

(Aus dem Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Abteilung landeskulturelle Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur, Wien)

Feldmeßstellen zur Erfassung des Nitrataustrages aus landwirtschaftlich genutzten Flächen

VON P. CEPUDER, Ch. SAILER und M. TULLER

(Mit 9 Abbildungen)

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft ist in letzter Zeit immer mehr ins Kreuzfeuer der Kritik geraten, maßgebend für die hohen Nitratbelastungen der großen Grundwasservorkommen in den Beckenlagen verantwortlich zu sein. Um das Ausmaß dieser Verschmutzung genauer erfassen zu können, wurden vom oben angeführten Institut Feldmeßstellen und Versuchsanlagen entwickelt. Damit können klein- oder großflächige Nitratinträge in das Grundwasser gemessen werden. Die Errichtung und technische Ausstattung solcher Feldmeßstellen und Versuchsanlagen wird beschrieben.

Schlüsselwörter: Landwirtschaft, Nitrat, Nitrataustrag, Feldmeßstellen, Lysimeter.

Field testing sites for the evaluation of nitrate leaching in agricultural areas

Summary

Today the agriculture more and more is accused to be one of the greatest causers of the groundwater pollution. The institute of Rural Water Resources Management has evolved an experimental plant to measure the dimension of the pollution. In this way the groundwater contamination with nitrate can be registered in little and great areas. The construction and technical outfit of such plants are described.

Keywords: agriculture, nitrate, leaching, lysimeter.

1. Einleitung

Die Industrialisierung, die Intensivierung der Landwirtschaft und die Bevölkerungszunahme in den Ballungszentren der Beckenlagen haben in vielen Gebieten zu einer besorgniserregenden Belastung des Grundwassers geführt. Das Wissen um die Notwendigkeit der Sicherung und der Verbesserung der Grundwasserreserven für Trinkwasserzwecke hat in letzter Zeit verstärkt zu einem wissenschaftlichen Streit um mögliche Verursacher der Grundwasserverschmutzung geführt. Die Ursachen für eine Grundwasserbelastung können viel-

fältiger Natur sein und es sollte nicht der Fehler begangen werden, sich auf einzelne Bereiche zu beschränken. Vielmehr ist es notwendig, eine Vielzahl von Teilaspekten zu berücksichtigen und das Problem gesamt einheitlich zu betrachten.

Nitrat stellt einen der wesentlichsten Pflanzennährstoffe dar. Dieses wird den Pflanzen durch die Bodenbakterien (Mineralisierung) und durch Düngung (Mineral- bzw. Wirtschaftsdünger) zur Verfügung gestellt. Durch hohe Mineralisierungsraten außerhalb der Vegetationszeit und durch übermäßige Düngung gelangt Nitrat mit dem Sickerwasser in das Grundwasser.

Im Trinkwasser allerdings kann Nitrat nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen haben. Vor allem das durch bakterielle Reduktion des Nitrats entstehende Nitrit kann bei entsprechender Konzentration sowohl direkt Krankheitserscheinungen, wie die für Säuglinge gefährliche Methämoglobinämie (Blausucht), auslösen als auch indirekt, durch die Bildung kanzerogener N-Nitrosoverbindungen, ein gesundheitliches Risiko darstellen (PETRI 1991, SELENKA 1983).

Ein nachhaltiger Schutz gefährdeter Grundwasserreserven und die Sanierung bereits kontaminierter Bereiche ist für die unbedenkliche Verwendung des Grundwassers als Trinkwasser in Zukunft unumgänglich.

In Österreich gilt seit 15. 11. 1989 die Trinkwasser-Nitratverordnung (BGBl. Nr. 557 1989), die eine stufenweise Reduzierung des Nitratgehaltes auf 30 mg/l NO_3^- — bis 1. 7. 1999 vorsieht. Weiters sind durch die Grundwasserschwel lenwertverordnung (BGBl. Nr. 502 1991) für jene Stoffe Schwellenwerte festzulegen, durch die Grundwasser für Zwecke der Wasserversorgung unbrauchbar wird. Bei mehr als nur vorübergehender Überschreitung dieser Schwellenwerte in einem Grundwassergebiet wird dieses zum Sanierungsgebiet. Der Schwellenwert für Nitrat beträgt bis 30. 6. 1997 45 mg/l NO_3^- . Die Einhaltung dieser gesetzlich festgelegten Grenz- und Schwellenwerte bedarf der Anstrengung aller Beteiligten.

In diesem Zusammenhang wurden auf Landesebene eine Reihe weiterer Verordnungen erlassen, in welchen Beschränkungen für die Landwirtschaft bezüglich der Ausbringung von Gülle und Jauche, dem Anbau von Mais usw. festgelegt sind. Die Problembereiche in der Landwirtschaft sind die Düngung, die Lagerung von Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche, Stallmist) und Bewirtschaftungsformen, die einen hohen Nitrataustrag in das Grundwasser begünstigen. Die Düngung entspricht oft nicht dem Pflanzenbedarf. Sowohl Wirtschafts- als auch Mineraldünger werden oft in zu großen Mengen und zum falschen Zeitpunkt aufgebracht. Beim Wirtschaftsdünger sind zu geringe Lagerungskapazitäten eine häufige Ursache für eine nicht auf den Pflanzenbedarf bezogene Ausbringung. Ein weiteres Problem sind undichte Lagerbehälter, welche zu einem punktförmigen Nitratintrag in das Grundwasser führen können. Bewirtschaftungsformen, wie Winter-Schwarzbrache und ungeeignete Fruchtfolgen, können ebenso die Ursache für einen verstärkten Nitrataustrag sein. Neben diesen Aspekten spielen aber auch die Mächtigkeit des Bodens, die Bodenform und das Standortklima eine maßgebende Rolle.

Das Institut für landeskulturelle Wasserwirtschaft an der Universität für Bodenkultur in Wien beschäftigt sich seit einigen Jahren mit den Problemen der diffusen Verschmutzung von Grundwasservorkommen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die laufenden Untersuchungen beziehen sich auf verschiedene Bodenformen (seicht- und tiefgründige Böden) mit unterschiedlicher Bewirtschaftung und auf verschiedene Düngemittel (Mineraldünger, Gülle, Klärschlamm). Für diese Untersuchungen wurden an unterschiedlichen Standorten

einfache Feldmeßstellen und Versuchsanlagen errichtet, welche die Entnahme von Bodenwasser aus verschiedenen Tiefenbereichen zur Erfassung des Nitrat-austrages ermöglichen. Mit entsprechender Adaptierung kann dieses System auch zur Erfassung anderer Schadstoffe, welche das Grundwasser verunreinigen könnten, herangezogen werden.

2. Beschreibung der Feldmeßstellen und Versuchsanlagen

Einfache Feldmeßstellen bieten sich in erster Linie für die Erfassung der Nitratbelastung aus großflächigen Gebieten (z. B. Grundwasserschon- und Grundwasserschutzgebieten) an. Versuchsanlagen sollten wegen der hohen Investitionskosten und der aufwendigeren Betreuung nur für Versuchszwecke und zur Absicherung der von einfachen Feldmeßstellen gewonnenen Ergebnisse herangezogen werden.

Um störende Randeinflüsse (Anwand, Windschutzsteifen usw.) auszuschalten, sollten die Meßstellen in ausreichend großem Abstand zum Feldrand errichtet werden. Abhängig von der Arbeitsbreite der landwirtschaftlichen Maschinen ist dies in der Regel bei einem Abstand von 7 bis 8 m gegeben. Von Windschutzanlagen sollte ein größerer Abstand eingehalten werden.

Eine Feldmeßstelle besteht aus folgenden Teilen (Abb. 1 bis 3):

- einem Kleinlysimeter
- zwei Saugkerzen
- zwei Gipsblöcken
- einem Blindschacht
- drei Probensammelflaschen
- einem Unterdruckbehälter
- einem Hüllrohr
- Unterdruckleitungen und Kabel für Gipsblöcke

Für den Einbau der Anlagenteile ist die Errichtung einer Schürfrube erforderlich. Der anstehende Boden wird schichtenweise abgetragen und getrennt gelagert. Das Anlegen der Schürfrube sollte äußerst vorsichtig erfolgen, um unnötige Störungen des Bodengefüges zu vermeiden. Das Abtragen der einzelnen Schichten sollte händisch, kann jedoch bei entsprechender Sorgfalt auch maschinell geschehen. Bei maschinellem Aushub sind Geräte mit geringer Bodenpressung vorzuziehen.

Nach Fertigstellung der Schürfrube werden stirnseitig in 105 cm Tiefe zwei zirka 20 cm tiefe Hohlräume geschaffen. Diese müssen so groß sein, daß sie

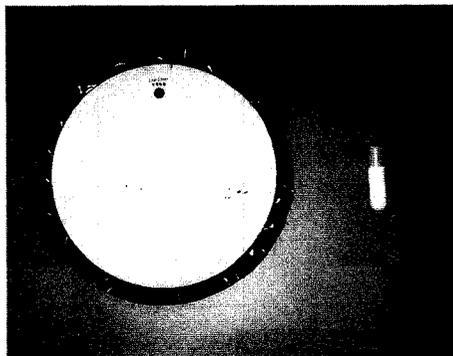


Abb. 1: Saugplatte und Saugkerze eines Kleinlysimeters

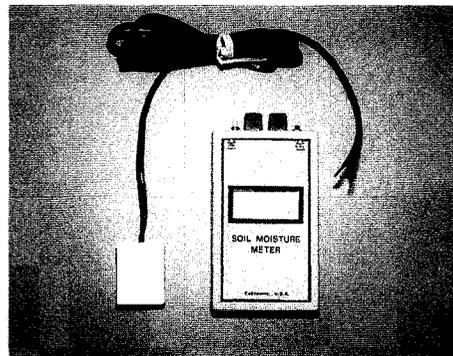


Abb. 2: Gipsblock und Gipsblockmeßgerät

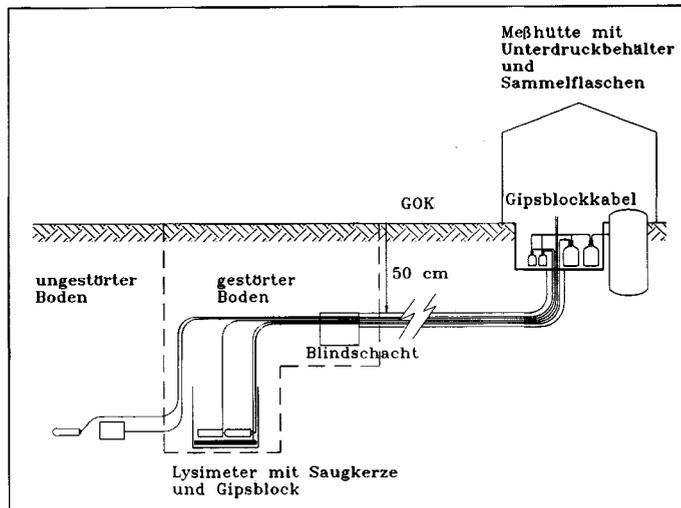


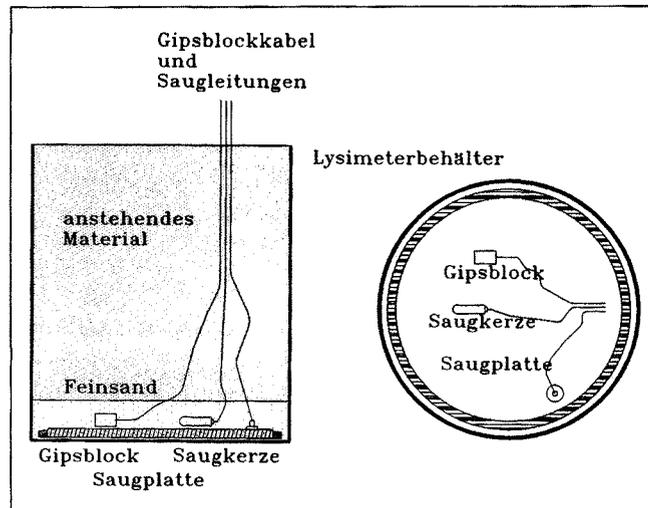
Abb. 3: Schema einer einfachen Feldmeßstelle

gerade eine Saugkerze bzw. einen Gipsblock aufnehmen können. Als Grabwerkzeug wird ein Erdbohrer verwendet. Danach werden die Löcher mit einer Bodenschlempe aus anstehendem Material oder, falls dieses zu grobkörnig ist, mit Feinsand bis zur Hälfte gefüllt und die Saugkerze bzw. der Gipsblock hineingebracht. Der verbleibende Hohlraum wird mit anstehendem Boden verschlossen.

In der Mitte der Schürfgrube wird dann in 105 cm Tiefe ein Planum geschaffen und das Lysimeter aufgestellt. Dieses besteht aus einer keramischen Saugplatte (Durchmesser 29 cm, Abb. 1) in einem nach unten abgeschlossenen PVC-Rohr (Durchmesser 30 cm, Höhe 40 cm). Direkt über der Saugplatte werden zusätzlich eine Saugkerze und ein Gipsblock eingebaut. Unmittelbar über der keramischen Saugplatte sollte feinsandiges Material verwendet werden, damit durch grobe Bodenteile keine mechanischen Beschädigungen erfolgen (Abb. 4). Um die Konsolidierung des eingebauten Bodens zu beschleunigen, sollte der Lysimeterbehälter bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt sein. Anschließend werden die Schürfgrube und das Lysimeter, entsprechend der natürlichen Bodenschichtung, wieder verfüllt.

Als Saugkerze wird ein keramischer Körper mit einer Länge von 80 mm, einem Durchmesser von 20 mm und einem mittleren Porendurchmesser von 1,0 bis 1,5 μm verwendet. Mit den Saugkerzen wird dem Boden Sicker- und teilweise auch Haftwasser entzogen (DVWK 1990). Saugkerzen stehen im Boden in einer kapillaren Verbindung mit den Bodenporen. Die Porenräume der Saugkerzen sind so eng, daß sie infolge der hohen Kapillarspannung normalerweise ständig mit Kapillarwasser gefüllt sind. In extremen Trockenperioden ist auch ein Austrocknen der Saugkerzen möglich. Umfangreiche Untersuchungen im Labor haben keinen negativen Einfluß des Kerzenmaterials auf den Nitratgehalt der Bodenwasserproben erkennen lassen. Die in der Literatur (HÄDRICH et al. 1977) beschriebenen Störungen, die bei der Untersuchung von Stoffen im Spurenbereich aufgrund einer nicht zu unterschätzenden Austauschkapazität des keramischen Materials auftreten können, konnten bei Nitrat nicht festgestellt werden. Störungen treten vor allem bei Phosphat- und Silikatanionen, Eisen-, Kupfer-, Blei- und Berylliumkationen auf, welche in Abhängigkeit vom pH-Wert des perkolierenden Bodenwassers mehr oder weniger stark sorbiert werden. Nach HÄDRICH et al. (1977) ist eine Prüfung der Sorptionseigenschaften der Saugkerzen

Abb. 4: Kleinlysimeter mit Saugplatte, Saugkerze und Gipsblock



nur bei zu erwartenden Stoffkonzentrationen unter 1 mg/l erforderlich. Vor dem Einbau werden die Saugkerzen und Saugplatten im Labor mit den PA-Verbindungsleitungen verklebt (2-Komponenten-Kleber) und einer mehrstündigen Funktionskontrolle unterzogen.

Von der Saugplatte, den Saugkerzen und den Gipsblöcken werden Leitungen zu einem Blindschacht geführt. Dabei ist auf eine sorgfältige Verlegung der Leitungen (Gefahr des Abquetschens am Lysimeterbehälter) zu achten. Im Blindschacht werden die Leitungen verlängert und in einem Hüllrohr zur Meßhütte geführt. Wegen der Gefahr der Beschädigung durch landwirtschaftliche Bodenbearbeitungsgeräte sind Blindschacht und Hüllrohre mindestens 50 cm überdeckt einzubauen. Bei Verwendung von Tieflockerungsgeräten sollte eine entsprechend größere Überdeckung gewählt werden.

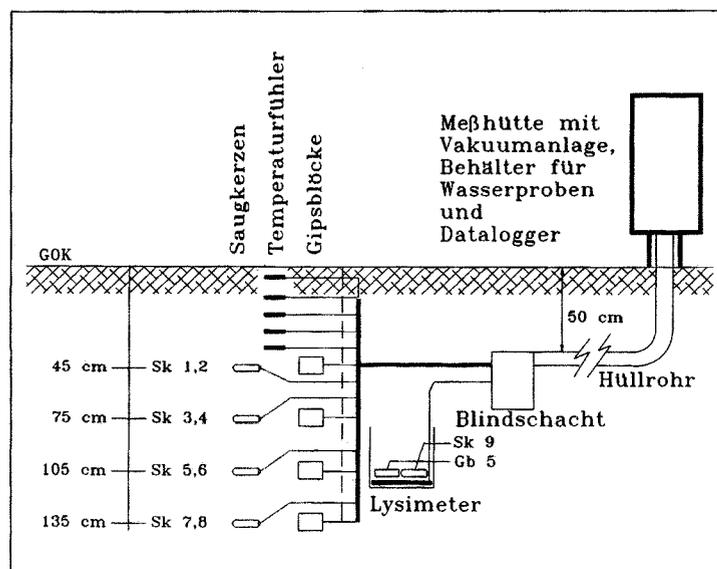


Abb. 5: Schematische Darstellung der eingebauten Lysimeter, Saugkerzen, Gipsblöcke und Temperaturfühler der Meßstelle Tulln

Am Feldrand befindet sich eine kleine Meßhütte (ca. 80 × 50 × 60 cm), in welcher die Leitungen zu Tage treten und die Wasserproben in Flaschen gesammelt werden (Abb. 3).

Für die Beschreibung der Nitratverlagerung und für die Erfassung der Grundwasserneubildungsrate unter verschiedenen Behandlungen (z. B. ungedüngt, 100 % gedüngt, Brache, Dauergrünland) mit Mineral-, Wirtschaftsdüngern (Gülle, Mist) oder Klärschlamm, sind Versuchsanlagen mit wesentlich mehr Meßelementen erforderlich.

Ergänzend zur Ausstattung einer einfachen Meßstelle werden hier über die gesamte Profiltiefe, in Tiefenabschnitten von 30 cm, zwei Saugkerzen und ein oder zwei Gipsblöcke eingebaut (Abb. 5). Anstelle der Gipsblöcke können auch andere Meßfühler (z. B. TDR-Fühler) für die Erfassung des Wasseranteils verwendet werden. Zusätzlich werden in der obersten Bodenschicht Temperaturfühler zur Messung der Bodentemperatur eingesetzt. Tiefenabschnitte von 30 cm haben sich deshalb gut bewährt, weil Vergleiche mit der N_{\min} -Methode (SCHARPF 1977) angestellt werden können. Für spezielle Anforderungen können auch kleinere oder größere Bodenabschnitte gewählt werden. Die Meßfühler und Saugkerzen werden in der Mitte des jeweiligen Bodenbereiches eingebaut.

3. Einrichtung der Meßhütten

Bei den einfachen Feldmeßstellen werden zwei kleine und zwei große Sammelflaschen benötigt. In den kleinen wird das Wasser der Saugkerzen und in einer der großen das Wasser aus dem Lysimeter gesammelt. Die zweite große Sammelflasche wird als Überlauf für alle drei Sammelgefäße verwendet. Diese sollten in einem Behälter unterhalb der Erdoberfläche untergebracht werden (Abb. 3). Durch diese Anordnung werden zu starke Temperaturänderungen vermieden. Ein in weiterer Folge angeschlossener Unterdruckbehälter sorgt für die notwendige Saugspannung. Dieser wird so eingegraben, daß lediglich ein Anschluß für die Unterdruckleitung und ein Anschluß für die Vakuumpumpe sichtbar sind. Das Volumen dieses Behälters sollte mindestens 50 l betragen. Damit werden zu große Schwankungen der notwendigen Saugspannung vermieden und ein entsprechendes Regulierventil ist nicht notwendig. Um diese Geräte nicht direkt der Witterung auszusetzen, wird eine kleine einfache Holzhütte darübergestellt.

Bei der Meßhütte für aufwendigere Versuchsanlagen handelt es sich um eine Gerätehütte aus verzinktem Stahlblech. Die Abmessungen werden in Abhängigkeit von der Anzahl der Feldmeßstellen gewählt. Eine Grundfläche von rund 3 m² reicht für eine Versuchsanlage mit sechs Feldmeßstellen. Darin können eine Vakuumpumpeneinheit, ca. 70 Sammelbehälter für Bodenwasser und ein Datalogger, bequem untergebracht werden (Abb. 6). Für eine kontinuierliche Meßwertaufzeichnung mit der Datenerfassungsanlage und für die Entnahme und Lagerung der Bodenwasserproben sind konstante Temperaturverhältnisse in der Meßhütte erforderlich. Diese werden durch eine entsprechende Isolierung mit Hartschaumplatten (Stärke mindestens 5 cm) und einem temperaturgeregelten Frostwächter für die kältere Periode des Jahres aufrecht erhalten. Für den Betrieb der Versuchsanlage wird Wechselstrom (220 Volt) mit einer Anschlußleistung von rund zwei Kilowatt benötigt.

Die von den Feldmeßstellen hergeleiteten Kabel und Unterdruckförderleitungen werden durch den Holzboden in die Hütte geführt.

In der Hütte befindet sich eine Vakuumpumpeneinheit (Abb. 7), mit welcher der notwendige Unterdruck erzeugt wird, um das Boden- und Sickerwasser

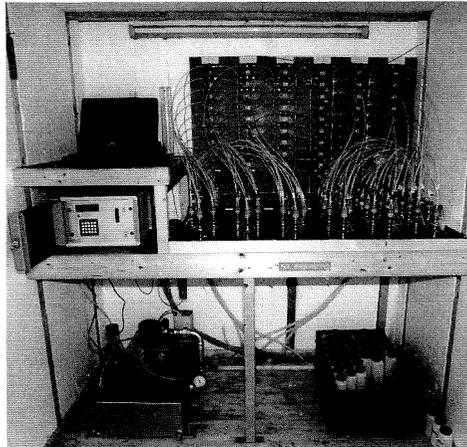


Abb. 6: Einrichtung der Meßhütte für sechs Versuchsvarianten in Tulln

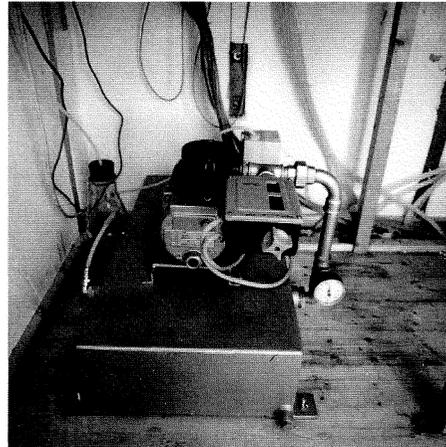


Abb. 7: Vakuumpumpeneinheit mit 50 l Unterdruckbehälter und Regeleinheit

abzusaugen. Eine Schalt- und Regeleinheit sorgt für konstanten Druck. Damit sich die Vakuumpumpe nicht in zu kurzen Intervallen ein- und ausschaltet, ist ein Pufferbehälter von ca. 50 l Volumen von Vorteil.

Die Kabel der Gipsblöcke und Temperaturfühler werden an ein Datenerfassungsgerät (LOISKANDL 1992) angeschlossen. Meßwerte können somit kontinuierlich in beliebigen Zeitintervallen aufgezeichnet werden.

Das Boden- bzw. Sickerwasser wird in Glasflaschen gesammelt. Diese sind in Gruppen – den einzelnen Feldmeßstellen (= Versuchspartellen) entsprechend – geordnet. Für die Saugkerzen verwendet man Flaschen mit 250 ml Fassungsvermögen, für das Wasser aus den Lysimetern benötigt man mindestens 1000 ml große Glasbehälter. Jede Saugereinheit (Saugkerze oder Saugplatte) ist separat durch ein Ventil zu steuern. Es besteht also die Möglichkeit, defekte Saugereinrichtungen auszuschalten, was eine ungestörte Wasserprobengewinnung mit den intakten Saugvorrichtungen ermöglicht. Jede Glasflasche ist mit einem Gummistopfen verschlossen, durch den die Förderleitung und die Unterdruckleitung geführt werden (Abb. 6). Nach den Ventilen werden die Leitungen zusammengefaßt und zur Vakuumpumpe geführt. Ein Überlaufgefäß vor der Vakuumpumpe soll diese vor unerwünschtem Wassereintritt schützen.

4. Methodik und Probenauswertung

Die meisten landwirtschaftlichen Nutzpflanzen haben bei entsprechend tiefgründigem Boden einen nutzbaren Wurzelbereich von ca. 90 cm. Für diese Meßmethodik wird daher angenommen, daß das Wasser, welches tiefer als 90 cm sickert, in weiterer Folge das Grundwasser anreichert. Das in einer Bodentiefe von 105 cm durch das Lysimeter aufgefangene Wasser wird als Grundwasserneubildungsrate angesehen. Aufgrund der Störung der Bodenstruktur beim Einbau des Lysimeters erfolgt die qualitative Bestimmung des Sickerwassers anhand der Proben aus den Saugkerzen im ungestörten Bodenbereich (Abb. 3). Aus dieser quantitativen und qualitativen Erfassung kann der flächenmäßige Stickstoffaustrag errechnet werden. Die Saugkerze im Lysimeter dient lediglich für Vergleichsmessungen oder zur kurzfristigen Bestimmung von Saugspannungen. Mit den Gipsblöcken können ebenso die Saugspannungen innerhalb und außer-

halb vom Lysimeter bestimmt werden. Welche Methode verwendet wird, hängt im wesentlichen von den Wasserverhältnissen ab. Bei hohem Wassergehalt wird die Saugspannung über die Saugkerzen, bei niedrigem über die Gipsblöcke gemessen.

Bei Ackerböden liegt die Feldkapazität bei einer Saugspannung von 0,1 bar bis 0,3 bar. Bei sandigen Böden gelten 0,1 bar, bei schluffigen und lehmigen Böden beträgt die Saugspannung bei Feldkapazität 0,3 bar. Für dazwischen liegende Bodenarten muß entsprechend interpoliert werden. Da der Höhenunterschied zwischen der Saugplatte und dem Sammelgefäß 1 m beträgt, muß diese Förderhöhe zur notwendigen Saugspannung zugeschlagen werden. Bei einer Feldkapazität von 0,3 bar wird daher am Unterdruckbehälter ein Unterdruck von 0,4 bar eingestellt. Durchläuft jedoch eine Sickerfront das Bodenprofil, so muß der Unterdruck entsprechend verringert werden. Bei längeren Trockenperioden kann der Unterdruck bis auf das Maximum von ca. 0,8 bar erhöht werden. Durch das Austrocknen der keramischen Kerzen und Platten kann Luft in das Meßsystem gelangen. In diesen Zeiträumen kann man die Anlagen außer Betrieb nehmen, da keine Wasserproben gewonnen werden. Bei Erhöhung des Bodenwasseranteils im Lysimeterbereich, erkennbar an der Veränderung der Gipsblockwerte, wird die Anlage wieder in Betrieb genommen.

Sandige bis schluffig-sandige Böden sind wegen der rascheren Konsolidierung für repräsentative Ergebnisse besser geeignet. Bei schluffigen bis tonigen Böden muß mit einer längeren Anlaufzeit und mit öfteren Ausfällen von Saugkerzen und Saugplatten durch Setzungen gerechnet werden.

Die Bodenwasserproben stammen aus der unmittelbaren Umgebung der Saugkerzen und aus dem Lysimeterbehälter. Die gewonnenen Wasserproben werden wöchentlich entnommen und in luftdicht verschließbaren Plastikflaschen kühl gelagert. Nach SCHWEDT und SCHNEPEL (1981) sowie RUMP und KRIST (1992) wird eine Lagerung bei 4 °C oder das Einfrieren der Proben empfohlen.

Die Wasseranalysen sollen innerhalb von vier Wochen durchgeführt werden. Untersuchungen von SAILER und TULLER (1992) ergaben, daß sich der Nitratgehalt im Boden- und Sickerwasser bei einer Lagerung bei Zimmertemperatur innerhalb von vier Wochen nur um einen Wert von ca. ± 5 ppm verändert. Nach vier Wochen wurden Differenzen von ± 10 bis 20 ppm festgestellt. Für die Untersuchung des Nitrataustrages liegt daher eine ausreichende Genauigkeit vor.

Überschreitet die anfallende Wassermenge, bedingt durch starke Regenfälle, die 250-ml-Marke, so wird eine Mischprobe aus den einzelnen Proben einer Woche hergestellt.

Durch den kontinuierlichen Betrieb der Feldmeßstelle können Sickerfronten und deren Nitratgehalt erfaßt werden. Mit diesen Daten kann somit der zeitliche Verlauf der Nitratkonzentration in den Bodenschichten angegeben und die Nitratverlagerung beobachtet werden. In Abhängigkeit von der Bodenart, dem Profilaufbau, der Temperatur und dem Niederschlag, der Bepflanzung sowie der Bewirtschaftung (Düngung, Bodenbearbeitung) ändert sich die Nitratkonzentration im Bodenwasser.

Von den allgemein bekannten Nitratbestimmungsmethoden erweisen sich die UV-Absorptionsmethode und die Ionenchromatographie als am geeignetsten, da sie folgende Kriterien am besten erfüllen:

- Eignung für größere Serien, das heißt möglichst geringer Arbeitsaufwand,
- hohe Genauigkeit,
- geringe Probenmenge,
- geringe Fehlermöglichkeit.

Alle übrigen in der Literatur beschriebenen Methoden, wie etwa die Dampfdestillationsmethode, die ionenselektive Elektrode, die Brucinmethode, die Chromotropsäuremethode und die 2,6-Dimethylphenolmethode erweisen sich aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes, der Störanfälligkeit bzw. der kleinen Meßbereiche als weniger geeignet (SCHARPF 1977, SCHWENDT und SCHNEPEL 1981).

Aus Kostengründen wurde die UV-Absorptionsmethode (NAVONNE 1964) gewählt. Sie beruht auf folgendem Prinzip: Das Nitrat-Ion absorbiert Licht im UV-Bereich bei 210 nm. In diesem Wellenlängenbereich absorbieren jedoch auch organische Substanzen (Huminsäuren, Aromate, Heterozyklen, Carbonylverbindungen, ungesättigte aliphatische Verbindungen) und stören somit die Nitratbestimmung. Um diese Störung zu eliminieren, sind zwei Messungen notwendig. Die erste Messung erfaßt sämtliche absorbierenden Inhaltsstoffe. Danach wird das Nitrat durch Reduktion mit Hilfe von verkupferten Zinkgranalien im angesäuerten Medium quantitativ entfernt. Die zweite Messung erfaßt nur die störenden organischen Substanzen. Aus der Differenz der beiden Messungen ergibt sich die in der Probe vorhandene Nitratkonzentration.

Neben der Gewinnung von Bodenwasserproben werden mit Gipsblöcken und Temperaturfühlern die Bodenwasser- und Bodentemperaturverhältnisse über die gesamte Profiltiefe erfaßt. Diese Daten werden mit einer Datenerfassungsanlage (Datalogger) aufgezeichnet und gespeichert. Durch die Verwendung einer speziellen Speicherkarte können bei Störungen (Stromausfall) keine Daten verloren gehen. Mit dem Datalogger werden Digits in einem Meßintervall von zwei Stunden kontinuierlich aufgezeichnet, mittels Laptop und der geeigneten Software übernommen und einer EDV-Auswertung zugeführt. Diese Digits sind Zahlenwerte, die funktional mit der Temperatur und dem Widerstand zusammenhängen. Es ist daher möglich, aus diesen Zahlenwerten die entsprechende Temperatur und den entsprechenden Widerstand zu errechnen. Mit der Bodentemperatur kann durch zusätzliche Untersuchungen der Enzymaktivität die Größenordnung der jährlichen Mineralisierung abgeschätzt werden. Mit der zugehörigen Druckpotential-Wasseranteilsbeziehung des Bodens wird auf den Wasseranteil geschlossen und die Wasserverfügbarkeit sowie die vertikale Wasserbewegung während des Untersuchungszeitraumes bestimmt.

5. Anwendungsbeispiele

Abhängig von der Fragestellung können diese Versuchsanlagen, wie in den Abbildungen 5, 8 und 9 dargestellt, ausgeführt werden.

Die Abbildungen 5 und 8 zeigen schematisch die Versuchsanlage Tulln. Diese Versuchsanlage wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Studie über Maßnahmen zur Senkung des Nitratreintrages in das Grundwasser“ errichtet. Es wurden sechs Düngevarianten (ungedüngt, 100 % Mineralstickstoffdüngung [Standard], 50 % Mineralstickstoffdüngung, 130 % Mineralstickstoffdüngung, Brache ungedüngt, Gülledüngung) in einer mehrjährigen Fruchtfolge (Winterroggen — Körnermais — Winterweizen — Winterraps) vorgesehen. In der Mitte jeder Versuchsparzelle befinden sich die Einbauten. Durch diese Wahl der Einbautiefen können die Parzellen wirtschaftsüblich bearbeitet werden (Abb. 5). Lediglich in den Parzellen II und V müssen kleine Flächen händisch bearbeitet werden, da sich im oberen Bodenbereich die Temperaturfühler befinden. Von diesen Einbauten werden Leitungen in die Meßhütte geführt, wo die Proben gesammelt und die Daten aufgezeichnet werden (Abb. 6).

Eine weitere Einsatzmöglichkeit für eine Versuchsanlage dieser Art wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Schutz des Grundwassers in Tal- und

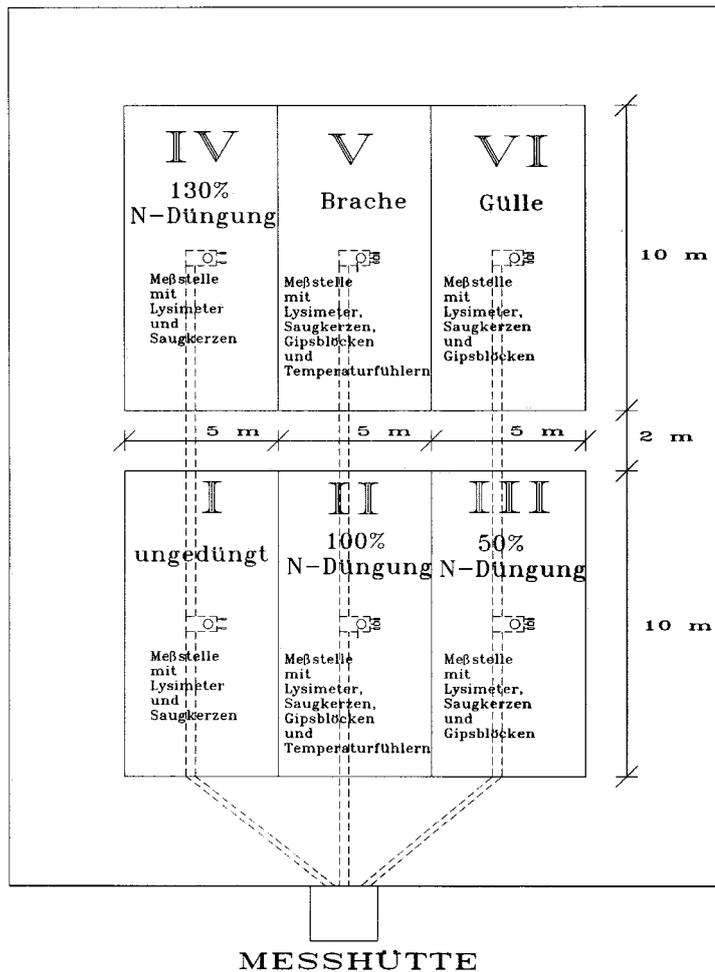


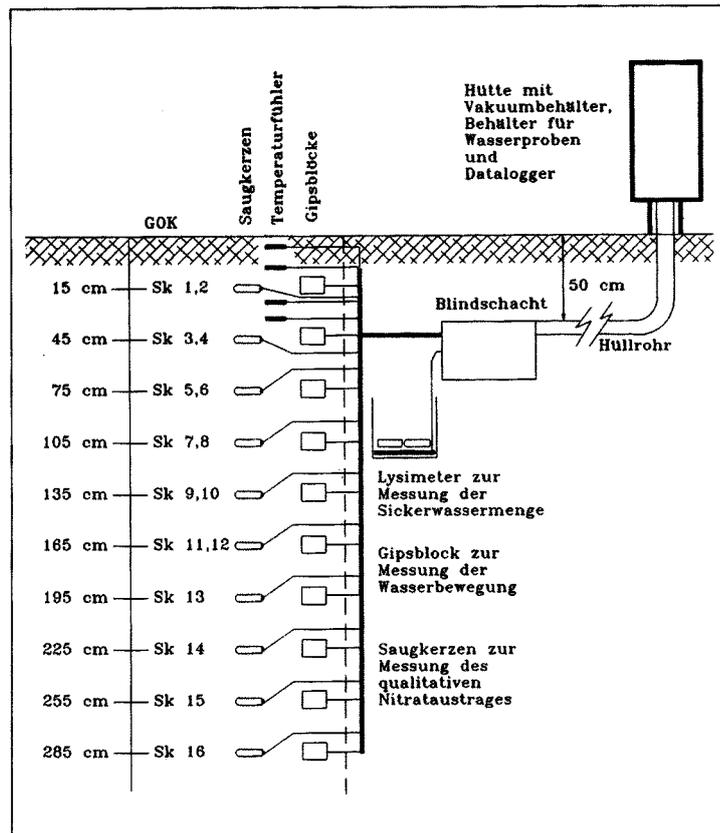
Abb. 8: Lageplan der Versuchsanlage Tulln

Beckenlagen“ Teilprojekt „Wasser- und Stofftransport in der ungesättigten Bodenzone“ im Leibnitzer Feld erprobt (Abb. 9). Das Grundwasser des Leibnitzer Beckens dient zur Trinkwasserversorgung vieler Siedlungen in dieser Region und ist mit Nitrat hoch belastet. Nitratgehalte über 100 mg/l sind keine Seltenheit (NACHTNEBEL 1991). Daher wird im Rahmen dieses Forschungsprojektes anhand von zwei typischen Bodenformen die Nitratbewegung und der Nitrat- austrag mit Hilfe von zwei Feldmeßstellen erfaßt, um qualitative und quantitative Aussagen über die Grundwasserbelastung durch landwirtschaftliche Nutzung machen zu können. Bei der tiefgründigen Meßstelle wird Bodenwasser bis aus einer Tiefe von 3 m (Abb. 9), bei der seichtgründigen bis aus 2 m Tiefe abgesaugt.

Weitere Meßstellen befinden sich in Groß-Enzersdorf (Marchfeld) sowie in der Gemeinde Hollern (Bezirk Bruck/Leitha).

Mit Hilfe der gewonnenen Daten wird ein aus den USA stammendes Computermodell überprüft und adaptiert. Dies ergibt die Möglichkeit, eine Simulation des Nitrataustrages auch unter anderen Randbedingungen (Klima, Boden, Bewirtschaftung) durchzuführen.

Abb. 9: Schematische Darstellung einer Versuchsanlage über eine Profiltiefe von 3 m im Leibnitzer Feld



Literatur

- BGBI. Nr. 502, 1991: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Schwellenwerte für Grundwasserinhaltsstoffe (Grundwasserschwellenwertverordnung GSwV).
- BGBI. Nr. 557, 1989: Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und öffentlicher Dienst über den Nitratgehalt im Trinkwasser (Trinkwasser-Nitratverordnung).
- DVWK 217, 1990: Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode. Verlag Paul Parey.
- HÄDRICH, F., K. STAHR und W. ZÖTTL, 1977: Die Eignung der Al_2O_3 -Keramikplatten und Ni-Sinterkerzen zur Gewinnung von Bodenlösungen für die Spurenelementanalyse. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 25, 151–162.
- NACHTNEBEL, H. P., 1991: Schutz des Grundwassers in Tal- und Beckenlagen, Jahresbericht 1990. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Universität für Bodenkultur, Wien.
- NAVONNE, R., 1964: Proposed method for nitrate in potable waters. Journal AWWA 56, 781–783.
- LOISKANDL, W., 1992: Datenerfassung von bodenphysikalisch relevanten Parametern. Österreichische Wasserwirtschaft 44, 98–102.
- PETRI, H., 1991: Nitrat und Nitrit, Beitrag in „Die Trinkwasserverordnung“. 3. Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- RUMP, H. und H. KRIST, 1992: Laborhandbuch für die Untersuchung von Wasser, Abwasser und Boden. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- SAILER, CH. und M. TULLER, 1992: Änderung des Nitratgehaltes in Bodenwasserproben durch Lagerung bei Zimmertemperatur. Interne Mitteilung, Abteilung landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien.

- SCHARPF, H. Ch., 1977: Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf. Dissertation, Fakultät für Gartenbau und Landeskultur, TU Hannover.
- SCHWEDT, G. und F. M SCHNEPEL, 1981: Analytisch-chemisches Umweltpraktikum. Georg Thieme Verlag, Stuttgart–New York.
- SELENKA, F., 1983: Gesundheitliche Bedeutung des Nitrats in der Nahrung (Beitrag in: Nitrat, ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung). Band 177. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

(Manuskript eingelangt am 8. September 1992, angenommen am 19. Oktober 1992)

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Dr. Peter CEPUDER, Cand.-Ing. Christian SAILER und Cand.-Ing. Markus TULLER,
Universität für Bodenkultur, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft,
Abteilung landeskulturelle Wasserwirtschaft, Nußdorfer Lände 11, A-1190 Wien