahr	Ligningehalt in % der TM				MSD _{$\alpha=5\%$}
	Senf	Kontrolle Unkraut ²⁾	Mais	Sonnen- blume	
WG '98 ¹⁾	10,3	9,7	5,9	17,2	
WG '99	7,8b	8,8	6,0b	12,8a	1,81
O '99	-	15,7	5,4b	11,7a	3,66
W '99	7,1b	14,9	5,5b	14,3a	5,59
N '99	11,6a	13,5	5,3b	10,7a	1,99
Mittelwert (MW)	-	12,5	5,6	13,3	
MW ohne Standort 'O'	9,2	11,7	5,7	13,8	

¹⁾ Daten für 'Unkraut', 'Sonnenblume' und 'Mais' aus Versuch "früh", 'Senf' aus Versuch "spät".

²⁾ Fraktion 'Unkraut' nur als Mischprobe analysiert.

Während die Trockenmasseerträge, N-Gehalte und C/N-Verhältnisse von Mais und Sonnenblume ähnlich waren, unterschied sich der Gehalt der schwer abbaubaren **Ligninfraktion** deutlicher. Er war bei Sonnenblume (13,3%) im Mittel doppelt so hoch im Vergleich mit Mais (5,6%), der zudem eine auffallend geringe Spannweite über die Standorte bzw. Jahre aufwies (Tab. 3.12). Selbst Senf mit geringerem C/N-Verhältnis wies mit 9,2% höhere

Ligningehalte als Mais auf. Für den eigentlichen Verwendungszweck von Mais in der Tierfütterung ist der geringe Ligningehalt Voraussetzung für eine hohe Verdaulichkeit.

Die **Ligningehalte des Unkrauts** in den Kontrollvarianten lagen zwischen denen von Sonnenblume und Senf (Tab. 3.12). Die Ligningehalte der unter bzw. mit den Untersaaten aufwachsenden Unkräuter differierten im Jahr 1999 nach Standorten und Artenzusammensetzung. Das Unkraut unter Mais, Sonnenblume und Senf wies im Mittel der Standorte O, W und N Ligningehalte von 10,8 bis 17,0% auf. Auf dem Wiesengut betrug im Jahr 1999 der Ligningehalt der Unkräuter in zumeist frühen Entwicklungsstadien nur 5,9 bis 6,2%.

Im Zusammenhang mit der Zersetzung- und Mineralisierbarkeit pflanzlicher Substanz im Boden übertragen PALM & ROWLAND (1997) wie auch GILLER & CADISCH (1997) einen **kritischen Ligningehalt von 15%** aus der Tierernährung. Oberhalb dieses Wertes wird die Zersetzung durch die Lignifizierung der Zellwände gehemmt. Der mittlere Ligningehalt von Sonnenblume (13,8%) lag somit nahe an diesem Schwellenwert.

PALM & ROWLAND (1997) geben in einer Literaturübersicht das **Lignin/N-Verhältnis** neben N-Gehalt und C/N-Verhältnis als weiteren Parameter zur Charakterisierung der organischen Substanz an. Je weiter das Lignin/N-Verhältnis um so geringer ist die Abbaubarkeit der Pflanzenmasse. MAGID et al. (1997) halten nach Modellierungen diesen Index für die Abschätzung der langfristigen Abbaubarkeit geeignet. Nach Untersuchungen von STUMP & BINKLEY (1993), die allerdings im Forst zur Zersetzung und N-Mineralisierung von Streu durchgeführt wurden, ergab das Lignin/N-Verhältnis die engste Korrelation mit den festgestellten Abbauraten und netto mineralisierten N-Mengen. Das gemittelte Lignin/N-Verhältnis in vier Feldversuchen betrug für Mais 4,1, Unkraut 6,2 und Sonnenblume 8,6 (Tab. 3.13). Trotz vergleichsweise hoher Ligningehalte wies Senf mit 3,8 infolge hoher N-Gehalte ein geringes Lignin/N-Verhältnis auf. Anhand dieser die Abbau- und Mineralisierbarkeit beschreibenden Parameter ist das Mineralisierungspotential von Sonnenblume gefolgt von Mais am geringsten und deutlich höher für Unkraut und Senf.

Tab. 3.13: Gemittelte Kenndaten der Zersetzung- und Mineralisierbarkeit von Untersaaten und Unkraut (Kontrolle) in Kartoffeln (4 Prüfumwelten: WG '98, '99, N & W '99)

Parameter	Senf	Unkraut ²⁾	Mais	Sonnenblume	Schwellenwert*)
N % i.d. TM	2,4	1,9	1,4	1,6	< 1,6 bzw. < 1,7 - 2,0
C/N	18,3	19,6	32,8	29,3	> 20 - 25
Lignin %	9,2	11,7	5,7	13,8	> 15
Lignin/N	3,8	6,2	4,1	8,6	-

*) entsprechend Vorzeichen gehemmter Abbau, für N% zwei Quellen, s. Text

3.2 Boden

3.2.1 Nitratgehalte im Boden

Die Nitratgehalte waren im Jahre **1997** in der **Furche** zum Zeitpunkt der Ernte ohne Untersaat in der Bodentiefe bis 30 cm mit 22 kg N/ha gering (Abb. 3.10). Unter Sonnenblume wurden nur 2 kg N/ha festgestellt. Im **Damm** bis 60 cm Bodentiefe lagen die Gehalte in der Kontroll- und Sonnenblumen-Variante bei 31 bzw. 11 kg N/ha. Unter den weiteren geprüften Arten wurden Nitratgehalte im Boden zwischen diesen beiden Varianten gemessen. Am 21.10.1997 waren im Mittel (keine signifikante Differenzierung) ohne weitere Bodenbearbeitung nach der Rodung im Bereich der vormaligen Furche bis 30 cm Bodentiefe 52,6 kg N/ha und im ehemaligen Dammbereich 72 kg N/ha (0-60 cm) vorhanden.

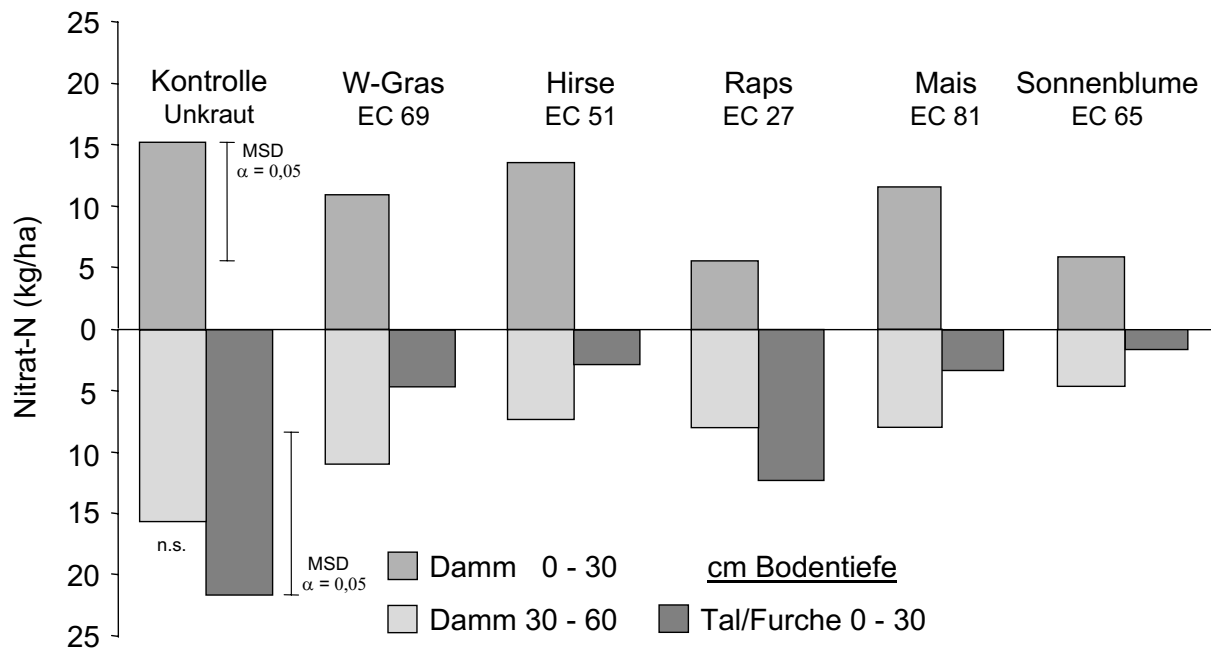


Abb. 3.10: Nitrat-N im Boden zur Kartoffel- und Untersaatenernte auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut am 9. Sept. 1997

Im Jahre **1999** lagen Ende des außergewöhnlich warmen und trockenen Septembers **zum Zeitpunkt der Rodung** die Nitratgehalte in allen Varianten mit max. 6 kg Nitrat-N/ha bis 60 cm Bodentiefe Boden zumeist an der Nachweisgrenze (Tab. 3.14). Nur am Standort N waren in der Kontroll-/Unkrautvariante in der Furche 12 und im Damm 26 kg Nitrat-N/ha vorhanden (ausgehend von der jeweiligen Bodenoberfläche bis in 30 cm Tiefe).

Tab. 3.14: Nitrat-N [kg Nitrat-N/ha] im Boden zur Kartoffel- und Untersaatenernte auf vier Standorten im Jahre 1999

Standort	Kontrolle		Senf		Mais		Sonnenblume	
Bodentiefe	Damm	Furche	Damm	Furche	Damm	Furche	Damm	Furche
Standort N								
0 – 30 cm	26	12	4	4	8	3	6	4
30 – 60 cm	5		2		2		1	
Standort W								
0 – 30 cm	3	2	0	5	0	0	0	0
30 – 60 cm	2		0		0		0	
Standort O								
0 – 30 cm	2	2		1)	3	2	2	1
30 – 60 cm	2				4		3	
Wiesengut								
0 – 30 cm	6	5	1	1		2)	5	2
30 – 60 cm	3		0				3	

¹⁾ Variante entfiel fruchtfolgebedingt.

²⁾ Keine Beprobung aufgrund geringer Massenentwicklung der Untersaat Mais.

Nach Rodung der Kartoffeln wurden am 30. Sept. 1999 auf zwei weiteren über Sommer unkrautarm gehaltenen Varianten an den Standorten N, O und W 40 dt TM/ha **gehäckseltes Weizenstroh** ausgebracht und an den Standorten N und O flach eingefräst.

Am **Standort N** waren nach der Rodung unter den Varianten Mais, Sonnenblume und Senf am 11. Okt. vglw. geringe Nitratmengen im Boden vorhanden, während sie in den Varianten 'unkrautarm' und 'unkrautarm mit Stroh' signifikant am höchsten waren (Abb. 3.11). Insgesamt wies dieser Standort auf humosem Sand eine sehr hohe N-Mineralisierung nach der Rodung auf. Die Bodennitratmengen der Varianten 'Senf' und 'Unkraut' stiegen zwischen dem 11. Okt. und 4. Nov. um 50 bzw. 40 kg N/ha deutlich an. Dies dürfte auf die raschere Zersetzung und Mineralisierbarkeit der Senf- und Unkrautstroßmasse zurückzuführen sein (vgl. Kap. 3.1.3).

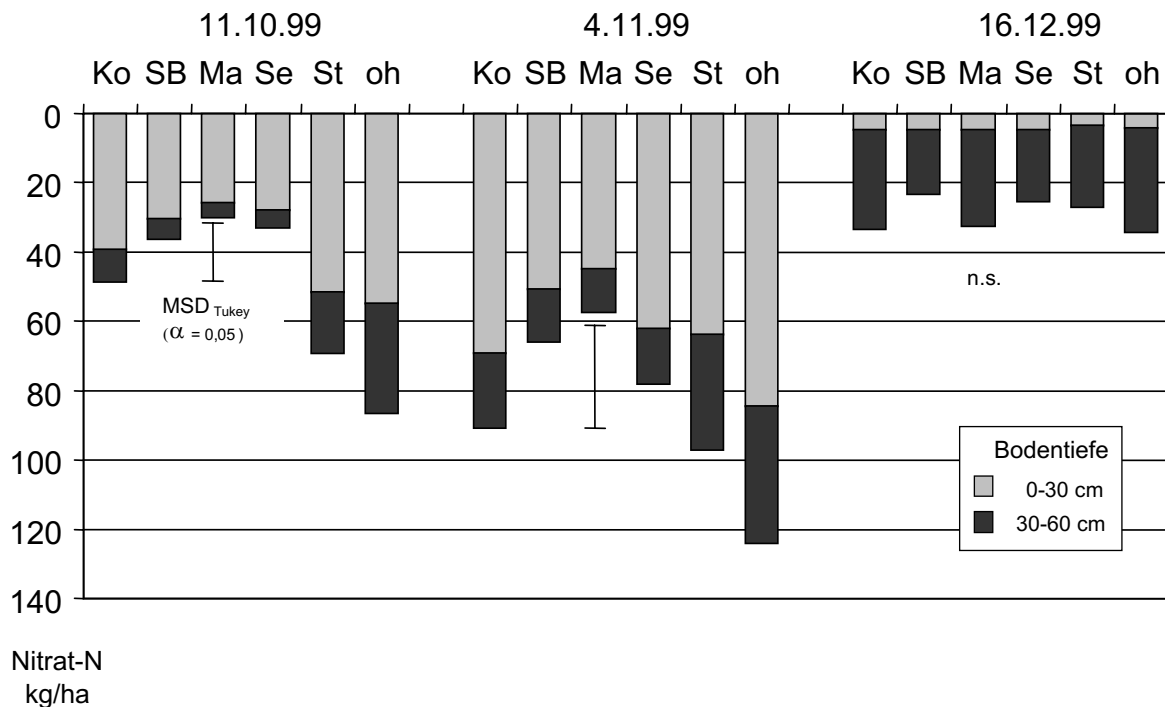


Abb. 3.11: Nitrat-N im Boden nach Kartoffeln unter Winterroggen (Saat am 7.10.) am Standort N im Herbst 1999

Ko - Kontrolle/Unkraut SB - Sonnenblume Ma - Mais
Se - Senf St - 'unkrautarm mit Stroh' oh - 'unkrautarm'

Nach ergiebigen Niederschlägen im November bis Anfang Dezember und einsetzender Sickerwasserbildung war am 16. Dez. am **Standort N** bis 30 cm Tiefe kaum noch Nitrat und in 30 - 60 cm Bodentiefe bei geringer Differenzierung zwischen den Varianten maximal 30 kg Nitrat-N/ha vorhanden. Unter der Annahme, daß zwischen den Probenahmeterminen am 4.11. und 16.12.1999 keine die Differenzierung der Varianten nivellierende und die Nitratgehalte im Boden erhöhende N-Mineralisierung der Untersaaten stattgefunden hat, Witterungs- und Bodentemperaturen lassen diesen Schluß zu (Kap. 3.2.2), wurden nach Mais und Sonnenblume bis 60 cm Bodentiefe mit 25 bzw. 42 kg Nitrat-N/ha wesentlich weniger Stickstoff im Vergleich zu den Varianten Kontrolle/Unkraut und unkrautarm mit 57 bzw. 90 kg Nitrat-N/ha ausgetragen. Am 7. März 2000 nach sehr hohen Niederschlagsmengen im Februar und einem auf 40 cm Tiefe angestiegenen Grundwasserspiegel war im Boden aller Varianten kein Nitrat mehr nachweisbar.

Die Unterschiede zwischen den Varianten und der Zeitverlauf der Nitratgehalte war auf **Standort O** dem von Standort N ähnlich, verlief aber auf einem deutlich niedrigerem Niveau (Abb. 3.12). Zwischen der Verunkrautung, die hohe N-Mengen aufgenommen hatte und den Untersaaten mit vergleichsweise geringer N-Aufnahme waren zu keinem Beprobungstermin

signifikante Unterschiede festzustellen. Zwischen dem 4.11. und dem 16.12.1999 fand in allen Varianten eine Verlagerung von Nitrat aus der Bodenschicht bis 30 cm in die darunter liegende Schicht statt. Während mit 1 bis 3 kg Nitrat-N/ha in der Kontrolle, bei Sonnenblume und Mais der Austrag vernachlässigbar war, wurden in den Varianten 'unkrautarm' und 'unkrautarm mit Stroh' bereits 13 kg Nitrat-N/ha unterhalb 60 cm verlagert. Auch auf diesem Standort war am 7. März 2000 bis 60 cm Bodentiefe kein Nitrat mehr nachweisbar

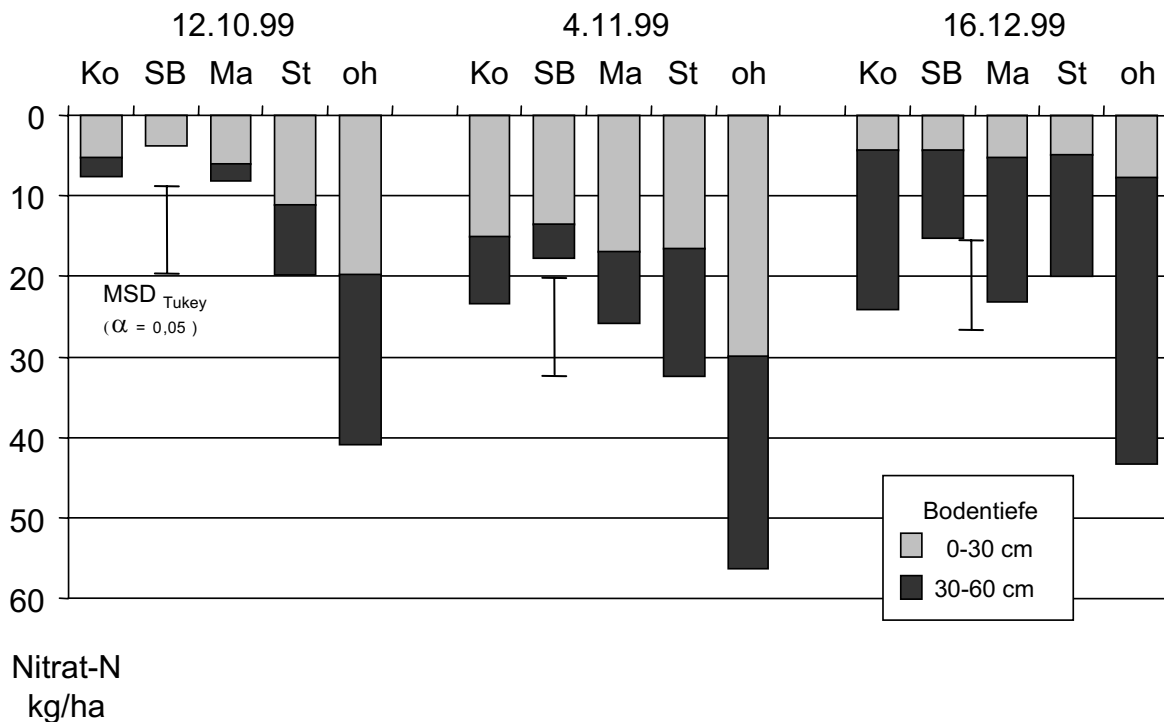


Abb. 3.12: Nitrat-N im Boden nach Kartoffeln unter Winterroggen (Saat am 19.10.) am Standort O im Jahre 1999

Ko - Kontrolle/Unkraut SB - Sonnenblume Ma - Mais
 Se - Senf St - 'unkrautarm mit Stroh' oh - 'unkrautarm'

Am **Standort W** waren zu den Beprobungsterminen am 12.10. und 5.11.1999 die deutlichsten Unterschiede zwischen den Untersaaten und weiteren Varianten festzustellen (Abb. 3.13). Bis Ende November fand nach der Kartoffelrodung keine Bodenbearbeitung statt. Das Stroh verblieb während dieser Zeit auf der Bodenoberfläche. Eine Bodenbeprobung im Dezember konnte nicht durchgeführt werden. Am 12. März wies der Boden auf diesem Standort in allen Varianten 9 kg Nitrat-N/ha bis 60 cm Bodentiefe unter bis dahin kaum entwickelter Zottelwicke auf.

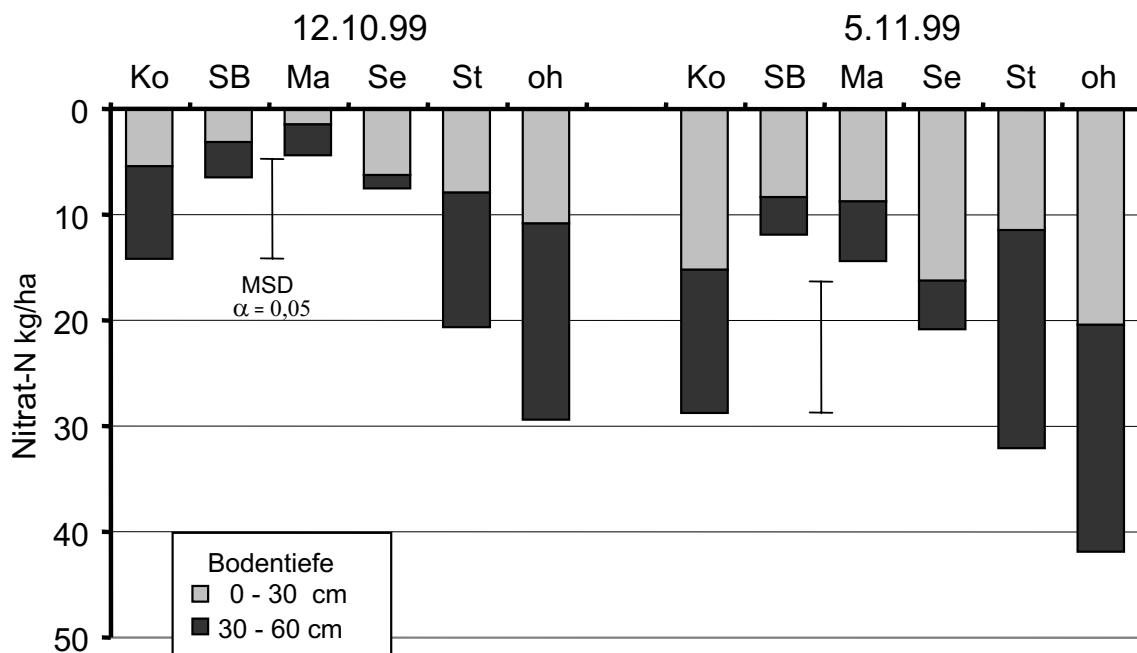


Abb. 3.13: Nitrat-N im Boden nach Kartoffel ohne Bodenbearbeitung am Standort W im Jahre 1999

Ko - Kontrolle/Unkraut SB - Sonnenblume Ma - Mais
 Se - Senf St - 'unkrautarm mit Stroh' oh - 'unkrautarm'

Am **Standort Wiesengut (WG)** wurden infolge des geringen Unkraut- und Untersaaten- aufwuchses nur die Kontroll- und Senfvariante und erst ab Nov. auch die Strohvariante beprobt. Die Kartoffeln wurden erst am 15.10. gerodet. Das Stroh wurde vor der Rodung auf die Dämme ausgebracht, um die Durchmischung mit dem Boden infolge der Rodung zu prüfen. Nach Grubber, Pflug und Saatbettbereitung wurde am 28.10.1999 Winterweizen gesät. Am 10.11. waren nach Untersaat Senf und Strohausbringung die Nitratgehalte im Boden um 7 bzw. 10 kg Nitrat-N/ha im Vergleich zur Kontrolle mit 31 kg Nitrat-N/ha geringer. Am 22.12.1999 waren nach Verlagerung in tiefere Bodenschichten in Summe bis 60 cm Tiefe bei Kontrolle und Stroh leichte Verluste in Höhe von 8 kg Nitrat-N/ha und bei Senf keine Änderung aufgetreten. Am 10. Februar waren unter Winterweizen in den drei untersuchten Varianten Kontrolle, Senf und Stroh 10, 11 bzw. 7 kg Nitrat-N/ha vorhanden.

Sonnenblume und Mais reduzierten bezogen auf die Varianten 'unkrautarm' und 'Kontrolle/Unkraut' im **Mittel der drei Standorte N, O und W** die Bodennitratgehalte nach der Kartoffelrodung. Die höchsten Bodennitratgehalte wurden auf den Standorten N, O und W unter den 'unkrautarmen' Varianten gemessen. Auch die Spätverunkrautung wies einen nitratmindernden Effekt im Boden auf.

Bezogen auf die Varianten 'unkrautarm' (Tab. 3.15) und 'Kontrolle/Unkraut' (Tab. 3.16) wiesen Sonnenblume und Mais im Mittel der drei Standorte N, O und W am 4./5. Nov. eine Reduzierung der Nitrat-N-Gehalte im Boden auf.

Tab. 3.15: Minderung der Nitratgehalte im Boden bis 60 cm Bodentiefe bezogen auf den Nitratgehalt der Variante "unkrautarm" am 4./5.11.99

(1. Zeile absolut in kg N/ha, 2. Zeile kursiv relativ in %, Mittelwert gerundet)

Standort	unkrautarm	Sonnenblume	Mais	Senf	Kontrolle /Unkraut	Stroh
N	124 <i>100%</i>	66 <i>53%</i>	57 <i>46%</i>	78 <i>63%</i>	91 <i>73%</i>	97 <i>78%</i>
O	56 <i>100%</i>	18 <i>31%</i>	26 <i>46%</i>	-	23 <i>42%</i>	32 <i>58%</i>
W	42 <i>100%</i>	12 <i>29%</i>	15 <i>35%</i>	21 <i>50%</i>	25 <i>61%</i>	35 <i>84%</i>
Mittelwert	74	32	33		47	55
<i>in %</i>	<i>100%</i>	<i>38</i>	<i>42</i>		<i>59</i>	<i>73</i>

Tab. 3.16: Minderung der Nitratgehalte im Boden bis 60 cm Bodentiefe bezogen auf den Nitratgehalt der Variante 'Kontrolle/Unkraut' am 4./5.11.99

(1. Zeile absolut in kg N/ha, 2. Zeile kursiv relativ in %, Mittelwert gerundet)

Standort	Kontrolle/Unkraut	Sonnenblume	Mais	Senf
N	91 <i>100%</i>	66 <i>73%</i>	57 <i>63%</i>	78 <i>86%</i>
O	23 <i>100%</i>	18 <i>76%</i>	26 <i>111%</i>	-
W	25 <i>100%</i>	12 <i>47%</i>	15 <i>57%</i>	21 <i>82%</i>
Mittelwert	47	32	33	
<i>in %</i>	<i>100</i>	<i>65</i>	<i>77</i>	

KAINZ et al. (1997) führten 1997 auf dem Kloostergut **Scheyern** in der Nähe von München einmalige Felduntersuchungen mit Senf in Kartoffeln nach frühem Krautabschlegeln (Pflanzgutvermehrung) durch. Im Mittel der drei in einem Praxisschlag durchgeführten Probenahmen wurden 87 kg N/ha in der Senfsproßmasse gebunden und die $N_{\min}$ -Mengen im Boden von 176 kg N/ha auf 65 kg N/ha zur Kartoffelernte reduziert. Derart hohe mineralisierte N-Mengen im Boden, die hohe N-Aufnahme und deutliche Minderung der N-Mengen im Boden durch Gelbsenf wurden in den eigenen Versuchen nicht gemessen.

Die Ausbringung von **gehäckseltem Stroh** konnte zwar die Nitratgehalte im Vergleich zur unkrautarmen Variante mindern, aber der Effekt war im Vergleich zum Unkrautaufwuchs und den Untersaaten gering. Frühere Rode- und damit Strohausbringungs-Termine könnten eine frühere Umsetzung des Strohs gewährleisten und die Nitratgehalte im Boden nach der Rodung mindern. Eine wesentliche Immobilisierung durch die Strohgaben trat in den Versuchen im folgenden Frühjahr auf. Während die Zottelwicke auf Standort W keine sichtbaren Unterschiede aufwies, waren Wachstum und Entwicklung von Winterweizen und Winterroggen auf den Standorten WG bzw. O deutlich gehemmt. Die Bestände der Strohvariante waren hellgrün, kürzer, wiesen weniger Triebe und eine geringere Sproßmasse auf.

Im außergewöhnlich trockenen Herbst 1999 kann die Bodenfeuchte allerdings für eine Zersetzung des Strohs limitierend gewesen sein. Das Problem, den Immobilisierungseffekt zeitlich gezielt einsetzen und begrenzen zu können, wäre noch zu lösen.

3.2.2 Bodenfeuchte und -temperatur

Die Böden waren am 16.12.1999 in der Variante 'unkrautarm' und im Frühjahr 2000 in allen Varianten wassergesättigt. Die zur Ernte Ende September und bei den nachfolgenden Beprobungen Mitte Oktober und Anfang November gemessenen Bodenwassergehalte wurden auf die abgeschätzte Feldkapazität bezogen (Abb. 3.14 & 3.15).

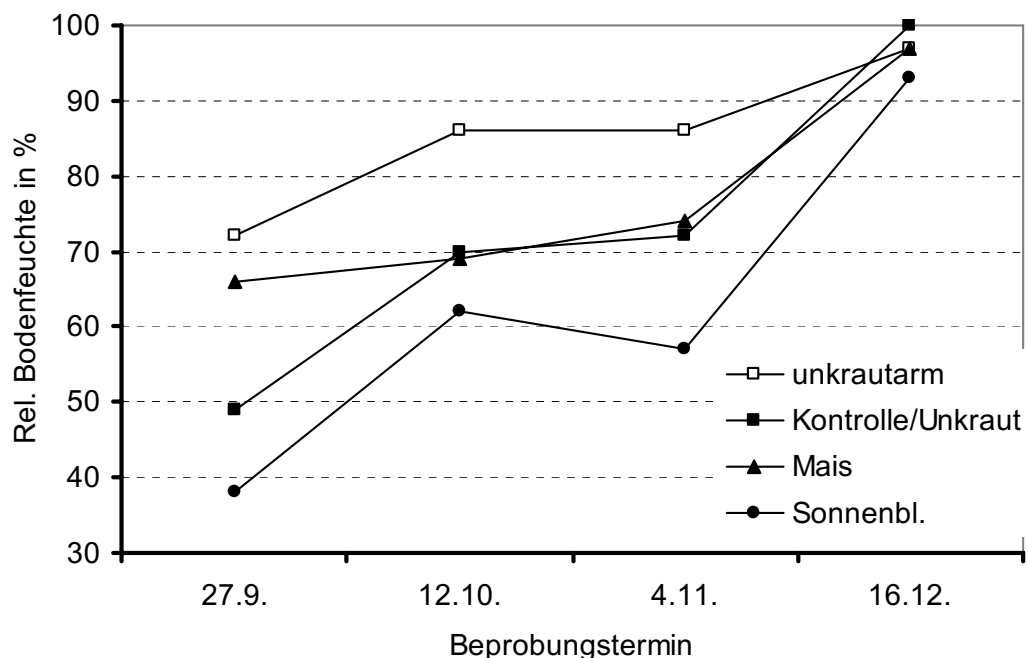


Abb. 3.14: Relative Bodenfeuchte bezogen auf Feldkapazität (16,7 Massen-% = 100%) in Bodenschicht 30 - 60 cm Tiefe am Standort O

Nach Sonnenblume wiesen die Böden in 30 - 60 cm Tiefe zur und nach der Rodung auf den Standorten O (Abb. 3.15) und W die geringsten Bodenwassergehalte auf. Auch in der Bodenschicht bis 30 cm Tiefe wurden diese Unterschiede in den Bodenfeuchten mit einer geringeren Differenzierung und schnelleren Angleichung gemessen. Auf Standort N war die Differenzierung der Bodenfeuchte weniger deutlich ausgeprägt (Abb. 3.15).

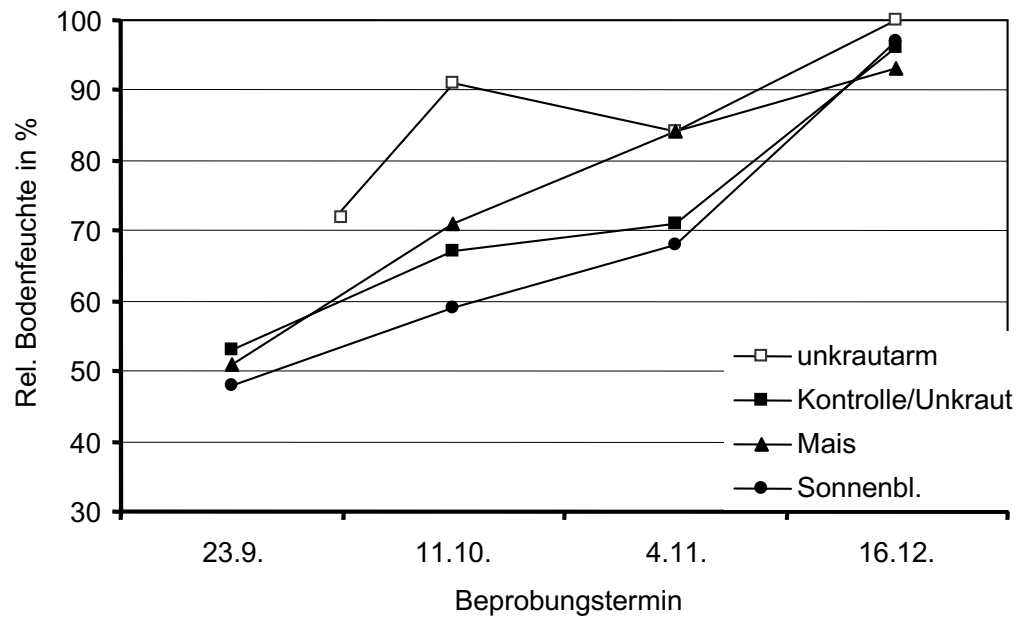


Abb. 3.15: Relative Bodenfeuchte bezogen auf Feldkapazität (13,5 Massen-% = 100%) in Bodenschicht 30 - 60 cm Tiefe am Standort N (1. Beprobung 'unkrautarm' 30.9.)

Die **Bodentemperatur** in 20 cm Tiefe betrug im täglichen Mittel zwischen dem 4.11. und 16.12.99 in Bonn-Rohleber (Höhenlage) und in Bocholt wie auch in 10 cm Bodentiefe auf dem Flughafen Köln-Bonn 5,5°C. Die N-Mineralisierung der Untersaaten-Sproßmassen wird bei diesen niedrigen Temperaturen zum Erliegen gekommen sein. Die am 4./5. bzw. 10.11.99 im Boden vorhandenen Nitrat-N-Mengen werden deshalb als potentiell auswaschbar angenommen, ohne von einer weiteren N-Mineralisierung der Untersaaten auszugehen.

3.3 Kartoffelerträge und Stoffgehalte

Der Kartoffelrohertrag auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut war im Jahr 1998 mit 203 dt FM/ha gering. Im Versuchsjahr 1999 wiesen die Rotherträge (238 - 388 dt FM/ha) und der N-Entzug mit den Knollen (62 - 92 kg N/ha) auf den vier Standorten eine weite Spanne auf (Tab. 3.17). Im Mittel wurden 1999 je 100 dt Knollenertrag 24,4 kg N entzogen. Die geringen Erträge an den Standorten W (238 dt FM/ha) und O (258 dt FM/ha) waren auf lückige Bestände infolge von Pflanztechnikproblemen und frühem Krautfäulebefall zurückzuführen.

Der Anteil von 14,5 % grünen Kartoffeln am Standort O war Folge des aufgrund frühem Krautfäulebefall ausgebliebenem letztem Häufelgang und Gewitterniederschlägen mit Dammabschwemmung im Juli und August.

Tab. 3.17: Kartoffelertrag und Sortierung der betriebsüblich bewirtschafteten Kontrollparzellen - Feldversuche 1999

Betrieb	N	W	O	WG	WG	Mittel
Sorte	Solara	Nicola	Charlotte	Nicola	Agria	
Rothertrag dt FM/ha	348	238	258	385	388	323,4
N%	1,2	1,4	1,4	1,1	1,0	1,2
N-Entzug kg/ha	81	62	69	92	91	78,9
% grüne	5,3	6,6	14,5	2,0	2,0	
% faule	0,5	4,4	2,0	0	0	
% Wachstumsrisse	0	0	0	8,0	3,0	
% Fraßschäden	1,2	1,1	2,9	0	0	
% < 30 mm	1,3	2,7	6,2	1,0	0	
% 30 - 65 mm	88,3	83,0	74,1	87,0	79,0	
% > 65 mm	3,3	2,2	0,2	2,0	16,0	
30 – 65 mm dt FM/ha	307	198	191	335	307	267,5
% Stärke (nach Lunden)	13,1	12,3	12,8	15,8	16,8	14,2

Sehr gut entwickelt und früh gepflanzt erreichte der Kartoffelbestand auf Standort N einen Rothertrag von 348 dt FM/ha trotz schnellen Zusammenbruchs im Juli infolge eines Mischbefalls mit Dürfflecken- (*Alternaria solani*) und Krautfäulekrankheit (*Phytophthora infestans*). Auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut reiften die Bestände im Gegensatz zum Vorjahr bei geringem Krautfäulebefall erst Ende August ab und führten zu hohen Erträgen (Nicola 385 bzw. 388 dt FM/ha Agria), hohen Stärkegehalten und großen Knollen (insbesondere bei Agria) (Tab. 3.17).

Die Untersaat wächst erst nach dem Absterben des Kartoffelkrautes auf. Ein direkter Einfluß der Untersaat auf den Kartoffelertrag und die Inhaltsstoffe der Kartoffeln ist aufgrund der zeitlich versetzten Entwicklung nicht anzunehmen. Auf den Standorten O und W war aber der Kartoffelertrag geringer (nicht signifikant) (Tab. 3.18). Die kleine Ernteteilfläche (1999: 3 Dämme á 2,5 m = 5,6 m²) könnte streuungsbedingte Abweichungen bedingt haben.

Tab. 3.18: Kartoffelrohertrag und Bodenfeuchte im Damm (in % bezogen auf Feldkapazität, s. Kap. 3.2.2) **unter Sonnenblume und Unkraut (Kontrolle)** (in dt FM/ha)

Jahr-Standort	Kartoffelrohertrag		Bodenwassergehalt (grav.)	
	Kontrolle/ Unkraut	Sonnenblume	Kontrolle/ Unkraut	Sonnenblume
1998 - WG	203	208	- ²⁾	- ²⁾
1999 - WG ¹⁾	389	387	66,4	64,1
1999 - O	258	225	49,8	42,8
1999 - W	238	203	74,4	62,8
1999 - N	349	347	53,8	42,7
Mittelwert	306	292	61,1	53,1

¹⁾ Kartoffelsorte Sorte Agria ²⁾ Witterungsbedingt waren die Böden zum Zeitpunkt der Ernte bereits wassergesättigt, Bodenbeprobung war nicht möglich.

Eventuell hat aber die Bodenfeuchte im Damm, die unter Sonnenblume im Mittel 10% geringer war, einen Einfluß auf den Wassergehalt der Knollen gehabt. Die Trockensubstanz der in den Kontrollparzellen geernteten Knollen lag im Mittel bei 20%. Unter Sonnenblume wurde die Knollenfeuchte nicht bestimmt.

Nach Untersuchungen von SCHMIDTKE et al. (1999) durchwurzelt die Kartoffel vorrangig den Damm und den Boden unterhalb des Dammes. Untersaaten, die wie Sonnenblumen und Mais in der Furche aufwachsen und tiefere Bodenschichten erschließen, dürften kaum in Konkurrenz zu einem absterbenden Kartoffelbestand stehen. Ob der Wassergehalt der Knollen durch eine von der Untersaat verursachte Absenkung der Bodenfeuchte beeinflusst werden kann, bedarf weiterer Untersuchungen. .

Im Jahre 1999 konnte auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut im Jahre 1999 wie schon 1998 keine durch die Kartoffelsorte bedingte Differenzierung der Untersaatenaufwüchse festgestellt werden. Im Erntejahr 1999 wies die Sorte Nicola im Gegensatz zu Agria einen unterschiedlichen Ertrag in Höhe von 399 zu 380 dt FM/ha unter Kontrolle bzw. Sonnenblume auf. Aufgrund eines sehr geringen Sonnenblumenaufwuchses und fast gleicher Bodenfeuchten im Damm kann der Ertragsunterschied der Sorte Nicola 1999 auf dem Wiesengut allerdings nicht auf den Einfluß der Untersaat zurückgeführt werden.

4 Abschlußdiskussion

In diesem Kapitel werden die Kernergebnisse zur Arteneignung (Kap. 3) ergänzt und die versuchsbegleitenden Bonituren und Beobachtungen zusammengefaßt (Kap. 4.1). Neben dem Kernziel - Minderung von Nitratausträgen nach Kartoffeln - werden mit dem Verfahren 'Untersaat in Kartoffeln' positive Zusatzeffekte (Kap. 4.2) bewirkt. Handlungsempfehlungen für die Praxis (Kap. 5) und die Konsequenzen für weitere Forschungsaktivitäten (Kap. 7) werden entsprechend der Gliederungsvorgabe für diesen Bericht in getrennten Hauptkapiteln behandelt.

4.1 Arteneignung: Artenwahl - Saatzeit

Für die frühe Untersaat in Kartoffeln vor Bestandesschluß in die Furchen (im Juni) sind die Arten Mais und Sonnenblume sowie für die Saat etwa Ende Juli Gelbsenf und mit Einschränkung Buchweizen geeignet.

Sonnenblume im Vergleich mit Mais

- wies die zumeist etwas höheren Zuwachs- und N-Aufnahmeraten auf,
- bildete die größere Sproßmasse,
- hatte in Summe mit dem Unkrautaufwuchs im Mittel der Versuche die größere Menge an Stickstoff gebunden und
- reduzierte etwas stärker die Bodennitratgehalte und Bodenfeuchte zur und nach der Ernte.
- Die großen Blätter der Sonnenblume unterdrücken frühzeitig auch im Dammbereich die Spätverunkrautung.
- Die im September blühenden Sonnenblumen fördern blütenbesuchende Insekten und bereichern das Landschaftsbild.
- Sonnenblume war **aber** deutlich empfindlicher gegenüber einer längeren Beschattung durch das Kartoffelkraut, bspw. infolge eines vergleichsweise späten Befalls mit Krautfäule. Bei länger anhaltender Beschattung nach Bestandesschluß (ab etwa 2 – 3 Wochen nach Feldaufgang der Untersaat) reagierten Sonnenblumenpflanzen mit verstärktem Längenwachstum, die Stengel lagerten dann leicht, wobei an den Halmstellen mit Bodenkontakt wieder neue Wurzeln ausgebildet wurden. Nach längerer, einige Wochen andauernder nahezu vollständiger Beschattung durch das Kartoffelkraut (Reihenschluß) resultierten infolge abgestorbener Sonnenblumenpflanzen lückige Untersaatenbestände. Mais war hinsichtlich der Beschattung unempfindlicher und nur sehr wenige Pflanzen gingen ein.
- Mais wäre im Vergleich mit Sonnenblume prinzipiell als Futter verwendbar. Diesem Einsatzzweck, der idealerweise den im Sproß gebundenen Stickstoff von der Fläche exportieren ließ, sind aber erntetechnische Grenzen gesetzt, die mit heutiger Kartoffelrode- und Maiserntetechnik nicht praktikabel lösbar sind.

Sonnenblume im Vergleich mit Senf

- wies deutlich höhere Trockenmassen, höhere gebundene N-Mengen, geringere N-Gehalte, höhere Ligningehalte und ein weiteres C/N- und Lignin/N-Verhältnis auf.
- Der Konservierungseffekt des in den Untersaaten gebundenen Stickstoffs soll über Winter andauern. Entsprechend der Mineralisierungsparameter ist hierfür vor allem die Sonnenblume die geeignetste und Senf die ungeeignetste Kultur.
- Die Nitratgehalte im Boden nach der Kartoffelrodung zeigten einen früheren Anstieg nach Senf im Vergleich mit Sonnenblume.
- Aufgrund der früheren bzw. nach dem Absterben des Kartoffelkrautes bereits stattgefundenen Etablierung der Sonnenblumen dürfte der Schutz vor Bodenerosion (Hanglagen) mit Sonnenblumen effektiver im Vergleich mit Senf sein, selbst wenn Senf auch im Dammbereich angesät und aufwachsen kann.
- Ein bereits hoher Brassicaceen-Anteil in der Fruchtfolge kann den Anbau von Senf ausschließen (bspw. Feldgemüse). Alternativ wäre mit geringeren Leistungen und teurerem Saatgut für eine Spätsaat statt Senf Buchweizen verwendbar.
- **Eisenfleckigkeit:** *Von Seiten einzelner Berater wurde die Sorge geäußert, das die Unter-/Zwischensaat von Senf zur Krankheit "Eisenfleckigkeit" führt. Eisenfleckigkeit tritt generell nur regional insbesondere auf sandigen Böden auf. Nach eigener Umfrage wurde als Problemregion nur die Lüneburger Heide benannt. Grundsätzlich ist von einer erhöhten Gefährdung nur bei vorherigem Anbau von Senf auszugehen, da die Knolleninfektion über den Boden früh erfolgt. Die Krankheit wird durch einen Virus (TRV) übertragen, der vermutlich den größten Wirtspflanzenkreis pflanzlicher Viren einnimmt. Unter den über 400 Arten aus mehr als 50 Pflanzenfamilien befinden sich auch zahlreiche Unkräuter, wie z.B. Vogelmiere, Hirtentäschelkraut, Ackerstiefmütterchen und Franzosenkraut. Problemflächen bedürften deshalb grundsätzlicher Strategien.*
- **Senf** hat den **Vorteil**, daß der Eintritt des Krautabsterbens abgewartet werden kann. Falls der Krautfäulebefall ausbleibt, kann auf die Untersaat verzichtet werden.
- Im Vergleich mit einer Furchensaat von Sonnenblume oder Mais ist die Saat von Senf bspw. mit einem Düngerstreuer technisch wesentlich einfacher und mit zumeist vorhandener Technik umsetzbar.
- Der Senfaufwuchs stellte für die üblichen Krautabtrennvorrichtungen der Kartoffelroder kein Problem dar, während vereinzelt Sonnenblumen-Köpfe auf dem Sortierband aussortiert werden mußten. Es sind für dieses Problem aber landtechnische Anpassungen möglich, wenn nicht generell vor der Rodung oder im Frontabbau jeglicher Aufwuchs gehäckselt wird.

Senfsaat in der Praxis: Geringere Leistung

Die Aufwuchsmengen und gebundenen N-Mengen von Senf waren im Vergleich mit Sonnenblume und Mais vergleichsweise hoch. Zwar kann der Senf infolge der Breitsaat auch den

Dambereich durchwurzeln, statt nur in der Furche aufzuwachsen, aber weitere Rahmenbedingungen sind zu berücksichtigen. Falls vor oder für die Senfsaat das Kartoffelkraut oder dessen Reste abgeschlegelt werden, hat Senf einen Konkurrenzvorteil, da er überwiegend gleichzeitig mit dem Unkraut aufwachsen kann. Für die Aussaat nutzten GERL et al. (1999) eine Kombination aus Kartoffelkrautschlegler im Frontanbau und einer im Heck angebauten Sämaschine. Der Senf wurde obenauf rieselnd ausgesät. In den hier vorgestellten Versuchen war die Furchenverunkrautung zumeist bereits sehr groß. Zur Bodenlockerung in der Furche und Eindämmung des Unkraut erfolgte im Rahmen der Versuche zur Saat ein Durchgang mit einer Einzelradhacke, d.h. in der Praxis müßte analog bspw. mit einem Hackrahmen im Frontanbau und Sämaschine im Heck ausgesät werden. In den Versuchen wurde zusätzlich die Hälfte des Senfsaatgutes in die Furche ausgesät. Würden die für den Senf günstigen Unkrautkontrollmaßnahmen unterbleiben, wird die Aufwuchsleistung von Senf geringer sein.

4.2 Zusätzliche positive Umwelteffekte

Neben dem Primäreffekt der Bindung von Stickstoff in den Untersaaten, geringeren Nitratgehalten und Feuchte im Boden nach der Kartoffelrodung

- verringern Untersaaten die Spätverunkrautung (Kap. 3.1.3),
- sichern Untersaaten die Humusreproduktion (siehe nachfolgenden Text),
- mindern die Bodenerosionsdisposition (siehe nachfolgenden Text),
- erleichtert Senf nach Aussage von Praktikern die Rodung,
- erhöhen Sonnenblume und Senf das Blütenangebot im September und fördern damit blütenbesuchende Insekten,
- stellen blühende Sonnenblumen- statt grün-brauner Gänsefußfelder eine Attraktion in der Landschaftskulisse dar, was insbesondere für direktvermarktende Betrieb von Nutzen sein kann.

Humusreproduktion

Die von den Untersaaten zusammen mit dem Unkraut gebildeten 40 bis 60 dt TM/ha stellen einen Ausgleich für die Humuszehrung durch den Kartoffelanbau dar. Entsprechend unterschiedlicher Berechnungsansätze und Koeffizienten können mit Untersaaten 31 bzw. 50% der Humuszehrung durch den Kartoffelanbau kompensiert werden (Tab. 4.1).

Hinsichtlich der Humusreproduktion ist neben der Biomassenzufuhr der Ligninanteil entscheidend. Je höher der Ligningehalt desto geringer ist die Abbaubarkeit der pflanzlichen Biomasse und desto höher ist die Humuswirksamkeit.

Nach Inkubations-Untersuchungen zum Abbau von Ernteresten und Wurzeln von KLIMANEK (1988) bei allerdings konstant günstigen Bedingungen (u.a. 25°C) war unabhängig vom

C/N-Verhältnis und N-Gehalt des untersuchten Pflanzenmaterials (im wesentlichen Wurzeln unterschiedlicher Arten und Stoffzusammensetzung) überwiegend der Ligningehalt bestimmend. Nach der Inkubationszeit von 70 bis 90 Tagen waren bei einer Gruppierung der Untersuchungsergebnisse bei einem Ligningehalt von 5% etwa 63 bis 74% der Masse abgebaut bzw. mineralisiert, bei 8 - 10% Lignin 45 bis 58% und bei 15 - 16% Lignin nur noch 34 bis 43% der ursprünglichen Masse vorhanden. In den hier vorgestellten Feldversuchen wies Sonnenblume mit 13,8% die höchsten Ligningehalte auf (Kap. 3.1.4) und weist damit nach den Daten von KLIMANEK (1988) eine geringere Abbaubarkeit bzw. größere Humusersatzleistung auf.

Tab. 4.1: Humus-Kulturbilanz des Kartoffelanbaus mit und ohne Anbau einer Untersaat - ohne Anrechnung von Wirtschaftsdüngern

	Koeffizienten (je ha) nach		
	ASMUS 1979 für Bodenart sL in t ROS ¹⁾	LEITHOLD & HÜLSBERGEN 1998 konventionell in t HE ²⁾ (umgerechnet in t ROS)	organisch ³⁾
Humuszehrung Kartoffeln	- 4,0 t	- 1,8 t (- 6,5 t)	- 2,75 t (- 9,75 t)
Humusersatz Untersaat ⁴⁾	+ 2,0 t	+ 0,85 t	+ 0,85 t
Humussaldo	-2,0 t	- 0,95 t	- 1,9 t
relative Humusersatzleistung	50 %	47 %	31 %

¹⁾ 1 t ROS (Reproduzierbare Organische Substanz) - 1 t org. Stallmist-Trockenmasse

²⁾ 1 t HE (Humuseinheit) - 1 t Humus mit 50 kg N und 580 kg C

³⁾ Humuszehrungs-Koeffizienten wurden von den Autoren für den Organischen Landbau angehoben, deren Gültigkeit ist aber umstritten.

⁴⁾ Für die Untersaat Annahme der jeweiligen Zwischenfruchtkoeffizienten, zuzüglich Sproßaufwuchs (Untersaat & Unkraut) von 50 dt TM/ha.

Minderung der Bodenerosion und Rodeerleichterung

Nach Modellrechnungen von KAINZ et al. (1997) mindert Senf in Kartoffeln die Bodenerosionsdisposition im August und September. Zusätzlich wurden infolge ausgeglichener Bodenfeuchte eine frühere Erntbarkeit bei hohen Bodenfeuchten (Evapotranspiration) der Untersaat und eine geringere Klutenbildung bei Trockenheit ("Schattengare") sowie eine bessere Siebfähigkeit festgestellt. Dies senkte auch den Bodenabtransport mit dem Erntegut.

In den eigenen Messungen wurden unter Sonnenblumen und Senf im Gegensatz zu Mais und Unkraut (Kontrolle) geringere Bodenfeuchten festgestellt (Kap. 3.2.2). Eine bessere Befahrbarkeit der Flächen bzw. ein geringeres Ausmaß potentieller Unterboden-Verdichtungen durch die Rodung könnte resultieren. Gleichzeitig dürfte durch den Beschattungseffekt der Untersaaten die Bodenoberfläche selbst feuchter sein und damit eine geringere unerwünschte Klutenbildung aufweisen.

5 Schlußfolgerungen für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis

Artenempfehlung

- Entsprechend den Feldversuchsergebnissen 1997 und 1998 kann das Untersaatenspektrum bei Frühsaat auf die geeigneten Arten Sonnenblume, bedingt Mais sowie bei Spätsaat auf Senf eingegrenzt werden. Falls Brassicaceen (Kreuzblütler) aus Fruchtfolgegründen (z.B. Kohlanbau) nicht verwendet werden sollen, kann für die Spätsaat statt Senf Buchweizen eingesetzt werden.
- Sonnenblume ist die geeignetste Untersaat (Kap. 4.1). Aber bei für hohe Kartoffelerträge wünschenswerte lange Blattflächendauer des Kartoffelkrautes reagierten Sonnenblumenpflanzen sehr empfindlich und starben ab. Dies führte dann zu lückigen Beständen. Mais war demgegenüber wesentlich unempfindlicher. Es wurden bei Mais kaum Verluste an Pflanzen, aber oft eine geringere Massenbildung festgestellt.
- Trotz späterem Sätermin etwa Ende Juli erfordert auch Senf ein frühes Krautabsterben oder frühes Krautabschlageln.
- Spätverunkrautung mit hoher Massenbildung konnte teilweise auch effizient Masse bilden und Stickstoff aufnehmen und die Nitratgehalte im Boden nach der Rodung mindern.
- Angeregt durch die Feldversuche wurde in zwei Praxisbetrieben statt Gelbsenf Ölrettich eingesetzt. Ölrettich bildete insgesamt kräftigere Einzelplanzen (eventuell nachteilig beim Roden) mit großen Blättern (günstig für die Unkrautunterdrückung). Dabei hatte Ölrettich 1999 auf Standort N den Vorteil des Wiederaufwuchses nach der Kartoffelrodung (Abb. 5.1).

Wesentliche Rahmenbedingung

- Früher Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans*) ist für eine optimale Entwicklung der Untersaaten in Kartoffeln eine wesentliche Voraussetzung.
- Dies ist im Hinblick auf die Hauptfrucht Kartoffel unbefriedigend. Aber selbst die auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut im Rahmen dieser Untersuchungen im Jahr 1998 eingesetzten, bislang einzig gegen Krautfäule wirksame Maßnahme der Kupferspritzung kann die Ausbreitung der Krautfäule nur verzögern.



Abb. 5.1: Wieder aufwachsende Ölrettichuntersaat am 21.9.99 auf Standort N nach Rodung der Kartoffeln am 15.9.99

- Im konventionellen Landbau wird dementsprechend der Anbau von Untersaaten in Kartoffeln aufgrund der langen Blattflächendauer nur in Sonderfällen möglich sein.
- Überspitzt sind für Krautfäule anfällige Kartoffelsorten ideal. Sorten mit aufrechtem, "lockeren" Wuchstyp, welche bei natürlichem oder krautfäulebedingtem Absterben eine stabile Stengelbasis aufweisen und nicht in die Furchen hinein umknicken, sind zu bevorzugen.
- Die Versuche wurden überwiegend auf lehmigen Böden mit hoher Ackerzahl durchgeführt (vgl. Kap. 2.1.1). Auf sandigen, leichten Böden könnte Wassermangel auch das Wachstum der Untersaat beeinträchtigen. Beregnung von Kartoffelflächen kommt auch der Untersaat zugute.

Anbauzeitraum

- Die Entwicklung der Untersaaten Sonnenblume und Mais wird maßgeblich von der Dauer der Furchenbeschattung beeinflusst, d.h. Beginn Bestandesschluß bis Beginn Phytophthora-Krautbefall.
- Geeignet sind insbesondere Standorte mit regelmäßigem Krautfäulebefall oder der Notwendigkeit frühzeitig das Kraut abzuschlägeln (Begrenzung des Stärkegehalts oder der

Knollengröße für die Pflanzguterzeugung). Soll Kartoffelkraut abgeschlägelt werden, kann eine vorherige Untersaat von Sonnenblume oder Mais nicht erfolgen, da die aufwachsenden Bestände zu überfahren wären.

- Generell sind eine lange Wachstumsdauer der Untersaaten durch frühen Pflanztermin mit vorgekeimten Kartoffeln und eher späte Rodetermine anzustreben.

Unter-Saat

- Der geeignete Saattermin für Sonnenblumen oder Mais ist mit oder nach dem letzten Häufelgang vor dem Bestandesschluß gegeben.
- Generell ist für den letzten Häufelgang ein möglichst später Termin günstig, um eine möglichst kurze Beschattungsdauer der Untersaaten durch die Kartoffeln zu erreichen. Die "Häufelphilosophie" auf den Praxisbetrieben reichte hinsichtlich Unkrautkontrolle und Dammaufbau von vorsichtigem schon frühzeitig "lieber nicht mehr in den Bestand fahren" bis zu einem letzten "robusten" Häufelgang noch nach Bestandesschluß.
- Für späte Häufel- und Untersaattermine sind Schlepper und Anbaugeräte (ggf. Eigenbau) mit hohem Durchgang von Vorteil, um zu starkes Umknicken und Verletzen der Kartoffelstauden zu vermeiden. Die Schlepperräder benötigen dann Krautabweiser um eine das Kartoffelkraut schonende Durchfahrt zu ermöglichen (Abb. 5.2).



Abb. 5.2: Schlepper mit hohem Durchgang und Krautweiler vor den Rädern

- Für die Furchensaat bei der letzten Durchfahrt sollten die Furchen tief gelockert und evtl. mit einem nachlaufenden Furchenkrümler feinkrümelig aufbereitet werden ("Saatbettbereitung"). Die tiefe Lockerung der Furchen ist entscheidend, wenn die Fahrspuren infolge der Befahrung zur Pflanzung, Unkrautkontrolle und Dammaufbau bei feuchtem Boden verdichtet wurden. Dies führte in einem Feldversuch zum Totalausfall und war in Versuchen auf weiteren Standorten durch deutliche Wuchsdepressionen in den Fahrspuren im Vergleich zu nebenliegenden Furchen erkennbar.
- Die Saat ist möglichst mit einem Einzelkornsäegerät in definierten Abständen vorzunehmen. Zumeist wird die geeignete Sätechnik nicht vorhanden sein, welches das Haupthindernis für großflächige Versuche darstellt. Auch arg improvisierte Praktikerlösungen sind diesbezüglich unbefriedigend (WELLER 1984, Zitat): "Um nun die Handsämaschine nicht einen Tag durchs Kartoffelfeld schieben zu müssen, leihen wir uns noch zwei Handsämaschinen aus. So wird gleich hinter jedem Häufelkörper je eine Handsämaschine mit einem Strick angebunden. Der Schlepper zieht somit hinter dem Häufelgerät auch die drei Handsämaschinen mit. Allerdings werden drei Personen zum Führen der Handgeräte benötigt."



Abb. 5.3: Furchensaat von Mais und Sonnenblumen mit einer für Untersaaten in Mais verwendeten Sämaschine (Testversuch nach Krautabschlegeln)

- Im Jahre 1998 wurden auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut ein Testversuch mit einer für Kartoffel eingestellten Sämaschine für Maisuntersaaten ausgeliehen. Bis auf ungleichmäßige Abstände in der Reihe war der Feldaufgang gut (Abb. 5.3).
- In überbetrieblicher Lösung wäre die Anfertigung oder der Selbstbau einer speziellen Sämaschine anzustreben. Eine im Rahmen der Vorüberlegungen zu diesem Forschungsprojekt mit einem Landmaschinenhersteller konzipierte Maschine baut auf einem massiven Maishackrahmen mit hohem Durchgang auf.

Kartoffelrodung

- Durch geeignete Vorrichtungen (u.a. Abweiser) am Schlepper bzw. Roder sind Rodebehinderungen bei den Furchensaaten weitgehend vermeidbar (Abb. 5.4 - 5.6).
- Ideal wäre die "Beerntung der Untersaat" vor Rodung der Kartoffeln, d.h. Maisernte oder in kleinem Umfang auch Sonnenblumen als Schnittblumen. Hierfür könnten spezielle Sonnenblumensorten aus dem Zierpflanzensortiment statt der geprüften Gründüngungssorte geeigneter sein.



Abb. 5.4: Kartoffelernte mit einreihigem Roder in stehendem Maisuntersaaten-Bestand

Das Schlepperrad läuft in der Furche, drückt dabei die Untersaaten Mais und Sonnenblume um und knickt den Stengel mehrmals bei der Überfahrt, welches vorteilhaft für die nachfolgende Bearbeitung ist.



Abb. 5.5: Nahaufnahme Dammführungsrolle neben Maispflanze

Zur sicheren Vermeidung von Verstopfungen zwischen Dammführungsrolle und Scheibensech wären Abweiser oder Führungstreben zu montieren

- Auch eine Zerkleinerung (Häcksler/Schlegler) vor der Rodung, wie sie auf einigen Betrieben aufgrund hoher Unkrautmengen generell bereits idealerweise im Frontanbau durchgeführt wird, läßt Rodebehinderungen vermeiden.
- Insbesondere kräftige Sonnenblumenstengel können evtl. zur Verstopfung bei nachfolgender Bodenbearbeitung führen. Bei einreihigen Rodern und Niederdrücken der Untersaatpflanzen in die Furchen - durch Roder- und Schlepperräder werden die Stengel dann mehrfach geknickt - konnte ein Verstopfen nicht beobachtet werden. Dies war aber bei groß entwickelten Gänsefußpflanzen zu beobachten.



Abb. 5.6: Gerodeter Damm und entlang des vormaligen Dammes durch Schlepper- und Roderrad umgeknickte, niederliegende Maispflanzen

Mineralisierung von Stickstoff im Boden nach der Rodung mindern

- Untersaat möglichst abreifen lassen.
- Im organischen Ölsonnenblumenanbau wird von Durchwuchsproblemen in der Nachfrucht berichtet (HAAS & KRAMER 1995). In den Versuchen mit Sonnenblumenuntersaaten war kein Durchwuchs zu beobachten. Gegebenenfalls wären die Sonnenblumen vor der Samenreife abzuschlägeln.
- Vor Rodung sollten Untersaaten mit schneller Zersetzung- und Mineralisierbarkeit (z.B. Senf) nicht gehäckselt werden. Untersaaten mit langsamer Zersetzung- und Mineralisierbarkeit

könnten klein gehäckselt im Boden einen vor Winter gewünschten N-Immobilisierungseffekt bedingen.

- Die der Rodung nachfolgende Bodenbearbeitung ist eher spät (geringere Bodentemperatur) und möglichst wenig intensiv (Durchlüftung) durchzuführen. Einem spätem Erntetermin sind allerdings Grenzen gesetzt. Unter anderem ist zur Vermeidung von Pilzbefall und Fäulnis ein schnelles Abtrocknen erforderlich. Zur Verringerung des Verletzungsrisiko bei Rodung und Transport sowie für die etwa zweiwöchige Wundheilungsphase sind Temperaturen in Boden und Lager von mindestens 10°C günstig.

Kosten

Kosten entstehen für

- die Saattechnik (dürfte bei Senf weitgehend entfallen),
- das Saatgut und eventuell
- zusätzlichen Häcksler-/Schlegler-Aufwand, falls nicht per se eingesetzt.

Nutzen

- Ein monetärer Nutzen ist für Direktvermarkter mit einem ansprechenderen Kartoffelfeld (blühende Sonnenblumen im September) und als vorzeigbare Umweltmaßnahme gegeben.
- In Wasserschutzgebieten eventuell problematischer Kartoffelanbau könnte weiterhin durchgeführt werden. Alternativ muß sonst bis Mitte August gerodet und anschließend bis etwa 20. August eine Brassicaceen-Zwischenfrucht (Rüben, Ölrettich, Senf) ausgesät werden.
- Ein gesteigerter Ertrag und höhere Qualität der Nachfrucht wäre in weiteren Feldversuchen zu prüfen. Der Schattenpreis für 1 kg Stickstoff liegt im Organischen Landbau etwa zwischen € 5 - 15.

Testfläche anlegen

- Um die Eignung für den eigenen Standort, Anbauverfahren, Technik und Betriebsablauf zu testen, erst auf kleiner Fläche eigene Erfahrungen sammeln.

Hauptziel

Primäres Ziel ist ein für Kartoffeln optimales Anbauverfahren. Untersaaten sollen als Zusatzmaßnahme vor allem die Umweltverträglichkeit des Kartoffelbaus verbessern. Das Verfahren ist für experimentierfreudige und innovative Landwirte geeignet, die bspw. in Wasserschutzgebieten oder in Hanglagen mit potentieller Bodenerosion wirtschaften.

6 Literatur

- ALFÖLDI, TH., P. MÄDER, O. SCHACHENMANN, U. NIGGLI, J.-M. BESSON 1992: DOK-Versuch: vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. III. Boden: Nmin-Untersuchungen, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode. Schweiz. Landw. Forschung 32, 59-82.
- ASMUS, F. 1992: Einfluß organischer Dünger auf Ertrag, Humushaushalt des Bodens und Humusreproduktion. Berichte über Landwirtschaft, Bd. 4 - Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, 127-139.
- BACHINGER, J. 1996: Der Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und räumliche Verteilung von bodenchemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Diss. agr., Univ. Gießen, Schriftenreihe Band 7, Institut für biologisch-dynamisch Forschung, Darmstadt.
- BERG, M. 2003: Nitrataustrag bei unterschiedlicher Bodennutzung: Organischer, Integrierter und konventioneller Landbau im Vergleich (vorläufiger Arbeitstitel), Diss. agr., in Vorbereitung, Bonn.
- BUCHNER, W., H. KNECHTGES, J. SROKA 1997: Rodesaat bei der Kartoffelernte. Kartoffelbau 48, 308-310.
- CADISCH, G., K.E. GILLER 1997: Driven by Nature - Plant Litter Quality and Decomposition. Wye College, University of London, CAB-International, Großbritannien.
- CONSTANTINIDES, M., J.H. FROWNES 1994: Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. Soil Biology and Biochemistry 26, 49-55.
- DUFNER, J., U. JENSEN, E. SCHUMACHER 1992: Statistik mit SAS. Teubner, Stuttgart.
- FABßENDER, K. 1998: Strategien zur Reduzierung von Nitratverlagerungen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben im ersten und zweiten Jahr nach Klee grasumbruch. Diss. agr., Verlag M. Wehle, Witterschlick/Bonn.
- FRIED, P.M., U. ZIHLMANN, R. TSCHACHTLI, D. DUBOIS 2000: Inputs, yields and economic parameters of three farming systems compared at Burgrain (Switzerland). In: Alföldi, T., W. Lockeretz, U. Niggli (ed.): 13th Intern. IFOAM Scientific Conf. Proceedings, 28.-31.8.2000, Basel, VDF Hochschulverlag ETH Zürich, 386-389.
- GERL, G., M. KAINZ 1999: Erosionsschutz im Kartoffelbau. Kartoffelbau 50, 270-272.
- GILLER, K.E., G. CADISCH 1997: Driven by nature: a sense of arrival or departure? In: CADISCH, G. & K.E. GILLER 1997: Driven by nature - plant litter quality and decomposition. Wye College, University of London, CAB-International, Großbritannien.
- HAAS, G. 1995: Auswahl von Feldversuchsflächen auf heterogenem Auenboden: Bestandeskartierung - Uniformitätsernten - Luftbildaufnahmen - Exaktvermessung. Diss. agr., Verlag Dr. Köster, Berlin, 147 S.

- HAAS, G., L. KRAMER 1995: Ölsaaten im Organischen Landbau: Perspektiven in Anbau und Ökonomie. In: Dewes, T., L. Schmidt (Hrsg.): Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 21.-23.02.1995 in Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen, 209-212.
- HAAS, G. 1997: Argumentationsleitfaden I. In: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (Hrsg.): Wasserschutz durch Ökologischen Landbau - Leitfaden für die Wasserwirtschaft. Eigenverlag, Darmstadt, Bonn, 2-69.
- HAAS, G., M. BERG, U. KÖPKE 1998: Grundwasserschonende Landnutzung - Vergleich der Ackernutzungsformen Konventioneller, Integrierter und Organischer Landbau, Vergleich der Landnutzungsformen Ackerbau, Grünland (Wiese) und Forst (Aufforstung). Projekt Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Verlag Dr. Köster, Berlin, 164 S.
- HAAS, G. 2001: Organischer Landbau in Grundwasserschutzgebieten: Leistungsfähigkeit und Optimierung des pflanzenbaulichen Stickstoffmanagements. Habil., Landw. Fakultät, Univ. Bonn, Verlag Dr. Köster, Berlin, 156 S.
- HEAL, O.W., J.M. ANDERSON, M.J. SWIFT 1997: Plant Litter Quality and Decomposition: An Historical Overview. In: CADISCH, G., K.E. GILLER (eds.), siehe dort, 3-32.
- HEß, J. 1989: Klee grasumbruch im Organischen Landbau - Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied "Klee gras - Klee gras - Weizen - Roggen". Diss. agr., Univ. Bonn.
- HEß, J. 1993/95: Residualer Stickstoff aus mehrjährigem Feldfutterbau: Optimierung seiner Nutzung durch Fruchtfolge und Anbauverfahren unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Habil., Landw. Fakultät, Univ. Bonn, Verlag Dr. Fleck, Niederkleen.
- JUSTUS, M. 1996: Optimierung des Anbaus von Ackerbohnen: Reduzierung von Nitratverlusten und Steigerung der Vorfruchtwirkung zu Sommergetreide. Diss. agr., Verlag. Dr. Köster, Berlin.
- JUSTUS, M., U. KÖPKE 1995: Reduzierung von Nitratverlusten beim Anbau von Ackerbohnen. In: Lehr- und Forschungsschwerpunkt "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft", Univ. Bonn. (Hrsg.), Forschungsbericht Nr. 23.
- KAINZ, M., G. GERL, K. AUERSWALD 1997: Verminderung der Boden- und Gewässerbelastung im Kartoffelanbau des Ökologischen Landbaus. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 85, 1307-1310.
- KLIMANEK, E.-M. 1988: Qualität und Umsetzungsverhalten von Ernte- und Wurzelrückständen landwirtschaftlich genutzter Pflanzenarten. Diss. (B), Berlin, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Bereich Bad Lauchstädt.
- KÖNIG, U.J. 1996: Zwischenfruchtanbau von Leguminosen - Verfahren zur Minimierung der Nitratausträge und Optimierung des N-Transfers in die Folgefrüchte. Schriftenreihe Institut für biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt.
- KÖPKE, U. 1993/94: Nährstoffmanagement durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 207, 181-203.

- KÖPKE, U. 1996: Fruchtfolge und Nährstoffmanagement im Organischen Landbau -Synopsis und Ausblick. In: Lehr- und Forschungsschwerpunkt "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft", Univ. Bonn. (Hrsg.): Nährstoffkreisläufe und Prozeßgestaltung - Umweltforschung für die Zukunft. Tagung 23. Mai 1996, Forschungsbericht Nr. 34, 50-63.
- KOLBE, H., S. STEPHAN-BECKMANN 1997: Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. tuber and whole plant. *Potato Research* 40, 135-153.
- KORR, V, F.-X. MAIDL, G. FISCHBECK 1996: Auswirkungen direkter und indirekter Regulierungsmaßnahmen auf die Unkrautflora in Kartoffeln und Weizen. *Z. Pfl.krankh. Pfl.schutz*, SH 15, 349-358.
- KOTNIK, T., U. KÖPKE 2001: Stickstoffmanagement mit Feldgemüse als Zweitfrucht: Stoppelrüben. Beiträge 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 437-440.
- LEITHOLD, G., K.-J. HÜLSBERGEN 1998: Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. *Zeitschrift Ökologie und Landbau* 105, 32-35.
- LÖVENICH, P. 1996: Kartoffeln bedarfsgerecht gedüngt. *Landwirtschaftliches Wochenblatt Rheinland* 9-96, S. 22-26.
- MAGID, J., T. MUELLER, L.S. JENSEN, N.E. NIELSEN 1997: Modelling the measurable: Interpretation of field-scale CO₂ and N-mineralization, soil microbial biomass and light fractions as indicators of oilseed rape, maize and barley straw decomposition. *CAB International*, 349-362.
- MILLARD, P., B. MARSHALL 1986: Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop, in relation to nitrogen application. *J. agric. Sci.* 107, 421-429.
- MILLARD, P., D.K.L. MACKERRON 1986: The effect of nitrogen application on growth and nitrogen distribution within the potato canopy. *Annals of Applied Biology* 109, 427-437.
- MÖLLER, K., J. HABERMEYER, H.J. REENTS 1999: Einfluss und Wechselwirkung von Stickstoffangebot und Krautfäulebefall auf die Ertragsbildung im ökologischen Kartoffelbau. Beiträge 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 202-205.
- NEUHOFF, D. 2000: Speisekartoffelerzeugung im Organischen Landbau - Einfluß von Sorte und gesteigerter Rottemistdüngung auf Ertragsbildung und Knolleninhaltsstoffe. Diss. agr., Verlag Dr. Köster, Berlin, 152 S.
- PALM, C.A., A.P. ROWLAND 1997: A Minimum Dataset for Characterization of Plant Quality for Decomposition. In: CADISCH, G., K.E. GILLER (eds.), siehe dort, 379-392.
- PAUL, E.A., F.E. CLARK 1988: *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, San Diego, USA.

- PIOPHO, H.-P. 1996: Ein SAS-Macro für robuste Varianzhomogenitätstests in allgemeinen linearen Modellen. Z. f. Agrarinformatik 4, 66-69.
- REENTS, H.J., K. MÖLLER 1999: Strategies to avoid nitrate leaching after potato crops by applying different cultivation methods to the following cereals. In: Olesen, J., R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen, U. Köpke: Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings, Danish Research Centre for Organic Farming, Foulum, 213-222.
- SCHELLER, E. 1993: Die Stickstoff-Versorgung der Pflanzen aus dem Stickstoffstoffwechsel des Bodens - ein Beitrag zu einer Pflanzenernährungslehre des Organischen Landbaus. Wesentlich erweiterte Diss. agr., GH Kassel - Witzenhausen, Verlag Josef Margraf, Weikersheim.
- SCHMIDT, H. 1997: Viehlose Fruchtfolge im Ökologischen Landbau - Auswirkungen system-eigener und systemfremder Stickstoffquellen auf Prozesse im Boden und die Entwicklung der Feldfrüchte. Diss. agr., GH Univ. Kassel - Witzenhausen.
- SCHMIDTKE, K., R. RAUBER, K. HECKEMEIER, M. HOMBURG, B. STUBBE 1998: Kartoffeln nach Rotklee-gras-Grünbrache anbauen? Der Kartoffelbau, H. 9/10, 376-379.
- SCHMIDTKE, K., R. RAUBER, B. STUBBE, M. HOMBURG, K. HECKEMEIER 1999: Wurzelwachstum von Kartoffeln. Der Kartoffelbau, H. 1/2, 13-15.
- SCHULZ, E., E.-M. KLIMANEK 1988: Transformation organisch gebundenen Stickstoffs beim Abbau organischer Primärschubstanz (OPS) im Boden unter Anwendung von ^{15}N -Tracern im Inkubationsversuch sowie erste Ergebnisse zur C/N-Transformation beim OPS-Umsatz. Zentralbl. Mikrobiol. 143, (VEB Fischer Verlag, Jena) 435-439.
- STEIN-BACHINGER, K. 1993: Optimierung der zeitlich und mengenmäßig differenzierten Anwendung von Wirtschaftsdüngern im Rahmen der Fruchtfolge organischer Anbausysteme. Diss. agr., Univ. Bonn.
- STRICKER, H.W. 1985: Untersuchungen über Höhe und Verlauf der Ertragsbildung und der Stickstoffaufnahme durch Kraut und Knollen bei der Kartoffel. Der Kartoffelbau 36, 332-338.
- STUMP, L.M., D. BINKLEY 1993: Relationship between litter quality and nitrogen availability in Rocky Mountains forests. Can. J. for Res. 23, 492-502.
- THORUP-KRISTENSEN, K. 1995: Optimal Strategies for Nitrogen Catch Crop Use. Diss. agr., Danish Institute of Plant and Soil Science, Dänemark.
- WALTHER, U. 1995: Stickstoffaufnahme durch Kartoffeln und Nmin-Gehalte des Bodens. VDLUFA-Kongreßband 40, 973-976.
- WELLER, M. 1984: Mischkulturen im Ackerbau. Stickstoffsammler in Getreide und Kartoffeln. Fördergemeinschaft organisch-biologischer Land- und Gartenbau, Heiningen.
- WHITMORE, A.P., E. HANDAYANTO 1997: Simulating the Mineralization of N from Crop Residues in Relation to Residue Quality. In: CADISCH, G., K.E. GILLER (eds.), siehe dort, 337-348.

7 Konsequenzen für weitere Forschungsaktivitäten

- Das Verfahren bedarf weiterer pflanzenbaulicher und landtechnischer Entwicklung und **Verfahrensoptimierung** (Sätechnik, Sätermin Untersaat, Rodetermin).
- Der Vergleich der Kartoffelsorten Nicola und Agria erbrachte keinen sortenspezifischen Einfluß auf die Entwicklung der Untersaaten. Allerdings waren die beiden Untersuchungsjahre für den Versuchsbetrieb Wiesengut Ausnahmejahre (1998 - kalt, naß, 1999 - kaum Phytophthora-Krautfäulebefall), die für die Entwicklung der Untersaaten nachteilige Witterungsbedingungen aufwiesen. Nach Untersuchungen von KORR et al. (1996) war unter morphologisch differenzierten **Kartoffel-Sortentypen** ("Blatt-" bzw. "Stengeltyp") deutliche Unterschiede in der Beschattung und im Unkrautaufwuchs gegeben. Inwieweit die sortenspezifische Kartoffelmorphologie auch einen Einfluß auf die Entwicklung der Untersaat in der Jugendphase haben kann, ist anhand deutlicher als in den eigenen Untersuchungen (Sorte Agria & Nicola) differenzierten Sorten erneut zu untersuchen. Von Seiten der landwirtschaftlichen Praxis sind hierfür die im Anbau befindlichen Sorten relevant.
- Infolge der mit der Rodung einhergehenden intensiven Bodendurchmischung und -lockerung wird die **Mineralisierung von Stickstoff im Boden** stark gefördert. Die Voraussetzungen für die N-Mineralisierung im Boden sind im September mit noch warmen und nach Sommertrockenheit in der Regel wieder gut durchfeuchteten Böden ideal. Die Mineralisierung im Boden über die Terminierung und Intensität von Rodung und nachfolgender Bodenbearbeitung zu beeinflussen - hierzu sind Handlungsempfehlungen zu erarbeiten - wird entscheidend für die vor Winter resultierenden Nitratgehalte im Boden sein.
- In weiteren Untersuchungen wäre der **Vorfruchteffekt** der geeigneten Untersaatenarten auf Ertrag und Qualität der Nachfrucht (u.a. Getreide) zu quantifizieren.

Für die optimale Einbindung des "Moduls Untersaaten" in ein **Gesamtkonzept** "Minderung von Nitratausträgen nach dem Anbau von Kartoffeln" ist die Analyse und Optimierung der Fruchtfolgestellung der Kartoffel wesentlich. Die Abfolge Kartoffel - Wintergetreide stellt eine Schwachstelle dar, insbesondere wenn Kartoffeln nach Rotklee gras angebaut werden (FABBENDER 1998). Systematische Forschung sowie Auswertung und Bewertung der Fruchtfolgestellung der Kartoffel in der Praxis organisch wirtschaftender Betriebe sind erforderlich.

8 Veröffentlichungen - Vorträge - Pressemitteilungen

- HAAS, G. 1998: Organischer Landbau in Wasserschutzgebieten. In: Landw. Fakultät der Universität Bonn (Hrsg.): Vorträge der 50. Hochschultagung in Münster, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 115 - 130.
- HAAS, G. 1999: Untersaaten in Kartoffeln zur Minderung von Nitratausträgen: Arteneignung. Mitt. Gesell. f. Pflanzenbauw. 12, 121 - 122.
- HAAS, G. & U. KÖPKE 2000: Sunflower, maize and white mustard undersown in organically grown potatoes. Proceedings 3rd Intern. Crop Science Congress, 17.-22. Aug. 2000, Hamburg, 132.
- HAAS, G. & U. KÖPKE 2000: Sunflower, maize and white mustard undersown in potatoes to minimise environmental burdens. Proceedings 13th Intern. Scientific Conference of the Intern. Federation of Organic Agriculture Movement (IFOAM), 28.-31. Aug. 2000, Basel, 164.

Vorträge

- HAAS, G. 1998: Organischer Landbau in Wasserschutzgebieten. 50. Hochschultagung der Landw. Fakultät der Universität Bonn in Münster.
- HAAS, G. 1999: Untersuchungen im Fruchtfolgeabschnitt Winterroggen – Rotklee – Kartoffeln und Winterweizen auf dem Versuchsbetrieb für Organischen Landbau Wiesengut/Hennef. Seminar für die Freie Ausbildung Biologisch-Dynamischer Landbau in NRW, Hennef, 15. Mai 1999.
- HAAS, G. 1999: Wasserschutz durch Organischen Landbau: Strategien - Möglichkeiten - Probleme - neue Forschungsansätze für den Kartoffelbau. Berater-Tagung für die Landwirtschaftskammer Rheinland, Hennef, 16. Juni 1999.
- HAAS, G. 1999: Untersaaten in Kartoffeln zur Minderung von Nitratausträgen: Arteneignung. 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 16.-18. Sept. 1999 in Göttingen.
- HAAS, G. 2000: Untersaaten in Kartoffeln - Versuchsergebnisse von 4 Standorten. Tagung "Kartoffelbau im Ökologischen Landbau", Landwirtschaftskammer Rheinland, 19. Jan. 2000 in Köln-Auweiler.
- HAAS, G. 2000: Möglichkeiten zur Minderung des Nitrataustrages nach Kartoffeln durch Untersaaten. Tagung Ökolandbau und Wasserschutz, Landwirtschaftskammer Rheinland, 5. Sep. 2000 in Willich-Anrath.

Pressemitteilungen

Es wurden keine selbstverfaßten Pressemitteilungen erstellt, aber über die gehaltenen Vorträge wurde in den landwirtschaftlichen Wochen- und Mitteilungsblättern die landwirtschaftliche Praxis über dieses Projekt informiert und Empfehlungen für die Durchführung auf den Betrieben gegeben. Leider wurden die Mitteilungen und Empfehlungen einzelner Anbauverbände ohne Kenntnis der Feldversuche teilweise fehlerhaft wiedergegeben.

9 Kurzfassung

Titel: Grundwasserschutz im Organischen Landbau: Untersaaten in Kartoffeln zur Minderung hoher Restnitratmengen im Boden
Guido Haas, Institut für Organischen Landbau

Nach Kartoffeln werden hohe Nitratgehalte im Boden festgestellt. Um diese hohen Nitratgehalte zur und nach der Ernte im Boden organisch bewirtschafteter Kartoffeln zu mindern, wurden in den Jahren 1997 und 1998 verschiedene Arten für eine Untersaat in Feldversuchen auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut sowie im Jahre 1999 zusätzlich auf drei weiteren Praxisbetrieben im Rheinland untersucht.

Untersaaten in Kartoffeln sind in organisch wirtschaftenden Betrieben in Anbauregionen mit regelmäßigem frühem Krautfäulebefall anbauwürdig. Für eine Untersaat vor Reihenschluß der Kartoffeln mit dem letzten Häufelgang (etwa Mitte Juni) eignen sich Sonnenblume und Mais. Diese Untersaaten wuchsen nach dem häufig im Juli einsetzenden Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans*) und raschem Absterben des Kartoffelkrauts auf. Für die spätere Saat nach Absterben des Kartoffelkrauts sind Gelbsenf und Buchweizen geeignet, die aber in starker Konkurrenz zu aufwachsendem Unkraut stehen können. Auch die Verunkrautung legte Stickstoff in der Sproßmasse vor der Rodung fest, war aber weniger effizient im Vergleich zu etablierten Untersaaten.

Zur Kartoffelernte im September wurden Sproßerträge der Untersaaten bis zu 57 dt TM/ha und eine Stickstoffaufnahme im Sproß von bis über 100 kg N/ha erzielt. Im Vergleich mit den betriebsüblich bewirtschafteten Kontrollparzellen (bis zu 33 dt TM/ha Unkraut aufwuchs) wurden in den Untersaatenvarianten der Unkraut aufwuchs signifikant unterdrückt (mittlere Reduktion unter Sonnenblume bis 67%).

Durch die Rodung der Kartoffeln werden die Untersaaten- und Unkraut aufwüchse zerstört und mit der nachfolgenden Bodenbearbeitung in den Boden eingearbeitet. Das Mineralisierungspotential von Sonnenblume war nach Analyse C-, N- und Ligningehalte gefolgt von Mais am geringsten und für das Unkraut in den Kontrollparzellen (betriebsüblich bewirtschaftet) und Senf deutlich höher. Im November des Untersuchungsjahres 1999 vor Beginn der Sickerwasserperiode wiesen Sonnenblume (32 kg N/ha) und Mais (33 kg N/ha) bezogen auf die Varianten unkrautarm (74 kg N/ha) und Kontrolle (Unkraut) (47 kg N/ha) im Mittel von drei Standorten eine Reduzierung der Nitrat-N-Gehalte im Boden auf.

Neben geringeren Nitratgehalten im Boden und einer effizienten Unterdrückung des Unkraut aufwuchses trägt die zusätzliche Biomassenbildung zur Versorgung des Bodens mit organischer Substanz bei (Humusreproduktion) und mindert die Bodenerosionsdisposition (Sommergewitter). Mit blühenden Sonnenblumen oder Senf wird die Landschaft bereichert und blütenbesuchende Insekten werden gefördert.