

Dynamik der Nitratkonzentration im Grundwasser

E. MURER und E. KLAGHOFER

Abstract

After years of concentrated efforts to decrease nitrate concentrations, some groundwater bodies located in the eastern part of Austria recently showed increasing nitrate concentrations. Therefore a study was conducted at sites selected to represent rising and falling trends of nitrate concentrations. The interaction of agricultural management, pedological and hydrological conditions was evaluated using long term climatic data and data on the agricultural management. The temporal evolution of seepage water and nitrate concentration was modelled. Using information about soil storage properties, amount of seepage water and distance to the groundwater, the residence time of nitrate in the unsaturated zone was estimated and a relation between these variables and the temporal evolution of nitrate concentration assessed.

Zusammenfassung

Die Auswertung von Grundwasserqualitätsdaten zeigen in einigen Grundwasserkörpern im Osten Österreichs einen Anstieg der Nitratgehalte. Vom BML-FUW wurde daher das Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in 3252 Petzenkirchen beauftragt, detaillierte Untersuchungen an ausgewählten Grundwassermessstellen durchzuführen. Vom Umweltbundesamt wurden dafür Messstellen mit steigendem und stagnierenden bzw. fallenden Nitratkonzentrationen ausgewählt. Anhand von langjährigen Bewirtschaftungs- und Wetterdaten im Einzugsgebiet dieser Grundwassermessstellen wurde der zeitliche und mengenmäßige Verlauf des Sickerwassers und der Nitratfrachten mit einem Wasserhaushalts-Stofftransportmodell (SIMWASER und STOTRASIM) berechnet. Über die Speichereigenschaften, die Sickerwassermengen und die Flurabstände wurde die Verweildauer von Nit-

rat in der Grundwasserüberdeckung im Einzugsgebiet der einzelnen Grundwassermessstellen abgeschätzt. Anhand der berechneten Sickerwassermenge, des Nitrat austrages und der Verweildauer in der Grundwasserüberdeckung wird der Zusammenhang zum Verlauf der Nitratkonzentration bewertet.

Allgemeines

Die Auswertung der Grundwasserqualitätsdaten zeigten in einigen Grundwasserkörpern im Osten Österreichs einen Anstieg bzw. Wiederanstieg bei Nitrat. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft beauftragte daher das Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in 3252 Petzenkirchen, die Gründe für diese Anstiege an ausgesuchten Grundwassermessstellen zu untersuchen.

Dazu wurden Messstellen mit steigendem Trend und stagnierendem bzw. fallendem Trend vom Umweltbundesamt (HUMER et al., 2005) ausgewählt. Für jede dieser Messstellen wurde das Einzugsgebiet im Grundwasseranstrombereich festgelegt und detaillierte bodenkundliche, geologische, hydrologische

und INVEKOS-Daten erhoben. Die Bewirtschaftungsdaten wurden durch Befragung der Landwirte erfasst. Der Schwerpunkt der Erhebungen lag dabei bei der Feststellung der Fruchtfolge, der Düngepraxis (Art, Menge, Aufteilung), der Erhebung der Bewässerungsdaten (Gaben und Häufigkeit), der ÖPUL Teilnahme sowie der Betriebsumstellung z.B. auf biologische Bewirtschaftungsmaßnahmen. Diese Informationen in Kombination mit den INVEKOS-Daten bildeten die Grundlage zur Erstellung der betriebsbezogenen Modellfruchtfolgen. Mit den Wasserhaushalts- und Stofftransportmodellen des Institutes für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in 3252 Petzenkirchen SIMWASER (STENITZER, 2004) und STOTRASIM (FEICHTINGER, 1998) wurde für jedes dieser Einzugsgebiete anhand der Bodeninformationen in der Digitalen Österreichischen Bodenkarte, der Bewirtschaftungs- und Wetterdaten der zeitliche und mengenmäßige Verlauf des Sickerwassers und des Nitratstickstoffaustrages in das Grundwasser aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen berechnet. Die Modellrechnung erfolgte bis in die Tiefe von 1,5 m. Die mittlere Ver-

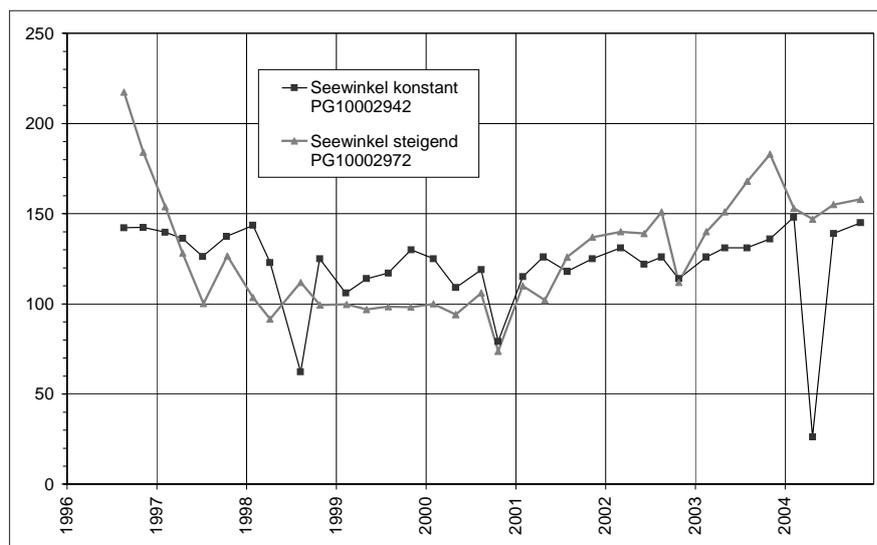


Abbildung 1: Nitratkonzentrationsverlauf im Grundwasser

Autoren: Dipl.-Ing. Erwin MURER und HR Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Eduard KLAGHOFER, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, A-3252 PETZENKIRCHEN

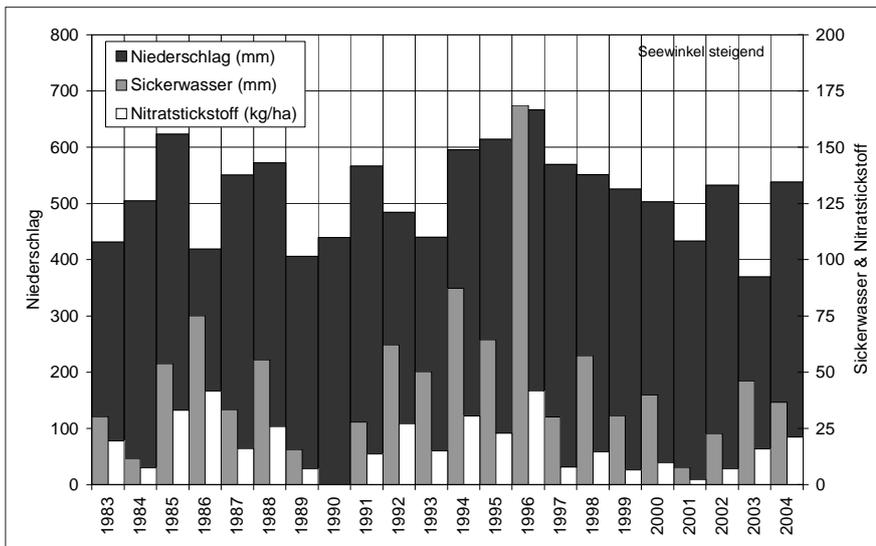


Abbildung 2: Mittlere jährliche Niederschläge, simulierte mittlere jährliche Sickerwassermengen und Nitratfrachten der landwirtschaftlichen Nutzflächen in 1,5 m Tiefe

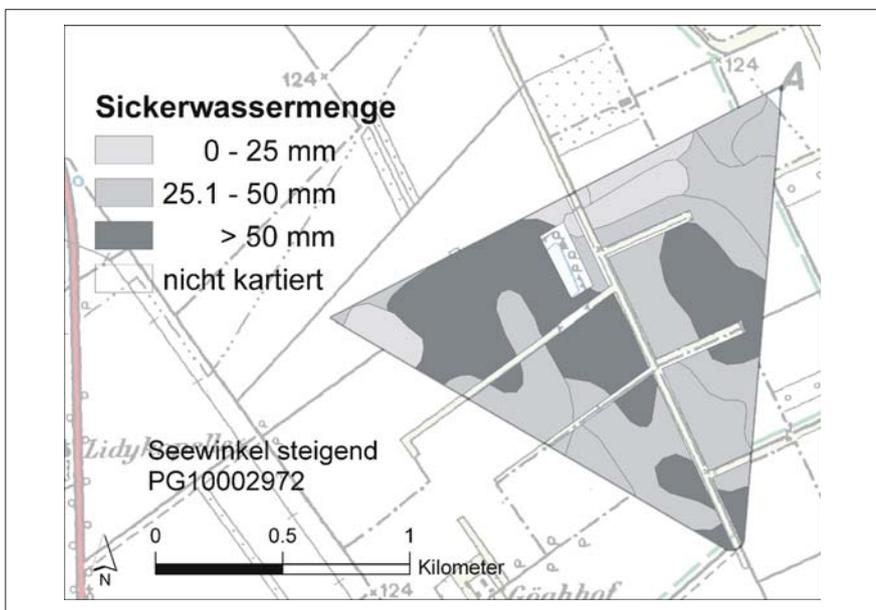


Abbildung 3: Mittlere jährliche Sickerwassermengen aus den landwirtschaftlichen Nutzflächen

weildauer (VOIGT et al., 2003) des Sickerwassers, d.h. die Zeitdauer, bis das Wasser aus dem durchwurzelten Bodenbereich in das Grundwasser gelangt, wurde aus der Sickerwassermenge (aus der Modellrechnung), den Speichereigenschaften und der Mächtigkeit der Sickerwasserbereiche abgeschätzt.

Ergebnisse

Nachfolgend werden nur Ergebnisse aus dem unmittelbaren Einzugsgebiet "Seewinkel steigend" dargestellt.

Die Nitratkonzentrationen in den Messstellen der Wassergütererhebungsverord-

nung (WGEV-Messstellen) "Seewinkel steigend" verlaufen von 1998 bis 2002 annähernd parallel mit jenen der Messstelle "Seewinkel konstant". In der Messstelle "Seewinkel steigend" liegt die Nitratkonzentration mit ca. 20 mg/l unter jener von "Seewinkel konstant". Ab dem Jahr 2001 kommt es in der Messstelle "Seewinkel steigend" zu einem starken Anstieg der Nitratkonzentration und zum Überschreiten des Niveaus von "Seewinkel konstant" (Abbildung 1).

Für das Einzugsgebiet "Seewinkel steigend" wurden für den Zeitraum 1983 - 2004 die mittleren jährlichen Sickerwas-

sermengen und der Nitratstickstoffauftrag mit Hilfe der Simulationsmodelle SIMWASER und STOTRASIM berechnet. Die Ergebnisse (Abbildung 2) zeigen, dass die unterschiedlich hohen Niederschlagsmengen unterschiedlich hohe Sickerwassermengen ergeben und mit steigenden Sickerwassermengen der Nitratstickstoffauftrag zunimmt.

Im Einzugsgebiet zeigt sich eine ungleichmäßige Verteilung der Sickerwassermengen und des Nitratstickstoffauftrages (Abbildung 3 und 4). Die größten Sickerwassermengen und Stickstoffaufträge liefern Böden mit schlechten Standorteigenschaften. Schlechte Standorteigenschaften haben Böden mit niedriger Wasserspeichereigenschaft und hoher Wasserdurchlässigkeit.

Die Verweildauer des Sickerwassers ist von der Mächtigkeit und Speichereigenschaft der Sickerstrecke und auch von der Sickerwassermenge abhängig. In der Abbildung 5 ist die Verweildauer des Sickerwassers im "Untergrund", d.h. in der Sickerstrecke von 1,5 m - 3,5 m unter Gelände, dargestellt. Aus dieser Abbildung 5 ist ersichtlich, dass Böden mit unterschiedlichen Eigenschaften unterschiedlich hohe Sickerwassermengen liefern.

Im unmittelbaren Einzugsgebiet "Seewinkel steigend" hat auf einer Fläche von 73% der LN das Sickerwasser eine Verweilzeit bis zu 3 Jahren. Diese Flächen liefern 86% des Nitratstickstoffauftrages. Aus den Flächen mit Verweilzeiten >3 Jahre stammen 14% des Nitratstickstoffauftrages (Tabelle 1).

Die Abbildung 6 zeigt den gemessenen Nitratkonzentrationsverlauf im Grundwasser der WGEV-Messstelle "Seewinkel steigend" und den simulierten Verlauf im Sickerwasser in 1,5 m Tiefe. Der Nitratkonzentrationsverlauf im Grundwasser und im Sickerwasser zeigt eine große Ähnlichkeit. Die Verschiebung des Nitratkonzentrationsverlaufs im Sickerwasser um ein Jahr, d.h. es wird eine Sickerwasserzeit von 1 Jahr angenommen, ergibt eine bessere Übereinstimmung mit dem Nitratkonzentrationsverlauf im Grundwasser.

Um den Einfluss der Witterung auf die Nitratkonzentration zu untersuchen, können bei der Modellrechnung die Bodeneigenschaften und die Bewirtschaft-

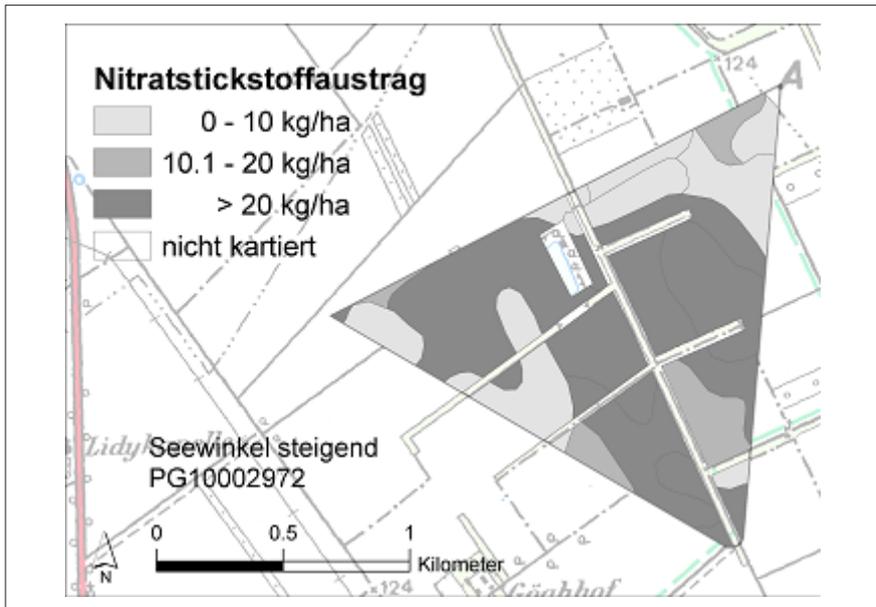


Abbildung 4: Mittlere jährliche Nitratstickstoffausträge aus den landwirtschaftlichen Nutzflächen

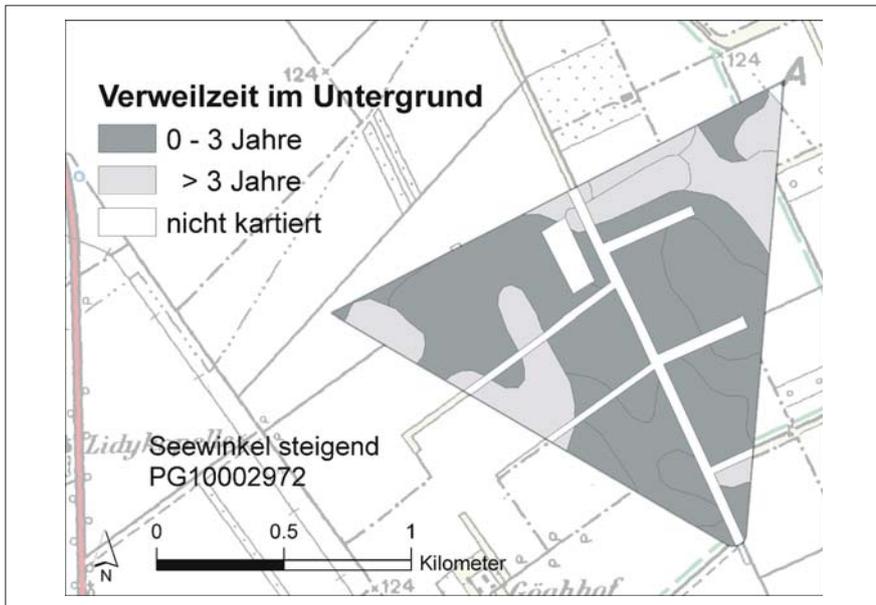


Abbildung 5: Mittlere Verweilzeit des Sickerwassers im Untergrund

Tabelle 1: Verweilzeiten des Sickerwassers und deren Flächenanteile sowie Anteile der Nitratstickstoffausträge

Verweilzeit (Jahre)	Flächenanteile (%)	Anteile des Nitratstickstoff- austrags am Gesamtaustrag (%)
≤ 3	73	86
> 3	27	14

tion konstant gehalten werden. Für diese Art der Berechnung wurde ein Paratschernosem mit sehr hoher Wasserdurchlässigkeit und sehr geringer Wasserspeicherfähigkeit ausgewählt. Als Fruchtfolge der Messstelle wurde Win-

terweizen Monokultur mit jährlich gleichem Düngerregime und mit drei Gaben mit insgesamt 130 kg N/ha angenommen. Der Winterweizen wurde deshalb gewählt, da Winterweizen bzw. Wintergetreide einen Anteil zwischen 34% und

54% in der Fruchtfolge ausmacht. Die Ergebnisse - Sickerwassermenge, Nitratstickstoffaustrag und Nitratkonzentration - werden als relative Werte und zwar als Quotient aus den mittleren jährlichen Werten und des Mittelwertes des Auswertungszeitraumes 1985-2004, dargestellt. In der *Abbildung 7* zeigt der Verlauf der relativen Nitratkonzentration im Sickerwasser in 1,5 m Tiefe der Winterweizen Monokultur einen ähnlichen Verlauf wie der im Grundwasser, jedoch zeitlich verschoben. Die Verweilzeiten im Untergrund sind bei diesem Bodenprofil gering und variieren zwischen einem und drei Jahren. Aus dieser Simulationsrechnung ist ersichtlich, dass der Verlauf der Nitratkonzentration bei Wintergetreide bei sehr seichtgründigen Böden sich ähnlich verhält wie der Verlauf der Nitratkonzentration im Grundwasser. Weiters ist daraus ersichtlich, dass sich die Sickerwasserzeiten mit einem Zeitraum von 1 - 3 Jahren abbilden lassen.

Diskussion der Ergebnisse

Für die Berechnung des Einflusses der landwirtschaftlichen Bodennutzung auf den Verlauf der Nitratkonzentration im Grundwasser standen unterschiedliche Datensätze über Witterung, Boden, Fruchtfolge und Bewirtschaftungsintensität mit unterschiedlicher Güte zur Verfügung. Am wenigsten genau erfassbar waren Daten über die Bewirtschaftungsintensität (Düngung und Bewässerung) und über die Eigenschaften der Sickerzone im Untergrund ab einer Tiefe von 1,5 m unter Gelände. Die Befragung der Landwirte lieferte nur Daten für die gesamtbetriebliche aktuelle Fruchtfolge und über die aktuellen betriebstypischen Dünger- und Bewässerungsmengen. Die INVEKOS-Daten in Kombination mit dem Kataster gaben ab dem Jahre 1999 Auskunft über die angebaute Hauptfrucht der Parzelle. Somit konnten die Bewirtschaftungsmaßnahmen nur einheitlich für den gesamten Betrieb mit einer zeitlich gleichbleibenden Bewirtschaftungsintensität dargestellt werden. Eine genaue Analyse der Ursachen zur Beantwortung der Frage, mit welchen Anteilen die beeinflussenden Faktoren Witterung, Boden und Bewirtschaftung auf den unterschiedlichen landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugs-

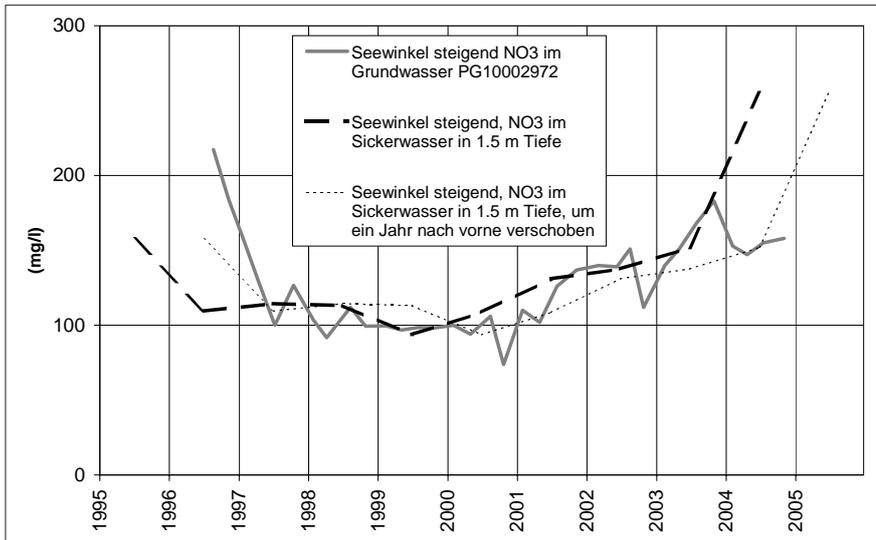


Abbildung 6: Nitratkonzentrationsverlauf im Grundwasser der WGEV-Messstelle "Seewinkel steigend" im Sickerwasser in 1,5 m Tiefe und zeitlich um 1 Jahr verschoben

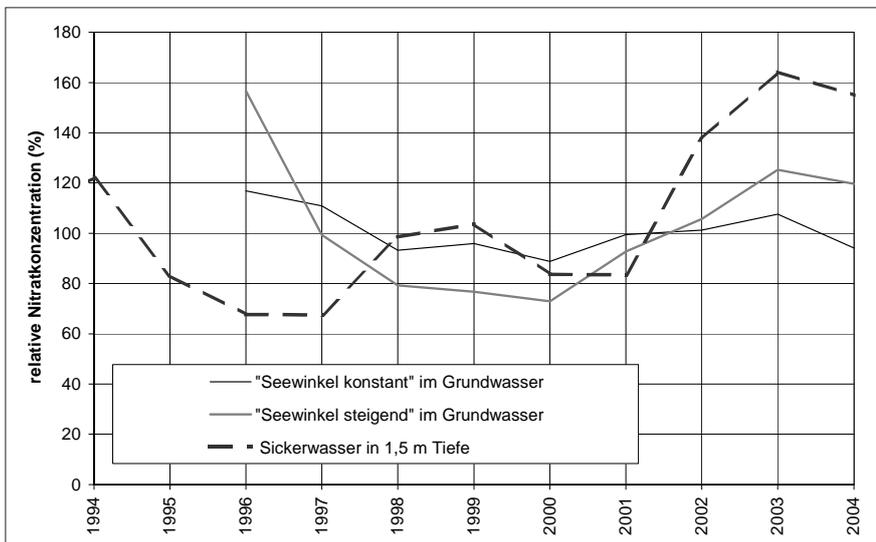


Abbildung 7: Relativer Nitratkonzentrationsverlauf im Sickerwasser in 1,5 m Tiefe bei Winterweizen Monokultur und im Grundwasser

gebiet der Beobachtungsbrunnen zu den steigenden Nitratkonzentrationen beitragen, konnte und kann mit diesen Daten nicht vorgenommen werden. Erst wenn alle Inputdaten für eine Simulationsberechnung parzellenscharf in ihrem zeitlichen Verlauf - was vor allem Bewirtschaftungsdaten betrifft - vorliegen, kann der Sickerwasseranfall und der Verlauf

der Nitratfrachten in einer bestimmten Bodentiefe genau angegeben werden. Da die Eigenschaften des "Untergrundes", d.h. die Eigenschaften des Bodens unterhalb der durchwurzelten Feinbodenschicht bis zur Grundwasseroberfläche wesentlich für den zeitlichen Anfall des Sickerwassers und der Nitratfracht verantwortlich sind, sind zur Erklärung der

Veränderung der Nitratkonzentration im Grundwasser bei den einzelnen Brunnen diese Bodeneigenschaften des Untergrundes zu kennen. Da sowohl die Aufzeichnungen über die Bewirtschaftungen von den Landwirten nicht parzellenscharf durchgeführt werden und auch die Eigenschaften des Untergrundes mit einem ökonomisch sinnvollen Aufwand nicht feststellbar sind, kann nur mit einer gewissen Sicherheit eine Aussage über die Ursachen der steigenden Nitratbefruchtung des Grundwassers gemacht werden. Im Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in 3252 Petzenkirchen werden daher weitere Simulationsberechnungen, wie einige bereits in diesem Bericht dargestellt sind, durchgeführt. Dafür wird ein Einflussparameter variiert und alle anderen Einflüsse konstant gehalten; z.B. werden Simulationsberechnungen bei gleichen Witterungsverläufen und gleichen Bewirtschaftungsformen aber variierenden Bodeneigenschaften - seichtgründig bis tiefgründig - durchgeführt. Die sich daraus ergebende Relevanzmatrix kann dann die Ursachen der Nitratbefruchtung des Grundwassers aus landwirtschaftlich genutzten Flächen mit sehr hoher Aussagekraft erklären.

Literatur

- FEICHTINGER, F., 1998: STOTRASIM - Ein Modell zur Simulation der Stickstoffdynamik in der ungesättigten Zone eines Ackerstandortes. Schriftenreihe des BAW, Band 7.
- HUMER, F., C. SCHRAMM, J. GRATH, G. ZETHNER, I. RÖDER und I. ZIERITZ, 2005: Steigende Nitratkonzentrationen im Grundwasser - Aufbereitung von Basisdaten für das Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt (IKT) Petzenkirchen. Endbericht, Umweltbundesamt im Auftrag des BMLFUW, Wien.
- STENITZER, E., 2004: SIMWASER A numerical model on soil water balance and plant growth, IKT-Report Nr. 5 - Selbstverlag.
- VOIGT, H.J., T. HEINKELE, C. JAHNKE und R. WOLTER, 2003: Characterisation of Groundwater Vulnerability - a Methodological Suggestion to Fulfill the Requirements of the Water Framework Directive of the European Union. Zur Publikation eingereicht bei: Geofisica international.