



Ermittlung von repräsentativen Abbauraten an Bodenproben im Laborbereich am Beispiel der Denitrifikationsrate

A. Pohl, F. Kurzius und C. Nitsche (GICON Resources GmbH, Dresden) / O. Huschens (Hessenwasser GmbH & Co. KG, Groß-Gerau)

Veranlassung und Zielstellung

Im Rahmen der BMFTR-Fördermaßnahme „Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung“ (LURCH) wird das FE-Projekt WaRM bearbeitet. Damit soll ein Beitrag zur nachhaltigen, flexiblen Grundwasserbewirtschaftung in Ballungszentren auf Basis eines Wassersystemmodells am Beispiel der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main erzielt werden (Beteiligte Partner: s. QR-Code).

Ein Teilprojekt betrifft die Ermittlung von repräsentativen Denitrifikationsraten in naturnahen Laborversuchen für verschiedene Bodentypen und Bodenwassergehalte. Weitere Zielstellungen der Versuche sind die Ermittlung des Einflusses von Pflanzenschutzmitteln auf die Denitrifikationsraten und die Bildungsraten von N_2O und N_2 .

Entwickelte Lösung

Für die Zielstellung wurde eine praxistaugliche Versuchsanlage entwickelt und angewendet (s. Abbildung 1). Die Versuche wurden unter Wasser gesättigten und teilgesättigten (FK und <FK) Bedingungen sowie mit oder ohne Dotierung von Nitrat und/oder PSM durchgeführt. Verwendet wurden Proben aus dem Ober- und Unterboden folgender Standorte:

Standort	Nutzung	Anzahl der Proben
Goddelau	Landwirtschaft	17
Ginsheim	Spargelanbau	5
Hessisches Ried Buche	Wald	4
Braunshardt	Erdbeeranbau	8

Tabelle 1: Übersicht über die Versuchsstandorte und deren Nutzung

Dabei wurden die folgenden Probleme gelöst:

- Homogenisierung der Bodenproben nach deren Dotierung bzw. Einstellung wasser- teilgesättigter Bedingungen.
- Teilung der homogenisierten Bodenproben in jeweils 7 Teilproben ohne signifikanten Einfluss auf die zu untersuchenden Inhaltsstoffe bzw. Versuchsbedingungen.
- Erhalt durchgängig anaerobe Bedingungen vom Eingang der Bodenprobe bis zur Analyse der Bodenwasserproben.

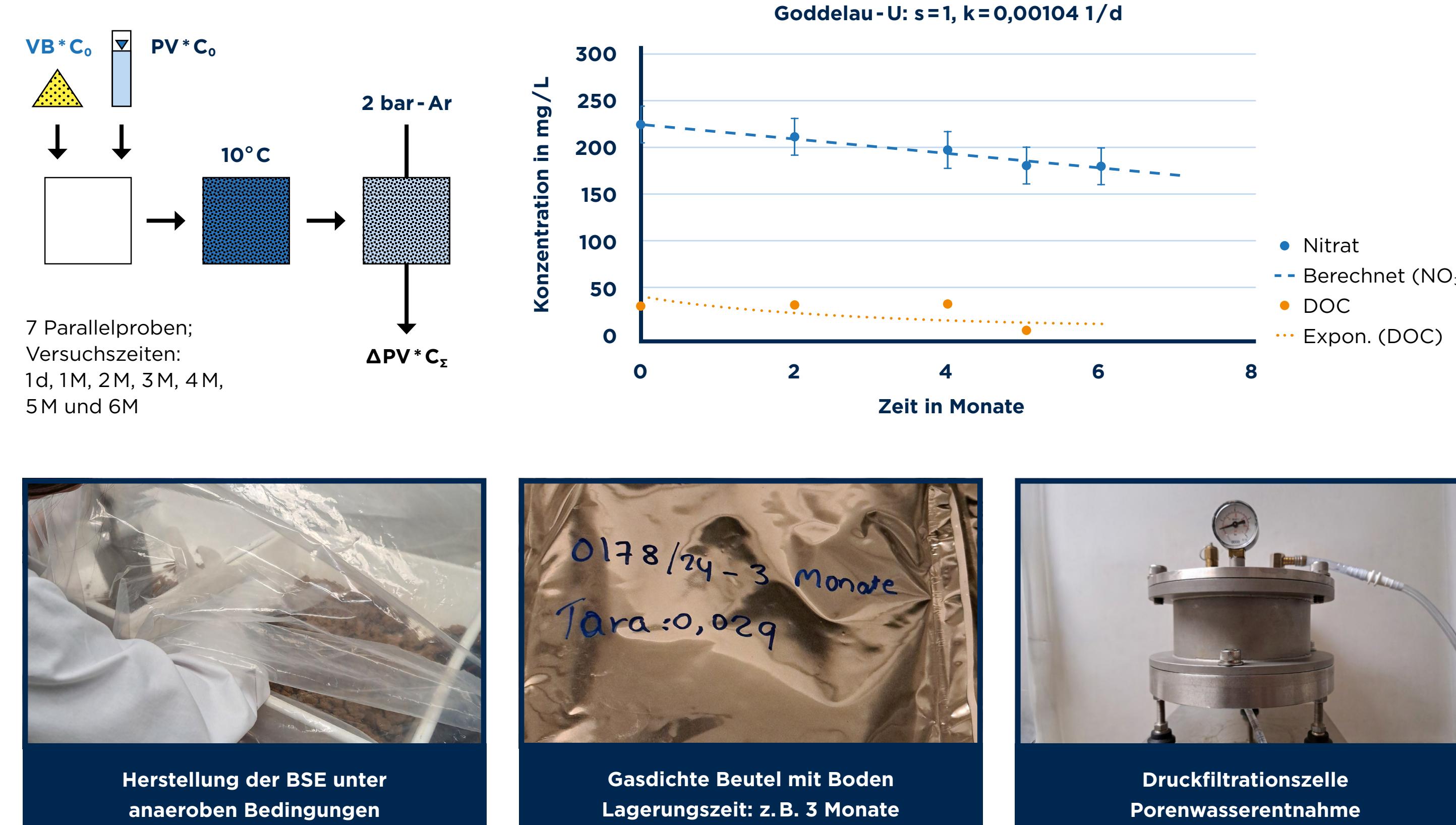


Abbildung 1: Entwickelte Versuchsanlage

Ergebnisse

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Grundlage der erzielten Ergebnisse war die hohe Präzision der analytischen Leistung durch Hessenwasser.
- Die heterotrophe Denitrifikation ist in allen Proben der bestimmende Prozess.
- In den Proben aus dem Hessischen Ried Buche ist neben der heterotrophen auch eine autotrope Denitrifikation feststellbar, wobei die heterotrope die Geschwindigkeitsbestimmende ist.
- Mit zunehmenden DOC erhöht sich die Denitrifikationsrate 1. Ordnung.
- PSM verringern die Denitrifikationsrate bei vergleichbaren Konzentrationen an DOC und Nitrat auf bis zu 43 %.
- n-Chloridazon ist schlechter abbaubar als Mecoprop.
- Die Analysenwerte der 1. Abbaustufe von n-Chloridazon: Desphenyl-Chloridazon und die zweite: Methyl-Desphenyl-Chloridazon verdeutlichen, dass beide nicht abgebaut werden (eher Anreicherung).
- Bedingt durch die sehr geringen Denitrifikationsraten konnte auch keine nennenswerte Entwicklung von N_2O und N_2 ermittelt werden.

Praxistest

In der nachfolgenden Abbildung 2 erfolgt ein Vergleich der im Rahmen des Projektes ermittelten mit den im Untersuchungsgebiet bisher erzielten Denitrifikationsraten.

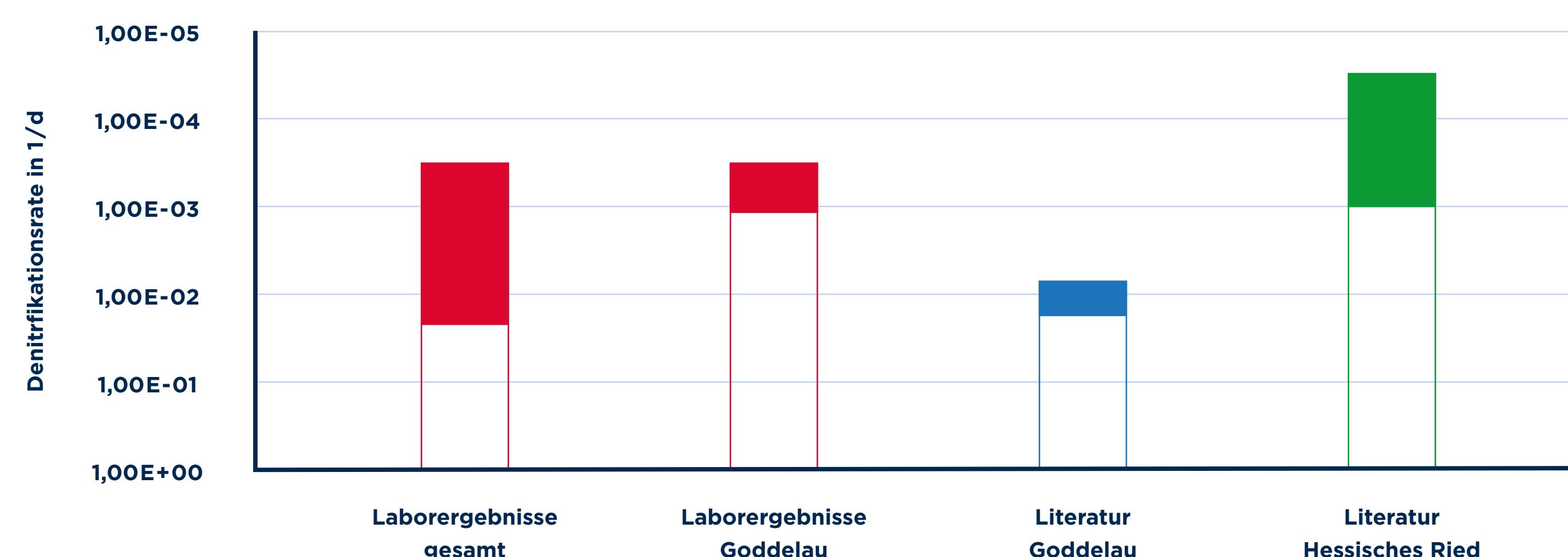


Abbildung 2: Ergebnisse aus den bisher an den Standorten durchgeföhrten 24 Versuchen mit jeweils 7 Ansätzen im Vergleich mit den bisher in der Literatur enthaltenen Denitrifikationsraten (Min- und Maxwerte).

Um prüfen zu können, welche der Denitrifikationsraten repräsentativ für den untersuchten Bereich sind, wurden die Daten von der am Standort Goddelau von der TU Darmstadt installierten und betriebenen Bodenmonitoringstation verwendet (s. Abbildung 3).

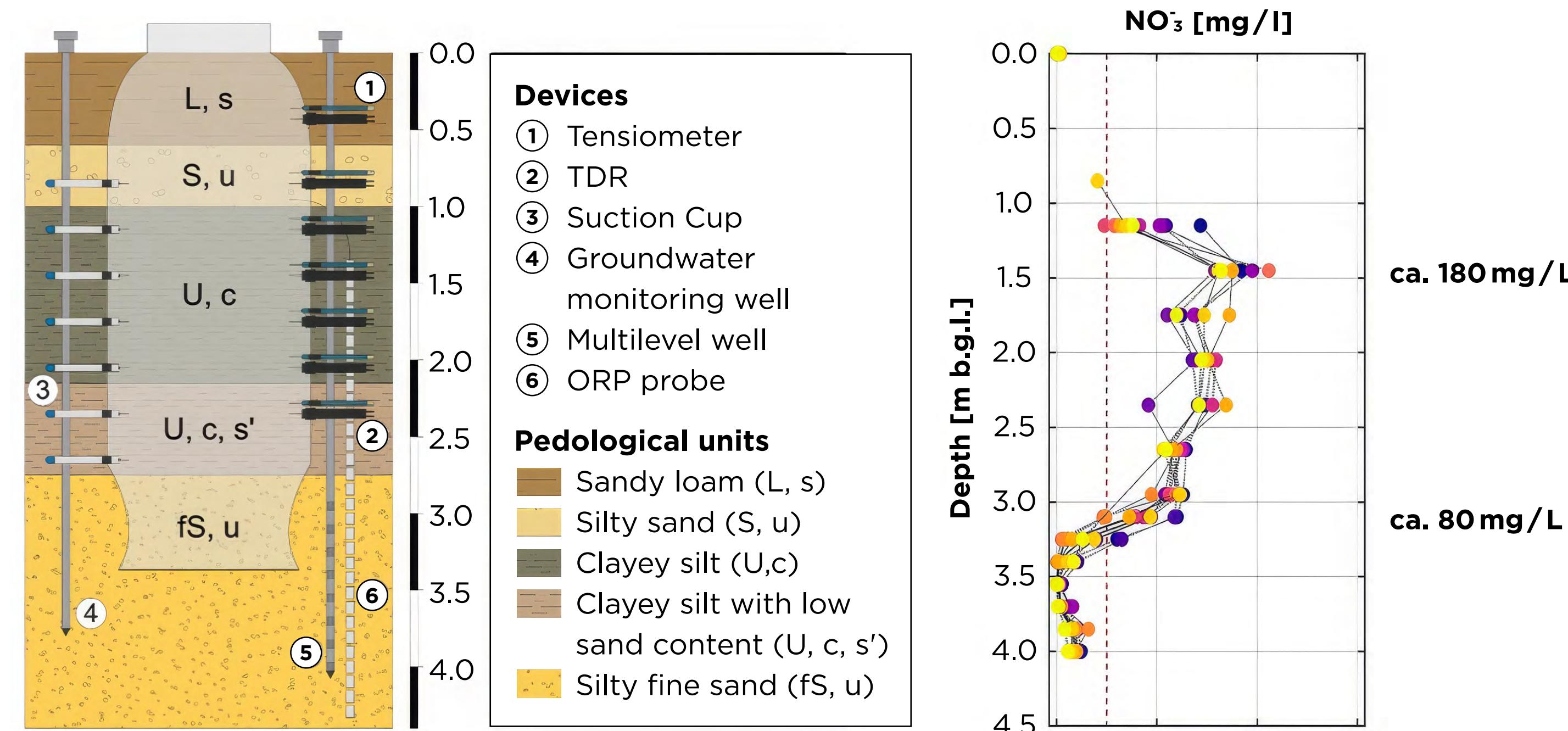


Abbildung 3: Darstellung der Bodenmonitoringstation mit Nitratkonzentrationsverteilung aus Juan Carlos Richard-Cerda et al „High-Resolution Monitoring and Redox-Potential-Based Solute Transport Modeling to Partition Denitrification Pathways at an Agricultural Site“ (2025) sowie aus Juan Carlos Richard-Cerda et al „A high-resolution monitoring station for the in situ assessment of nitrate-related redox processes at an agricultural site“ (2022)

Mit einer vereinfachten Sickerwasserprognose wurden ausgehend von einer Startkonzentration von 180 mg/L in 1,5 m u. GOK die Zielkonzentration in 3 m u. GOK berechnet, die im Ergebnis 80 mg/L ergeben müsste. Die Ergebnisse wurden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Standorte	k in 1/d	$C_{E,Ist}$ in mg/L NO_3	d_{CE} (Soll-Ist) in mg/L NO_3
Laborergebnis: Goddelau Min.	$7,6 \cdot 10^{-4}$	100	+20 (24 %)
Laborergebnis: Goddelau Max.	$1,04 \cdot 10^{-3}$	80	0 (0 %)
Literatur: Goddelau Max.	$1,8 \cdot 10^{-2}$	0,0001	-80 (100 %)
Literatur: Goddelau Min.	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,4	-80 (99 %)
Literatur: Hessisches Ried Niedermoer	$9,6 \cdot 10^{-4}$	85	+5 (6 %)
Literatur: Hessisches Ried wahrscheinlich	$3,8 \cdot 10^{-4}$	134	+54 (67 %)
Literatur: eingeschränkt	$1,92 \cdot 10^{-4}$	155	+75 (94 %)

Tabelle 2: Vergleich der mit dem im Labor ermittelten Denitrifikationsraten berechneten (CE-Ist) Nitratkonzentrationen mit denen an der Bodenmonitoringstation der TU Darmstadt gemessenen (CE-soll: 80 mg/L; s. farbliche Zuordnung s. Abbildung 2)

Damit wird die Repräsentativität der ermittelten Denitrifikationsraten sowie deren Übertragbarkeit in den Feldbereich eindeutig nachgewiesen.

Forschungspartner:

Gefördert durch:



FONA
Nachhaltiges Wassermanagement

LURCH
Grundwasser nachhaltig bewirtschaften



WaRM
Wasser- und Nutzungsinnovationsnetzwerk

Projekt- und assozierte Partner:



<https://w-rm.de/warm/partner.php>