

Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Ertrag, Qualität, Nitratverlagerung und Sickerwasseranfall im Feldgemüsebau

R. DIETRICH und P. LIEBHARD

Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Die Intensivierung der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Produktion in den vergangenen fünf Jahrzehnten führte zu einer wesentlichen Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. Vor allem die Zufuhr größerer Mengen von Wirtschaftsm- und Mineraldüngern erhöhte die Menge an organisch gebundenem Stickstoff im Boden und damit auch die Menge an mineralisierbarem Nitratstickstoff. Bei vielen Gemüsearten ist wegen der kurzen Vegetationszeit zur Erreichung entsprechender Erträge mit hoher Marktqualität meist ein hohes Nährstoffangebot erforderlich. Weiters stiegen auch die Anforderungen an die Qualität der Ernteprodukte und durch die höhere Stickstoffdüngung kam es regional zu steigenden Nitratreinträgen ins Grundwasser. Dies trifft in hohem Ausmaß für das Frisch- und Blattgemüse zu, da dies mitten aus dem vegetativen Wachstum heraus geerntet wird und teilweise große Mengen an stickstoffreichen und schnellabbaubaren Ernterückständen auf dem Feld verbleiben. Im weiteren befinden sich die Gemüseanbauflächen überwiegend auf leichten Böden mit geringer Speicherfähigkeit für das Bodenwasser. Sowohl der Bodentyp als auch die Bodenschwere beeinflussen auf verschiedene Weise den Wasserkreislauf. Er wirkt gegenüber Wasser und dessen Inhaltsstoffen als Speicher, Puffer, Filter und Austauschmedium.

Im Eferdingerbecken, einem bedeutenden österreichischen Frischgemüseanbaugesbiet mit kleinbäuerlicher Betriebsstruktur und vielen kleinräumigen Bodenunterschieden kam es auf einigen Messstellen zu steigenden NO_3^- -Gehalten und dadurch zur Überschreitung

der aktuellen Schwellwerte im Grundwasser. Eine Optimierung des Gemüseanbaues hinsichtlich grundwasserschonender Produktionsmaßnahmen war daher erforderlich.

Die grundsätzlichen Maßnahmen zur Sanierung von Problemflächen sind bekannt und werden teilweise auch mit Erfolg in der Praxis umgesetzt. Ausgehend von der Vielfalt der Gemüsearten und dem äußerst unterschiedlich hohen einzelbetrieblichen Anteil an Blattgemüse wurde für das Eferdingerbecken ein mehrstufiges Programm erstellt. Bei den angeführten Gemüsearten wurden folgende unterschiedliche Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Ertrag, Qualität, Nitratverlagerung und Sickerwasseranfall geprüft:

- Produktion nach den IP-Richtlinien (N-Düngung nach KNS-System)
- weitere N-Düngungsreduktion um 30 %
- Anbau von abfrostender und nichtabfrostender Zwischenfrucht-Begrünung

Material und Methoden

Die Versuchsfläche liegt im südlichen Eferdinger Becken und gehört zum Produktionsgebiet „Alpenvorland“. Eferding liegt 25 km westlich von Linz auf 270 m Seehöhe. Dieses klimatisch begünstigte Kleinproduktionsgebiet weist im langjährigen Durchschnitt 795 mm Jahresniederschlag auf und hat eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 8,8 °C bei 276 Vegetationstagen.

Standort Seebach (Tabelle 1)

Der Bodentyp ist ein grauer Auboden, in der Krume mittelhumos, von 25 bis 80 cm Bodentiefe schwach humos, darunter gering humos. Ab 120 cm Bodentiefe liegt ein schwach kiesiger Sand vor. Der Boden besitzt bis 1m Tiefe eine hohe nutzbare Speicherfähigkeit von 263 mm. Wegen des hohen Sandanteils von 45 % (Ton 15 %) in der Ackerkrume (Ap) wird der Boden als leicht bezeichnet. Die Nährstoffversorgung ist bei Kalium und Magnesium mittel, bei Phosphat hoch. Im Oberboden (0 bis 25cm) liegt das Stick-

Tabelle 1: Profil, Feststoffdichte (rs), Trockendichte (rd), Gesamtporenvolumen (GPV) sowie Feldkapazität (FK), Welkepunkt (WP), nutzbare Feldkapazität je Bodenschicht und ausgewählte chemische Bodenkennwerte, Standort Seebach (MURER 1998, Projektauftrag)

Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	ps (g/cm ³)	pd (g/cm ³)	GPV (%)	FK (%)	WP (%)	nFK (%) bzw. (mm/dm)
Ap	0-30	IS/sL	2.71	1.6	43.0	33.2	10.6	22.6
B1	30-80	IS/sL	2.75	1.5	45.9	36.5	11.6	24.9
B2	80-120	uS/IS	2.76	1.4	49.6	39.6	4.3	35.3
C	120-(200)	k ⁺ S	2.72	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Humus (0-30 cm) (Glühverlust)					2,0 %			
pH-Wert (CaCL ₂) (0-30 cm)					7,0			
Gesamt-N					125 mg/100 g Boden			
P ₂ O ₅					33 mg/100 g Boden			
K ₂ O					20 mg/100 g Boden			
Mg					17 mg/100 g Boden			

Autoren: R. DIETRICH und Dr. Peter LIEBHARD, BOKU, Institut f. Pflanzenbau u. -züchtung, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 WIEN



stoffmineralisierungsvermögen zwischen 38 und 45 mg N/1000g Feinboden in der Woche. Das Stickstoffmineralisierungspotential liegt mit Werten zwischen 38 und 45 mg N/1000g Feinboden/Woche im Oberboden (0-25 cm) im mittleren Bereich.

Standort Wörth (Tabelle 2)

Der Bodentyp ist ein grauer Auboden. Bis 100 cm Tiefe liegt ein lehmiger Sand und darunter ein stark kiesiger Sand vor. In der Krume ist der Boden mittelhumos, im B1 Horizont sehr schwach humos mit mittlerer Lagerungsdichte. Bis 1 m Tiefe hat der Boden eine hohe nutzbare Speicherkapazität von 242 mm Wasser (MURER, 1998).

Mit einem Sandanteil von 41 % und einem Tonanteil von 13 % in der obersten Ackerkrume handelt es sich um einen leichten Boden. Der Humusgehalt ist gering.

Die Nährstoffversorgung kann für den Kaligehalt als hoch und für den Phosphatgehalt als sehr hoch bezeichnet werden. Das Stickstoffmineralisierungspotential in Wörth liegt mit Werten zwischen 40 und 54 mg N/1000g Feinboden/Woche im Oberboden (0-25 cm) ebenfalls im mittleren Bereich und geringfügig höher als in Seebach.

Versuchsanlage (Abbildung 1)

Zur Beurteilung des Sanierungskonzeptes auf den Nitrataustrag wurden im Februar 1998 Sickerwassersammler eingebaut, die einerseits die Menge an Sickerwasser und andererseits die Höhe der NO₃-Befruchtung des Sickerwassers aufzeigen. In jeder Bruttoparzelle befindet sich ein Sickerwassersammler (120 cm, 2 Saugkerzen und Freiauslauf) sowie Keramiksaugkerzen in 35, 60, 90 und 120 cm Tiefe seitlich im ungestörten Boden mit einem gemeinsam begehbarem Schacht für Sammel- und Unterdruckbehälter.

Das Sickerwasser und das Wasser aus den Saugkerzen wurden nach ÖNORM L 1091 analysiert.

Standort Seebach (Tabellen 3, 4)

Der Versuch erfordert für einen praxisgerechten Salatanbau größere Parzellen. Die Anlage besteht aus drei nebeneinanderliegenden Bruttoparzellen von 13

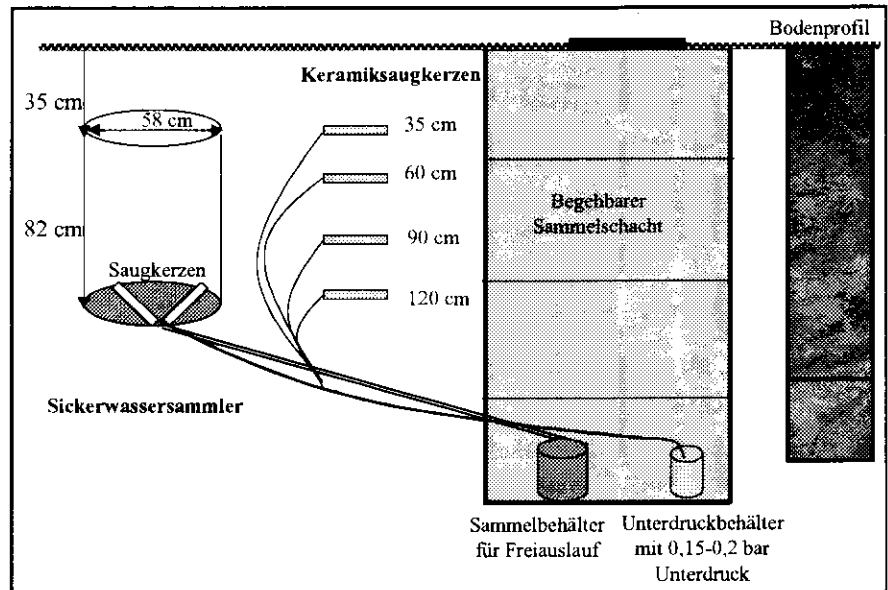


Abbildung 1: Schema eines Sickerwassersammlers und Lage der Saugkerzen, Standort Seebach und Wörth mit Bodenprofil bis 120 cm

Tabelle 2: Profil, Feststoffdichte (rs), Trockendichte (rd), Gesamtporenvolumen (GPV) sowie Feldkapazität (FK), Welkepunkt (WP), nutzbare Feldkapazität je Bodenschicht und ausgewählte chemische Bodenkennwerte, Standort Wörth (MURER 1998, Projektauftrag)

Horizont	Tiefe (cm)	Boden-Art	ps (g/cm ³)	pd (g/cm ³)	GPV (%)	FK (%)	WP (%)	nFK (%) bzw. (mm/dm)
Ap	0-25	IS	2.70	1.7	38.7	37.6	12.0	25.6
B1	25-60	IS	2.74	1.6	41.9	33.2	9.8	23.4
B2	60-100	IS	2.75	1.5	47.1	29.5	5.6	23.9
C	100-(200)	kS	2.70	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Humus (0-30 cm) (Glühverlust)						1,7 %		
pH-Wert (CaCL ₂) (0-30 cm)						7,1		
Gesamt-N						109 mg/100 g Boden		
P2O5						51 mg/100 g Boden		
K2O						27 mg/100 g Boden		
Mg						9 mg/100 g Boden		

Tabelle 3: Düngungs- und Begrünungsvarianten, Standort Seebach

Variante	N-Düngung	Zwischenfrucht
1	KNS- Vorgabe	—
2	KNS- Vorgabe	Phacelia
3	KNS- Vorgabe	Grünroggen
4	KNS- Vorgabe - 30 %	—
5	KNS-Vorgabe - 30%	Phacelia
6	KNS-Vorgabe - 30%	Grünroggen

m Breite und 50 m Länge (2 Bahnen Abdeckvlies zu je vier Salatreihen). Dies ergibt insgesamt eine Fläche von ca. 2000 m².

Die Stickstoffdüngung erfolgte nach dem KNS- Sollwertsystem (LORENZ et. Al. 1989) mit einem Sollwert von 140 kg/ha und bei einer -30 % N-Sollwertreduktion von 98 kg/ha bei einer Kulturdauer von ca. sechs Wochen.

Auch 1998 war die Vorrucht Salat. Die Pflege- und Kulturmaßnahmen (Beregung und Pflanzenschutz) erfolgten auf allen Parzellen einheitlich nach den Empfehlungen der fachlichen Praxis. Die N-min Beprobung und Analyse (ÖNORM L1091) erfolgte vor Vegetationsbeginn und nach Vegetationsende auf 90 cm Bodentiefe, nach der ersten und zweiten Salaternte nur bis 60 cm Bodentiefe.

Tabelle 4: Pflanz- und Erntetermine für Salat und Sätermin der Zwischenfrucht, Standort Seebach

	1999		2000	
	Pflanzung Saat	Ernte	Pflanzung Saat	Ernte
1. Satz	26. März	17. Mai	22. März	8. Mai
2. Satz	18. Mai	28. Juni	12. Mai	26. Juni
3. Satz	28. Juli	22. Sept.	8. Juli	22. Aug.
Zwischenfrucht	10. Sept.	15. Sept.		

Tabelle 5: N-Düngungs- und Begrünungsvarianten, Standort Wörth

Variante	N-Düngungs-variante	Jahr	Fruchtart	N-Düngungs-Menge kg/ha	Zwischenfrucht
1	KNS-Vorgabe	1999	Sellerie	154	-
		2000	Karfiol	255	-
2	KNS-Vorgabe	1999	Sellerie	57	Grünroggen
		2000	Karfiol	194	Grünroggen
3	KNS-Vorgabe-30%	1999	Sellerie	112	
		2000	Karfiol	241	
4	KNS-Vorgabe -30%	1999	Sellerie	38	Grünroggen
		2000	Karfiol	148	Grünroggen

Tabelle 6: Saat-(Zwischenfrucht), Pflanz- und Erntetermin, Standort Wörth

Jahr	Fruchtart	Pflanz- bzw. Sätermin	Erntetermin
1998	Grünroggen	13. November	-
1999	Sellerie	19. Mai	23. Oktober
	Grünroggen	2. November	
2000	Karfiol	27. April	12. Juli
	Phacelia	11. August	
	Grünroggen	30. August	

Standort Wörth (Tabellen 5, 6)

Die Versuchsfläche besteht aus vier nebeneinander liegenden Parzellen mit je 5,4 m Breite. Jede Parzelle besteht aus vier Beeten (à 1,35 m). Insgesamt ist die Versuchsfläche 21,6 m breit und 145 m lang. Die Gesamtfläche beträgt etwa 3.000 m².

Variante 1 und 2 sowie 3 und 4 unterscheiden sich nur durch eine nichtabfrostende Zwischenfrucht Begrünung (Grünroggen).

Die Düngung wurde nach dem KNS-System durchgeführt. Ausgehend vom Sollwert jeder Kulturart wurde zu jedem Düngetermin der N_{min} -Wert ermittelt und in Abzug gebracht. Außerdem wurde der N-Gehalt in der oberirdischen Biomasse des Grünroggens ermittelt und ab dem zweiten Jahr ebenfalls vom Sollwert abgezogen. Daraus resultierte die effektive N-Düngung in kg/ha.

Der Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt der Marktware, der nichtverkaufsfähigen Salatköpfe, der Sellerieknollen und der

Karfiolrosen sowie der Ernterückstände und der Wurzeln wurde mit dem CN-200 Analysator von LECO ermittelt. Die Verrechnung der Daten erfolgte mit dem Programmpaket SAS in einer zweifachen Varianzanalyse, der multiple Mittelwertvergleich wurde mit Hilfe des Tukey-Tests durchgeführt (5 %).

Ergebnisse und Diskussion

Der Witterungsverlauf war in beiden Untersuchungsjahren unterschiedlich, was sich geringfügiger auf den Salatertrag, extrem auf den Sellerieertrag und wesentlich auf den Sickerwasseranfall ausgewirkt hat.

Standort Seebach - vermarktfähiger Salatertrag

Das KNS-System zur Stickstoffdüngerbemessung bei Salat konnte bei den generell hohen Salaterträgen als günstiger Richtwert bestätigt werden. Eine Reduktion der N-Düngermenge um 30 % unter den Sollwert (KNS System) führte zu deutlichen Ertragsvermindernungen (mit

einer Ausnahme) und zusätzlich zu einer Reduzierung des vermarktfähigen Anteils. Die Nitratgehaltswerte im Presssaft der Marktware lag bei allen Ernteterminen und Varianten (mit einmaliger Ausnahme der Standardvariante) unter den gesetzlichen Grenzwerten. Die reduzierte N-Düngung führte zu einer Verminderung des Nitratgehaltes im Presssaft (DIETRICH und LIEBHARD 2000, DIETRICH et al. 2001, DIETRICH 2002).

Die Zwischenbegrünung mit Roggen ergab überwiegend signifikant positive Ergebnisse. Voraussetzung war jedoch eine optimale Einarbeitung bei günstigen Bodenwassergehalten. Unter den standörtlichen Boden-, Bewirtschaftungs- und Fruchtfolgebedingungen war bei Salat Phacelia im Vergleich zu Grünroggen als Zwischenfrucht nicht so günstig (trotz 40 % höherem TM-Ertrag als Grünroggen).

Standort Wörth

Im Spätherbst ergab der Grünroggen als Vorfrucht-Begrünung noch keinen bedeutenden Pflanzenaufwuchs, im Frühjahr betrug die Frischmasse vor der chemischen Bekämpfung zwischen 200 und 465 dt / ha.

Sellerie (1999)

Aufgrund der langandauernden Trockenheit im August und September wurde trotz gutem Jugendwachstum die Ertragserwartung von mindestens 500 dt Knollen / ha nicht erreicht. Die Erträge lagen bei nur 435 dt / ha, zwischen den N-Düngungsvarianten gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Blattmasse lag zum Erntezeitpunkt bei den Varianten mit -30 % N-Düngung um bis zu 30 dt niedriger (Variante 1: 210 dt, Variante 3: 195 dt / ha).

Als Qualitätsmerkmal wurde neben dem vermarktfähigen Anteil der Nitratgehalt im Presssaft ausgewählt. Der Grenzwert liegt derzeit in Österreich bei 2500 mg/kg. In den Sellerieknollen lagen die Werte bei allen Varianten sehr niedrig, bei nur 360 bis 600 mg/kg bei standortüblicher Düngung (Variante 1) und um 270 mg in den N-reduzierten Parzellen (Variante 3 und 4). Die Ursache lag auch hier in der extremen Spätsommertrockenheit mit veränderter Stickstoffaufnahme wegen Wassermangel.

Karfiol (2000)

Die Ertragsersparung bei Sommerkarfiol lag bei 300 dt/ha. Geerntet wurde zu zwei Terminen, im Abstand von einer Woche. Das mittlere Rosengewicht beim ersten Erntetermin lag bei 1350 g, beim zweiten Erntetermin bei 1450 g/Rose.

Die Grünroggen-Zwischenfrucht Begrünung vor Karfiol führte zu einer signifikanten Erhöhung der vermarktungsfähigen Erntemenge, nicht aber zu einer Veränderung des Gesamtbiomasseaufwuchses (+ Ernterückstände). Die -30% N-Düngungsreduktion ergab zwar einen signifikant geringeren Karfiol-Rosenertrag, aber auf den N-düngungsreduzierten Parzellen blieben die Erträge relativ hoch, am Niveau der Ertragsersparung (Tabelle 7).

Im Presssaft der Karfiolrosen waren die Nitratgehaltswerte generell niedrig. In den standortüblich N-gedüngten Parzellen lagen die Werte bei nur 410 mg/kg (Varianten 1 und 2), in den Rosen von den -30% N-gedüngten Parzellen (Varianten 3 und 4) bei nur 300 mg/kg.

Nitratdynamik und Sickerwasseranfall**Standort Seebach (Tabelle 8)**

Eine Reduktion der N-Düngermenge um 30% unter dem Sollwert führte überwiegend zu geringeren Rest N_{\min} -Werten nach der Ernte. In den Sommermonaten (zweiter und dritter Salatsatz) waren die Unterschiede deutlicher. Die Saugkerzen ergaben am Standort Seebach von Beginn an (ab Frühjahr 1998) wegen des ungestörten Einbaues reproduzierbare Messwerte, die aber wegen der hoch mit N-gedüngten Vorkulturen und des Kleegrasumbruches (im Oktober 1997) zu Messbeginn extrem hoch lagen (bis zu 600 mg NO_3/l).

In beiden Untersuchungsjahren (1999 und 2000) kam es zu Vegetationsende im Herbst bei N-Düngungsreduktion und Zwischenbegrünung im Vergleich zu Schwarzbrache zu deutlich geringeren NO_3 -Gehaltswerten (1999 ständig < 100 mg NO_3 , 2000 < 170 mg NO_3). Während der Vegetationszeit (von März bis September) zeigte sich dies nicht eindeutig. Ähnliche Ergebnisse erhielten auch RUCK und STAHR (1996, PISTECKY und KLAGHOFER 1997, BAUMGARTEN 1999).

Tabelle 7: Karfiol-Rosenertrag und Gesamtbiomasse (oberirdisch) in dt/ha, Wörth 2000

	N-Düngungsvariante			
	1-KNS-Vorgabe	2-KNS-Vorgabe Grünroggen	3-KNS-Vorgabe -30%	4-KNS-Vorgabe -30% Grünroggen
Vermarktungsfähiger Karfiol	317,7 B	343,9 c	287,9 a	302,3 Ab
Ernterückstand (oberirdisch)	254,0	240,6	266,2	228,6

Tabelle 8: Mittlere Nitratkonzentrationen in mg/l und Sickerwassermenge in mm am Standort Seebach für die hydrologischen Jahre 1999 und 2000

	Mittlere Nitratkonzentration in mg/l		
	V1	V2	V3
1998/99	365	384	333
1999/00	299	261	345
Sickerwassermenge in mm*			
1998/99	137	65	120
1999/00	81	36	80

* Hydrologisches Jahr dauert vom 1. November bis 31. Oktober

Tabelle 9: Mittlere Nitratkonzentrationen in mg/l und Sickerwassermenge in mm am Standort Wörth für die hydrologischen Jahre 1999 und 2000

	Mittlere Nitratkonzentration in mg/l			
	V1	V2	V3	V4
1998/99	15	30	20	47
1999/00	81	78	40	127
Sickerwassermenge in mm*				
1998/99	210	217	313	290
1999/00	265	300	269	339

* Hydrologisches Jahr dauert vom 1. November bis 31. Oktober

Standort Wörth (Tabelle 9)

Insgesamt weist dieser Standort höhere Sickerwassermengen auf. Ab Dezember 1998 kam es zu einer Angleichung der Nitratkonzentration der Saugkerze (120 cm Bodentiefe) mit dem Sickerwasser-sammler.

Das Niveau der Nitratkonzentration war am Standort Wörth durchwegs bedeutend niedriger als in Seebach. Mit einer Ausnahme – im Winter 1999-2000 – nach der geringen Ernte bei Knollensellerie blieben die Werte unterhalb von 100 mg NO_3/l .

Die Nitratkonzentrationen und der Sickerwasser-Mengenanstieg waren auf beiden Standorten und in beiden hydrologischen Jahren variantenbezogen. Die im Herbst aufwachsende Zwischenfrucht (Phacelia oder Grünroggen) führte im

semihumiden Produktionsgebiet während der Zwischenbrachezeit zu einer Reduktion der anfallenden Sickerwassermenge, die sich generell auf die Nitrat-auswaschung günstig auswirkte. Dadurch kam es zu einer Reduktion der Auswaschung um bis zu 60 kg NO_3-N/ha . Ähnliche Ergebnisse erhielten PISTECKY und KLAGHOFER 1997 sowie BODNER 2001.

Schlussfolgerung

Für viele Gemüscarten, im Besonderen für Blatt- und Kohlgemüse, ist zur Erreichung eines ausreichenden vermarktungsfähigen Anteils am Erntegut eine hohe Bewirtschaftungsintensität erforderlich. Aus den bisherigen Ergebnissen ist ersichtlich:

- Eine Stickstoffdüngerbemessung nach

dem KNS-System führte bei den Gemüsesorten Kopfsalat, Sellerie und Karfiol zu keinen Ertrags- und Qualitätsverminderungen

- Eine weitere Reduktion der N-Düngermenge um 30 % unter dem N-Sollwert (KNS-System) vermindert überwiegend den Ertrag und auch den vermarktungsfähigen Anteil der Ernte
- Unter den vorgegebenen Bedingungen, im Besonderen am Standort Seebach, ist zeitweise auch bei einer N-Düngung nach den IP-Richtlinien sowie weiterer N-Düngungsreduktion eine Nitratauswaschung nicht auszuschließen. Mittel- und langfristig ist aber mit einer wesentlichen Verminderung der Nitratverlagerung zu rechnen
- Eine Zwischenbegrünung mit Grünroggen ergab überwiegend positive Ergebnisse. Voraussetzung ist allerdings eine optimale Einarbeitung der Ernterückstände
- Eine Reduktion der anfallenden Sickerwassermenge durch die im Herbst

und Spätwinter aufwachsende Zwischenbegrünung führt im semihumiden Ackerbaugebiet generell zu Vorteilen

Literatur

BAUMGARTEN, A. (1999): IP-Tools – EDV gestützte Düngeberatung im österreichischen Gemüsebau. Der Förderungsdienst-Spezial 11, 23-24. Wien

BODNER, G. (2001): Einfluss von Fruchtart, Saat- und Umbruchzeitpunkt der Zwischenfrucht-begrünung auf den Bodenwasserhaushalt, die Nitratdynamik sowie ihre Auswirkungen auf ausgewählte Ertrags- und Qualitätsparameter der Folgefrucht Sommergerste. Diplomarbeit Universität Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Wien.

DIETRICH R. and P. LIEBHARD (2000): Reducing nitrate losses in lettuce production in Austria. Presentation at the ISHS Workshop "Towards an ecologically sound fertilisation in field vegetable production; 11. – 14. September 2000, Wageningen, The Netherlands.

DIETRICH R., P. LIEBHARD, K. ESCHELBÖCK, St. HAMEDINGER und M. BÄCK (2001): Bewertung von pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Verminderung der Stickstoffverlagerung des Feldgemüsebaues im Südlichen Eferdinger Becken. Zwischenbericht über das Versuchsjahr 2000. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,

Umwelt und Wasserwirtschaft, des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung, Agrar- und Forstrechtsabteilung und Abteilung Wasserbau. Linz.

DITRICH R. (2002): Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme auf den Ertrag, ausgewählte Qualitätsparameter und die Nitratverlagerung im Feldgemüsebau. Diss. Universität für Bodenkultur Wien.

LORENZ, H. P., J. SCLAGHECKEN, G. ENGL, A. MAYNE und J.ZIEGLER (1989): Ordnungsgemäße Stickstoffversorgung im Freilandgemüsebau nach dem „Kulturbegleitenden N_{min} -Sollwerte (KNS)-System“. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Rheinland-Pfalz.

MURER, E. (1998): Ergänzende Auswertung zum Bericht über die bodenphysikalischen Untersuchungen im Projekt "Grundwasserverträglicher Gemüsebau, Eferdinger Becken, OÖ". Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen (Zl. 929-373/3/98). unveröffentl. Manuskript ÖVAF. Wien.

PISTECKY, W und E. KLAGHOFER (1997): Pilotprojekt Grundwassersanierung Korneuburger Bucht. Ergänzende Untersuchungen für die Bewirtschaftungsjahre 1994/95 und 1995/96. Bericht. Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft.

RÜCK, F. und K. STAHR (1996): Herbst N_{min} -Werte als Maß der Nitratauswaschungsgefährdung in Abhängigkeit von Böden und Nutzung. Agribiol. Res. 49,2-3.