

Einfluss unterschiedlicher Extensivierungsmaßnahmen bei Salat auf Nitrataustrag und Bodenwasserhaushalt

P. LIEBHARD, E. SCHMID, R. DIETRICH und K. ESCHELBÖCK

Das wachsende Umweltbewusstsein und der zunehmende Kostendruck im Gemüsebau fordern eine effiziente Kulturführung. Die Intensivierung der Nutzpflanzenproduktion und die Qualitätsanforderungen von Ernteprodukten führen unter anderem zu Nitratreinträgen ins Grundwasser. Es trifft vor allem beim Blattgemüse zu, da es überwiegend aus dem vegetativen Wachstum heraus geerntet wird und teilweise große Mengen an stickstoffreichen und schnell abbaubaren Ernterückständen am Feld verbleiben. Hinzu kommt, dass sich ein Großteil der Anbauflächen auf leichten Böden mit geringer Speicherkapazität für das Bodenwasser befinden.

Im Eferdinger Becken, einem bedeutenden österreichischen Frischgemüseanbaugesamt mit kleinbäuerlicher Betriebsstruktur und vielen kleinräumigen Bodenunterschieden, kam es auf einigen Messstellen zu steigenden NO_3^- -Gehalten im Grundwasser, die zur Überschreitung der aktuellen Schwellwerte führten. Eine Optimierung des Gemüsebaues - im Besonderen bei Salat - hinsichtlich grundwasserschonender Produktionsmaßnahmen war daher erforderlich.

Bei Salat ist wegen der kurzen Vegetationszeit zur Erreichung entsprechender Erträge mit hoher Marktqualität meist ein hohes N-Düngernährstoffangebot erforderlich. Ausgehend von der Vielfalt der Gemüsearten und des äußerst unterschiedlich hohen einzelbetrieblichen Anteils an Blattgemüse wurde ein mehrstufiges Sanierungsprogramm erstellt. Zielsetzung der Projektarbeit war es, durch unterschiedliche Bewirtschaftungsmaßnahmen wie (i) eine flächendeckende Produktion nach den IP-Richtlinien (N-Düngung nach dem KNS-System), (ii) weitere Reduktion der N-Düngung um 30 %, sowie Anbau von (iii) abfrostender und (iv) nichtabfrostender

Zwischenfrüchten, den Nitratreintrag ins Grundwasser zu vermindern.

Mit Hilfe des Simulationsmodells EPIC (Environmental Policy Integrated Climate model, WILLIAMS et al., 1984; WILLIAMS, 1990, 1995; WILLIAMS et al., 1996) und der Beschreibung der Bodenwasserdynamik sollen der Stickstoffkreislauf mit Oberflächenabfluss, die Transportvorgänge (Evaporation und Feststoffverlagerung) sowie die N-Auswaschung beurteilt werden.

Material und Methoden

Das Eferdinger Becken mit dem Feldversuch (Tabelle 1) gehört zum östlichen Alpenvorland. Für einen praxisgerechten Salatanbau war eine Versuchsfläche von ca. 2 000 m² erforderlich (pro Parzellenbreite 2 Bahnen Abdeckvlies zu je

vier Salatreihen). Eferding liegt 25 km westlich von Linz und auf 270 m Seehöhe. Dieses klimatisch begünstigte Kleinproduktionsgebiet weist im langjährigen Durchschnitt 795 mm Jahresniederschlag auf und hat eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 9,3 °C.

Der Bodentyp ist ein grauer Auboden, in der Krume ist er mittelhumos, von 25 bis 80 cm Bodentiefe schwach humos, darunter gering humos. Ab 120 cm Bodentiefe liegt ein schwach kiesiger Sand vor (Tabelle 2). Der Boden besitzt bis 1 m Tiefe eine hohe nutzbare Speicherkapazität 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 Oberbo-

Tabelle 1: 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 |

Tabelle 2: Profil, Feststoffdichte (rs), Trockendichte (rd), Gesamtporenvolumen (GPV) sowie Feldkapazität (FK), Welkepunkt (WP), nutzbare Feldkapazität (nFK) 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: Univ.-Prof. Dr. Peter LIEBHARD, E. SCHMID, K. ESCHELBÖCK und R. DIETRICH, Universität für Bodenkultur, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor-Mendel-Str. 33, A-1180 WIEN

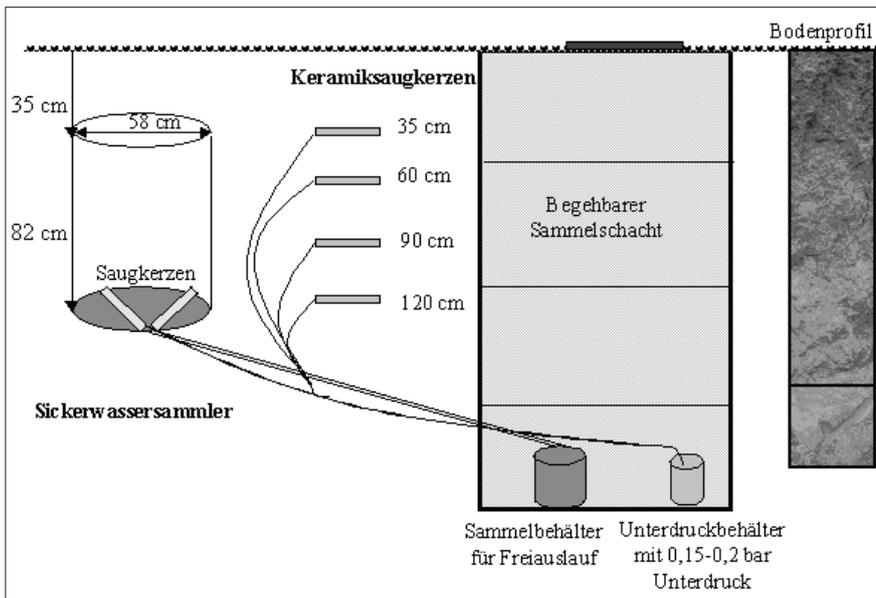


Abbildung 1: Schema eines Sickerwassersammlers und Lage der Saugkerzen, Standort Seebach

den (0 bis 25 cm) liegt in der Woche das Stickstoffmineralisierungsvermögen zwischen 38 und 45 mg N/1000 g Feinboden.

Zur Beurteilung des Sanierungskonzeptes auf den Bodenwasserhaushalt und den Nitrataustrag wurden im Februar 1998 Sickerwassersammler eingebaut, die einerseits die Menge an Sickerwasser und andererseits die Höhe der NO_3^- -Befruchtung des Sickerwassers aufzeigen. In drei Parzellen befinden sich ein Sickerwassersammler (120 cm, 2 Saugkerzen und ein Freiauslauf) sowie seitlich Keramiksaugkerzen in 35, 60, 90 und 120 cm Tiefe (im ungestörten Boden) mit einem gemeinsam begehbaren Schacht für Sammel- und Unterdruckbehälter (Abbildung 1).

Die Stickstoffdüngung bei Salat erfolgte nach dem KNS-Sollwertsystem (LORENZ et al., 1989) mit einem Sollwert von 140 kg/ha, bei der -30 % N-Sollwertreduktion 98 kg/ha (Varianten 4, 5 und 6). Die Kulturdauer bei Salat lag im Mittel aller sechs Sätze bei ca. 6 Wochen. Vorfrucht war Klee gras mit einem hohen Grasanteil, das im Oktober umgebrochen wurde. Die Fruchtfolge war Salat (drei Sätze) - Salat (drei Sätze) - W-Weizen - Grünbrache (überjähriges Klee gras).

Die N_{\min} -Beprobung (ÖNORM L 1091, 1999) erfolgte vor Vegetationsbeginn und nach Vegetationsende auf 90 cm Bodentiefe, nach der ersten und zweiten

Salaternte nur bis 60 cm Bodentiefe. 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

Das Programm "IP-Gemüseproduktion" ("Integrierte Produktion") beinhaltet Maßnahmen, die eine Verminderung bei Ertrag und Qualität, aber im Besonderen eine Reduktion der Nitratbelastung des Grundwassers erwarten lassen. Die Ermittlung der Umwelteffekte erfordern eine mehrjährige Bearbeitung. Bei den betriebsüblich generell hohen Salaterträgen hat sich die Stickstoffdüngerbemessung nach dem KNS-System als günstiger Richtwert bestätigt (DIETRICH et al., 2002).

Der Witterungsverlauf in den Untersuchungsjahren war unterschiedlich, was sich sowohl auf den Salatertrag als auch auf die Sickerwassermenge und die Nitratkonzentration ausgewirkt hat. Die N-Düngermengenreduktion um 30 % unter den KNS-Sollwert führte zu einer deutlichen Ertragsverminderung und zusätzlich zu einer Reduzierung des vermarktungsfähigen Anteils (Werte nicht angeführt). Die Nitratgehaltswerte im Presssaft der Marktware lagen generell bei allen Varianten und Ernteterminen unter den gesetzlichen Höchstwerten. Die reduzierte N-Düngung verminderte

die Gehaltswerte (Werte nicht angeführt).

Die N-Düngermengenreduktion um 30 % unter den KNS-Sollwert führte auch zu geringeren Rest N_{\min} -Gehaltswerten nach den Salaternten, was entgegen der Erwartung zu geändert unterschiedlich hohen N-Düngermengen führte. In den Sommermonaten Juni bis August, beim zweiten und dritten Salatsatz, waren die Unterschiede deutlicher.

Die Saugkerzen ergaben am Standort Seebach von Beginn an (ab Frühjahr 1998) aufgrund des Einbaues in ungestörten Boden reproduzierbare Messwerte, die aber wegen der stark gedüngten Vorkultur und dem nachfolgenden Klee gras (Umbruch im Oktober 1997) zu Messbeginn extrem hoch lagen (bis zu 600 mg NO_3^-/l). Entscheidend für die Beurteilung der gewählten Extensivierungsmaßnahmen waren die gemessenen mittleren Gehaltswerte der Nitratkonzentration und die anfallende Sickerwassermenge.

Tabelle 3 zeigt die mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser des Sickerwassersammlers und der Saugkerzen in 120 cm Bodentiefe.

Im Herbst 1998 gab es überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen und infolge dieser kam es zu entsprechenden Sickerwassermengen. In den Folgejahren lagen die Niederschlagswerte im langjährigen Mittel und dadurch reduzierte sich die anfallende Sickerwassermenge wieder auf eine erwartete Menge von ca. 65 bis 100 mm. Die Nitratkonzentration im Sickerwasser und vor allem in den Saugkerzen war extrem hoch. Die während der Zwischenbrachezeit im Herbst gewachsene Begrünung führte am angeführten Standort, im semihumiden Produktionsgebiet, zu einer Verminderung der anfallenden Sickerwassermenge, die sich generell günstig auf eine verminderte Nitratauswaschung auswirkte. Der Anbau einer Spätsommer-Zwischenfrucht reduzierte die NO_3^- -N Auswaschung um bis zu 60 kg/ha. Diese Werte sind im Vergleich zum semiariden Produktionsgebiet um bis zu 50 % höher, aber in der Auswirkung von Extensivierungsmaßnahmen parallel verlaufend (HOFREITHER et al., 2000). Unter den angeführten Boden-, Bewirtschaftungs- und Fruchtfolgebedingungen

Tabelle 3: Mittlere Nitratkonzentration in mg/l und Sickerwassermengen in mm am Standort Seebach in den drei hydrologischen Jahren 1998/1999, 1999/2000 und 2000/2001

| Hydrologisches Jahr | Düngungs- und Begrünungsvariante | | | | | |
|---------------------|----------------------------------|-----|-----|-------------------|----|-----|
| | Nitratkonzentration (mg/l) | | | Sickerwasser (mm) | | |
| | V1 | V2 | V3 | V1 | V2 | V3 |
| 1998/1999 | 365 | 384 | 333 | 137 | 65 | 120 |
| 1999/2000 | 299 | 261 | 345 | 81 | 36 | 80 |
| 2000/2001 | 188 | 104 | 92 | 62 | 17 | 52 |

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

gen war Grünroggen als Zwischenfrucht im Vergleich zu Phacelia günstiger. Eine höhere Reduktion des Nitrataustrages bei Einbau von Gräsern wurde auch von MEISINGER et al. (1991) festgestellt.

Durch das vernetzte System, das die durchwurzelte Krume darstellt, kam es teilweise auch zu widersprüchlichen Ergebnissen. Trotz der Komplexität des Bodens mit der jeweiligen Situation ist aufgrund der gewählten Extensivierungsmaßnahmen ein positiver Trend zur Verminderung des Nitrataustrages ersichtlich.

Literatur

DIETRICH, R., P. LIEBHARD, K. ESCHELBÖCK, M. BÄCK und S. HAMEDINGER, 2002: Bewertung von pflanzenbaulichen Maß-

nahmen zur Verminderung der Stickstoffverlagerung des Feldgemüsebaues im Südlichen Eferdinger Becken. Endbericht über die Versuchsjahre 2000/2001 unter Berücksichtigung der Versuchsjahre 1998/1999. Österreichische Vereinigung für Agrarwissenschaftliche Forschung, Wien.

HOFREITHER, M.F., M. EDER, F. FEICHTINGER, M. KNIEPERT, P. LIEBHARD, K. SALHOFER, E. SCHMID, F. SINABEL und G. STREICHER, 2000: Modellanalyse von ökonomischen Instrumenten zum Grundwasserschutz im Zusammenhang mit dem ÖPUL-Programm. Endbericht. Institut für Wirtschaft, Politik und Recht, Universität für Bodenkultur Wien.

LORENZ, H.-P., J. SCHLAGHECKEN, 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.

MEISINGER, J.J., W.L. HARGROVE, R.L. MIKELSEN, J.R. WILLIAMS and V.W. BENSON, 1991: Effects of covercrops on groundwater quality. In: HARGROVE, W.L. (ed): Cover Crops for Clean Water. Soil and Water Conserv. Soc. Ankeny, Iowa, 57-68.

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). Unveröff. Manuskript ÖVAF, Wien.

ÖNORM L 1091, 1999: Chemische Bodenuntersuchungen. Bestimmung von mineralischem Stickstoff, N_{min} -Methode. Österreichisches Normungsinstitut (ON 1998), Wien.

WILLIAMS, J.R., C.A. JONES and P.T. DYKE, 1984: A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. Trans. ASAE, 1984, 27(1), pp 129-144.

WILLIAMS, J. R., 1990: The erosion productivity impact calculator (EPIC) model: a case history. Phil. Trans. R. Soc. London, 1990, 329: pp 421-428.

WILLIAMS, J.R., 1995: The EPIC Model. In Computer Models of Watershed Hydrology (Ed.: V.P. Singh). Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, 1995, pp 909-1000.

WILLIAMS, J., M. NEARING, A. NICKS, E. SKIDMORE, C. VALENTIN, K. KING and R. SAVABI, 1996: Using soil erosion models for global change studies. J. Soil and Water Cons. 51(5): pp 381-385.

