

Stickstoffdynamik im ökologischen Gemüsebau im Freiland mit organischen Düngern unter besonderer Berücksichtigung von Flachabdeckungen zur Verfrühung und Verlängerung der Anbausaison

Nitrogen-dynamics in organic farming of field-grown vegetables with organic fertilizers, with particular consideration of flat coverings for an early and extended cultivation period

FKZ: 03OE031

Projektnehmer:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim
Tel.: +49 931 9801-0
Fax: +49 931 9801-100
E-Mail: poststelle@lwg.bayern.de
Internet: <http://www.lwg.bayern.de/>

Autoren:

Engelmann, Pia; Scheu-Helgert, Marianne; Schubert, Wilhelm; Rascher, Birgit; von Mansberg, Arved

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Bundesprogramm Ökologischer Landbau

Abschlussbericht

Förderkennzeichen: 03OE031

Thema:

“Stickstoffdynamik im ökologischen Gemüsebau im Freiland mit organischen Düngern unter besonderer Berücksichtigung von Flachabdeckungen zur Verfrühung und Verlängerung der Anbausaison”

Laufzeit: 01.10.2004 bis 31.10.2008

Berichtszeitraum: 07.04.2004 bis 31.12.2007

Antragsteller:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
An der Steige 15
97209 Veitshöchheim

Zuwendungsempfänger:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Abteilung Gartenbau
An der Steige 15
97209 Veitshöchheim

Projektleiter:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Abteilung Gartenbau
Arved von Mansberg
An der Steige 15
97209 Veitshöchheim

Projektbetreuung:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Abteilung Gartenbau
Marianne Scheu-Helgert
An der Steige 15
97209 Veitshöchheim

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg
Wilhelm Schubert
Galgenfuhr 21
96050 Bamberg

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg
Birgit Rascher
Galgenfuhr 21
96050 Bamberg

Projektdurchführung (01.12.2004 – 31.12.2007):

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg
Pia Engelmann
Galgenfuhr 21
96050 Bamberg

Kooperationspartner:

Universität Hohenheim
Institut für Pflanzenernährung
Fachgebiet Düngung und Bodenchemie
Prof. Dr. Torsten Müller
Fruwirthstraße 20
70593 Stuttgart

TU München
Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Dr. Hauke Heuwinkel
Am Hochanger 2
85350 Freising

Universität Kassel (beratend)
Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau
Prof. Dr. sc. agr. Peter von Fragstein und Niemsdorff
Nordbahnhofstraße 1a
37213 Witzenhausen

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projektes	1
1.1	Planung und Ablauf des Projektes	1
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand	2
2	Material und Methoden	3
2.1	Standort	4
2.1.1	Boden	4
2.1.2	Witterung	4
2.2	Dünger	5
2.3	Versuchsanlage	7
2.4	Kulturdaten	7
2.5	Probenahmen und Analysen	9
2.5.1	Vorversuche 2004	9
2.5.2	Versuche 2005 bis 2007	9
2.6	Statistik	12
3	Ergebnisse und Diskussion	13
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	13
3.1.1	Vorversuche 2004	13
3.1.1.1	Spinat	13
3.1.1.2	Weißkohl	15
3.1.2	Versuche 2005	17
3.1.2.1	Kohlrabi	17
3.1.2.2	Knollensellerie (Versuchsbetrieb)	23
3.1.2.3	Knollensellerie (Praxisbetrieb)	29
3.1.3	Versuche 2006	33
3.1.3.1	Porree (Versuchsbetrieb)	33
3.1.3.2	Porree (Praxisbetrieb)	39
3.1.4	Versuche 2007	43
3.1.4.1	Spinat	43
3.2	Diskussion	50
3.3	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	61
4	Zusammenfassung	62
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	64
6	Literaturverzeichnis	66
7	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt	68
8	Anhang	69

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Eigenschaften der Freilandböden (Gemüsebauversuchsbetrieb (Gvb) Bamberg, Praxisbetrieb (Pb) Geiger, Schwarzenau-Schwarzach, Praxisbetrieb (Pb) Schlereth, Unterpleichfeld).....	4
Tab. 2:	Monatsmitteltemperatur und langjähriges Mittel (Deutscher Wetterdienst, Wetterstation Bamberg)	5
Tab. 3:	Monatliche Niederschlagshöhe und langjähriges Mittel (Deutscher Wetterdienst, Wetterstation Bamberg).....	5
Tab. 4:	N-Gehalt (N_t) in Prozent der Trockensubstanz und C/N-Verhältnis der verwendeten Dünger.....	6
Tab. 5:	Wichtige Kulturdaten der Düngungsversuche im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg (Gvb) und in den Praxisbetrieben (Pb)	8
Tab. 6:	Nitratgehalt von Spinat	14
Tab. 7:	Nitrat-N in der Bodenschicht 0-30 cm in kg/ha (Nitratschnelltest).....	14
Tab. 8:	N-Gehalt (N_t nach Kjeldahl) von Weißkohl 13 Tage vor der Ernte.....	16
Tab. 9:	Nitrat-N in der Bodenschicht 0-30 cm in kg/ha.....	16
Tab. 10:	Nitratgehalt von Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung, getrennt nach Laub und Knolle	18
Tab. 11:	Netto-N-Ausnutzung durch Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung	20
Tab. 12:	Netto-N-Ausnutzung durch Kohlrabi	20
Tab. 13:	Mineralischer N (N_{min} , $CaCl_2$ -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-30 cm bei Kohlrabi	21
Tab. 14:	Mineralischer N (N_{min} , $CaCl_2$ -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Kohlrabi vor Kulturbeginn und nach Kulturende	22
Tab. 15:	Netto-N-Ausnutzung durch Knollensellerie	24
Tab. 16:	Mineralischer N (N_{min} , $CaCl_2$ -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm bei Knollensellerie	25
Tab. 17:	Mineralischer N (N_{min} , $CaCl_2$ -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Knollensellerie vor Kulturbeginn und nach Kulturende	26
Tab. 18:	Mikrobieller und mineralischer N (N_{mik} und N_{min} , K_2SO_4 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache	27
Tab. 19:	Mineralischer N (N_{min} , $CaCl_2$ -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-30 cm in einer Brache	28
Tab. 20:	Netto-N-Ausnutzung durch Knollensellerie im Praxisbetrieb.....	30
Tab. 21:	Mineralischer N (N_{min} , $CaCl_2$ -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm bei Knollensellerie im Praxisbetrieb.....	31
Tab. 22:	Mineralischer N (N_{min} , $CaCl_2$ -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Knollensellerie im Praxisbetrieb vor Kulturbeginn und nach Kulturende	32

Tab. 23:	Netto-N-Ausnutzung durch Porree.....	34
Tab. 24:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm bei Porree.....	36
Tab. 25:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Porree vor Kulturbeginn und nach Kulturende	36
Tab. 26:	Mikrobieller und mineralischer N (N_{mik} und N_{\min} , K_2SO_4 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache	37
Tab. 27:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-15 cm und 15-30 cm in einer Brache	38
Tab. 28:	Netto-N-Ausnutzung durch Porree im Praxisbetrieb	40
Tab. 29:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm bei Porree im Praxisbetrieb.....	41
Tab. 30:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Porree im Praxisbetrieb vor Kulturbeginn und nach Kulturende	42
Tab. 31:	Feldaufgang von Spinat	43
Tab. 32:	Feldbonitur vor der Ernte.....	43
Tab. 33:	Nitratgehalt von Spinat	44
Tab. 34:	Netto-N-Ausnutzung durch Spinat.....	45
Tab. 35:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-30 cm bei Spinat	47
Tab. 36:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Spinat vor Kulturbeginn und nach Kulturende	47
Tab. 37:	Mikrobieller und mineralischer N (N_{mik} und N_{\min} , K_2SO_4 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache	48
Tab. 38:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-15 cm und 15-30 cm in einer Brache	49
Tab. 39:	Scheinbare und tatsächliche N-Ausnutzung im Vergleich zur gedüngten N-Menge bei Porree.....	58

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Frischmasseertrag von Spinat	13
Abb. 2:	Frischmasseertrag von Weißkohl.....	15
Abb. 3:	Einzelkopfgewicht von Weißkohl	15
Abb. 4:	Frischmasseertrag von Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung...	17
Abb. 5:	Frischmasseertrag von Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung unterteilt nach Marktkriterien.....	18
Abb. 6:	N-Ertrag von Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung.....	19
Abb. 7:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung	21
Abb. 8:	Frischmasseertrag von Knollensellerie.....	23
Abb. 9:	N-Ertrag von Knollensellerie	24
Abb.10:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Knollensellerie	25
Abb. 11:	Mikrobieller, löslicher organischer und mineralischer N (N_{mik} , TON_{ext} und N_{\min} , K_2SO_4 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache	27
Abb. 12:	Frischmasseertrag von Knollensellerie im Praxisbetrieb.....	29
Abb. 13:	N-Ertrag von Knollensellerie im Praxisbetrieb	30
Abb. 14:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Knollensellerie im Praxisbetrieb	31
Abb. 15:	Frischmasseertrag von Porree	33
Abb. 16:	N-Ertrag von Porree	34
Abb. 17:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Porree	35
Abb. 18:	Mikrobieller, löslicher organischer und mineralischer N (N_{mik} , TON_{ext} und N_{\min} , K_2SO_4 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache	37
Abb. 19:	Frischmasseertrag von Porree im Praxisbetrieb.....	39
Abb. 20:	N-Ertrag von Porree im Praxisbetrieb	40
Abb. 21:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Porree im Praxisbetrieb	41
Abb. 22:	Frischmasseertrag von Spinat.....	44
Abb. 23:	N-Ertrag von Spinat.....	45
Abb. 24:	Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Spinat.....	46
Abb. 25:	Mikrobieller, löslicher organischer und mineralischer N (N_{mik} , TON_{ext} und N_{\min} , K_2SO_4 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache	48
Abb. 26:	N-Erträge von Porree im Kulturverlauf in Bamberg und Viehhausen nach einer Düngung mit Maltaflor (einfache N-Menge) und Weißklee (doppelte N-Menge).....	57

Abkürzungsverzeichnis

C	Kohlenstoff
C/N	Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis
CaCl ₂	Calciumchlorid
CAL	Calcium-Lactat-Acetat
CFE	Chloroform-Fumigation-Extraktion
C _{org}	organischer Kohlenstoff
FM	Frischmasse
K ₂ O	Kaliumoxid
K ₂ SO ₄	Kaliumsulfat
Mg	Magnesium
N	Stickstoff
N _{mik}	mikrobieller Stickstoff
N _{min}	mineralischer Stickstoff
NO ₃	Nitrat
N _t	Gesamtstickstoff
P ₂ O ₅	Phosphat
tN _b	gesamter gebundener Stickstoff
TON _{ext}	K ₂ SO ₄ -löslicher organischer Stickstoff

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Im ökologischen Gemüsebau stellt eine bedarfsgerechte N-Versorgung von Gemüsekulturen besondere Anforderungen an die Anbauer. Viele der Betriebe sind viehlos wirtschaftend, so dass keine betriebseigenen Wirtschaftsdünger anfallen. Zur N-Gewinnung sind Leguminoseneinsaaten als Grünbrachen üblich, die jedoch zur N-Versorgung von Gemüsekulturen nicht immer ausreichend sind. Besondere Probleme in der Praxis bereiten dabei im Freiland vor allem die Zeiträume im Frühjahr mit niedrigen Bodentemperaturen und der damit verbundenen langsameren N-Mineralisation. Schnell wachsende Gemüsekulturen haben während ihrer kurzen Kulturzeit einen vergleichsweise hohen N-Bedarf. Um wirtschaftliche Erträge im Rahmen der geforderten Qualitäten zu erzielen, sollte eine schnelle N-Verfügbarkeit auch bei kühlen Bodentemperaturen gewährleistet sein.

Der hohe N-Bedarf von Gemüsekulturen wird häufig durch Zukauf von organischen Düngern in Form von Handelsdüngern als Ergänzungsdünger abgedeckt. Als organische Handelsdünger wurden in der Vergangenheit häufig organische Reststoffe tierischer Herkunft (z. B. Blut-, Fleisch-, Knochenmehl, Hornprodukte) verwendet, von denen nach den Richtlinien der deutschen Anbauverbände zur Zeit lediglich Hornprodukte zugelassen sind. Auch Herkünfte und Transportwege organischer Handelsdünger sind zunehmend in die Kritik geraten und werden kontrovers diskutiert.

Als Alternative sind leicht umsetzbare organische Materialien pflanzlicher Herkunft denkbar. Neben organischen Handelsdüngern pflanzlicher Herkunft (z. B. Pressrückstände aus der Ölgewinnung oder Reststoffe aus der Nahrungsmittelproduktion) gelten Leguminosenschrote als vielversprechende Materialien zur N-Versorgung von Gemüsekulturen. Ein Vorteil der Leguminosenschrote ist, dass sie im Betrieb bzw. in der Region systemkonform erzeugt werden können.

Ziel des Forschungsprojektes war es, die N-Umsetzung von organischen Handelsdüngern pflanzlicher Herkunft und Leguminosenschrote im Boden unter Freilandbedingungen zu erfassen und die Ertragswirksamkeit auf verschiedene Gemüsekulturen zu ermitteln. Im zeitigen Frühjahr sollte zusätzlich eine Flachabdeckung Berücksichtigung finden.

Ergebnisse und Empfehlungen sollten zielgruppengerecht aufbereitet und über verschiedene Wege der Informationsweitergabe (z. B. Führungen, Infostände, Vortragsveranstaltungen) an Beratung und Praxis weitergegeben werden.

1.1 Planung und Ablauf des Projektes

Im ökologisch wirtschaftenden Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) Veitshöchheim wurden im ersten Versuchsjahr zunächst Vorversuche mit Spinat als Frühlkultur mit kurzer Kulturdauer und Weißkohl als stark zehrende Hauptkultur mit langer Kulturdauer durchgeführt. Die Düngung erfolgte mit verschiedenen organischen Düngern pflanzlicher Herkunft im Vergleich zu einem Horndünger und einem betriebseigenen Kompost.

In den darauf folgenden Versuchsjahren wurde in weiteren Düngungsversuchen mit organischen Düngern pflanzlicher Herkunft die N-Umsetzung im Boden unter praxisnahen Freilandbedingungen bei verschiedenen Gemüsekulturen (Kohlrabi, Knollensellerie, Porree und Spinat) untersucht, der Einfluss der Düngung auf Pflanzenqualität und –ertrag bestimmt und die Netto-N-Ausnutzung ermittelt. Zu einer frühen Kultur mit Kohlrabi wurde zusätzlich der Einfluss einer Flachabdeckung überprüft. Parallel zu den Kulturen Knollensellerie und Porree im Versuchsbetrieb wurden die Versuche jeweils an einem weiteren Standort in einem Praxisbetrieb durchgeführt. Zum besseren Verständnis der Umsetzungsprozesse im Boden wurden in den Versuchen im Versuchsbetrieb mit den Gemüsekulturen Knollensellerie, Porree und Spinat in einer Auswahl von Düngern in deren Parzellen Kunststoffzylinder als Brachen in den Boden eingebaut und Untersuchungen zu verschiedenen N-Fractionen durchgeführt, darunter der in der mikrobiellen Biomasse gebundene N.

Der Anbau von Sellerie und Porree wurde mit dem an der Technischen Universität München (TUM), Lehrstuhl für Pflanzenernährung, durchgeführten Projekt 03OE102 "Synchronisation der N-Mineralisierung aus Mulch mit der N-Aufnahme von Freilandgemüse durch optimiertes Management einer Leguminosengründung" abgestimmt, um einen Vergleich der Ergebnisse zu ermöglichen.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

In Folge der BSE-Krise wurden pflanzliche (vegetabile) Dünger verstärkt als Alternative zu Düngern tierischer Herkunft untersucht. In Freilandversuchen wurde überwiegend die Wirkung verschiedener organischer Materialien auf den Ertrag unterschiedlicher Gemüsekulturen untersucht (u. a. *Rascher und Schubert 2002, Linder 2003a, 2003b, 2003c 2003d, Lindner 2004a, 2004b*).

Über die N-Wirkung pflanzlicher Dünger liegen vor allem Inkubations- und Gefäßversuche vor (*Kalauch und Laber 1999, Braun et al. 2001, Schmitz und Fischer 2001, Müller und von Fragstein und Niemsdorff 2004, Stadler 2006*), weniger Freilandversuche (*Kalauch et al. 2001, Laber 2003, Müller und von Fragstein und Niemsdorff 2004*), in denen auch die N-Ausnutzung durch die Pflanzen oder die N-Wiederfindung unter Freilandbedingungen untersucht wurden. Diese sind zur Überprüfung der Praxisrelevanz und Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Inkubations- und Gefäßversuchen auf unterschiedliche Standortbedingungen unbedingt notwendig.

2 Material und Methoden

Die Freilandversuche wurden im ökologisch wirtschaftenden Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der LWG Veitshöchheim durchgeführt.

Im Versuchsjahr 2004 wurden in zwei Vorversuchen fünf verschiedene organische Dünger pflanzlicher Herkunft (Ackerbohnschrot (*Vicia faba* L. 'Scirocco'), Lupinenschrot (*Lupinus angustifolius* L. 'Sonet'), Sonnenblumenpresskuchen (*Helianthus annuus* L.), Maltaflor[®] und Rizikorn) ein Horndünger, ein betriebseigener Kompost sowie eine ungedüngte Kontrolle im Vergleich bei Spinat (*Spinacia oleracea* L. 'Verdil') als Frühlkultur und Weißkohl (*Brassica oleracea* var. *capitata* L. 'Amazon') als Hauptkultur eingesetzt. Obwohl kein N-Dünger, wurde der betriebseigene Kompost auf Wunsch aus der Praxis mit aufgenommen.

In den drei folgenden Vegetationsperioden wurde in Freilandversuchen mit fünf Düngern pflanzlicher Herkunft im Anbau von vier verschiedenen Gemüsekulturen eine Folge von Kulturen mit hohen Ansprüchen an die N-Versorgung überprüft.

Im Versuchsjahr 2005 waren dies Kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L. 'Express Forcer') als Frühlkultur und Knollensellerie (*Apium graveolens* L. 'Ibis') als Hauptkultur. Als pflanzliche Dünger wurden Ackerbohnschrot (*Vicia faba* L. 'Gloria'), Lupinenschrote der Blauen und Gelben Lupine (*Lupinus angustifolius* L. 'Bolivio' und *Lupinus luteus* L. 'Bornal'), Maltaflor und Rizinusschrot (*Ricinus communis* L.) eingesetzt. Zur Frühlkultur Kohlrabi wurde zusätzlich der Einfluss einer Flachabdeckung überprüft.

Im Versuchsjahr 2006 fiel die Frühlkultur Spinat aufgrund des langanhaltenden Winters witterungsbedingt aus. Als Hauptkultur 2006 wurde Porree (*Allium porrum* L. 'Shelton') angebaut, im Versuchsjahr 2007 dann als Frühlkultur Spinat. Aufgrund witterungsbedingter Verzögerungen im Kulturbeginn der Frühlkultur Spinat war die Untersuchung einer Flachabdeckung nicht sinnvoll. Zur Düngung wurden Ackerbohnschrot (*Vicia faba* L. 'Valeria') sowie Lupinenschrot (*Lupinus angustifolius* L. 'Borlu'), Maltaflor und Rizinusschrot verwendet. Die Variante Gelbe Lupine wurde bei Porree durch Aufteilen der N-Menge in zwei Gaben Maltaflor (Maltaflor 2) und bei Spinat durch Aufteilen der N-Menge in jeweils eine Gabe Maltaflor und Vinasse (Maltaflor/Vinasse) ersetzt.

Parallel zu den Hauptkulturen im Versuchsbetrieb wurde im Versuchsjahr 2005 im Praxisbetrieb Geiger, Schwarzenau-Schwarzach und im Versuchsjahr 2006 im Praxisbetrieb Schlereth, Unterpleichfeld, jeweils ein Praxisversuch durchgeführt. Die Düngervarianten entsprachen denen im Versuchsbetrieb, mit Ausnahme des Schrotes der Gelben Lupine im Praxisbetrieb Geiger. Hier wurde anstatt dessen Sonnenblumenpresskuchen verwendet, der in diesem Betrieb zur organischen Düngung praxisüblich eingesetzt wurde.

2.1 Standort

2.1.1 Boden

Die Bodeneigenschaften der verschiedenen Versuchsstandorte sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Eigenschaften der Freilandböden (Gemüsebauversuchsbetrieb (Gvb) Bamberg, Praxisbetrieb (Pb) Geiger, Schwarzenau-Schwarzach, Praxisbetrieb (Pb) Schlereth, Unterpleichfeld)

	Gvb Bamberg	Pb Geiger	Pb Schlereth
Bodenart	stark sandiger Lehm (Ls4)	schwach lehmiger Sand (Sl2)	stark lehmiger Schluff (Ul4)
pH_{CaCl2}	7,1	6,2	6,9
K₂O_{CAL} [mg/100 g]	36	20	18
P₂O_{5 CAL}[mg/100 g]	31	12	18
Mg_{CaCl2} [mg/100 g]	15	8	13
C_{Org} [%]	1,63	0,80	0,70
N_t [%]	0,12	0,07	0,08

2.1.2 Witterung

Die Wetterdaten für den Versuchsbetrieb wurden von der an das Versuchsgelände angrenzenden Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes aufgezeichnet. Im langjährigen Mittel beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur 8,5 °C, und es fallen jährlich durchschnittlich 634 mm Niederschlag.

In den Tab. 2 und 3 werden die Monatsmitteltemperaturen und die monatlichen Niederschlagshöhen der Versuchsjahre 2004 bis 2007 dem langjährigen Mittel gegenübergestellt.

Die Versuchsjahre waren insgesamt wärmer als im langjährigen Mittel, vor allem aber die zweite Hälfte des Versuchsjahres 2006 und die erste Hälfte des Versuchsjahres 2007. Die Niederschlagsmenge im Versuchsjahr 2004 war weitgehend ausgeglichen, obwohl die Monate Februar bis April vergleichsweise trocken waren. Die Versuchsjahre 2005 und 2006 waren im Vergleich zum langjährigen Mittel zu trocken, während das erste Halbjahr 2007, mit teilweise extremen Abweichungen zum langjährigen Mittel, zu feucht war.

Im Versuchsjahr 2006 lag bis in den März hinein Schnee und der Boden war gefroren. Aufgrund nachfolgender regelmäßiger Niederschläge war der Boden lange Zeit nicht bearbeitbar, so dass die geplante Frühlkultur witterungsbedingt ausfallen musste. Auch im Versuchsjahr 2007 war der Boden aufgrund regelmäßiger Niederschläge erst in der zweiten Aprilhälfte bearbeitbar.

Tab. 2: Monatsmitteltemperatur und langjähriges Mittel (Deutscher Wetterdienst, Wetterstation Bamberg)

Temperatur	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2004	0,0	3,1	4,2	10,1	11,9	16,0	17,9	19,1	14,4	10,3	4,5	0,4
2005	1,6	-1,5	3,7	9,9	13,5	17,8	19,2	16,6	15,4	10,8	3,4	0,4
2006	-2,3	-0,2	2,4	8,8	14,0	17,6	23,1	15,9	17,2	11,9	6,6	3,8
2007	4,9	4,4	6,2	12,5	15,4	18,7						
lang. Mittel	-1,1	0,4	3,8	8,1	12,9	16,2	17,8	17,0	13,5	8,7	3,7	0,5

Tab. 3: Monatliche Niederschlagshöhe und langjähriges Mittel (Deutscher Wetterdienst, Wetterstation Bamberg)

Niederschlag	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2004	67,2	15,2	23,8	28,5	84,4	40,8	95,5	74,1	64,1	51,2	41,7	31,3
2005	54,1	35,2	25,5	59,7	58,5	25,2	67,2	63,8	59,4	29,1	34,4	41,9
2006	16,3	36,3	62,1	49,9	117,4	29,9	25,6	56,7	11,9	81,4	35,0	28,3
2007	67,4	58,5	45,6	0,3	129,5	107,3						
lang. Mittel	45,0	38,8	46,3	47,9	62,5	76,7	60,2	58,1	47,1	45,2	49,8	56,4

Die Wetterdaten für den Praxisbetrieb Geiger stammen von der direkt an die Versuchsfläche angrenzenden Wetterstation Schwarzach-Schwarzenau der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Im mehrjährigen Mittel (seit 1989) liegt die Temperatur bei 8 bis 9 °C, und es fallen etwa 600 bis 650 mm Niederschlag pro Jahr.

Für den Praxisbetrieb Schlereth finden die Wetterdaten der nächstgelegenen Wetterstation Ettleben der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft Verwendung. Im mehrjährigen Mittel (seit 1989) liegt hier die Temperatur bei etwa 8 °C, und es fallen jährlich circa 600 bis 650 mm Niederschlag.

In den Anhängen 1 bis 6 sind die Witterungsverläufe der Versuchsjahre mit Tagesmitteltemperaturen und Niederschlagssummen dargestellt.

2.2 Dünger

Die verwendeten Dünger werden nachfolgend beschrieben. Im Vorversuch wurden lediglich die N-Gehalte der verwendeten Materialien untersucht, in den nachfolgenden Versuchen wurden auch die C-Gehalte bzw. die C/N-Verhältnisse als wichtige Kenngrößen ermittelt (Tab. 4).

Organische Handelsdünger

<i>Hornmehl-, gries-, späne:</i>	Tierhörner, -klauen in unterschiedlichen Vermahlungsgraden
<i>Rizinusschrot:</i>	Pressrückstände aus der Rizinusölgewinnung
<i>Rizikorn:</i>	Pressrückstände aus der Rizinusölgewinnung, Zusatz von Vinasse, pelletiert
<i>Maltaflor[®]:</i>	Rückstände aus der Malzproduktion, Zusatz von Vinasse, pelletiert
<i>Vinasse:</i>	Melasse aus der Zuckerrübenverarbeitung, fermentiert
<i>Sonnenblumenpresskuchen:</i>	Pressrückstände aus der Sonnenblumenölgewinnung, pelletiert

Leguminosenschrote

<i>Ackerbohnschrot:</i>	Ackerbohnsamen, geschrotet
<i>Lupinenschrot:</i>	Lupinensamen, geschrotet

Die Leguminosensamen wurden mit einer Schrotmühle geschrotet. Alle weiteren Dünger wurden handelsüblich verwendet.

Tab. 4: N-Gehalt (N_t) in Prozent der Trockensubstanz und C/N-Verhältnis der verwendeten Dünger

Dünger	Spinat + Weißkohl		Kohlrabi		Knollensellerie		Porree		Spinat	
	2004		2005		2005		2006		2007	
	N_t	C/N	N_t	C/N	N_t	C/N	N_t	C/N	N_t	C/N
Horngries/-späne	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rizinusschrot	-	-	5,6	9,0	5,8	7,9	5,7	8,2	5,7	8,2
Rizikorn	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maltaflor	3,5	-	4,5	9,0	4,5	8,6	4,3	7,8	4,3	7,8
Vinasse	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5 ¹	-
Sonnenblumenpresskuchen	4,4	-	-	-	5,0	9,1	-	-	-	-
Ackerbohnschrot	3,9	-	5,4	7,0	5,1	7,6	5,4	6,8	5,4	6,8
Lupinenschrot (Gelbe Lupine)	-	-	6,9	5,9	7,3	5,5	-	-	-	-
Lupinenschrot (Blaue Lupine)	4,5	-	3,9	10,5	3,5	12,2	5,0	7,7	5,0	7,7

1: in % der Frischsubstanz

2.3 Versuchsanlage

Die Vorversuche im Versuchsbetrieb wurden mit acht Varianten und vier so genannten unechten Wiederholungen angelegt.

Jede Variante bestand insgesamt aus einem Doppelbeet mit einer Länge von 70 m und einer Breite von 3,3 m.

Für die nachfolgenden Versuche im Versuchsbetrieb wurde die Fläche gewechselt. Bei der Versuchsanlage handelte es sich um einen randomisierten Blockversuch mit sechs Düngervarianten in vierfacher Wiederholung. Die Parzellen hatten insgesamt eine Größe von 15 x 3,3 m.

Zur Frühlkultur sollte eine Flachabdeckung mit berücksichtigt werden, so dass der Versuch in der Frühlkultur als zweifaktorielle Spaltanlage angelegt wurde. Hierfür wurde die Parzelle in der Länge halbiert, jede Unterparzelle hatte eine Größe von 7,5 x 3,3 m.

Die Praxisversuche wurden als randomisierte Blockanlagen in vierfacher Wiederholung angelegt. Die Parzellengröße betrug im Praxisbetrieb Geiger 5,5 x 3,3 m und im Praxisbetrieb Schlereth 6 x 3,3 m.

2.4 Kulturdaten

Nachfolgend werden in Tab. 5 die wichtigsten Kulturdaten der in den Freilandversuchen angebauten Gemüsekulturen tabellarisch dargestellt. Die Dünger wurden jeweils nach einer Beetvorbereitung ausgebracht und anschließend mit einer Beetfräse eingefräst. Kulturarbeiten wie Bewässerung, Unkrautregulation oder Pflanzenschutzmaßnahmen wurden praxisüblich durchgeführt.

Bei der Ergebnisbetrachtung ist zu beachten, dass aufgrund eines Messfehlers in der Variante Rizinus bei Knollensellerie etwa 30 %, bei Porree etwa 20 % mehr N gedüngt wurde.

Tab. 5: Wichtige Kulturdaten der Düngungsversuche im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg (Gvb) und in den Praxisbetrieben (Pb)

Kultur Sorte Fläche	Spinat 'Verdil' Gvb	Weißkohl 'Amazon' Gvb	Kohlrabi 'Express Forcer' Gvb	Knollensellerie 'Ibis' Gvb	Knollensellerie 'Ibis' Pb Geiger	Porree 'Shelton' Gvb	Porree 'Shelton' Pb Schlereth	Spinat 'Boa' Gvb
Versuchsjahr	2004		2005			2006		2007
Aussaat	-	14.05.04	01.02.05	30.03.05	30.03.05	27.03.06	27.03.06	-
Beetvorbereitung	15.04.04	07.06.04	22.03.05	26.05.05	06.06.05	09.06.06	20.06.06	19.04.07
Düngung	15.04.04	08.06.04	22.03.05	01.06.05	07.06.05	12.06.06	22.06.06	20.04.07
Düngungshöhe	100 kg N/ha ¹	200 kg N/ha ¹	134 kg N/ha	145 kg N/ha ²	140 kg N/ha ³	184 kg N/ha ^{4,6}	160 kg N/ha ^{5,7}	124 kg N/ha ⁸
Pflanzung/Aussaat	16.04.04	09.06.04	24.03.05 ⁹	02.06.05	07.06.05	13.06.06	22.06.06	02.05.07
Abstand	25 cm, 43 Korn/lfdm.	50 x 45 cm	30 x 30 cm	50 x 40 cm	50 x 40 cm	50 x 20 cm	50 x 20 cm	25 cm, 62,5 Korn/lfdm. ¹⁰
Ernte	02.06.04	31.08.04 ¹¹	18.05.05	18.10.05	25.10.05	04.10.06	10.10.06	13.06.07
Erntefläche	3 m ² 6 R. je 2 m	12,15 m ² 3 R. je 8,1 m	2,7 m ² 30 Pflanzen	6 m ² 30 Pflanzen	4,8 m ² 24 Pflanzen	6 m ² 60 Pflanzen	4,5 m ² 45 Pflanzen	4,5 m ² 6 R. je 3 m
Bodenproben	15.04.04 ¹² 29.04.04 ¹² 13.05.04 ¹² 28.05.04 ¹²	09.06.04 ¹² 30.07.04 ¹³ 09.09.04 ¹³	03.01.05 ¹⁴ 18.03.05 ¹³ 01.04.05 ¹³ 07.04.05 ¹³ 29.04.05 ¹³ 19.05.05 ¹³	19.05.05 ¹³ 30./31.05.05 ¹⁵ 08.06.05 ¹⁵ 15.06.05 ¹⁵ 28.06.05 ¹⁵ 26.07.05 ¹⁵ 24.08.05 ¹⁵ 21.09.05 ¹⁵ 19./20.10.05 ¹⁵	14.04.05 ¹⁴ 06.06.05 ¹³ 14.06.05 ¹³ 22.06.05 ¹³ 05.07.05 ¹³ 02.08.05 ¹³ 31.08.05 ¹³ 27.09.05 ¹³ 25.10.05 ¹³	08.06.06 ¹⁵ 21.06.06 ¹³ 27.06.06 ¹⁵ 11.07.06 ¹⁵ 09.08.06 ¹⁵ 16.08.06 ¹⁶ 23.08.06 ¹⁶ 06.09.06 ¹⁵ 09.10.06 ¹⁵	31.05.06 ¹⁴ 20.06.06 ¹³ 28.06.06 ¹³ 05.07.06 ¹³ 19.07.06 ¹³ 17.08.06 ¹³ 23.08.06 ¹⁶ 31.08.06 ¹⁶ 12.09.06 ¹³ 11.10.06 ¹³	18./19.04.07 ¹⁵ 25.04.07 ¹⁵ 03.05.07 ¹⁴ 14.05.07 ¹⁵ 31.05./04.06.07 ¹⁵ 14.06.07 ¹⁵

1: bei der Variante Kompost erfolgte eine einmalige Kompostgabe zur Frühlkultur Spinat in Höhe von 50 m³/ha aufgrund eines Messfehlers wurde bei der Variante Rizinussschrot 2: 189 kg N/ha 3: 182 kg N/ha 4: 222 kg N/ha 5: 193 kg N/ha gedüngt

6: bei der Variante Maltaflor 2 wurde die Düngergabe halbiert, 2. Düngergabe am 10.08.06

7: bei der Variante Maltaflor 2 wurde die Düngergabe halbiert, 2. Düngergabe am 17.08.06

8: bei der Variante Maltaflor/Vinasse wurde die Düngergabe halbiert, Grunddüngung mit Maltaflor, 2. Düngergabe am 31.05.07 mit Vinasse

9: Abdeckung der Versuchsvarianten mit Flachabdeckung mit 17 g-Vlies im Zeitraum 06.04. bis 15.05.05

10: Bonitur Feldaufgang am 04.06.07

11: am 18.08.04 erfolgte eine Zwischenernte

12: Nitratschnelltest

13: N_{min}

14: Voruntersuchung, N_{min}

15: N_{min}, N_{mik}

16: N_{min} bei den Varianten Kontrolle, Maltaflor und Maltaflor 2

2.5 Probenahmen und Analysen

2.5.1 Vorversuche 2004

Als Vorkultur vor Weißkohl wurde Spinat ausgesät. Im Kulturverlauf wurden Boden- und Pflanzenproben zur Analyse entnommen.

Zu Beginn der ersten Kultur wurde, wie im Versuchsbetrieb üblich, der Nitrat-N im Boden mit dem Nitracheck-Nitratschnelltest der Firma Merck vor der ersten Düngung ermittelt. (Bodenschicht 0 bis 30 cm, eine Mischprobe der Versuchsfläche). Im weiteren Kulturverlauf wurden Bodenproben aus der Bodenschicht 0 bis 30 cm (eine Mischprobe pro Düngervariante) entnommen und ebenfalls mit dem Nitracheck-Nitratschnelltest auf Nitrat-N untersucht.

Zur Ernte wurde der Spinat praxisüblich geschnitten und der Aufwuchs als Frischmasseertrag erfasst. In Teilproben wurde Nitrat im Pflanzensaft mit dem Nitracheck-Nitratschnelltest ermittelt (eine Mischprobe pro Düngervariante). Die zur späteren N-Analyse eingefrorenen Pflanzenproben (eine Mischprobe pro Düngervariante) waren aufgrund eines Verfahrensfehlers nicht auswertbar.

Bei Weißkohl erfolgten in Mischproben der Düngervarianten eine Bodenuntersuchung mit dem Nitracheck-Nitratschnelltest sowie zwei weitere Bodenuntersuchungen auf Nitrat-N im Labor der LWG analog der Verbandsmethode des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). Hinzu kam die Bestimmung der Trockensubstanz (Trocknung bei 105 °C) und des Gesamt-N (N_t , nach Kjehldahl) in Teilproben von marktfertig geputzten Pflanzen einer Zwischenernte im Labor der LWG (eine Teilprobe pro Parzelle). Mangels Daten zum Frischmasseertrag konnte keine Berechnung des N-Ertrages durchgeführt werden. Zur Endernte wurde der Weißkohl marktfertig aufbereitet und sortiert, ferner wurde der Frischmasseertrag ermittelt.

2.5.2 Versuche 2005 bis 2007

Boden

Im Kulturverlauf wurden Bodenproben aus dem Durchwurzelungsbereich der Gemüsekulturen (Kohlrabi, Spinat: 0 bis 30 cm; Knollensellerie, Porree: 0 bis 30 cm und 30 bis 60 cm; sechs Einstiche pro Parzelle) zur N_{\min} -Analyse entnommen und bis zur Analyse eingefroren. Vor Kulturbeginn, bei Kohlrabi im Rahmen der Voruntersuchung (gesamte Versuchsfläche), und am Ende der Kulturen erfolgten Probenahmen aus den Bodenschichten 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm.

Die N_{\min} -Analysen von Nitrat- und Ammonium-N (Extraktionsmittel 0,01 M $CaCl_2$) erfolgten im Labor der LWG analog der Verbandsmethode des VDLUFA photometrisch mit einem Continuous-Flow-Analysegerät SA 4000 von Skalar gemessen.

Zur Ermittlung des in der mikrobiellen Biomasse gebundenen N (N_{mik}) nach der Chloroform-Fumigations-Extraktionsmethode (CFE-Methode, *Brookes et al.* 1985, *Vance et al.* 1987) sowie des mineralischen N (N_{min}) und des K_2SO_4 -löslichen organischen N (TON_{ext}) in der Bodenschicht 0 bis 15 cm wurden in einer Auswahl von vier Varianten (Rizinusschrot, Maltaflor, Blaue Lupine und Kontrolle) Kunststoffzylinder mit einem Durchmesser von 25 cm und einer Höhe von 40 cm in die Versuchspartellen eingebaut, um den Boden in diesem Bereich als sogenannte Brachen wurzelfrei halten zu können. Im Kulturverlauf wurden Bodenproben aus dem wurzelfreien Bereich der Bodenschicht 0 bis 15 cm entnommen (vier Einstiche pro Parzelle – zwei Einstiche je Kunststoffzylinder). Bis zwei Wochen nach der Pflanzung bzw. Aussaat erfolgten die Probenahmen aufgrund des zu vernachlässigenden Pflanzenwachstums direkt aus der Versuchsfläche.

Die Proben wurden vorsichtig grob zerkleinert und am gleichen Tag feldfrisch im Labor der LWG nach der CFE-Methode weiterverarbeitet. Es wurden unfumigierte und fumigierte Bodenproben extrahiert (Extraktionsmittel 0,5 M K_2SO_4) und bis zur Analyse eingefroren. Zu beachten ist, dass sich die Proben nach dem Schütteln zur Herstellung der Extrakte z. T. nicht vollständig in Suspension befanden. Eine Probenwiederholung zeigte jedoch, dass die Ergebnisse reproduzierbar waren.

Zur Bestimmung des mikrobiellen N wurde in den Extrakten der unfumigierten und fumigierten Bodenproben mit dem TOC/tN_b-Analysegerät Multi N/C 2001 S (Jenoptik) der gesamte gebundene N (tN_b) an der Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenernährung, bestimmt, die Berechnung erfolgte nach *Jørgensen und Müller* (1996). In den unfumigierten Bodenproben wurde der mineralische N (Nitrat- und Ammonium-N) nach der an das Extraktionsmittel (0,5 M K_2SO_4) angepassten Verbandsmethode des VDLUFA photometrisch mittels Continuous-Flow-Analysegerät Evolution II (Alliance Instruments) am Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung (ZIEL), Bioanalytik Weihenstephan, untersucht. Der K_2SO_4 -lösliche organische N wurde aus der Differenz des gesamten gebundenen N abzüglich des mineralischen N der unfumigierten Bodenproben ermittelt.

Durch Differenzbildung bei den Berechnungen des mikrobiellen N und des K_2SO_4 -löslichen organischen N sind negative Werte möglich. Negative Werte können vor allem bei vergleichsweise hohen N_{min} - oder TON_{ext} -Gehalten vorkommen, sie wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen. Dies führte dazu, dass gegebenenfalls ganze Varianten nicht berücksichtigt werden konnten.

Außerdem wurde in den Brachen der mineralische N in der Bodenschicht 0 bis 30 cm (Knollensellerie) bzw. 0 bis 15 cm und 15 bis 30 cm (Porree und Spinat) überprüft, um mögliche Verlagerungen durch Niederschläge zu erfassen. Die Analysen erfolgten wie bei den N_{min} -Analysen der Proben der Anbaufläche nach der VDLUFA-Standardmethode im CaCl_2 -Extrakt im Labor der LWG. Bei der Betrachtung der N_{min} -Ergebnisse ist die Verwendung unterschiedlicher Extraktionsmittel zu beachten, abweichende Ergebnisse sind möglich.

Die aufwendigen Untersuchungen der verschiedenen N-Fractionen in den Brachen wurden nicht in den Praxisversuchen und aufgrund von Verzögerungen im Projektablauf nicht zu Kohlrabi durchgeführt.

Bei der Umrechnung der Analysenergebnisse wurde eine Lagerungsdichte des Bodens von $1,4 \text{ g/cm}^3$ angenommen.

Die Bodenprobenahmen waren in folgenden Zeitabständen geplant: vor der Düngerausbringung, eine, zwei, vier Wochen nach der Düngung, nachfolgend im vierwöchentlichen Abstand. Sie wurden an die Witterungsbedingungen bzw. an die Kulturdauer angepasst, so dass es zu zeitlichen Verschiebungen kommen konnte.

Für die Erfassung von Bodentemperatur und Saugspannung im Versuchsbetrieb wurden Bodenthermometer und Tensiometer in 15 cm Bodentiefe eingebaut. Die Messung der Bodentemperatur erfolgte im Abstand von drei Stunden, die Saugspannung wurde wöchentlich erfasst (siehe Anhänge 7 bis 10, Werte für Saugspannung nicht dargestellt).

Pflanzen

Zur Versuchsernte wurden parzellenweise Frischmasseertrag und Qualität der verschiedenen Kulturen ermittelt. Mit Ausnahme des Spinats wurden die Pflanzen praxisüblich marktfertig aufbereitet und nach handelsüblichen Qualitätskriterien sortiert. Die Angaben der Frischmasseerträge erfolgen in dt/ha.

Bei Spinat wurde nach dem Auflaufen der Feldaufgang ermittelt, und es erfolgte eine Feldbonitur vor der Ernte. Zur Versuchsernte wurde der oberirdische Aufwuchs parzellenweise als Wurzelspinat geerntet. Hier wurde die gesamte Frischmasse ohne eine Unterscheidung nach Marktfähigkeit erfasst.

Bei Kohlrabi und Spinat wurden in Teilproben die Nitratgehalte mittels Nitrateck-Nitratschnelltest (Merck) untersucht. Die Angaben der Nitratgehalte erfolgen in mg/100 g der Frischmasse.

Zur Bestimmung der Trockensubstanz und des Gesamt-N wurden repräsentative Teilproben der Pflanzen bzw. Ernterückständen entnommen, bei 105 °C getrocknet, vermahlen und im Labor der LWG auf ihren Gesamt-N (Methode nach Dumas, Leco FP 328) untersucht. Es erfolgte eine Umrechnung in den N-Ertrag des gesamten oberirdischen Aufwuchses (bei Knollensellerie inklusive dem erntbaren Grobwurzelanteil) in kg/ha.

Die Netto-N-Ausnutzung ergibt sich aus dem N-Ertrag der gedüngten Variante abzüglich der ungedüngten Kontrolle relativ zu gedüngten N-Menge in Prozent:

$$\text{Netto-N-Ausnutzung [\%]} = (N\text{-Ertrag}_{\text{Düngervariante}} - N\text{-Ertrag}_{\text{Kontrolle}}) \times 100 / \text{gedüngte N-Menge}$$

Die Netto-N-Ausnutzung beschreibt also den scheinbaren Anteil aus dem Dünger-N und ist ein rechnerisch ermittelter Wert.

Alle nachfolgend im Ergebnisteil dargestellten flächenbezogenen Ertragsangaben und Nährstoffmengen beziehen sich auf die Netto-Anbaufläche.

2.6 Statistik

Die varianzanalytische Auswertung erfolgte, außer bei den Vorversuchen, mit dem Statistikprogramm SAS (Version 9.1.3). Bei signifikanten Unterschieden wurde der Tukey-Test (Tukey's Studentized Range Test, $\alpha \leq 0,05$) zum Mittelwertvergleich angewendet.

Die Variante Rizinus wurde bei den Kulturen Knollensellerie und Porree in der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Vorversuche 2004

3.1.1.1 Spinat

Einfluss der Düngung auf den Frischmasseertrag von Spinat

In der Frühlkultur Spinat wiesen alle gedüngten Varianten einen Mehrertrag im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle auf (Abb. 1). Die mit Maltaflor gedüngte Variante erzielte mit etwa 300 dt/ha den höchsten Ertrag, gefolgt von den Varianten Blaue Lupine, Rizikorn, Horn und Kompost bei einem Ertragsniveau von etwa 250 dt/ha, während eine Düngung mit Ackerbohenschrot verglichen mit der Kontrolle lediglich zu einem geringen Mehrertrag führte.

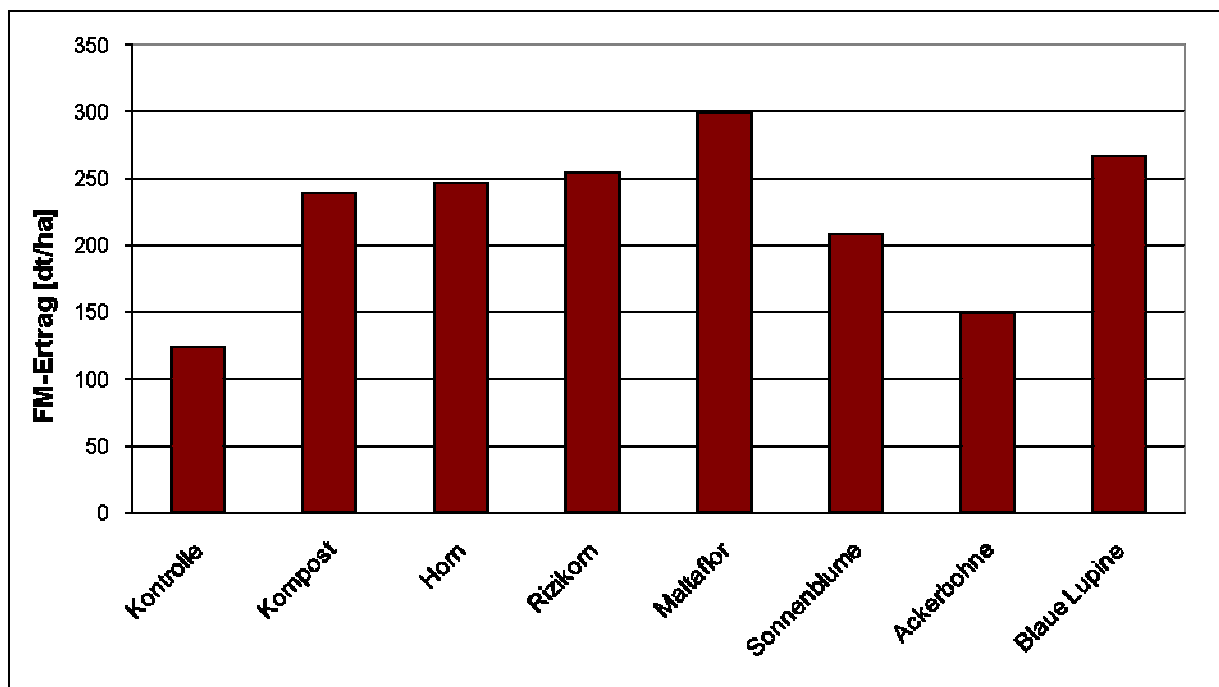


Abb. 1: Frischmasseertrag von Spinat

Einfluss der Düngung auf den Nitratgehalt von Spinat

Die Nitratgehalte (Tab. 6) waren in allen Varianten sehr niedrig und befanden sich deutlich unter der zulässigen Höchstmenge für Spinat von 2500 mg/kg bzw. 250 mg/100 g Frischmasse für den Zeitraum 01.04. bis 30.09. (Quelle: Verordnung (EG) Nr. 1822/2005 der Kommission vom 8. November 2005 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 in Bezug auf Nitrat in bestimmten Gemüsen).

Tab. 6: Nitratgehalt von Spinat

	NO₃-Gehalt in mg/100 g FM
Kontrolle	2
Kompost	3
Horn	4
Rizikorn	10
Maltaflor	5
Sonnenblume	4
Ackerbohne	2
Blaue Lupine	3

Einfluss der Düngung auf den Nitratstickstoff im Boden

Zunächst stiegen die Nitrat-N-Gehalte in der Bodenschicht 0 bis 30 cm in allen Varianten an (Tab. 7). Während die Nitrat-N-Gehalte in den Varianten Kontrolle und Horn mit 30 und 35 kg/ha jedoch vergleichsweise niedrig blieben, lagen sie in den anderen Varianten zwischen 62 und 100 kg/ha. Danach sanken die Nitrat-N-Gehalte in allen Varianten wieder ab. Neben der N-Aufnahme durch die Pflanzen hatten vermutlich starke Niederschläge von fast 70 mm im Zeitraum vom 04.05. bis 07.05.2004 (Anhang 1) zu Verlagerungen im Boden geführt.

Tab. 7: Nitrat-N in der Bodenschicht 0-30 cm in kg/ha (Nitratschnelltest)

	15.04.04	29.04.04	13.05.04	28.05.04
Kontrolle	22	30	7	5
Kompost		74	17	9
Horn		35	14	3
Rizikorn		75	19	3
Maltaflor		70	29	13
Sonnenblume		77	14	16
Ackerbohne		62	10	14
Blaue Lupine		100	27	14

3.1.1.2 Weißkohl

Einfluss der Düngung auf den Frischmasseertrag von Weißkohl

Die Varianten Maltaflor, Rizikorn und Horn wiesen die höchsten Frischmasseerträge bei Weißkohl auf, in abnehmender Reihenfolge gefolgt von den Varianten Blaue Lupine, Ackerbohne, Sonnenblume und Kompost. In der Kontrollvariante konnte kein marktfähiger Ertrag ermittelt werden (Abb. 2), die Köpfe waren zu klein, was auch durch das Einzelkopfgewicht in der marktfertigen Ware deutlich wird (Abb. 3).

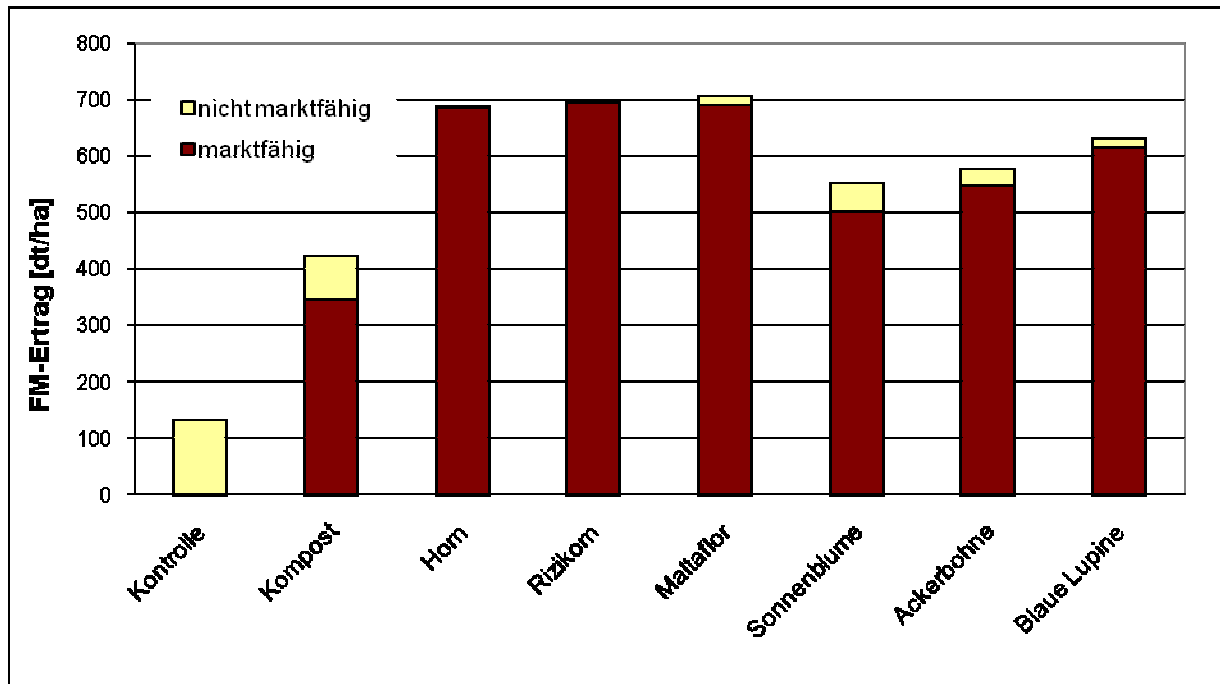


Abb. 2: Frischmasseertrag von Weißkohl

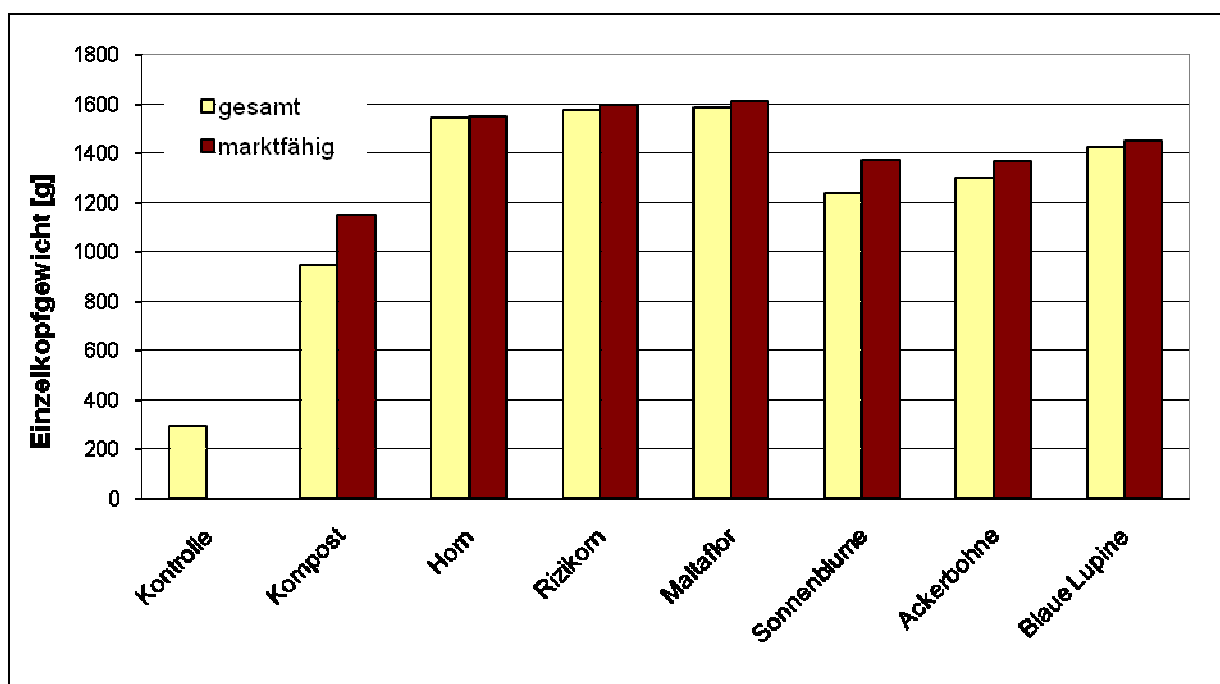


Abb. 3: Einzelkopfgewicht von Weißkohl

Einfluss der Düngung auf den Stickstoffgehalt von Weißkohl

Die N-Gehalte in der Trockenmasse der marktfertigen Ware lagen zwischen 1,52 % in der Kompost-Variante und 2,49 % in der Horn-Variante (Tab. 8). Die beiden Varianten Kontrolle und Kompost mit den niedrigsten N-Gehalten erzielten zur Ernte auch die niedrigsten Frischmasseerträge und Einzelkopfgewichte.

Tab. 8: N-Gehalt (N_t nach Kjeldahl) von Weißkohl 13 Tage vor der Ernte

	N-Gehalte in % der TM
Kontrolle	1,56
Kompost	1,52
Horn	2,49
Rizikorn	2,17
Maltaflor	1,98
Sonnenblume	1,98
Ackerbohne	2,06
Blaue Lupine	2,31

Einfluss der Düngung auf den Nitratstickstoff im Boden

In Tab. 9 sind die Nitrat-N-Gehalte zu den Probenahmeterminen bei Weißkohl dargestellt. Die Nitrat-N-Gehalte in der Bodenschicht 0 bis 30 cm waren insgesamt niedrig, ohne dass deutliche Unterschiede zwischen den Varianten erkennbar waren.

Tab. 9: Nitrat-N in der Bodenschicht 0-30 cm in kg/ha

	09.06.04	30.07.04	09.09.04
Kontrolle	3	24	8
Kompost	9	29	9
Horn	8	31	11
Rizikorn	3	29	10
Maltaflor	5	34	16
Sonnenblume	8	26	9
Ackerbohne	3	34	11
Blaue Lupine	2	41	14

3.1.2 Versuche 2005

3.1.2.1 Kohlrabi

Wirkung der Düngung und Flachabdeckung auf den Frischmasseertrag von Kohlrabi

Insgesamt war das Ertragsniveau der Frischmasseerträge von Kohlrabi mit Vliesabdeckung höher als ohne Abdeckung (Abb. 4).

Bei der separaten Betrachtung der Varianten ohne Abdeckung und der Varianten mit Vliesabdeckung zeigte sich ein ähnliches Bild: Alle eingesetzten Dünger führten im Vergleich zur Kontrolle zu einer Ertragssteigerung, wobei mit der Variante Blaue Lupine jeweils der geringste Mehrertrag erzielt wurde, der innerhalb der gedüngten Varianten unter Vliesabdeckung nicht signifikant war.

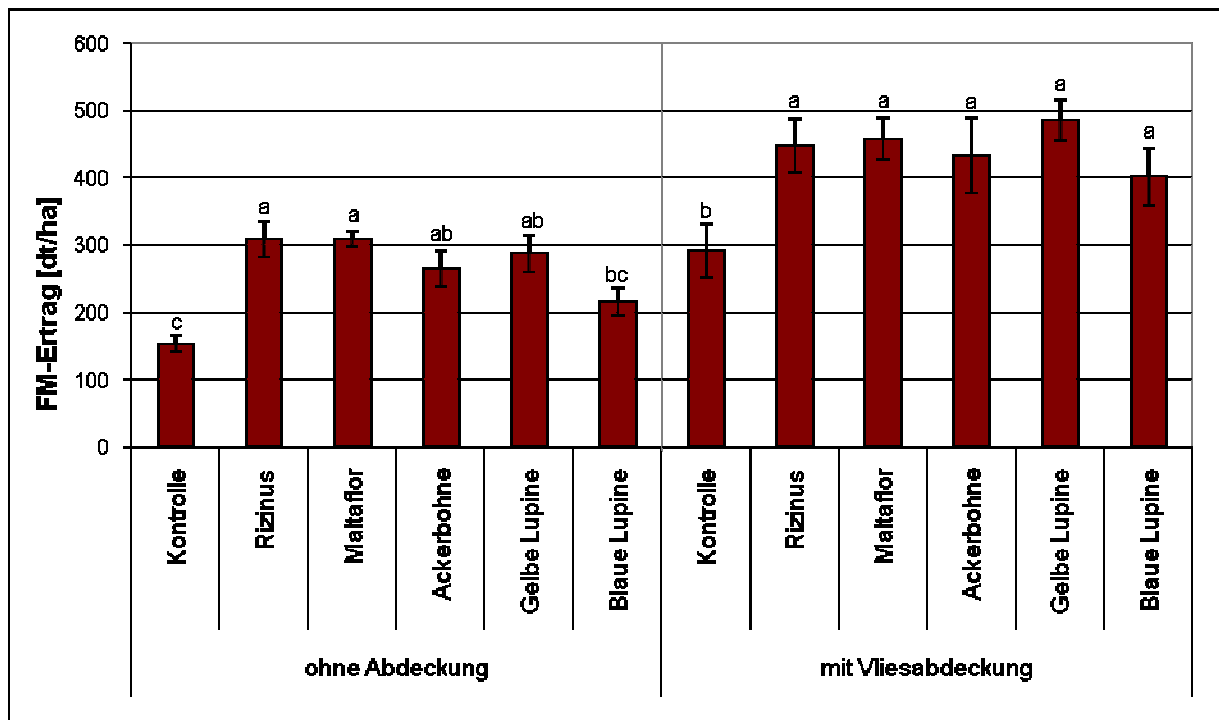


Abb. 4: Frischmasseertrag von Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$; getrennte Darstellung ohne Abdeckung - mit Vliesabdeckung; Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes)

Bei der Unterscheidung der Frischmasseerträge nach Marktkriterien wurde deutlich, dass in den Varianten ohne Abdeckung der marktfähige Anteil Kohlrabi mit Knollendurchmesser 50 bis 70 mm höher war als in den Varianten mit Vliesabdeckung, in denen der marktfähige Anteil überwiegend größer 70 mm war. Auffällig war in der Variante Blaue Lupine mit Vliesabdeckung der durchschnittlich größte Anteil marktfähiger Ware und ein geringer Anteil geplatzter Knollen (Abb. 5).

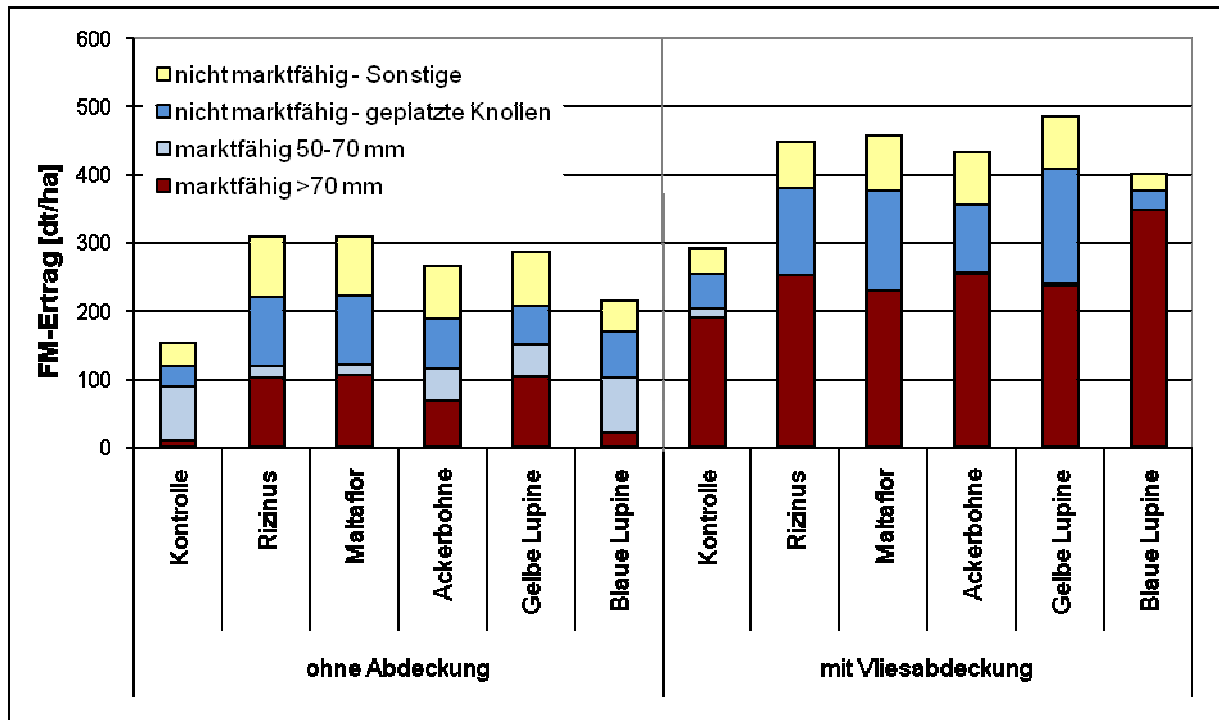


Abb. 5: Frischmasseertrag von Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung unterteilt nach Marktkriterien

Einfluss der Düngung und Flachabdeckung auf den Nitratgehalt von Kohlrabi

Die Nitratgehalte zum Erntezeitpunkt (Tab. 10) waren sowohl im Laub als auch in den Knollen in den Varianten mit Vliesabdeckung höher als in den Varianten ohne Abdeckung.

Tab. 10: Nitratgehalt von Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung, getrennt nach Laub und Knolle (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$; getrennte Darstellung ohne Abdeckung – mit Vliesabdeckung)

		NO ₃ -Gehalt [mg/100 g FM]	
		Laub	Knolle
ohne Abdeckung	Kontrolle	4 n.s.	14 n.s.
	Rizinus	44 n.s.	39 n.s.
	Maltaflor	11 n.s.	31 n.s.
	Ackerbohne	9 n.s.	27 n.s.
	Gelbe Lupine	16 n.s.	33 n.s.
	Blaue Lupine	12 n.s.	32 n.s.
mit Vliesabdeckung	Kontrolle	5 c	28 n.s.
	Rizinus	129 a	66 n.s.
	Maltaflor	47 bc	53 n.s.
	Ackerbohne	40 bc	61 n.s.
	Gelbe Lupine	99 ab	54 n.s.
	Blaue Lupine	29 bc	41 n.s.

Die Nitratgehalte der gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle waren zumindest tendenziell höher. Im Laub der Düngervarianten mit Vliesabdeckung waren die Unterschiede zwischen der Variante Rizinus und den Varianten Maltaflor, Ackerbohne, Blaue Lupine und Kontrolle sowie zwischen den Varianten Gelbe Lupine und Kontrolle signifikant.

Einfluss der Düngung und Flachabdeckung auf den Stickstoffertrag von Kohlrabi

Die N-Erträge (oberirdischer Aufwuchs, Abb. 6) waren wie auch die Frischmasseerträge unter Vliesabdeckung höher als ohne Abdeckung. Alle eingesetzten Dünger führten zu einer Ertragssteigerung im Vergleich zur Kontrolle, mit dem höchsten N-Ertrag in der Variante Rizinus, gefolgt von den Varianten Maltaflor, Gelbe Lupine und Ackerbohne, und dem niedrigsten N-Ertrag in der Variante Blaue Lupine. Innerhalb der gedüngten Varianten waren sowohl ohne Abdeckung als auch mit Vliesabdeckung lediglich die Unterschiede zwischen den Varianten Rizinus und Blauer Lupine signifikant.

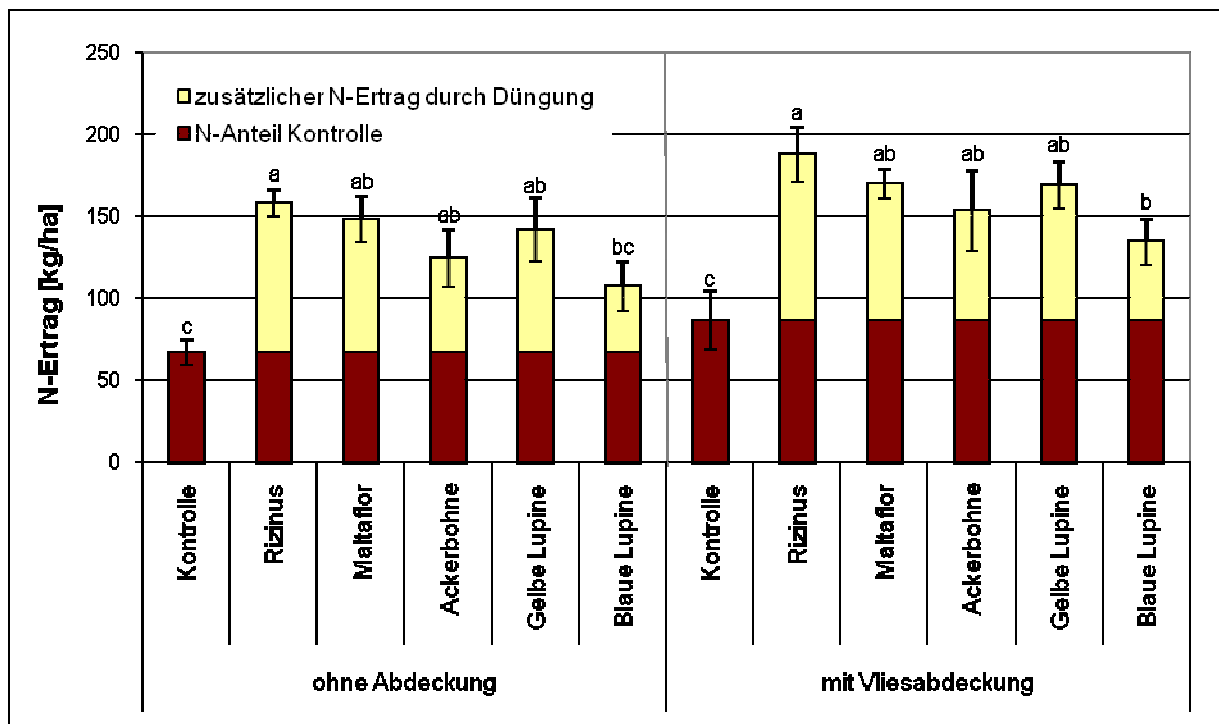


Abb. 6: N-Ertrag von Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$; getrennte Darstellung ohne Abdeckung – mit Vliesabdeckung; Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes des N-Gesamtertrages)

Einfluss der Düngung und Flachabdeckung auf die Netto-Stickstoffausnutzung durch Kohlrabi

Aus den N-Erträgen ergab sich die Netto-N-Ausnutzung durch Kohlrabi (Tab. 11). Die Unterschiede zwischen den Varianten mit Vliesabdeckung waren nur tendenziell um etwa 5 % höher als in den Varianten ohne Abdeckung. Mit Rizinusschrot wurde mit 68 bzw. 75 % der gedüngten N-Menge die höchste Netto-N-Ausnutzung erzielt, die sich jedoch nur von der Variante Blaue Lupine mit 30 bzw. 36 % signifikant unterschied.

Tab. 11: Netto-N-Ausnutzung durch Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$; getrennte Darstellung ohne Abdeckung – mit Vliesabdeckung)

	Netto-N-Ausnutzung in % der gedüngten N-Menge	
	ohne Abdeckung	mit Vliesabdeckung
Rizinus	68 a	75 a
Maltaflor	61 ab	62 ab
Ackerbohne	43 ab	50 ab
Gelbe Lupine	56 ab	61 ab
Blaue Lupine	30 b	36 b

In Tab. 12 sind die Düngervarianten ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung zusammengefasst dargestellt, um die Dünger noch deutlicher zu differenzieren. Die Netto-N-Ausnutzung der Rizinus-Variante unterschied sich von den Varianten Ackerbohne und Blaue Lupine, und die Varianten Maltaflor und Gelbe Lupine von der Variante Blaue Lupine.

Tab. 12: Netto-N-Ausnutzung durch Kohlrabi (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$; Mittelwert ohne Abdeckung – mit Vliesabdeckung)

	Netto-N-Ausnutzung in % der gedüngten N-Menge
Rizinus	72 a
Maltaflor	61 ab
Ackerbohne	46 bc
Gelbe Lupine	59 ab
Blaue Lupine	33 c

Einfluss der Düngung und Flachabdeckung auf den mineralischen Stickstoff im Boden

Abb. 7 und Tab. 13 zeigen die N_{\min} -Gehalte (Bodenschicht 0 bis 30 cm) im Kulturverlauf. Zum dritten Probenahmetermin, 16 Tage nach der Düngerausbringung, wurde bei allen Varianten der höchste N_{\min} -Gehalt im Boden ermittelt. In den Varianten Rizinus, Gelbe Lupine, Maltaflor und Ackerbohne lagen die N_{\min} -Gehalte etwa zwischen 100 und 160 kg/ha. Lediglich der N_{\min} -Gehalt der Variante Blaue Lupine war mit etwa 70 kg/ha deutlich niedriger, was auf eine langsamere oder geringere N-Freisetzung hindeutet. Zu Kulturrende waren die N_{\min} -Gehalte aller Varianten unter 50 kg/ha abgesunken. Eine Vliesabdeckung vom 06.04. bis zum 15.05.2005 führte zu keinem signifikanten Einfluss auf die N_{\min} -Gehalte in der obersten Bodenschicht.

Zu beachten sind die N_{\min} -Unterschiede trotz vorheriger Gleichbehandlung zum dritten Termin in der Variante Rizinus ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung.

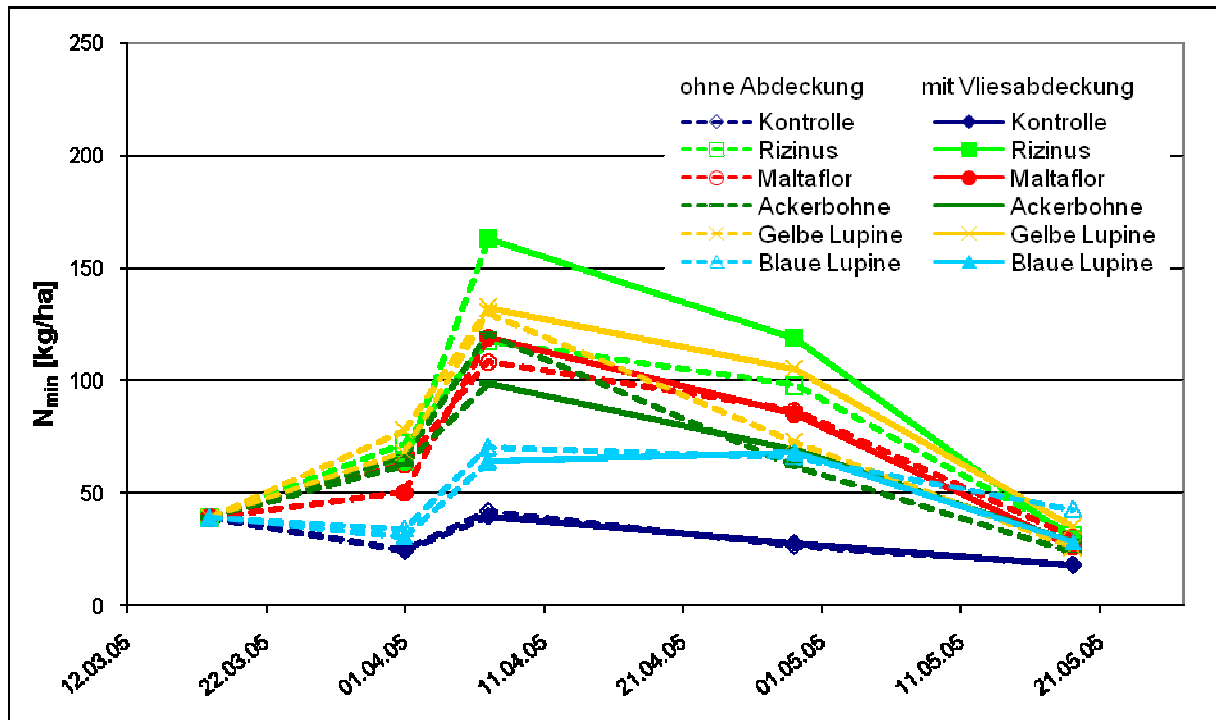


Abb. 7: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Kohlrabi ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung (Vliesabdeckung vom 06.04. bis 15.05.05).

Im Vergleich der Düngervarianten, in Tab. 13 sind die Varianten ohne Abdeckung und mit Vliesabdeckung zusammengefasst dargestellt, ergaben sich 10 und 16 Tage nach der Düngung (01.04.2005 und 07.04.2005) in den Varianten Blaue Lupine und Kontrolle die signifikant niedrigsten N_{\min} -Gehalte. Weiterhin unterschied sich 16 Tage nach der Düngung die mit Ackerbohenschrot gedüngte Variante von der mit Rizinusschrot gedüngten Variante, während sich zum vierten Probenahmetermin keine Unterschiede mehr zwischen den Varianten Maltaflor, Blaue Lupine und Ackerbohne zeigten. Bis über 70 % der gedüngten N-Menge konnten in der Variante Rizinus im Boden als zusätzlicher mineralischer N im Vergleich zur Kontrolle ermittelt werden.

Tab. 13: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-30 cm bei Kohlrabi (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$; Mittelwert ohne Abdeckung – mit Vliesabdeckung)

N_{\min} 0-30	18.03.05	01.04.05	07.04.05	29.04.05	19.05.05
Kontrolle	39	25 b	41 c	27 d	18 b
Rizinus		68 a	140 a	108 a	31 ab
Maltaflor		57 a	114 ab	86 bc	28 ab
Ackerbohne		64 a	110 b	66 c	26 ab
Gelbe Lupine		73 a	131 ab	89 ab	31 ab
Blaue Lupine		32 b	67 c	67 c	36 a

In Tab. 14 sind die N_{\min} -Reste in den Bodenschichten 0 bis 90 cm nach Kulturende den N_{\min} -Gehalten vor Beginn der Versuche gegenübergestellt. Eine Düngung führte im Vergleich zur Kontrolle zu höheren N_{\min} -Resten im Boden. Während in der Kontrollvariante nach Kulturende ein N_{\min} -Gehalt von 45 kg/ha ermittelt wurde, betrug der N_{\min} -Gehalt in der Variante Blaue Lupine im Mittel 84 kg/ha.

Tab. 14: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Kohlrabi vor Kulturbeginn und nach Kulturende (Mittelwert ohne Abdeckung - mit Vliesabdeckung)

	05.01.05			19.05.05		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Kontrolle	29	17	6	18	15	12
Rizinus				31	24	16
Maltaflor				28	23	16
Ackerbohne				26	25	17
Gelbe Lupine				31	24	18
Blaue Lupine				36	28	20

3.1.2.2 Knollensellerie (Versuchsbetrieb)

Einfluss der Düngung auf den Frischmasseertrag von Knollensellerie

Die Frischmasseerträge der marktfertig geputzten Ware von Knollensellerie werden in Abb. 8 dargestellt. Die Erträge der gedüngten Varianten lagen tendenziell höher als in der Kontrollvariante. Der Mehrertrag durch die Düngung betrug im Mittel knapp 25 %.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist die höhere N-Düngung der Rizinus-Variante zu beachten, die offensichtlich keinen positiven Einfluss auf den Frischmasseertrag genommen hatte.

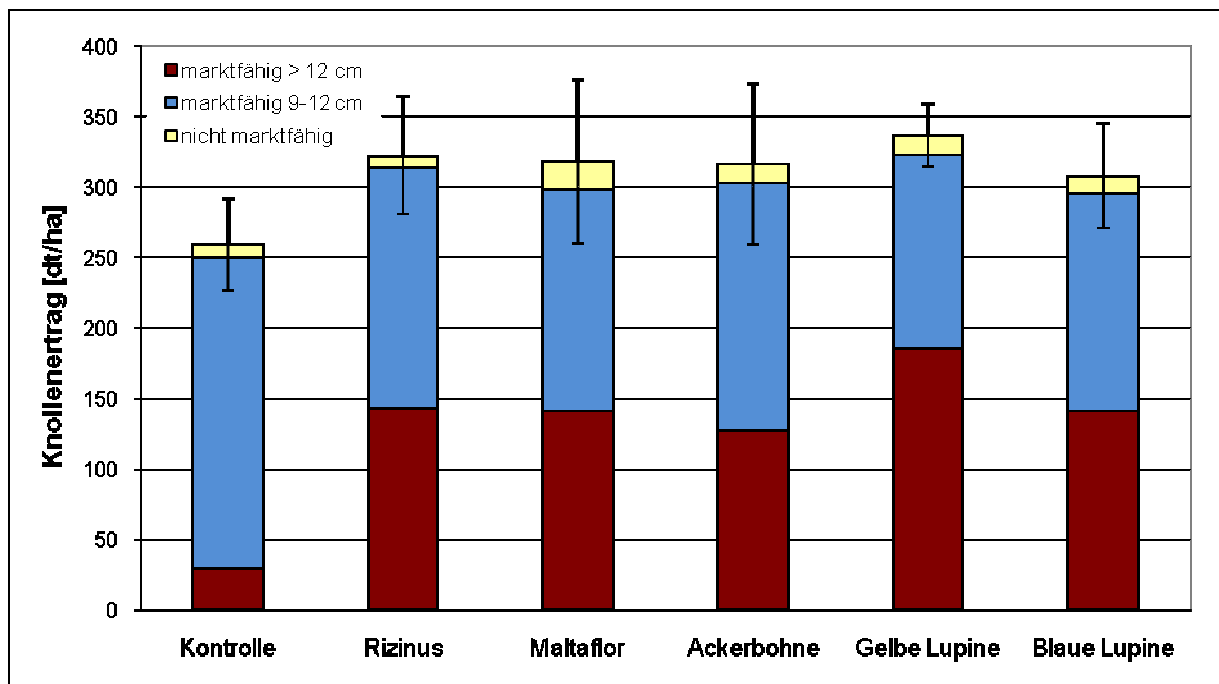


Abb. 8: Frischmasseertrag von Knollensellerie (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes des Gesamtknollenertrages)

Obwohl nicht signifikant, war der Anteil marktfähiger Ware in der Sortierung größer 12 cm in den gedüngten Varianten im Durchschnitt etwa fünfmal höher als in der Kontrollvariante, die im Mittel einen höheren Anteil in der Sortierung 9 bis 12 cm aufwies.

Einfluss der Düngung auf den Stickstoffertrag von Knollensellerie

Die N-Erträge im oberirdischen Aufwuchs (inklusive Grobwurzelanteil) ergaben signifikante Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten und der Kontrollvariante, jedoch lediglich tendenzielle Unterschiede innerhalb der gedüngten Varianten (Abb. 9).

Die höhere Düngung der Variante Rizinus führte zu einem etwas höheren N-Ertrag im Vergleich zu den anderen gedüngten Varianten.

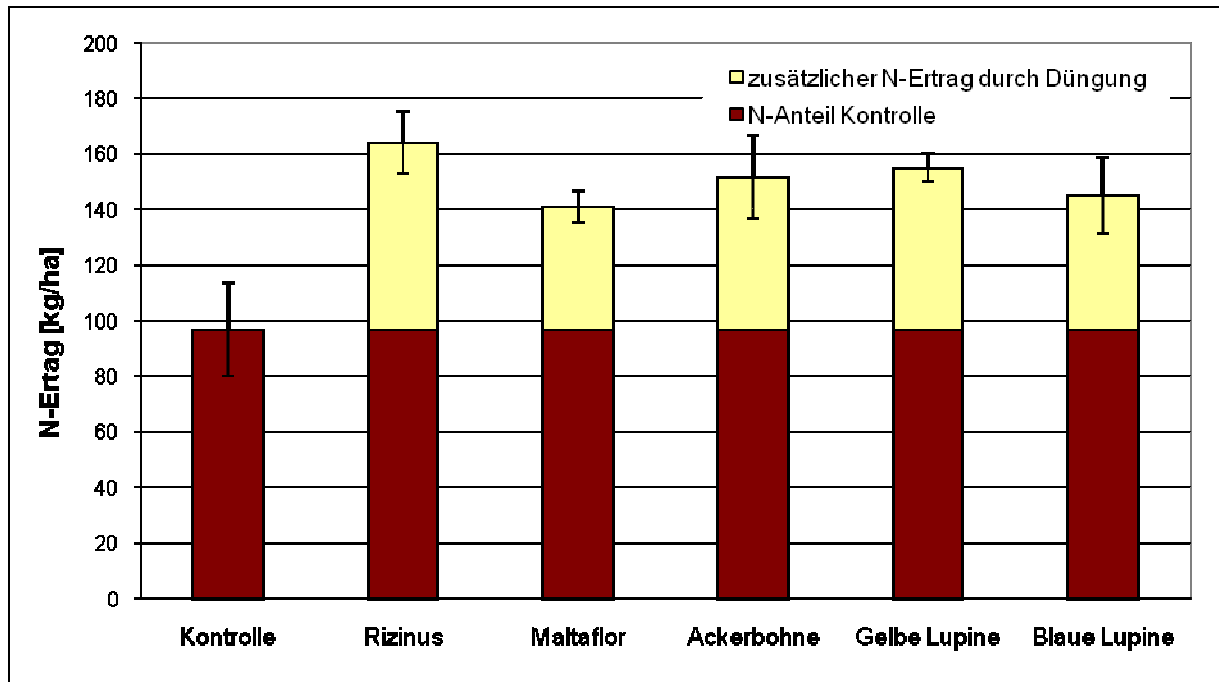


Abb. 9: N-Ertrag von Knollensellerie (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes des N-Gesamtertrages)

Einfluss der Düngung auf die Netto-Stickstoffausnutzung durch Knollensellerie

Die Netto-N-Ausnutzung durch Knollensellerie (Tab. 15) lag in einer Spanne zwischen 30 und 40 % der gedüngten N-Menge. Die niedrigste Netto-N-Ausnutzung wies die Variante Maltaflor auf, die höchste Netto-N-Ausnutzung ergab die Variante Gelbe Lupine.

Der höhere N-Ertrag aufgrund der höheren N-Düngung in der Rizinus-Variante wird durch die Darstellung der Netto-N-Ausnutzung relativiert.

Tab. 15: Netto-N-Ausnutzung durch Knollensellerie

	Netto-N-Ausnutzung in % der gedüngten N-Menge
Rizinus	36
Maltaflor	30
Ackerbohne	38
Gelbe Lupine	40
Blaue Lupine	33

Einfluss der Düngung auf den mineralischen Stickstoff im Boden

Die N-Düngung führte in allen Varianten zu dem stärksten Anstieg der N_{\min} -Gehalte in der obersten Bodenschicht (Abb. 10 und Tab. 16) bereits innerhalb der ersten zwei Wochen nach der Düngung, in einer Spanne von 166 kg/ha in der Variante Blaue Lupine und 233 kg/ha in der Variante Gelbe Lupine. Abzüglich der N_{\min} -Gehalte der Kontrollvariante

entsprechen die ermittelten N_{\min} -Gehalte ca. 70 bis über 110 % der zu Knollensellerie gedüngten N-Menge.

Innerhalb der gedüngten Varianten unterschieden sich lediglich die Varianten Blaue Lupine und Gelbe Lupine zum zweiten Probenahmetermin, eine Woche nach der Düngerausbringung. In der Rizinus-Variante und in der Kontrolle stiegen die N_{\min} -Gehalte weiter bis vier Wochen nach der Düngung an. Bis zum fünften Probenahmetermin sanken die N_{\min} -Gehalte leicht ab oder stagnierten, daraufhin sanken sie in allen Varianten weiter bis zum letzten Termin bis unter 20 kg/ha ab.

Die N_{\min} -Gehalte in der Bodenschicht 30 bis 60 cm (Tab. 16) stiegen im Durchschnitt in allen gedüngten Varianten im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle an, die Unterschiede waren aber nicht immer signifikant.

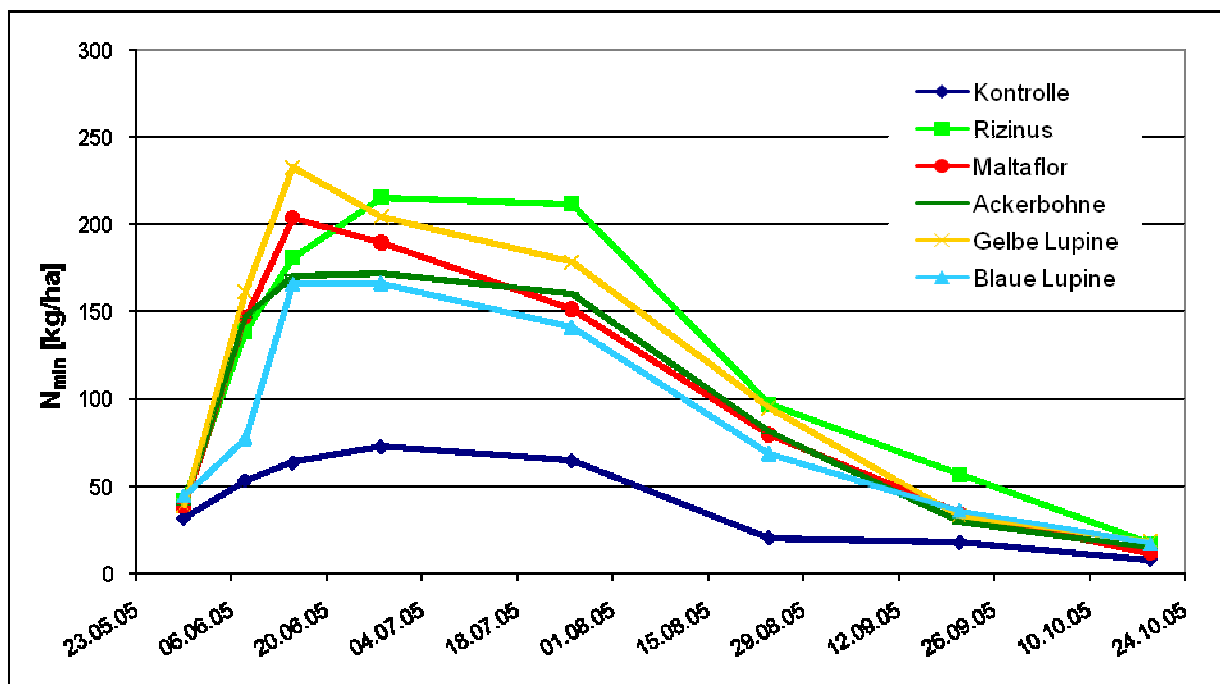


Abb.10: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Knollensellerie

Tab. 16: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm bei Knollensellerie (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

	30.05.05	08.06.05	15.06.05	28.06.05	26.07.05	24.08.05	21.09.05	19.10.05	
N_{\min} 0-30	Kontrolle	32 b	54 c	64 b	73 b	65 b	20 b	18 b	8 b
	Rizinus	42 -	140 -	182 -	216 -	212 -	97 -	57 -	18 -
	Maltaflor	38 ab	147 ab	204 a	190 a	151 a	80 a	35 a	12 ab
	Ackerbohne	40 ab	147 ab	170 a	172 a	160 a	81 a	30 ab	14 ab
	Gelbe Lupine	39 ab	162 a	233 a	205 a	179 a	95 a	33 ab	18 a
	Blaue Lupine	45 a	78 bc	166 a	166 a	141 a	69 ab	36 a	17 a
N_{\min} 30-60	Kontrolle	16 b	24 b	27 n.s.	26 n.s.	32 c	23 b	13 b	4 b
	Rizinus	24 -	43 -	50 -	51 -	71 -	73 -	76 -	42 -
	Maltaflor	23 a	34 ab	44 n.s.	58 n.s.	44 bc	55 ab	52 a	18 ab

Ackerbohne	21 ab	36 ab	40 n.s.	38 n.s.	53 ab	56 ab	39 a	16 ab
Gelbe Lupine	22 a	43 a	42 n.s.	48 n.s.	65 a	81 a	45 a	21 a
Blaue Lupine	21 ab	28 b	44 n.s.	43 n.s.	54 ab	62 ab	53 a	19 a

In Tab. 17 sind die N_{\min} -Gehalte vor Kulturbeginn den N_{\min} -Resten am Ende der Kultur gegenübergestellt. Sie lagen nach der Ernte in den Bodenschichten 0 bis 90 cm zwischen 17 kg/ha der Kontrollvariante und 93 kg/ha in der Variante Rizinus. Mit Ausnahme der Variante Rizinus waren in allen anderen Varianten die N_{\min} -Gehalte nach der Ernte niedriger als vor Beginn der Kultur.

Tab. 17: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Knollensellerie vor Kulturbeginn und nach Kulturende

N_{\min}	19.05.05			19.10.05		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Kontrolle	18	14	11	8	4	5
Rizinus	29	22	14	18	42	33
Maltaflor	26	23	17	12	18	11
Ackerbohne	28	26	16	14	16	18
Gelbe Lupine	35	22	16	18	21	20
Blaue Lupine	28	21	15	17	19	18

Einfluss der Düngung auf den mikrobiellen, löslichen organischen und mineralischen Stickstoff in Brachen

Bereits zu Beginn des Versuches vor der Düngung war der N_{mik} -Gehalt in der Variante Blaue Lupine etwas höher als in der Kontrollvariante (Abb. 11 und Tab. 18). Ursache hierfür könnte eine Nachwirkung der Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine zur Vorkultur Kohlrabi sein.

Lediglich eine Woche nach der Düngung stiegen die N_{mik} -Gehalte in allen gedüngten Varianten an, sehr deutlich in der Variante Blaue Lupine. Zwei Wochen nach der Düngung, zum dritten Probenahmetermin, waren die N_{mik} -Gehalte bereits wieder abgesunken. Zum letzten Probenahmetermin waren die Werte mit denen zu Beginn nahezu identisch, auch hier war der N_{mik} -Gehalt in der Variante Blaue Lupine etwas höher als in der Kontrollvariante. In der Variante Rizinus waren die N_{mik} -Gehalte zum dritten und fünften Probenahmetermin negativ und wurden aus der Auswertung herausgenommen oder waren vergleichsweise niedrig.

Etwas höhere TON_{ext} -Gehalte als zu Versuchsbeginn bzw. im Vergleich zur Kontrolle traten vor allem eine Woche nach der Düngung sowie in der Variante Rizinus gegenläufig zu den N_{mik} -Gehalten zum dritten und fünften Termin auf. Ansonsten waren die Werte im Vergleich zu den anderen N-Fractionen meist vernachlässigbar gering.

Die N_{\min} -Gehalte in der Bodenschicht 0 bis 15 cm in den Brachen stiegen wie auch in der Kulturfläche in den Varianten Rizinus und Maltaflor stärker an als in der Variante Blaue Lupine. Während durch eine Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine etwa 25 % der gedüngten N-Menge als mineralischer N vorlag, waren es hier nach einer Düngung mit

Maltaflor bereits etwa 50 %. Im Gegensatz dazu fällt die Variante Blaue Lupine an diesem Termin durch einen sehr hohen N_{mik} -Gehalt auf.

Nach dem fünften Probenahmetermin nahmen in allen Varianten die N_{min} -Gehalte deutlich ab, obwohl die anderen N-Fractionen nicht anstiegen.

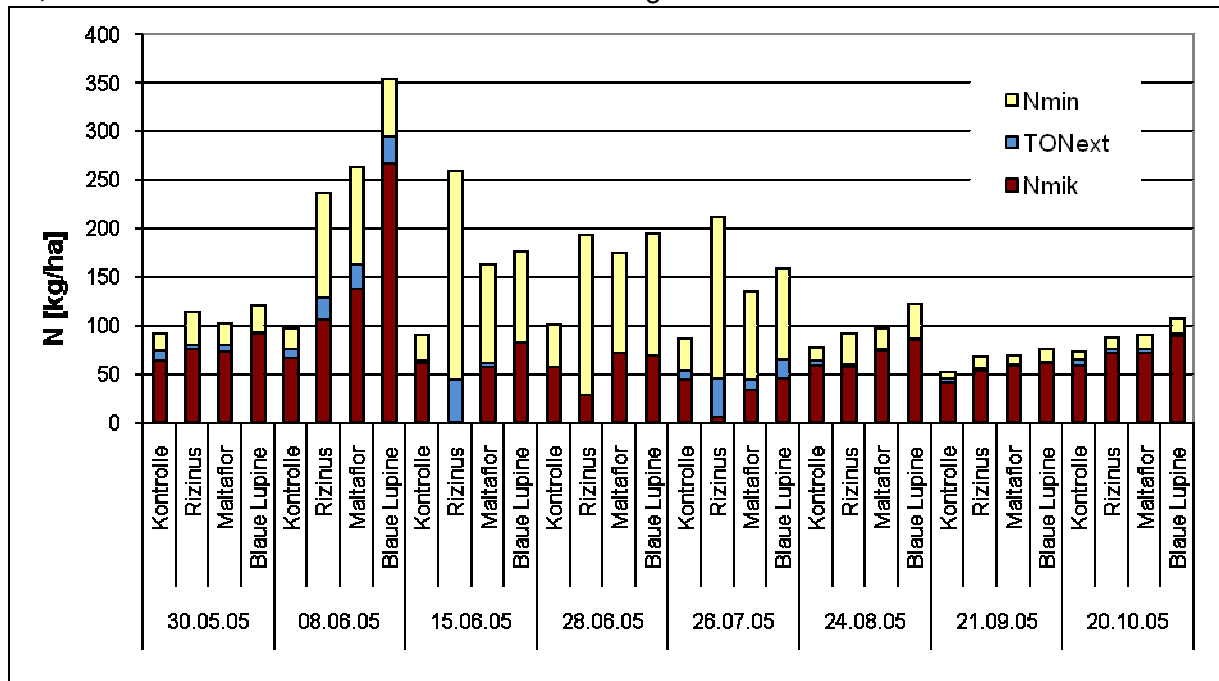


Abb. 11: Mikrobieller, löslicher organischer und mineralischer N (N_{mik} , TON_{ext} und N_{min} , K_2SO_4 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache

Bei der Betrachtung der Summe der verschiedenen N-Fractionen fiel auf, dass in den gedüngten Varianten eine Woche nach der Düngung in den Varianten Maltaflor und Blaue Lupine mehr zusätzlicher N gemessen wurde, als an N durch die pflanzlichen Materialien zugeführt wurde.

Tab. 18: Mikrobieller und mineralischer N (N_{mik} und N_{min} , K_2SO_4 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

	30.05.05	08.06.05	15.06.05	28.06.05	26.07.05	24.08.05	21.09.05	20.10.05
N_{mik}	Kontrolle	64 b	66 b	61 n.s.	58 n.s.	44 n.s.	59 n.s.	42 b
	Rizinus	75 -	106 -	¹ -	28 -	6 -	57 -	53 -
	Maltaflor	73 ab	138 b	58 n.s.	71 n.s.	34 n.s.	74 n.s.	58 a
	Blaue Lupine	92 a	267 a	83 n.s.	69 n.s.	46 n.s.	85 n.s.	62 a
N_{min}	Kontrolle	17 n.s.	22 b	27 b	43 b	34 n.s.	12 b	6 b
	Rizinus	34 -	107 -	214 -	165 -	166 -	31 -	11 -
	Maltaflor	22 n.s.	100 a	101 a	103 a	92 n.s.	21 ab	10 ab
	Lupine blau	28 n.s.	59 ab	93 a	126 a	94 n.s.	35 a	13 a

1: negative Werte nicht dargestellt

In der Tab. 19 sind die N_{min} -Gehalte in der Bodenschicht 0 bis 30 cm dargestellt. Der grundsätzliche Verlauf war vergleichbar mit dem in der Bodenschicht 0 bis 15 cm. Ab dem

fünften Probenahmetermin stieg der Anteil an zusätzlichem mineralischem N (auch unter Berücksichtigung verschiedener Extraktionsmittel) in der Bodenschicht 0 bis 30 cm im Vergleich zur Bodenschicht 0 bis 15 cm an, so dass ein Teil des mineralischen N vermutlich verlagert wurde. Tiefere Schichten konnten für die Brache nicht berücksichtigt werden.

Tab. 19: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-30 cm in einer Brache (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

N_{\min} 0-30	30.05.05	08.06.05	15.06.05	28.06.05	26.07.05	24.08.05	21.09.05	19.10.05
Kontrolle	32 b	49 b	55 b	90 b	78 b	49 b	34 n.s.	41 b
Rizinus	42 -	171 -	201 -	214 -	253 -	122 -	63 -	77 -
Maltaflor	38 ab	96 a	125 a	151 ab	163 a	87 a	47 n.s.	76 a
Blaue Lupine	45 a	84 a	126 a	170 a	163 a	96 a	51 n.s.	72 a

Auffällig war, dass die N_{\min} -Gehalte aus Anbaufläche und Brache nicht besser übereinstimmten, obwohl die ersten Proben aus den beplanteten, noch nicht durchwurzelten Parzellen entnommen wurden. Die größten Abweichungen ergaben sich nach Düngung mit den vergleichsweise groben Maltaflor-Pellets.

3.1.2.3 Knollensellerie (Praxisbetrieb)

Einfluss der Düngung auf den Frischmasseertrag von Knollensellerie

Im Praxisbetrieb lagen die Knollenerträge (Abb. 12) insgesamt auf einem niedrigeren Ertragsniveau als im Versuchsbetrieb. Während im Versuchsbetrieb der durchschnittliche Marktertrag bei etwa 300 dt/ha lag, wurde im Praxisbetrieb ein Marktertrag von nur ca. 180 dt/ha erzielt. Auch der durchschnittliche Anteil marktfähiger Ware in der Sortierung größer 12 cm war deutlich geringer.

Verglichen mit der ungedüngten Kontrolle führte eine Düngung im Mittel nur zu einem geringen Mehrertrag. Große Streuungen lassen keine Unterschiede erkennen.

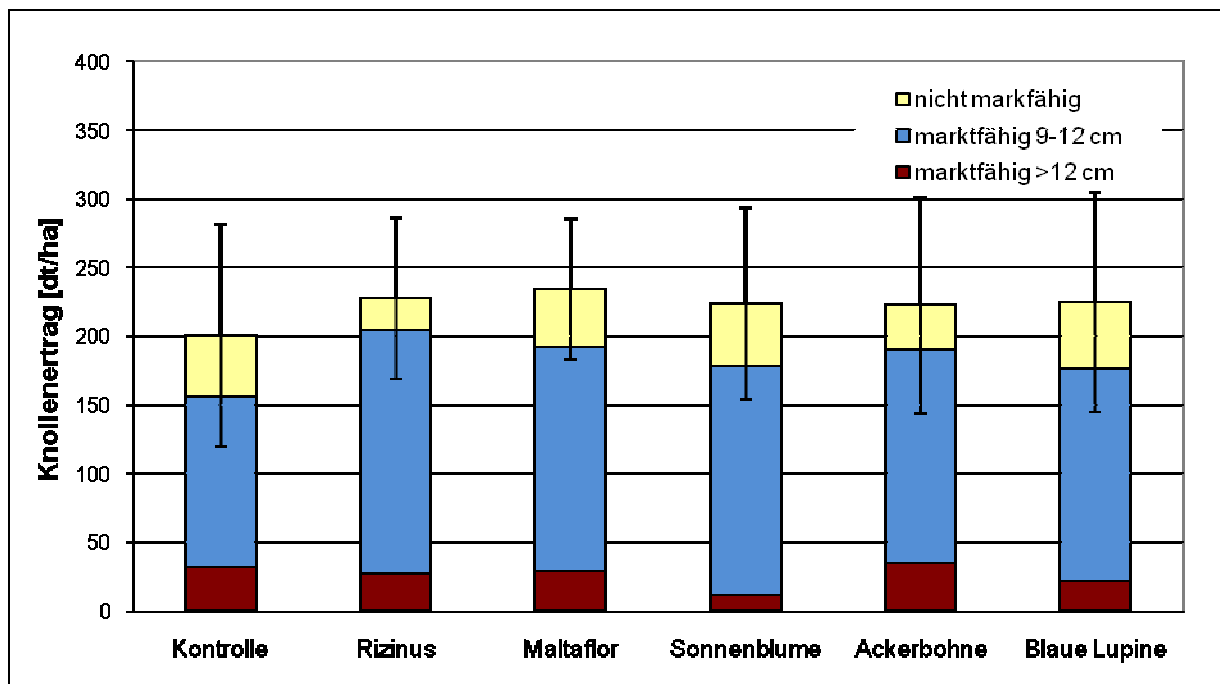


Abb. 12: Frischmasseertrag von Knollensellerie im Praxisbetrieb (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes des Gesamtknollenertrages)

Einfluss der Düngung auf den Stickstoffertrag von Knollensellerie

Ähnliches Bild zeigten die N-Erträge in Abb. 13. Auch hier gab es aufgrund großer Streuungen nur tendenzielle Unterschiede in den N-Erträgen.

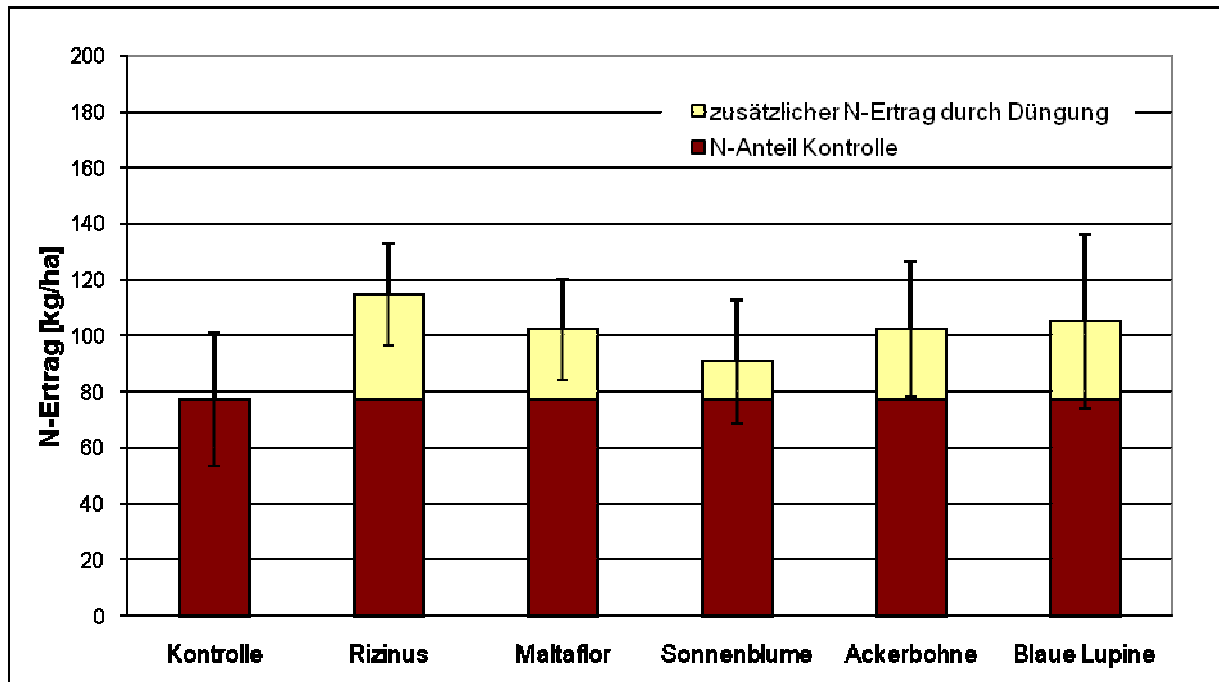


Abb. 13: N-Ertrag von Knollensellerie im Praxisbetrieb (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes des N-Gesamtertrages)

Einfluss der Düngung auf die Netto-Stickstoffausnutzung durch Knollensellerie

Die Netto-N-Ausnutzung (Tab. 20) war mit einer Spanne von 10 bis 20 % der gedüngten N-Menge im Praxisbetrieb etwa um 20 % niedriger als im Versuchsbetrieb. Die Variante Sonnenblume erzielte mit 10 % die niedrigste Netto-N-Ausnutzung.

Tab. 20: Netto-N-Ausnutzung durch Knollensellerie im Praxisbetrieb

	Netto-N-Ausnutzung in % der gedüngten N-Menge
Rizinus	20
Maltaflor	18
Sonnenblume	10
Ackerbohne	18
Blaue Lupine	20

Einfluss der Düngung auf den mineralischen Stickstoff im Boden bei Knollensellerie

Die N_{\min} -Gehalte in der Bodenschicht 0 bis 30 cm (Abb. 14) wiesen in allen Varianten zunächst, in signifikant unterschiedlicher Höhe, einen Anstieg auf, und zwar in der Reihenfolge Ackerbohne – Maltaflor – Sonnenblume, Blaue Lupine und Kontrolle. Ein bzw. zwei Wochen nach der Düngung sanken sie bereits wieder, z. T. sehr stark, ab. Etwa vier Wochen später kam es in allen Varianten noch einmal zu einem Anstieg der N_{\min} -Gehalte, wobei der Anstieg in den Variante Ackerbohne, Sonnenblume und Blaue Lupine zwischen

viertem und fünftem Probenahmetermin etwa dem der Kontrolle entsprach. Danach nahmen die N_{\min} -Gehalte sukzessive ab.

Insgesamt befanden sich die N_{\min} -Gehalte auf einem niedrigeren Niveau im Vergleich zu den Werten im Versuchsbetrieb.

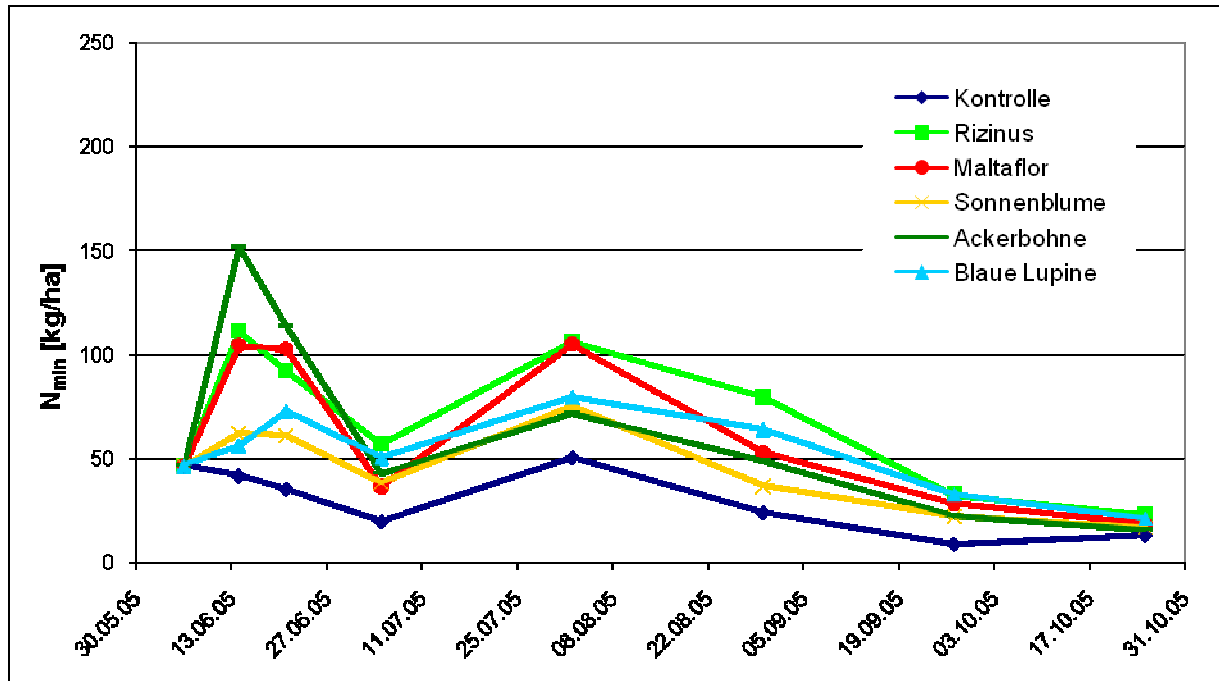


Abb. 14: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl₂-Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Knollensellerie im Praxisbetrieb

In der Bodenschicht 30 bis 60 cm (Tab. 21) kam es vereinzelt zu einem unwesentlichen Anstieg der N_{\min} -Gehalte im Boden. Einen höheren N_{\min} -Gehalt im Vergleich zur Kontrolle nach Kulturende gab es in der Variante Blaue Lupine.

Tab. 21: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl₂-Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm bei Knollensellerie im Praxisbetrieb (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

		06.06.05	14.06.05	21.06.05	05.07.05	02.08.05	30.08.05	27.09.05	25.10.05
N_{\min} 0-30	Kontrolle	47	42 c	35 c	20 n.s.	51 b	24 c	9 n.s.	13 n.s.
	Rizinus		111 -	92 -	57 -	106 -	80 -	33 -	23 -
	Maltaflor		104 b	103 ab	37 n.s.	105 a	53 ab	29 n.s.	19 n.s.
	Sonnenblume		62 c	61 c	38 n.s.	75 ab	37 bc	23 n.s.	17 n.s.
	Ackerbohne		152 a	114 a	43 n.s.	72 ab	49 abc	23 n.s.	16 n.s.
	Blaue Lupine		56 c	73 bc	50 n.s.	79 ab	64 a	33 n.s.	21 n.s.
N_{\min} 30-60	Kontrolle	27	32 n.s.	24 n.s.	28 n.s.	27 n.s.	22 n.s.	13 n.s.	13 b
	Rizinus		31 -	24 -	29 -	48 -	26 -	34 -	31 -
	Maltaflor		34 n.s.	26 n.s.	27 n.s.	35 n.s.	23 n.s.	28 n.s.	20 ab
	Sonnenblume		30 n.s.	25 n.s.	28 n.s.	31 n.s.	20 n.s.	22 n.s.	17 ab
	Ackerbohne		48 n.s.	26 n.s.	30 n.s.	34 n.s.	23 n.s.	26 n.s.	18 ab
	Blaue Lupine		30 n.s.	28 n.s.	32 n.s.	33 n.s.	28 n.s.	27 n.s.	29 a

In Tab. 22 sind die N_{\min} -Gehalte vor der Düngung und nach der Ernte in den Bodenschichten 0 bis 90 cm dargestellt. Zu Beginn wurden im Boden 91 kg N_{\min} /ha ermittelt, nach der Ernte waren es zwischen 51 kg N_{\min} /ha in der Kontrollvariante und 80 kg N_{\min} /ha in der Variante Rizinus.

Tab. 22: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Knollensellerie im Praxisbetrieb vor Kulturbeginn und nach Kulturende

N_{\min}	06.06.05			25.10.05		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Kontrolle	47	27	17	13	13	15
Rizinus				23	31	26
Maltaflor				19	20	19
Sonnenblume				17	17	15
Ackerbohne				16	18	17
Blaue Lupine				21	29	21

3.1.3 Versuche 2006

3.1.3.1 Porree (Versuchsbetrieb)

Einfluss der Düngung auf den Frischmasseertrag von Porree

Die zu Versuchsende ermittelten Frischmasseerträge der marktfertig geputzten Porreestangen (Abb. 15) ergaben, dass die Düngung zu höheren Erträgen im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle führte. Die Ertragsunterschiede waren jedoch nicht signifikant. Eine um etwa 20 % erhöhte N-Düngung in der Rizinus-Variante führte zu keinem bzw. zu einem geringen Mehrertrag gegenüber den anderen gedüngten Varianten.

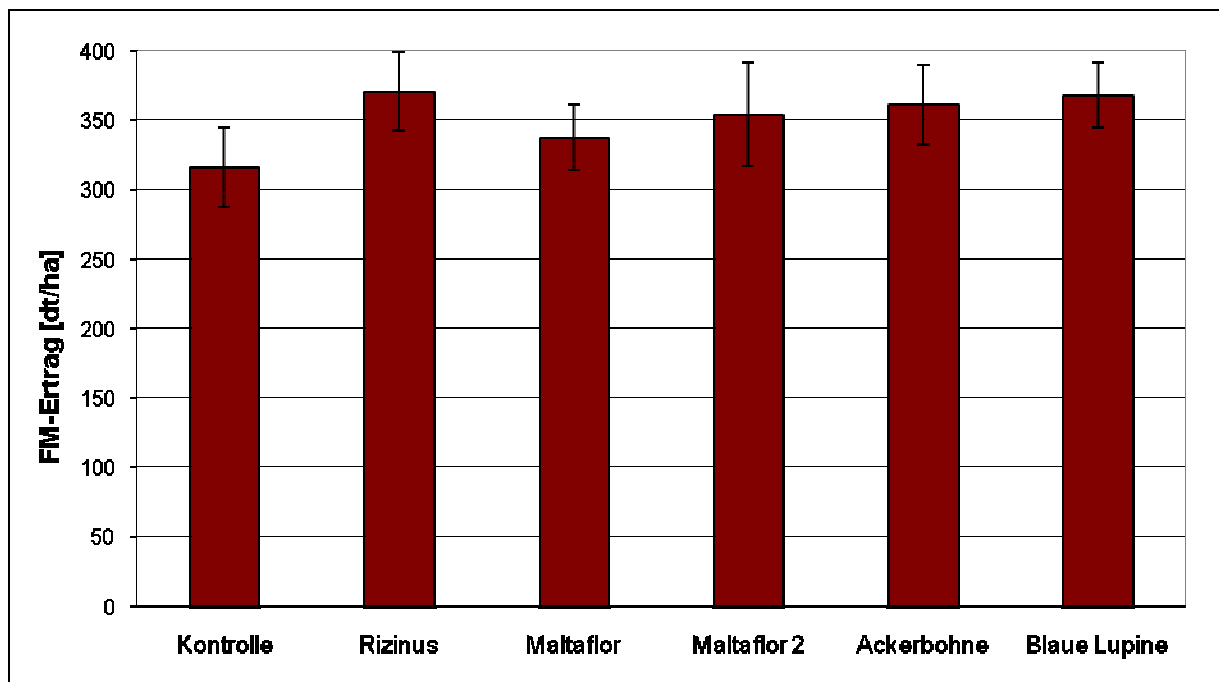


Abb. 15: Frischmasseertrag von Porree (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes)

Einfluss der Düngung auf den Stickstoffertrag von Porree

Die N-Erträge des oberirdischen Aufwuchses (Abb. 16) wiesen deutlicher als die Frischmasseerträge signifikant höhere Erträge in den gedüngten Varianten im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle auf. Innerhalb der gedüngten Varianten waren die Unterschiede tendenziell.

In der Variante Rizinusschrot war ein etwas höherer N-Ertrag im Vergleich zu den Varianten Maltaflor, Maltaflor 2, Ackerbohne und Blaue Lupine erkennbar.

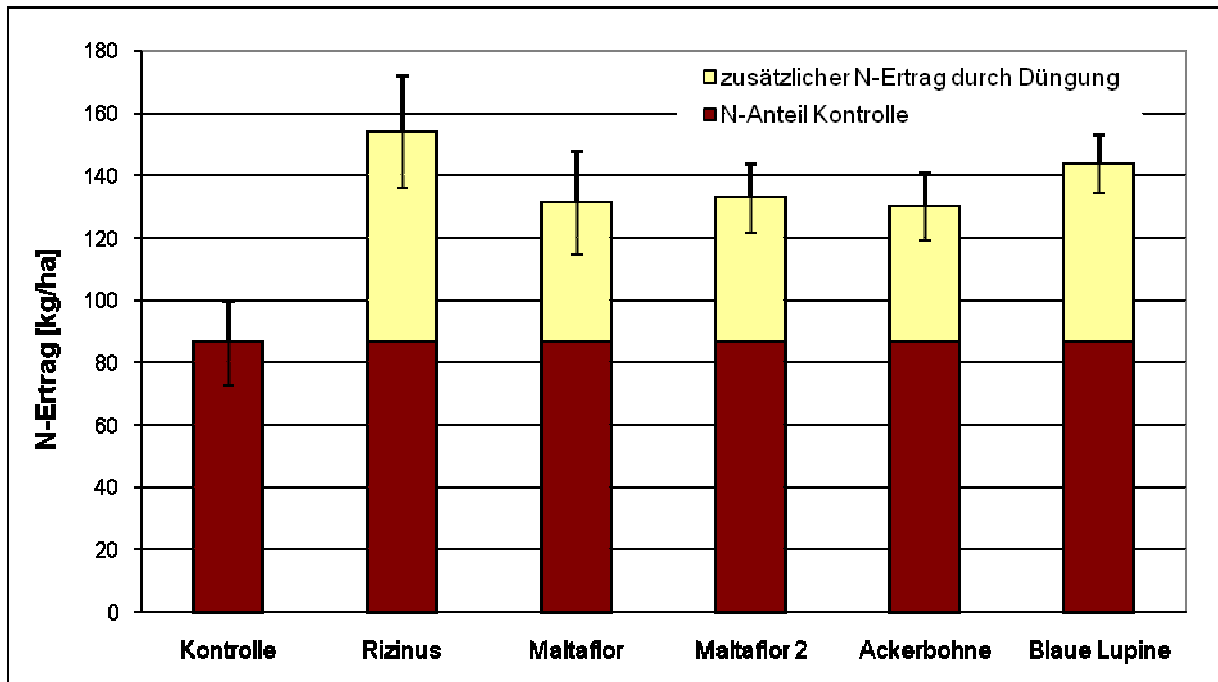


Abb. 16: N-Ertrag von Porree (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes des N-Gesamtertrages)

Einfluss der Düngung auf die Netto-Stickstoffausnutzung durch Porree

Die Netto-N-Ausnutzung bezogen auf die gedüngte N-Menge lag in einer relativ geringen Spanne zwischen 31 % in der Variante Blaue Lupine und 24 % in den Varianten Maltaflor und Ackerbohne (Tab. 23).

Tab. 23: Netto-N-Ausnutzung durch Porree

	Netto-N-Ausnutzung in % der gedüngten N-Menge
Rizinus	30
Maltaflor	24
Maltaflor 2	25
Ackerbohne	24
Blaue Lupine	31

Einfluss der Düngung auf den mineralischen Stickstoff im Boden bei Porree

Die N_{\min} -Gehalte in der Bodenschicht 0 bis 30 cm stiegen in den gedüngten Varianten bereits kurze Zeit nach der Düngerausbringung stark an, was bei allen Düngern auf eine schnelle Netto-N-Freisetzung schließen lässt (Abb. 17). Etwa eine Woche nach der Düngung wurde zwischen 50 bis 70 % der gedüngten N-Menge als zusätzlicher mineralischer N im Boden gemessen werden. Danach stiegen die N_{\min} -Gehalte geringer an, stagnierten oder nahmen zeitweilig sogar etwas ab. Ab dem fünften bzw. siebten Probenahmetermin, nach etwa 8 bzw. 10 Wochen, sanken die N_{\min} -Gehalte in allen Varianten ab.

Da die Variante Maltaflor 2 vor der Pflanzung zunächst die halbe Düngermenge erhalten hatte, war der Anstieg der N_{\min} -Gehalte deutlich geringer, und sie sanken zwischen viertem und fünftem Probenahmetermin, etwa 4 bis 8 Wochen nach der Düngung, leicht ab. Die Nachdüngung etwa 8 Wochen nach der ersten Düngergabe führte innerhalb der nachfolgenden 2 Wochen (hier wurden nur die Varianten Kontrolle, Maltaflor und Maltaflor 2 beprobt) zu einem vergleichbaren Anstieg der N_{\min} -Gehalte wie zu Versuchsbeginn. Innerhalb der gedüngten Varianten gab es keine signifikanten Unterschiede (Tab. 24), mit Ausnahme der Variante Maltaflor 2. Die halbierte Düngergabe vor der Pflanzung ergab signifikant niedrigere N_{\min} -Gehalte 4 und 8 Wochen nach der Düngung, die zweite Düngergabe hat diese Unterschiede wieder ausgeglichen.

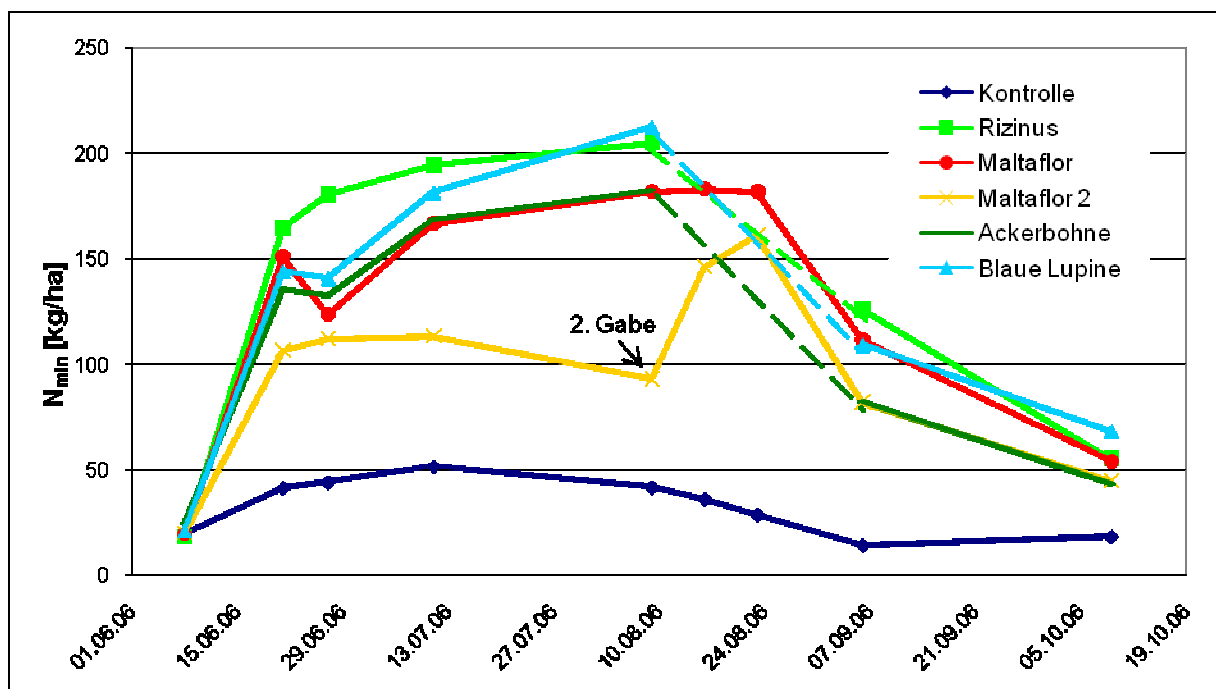


Abb. 17: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl₂-Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Porree

In der Bodenschicht 30 bis 60 cm (Tab. 24.) wurde ein Anstieg der N_{\min} -Gehalte in den gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle gemessen. Innerhalb der gedüngten Varianten waren die N_{\min} -Gehalte mit z. T. signifikanten Unterschieden bei Maltaflor 2 am niedrigsten.

Tab. 24: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm bei Porree (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

	08.06.06	21.06.06	27.06.06	11.07.06	09.08.06	16.08.06	23.08.06	06.09.06	09.10.06	
N_{\min} 0-30	Kontrolle	20 n.s.	41 b	44 b	52 c	42 c	36 b	29 b	14 b	18 b
	Rizinus	18 -	165 -	180 -	195 -	205 -	-	-	126 -	55 -
	Maltaflor	19 n.s.	151 a	124 a	167 a	182 ab	183 a	182 a	112 a	54 a
	Maltaflor 2	20 n.s.	107 a	112 a	113 b	93 bc	146 a	161 a	82 a	45 a
	Ackerbohne	25 n.s.	136 a	133 a	168 a	182 ab	-	-	82 a	44 ab
	Blaue Lupine	21 n.s.	144 a	141 a	181 a	212 a	-	-	109 a	68 a
N_{\min} 30-60	Kontrolle	23 n.s.	32 b	31 b	33 c	35 c	38 b	30 b	19 b	23 c
	Rizinus	24 -	57 -	63 -	74 -	74 -	-	-	51 -	62 -
	Maltaflor	27 n.s.	56 a	53 a	60 ab	59 ab	78 a	62 a	43 a	59 a
	Maltaflor 2	25 n.s.	43 ab	48 a	50 b	51 bc	58 ab	48 a	33 ab	37 bc
	Ackerbohne	28 n.s.	49 ab	60 a	61 ab	61 ab	-	-	39 a	45 ab
	Blaue Lupine	28 n.s.	52 ab	56 a	69 a	73 a	-	-	49 a	54 ab

Nach der Ernte konnten in den Bodenschichten 0 bis 90 cm noch beachtliche Mengen an mineralischen N vorgefunden werden (Tab. 25). Die N_{\min} -Reste waren in den Varianten Rizinus und Blaue Lupine um über 100 kg/ha höher als in der ungedüngten Kontrolle.

Tab. 25: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Porree vor Kulturbeginn und nach Kulturende

N_{\min}	08.06.06			09.10.06		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Kontrolle	20	23	16	18	23	19
Rizinus	18	24	20	55	62	49
Maltaflor	19	27	21	54	59	40
Maltaflor 2	20	25	22	45	37	35
Ackerbohne	25	28	25	44	45	33
Blaue Lupine	21	28	22	68	54	45

Einfluss der Düngung auf den mikrobiellen, löslichen organischen und mineralischen Stickstoff in Brachen

Die N_{mik} -Gehalte wiesen ca. zwei Wochen nach der Düngung in den Varianten Maltaflor und Blaue Lupine ein Maximum auf (Abb. 18, Tab. 26), während sie an den nachfolgenden Terminen wieder etwa auf das Ausgangsniveau sanken. Im Gegensatz dazu konnte in der Variante Rizinus kein Anstieg im N_{mik} -Gehalt festgestellt werden.

Der lösliche organische N war mit vergleichsweise niedrigen Gehalten eher von geringerer Bedeutung.

Die N_{\min} -Gehalte waren zum zweiten Probenahmetermin, hier in allen gedüngten Varianten, zu einem Maximum angestiegen und sanken im weiteren Verlauf erst geringfügig, dann

deutlich ab. Die abnehmenden N_{min} -Gehalte führten allerdings wie im Vorjahr nicht zu einem Anstieg der N_{mik} -Gehalte.

Auch konnte in der Summe der untersuchten N-Fractionen in den Varianten Maltaflor und Blaue Lupine zum zweiten Probenahmetermin wiederum mehr N gemessen werden, als durch die Düngung zugeführt wurde.

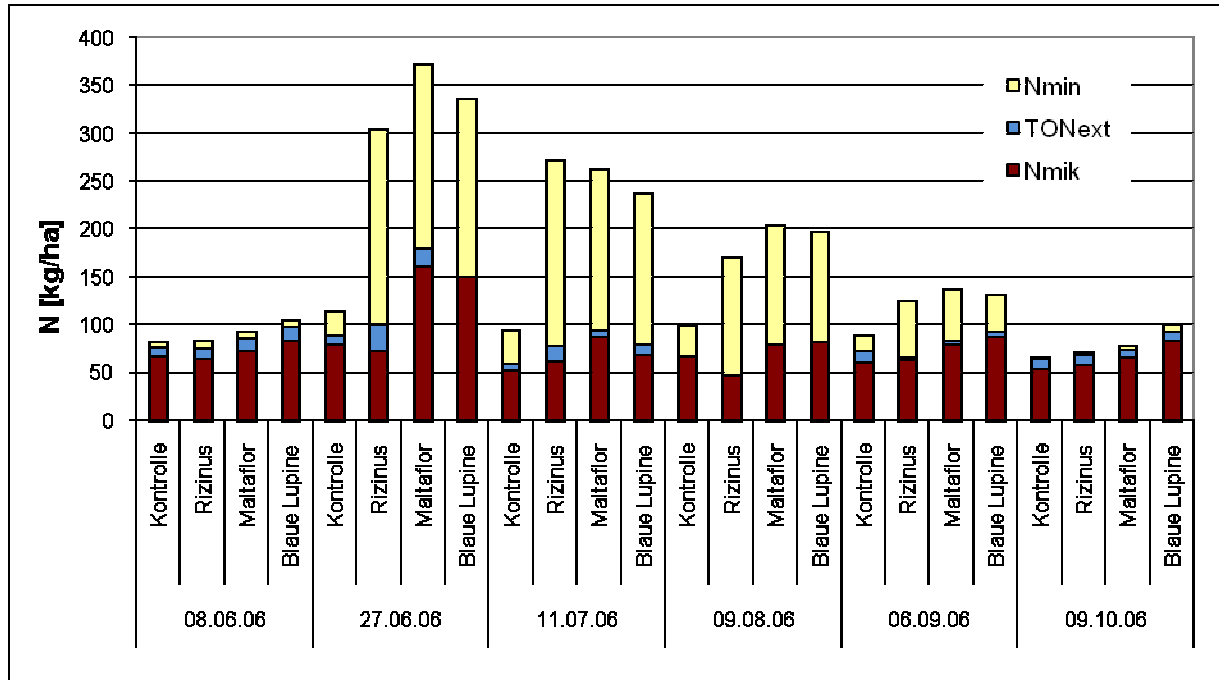


Abb. 18: Mikrobieller, löslicher organischer und mineralischer N (N_{mik} , TON_{ext} und N_{min} , K_2SO_4 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache

Tab. 26: Mikrobieller und mineralischer N (N_{mik} und N_{min} , K_2SO_4 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

	08.06.06	27.06.06	11.07.06	09.08.06	06.09.06	09.10.06	
N_{mik}	Kontrolle	67 n.s.	79 n.s.	52 n.s.	67 n.s.	60 b	54 c
	Rizinus	64 -	73 -	62 -	47 -	63 -	58 -
	Maltaflor	72 n.s.	161 n.s.	86 n.s.	79 n.s.	79 ab	65 b
	Blaue Lupine	83 n.s.	150 n.s.	69 n.s.	82 n.s.	87 a	83 a
N_{min}	Kontrolle	6 n.s.	26 b	35 b	31 b	16 b	2 n.s.
	Rizinus	7 -	204 -	194 -	123 -	59 -	3 -
	Maltaflor	6 n.s.	193 a	169 a	124 a	54 a	4 n.s.
	Lupine blau	6 n.s.	186 a	158 a	115 a	38 ab	7 n.s.

Um eine Verlagerung von mineralischem N zu erfassen, wurde zusätzlich zur Bodenschicht 0 bis 15 cm die Bodenschicht 15 bis 30 cm beprobt (Tab. 27). Die N_{min} -Gehalte in der Bodenschicht 15 bis 30 cm nahmen weniger zu als die N_{min} -Gehalte in der obersten Bodenschicht abnahmen, alleine durch Verlagerung ließen sich die absinkenden N_{min} -Gehalte in der Bodenschicht 0 bis 15 cm nicht erklären.

Tab. 27: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-15 cm und 15-30 cm in einer Brache (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

		08.06.06	27.06.06	11.07.06	09.08.06	06.09.06	09.10.06
N_{mik} 0-15	Kontrolle	10 n.s.	32 b	37 b	40 b	20 b	10 b
	Rizinus	8 -	215 -	147 -	126 -	53 -	13 -
	Maltaflor	10 n.s.	116 a	139 a	112 a	51 a	14 ab
	Blaue Lupine	11 n.s.	172 a	140 a	113 a	50 a	17 b
N_{min} 15-30	Kontrolle	13 n.s.	17 b	27 b	41 b	43 b	27 b
	Rizinus	12 -	59 -	52 -	78 -	85 -	56 -
	Maltaflor	13 n.s.	34 a	55 a	64 a	74 a	63 a
	Lupine blau	14 n.s.	43 a	55 a	67 a	66 ab	55 a

Wie im Vorjahr fiel auf, dass die N_{\min} -Gehalte aus Anbaufläche und Brache zu Beginn nicht besser übereinstimmen, obwohl die ersten Proben aus den noch nicht durchwurzeltten, bepflanzen Parzellen entnommen wurden, was wahrscheinlich in Zusammenhang mit Körnung und Verteilung der Dünger zu sehen ist.

3.1.3.2 Porree (Praxisbetrieb)

Einfluss der Düngung auf den Frischmasseertrag von Porree

In diesem Versuch ergaben die Frischmasseerträge der marktfertig geputzten Porreestangen (Abb. 19), dass eine Düngung zu signifikant höheren Erträgen im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle führte. Innerhalb der gedüngten Varianten gab es tendenzielle Unterschiede. Auch hier ist bei der Betrachtung der Ergebnisse die um etwa 20 % höhere N-Düngung in der Variante Rizinus zu berücksichtigen, die zu einem geringen Mehrertrag führte.

Im Vergleich zu den Ertragsergebnissen im Versuchsbetrieb war das Ertragsniveau im Praxisbetrieb im Durchschnitt etwa um 70 dt/ha niedriger.

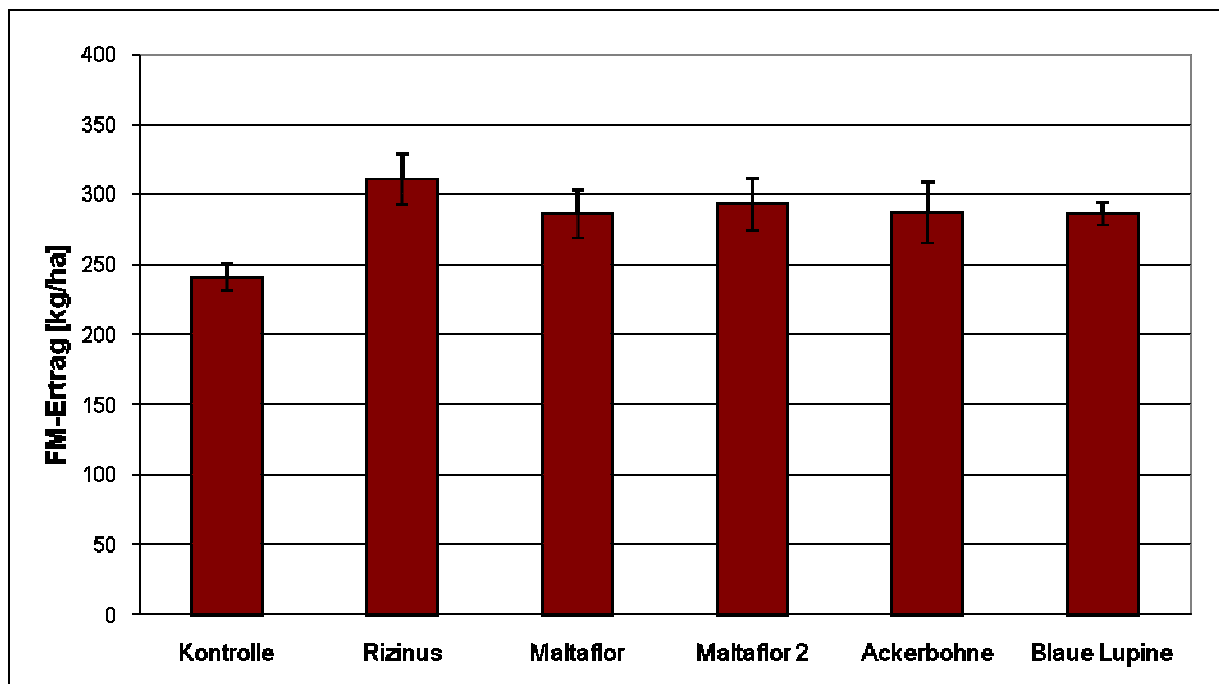


Abb. 19: Frischmasseertrag von Porree im Praxisbetrieb (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes)

Einfluss der Düngung auf den Stickstoffertrag von Porree

Die N-Erträge des oberirdischen Aufwuchses (Abb. 20) ergaben ein ähnliches Ergebnis wie die Frischmasseerträge, die Unterschiede sind jedoch auch hier innerhalb der gedüngten Varianten nicht signifikant. Die höhere N-Gabe in der Variante Rizinus führte wie auch im Versuchsbetrieb zu einem tendenziell höheren N-Ertrag. Im Vergleich zum Versuchsbetrieb waren die N-Erträge um durchschnittlich etwa 30 kg/ha niedriger.

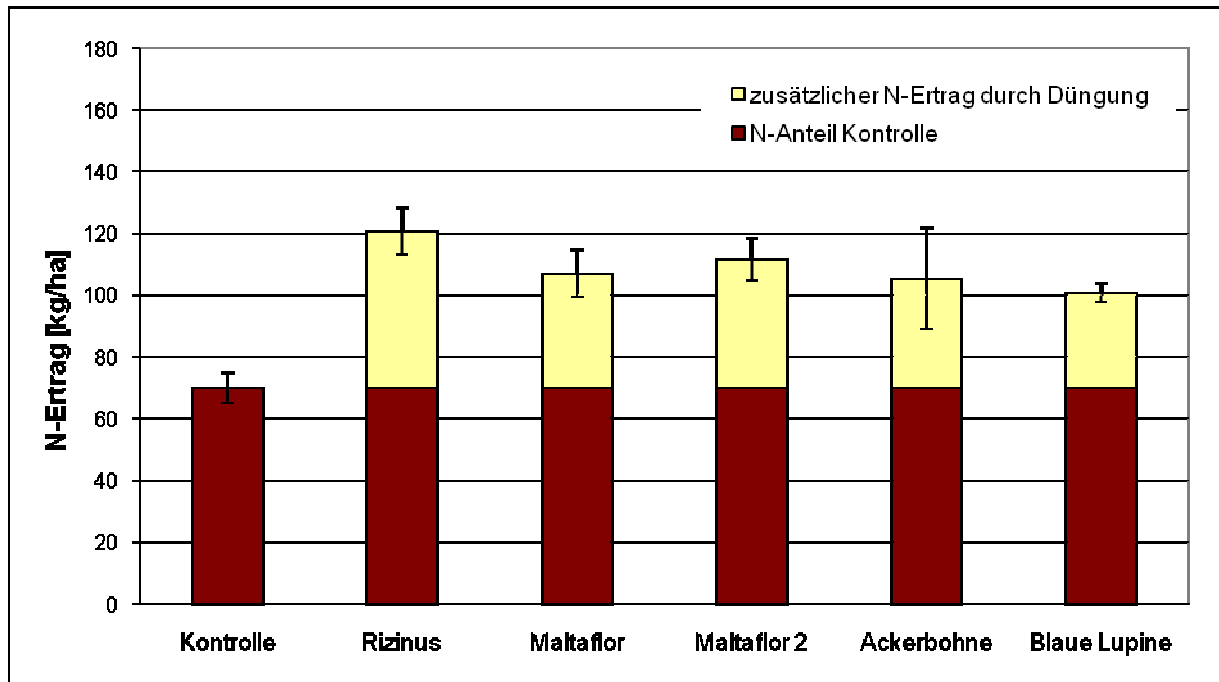


Abb. 20: N-Ertrag von Porree im Praxisbetrieb (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes des N-Gesamtertrages)

Einfluss der Düngung auf die Netto-Stickstoffausnutzung durch Porree

Die Netto-N-Ausnutzung bezogen auf die gedüngte N-Menge lag in diesem Versuch zwischen 19 % in der Variante Blaue Lupine und 26 % in den Varianten Rizinus und Maltaflor 2 (Tab. 28), die Unterschiede waren jedoch auch hier relativ gering.

Tab. 28: Netto-N-Ausnutzung durch Porree im Praxisbetrieb

	Netto-N-Ausnutzung in % der gedüngten N-Menge
Rizinus	26
Maltaflor	23
Maltaflor 2	26
Ackerbohne	22
Blaue Lupine	19

Einfluss der Düngung auf den mineralischen Stickstoff im Boden bei Porree

Die N_{\min} -Gehalte in der Bodenschicht 0 bis 30 cm stiegen im Kulturverlauf in den gedüngten Varianten bis zum zweiten Probenahmetermin eine Woche nach der Düngung auf etwa 115 kg/ha an, mit Ausnahme der Variante Maltaflor 2 (Abb. 21). Etwa 40 bis 50 % der gedüngten N-Menge wurde hier bereits als zusätzlich mineralisierter N im Boden ermittelt. Während in der Variante Rizinusschrot die N_{\min} -Gehalte bis zum folgenden Termin ebenso weiter anstiegen, erhöhten sich diese in den anderen Varianten geringfügiger oder sie stagnierten. Ab etwa 4 Wochen nach der Düngung, verringerten sie sich in allen Varianten

mehr oder weniger. Die Nachdüngung der Variante Maltaflor 2 führte hier zu einer kurzfristigen Erhöhung des N_{\min} -Gehaltes. Zu Kulturende waren die N_{\min} -Gehalte aller Varianten unter 50 kg/ha abgesunken.

Die zunächst niedrigere Düngung der Variante Maltaflor 2 führte zu niedrigeren N_{\min} -Gehalten, die nicht immer signifikant waren, wie z. B. im Vergleich zur Variante Maltaflor (Tab. 29). Der Verlauf der beiden Varianten war bis zur Nachdüngung nahezu parallel.

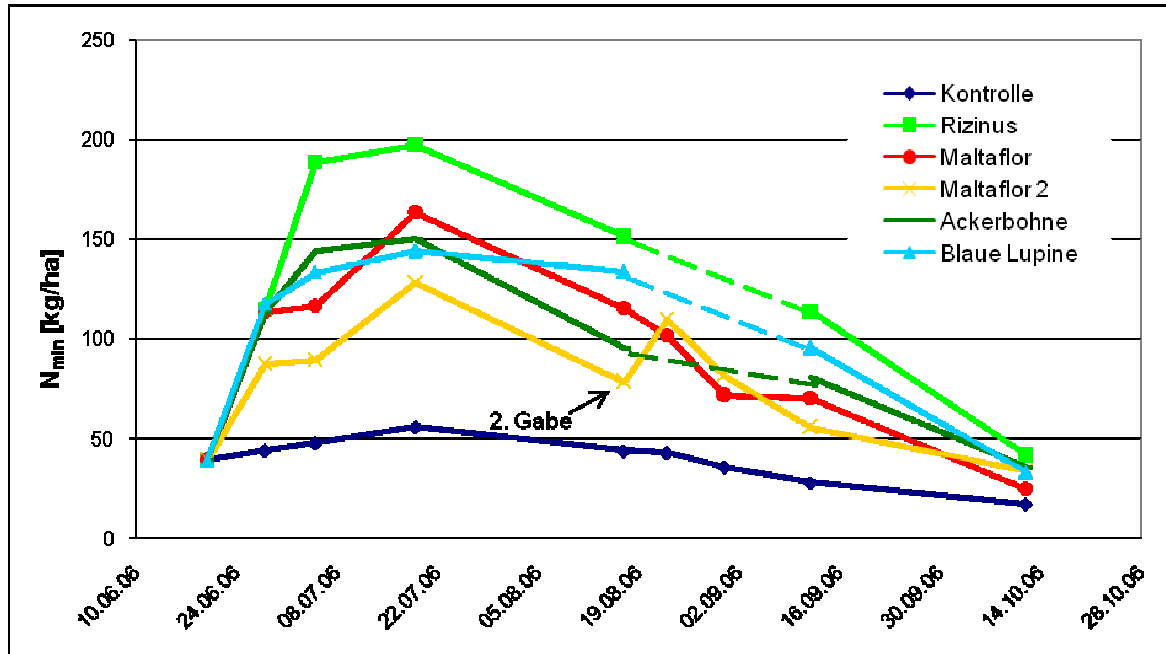


Abb. 21: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Porree im Praxisbetrieb

In der Bodenschicht 30 bis 60 cm waren die N_{\min} -Gehalte in den gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle geringfügig höher, vereinzelt waren diese Unterschiede signifikant (Tab. 29).

Tab. 29: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm bei Porree im Praxisbetrieb (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

		20.06.06	28.06.06	05.07.06	19.07.06	17.08.06	23.08.06	31.08.06	12.09.06	12.10.06
N_{\min} 0-30	Kontrolle		44 c	48 c	56 b	44 c	43 b	36 b	28 c	17 b
	Rizinus		115 -	189 -	197 -	152 -	-	-	114 -	42 -
	Maltaflor		114 ab	117 ab	164 a	116 ab	102 a	72 a	70 ab	25 ab
	Maltaflor 2		87 b	89 bc	128 a	78 bc	109 a	81 a	56 b	34 a
	Ackerbohne		113 ab	144 a	150 a	95 b	-	-	80 ab	35 a
	Blaue Lupine		117 a	133 ab	144 a	134 a	-	-	96 a	33 a
N_{\min} 30-60	Kontrolle		34 b	33 b	41 n.s.	46 b	43 n.s.	48 n.s.	38 n.s.	25 b
	Rizinus		46 -	50 -	54 -	51 -	-	-	40 -	43 -
	Maltaflor		45 ab	44 ab	54 n.s.	50 ab	51 n.s.	55 n.s.	40 n.s.	33 ab
	Maltaflor 2		41 ab	39 ab	45 n.s.	45 b	44 n.s.	47 n.s.	37 n.s.	33 ab
	Ackerbohne		41 ab	42 ab	53 n.s.	50 ab	-	-	43 n.s.	39 a

Blaue Lupine		47 a	52 a	57 n.s.	55 a	-	-	46 n.s.	39 a
---------------------	--	------	------	---------	------	---	---	---------	------

In Tab. 30 sind die N_{\min} -Gehalte zu Versuchsbeginn und -ende aufgezeigt. Zu Versuchsende lagen die N_{\min} -Reste in der Bodenschicht 0 bis 90 cm zwischen 71 kg/ha in der ungedüngten Kontrolle und 136 kg/ha in der Variante Rizinus, im Vergleich zu den N_{\min} -Gehalten von 101 kg/ha zu Versuchsbeginn.

Tab. 30: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Porree im Praxisbetrieb vor Kulturbeginn und nach Kulturende

N_{\min}	20.06.06			12.10.06		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Kontrolle	39	34	28	17	25	29
Rizinus				42	43	51
Maltaflor				25	33	42
Maltaflor 2				34	33	35
Ackerbohne				35	39	43
Blaue Lupine				33	39	43

3.1.4 Versuche 2007

3.1.4.1 Spinat

Feldaufgang

Nachdem der Spinat aufgelaufen war, kam es zu erheblichen Fraßschäden durch Tauben. Vor allem die Variante Ackerbohne war mit drei von vier Parzellen hiervon betroffen, so dass sie aus den Pflanzenauswertungen herausgelassen wurde. Zwei weitere Parzellen, eine Rizinus-Parzelle und eine Parzelle der Variante Blaue Lupine, die an Parzellen der Variante Ackerbohne angrenzten, hatten offensichtlich stärkere Schäden und wurden daher ebenfalls aus der Auswertung herausgenommen. Auch in den anderen Parzellen waren Fraßschäden möglich, die aber nicht offensichtlich waren. Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist diese Problematik zu berücksichtigen.

Während die Kontrollvariante 19 Tage nach der Aussaat den höchsten Feldaufgang aufwies (Tab. 31), auch war der Bestand gleichmäßiger als in den gedüngten Varianten, waren die Pflanzen bereits kleiner und heller.

Tab. 31: Feldaufgang von Spinat

	Feldaufgang in %
Kontrolle	65
Rizinus	51
Maltaflor	49
Maltaflor/Vinasse	54
Blaue Lupine	50

Einfluss der Düngung auf den Frischmasseertrag von Spinat

Vor Bestimmung des Frischmasseertrages wurde der Spinat bonitiert, das Ergebnis hierzu ist in Tab. 32 dargestellt. Farbe, gelbe Blätter, Größe und Gesamtwert wurden in einer Skala von 1 (Merkmal nicht vorhanden) bis 9 (Merkmal sehr stark vorhanden) bewertet und der Anteil marktfähige Pflanzen, Fehlstellen und Kranke in Prozent geschätzt.

Tab. 32: Feldbonitur vor der Ernte

	Farbe 1 bis 9	Gelbe Blätter 1 bis 9	Größe 1 bis 9	marktfähig %	Fehlstellen %	Kranke %	Gesamtwert 1 bis 9
Kontrolle	3,0	7,0	2,0	0,0	1,5	0,8	1,0
Rizinus	5,3	4,7	5,7	13,3	1,7	0,0	3,3
Maltaflor	4,3	5,0	5,3	10,0	1,0	0,0	3,3
Maltaflor/Vinasse	4,5	5,0	4,8	5,0	2,0	0,8	2,0
Blaue Lupine	5,3	3,3	5,3	28,3	4,0	0,0	3,7

Der Spinat wurde vorzeitig geerntet, da die Pflanzen optisch deutliche N-Mangelsymptome zeigten. Daraus resultierte ein hoher Anteil nicht marktfähiger Pflanzen. Die Frischmasseerträge, hier wurde nicht nach Marktkriterien unterschieden, sondern der gesamte Aufwuchs erfasst (Abb. 22), befanden sich auf einem relativ niedrigen Niveau.

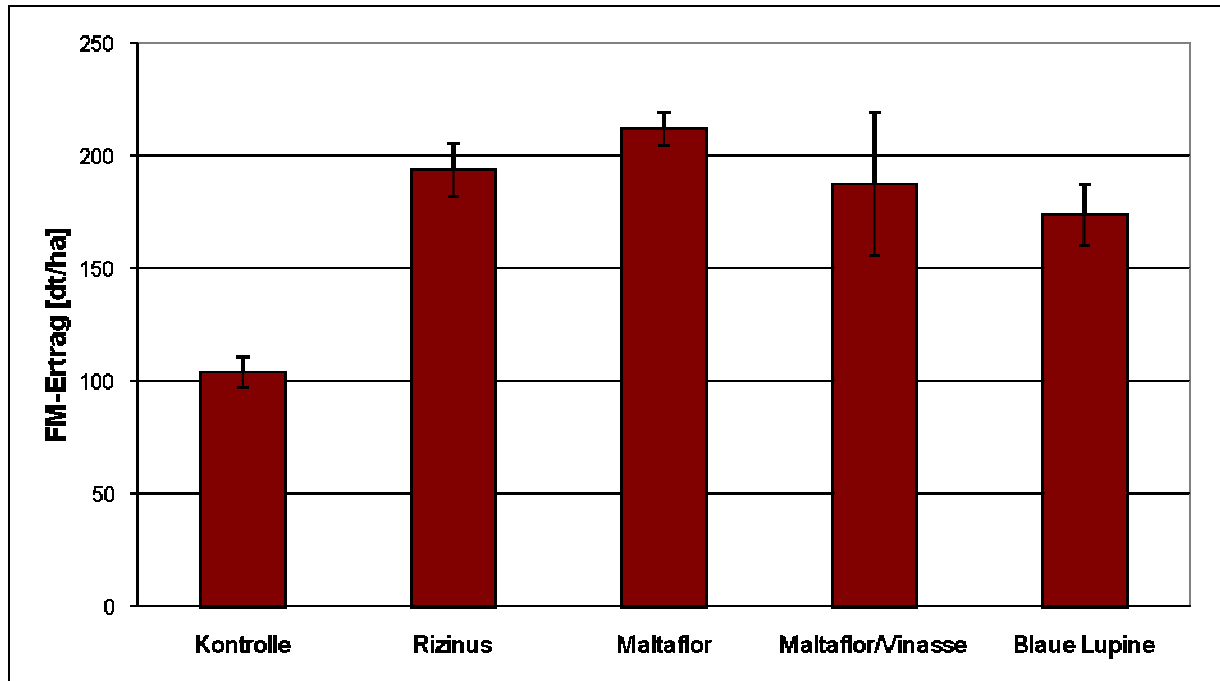


Abb. 22: Frischmasseertrag von Spinat (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes)

Alle gedüngten Varianten erzielten signifikant höhere Erträge im Vergleich zur Kontrollvariante. Die Variante Maltaflor erbrachte den höchsten Frischmasseertrag, der jedoch nur tendenziell höher war als in der Variante Blaue Lupine mit dem innerhalb der gedüngten Varianten niedrigsten Frischmasseertrag. Trotz des vergleichsweise niedrigeren Frischmasseertrages war der Anteil marktfähiger Pflanzen in der Variante Blaue Lupine am höchsten und der Anteil gelber Blätter in der Bewertung am geringsten.

Einfluss der Düngung auf den Nitratgehalt von Spinat

Die Nitratgehalte im Spinat lagen in einer Spanne von 4 mg/100g Frischmasse in der Kontrollvariante und 27 mg/100 g Frischmasse in der Variante Blaue Lupine.

Tab. 33: Nitratgehalt von Spinat

	NO ₃ -Gehalt in mg/100 g FM
Kontrolle	4
Rizinus	11
Maltaflor	8
Maltaflor/Vinasse	11
Blaue Lupine	27

Einfluss der Düngung auf den Stickstoffertrag von Spinat

Die N-Erträge (Abb. 23) der gedüngten Varianten unterschieden sich mit etwas mehr als zweimal so hohen Erträgen signifikant von der Kontrolle. Die Unterschiede der gedüngten Varianten waren lediglich tendenziell.

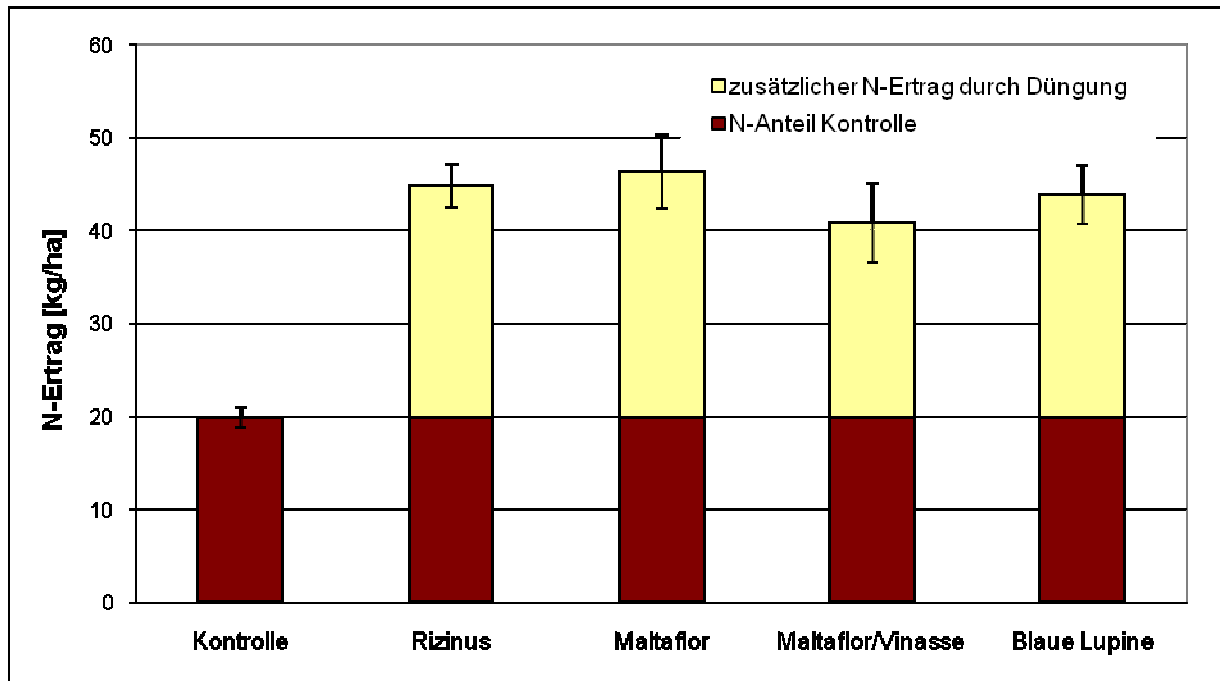


Abb. 23: N-Ertrag von Spinat (Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung des Mittelwertes des N-Gesamtertrages)

Einfluss der Düngung auf die Netto-Stickstoffausnutzung durch Spinat

Die Netto-N-Ausnutzung lag bei etwa 20 % der gedüngten N-Menge, mit der geringsten Netto-N-Ausnutzung in der Variante Maltaflor/Vinasse mit der aufgeteilten Düngung.

Tab. 34: Netto-N-Ausnutzung durch Spinat

	Netto-N-Ausnutzung in % der gedüngten N-Menge
Rizinus	20
Maltaflor	21
Maltaflor/Vinasse	17
Blaue Lupine	19

Einfluss der Düngung auf den mineralischen Stickstoff im Boden bei Spinat

In Abb. 24 ist der N_{\min} -Verlauf in der Bodenschicht 0 bis 30 cm aufgezeigt. In den nachfolgenden Darstellungen ist die Variante Ackerbohne enthalten, denn vor allem in den ersten vier Wochen nach der Düngerausbringung, war kein bzw. kaum N-Entzug durch die Pflanzen zu erwarten.

Bereits 7 Tage nach der Düngerausbringung waren die N_{\min} -Gehalte im Vergleich zur Kontrolle signifikant angestiegen (Tab. 35). Innerhalb der gedüngten Varianten führte hier eine Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine zum geringsten N_{\min} -Gehalt im Boden. In den Varianten Rizinus, Ackerbohne und Blaue Lupine stiegen die N_{\min} -Gehalte weiter bis vier Wochen nach der Düngung an, während in der Variante Maltaflor der N_{\min} -Gehalt zwischen zweiten und dritten Probenahmetermin abnahm. In der Variante Maltaflor/Vinasse sank der N_{\min} -Gehalt nicht ab, er stieg in diesem Zeitraum jedoch weniger stark an als in der Kontrolle. Danach war der Verlauf bis zur Nachdüngung mit Vinasse etwa parallel zur Variante Maltaflor, aber tendenziell niedriger. Bis zur Nachdüngung mit Vinasse sanken hier die N_{\min} -Gehalte bis unter 50 kg/ha ab. Die Vinasse-Düngung bewirkte einen geringen Anstieg in den N_{\min} -Gehalten, während alle anderen Varianten nach Kulturende weniger als 50 kg/ha aufwiesen.

Zum vierten Probenahmetermin waren in den Variante Ackerbohne, Rizinus, Maltaflor/Vinasse und Blaue Lupine rechnerisch um 100 % der gedüngten N-Menge als mineralischer N messbar.

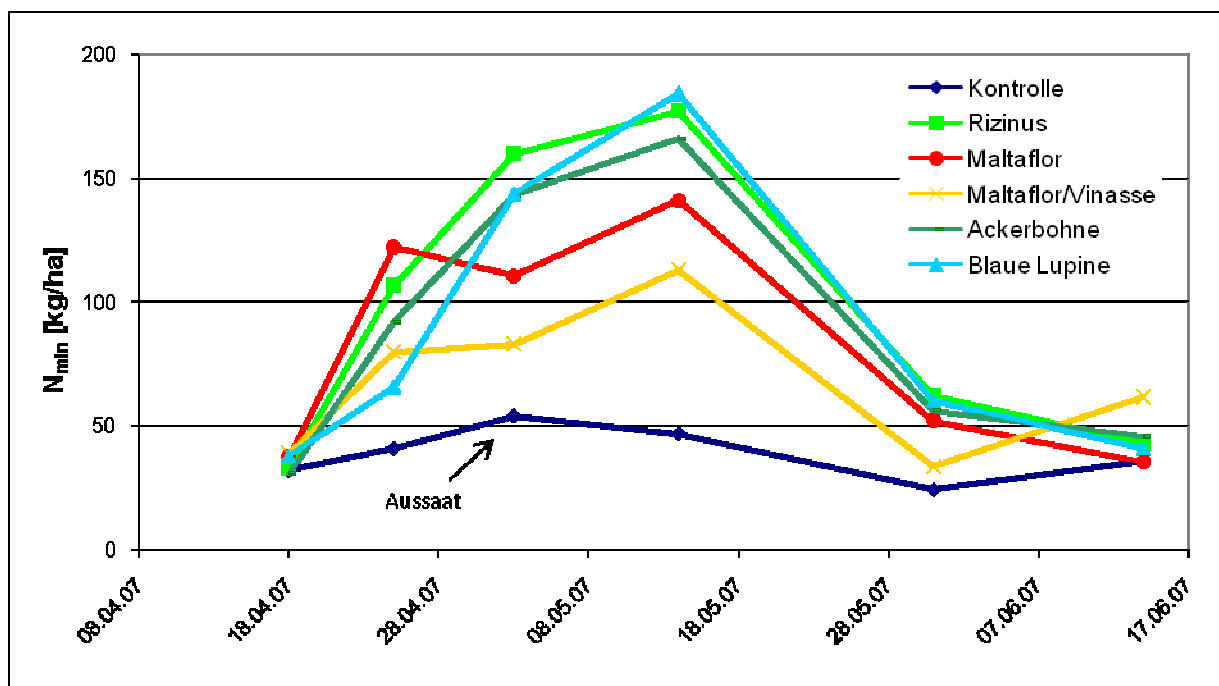


Abb. 24: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-30 cm bei Spinat

Tab. 35: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-30 cm bei Spinat (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

N_{\min} 0-30	18.04.07	25.04.07	03.05.07	14.05.07	31.05.07	14.06.07
Kontrolle	32 n.s.	41 b	54 d	47 b	24 c	36 n.s.
Rizinus	33 n.s.	107 a	160 a	177 a	62 a	43 n.s.
Maltaflor	37 n.s.	122 a	110 bc	141 a	52 ab	36 n.s.
Maltaflor/Vinasse	39 n.s.	80 ab	83 cd	113 ab	34 bc	62 n.s.
Ackerbohne	31 n.s.	92 ab	143 ab	166 a	56 ab	46 n.s.
Blaue Lupine	38 n.s.	66 ab	144 ab	184 a	60 a	41 n.s.

In der Bodenschicht 30 bis 60 cm (Tab. 36) stiegen die N_{\min} -Gehalte in den gedüngten Varianten zwischen 10 bzw. 12 kg/ha in den Varianten Maltaflor bzw. Maltaflor/Vinasse und 31 kg/ha in der Variante Ackerbohne an. Bis zu 14 kg/ha zusätzlich konnten in der Bodenschicht 60 bis 90 cm ermittelt werden.

Die N_{\min} -Reste (0 bis 90 cm) lagen zwischen ca. 80 kg/ha in der Kontrollvariante und 143 kg/ha in der Variante Ackerbohne (Tab. 36). Bei den N_{\min} -Resten in der Variante Ackerbohne ist die durch den dezimierten Pflanzenbestand resultierende geringere N-Aufnahme durch die Pflanzen zu berücksichtigen.

Tab. 36: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bei Spinat vor Kulturbeginn und nach Kulturende

N_{\min}	18.04.07			14.06.07		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Kontrolle	32	25	18	36	25	21
Rizinus	33	27	23	43	50	40
Maltaflor	37	26	19	36	36	33
Maltaflor/Vinasse	39	29	23	62	41	33
Ackerbohne	31	22	24	46	53	44
Blaue Lupine	38	31	32	41	46	37

Einfluss der Düngung auf den mikrobiellen, löslichen organischen und mineralischen Stickstoff in Brachen

In der Kontrollvariante war der mikrobielle N im Zeitverlauf etwa auf einem Niveau zwischen 53 und 58 kg/ha und veränderte sich kaum (Abb. 25, Tab. 37). In gedüngten Varianten kam es zeitweise zu Anstiegen, vor allem in der Variante Blaue Lupine, die bereits zu Beginn wie bei den vorhergehenden Versuchen etwas höhere N_{mik} -Gehalte aufwies. Der höchste N_{mik} -Gehalt konnte in der Variante Blaue Lupine zum dritten Probenahmetermin ermittelt werden, während in der Rizinus-Variante der N_{mik} -Gehalt wie im Vorjahr kaum über dem Ausgangsniveau lag. Statistisch waren diese Unterschiede jedoch nicht differenzierbar. Ab dem vierten Probenahmetermin waren Gehalte wieder etwa auf dem Ausgangsniveau bzw. geringfügig höher.

Der lösliche organische N hatte auch hier mit Gehalten von unter 15 kg N/ha eine eher untergeordnete Bedeutung.

Die N_{min} -Gehalte stiegen bis vier Wochen nach der Düngung an, danach kam es in der Brache wiederum zu einer deutlichen Abnahme der N_{min} -Gehalte, ohne dass die anderen N-Fractionen anstiegen.

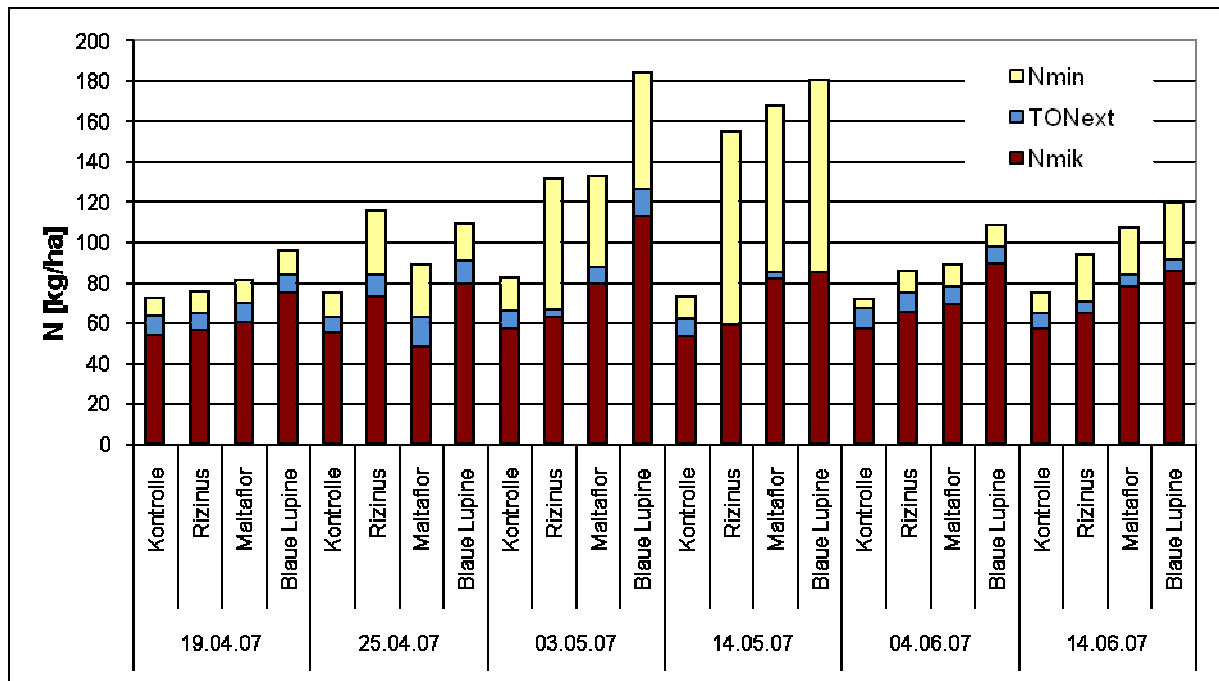


Abb. 25: Mikrobieller, löslicher organischer und mineralischer N (N_{mik} , TON_{ext} und N_{min} , K_2SO_4 -Extrakt) in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache

Tab. 37: Mikrobieller und mineralischer N (N_{mik} und N_{min} , K_2SO_4 -Extrakt) in kg/ha in der Bodenschicht 0-15 cm in einer Brache (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

		19.04.07	25.04.07	03.05.07	14.05.07	04.06.07	14.06.07
N_{mik}	Kontrolle	54 b	55 n.s.	57 n.s.	53 b	58 b	58 b
	Rizinus	57 b	73 n.s.	63 n.s.	59 b	66 b	65 ab
	Maltaflor	60 b	49 n.s.	79 n.s.	82 a	70 b	78 ab
	Blaue Lupine	75 a	79 n.s.	113 n.s.	85 a	90 a	86 a
N_{min}	Kontrolle	9 b	12 c	17 b	11 b	5 b	10 b
	Rizinus	11 ab	31 a	65 a	95 a	11 a	23 a
	Maltaflor	11 ab	26 ab	45 ab	82 a	11 a	24 a
	Lupine blau	12 a	18 bc	57 a	95 a	11 a	28 a

Auch bei der Betrachtung der Bodenschichten 0 bis 15 cm und 15 bis 30 cm (Tab. 38) war kein deutlicher Anstieg von mineralischem N in der Bodenschicht 15 bis 30 cm erkennbar, der das Absinken der Gehalte in der obersten Bodenschicht erklären könnte.

Tab. 38: Mineralischer N (N_{\min} , CaCl_2 -Extrakt) in kg/ha in den Bodenschichten 0-15 cm und 15-30 cm in einer Brache (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied; Tukey, $\alpha \leq 0,05$)

		19.04.07	25.04.07	03.05.07	14.05.07	04.06.07	14.06.07
N_{\min} 0-15	Kontrolle	20n.s.	20c	26b	19c	20n.s.	17b
	Rizinus	20n.s.	53ab	97a	141a	24n.s.	32a
	Maltaflor	21n.s.	64a	57ab	89b	22n.s.	35a
	Blaue Lupine	23n.s.	30bc	53ab	111ab	25n.s.	37a
N_{\min} 15-30	Kontrolle	18n.s.	18b	17n.s.	26b	20c	18c
	Rizinus	20n.s.	27a	29n.s.	51a	40a	38a
	Maltaflor	20n.s.	23ab	27n.s.	44a	30b	32b
	Blaue Lupine	21n.s.	25ab	23n.s.	51a	35ab	36ab

3.2 Diskussion

In nachfolgenden Abschnitten werden die Versuchsergebnisse zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Einfluss der Düngung auf die Frischmasseerträge verschiedener Gemüsekulturen

In den Vorversuchen mit Spinat und Weißkohl wurde die Variante Kompost auf Wunsch aus der Praxis in die Versuche mit aufgenommen, obwohl Kompost nicht als N-Dünger anzusehen ist. Mit Spinat wurde durch die alleinige Kompostgabe ein vergleichbarer Frischmasseertrag wie nach einer Düngung mit Horngries/-spänen, Rizikorn oder Lupinenschrot erzielt. Eine Düngung mit Maltaflor führte zu vergleichsweise höheren, eine Düngung mit Sonnenblumenpresskuchen und Ackerbohnschrot zu geringeren Frischmasseerträgen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Ertragsunterschiede durch eine mögliche Keimhemmung beeinflusst wurden, denn die Spinataussaat erfolgte einen Tag nach der Düngeerausbringung. *Kalauch* und *Laber* (1999) sowie *Schmitz* und *Fischer* (2003) berichten von Keimhemmungen bei Aussaaten von Salat direkt nach der Düngung mit pflanzlichen Düngern wie z. B. Rizinusschrot oder Ackerbohnschrot. Im Pflanzenbestand des Spinates wurden jedoch keine Auffälligkeiten festgestellt, die auf eine Keimhemmung hingedeutet hätten.

Bei Weißkohl führte eine Düngung mit den organischen Handelsdüngern Horngries/-späne, Rizikorn und Maltaflor zu den höchsten Frischmasseerträgen und Einzelkopfgewichten, die organischen Handelsdünger pflanzlicher Herkunft zeigten demnach keine Unterschiede zu dem tierischer Herkunft.

Vergleicht man die Ertragswirksamkeit der pflanzlichen Dünger, so wird deutlich, dass in beiden Vorversuchen mit Sonnenblumenpresskuchen und Ackerbohnschrot die geringsten Erträge erzielt wurden. Bei Weißkohl war das Schrot der Blauen Lupine etwas weniger ertragswirksam als die Handelsdünger Rizikorn und Maltaflor.

Auch mit der Frühlkultur Kohlrabi konnte eine Ertragswirkung durch die Düngung festgestellt werden. Die Vliesabdeckung wirkte sich außerdem positiv auf die Erträge aus. Obwohl eine Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine im Düngervergleich den niedrigsten Gesamtfrischmasseertrag erbrachte, war der Anteil an geplatzten Knollen unter Vliesabdeckung im Mittel am geringsten, was zum höchsten Marktertrag führte.

Der Anbau von Spinat in der Vegetationsperiode 2007 war wie Kohlrabi im zeitigen Frühjahr geplant, aufgrund witterungsbedingter Verzögerungen war die Aussaat jedoch erst Anfang Mai möglich. Im Gesamtfrischmasseertrag wurden deutliche, auf die Düngung zurückzuführende Mehrerträge erzielt. Auch hier war der Gesamtfrischmasseertrag nach einer Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine etwas geringer, wobei eine Feldbonitur der Pflanzen vor der Ernte eine bessere Bewertung als in den anderen gedüngten Varianten ergab. Der Anteil marktfähiger Ware war dennoch unzureichend.

Knollensellerie und Porree erbrachten sowohl im Versuchsbetrieb als auch in den Praxisbetrieben in den gedüngten Varianten anders als Kohlrabi lediglich geringe, statistisch nicht differenzierbare Ertragsunterschiede und z. T. nur geringe Unterschiede zur Kontrolle, obgleich eine Düngung von Knollensellerie im Mittel zu einem höheren Anteil an größeren Knollen führte.

Bedingt durch eine längere Kulturdauer, wurde der N-Bedarf der Pflanzen vermutlich in größerem Umfang durch eine N-Mineralisierung aus den Bodenvorräten abgedeckt, so dass sich die verschiedenen Dünger in ihrer Ertragswirksamkeit letztendlich nicht mehr ausreichend differenzieren ließen. Der Boden am Standort Bamberg scheint ein hohes Nachlieferungspotential aufzuweisen.

Aufgrund der sehr schnellen N-Freisetzung durch die verwendeten Dünger, erkennbar in den N_{\min} -Verläufen, zielte eine Aufteilung der Maltaflor-Düngung daraufhin, besser an den N-Bedarf der Pflanzen im Kulturverlauf angepasst zu sein. Die Aufteilung der Düngergaben wirkte sich im Vergleich zu einer einmaligen Maltaflorgabe jedoch nur schwach positiv auf die Frischmasseerträge von Porree aus, und bei Spinat ergab eine Aufteilung der Düngung in eine Grunddüngung mit Maltaflor und einer weiteren Düngergabe mit Vinasse im Vergleich zu einer einmaligen Maltaflorgabe sogar geringere Frischmasseerträge. Vermutlich kam die witterungsbedingt etwas verzögerte zweite Düngergabe nicht mehr ausreichend zur Wirkung, bzw. die Spinatpflanzen waren schon zu sehr im N-Mangel, so dass die zweite Düngergabe diesen Mangel nicht mehr ausgleichen konnte.

Im Vergleich der Standorte waren die Frischmasseerträge von Knollensellerie im Praxisbetrieb deutlich niedriger als im Versuchsbetrieb. Mögliche Ursachen sind einerseits die Standorteinflüsse, aber auch eine andere Bewässerungsstrategie im Praxisbetrieb, wo eine trockenere Kulturführung bevorzugt wurde. Eine große Streuung in den Ergebnissen von Knollensellerie im Praxisbetrieb schränken deren Aussagekraft ein.

Auch die Erträge von Porree waren im Praxisbetrieb insgesamt auf einem geringeren Niveau als im Versuchsbetrieb.

Von ähnlichen Ergebnissen zur Ertragswirkung von pflanzlichen Düngern wie Leguminosenschrote und Rizinussschrot auf Gemüsekulturen im Freiland wurde in anderen Arbeiten berichtet.

Kalauch et al. (2001) ermittelten in einem Düngungsversuch mit Spinat im Frühanbau und den pflanzlichen Düngern Rizinussschrot, Ackerbohnschrot, Lupinenschrote der Gelben und Weißen Lupine in zwei Düngungsstufen (140 kg N/ha und 210 kg N/ha) in allen gedüngten Varianten einen Mehrertrag zur Kontrolle. Innerhalb der gedüngten Varianten war die Düngung mit Ackerbohnschrot in der niedrigen Düngungsstufe am wenigsten ertragswirksam, die Unterschiede der anderen Dünger der niedrigen Düngungsstufe waren nicht signifikant. Die Düngung mit Rizinussschrot der hohen Düngungsstufe erbrachte den signifikant höchsten Frischmasseertrag, die Leguminosenschrote der hohen Düngungsstufe unterschieden sich nicht.

Auch *Müller und von Fragstein und Niemsdorff (2004)* ermittelten in einem Freilandversuch mit Weißkohl und einer Düngung mit den pflanzlichen Düngern Rizinussschrot und Lupinenschrot (Gelbe Lupine) in zwei Düngungsstufen (120 kg N/ha und 240 kg N/ha)

signifikante Unterschiede in den Frischmasseerträgen zur Kontrolle. Eine Düngung mit Rizinusschrot und Lupinenschrot ergab in diesem Versuch statistisch nicht zu differenzierende Erträge.

Einfluss der Düngung auf die Nitratgehalte verschiedener Gemüsekulturen

Nitratuntersuchungen wurden in der Pflanzenfrischmasse von Spinat und Kohlrabi zu Kulturende durchgeführt.

In der Vorkultur Spinat im Versuchsjahr 2004 waren die Nitratgehalte in der Pflanzenfrischmasse insgesamt sehr niedrig und deutlich unter der zulässigen Höchstmenge für Spinat von 2500 mg Nitrat/kg Frischmasse im Zeitraum 01.04. bis 30.09. bzw. 3000 mg Nitrat/kg Frischmasse im Zeitraum 01.10. bis 31.03. (Quelle: Verordnung (EG) Nr. 1822/2005 der Kommission vom 8. November 2005 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 in Bezug auf Nitrat in bestimmten Gemüsen).

Die Nitratgehalte von Kohlrabi waren nach einer Düngung vor allem im Anbau unter Vliesabdeckung in Laub- und Knollenfrischmasse höher als ohne Abdeckung. Nach einer Düngung mit Rizinusschrot waren hier die Nitratgehalte im Laub signifikant höher als nach einer Düngung mit Maltaflor, Ackerbohnenchrot oder dem Schrot der Blauen Lupine, im Vergleich zum Schrot der Gelben Lupine waren die Nitratgehalte immer noch tendenziell höher.

Auch im Spinat der Vegetationsperiode 2007 waren die Nitratgehalte zu Kulturende vergleichsweise niedrig, lediglich nach der Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine waren sie tendenziell höher. Dabei wurde auch hier die zulässige Höchstmenge für Nitrat im Spinat nicht überschritten.

Bei der Untersuchung von Nitrat in der Pflanzenfrischmasse von Kohlrabi und Spinat konnten große Streuungen festgestellt werden. Aufgrund vorliegender Versuche ist daher keine eindeutige Aussage möglich, ob sich ein Dünger positiv oder negativ auf die Nitratgehalte ausgewirkt hätte.

Müller und von Fragstein und Niemsdorff (2004) fanden in dem zuvor erwähnten Freilandversuch mit Weißkohl höhere Nitratgehalte nach einer Düngung mit Rizinusschrot Vergleich zu Lupinenschrot, aber auch hier waren die Ergebnisse aufgrund der Streuungen statistisch nicht unterscheidbar.

Einfluss der Düngung auf Stickstofferträge und Netto-Stickstoffausnutzung verschiedener Gemüsekulturen

Die Düngung von Kohlrabi ergab wie in den Frischmasseerträgen Unterschiede in den N-Erträgen. Die ungedüngte Kontrolle erbrachte den geringsten N-Ertrag. Im Vergleich der verschiedenen Dünger war das Schrot der Blauen Lupine am wenigsten ertragswirksam und Rizinusschrot am ertragswirksamsten. Die Vliesabdeckung führte zu höheren N-Erträgen als der Anbau ohne Abdeckung.

Bei den weiteren Kulturen Knollensellerie, Porree und Spinat wurden nach einer Düngung, mit Ausnahme des Versuches mit Knollensellerie im Praxisbetrieb, signifikant höhere N-Erträge gegenüber der Kontrolle ermittelt, während innerhalb der gedüngten Varianten

lediglich tendenzielle Unterschiede festgestellt wurden. Die höhere N-Düngung mit Rizinusschrot bei Knollensellerie und Porree führte meist zu geringen Mehrerträgen.

Die aus den N-Erträgen ermittelte Düngerausnutzung, dargestellt als Netto-N-Ausnutzung, ergab eine vergleichsweise hohe Netto-N-Ausnutzung bezogen auf die gedüngte N-Menge durch Kohlrabi. Die höchste Netto-N-Ausnutzung wurde mit um 70 % mit Rizinusschrot erzielt, gefolgt von Maltaflor und Gelber Lupine mit um 60 % sowie Ackerbohne mit 43 % und 50 %, während mit Blauer Lupine die Netto-N-Ausnutzung mit 30 % und 36 % am niedrigsten war. Die Unterschiede bei Kohlrabi mit und ohne Vliesabdeckung lagen im Mittel bei 5 %. Die Vliesabdeckung hatte demnach einen relativ geringen Einfluss auf die Düngerausnutzung genommen.

Eine durchschnittlich niedrigere Netto-N-Ausnutzung ergaben die Ergebnisse von Knollensellerie und Porree. Die Unterschiede zwischen den verwendeten Düngern waren vergleichsweise gering. So lag die Netto-N-Ausnutzung durch Knollensellerie im Versuchsbetrieb zwischen 30 und 40 %, im Praxisbetrieb lediglich zwischen 10 und 20 %. Die Netto-N-Ausnutzung durch Porree war im Versuchsbetrieb mit 24 bis 30 % etwas niedriger als durch Knollensellerie im Vorjahr, im Praxisbetrieb lag die Netto-N-Ausnutzung zwischen 19 und 26 %.

Auch mit Spinat in der Vegetationsperiode 2007 wurde mit um 20 % eine vergleichsweise geringe Netto-N-Ausnutzung erzielt, was in diesem Fall offensichtlich eine Auswirkung des Witterungsverlaufes in der Vegetationszeit war, der sich wahrscheinlich einerseits aufgrund sehr hoher Temperaturen und trockener Witterung nach der Aussaat negativ auf das Pflanzenwachstum auswirkte, andererseits aufgrund starker Niederschläge Ende Mai zu N-Verlusten führte. Die Pflanzen der gedüngten Varianten hatten mit durchschnittlich 44 kg N/ha im oberirdischen Aufwuchs deutlich weniger N aufgenommen, als unter optimalen Wachstumsbedingungen zu erwarten wäre.

Aufgrund der schnellen N-Freisetzung durch die verwendeten Dünger zielte eine Aufteilung der Maltaflor-Düngung daraufhin, eine gleichmäßigere N-Versorgung zu gewährleisten, um so besser an den N-Bedarf der Pflanzen im Kulturverlauf angepasst zu sein. Eine Aufteilung der Düngergaben führte in vorliegenden Versuchen jedoch zu keiner wesentlichen Verbesserung der Düngerausnutzung.

Es ist zu beachten, dass der durch die Wurzeln aufgenommene N nicht bzw. bei Knollensellerie lediglich im erntbaren Grobwurzelanteil berücksichtigt wurde. Das Einbeziehen des Wurzel-N würde die Netto-N-Ausnutzung erhöhen.

Weiter handelt es sich bei der Netto-N-Ausnutzung um einen errechneten Wert, die Herkunft des N aus den N-Vorräten des Bodens oder aus der organischen Düngung lässt sich nicht näher differenzieren. Zur Ermittlung des tatsächlichen Anteils an Dünger-N in der Pflanze (Brutto-N-Ausnutzung) ist eine Isotopenmarkierung der Dünger notwendig.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass für die Frühlkultur Kohlrabi eine Düngung zur N-Versorgung offenbar bedeutsam war, was durch die durchschnittlich höchste Netto-N-Ausnutzung deutlich wird. Hingegen führte eine Düngung von Knollensellerie und Porree mit längerer Kulturdauer bei höherer Bodentemperatur während der Vegetationszeit zwar zu

Mehrerträgen, ein großer Anteil des N in der Pflanze wurde scheinbar aus den Bodenvorräten abgedeckt. Ferner wurde der Einfluss von Standort und Witterung auf die Düngerausnutzung erkennbar.

Wie bei Kohlrabi ermittelten *Kalauch et al. (2001)* in dem Freilandversuch mit Spinat nach einer Düngung mit Rizinusschrot eine ebenso hohe Netto-N-Ausnutzung von 60 bis 70 % der gedüngten N-Menge, eine Düngung mit Leguminosenschroten (Ackerbohne, Gelbe Lupine und Weiße Lupine) ergab eine niedrigere Netto-N-Ausnutzung zwischen 30 und 45 % der gedüngten N-Menge. Die Lupinenschrote waren in diesem Versuch wirksamer als das Ackerbohenschrot. Im Vergleich zweier Düngungsstufen führte die höhere Stufe zu einer geringeren Netto-N-Ausnutzung.

Bei *Müller und von Fragstein und Niemsdorff (2004)* lag die Netto-N-Ausnutzung durch Weißkohl zwischen etwa 40 und 50 % der gedüngten N-Menge und auch hier führte die höhere Düngungsstufe zur geringeren Netto-N-Ausnutzung.

Einfluss der Düngung auf den mineralischen Stickstoff im Boden

Bei der Betrachtung der N_{\min} -Verläufe im Versuchsbetrieb konnte bereits kurze Zeit nach der Düngung eine Netto-N-Freisetzung aus den pflanzlichen Düngern festgestellt werden. Innerhalb der ersten zwei bis vier Wochen konnten die höchsten N_{\min} -Gehalte untersucht werden.

Rechnerisch konnten in einigen Fällen mehr als 100 % der gedüngten N-Menge als zusätzlicher mineralischer N im Boden gemessen werden, was darauf hindeutet, dass zusätzlicher N aus den Bodenvorräten mineralisiert worden sein konnte. Schließlich ist auch eine Nachwirkung aus der vorhergehenden Düngung denkbar.

Die unterschiedlichen N_{\min} -Gehalte zu Beginn der Versuche zwischen Anbaufläche und Brache relativieren die teilweise sehr hohen N_{\min} -Gehalte. Vor allem zu Beginn in den ersten Wochen nach der Düngerausbringung ist eine höhere Variabilität durch die Düngerverteilung plausibel, was vor allem am Beispiel der groben Maltaflor-Pellets anschaulich wird.

Eine unterschiedliche Wirkung der verschiedenen pflanzlichen Dünger wurde bei Kohlrabi erkennbar. So ergab eine Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine vergleichsweise geringere N_{\min} -Gehalte, was auf eine geringere oder langsamere N-Freisetzung schließen lässt - aber nicht unbedingt der schnellste Dünger führte gleichzeitig auch zu den höchsten marktfähigen Erträgen. Ein hoher Anteil geplatzter Kohlrabiknollen reduzierte die marktfähigen Erträge deutlich. Platzer können bei Schwankungen im Wassergehalt bedingt durch starkes Wachstum entstehen. Daher ist auch denkbar, dass das Auftreten von Platzern durch eine hohe N-Versorgung begünstigt wurde. In der Variante Blaue Lupine mit Vliesabdeckung wirkte sich eine wahrscheinlich gleichmäßigere N-Nachlieferung positiv auf einen geringeren Anteil an geplatzten Knollen aus.

Eine Vliesabdeckung hatte keinen oder nur geringen Einfluss auf die N_{\min} -Gehalte. Die Temperaturunterschiede im Vergleich zu den Varianten ohne Abdeckung waren in der

Bodentiefe 15 cm im Messzeitraum mit durchschnittlich ca. 1,7 °C (Anhang 7) offenbar zu gering, um die N-Freisetzung wesentlich zu beeinflussen.

Anders als im Versuchsbetrieb war der N_{\min} -Verlauf bei Knollensellerie im Praxisbetrieb. Nach einem anfänglichen Anstieg der N_{\min} -Gehalte im Boden sanken die N_{\min} -Gehalte schon nach zwei Wochen nach der Düngerausbringung in allen Varianten wieder ab. Bei einer Verlagerung des mineralischen N in dem leichten Boden des Praxisbetriebes wären die N_{\min} -Gehalte in der Bodenschicht 30 bis 60 cm angestiegen. Eine noch tiefere Verlagerung ist unwahrscheinlich, im Zeitraum zwischen 21.06. und 05.07.2005 wurden etwa 36 mm Niederschlag gemessen (Anhang 5). Auch eine Immobilisierung des mineralisierten N ist möglich. Die N_{\min} -Gehalte befanden sich im Vergleich zum Versuchsbetrieb auf einem deutlich geringeren Niveau.

Bei Porree im Praxisbetrieb ist der Verlauf der N_{\min} -Gehalte nach der Düngerausbringung ähnlich dem im Versuchsbetrieb, allerdings sanken hier die N_{\min} -Gehalte im Kulturverlauf früher wieder ab, während der Verlauf der Kontrolle auf beiden Standorten kaum abweicht. Die Ergebnisse zeigen sehr unterschiedliche Nettomineralisationsverläufe auf den verschiedenen Standorten.

Im Allgemeinen ist zu berücksichtigen, dass die sehr hohen vorgefundenen Mengen an mineralischem N, abhängig von der Bodenart, bei Starkniederschlägen auswaschungsgefährdet sind. Die Gefahr der N-Auswaschung wird durch eine Aufteilung der Düngergaben zumindest reduziert.

Hohe N_{\min} -Reste im Boden zu Kulturende in den Bodenschichten 0 bis 90 cm machen Maßnahmen wie Gründüngung und Zwischensaat notwendig, um die Auswaschung des mineralischen N zu verhindern.

Einfluss der Düngung auf den mikrobiellen, löslichen organischen und mineralischen Stickstoff in Brachen

Die Umsetzung des organischen N erfolgt durch die mikrobielle Biomasse. N wird von der mikrobiellen Biomasse mineralisiert, aber auch immobilisiert.

In den sogenannten Brachen, die in die Versuchspartellen mittels Kunststoffzylinder integriert wurden, sollten im wurzelfreien Boden neben den mineralischen N-Fractionen die in der mikrobiellen Biomasse gebundene N-Fraktion sowie die K_2SO_4 -lösliche organische N-Fraktion nach einer Düngung mit pflanzlichen Düngern unter Freilandbedingungen erfasst werden. Eine Immobilisation von N durch die mikrobielle Biomasse sollte im Anstieg des in der mikrobiellen Biomasse gebundenen N deutlich werden.

Durch vorliegende Untersuchungen konnte ein Teil des N hauptsächlich kurzfristig und kurze Zeit nach der Düngung in der mikrobiellen Biomasse wieder gefunden werden. Vor allem die Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine führte wiederholt zu höheren Gehalten an in der mikrobiellen Biomasse gebundenen N. Eine längerfristige Wirkung durch das Schrot der Blauen Lupine auf die mikrobielle Biomasse deutete sich an.

Im Zeitverlauf kam es wiederholt zur Abnahme der gemessenen N-Fractionen, welche sich nicht alleine durch Verlagerungsprozesse erklären lassen. *Müller und von Fragstein und Niemsdorff* (2006a) weisen auf, dass mikrobielle Residualprodukte (mikrobielle Nekromasse und Exsudate) als N-Senke in Betracht kommen. Als weitere Ursache können auch Denitrifikationsprozesse nicht ausgeschlossen werden.

In den gedüngten Brachen konnte zeitweise mehr N in den unterschiedlichen Fraktionen (Summe aus N_{mik} , TON_{ext} und N_{min}) gemessen werden, als zuvor als Dünger-N zugeführt wurde. *Müller und von Fragstein und Niemsdorff* (2006a) bestätigen mit ihren Untersuchungen, dass solche Priming-Effekte durch die Düngung leicht umsetzbarer pflanzlicher Dünger, insbesondere Leguminosenschrote, möglich sind, und auch *Schlegel et al.* (2007) konnten in Inkubationsversuchen mit organischen Düngern Priming-Effekte durch Leguminosenschrote feststellen. Neben Priming-Effekten ist auch hier eine Nachwirkung aus der vorhergehenden Düngung etwa durch Remineralisation von N aus mikrobiellen Residualprodukten denkbar.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist zu beachten, dass in den Brachen keine natürlichen Bedingungen herrschen können. So beeinflussen beispielsweise Pflanzen mit ihren Wurzelausscheidungen die Bodenmikroorganismen und deren Stoffwechselprozesse, was in einer Brache nicht berücksichtigt werden kann. Die Ergebnisse der Brachen sind daher nur bedingt auf die Anbaufläche übertragbar.

Standorteinfluss auf die Wirkung von pflanzlichen Düngern: Standortvergleich Bamberg – Viehhausen

Heuwinkel (in Vorbereitung) bearbeitete in einem parallel laufenden Projekt an der TUM auf den Versuchsfeldern der Versuchsstation für Ökologischen Landbau in Viehhausen bei Freising das Thema "Synchronisation der N-Mineralisierung aus Mulch mit der N-Aufnahme von Freilandgemüse durch optimiertes Management einer Leguminosengründüngung". Über drei Vegetationsperioden wurde die Düngewirkung von Weißkleegrünmulch auf Knollensellerie und Porree mit einer praxisüblichen Düngung mit Maltaflor sowie mit einer ungedüngten Kontrolle verglichen. Eine Markierung des N im Weißklee mit dem stabilen Isotop ^{15}N ermöglichte eine vergleichende Betrachtung der Netto-N-Ausnutzung oder auch scheinbaren Ausnutzung des N aus dem Weißkleegrünmulch mit der Brutto-N-Ausnutzung d. h. der tatsächlichen Ausnutzung des gedüngten N durch die Gemüsekulturen. Durch Zwischenernten im Kulturverlauf wurde zudem der Verlauf der N-Aufnahme durch die Pflanzen beschrieben. Beide Projekte arbeiteten eng zusammen, um mögliche Interaktionen zwischen Standort und Düngung erkennen zu können. Im Versuchsjahr 2005 konzentrierte sich der Vergleich auf die Düngung mit Maltaflor. 2006 wurde die Versuchsanordnung deutlich ausgeweitet, um innerhalb der Versuchsanlage in Bamberg mit Viehhausen vergleichbare Messungen durchzuführen.

Im Vergleich der Projektergebnisse aus 2005 fielen grundsätzlich Unterschiede in der Umsetzung organischer Dünger zwischen den Standorten Bamberg und Viehhausen auf. In Bamberg kam es nach der Düngung nicht nur von Maltaflor zu einer schnellen, deutlichen

Erhöhung der N_{\min} -Gehalte im Boden, was eine hohe Nettomineralisation belegt. Dagegen ließ sich in Viehhausen in keiner Variante eine im Vergleich zur Kontrolle erhöhte Nettomineralisation erkennen. In Bamberg lag der N über einen längeren Zeitraum in mineralischer, d. h. pflanzenverfügbarer Form vor.

Die Maltaflordüngung ließ mit Porree in Viehhausen sowohl im Frischmasse- wie auch im N-Ertrag keine Unterschiede zur Kontrolle erkennen. Dies galt auch für den Knollenertrag von Sellerie in Viehhausen und Bamberg. Dagegen war der N-Ertrag dieser Kultur an beiden Standorten durch die Maltaflordüngung erhöht, was sich in einer Netto-N-Ausnutzung von 28 bzw. 30 % spiegelte.

Aufgrund der unterschiedlichen Reaktionen von Standort und Kulturen auf die organischen Dünger wurde für die Vegetationsperiode 2006 ein Standortvergleich in das Versuchsprogramm mit aufgenommen, indem in die Versuchsanlage in Bamberg parallel zu Viehhausen eine Kontrolle sowie eine Maltaflor- und eine Weißkleeüngung (aufgrund des ersten Versuchsjahres doppelte N-Menge im Vergleich zur Maltaflordüngung) bei Porree integriert wurden. Trotz geringer Unterschiede in Bestandsdichte (12,5 Pflanzen/m² in Bamberg und 13,3 Pflanzen/m² in Viehhausen), standortangepasstem Düngungs niveau (184 kg N/ha in Bamberg, 130 kg N/ha in Viehhausen) und Kulturdauer (Viehhausen 18 Tage länger) ist ein Standortvergleich zur prinzipiellen Düngewirkung weiter möglich.

11Wie im Vorjahr führte die Düngung in Bamberg zu einem deutlichen Anstieg des mineralischen N im Boden, wohingegen in Viehhausen die Wirkung der Düngung auf die N_{\min} -Gehalte im Boden nur zu einem Termin offensichtlich war. Diese auf den Standorten unterschiedliche Wirkung der Dünger auf den mineralischen N lässt auf eine unterschiedliche Ertragswirkung schließen. Wie in Abb. 26 dargestellt, führte in Bamberg die Düngung bereits im Vegetationsverlauf zu einer positiven Wirkung auf die N-Erträge (oberirdischer Aufwuchs) von Porree, während die Düngewirkung in Viehhausen geringer ausfiel.

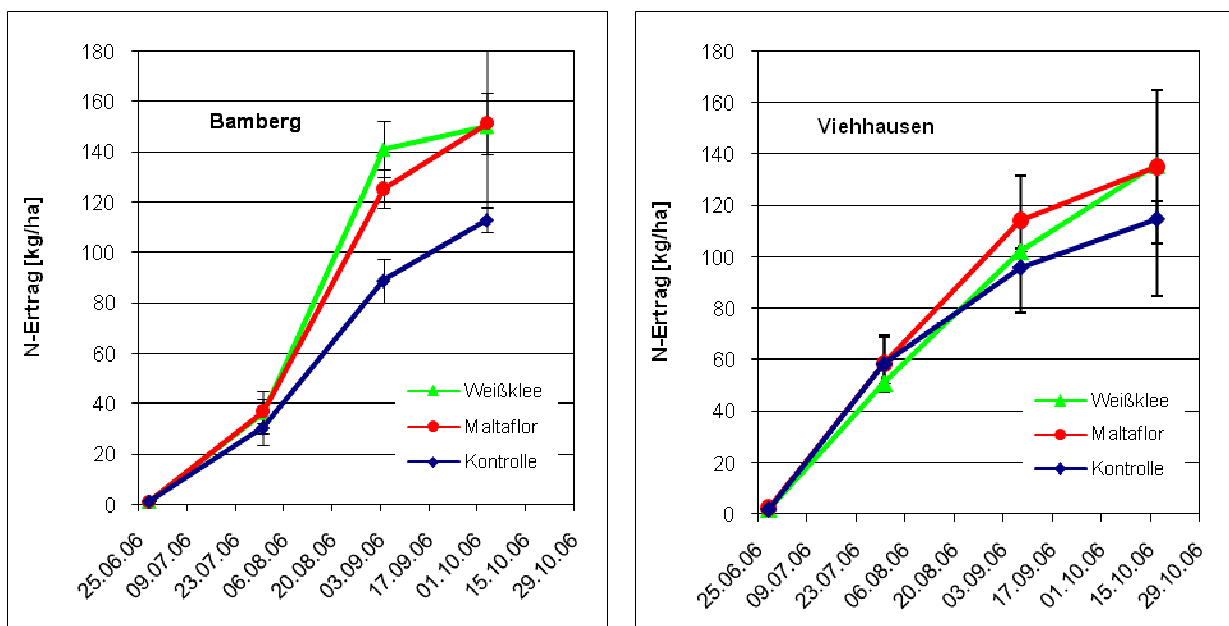


Abb. 26: N-Erträge von Porree im Kulturverlauf in Bamberg und Viehhausen nach einer Düngung mit Maltaflor (einfache N-Menge) und Weißklee (doppelte N-Menge)

(nach Heuwinkel in Vorbereitung)

Aus der in Viehhausen parallel angelegten N-Steigerung mit Weißklee (einfache, doppelte und dreifache N-Menge im Vergleich zu Maltaflor) lässt sich ableiten, dass die einfache N-Menge zu keinem und erst die dreifache N-Menge zu einem deutlich höheren N-Ertrag gegenüber der Kontrolle führte.

Die Ergebnisse unterstützen die aus den Daten von 2005 abgeleitete Vermutung, dass in Viehhausen eine weitaus stärkere Immobilisierung von N aus einem organischen Dünger als in Bamberg auftritt.

Schließlich liefert der Vergleich der scheinbaren und der tatsächlichen N-Ausnutzung durch Weißklee einen weiteren Hinweis für die Interaktion zwischen Boden und Dünger (Tab. 39). In Bamberg wurde eine deutlich höhere N-Düngung anteilig mindestens genauso gut ausgenutzt wie in Viehhausen. Der Wert für die tatsächliche Ausnutzung durch Weißklee blieb unabhängig von der N-Menge und dem Standort gleich bei ca. 15 %, d. h. brutto wurde derselbe Anteil an N von den Pflanzen aufgenommen.

Tab. 39: Scheinbare und tatsächliche N-Ausnutzung im Vergleich zur gedüngten N-Menge bei Porree

	scheinbare N-Ausnutzung		tatsächliche N-Ausnutzung
	Maltaflor	Weißklee	Weißklee
Bamberg	21 %	9 %	14 %
Viehhausen	16 %	8 %	15 %

(nach *Heuwinkel* in Vorbereitung)

Allerdings zeigen die Daten zur scheinbaren Ausnutzung des Maltaflor-N die hohe Variation dieser Werte auf. So lag die N-Ausnutzung durch Porree aus einer Maltaflordüngung im Versuchsjahr 2005 bei 9 %, 2006 bei 16 % und durch Knollensellerie im Versuchsjahr 2005 bei 28 %.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Nettomineralisation organischer Dünger offenbar deutlich vom Standort beeinflusst wurde, was auch die Versuche in den Praxisbetrieben belegen. Im Einzelfall scheint die Wechselwirkung zwischen Boden und Düngung von Bedeutung zu sein, was die Arbeit von *Stadler* (2006) aufweist. Deren Arbeit zeigt aber auch, dass sich diese Wechselwirkung nicht an einfachen Bodenkenngrößen wie Bodenart oder Humusgehalt festmachen lässt, dass diese aber auch vom N-Gehalt des Düngers abhängig ist.

Die Untersuchungen machen deutlich, dass für Düngeempfehlungen im ökologischen Gemüsebau weitergehende Kenntnisse zur N-Umsetzung der stickstoffhaltigen organischen Materialien notwendig sind. Hierzu gibt es jedoch einen unzureichenden Kenntnisstand, da üblicherweise die Nettomineralisation im Mittelpunkt von Untersuchungen steht. Diese Untersuchung verdeutlicht, wie wichtig weitere Untersuchungen zur Bruttomineralisation sind.

Schlussbetrachtung

Wie auch *Kalauch et al. (2001)*, *Müller und von Fragstein und Niemsdorff (2006a, 2006b)*, *Riehle et al. (2007)* und *Schlegel et al. (2007)* feststellten, ist eine Düngung mit pflanzlichen Düngern möglich, und Leguminosenschrote können eine Alternative zu organischen Handelsdüngern pflanzlicher Herkunft sein.

Vorliegende Versuchsergebnisse weisen auf, dass die Wirkung von Lupinenschroten (z. B. das Schrot der Gelben Lupine) durchaus mit Rizinusschrot und Maltaflor vergleichbar sein kann, Ackerbohnschrot hingegen scheint tendenziell etwas weniger wirksam zu sein. Ähnliche Ergebnisse wurden in weiteren Inkubations-, Gefäß- und Freilandversuchen beschrieben (*Braun et al. 2001*, *Kalauch et al. 2001*, *Laber 2003*, *Müller und von Fragstein und Niemsdorff 2006a, 2006b*, *Stadler 2006*).

Jedoch weisen Körnerleguminosen, mehr als Handelsdünger, große Spannen in den N-Gehalten auf, unter anderem abhängig von Art, Sorte aber auch Anbaujahr. So lagen beispielweise die N-Gehalte zur Frühlkultur Kohlrabi zwischen 3,9 % im Schrot der Blauen Lupine und 6,9 % im Schrot der Gelben Lupine. Der Art- und Sorteneinfluss der Körnerleguminosen auf die N-Mineralisation ist bisher nur in geringem Umfang untersucht worden, so bei *Müller et al. 2007*. Durch vorliegende Versuche wurde aufgezeigt, dass bei den verwendeten Materialien zur Düngung von Kohlrabi die Gelbe Lupine wirksamer war als die Blaue Lupine, was durch die Netto-N-Ausnutzung von im Mittel 59 % durch die Gelbe Lupine und 33 % durch die Blaue Lupine deutlich wird. *Stadler (2006)* ermittelte mit Inkubationsversuchen einen engen Zusammenhang zwischen dem N-Gehalt der untersuchten pflanzlichen Dünger und der Netto-N-Freisetzung und -ausnutzung. Daraus lassen sich möglicherweise auch die Unterschiede in der N-Wirkung der Körnerleguminosen ableiten.

In vorliegenden Untersuchungen ließen sich die verwendeten organischen Dünger in einer früh angebauten Kultur mit kurzer Kulturdauer bezüglich ihrer Wirksamkeit differenzieren. Die Vliesabdeckung im Frühjahr wirkte sich positiv auf die Erträge von Kohlrabi aus, auf die Gehalte an mineralischen N im Boden und die Netto-N-Ausnutzung durch die Pflanzen konnte jedoch kein deutlicher Einfluss festgestellt werden.

Vor allem die Wirkung der pflanzlichen Dünger bei Kulturen im zeitigen Frühjahr mit kurzer Kulturdauer sollten weiter näher betrachtet werden. Insbesondere Leguminosenschrote könnten im Frühjahr bei niedrigen Temperaturen zur N-Düngung interessant sein, das ergaben Untersuchungen von *Müller und von Fragstein und Niemsdorff (2006a)* und *Schlegel et al. (2007)*.

Obwohl es unter Umständen zu geringeren Markterträgen kommen kann, sind bei der Düngeerauswahl neben Ertragswirksamkeit weitere ökologische und ökonomische Kriterien wie Herkunft, Transportaufwand oder Verfügbarkeit zu berücksichtigen. So können die Körnerleguminosen beispielsweise im Betrieb bzw. regional und systemkonform angebaut werden. Sollen die Körnerleguminosen im eigenen Betrieb angebaut werden, stehen bei der Auswahl der Leguminosenart und –sorte die pflanzenbaulichen Eigenschaften im Vordergrund. Hierbei ist der Anbaustandort bei der Auswahl mit ausschlaggebend, so eignen sich z. B. Ackerbohnen eher für schwere und kalkhaltige Böden, während Gelbe Lupinen

besser auf leichten Böden wachsen. Andererseits befindet sich die Gelbe Lupinen aufgrund einer Pilzkrankung, der Anthraknose oder Brennfleckenkrankheit, in Deutschland derzeit kaum noch im Anbau. Bei einer ökonomischen Bewertung ist der Fruchtfolgewert durch den Anbau von Körnerleguminosen nicht zu vernachlässigen.

Ein erheblicher Nachteil pflanzlicher Dünger ist bei Säkulturen die potentielle Keimhemmung. Gegebenenfalls ist eine Wartezeit nach der Düngerausbringung einzuplanen, die vor allem bei möglichst frühen Kulturen problematisch sein kann, wenn zudem ungünstige Witterungsbedingungen im Arbeitsablauf zu berücksichtigen sind.

Hohe mineralische N-Mengen, wie sie z. T. in vorliegenden Untersuchungen ermittelt wurden, sind auswaschungsgefährdet und machen weitere Maßnahmen notwendig. Nach der Ernte können Zwischenfrüchte und Gründüngung N-Verluste durch Auswaschung vermeiden, im Kulturverlauf kann die Aufteilung der Düngergaben sinnvoll sein.

In Brachen konnte der Verbleib der durch die pflanzlichen Dünger zugeführten organischen N-Mengen nur zum Teil erfasst werden. Die N-Abnahme im Zeitverlauf kann unterschiedliche Gründe haben. Mögliche Ursachen sind Festlegung von N in mikrobiellen Residualprodukten oder Denitrifikation. Eine deutliche Immobilisierung von N konnte nur teilweise und kurzfristig, vor allem nach Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine, durch die Erhöhung der N_{mik} -Gehalte festgestellt werden.

Höhere gemessene N-Mengen als durch die Düngung zugeführt wurde, lassen auf Priming-Effekte, aber auch auf eine Remineralisation von N aus mikrobiellen Residualprodukten als Folge vorhergehender Düngungen schließen. Daher sind weitergehende Untersuchungen zur langfristigen Wirkung der Düngungsmaßnahmen notwendig.

Neben Jahreseinflüssen ist der Standort von entscheidender Bedeutung für die Umsetzung der stickstoffhaltigen organischen Materialien. Für konkrete Düngeempfehlungen sind ausführlichere Kenntnisse zur Umsetzung der Dünger, u. a. zur Interaktion Boden – Dünger, notwendig. Zur näheren Charakterisierung des Mineralisationsverhaltens von Böden besteht weiterer Forschungsbedarf auf unterschiedlichen Standorten, bei unterschiedlichen Kulturen und unter Einbeziehung der Bruttomineralisation.

Für den Gemüsebauer ist es daher nach wie vor unerlässlich, aus eigenen Beobachtungen, Erfahrungen und Untersuchungen abzuleiten, welches Mineralisationsverhalten der Boden aufweist, um daraus auf die Nährstoffversorgung für die Pflanzen schließen zu können. Hierzu könnten einfach durchgeführte Praxisversuche im eigenen Betrieb hilfreich sein. Austausch und Zusammenarbeit zwischen Praxis, Beratung, Versuchsanstalten und Wissenschaft sind dabei von gewichtiger Bedeutung.

3.3 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ertragsergebnisse weisen die Ertragswirksamkeit der verwendeten organischen Dünger pflanzlicher Herkunft im Vergleich zu einer ungedüngten Kontrolle auf. Außerdem zeigen die erzielten Ergebnisse den Einfluss der verwendeten Materialien auf verschiedene N-Fractionen im Boden nach deren Düngung unter Freilandbedingungen.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass sie, wie in den vorhergehenden Abschnitten ausführlich dargestellt, einerseits eine weitere Betrachtung der Thematik notwendig machen, andererseits aber auch als Basis für weiterführende Fragestellungen dienen.

4 Zusammenfassung

Der intensiv wirtschaftende ökologische Gemüsebau ist auf zusätzliche Zufuhr von organischen stickstoffhaltigen Materialien angewiesen. Seit der BSE-Krise haben verstärkt organische, leicht umsetzbare Materialien pflanzlicher Herkunft Beachtung gefunden, die als Alternative zu Düngern tierischer Herkunft betrachtet werden.

Organische Handelsdünger pflanzlicher Herkunft und Leguminosenschrote wurden in Freilandversuchen verglichen und hinsichtlich ihrer Düngewirkung bei verschiedenen Gemüsekulturen überprüft.

Zunächst wurden im ersten Versuchsjahr in Vorversuchen im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der LWG Veitshöchheim verschiedene pflanzliche Dünger, ein betriebseigener Kompost und ein Horndünger bei Spinat und Weißkohl auf deren Ertragswirksamkeit getestet. In den folgenden Vegetationsperioden wurde am Beispiel mehrerer Gemüsekulturen (Kohlrabi, Knollensellerie, Porree und Spinat) in Düngungsversuchen die N-Umsetzung verschiedener pflanzlicher Dünger (Rizinusschrot, Maltaflor, Maltaflor und Vinasse, Schrote der Ackerbohne, Gelben Lupine und Blauen Lupine sowie Sonnenblumenpresskuchen) und deren Ertragswirksamkeit unter praxisnahen Freilandbedingungen untersucht.

Zu einer Frühlkultur mit Kohlrabi wurde zusätzlich der Einfluss einer Flachabdeckung überprüft. Analog zu Knollensellerie und Porree im Versuchsbetrieb wurden die Versuche jeweils in einem Praxisbetrieb durchgeführt.

Zur Erfassung verschiedener N-Fractionen im Boden wurden in den Versuchen im Versuchsbetrieb mit den Gemüsekulturen Knollensellerie, Porree und Spinat bei einer Auswahl von Düngern (Rizinusschrot, Maltaflor und Blaue Lupine) in deren Parzellen Kunststoffzylinder als Brachen eingebaut, um so Rückschlüsse auf die N-Umsetzung zu ziehen.

Mit dem Projekt 03OE102 "Synchronisation der N-Mineralisierung aus Mulch mit der N-Aufnahme von Freilandgemüse durch optimiertes Management einer Leguminosengründüngung" wurden Versuchsplanung abgestimmt und Ergebnisse ausgetauscht.

Die Ertragsergebnisse der Vorversuche bei Spinat und Weißkohl zeigen, dass verschiedene organische Dünger pflanzlicher Herkunft als Alternative zu Hornprodukten möglich sind.

In den folgenden Freilandversuchen konnte eine unterschiedliche Wirkung der verwendeten Dünger bei der Frühlkultur Kohlrabi (Frischmasse- und N-Ertrag, Netto-N-Ausnutzung und N_{\min} -Gehalt) festgestellt werden. So zeichnete sich am Beispiel der Netto-N-Ausnutzung die Reihenfolge Rizinusschrot > Maltaflor, Gelbe Lupine > Ackerbohne > Blaue Lupine ab, wobei nicht alle Ergebnisse signifikant waren. Es konnte ein Einfluss der Vliesabdeckung auf die Erträge, jedoch nicht auf den N_{\min} -Gehalt oder die Netto-N-Ausnutzung ermittelt werden.

Bei den weiteren Kulturen (Knollensellerie, Porree und Spinat) ließen sich die verwendeten Dünger nicht deutlich differenzieren. Auch eine Aufteilung der Düngergaben in zwei Gaben Maltaflor bei Porree bzw. in jeweils eine Gabe Maltaflor und eine Gabe Vinasse bei Spinat zeigten in diesen Fällen keine positive Wirkung.

Es bestätigte sich, dass auch mit Leguminosenschroten eine N-Versorgung von Gemüsekulturen möglich ist.

Die verwendeten pflanzlichen Dünger wurden im Boden überwiegend schnell umgesetzt, was durch die hohen N_{\min} -Gehalte im Boden bereits kurze Zeit nach der Düngung deutlich wurde.

In den Brachen war teilweise ein kurzzeitiger Anstieg in den Gehalten an in der mikrobiellen Biomasse gebundenem N zu verzeichnen, am deutlichsten nach der Düngung mit dem Schrot der Blauen Lupine.

Höhere gemessene als durch die Düngung zugeführte N-Mengen lassen auf Priming-Effekte oder auf eine Remineralisation von organischem N aus vorhergehenden Düngungen schließen.

Das Einbeziehen verschiedener Standorte ließ Unterschiede in der Wirkung der Dünger erkennen. In Abstimmung mit dem oben genannten Projekt 03OE102 ergab sich ein deutlich unterschiedliches Mineralisationsverhalten der Böden der verschiedenen Standorte.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Ursprünglich geplante Ziele

Ziel war es, die N-Umsetzung organischer Dünger pflanzlicher Herkunft und deren Ertragswirkung auf unterschiedliche Gemüsekulturen unter Freilandbedingungen zu überprüfen. Untersuchungen hierzu sollten im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg sowie in einem Praxisbetrieb durchgeführt werden.

Im Mittelpunkt sollten Untersuchungen zu verschiedenen N-Fraktionen nach der Düngung von organischen Handelsdüngern pflanzlicher Herkunft und Leguminosenschroten stehen. Die Untersuchungen sollten in mehreren Vegetationsperioden zu jährlich zwei Gemüsekulturen in Folge durchgeführt werden. Dazu gehörte auch das Überprüfen einer Flachabdeckung im Frühjahr.

Weil an dem Projekt Praxisbetriebe ebenso wie Universitäten beteiligt waren, bot es sich an, den Wissenstransfer von der Wissenschaft zur Praxis zu beobachten, wenn möglich zu verbessern.

Tatsächlich erreichte Ziele

Nach zwei Vorversuchen (Spinat und Weißkohl) wurde die N-Umsetzung verschiedener pflanzlicher Dünger und deren Ertragswirkung auf vier Gemüsekulturen (Kohlrabi, Knollensellerie, Porree und Spinat) untersucht, verglichen und interpretiert, bei Kohlrabi mit und ohne Vliesabdeckung. Zu zwei Gemüsekulturen (Knollensellerie und Porree) wurde eine Praxisfläche als weiterer Standort betrachtet.

Aufgrund des Projektes kam es wiederholt zu intensiven Begegnungen zwischen Praxis, Landesanstalt und Universitäten. Auf Vortragsveranstaltungen, an Infoständen und bei Betriebsführungen hatte sich gezeigt, dass Ergebnisse und Empfehlungen aus diesem Projekt sich einer sehr guten Nachfrage erfreuten.

Wissenschaftler der Technischen Universität München und der Universität Hohenheim referierten vor Praktikern. Fragen der Versuchsplanung und -durchführung wurden intensiv abgestimmt zwischen Praktikern, der praxisorientierten Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau und den beteiligten Universitäten.

Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Aufgrund ungünstiger, teils zu nasser, teils zu warmer Witterung im Frühjahr bot nur ein Versuchsjahr, nämlich 2005, optimale Bedingungen für eine Frühlkultur.

Wie auch vorliegende Ergebnisse bestätigen, ist vor allem für den Zeitraum im zeitigen Frühjahr die Zufuhr von stickstoffhaltigen Düngern von Bedeutung. Gerade in diesem Zeitraum gab es Unterschiede in der Wirkung der pflanzlichen Dünger unter

Freilandbedingungen. Daher sind besonders im Frühjahr weitergehende Untersuchungen zu den verschiedenartigen Materialien interessant.

Weiteres Augenmerk sollten durch pflanzliche Dünger potentiell ausgelöste Priming-Effekte und deren langfristigen Auswirkungen finden. Ferner ist der Verbleib des nicht genutzten Dünger-N näher zu untersuchen.

Zusätzlich reagieren verschiedene Böden nicht gleichsinnig, so dass die Einbeziehung weiterer Standorte zur Untersuchung des Mineralisationsverhaltens und der Interaktion Boden – Dünger wünschenswert ist, um so besser Düngeempfehlungen ableiten zu können.

Ein weiterer intensiver Kontakt von Praxis, Landesanstalt und Universität ist förderungswürdig, nur so ist zielführende Forschung sinnvoll durchführbar. Alle mit dem Öko-Gemüsebau befassten Stellen sollten auch weiterhin große Offenheit gegenüber den anderen Ebenen pflegen, auch in Form gemeinsamer Projekte.

6 Literaturverzeichnis

Braun, A.; Mayer, J.; von Fragstein und Niemsdorff, P. (2001): Sind Leguminosenschrote für die N-Düngung von Frühgemüse geeignet? – Ergebnisse eines Brutversuches. In: Reents, H. J. (Hrsg.): Von Leit-Bildern zu Leit-Linien, 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 273-276

Brookes, P. C.; Landmann, A.; Pruden, G. und Jenkinson, D. S. (1985): Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biology and Biochemistry, 17, 837-842

Heuwinkel, H. (in Vorbereitung): Synchronisation der N-Mineralisierung aus Mulch mit der N-Aufnahme von Freilandgemüse durch optimiertes Management einer Leguminosengründung. Abschlussbericht (Förderkennzeichen 03OE102), Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Jørgensen, R. G. und Müller, T. (1996): The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of k_{en} value. Soil Biology and Biochemistry, 28, 33-37

Kalauch, S.; Mayer, J.; von Fragstein und Niemsdorff, P. (2001): Körnerleguminosenschrote als alternative N-Ergänzungsdünger im Ökologischen Gemüsebau am Beispiel Spinat. In: Reents, H. J.: Von Leit-Bildern zu Leit-Linien, 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 433-436

Kalauch, S.; Laber, H. (1999): Der Verlauf der N-Freisetzung aus organischen Handelsdüngern und deren Einfluss auf das Auflaufergebnis von Salat. Gaä-Journal 2/99, 31-32

Laber, H. (2003): N-Freisetzung aus organischen Handelsdüngern – Übersicht und eigene Versuchsergebnisse im ökologischen Gemüsebau. In: Rahmann, G.; Nieberg, H. (Hrsg.): Ressortforschung für den ökologischen Landbau – Aktivitäten aus Bund und Ländern. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 259, 17-20

Lindner, U. (2003a): 'Selma' und 'Orion' bei Knollenfenchel im Herbst am besten; Rizikorn besser als Lupinen- und Ackerbohnschrot. Versuche im Deutschen Gartenbau, www.hortigate.de

Lindner, U. (2003b): Ackerbohnschrot schnitt ertraglich bei Herbstporree schlechter als Rizinus- und Lupinenschrot ab. Versuche im Deutschen Gartenbau, www.hortigate.de

Lindner, U. (2003c): Mit Rizikorn versorgte Salatflächen schneller in der Entwicklung als mit Lupinen- und Ackerbohnschrot. Versuche im Deutschen Gartenbau, www.hortigate.de

Lindner, U. (2003d): Keine Unterschiede zwischen Düngern und Düngungsmenge bei frühem Biokohlrabi; bei Sorten liegt Quickstar vorne. Versuche im Deutschen Gartenbau, www.hortigate.de

Lindner, U. (2004a): Agrobiosol und Maltaflor waren dem Rizikorn bei Bioporree überlegen. Versuche im Deutschen Gartenbau, www.hortigate.de

- Lindner, U.* (2004b): Sortenunterschiede überdecken Unterschiede zwischen Düngern und Düngermenge bei Knollenfenchel. Versuche im Deutschen Gartenbau, www.hortigate.de
- Müller, T.; von Fragstein und Niemsdorff, P.* (2004): Umsatz und Wirkung vegetabiler Düngermittel im ökologischen Gemüsebau. Abschlussbericht (Förderkennzeichen 02OE169), Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
- Müller, T.; von Fragstein und Niemsdorff, P.* (2006a): Organic fertilizers derived from plant materials. Part I: Turnover in soil at low and moderate temperatures. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169, 255-264
- Müller, T.; von Fragstein und Niemsdorff, P.* (2006b): Organic fertilizers derived from plant materials. Part II: Turnover in field trials. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169, 265-273
- Müller, T.; Riehle, J.; Schlegel, I.; Li, Z. von Schenck zu Schweinsberg Mickan, M.; Sabahi, H. Schulz, R.* (2007): Leguminosenkörnerschrote und andere vegetabile Dünger im Ökologischen Gemüsebau. In: Zikeli, S.; Claupein, W.; Dabbert, S.; Kaufmann, B.; Müller, T.; Valle Zárate, A. (Hrsg.): Zwischen Tradition und Globalisierung, 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 49-52
- Rascher, B.; Schubert, W.* (2002): Im Bioanbau zulässige Handelsdünger bringen gute Ertragsergebnisse bei Porree. Versuche im Deutschen Gartenbau, www.hortigate.de
- Riehle, I.; Schulz, R.; Müller, T.* (2007): Purchasable and on farm produced plant based organic fertilisers: II. Yield response in organic vegetable production and nitrogen turnover (pot experiments). *VDLUFA-Schriftenreihe* 62/2007, 413-416
- Schlegel, I.; Zhifang, L.; von Schenck zu Schweinsberg-Mickan, M.; Schulz, R.; Müller, T.* (2007): Purchasable and on farm produced plant based organic fertilisers: I. N-turnover and net-N-mineralisation in incubation experiments. *VDLUFA-Schriftenreihe* 62/2007, 409-412
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P.* (2001): N-Freisetzung pflanzlicher Dünger in Mineralböden. *Deutscher Gartenbau* 6/2001, 32-34
- Schmitz, H.-J.; Fischer, P.* (2003): Vegetabile Dünger in Substraten für den ökologischen Gemüsebau. *Gemüse* 2/2003, 18-22
- Stadler, C.* (2006): Nitrogen release and nitrogen use efficiency of plant derived nitrogen fertilisers in organic horticultural soils under glasshouse conditions. Dissertation, Technische Universität München, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Lehrstuhl für Pflanzenernährung
- Vance, E. D.; Brookes, P. C. und Jenkinson, D. S.* (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19, 703-707

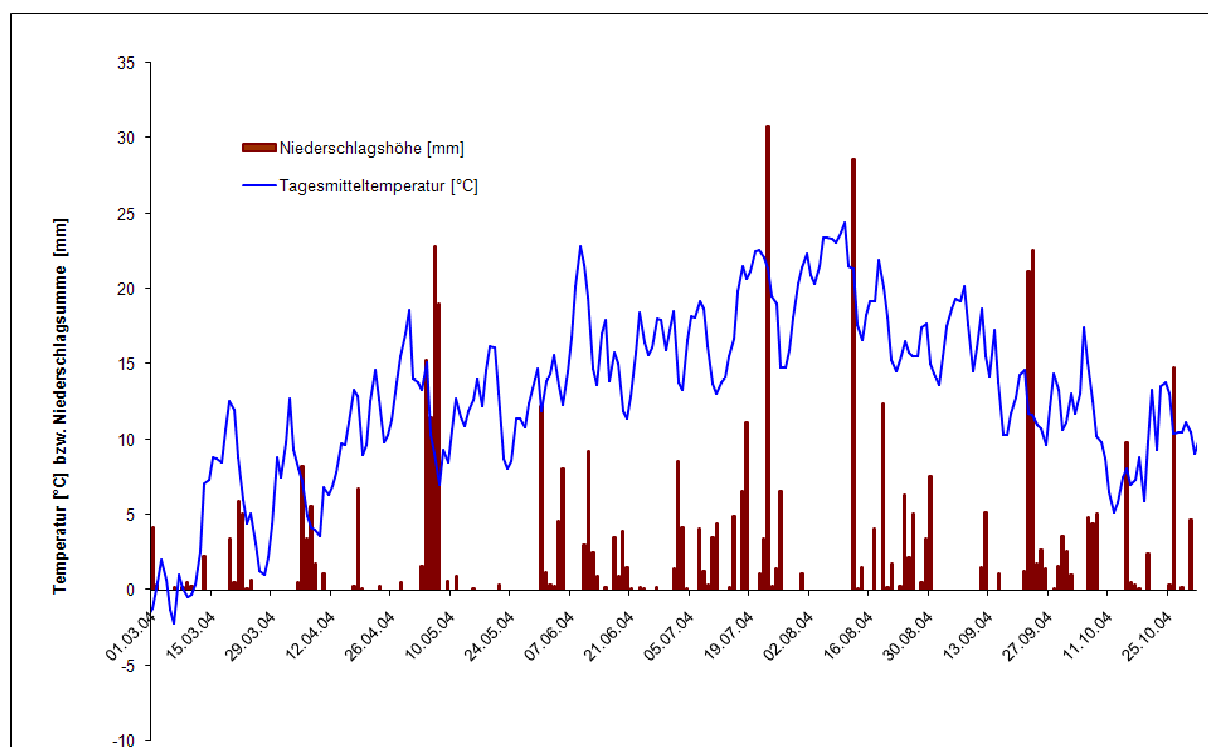
7 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

Ergebnisse aus dem Projekt wurden an verschiedenen Veranstaltungen vorgestellt:

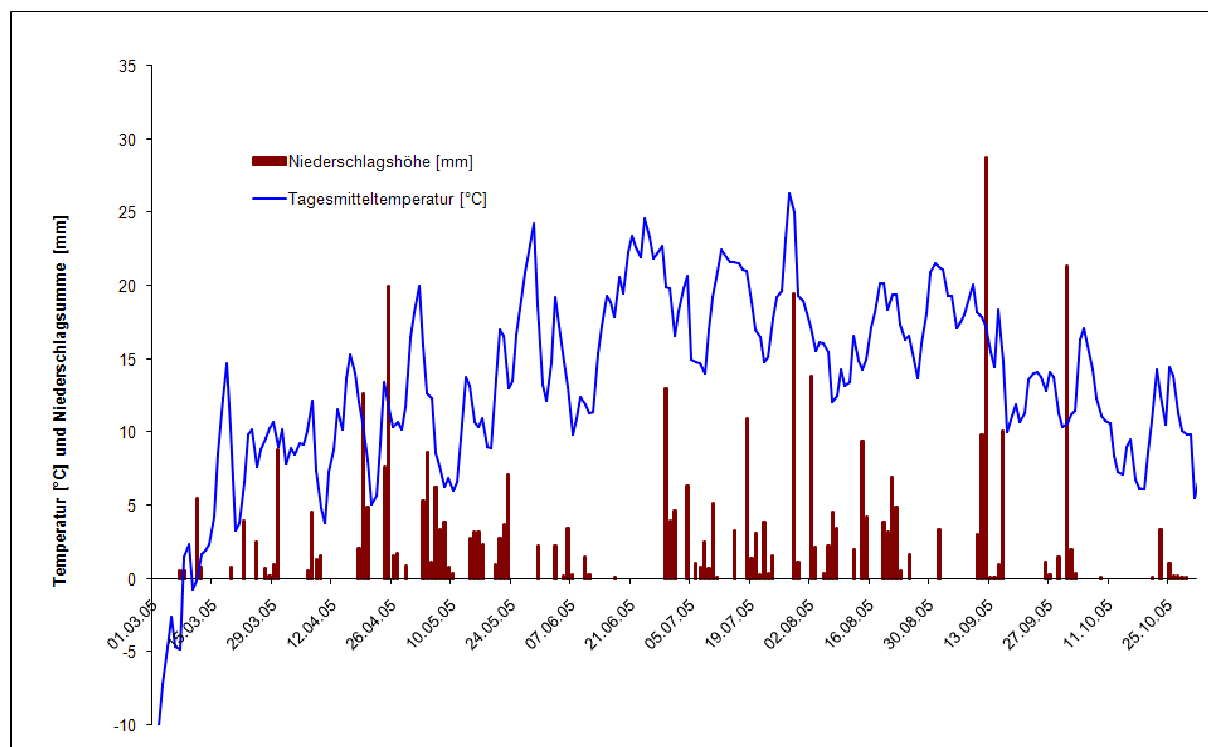
- Präsentation der Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums an der TUM, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, am 16.03.2006
- Infostände an den Öko-Gemüsebautagen der LWG in Bamberg am 14.07.2005 und 13.07.2006
- Präsentation der Ergebnisse am Öko-Gemüsebautag der LWG in Bamberg am 19.07.2007
- Präsentation der Ergebnisse am ÖKOmenischen Düngungstag in Viehhausen am 18.09.2007
- Vorstellung des Projektes im Rahmen von Betriebsführungen für Besuchergruppen

Veröffentlichungen der Ergebnisse in Printmedien sind in Planung.

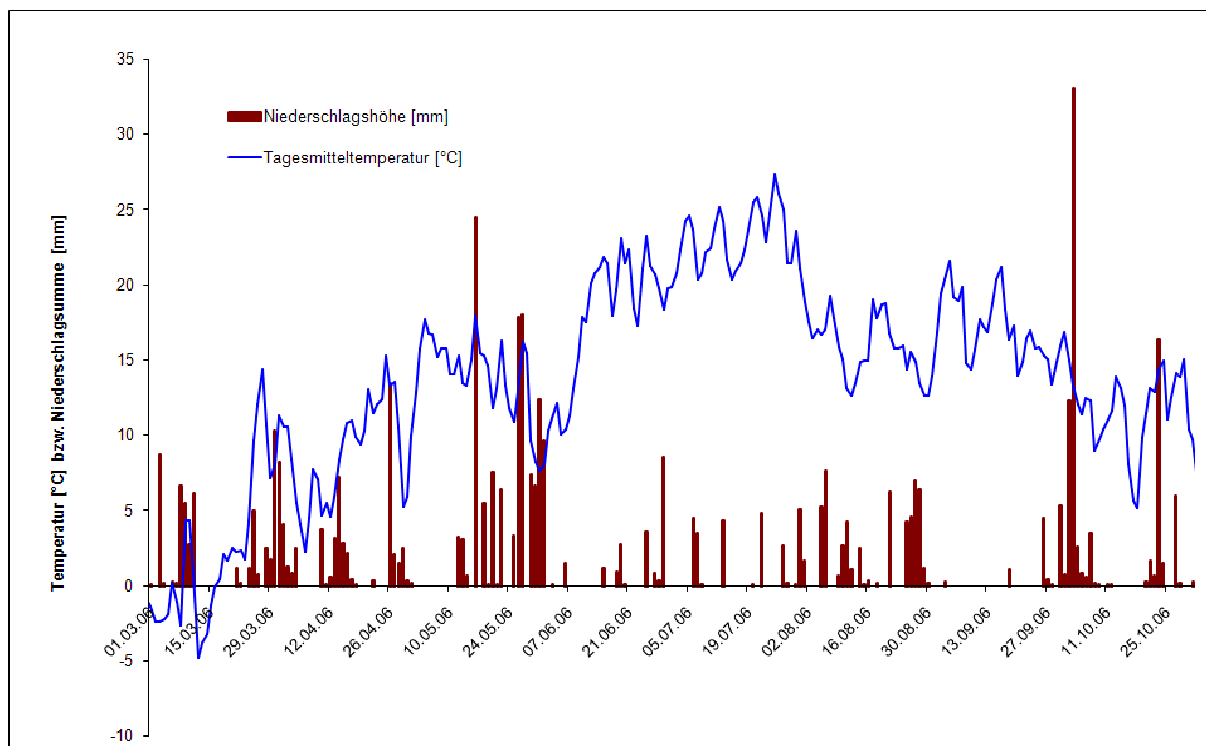
8. Anhang



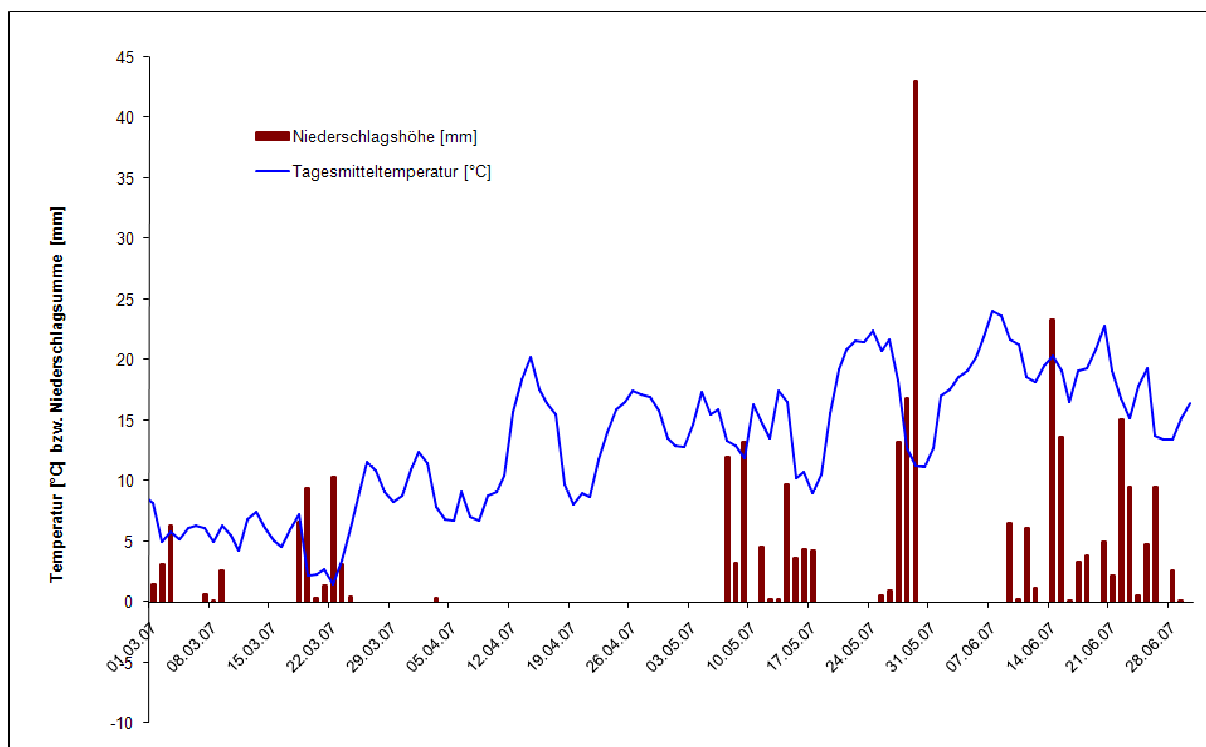
Anhang 1: Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes, Wetterstation Bamberg, Versuchsjahr 2004



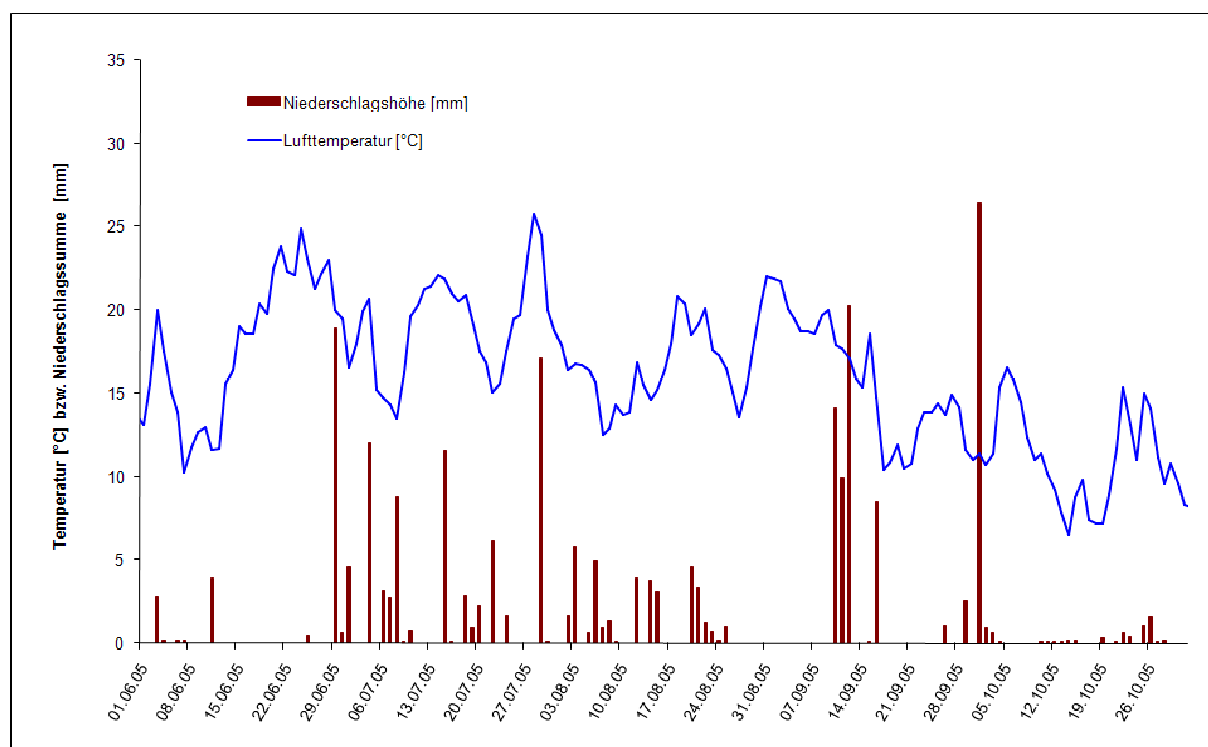
Anhang 2: Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes, Wetterstation Bamberg, Versuchsjahr 2005



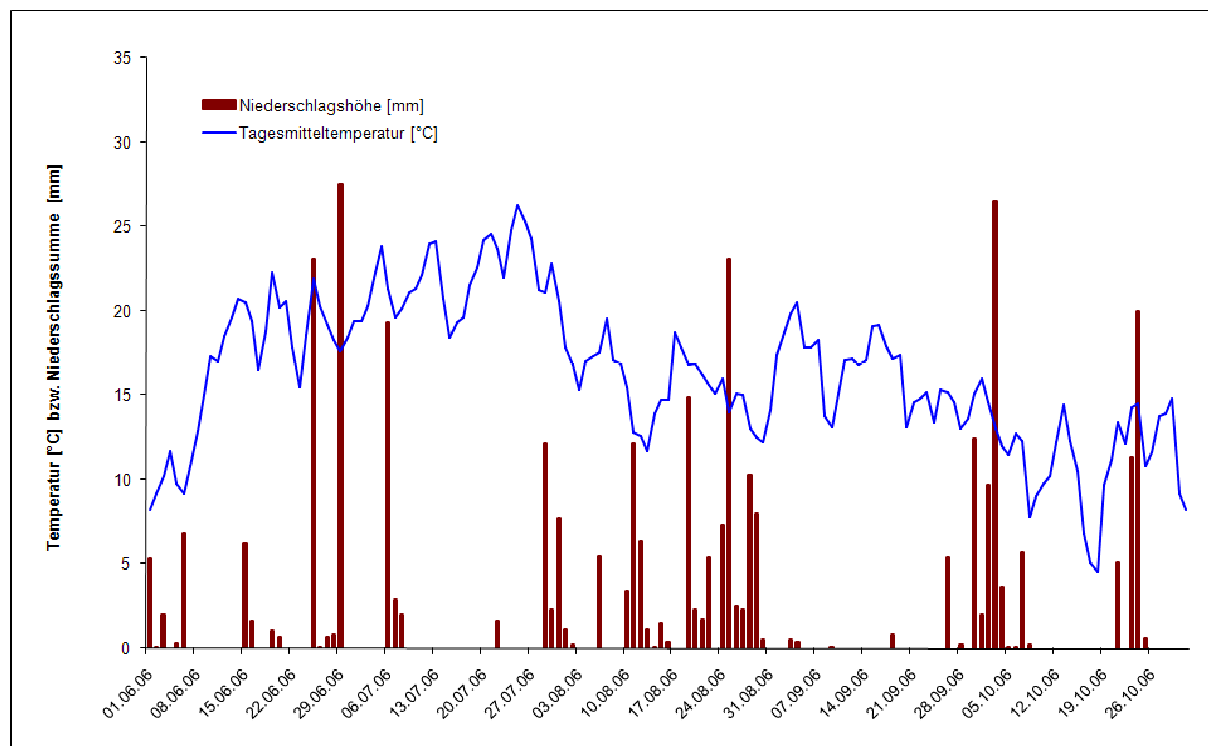
Anhang 3: Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes, Wetterstation Bamberg, Versuchsjahr 2006



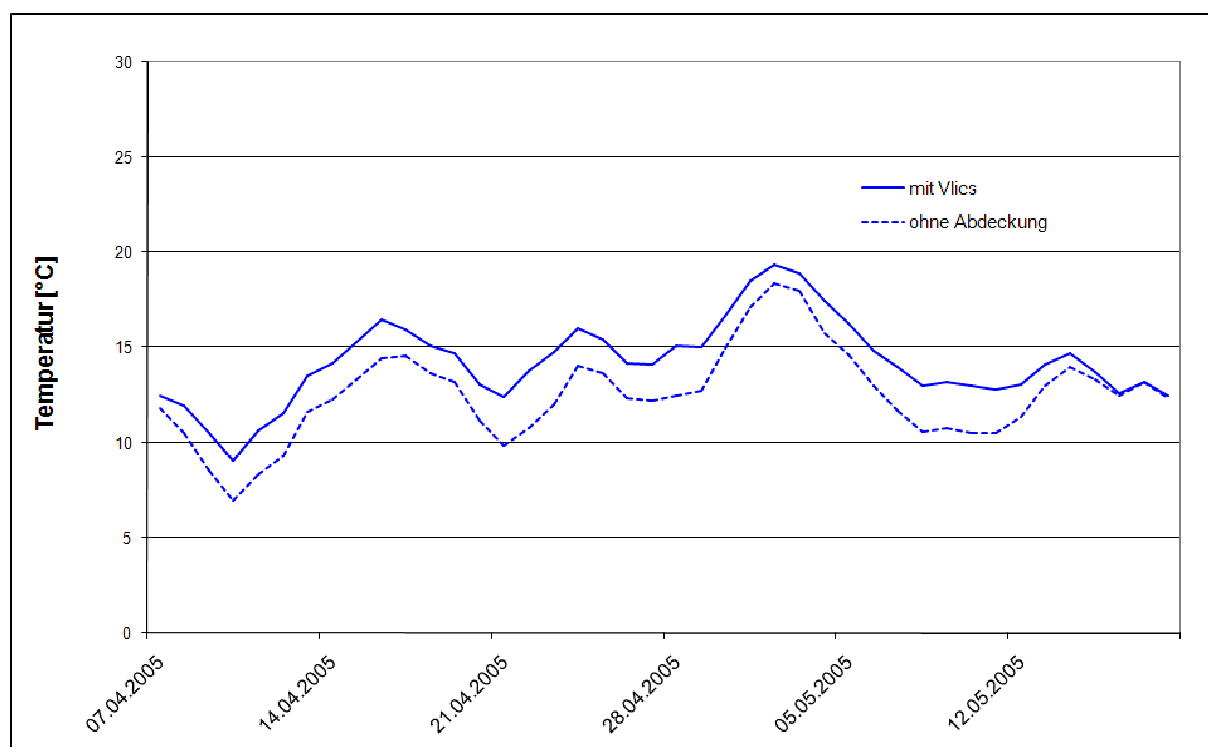
Anhang 4: Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes, Wetterstation Bamberg, Versuchsjahr 2007



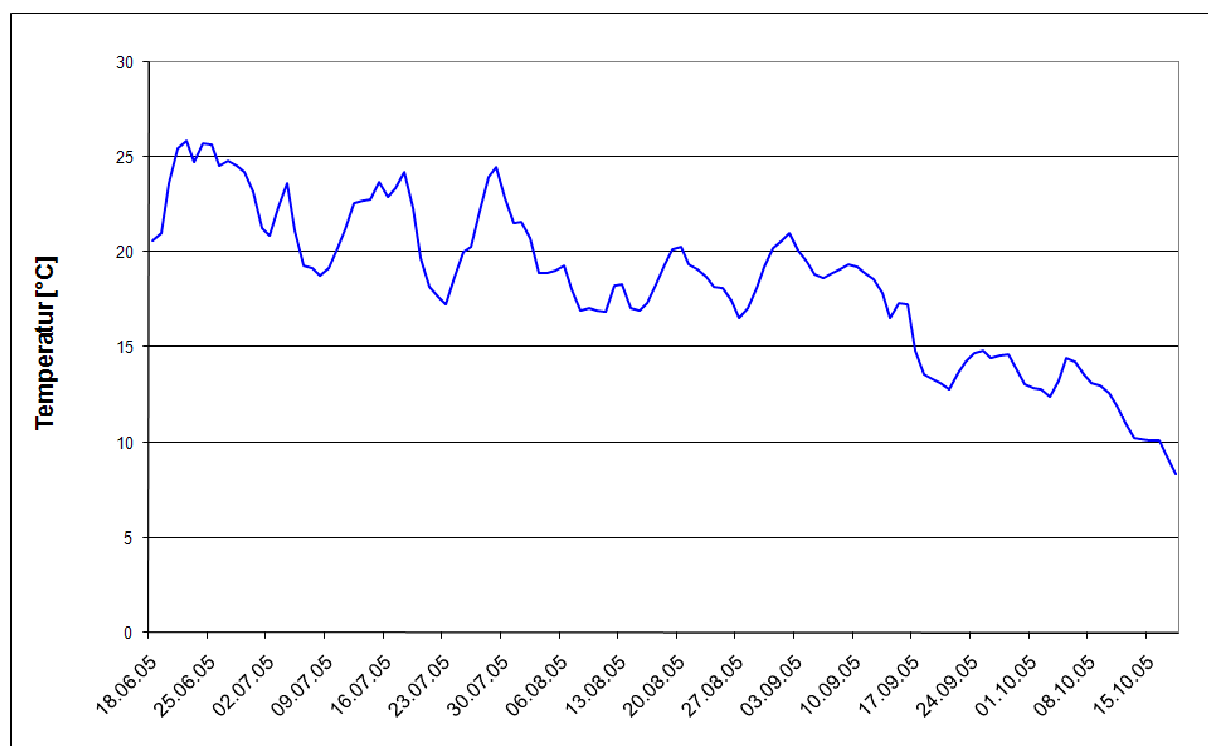
Anhang 5: Wetterdaten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Wetterstation Schwarzach-Schwarzenau; Versuchsjahr 2005



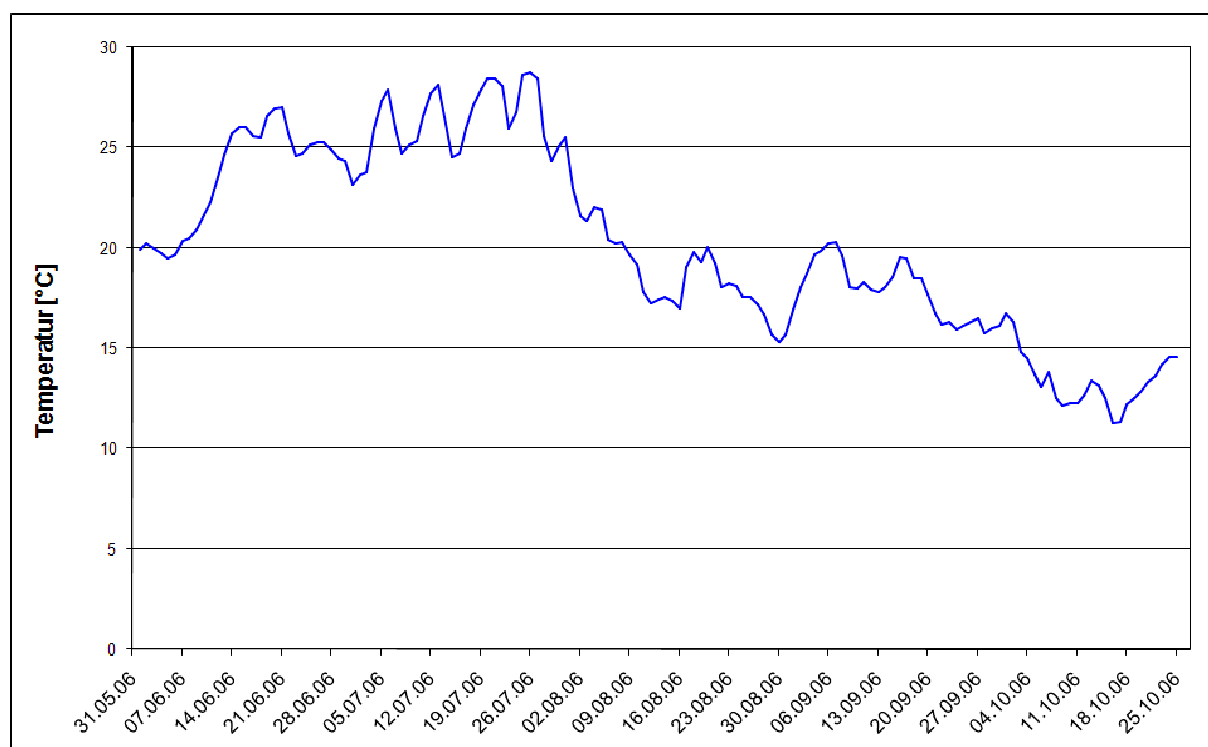
Anhang 6: Wetterdaten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Wetterstation Etleben, Versuchsjahr 2006



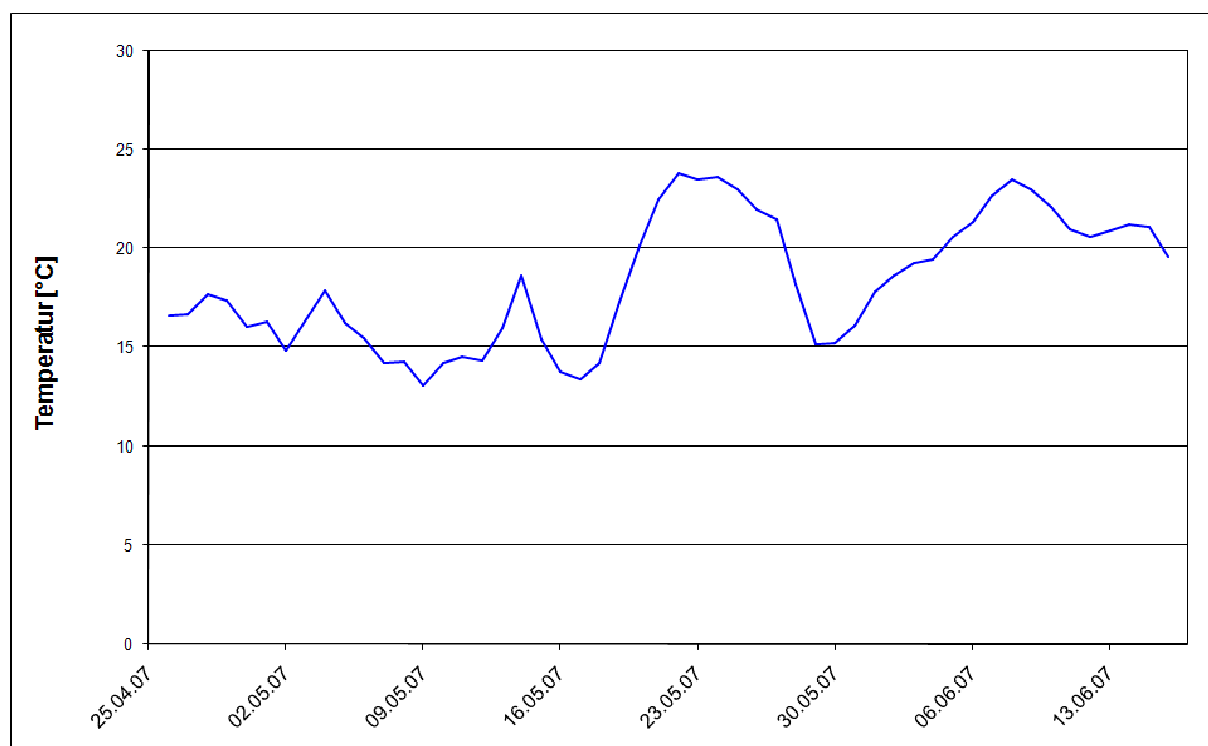
Anhang 7: Bodentemperatur (Tagesmittel) in der Bodentiefe 15 cm bei Kohlrabi



Anhang 8: Bodentemperatur (Tagesmittel) in der Bodentiefe 15 cm bei Knollensellerie



Anhang 9: Bodentemperatur (Tagesmittel) in der Bodentiefe 15 cm bei Porree



Anhang 10: Bodentemperatur (Tagesmittel) in der Bodentiefe 15 cm bei Spinat

Danksagung

Dieses Projekt wurde durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (Förderkennzeichen 03OE031) gefördert.

Besonderer Dank geht an alle, die durch ihre Mitarbeit zum Gelingen des Projektes beigetragen haben:

- alle Mitarbeiter der Sachgebiete Gemüsebau, Umweltanalytik sowie Önologische und pflanzliche Analytik der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
- Dr. Hauke Heuwinkel, Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München, Freising
- Prof. Dr. Torsten Müller, Institut für Pflanzenernährung der Universität Hohenheim
- Praxisbetrieb Siegfried Geiger, Schwarzach-Schwarzenau
- Praxisbetrieb Eugen Schlereth, Unterpleichfeld
- Mitarbeiter des Zentralinstituts für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Bioanalytik Weihenstephan, Freising
- Mitarbeiter der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising