

# Einfluss von Sanierungsmaßnahmen auf Ertrag und Qualität bei Gemüse sowie auf Nitratverlagerung und Sickerwasseranfall

P. LIEBHARD, R. DIETRICH und K. ESCHELBÖCK

## Abstract

The economically important vegetable growing sector in the Southern Eferding basin (about 20 km west of Linz) is well known for its range of field vegetable for the fresh market as well as for the processing industry. As the farms are small structured the percentage of vegetable in the crop rotation is high. As a result of such an intensity cultivation and fertilisation practice a considerable amount of nitrate has been leached out into the groundwater. Nitrate concentrations surpassed the threshold value of 45 mg NO<sub>3</sub>/litre at different monitoring spots.

Many vegetable varieties grown in the Eferding region, specially leaf and Brassica varieties, need a high cultivation intensity to reach marketable size in due time. Additionally a considerable percentage of these varieties are harvested from full vegetative growth and are often planted on middle or even light soil.

Measures to reduce nitrate leaching into the groundwater are therefore necessary to secure a sustainable production of field vegetable in the Southern Eferding basin.

To evaluate different measures for the reduction of nitrate leaching, field lysimeters were built in at two representative farms in February 1998. Data for the amount of seepage water and nitrate concentrations was collected over nearly four years.

From the results so far the following conclusions can be drawn:

- The KNS-recommendation system forms the basis to reduce nitrate leaching in the integrated field vegetable production.
- Recommendations for nitrogen fertilisation based on the KNS-system did

not reduce yield or quality of vegetable varieties such as lettuce, cauliflower or celeriac.

- By following the KNS-recommendation system short term nitrate concentrations of seepage water above the threshold value could not be avoided.
- The reduction of the KNS-target value by 30 %, as a measure to reduce nitrate leaching, lead to yield depressions for lettuce, cauliflower and chinese cabbage (data not included). At the same time the marketable yield in number decreased as well. Such yield losses could be partially compensated through further measures such as green rye as cover crop.
- The 30 % reduction of N-fertilisation from the N<sub>min</sub>-target value mostly resulted in reduced soil mineral nitrogen values.
- Nitrate concentrations in the marketable products were far below the legal limits. The reduction of the N<sub>min</sub>-target value by 30 % in some variants further decreased nitrate concentrations in the plants.
- Intercropping with green rye lead to significantly positive results. Spring tillage of green rye has been done optimal moisture conditions of the soil. Just ploughing in of the biomass at too high moisture levels results in negative growing conditions for the following crop such as lettuce.
- Under the given soil conditions and cultivation methods, phacelia was not as favourable as green rye before lettuce.
- The losses of nitrate nitrogen with the seepage water reached up to 100 to 110 kg NO<sub>3</sub>-N per hectare and year at the most. Normal losses are somewhere

around 50 kg NO<sub>3</sub>-N per hectare and year. Through the applied groundwater protection measures at the two locations a loss reduction of 10 to 70 kg NO<sub>3</sub>-N per hectare could be achieved in different years.

## Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Für eine ganzheitliche Beurteilung eines nachhaltigen Landwirtschaftssystems mit unterschiedlicher Intensität auf Auswirkungen wie Evaporation, Nährstoffauswaschung und Grundwasserneubildung sind Lysimeteruntersuchungen erforderlich, da nur anhand regionaler Ergebnisse der Raum-Zeitbezug eines teilgeschlossenen Wasserkreislaufes beurteilt werden kann.

Die Intensivierung der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Produktion in den vergangenen fünf Jahrzehnten führte zu einer deutlichen Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. Vor allem die Zufuhr größerer Mengen von Wirtschafts- und Mineraldüngern erhöhte die Menge an organisch gebundenem Stickstoff im Boden und damit auch die Menge an mineralisierbarem Nitratstickstoff. In vielen wesentlichen landwirtschaftlichen Produktionsgebieten wurde das Grundwasser mit Nitrat belastet.

Bei hohen Nitratgehalten im Grundwasser müssen die Wasserversorger aufgrund der gesetzlichen Vorgaben Sanierungsmaßnahmen einleiten. Als Ursache für die erhöhten NO<sub>3</sub>-Gehaltswerte im Grundwasser wird überwiegend der aus der Wurzelzone verlagerte Düngerstickstoffanteil verantwortlich gemacht. Eine vorausgehende Quantifizierung der Nitrataustragsmenge in durchlässigen flachgründigen Böden ist trotz Berücksichtigung vieler Faktoren aufgrund der

**Autoren:** A.o. Univ.-Prof. Dr. Peter LIEBHARD und K. ESCHELBÖCK, Universität für Bodenkultur, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 WIEN; Dr. Richard DIETRICH, Österreichische Vereinigung für Agrar-, Lebens- und Umweltwissenschaftliche Forschung, Lerchenauerstr. 45, A-6923 LAUTERACH

vernetzenden Wirkung der unterschiedlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen und der Witterung nicht möglich und kann nur mit Hilfe von Modellschätzmethoden erfolgen.

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 Nitrateinträgen 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 Frischgemüseanbaugelände mit kleinbäuerlicher Betriebsstruktur und vielen kleinräumigen Bodenunterschieden kam es auf einigen Messstellen zu steigenden  $\text{NO}_3^-$ -Gehaltswerten 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.

Die Ergebnisse sollen bei zukünftigen regionalen wasserwirtschaftlichen Rahmenentscheidungen als Entscheidungshilfen herangezogen werden.

## 2. Material und Methoden

Die Problemflächen mit den Versuchsanstellungen liegen im südlichen Eferdinger Becken und gehören 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.

### 2.1 Standort Seebach

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 1 m 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 25 cm) liegt das Stickstoffmineralisierungsvermögen zwi-

schen 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.

### 2.2 Standort Wörth

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 Speicherfähigkeit 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.

### 2.3 Versuchsanlage

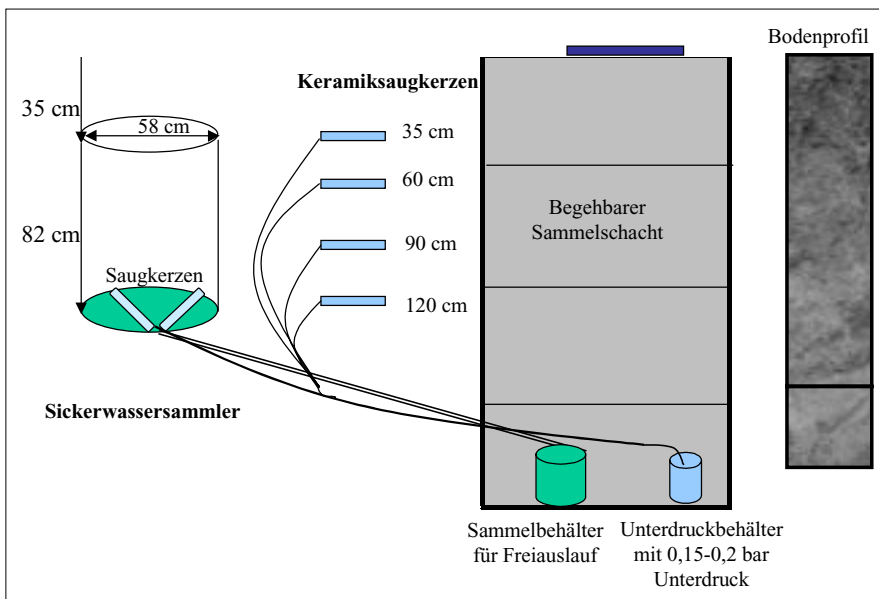
Zur Beurteilung des Sanierungskonzeptes auf den Nitrataustrag wurden im Februar 1998 Sickerwassersammler eingebaut, die einerseits die Menge an Sickerwasser und andererseits die Höhe der  $\text{NO}_3^-$ -Befruchtung des Sickerwassers aufzeigen. In jeder Bruttoparzelle befindet

**Tabelle 1: Profil, Feststoffdichte (ps), Trockendichte (pd), 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 <sup>3</sup> )	pd (g/cm <sup>3</sup> )	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 <sub>2</sub> ) (0-30 cm)						7,0		
Gesamt-N						125 mg/100 g Boden		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>						33 mg/100 g Boden		
K <sub>2</sub> O						20 mg/100 g Boden		
Mg						17 mg/100 g Boden		

**Tabelle 2: Profil, Feststoffdichte (ps), Trockendichte (pd), Gesamtporenvolumen (GPV) sowie Feldkapazität (FK), Welkepunkt (WP), nutzbare Feldkapazität je Bodenschicht und ausgewählte chemische Bodenkennwerte, Standort Würth, (MURER 1998, Projektauftrag)**

Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	ps (g/cm <sup>3</sup> )	pd (g/cm <sup>3</sup> )	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 <sub>2</sub> ) (0-30 cm)						7,1		
Gesamt-N						109 mg/100 g Boden		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>						51 mg/100 g Boden		
K <sub>2</sub> O						27 mg/100 g Boden		
Mg						9 mg/100 g Boden		



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

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.

**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

**2.3.1 Standort Seebach**

Der Versuch erfordert für einen praxisgerechten Salatanbau größere Parzellen. Die Anlage besteht aus drei nebeneinanderliegenden Bruttoparzellen von 13 m Breite und 50 m Länge (2 Bahnen Abdeckvlies zu je vier Salatzeilen). Dies ergibt insgesamt eine Fläche von ca. 2000 m<sup>2</sup>.

**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.	

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 Vorfrucht Salat. Die Pflege- und Kulturmaßnahmen (Beregnung und Pflanzenschutz) erfolgten auf allen Parzellen einheitlich nach den Empfehlungen der fachlichen Praxis. Die N<sub>min</sub>-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. Nach dem dreijährigen Salatanbau folgte W-Weizen, der auch versuchsmäßig ausgewertet wurde. Die Daten werden aber nicht angeführt.

**2.3.2 Standort Würth**

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 m<sup>2</sup>.

Variante 1 und 2 sowie 3 und 4 unterscheiden sich nur durch eine nichtabfrostende Zwischenfruchtbegrünung (Grünroggen 1998 und 1999, 2000 Phacelia und Grünroggen).

Die Düngung wurde nach dem KNS-System durchgeführt. Ausgehend vom Sollwert jeder Kulturart wurde zu jedem Düngetermin der N<sub>min</sub>-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

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	Phacelia
		2001	Salat	-	-
			1. Satz	91	
			2. Satz	97	
3. Satz	98				
2	KNS-Vorgabe	1999	Sellerie	57	Grünroggen
		2000	Karfiol	194	Grünroggen
		2001	Salat	-	-
			1. Satz	96	
			2. Satz	98	
3. Satz	87				
3	KNS-Vorgabe-30%	1999	Sellerie	112	Phacelia
		2000	Karfiol	241	
		2001	Salat	-	
			1. Satz	84	
			2. Satz	60	
3. Satz	51				
4	KNS-Vorgabe -30%	1999	Sellerie	38	Grünroggen
		2000	Karfiol	148	Grünroggen
		2001	Salat	-	-
			1. Satz	90	
			2. Satz	49	
3. Satz	57				

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	23. Oktober
2000	Karfiol	27. April	12. Juli
	Phacelia	11. August	
	Grünroggen	30. August	
2001	Salat 1. Satz	3. März	7. Mai
	2. Satz	17. Mai	14. Juli
	3. Satz	17. Juli	30. August

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 %).

### 3. Ergebnisse und Diskussion

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

#### 3.1 Standort Seebach - vermarktungsfähiger 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 Ertragsverminderungen (mit einer Ausnahme) und zusätzlich zu einer Reduzierung des vermarktungsfähigen Anteils. Die Nitratgehaltswerte im Presssaft der Marktware lagen 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; DIETRICH et al., 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).

#### 3.2 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.

##### 3.2.1 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 vermarktungsfähigen 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.

##### 3.2.2 Karfiol (2000)

Die Ertragserwartung 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.

**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
Vermarktungs- fähiger 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: Salatertrag kg/ha und vermarktungsfähige Köpfe in %, 1. bis 3. Satz, Wörth 2001**

Variante	1. Satz		2. Satz Eissalat		3. Satz	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
1. KNS-Vorgabe Phacelia	21.389 a	91	42.199 a	70	26.321 a	95
2. KNS-Vorgabe Grünroggen	18.847 b	94	50.029 b	90	24.088 a	96
3. KNS-Vorgabe -30 % Phacelia	18.571 b	93	44.298 a	78	24.091 a	96
4. KNS-Vorgabe -30% Grünroggen	14.688 c	75	51.538 b	85	25.857 a	95

Die Grünroggen-Zwischenfruchtbe-grünung vor Karfiol führte zu einer signifi-kanten Erhöhung der vermarktungsfähigen Erntemenge, nicht aber zu einer Ver-änderung 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. 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 (Va-rianten 3 und 4) bei nur 300 mg/kg.

Bei allen drei Sätzen lagen die Salaterträge der Sorte und den Standortbedin-gungen entsprechend im Mittel. Im ers-ten Satz kam es vor allem bei den Grün-roggen-Vorfuchtvarianten (= Zwischen-frucht) zu einer Ertragsverminderung. Im zweiten Satz wurde ein Eissalat mit sehr hohem Einzelkopfgewicht (und ca. 2-wöchiger) längerer Vegetationsdauer ausgepflanzt.

Entgegen den Ertragsergebnissen vom ersten Satz lagen die Erträge beim zwei-ten Satz bei den Grünroggenvarianten

signifikant höher. Im dritten Salatsatz kam es bezüglich Ertrag und vermark-tungsfähiger Kopfzahl zwischen den Varianten zu keinen Unterschieden mehr.

### 3.3 Nitratdynamik und Sickerwasseranfall

#### 3.3.1 Standort Seebach

Eine Reduktion der N-Düngermenge um 30 % unter dem Sollwert führte überwie-gend zu geringeren Rest  $N_{min}$ -Werten nach der Ernte. In den Sommermonaten (zweiter und dritter Salatsatz) waren die Unterschiede deutlicher. Die Saugkerzen

**Tabelle 9: Mittlere Nitratkonzentrationen in mg/l und Sickerwassermenge in mm am Standort Seebach für die hydrologischen Jahre 1999, 2000 und 2001**

	Mittlere Nitratkonzentration in mg/l		
	V1	V2	V3
1998/99	365	384	333
1999/00	299	261	345
2000/01	188	104	92
	Sickerwassermenge in mm*		
	1998/99	137	65
1999/00	81	36	80
2000/01	62	17	52

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

ergaben am Standort Seebach von Be-ginn an (ab Frühjahr 1998) wegen des ungestörten Einbaues reproduzierbare Messwerte, die aber wegen der hoch mit N-gedüngten Vorkulturen und des Klee-grasumbruches (im Oktober 1997) zu Messbeginn extrem hoch lagen (bis zu 600 mg  $NO_3/l$ ).

In den drei Untersuchungsjahren (1999, 2000 und 2001) kam es zu Vegetations-ende im Herbst bei N-Düngungsreduktion und Zwischenbegrünung im Ver-gleich 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. Der Weizenanbau mit einer N-Nulldüngung im Jahr 2001 führte zu einem starken Absinken der Nitratkonzentration. Bei Variante 1 - ohne Zwischenbegrünung - war die Verminderung deutlich geringer. Ähnliche Er-gebnisse erhielten auch RUCK und STAHR, 1996; PISTECKY und KLAG-HOFER, 1997; CEPUDER et al., 1997; BAUMGARTEN, 1999; BÖHM und HÖSCH, 2001; EDER, 2001).

#### 3.3.2 Standort Wörth

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 bedeu-tend niedriger als in Seebach. Mit einer Ausnahme - im Winter 1999-2000 - nach der geringen Ernte bei Knollensellerie blieben die Werte hoch, aber unterhalb von 100 mg  $NO_3/l$ .

Durch den Salatanbau ab März 2001 kam es zeitweise (kurzzeitig!) zu einem deut-lichen Anstieg der  $NO_3$ -Gehaltswerte. Einerseits war die intensive Bodenbear-beitung im Frühjahr (im verminderten Ausmaß auch vor den weiteren zwei Ausspflanzterminen) und andererseits die Einarbeitung der Grünroggen-Zwischen-fruchtbe-grünung ausschlaggebend. Der Salat durchwurzelt die Bearbeitungskru-me nur sehr flach.

Auf beiden Standorten waren die Nitratkonzentrationen und der Sickerwasser-Mengenanfall in allen drei hydrologi-

**Tabelle 10: Mittlere Nitratkonzentrationen in mg/l und Sickerwassermenge in mm am Standort Wörth für die hydrologischen Jahre 1999, 2000 und 2001**

	Mittlere Nitratkonzentration in mg/l			
	V1	V2	V3	V4
1998/99	15	47	30	20
1999/00	81	127	78	40
2000/1	105	53	45	35

	Sickerwassermenge in mm*			
	V1	V2	V3	V4
1998/99	210	290	217	313
1999/00	265	339	300	269
2000/01	120	226	211	306

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

schen Jahren variantenbezogen. Die Sickerwassermenge nahm in den drei Jahren beinahe kontinuierlich ab und fiel in der Periode 2000/01 vor allem in Seebach auf unter 100 mm ab, obwohl die Jahresniederschläge 2000 und 2001 über 900 mm und damit über dem langjährigen Mittel lagen.

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<sub>3</sub>-N/ha. Ergebnisse dieser Art wurden auch von PISTECKY und KLAGHOFER, 1997; BODNER, 2001; KNAPPE und HAFERKORN, 2001; LOHBERGER et al., 2001; RAHN et al., 2001 sowie STAUFER und SPIESS, 2001 ermittelt.

#### 4. Schlussfolgerung

Der wirtschaftliche bedeutende Feldgemüseanbau im Südlichen Eferdinger Becken (ca. 20 km westlich der Linzer Stadtgrenze) ist gekennzeichnet durch eine sowohl für den Frischmarkt als auch für die Verarbeitungsindustrie bestimmte vielfältige Gemüsepalette. Die überwiegend kleinbäuerliche Struktur führte zu hohen Gemüseanteilen am Ackerland mit wenig Ausweichmöglichkeiten. Aufgrund der hohen Bewirtschaftungsintensität und Düngung kam es zu beachtlichen Nitrateinträgen ins Grundwasser mit gebietsweiser Schwellenwertüberschreitung.

Für viele Gemüsearten, im Besonderen für Blatt- und Kohlgemüse, ist zur Erreichung eines hohen vermarktungsfähigen Anteils am Erntegut eine hohe Bewirtschaftungsintensität erforderlich. Ein Großteil dieser Gemüsearten wird zusätzlich aus dem vollen vegetativen Wachstum heraus geerntet und häufig auf leichten durchlässigen Böden produziert.

Zur Erhaltung und langfristigen Sicherung des Gemüseanbaues im Südlichen Eferdinger Becken sind daher Maßnahmen erforderlich, die mittelfristig die Nitratverlagerung ins Grundwasser reduzieren.

Zur Beurteilung unterschiedlicher Maßnahmen auf die Verminderung des Nitrataustrages wurden bei zwei für das Produktionsgebiet repräsentativen Betrieben im Februar 1998 Sickerwasser-sammler errichtet, die einerseits die Menge an Sickerwasser und andererseits die Höhe der NO<sub>3</sub>-Befruchtung des Sickerwassers aufzeigen.

Aus den bisherigen Ergebnissen kann geschlossen werden:

- Das kulturbegleitende N-Sollwertsystem (KNS-System) in der "Integrierten Gemüseproduktion" ist im Untersuchungsgebiet die Basis zur Verminderung einer Nitratverlagerung bzw. Auswaschung.
- Die Stickstoffdüngerbemessung nach dem KNS-System führte bei den Gemüsearten Kopfsalat, Karfiol und Sellerie zu keinen wesentlichen Ertrags- und Qualitätsvermindernungen.
- Eine Reduktion der N-Düngermengen um 30 % unter den N-Sollwert (KNS-System) führte bei den Gemüsearten Salat, Karfiol und Chinakohl (Ergebnisse nicht angeführt) zu Ertragsvermindernungen und zusätzlich zu einer Reduzierung der anteilmäßigen vermarktungsfähigen Erntemengen. Dieser Einfluss kann aber durch weitere Maßnahmen, wie z.B. Grünroggen-Zwischenfrucht in der negativen Wirkung vermindert werden.
- Die Reduktion der N-Düngermengen um 30 % unter den N-Sollwert führte überwiegend zu geringeren N<sub>min</sub>-Gehaltswerten.
- Die Nitrat-Gehaltswerte im Presssaft der Marktware von allen Vergleichs-

varianten und Ernteterminen lagen deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten. Eine variantenbezogene, deutlich reduzierte N-Düngung führte zu einer Verminderung des Gehaltswertes.

- Die Zwischenbegrünung mit Grünroggen ergab überwiegend signifikant positive Ergebnisse. Voraussetzung ist jedoch eine optimale Einarbeitung bei günstigen Bodenwassergehalten. Ein mattenförmiges Einpflügen bei zu feuchten Bodenbedingungen wirkt sich bei Salat negativ aus.
- Unter den vorgegebenen standörtlichen Boden-, Bewirtschaftungs- und Fruchtfolgebedingungen war Phacelia im Vergleich zu Grünroggen als Zwischenfrucht bei Salat nicht so günstig.
- Die N-Bilanzierung des Sickerwassers über die drei Jahre ergab auf den angeführten Standorten eine maximale jährliche Stickstoffverlagerung von etwa 100 bis 110 kg NO<sub>3</sub>-N/ha. Übliche Verluste dürften sich in einer Größenordnung von etwa 50 kg NO<sub>3</sub>-N/ha bewegen. Durch die gesetzten Sanierungsmaßnahmen konnte eine Verminderung der Nitratverlagerung zwischen 10 und 70 kg NO<sub>3</sub>-N/ha erreicht werden.
- Aufgrund der vorgegebenen Standortbedingungen (Klima und Boden) ist trotz Ausschöpfung aller Sanierungsmaßnahmen eine kurzzeitige Nitrat- auswaschung bzw. NO<sub>3</sub>-Schwellenwertüberschreitung im Sickerwasser bei Gemüse mit hohem N-Düngungsbedarf und kurzer Vegetationszeit nicht auszuschließen.

#### 5. 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 Nitratsdynamik sowie ihre Auswirkungen auf ausgewählte Ertrags- und Qualitätsparameter der Folgefrucht Sommergerste. Diplomarbeit Universität Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Wien.
- BÖHM, K. und J. HÖSCH, 2001: Der Zwischenfruchtanbau als Instrument der Stoffkonservierung. 9. Lysimetertagung - Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung. BAL Bericht, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 51 - 56.

- CEPUDER, P., M. TULLER, B. SCHWEIGHOFER, H. MÜLLER, E. KORTSCHAK, P. LIEBHARD, H. HAGER, S. HUBER und R. HABERL, 1997: Statusanalyse Tullnerfeld, Universität für Bodenkultur 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, Waageningen, 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.
- DIETRICH, R., 2002: Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme auf den Ertrag, ausgewählte Qualitätsparameter und die Nitratverlagerung im Feldgemüsebau. Diss. Universität für Bodenkultur Wien.
- DIETRICH, R., P. LIEBHARD, K. ESCHLBOECK, M. BÄCK und St. HAMEDINGER, 2002: Bewertung von pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Verminderung der Stickstoffverlagerung des Feldgemüsebaues im Südlichen Eferdinger Becken. Endbericht über die Versuchsjahre 2000/01. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung, Agrar- und Forstrechtsabteilung und Abteilung Wasserbau. Linz.
- EDER, G., 2001: Stickstoff- Phosphor- und Kaliumauswaschung bei Wirtschaftsdüngeranwendung im Grün- und Ackerland ausschlaggebend. 9. Lysimetertagung - Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung. BAL Bericht, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 61 - 66.
- KNAPPE, S. und U. HAFERKORN, 2001: Witterungs-, boden- und nutzungsbedingte N-Auswaschungspotentiale von typischen Pedohydroptropen des Mitteldeutschen Trockengebietes (Partheinzugsgebiet). 9. Lysimetertagung - Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung. BAL Bericht, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 83 - 88.
- LOHBERGER, W., H. LANG, E. MURER, M. POLLAK, M. KUDERNA und T. ÜBLEIS, 2001: Pilotprojekt zur Grundwassersanierung in Oberösterreich - 1994-2000. Abschlußbericht i. A. BM. f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Sek. IV, Wien und Amt der OÖ. Landesregierung, Abt. Wasserbau, Linz.
- 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.
- RAHN, C.R., R.D. LILLYWHITE, S. De NEVE, M. FINK and C. RAMOS, 2001: Proceedings of the International Conference on Environmental Problems Associated with Nitrogen Fertilisation of Field Grown Vegetable Crops. Acta Horticulturae 563.
- RÜCK, F. und K. STAHR, 1996: Herbst  $N_{min}$ -Werte als Maß der Nitratauswaschungsgefährdung in Abhängigkeit von Böden und Nutzung. Agri-biol. Res. 49, 2-3.
- STAUFER, W. und E. SPIESS, 2001: Einfluß unterschiedlicher Fruchtfolgen und nachwachsender Rohstoffe auf die Nitratauswaschung. 9. Lysimetertagung - Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung. BAL Bericht, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 47 - 50.

