



ecoTech - Nitratmonitoring

Optimierte Probenahme für die Abschätzung von Sickerfrachten

- Referenzen
- Veranlassung und Hintergrund
- Experimentkonzept
- Anwendungsbericht (Bilderserie)

Februar 2020, Technische Änderungen vorbehalten!

© ecoTech GmbH. Kopie, Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte darf nur mit unserer Zustimmung erfolgen.



HYDROLOGIE



BODENKUNDE



ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING



Referenzen 2011 bis 2019

- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
- Verschiedene Wasserversorger im westlichen Münsterland, NRW
- Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg, Abteilung Boden und Umwelt
- Stadtwerke Leipzig, Wassergut Canitz
- Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Insgesamt ca. 50 Sickerwasseranlagen mit ca. 300 Saugplatten sowie in den meisten Fällen begleitende Messungen mit ecoTech-Monitoringstationen für Bodenfeuchte und Klimaparameter.

Wir stellen gern den direkten Kontakt zu den Ansprechpartnern dieser Institutionen her.

Weitere Informationen unter

https://www.ecotech-bonn.de/de/produkte/bodenkunde/anwendungen-projekte/nitrat-monitoring_1/



ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH
Klara-M.-Faßbinder-Straße 1A
53121 Bonn

Fon +49 228-850 44 77 00
Fax +49 228-850 44 77 09
web www.ecoTech-Bonn.de

Geschäftsführer: Gerhard F. Behre
Amtsgericht Bonn HRB 5419



Veranlassung



Am 27.04.2016 wurde die Bundesrepublik Deutschland von der EU-Kommission wegen mutmaßlicher Versäumnisse beim Grundwasserschutz vor dem Europäischen Gerichtshof verklagt. Grund ist die Nitratbelastung der Grund- und Oberflächengewässer, die in vielen Regionen Deutschlands seit Jahren unverändert hoch ist; als Verursacher steht vor allem die Landwirtschaft im Fokus.

Die genauen Zusammenhänge zwischen Düngung, Nitratfreisetzungen und Verunreinigung sind dabei noch immer nicht eindeutig geklärt. Um die Ursachen im Bereich der Landwirtschaft besser zu verstehen, hat die BEW (Bocholter Energie- und Wasserversorgung GmbH) federführend für die dortigen Wasserversorger im Jahr 2011 die Erarbeitung eines neuen Untersuchungskonzepts angeregt. Ziel war damals, die tatsächlichen Nitrat-Austräge im Sickerwasser mit einem zeitgemäßen Versuchsdesign besser als bisher zu ermitteln. Als Folge dieser Initiative wurde ecoTech in den Jahren 2012 und 2013 von verschiedenen Wasserversorgern des westlichen Münsterlands mit dem Aufbau von acht neu konzipierten Nitrat-Monitoringstationen in vier Gemeinden beauftragt.



Karte der Bundesrepublik Deutschland
 Rot: Flächen mit mehr als 50 mg NO₃ je Liter
 Grundwasser
 Quelle: Frankfurter Rundschau

Hintergrund

Fachlicher Hintergrund für die Erhebungen war, dass die Auswirkungen von Düngung, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Witterung auf die Nitratfreisetzungen noch immer nicht eindeutig geklärt sind. Die BEW und ecoTech haben dann ein auf die jahrelange Nutzung ausgerichtetes neues Nitrat-Monitoringkonzept erarbeitet, das sich von früheren technischen Lösungen deutlich unterscheidet. Ziel war die dauerhafte Kontrolle der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von repräsentativen Ackerflächen, die weiter unter voller landwirtschaftlicher Bewirtschaftung stehen. Dabei sollte ausschließlich Sickerwasser erfasst werden, das den Wurzelraum in Makroporen gravitativ verlässt und in Richtung Grundwasser versickert.



Saugplatte als Instrument
für Nitrat-Monitoring

Chronologie

2012: Verbesserte Technik

Für das neue Konzept zum Nitratmonitoring haben wir unsere bewährten Glas-Saugplatten in verschiedener Hinsicht weiterentwickelt, um im Feld auch über Distanzen von 20 m und mehr (hinter dem Vorgewende) eine störungsfreie Sickerwasserbeprobung gewährleisten zu können. Um dabei allein das gravitativ versickernde Bodenwasser zu gewinnen, wurden die Saugplatten in ca. 100 cm Tiefe unterhalb des Wurzelraums in den ungestörten Boden eingebaut, und das aufgefangene Sickerwasser wird mit nur geringem Unterdruck (z.B. – 60 hPa = Feldkapazität) in Probengefäße überführt.

Juni 2016: 12 neue Standorte in NRW

Im Jahr 2016 hat das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) ein landesweit angelegtes Nitratmonitoring-Projekt der LWK NRW (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) finanziert. Ziel dieses innovativen Projektes war ein flächendeckendes Monitoring von Nitrat-Austrägen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Gebieten mit besonders hohen Nitratgehalten im Grundwasser. Die auf breiter Ebene erhobenen Daten sollen der LWK dabei helfen, die Zusammenhänge besser zu verstehen, Beratungsaussagen für eine grundwasserschonendere Bewirtschaftung treffen zu können und so der Einhaltung der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu dienen.

Das neue Projekt nutzt die im Münsterland bereits bewährte Sickerwasser-Entnahmetechnik und erweitert das bisherige Konzept der BEW um zwei wesentliche Punkte: erstens werden im neuen



Monitoringprojekt an jedem Standort mindestens zwei Flächen vergleichend untersucht und zweitens werden an allen Messstellen wichtige Begleitparameter aufgezeichnet (s.u.).

Nach erfolgter Ausschreibung wurde die ecoTech GmbH im Juni 2016 mit der Lieferung und Installation des neuen Sickerwassermonitoring-Messnetzes beauftragt. Bereits im November 2016 waren an 12 neuen Standorten in NRW 25 Sickerwasser-Anlagen in Betrieb gegangen (s. Karte NRW).

Vergleichsmessungen mit anderen Messverfahren und ein Tracerversuch am Standort Bocholt haben inzwischen gezeigt, dass das Konzept repräsentative Messergebnisse liefert.

Oktober 2016: 2 neue Messanlagen in Sachsen-Anhalt

Das in NRW bewährte Konzept findet auch in anderen Bundesländern Beachtung: im August 2016 wurden wir von der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG) beauftragt, nach dem NRW-Konzept bis Oktober 2016 an einem ersten Standort in Sachsen-Anhalt zwei Nitratmonitoring-Messstellen einzurichten.

Dezember 2017: Pilotanlage in Baden-Württemberg

Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) in Freiburg beschafft eine Saugplattenanlage für die Ausstattung eines Pilotprojekts in Baden-Württemberg

Oktober 2018: Erstes Großprojekt in Sachsen

ecoTech installiert eine Sickerwasseranlage auf 12 Parzellen sowie zwei Bodenfeuchte-Monitoringstationen für die Stadtwerke Leipzig GmbH ([Wassergut Canitz](#)).

Oktober 2019: Pilotanlage in Bayern

ecoTech installiert auf 4 Parzellen eine Saugplattenanlage sowie eine Bodenfeuchte-Monitoringstation für die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Begleitende Messtechnik

Flankiert werden der Hauptteil der seit 2016 neu errichteten Sickerwasseranlagen von Monitoringstationen, die die wichtigsten Wetterdaten und in drei Tiefen die Bodenfeuchte messen. Die Stationen versenden ihre Daten vollautomatisch an einen Server. Für NRW werden diese Daten im Haus des Geologischen Dienstes NRW (GD NRW) verwaltet. Dort werden die Daten verrechnet, grafisch aufbereitet und auf der homepage des GD NRW allen Interessierten zugänglich gemacht (<https://www.enviwatch.net/~gdnrw/anzeigen.html>).



Experimentkonzept

Einleitung

Auf der Basis unserer mehr als zwanzigjährigen Erfahrung im Bereich Nitratmonitoring haben wir ein experimentelles Konzept erarbeitet, welches sich von früheren technischen Lösungen deutlich unterscheidet. Ziel ist eine dauerhafte Kontrolle der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von repräsentativen Ackerflächen, die nach der Ausrüstung mit Probenahmetechnik weiter unter voller landwirtschaftlicher Bewirtschaftung stehen. Dabei wird das Sickerwasser direkt unterhalb des Wurzelraums entnommen, also an der Stelle, an der aus dem Nährstoff Nitrat ein Schadstoff wird.

Für dieses neue Konzept haben wir unsere bewährten Glas-Saugplatten in verschiedener Hinsicht weiterentwickelt. Dadurch sind wir in der Lage, im Feld Distanzen von z.B. 50 m und damit das sogenannte Vorgewende zu überbrücken. Dieser Randbereich wird ackerbaulich meist anders bearbeitet als die Hauptackerfläche und ist auch bezüglich Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen oftmals nicht frei von Randeffekten. Durch die neue Ausrüstung unserer Glas-Saugplatten sind wir in der Lage, hinter dem Vorgewende Saugplatten zu installieren, so dass die Beprobung des Sickerwassers im repräsentativen Teil der Ackerfläche stattfinden kann.

Ziel unserer Methode ist es, allein das aus einem ungestörten Bodenbereich gravitativ versickernde Bodenwasser zu gewinnen. Die Saugplatten werden daher seitlich in ein Bodenprofil eingebaut, um dann das Sickerwasser bei nur geringem Unterdruck (z.B. $-60 \text{ hPa} \cong \text{Feldkapazität}$) zu entnehmen und zur späteren Analyse in Probengefäße zu überführen.

Insgesamt wurden zwischen 2012 und 2018 bereits fast 50 Standorte im gesamten Bundesgebiet nach diesem Konzept ausgestattet.

Kernpunkte des Nitrat-Monitoring-Konzepts von ecoTech

- Sechs Glas-Saugplatten in den gegenüberliegenden Längsseiten einer Profilgrube (Abb. 1, oben)
- Sickerwasser ausschließlich aus Makroporen (bis Feldkapazität, -60 hPa)
- Spezialverschlauchung zur Überbrückung großer Distanzen (50 m) und zur
- Totwasserminimierung zwecks terminlicher Zuordnung des Sickerwassers
- Separate Erfassung in sechs Flaschen, Abschätzung der Streuung möglich
- Einbautiefe (Bezugsebene) = Grenze des durchwurzelten Bereichs (Abb. 2, unten), d.h. nur in Richtung Grundwasser bewegliches Sickerwasser wird aufgefangen

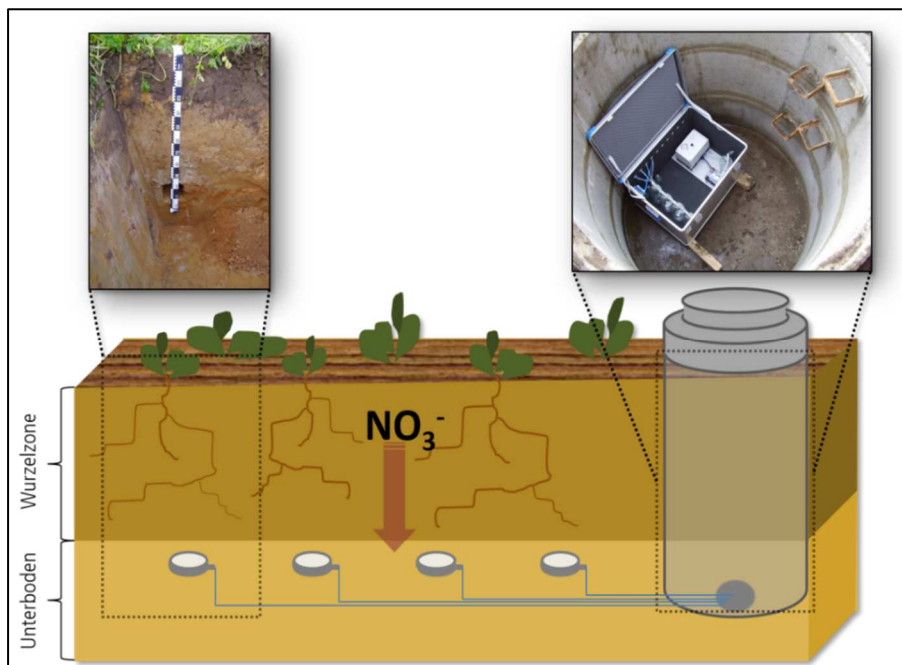
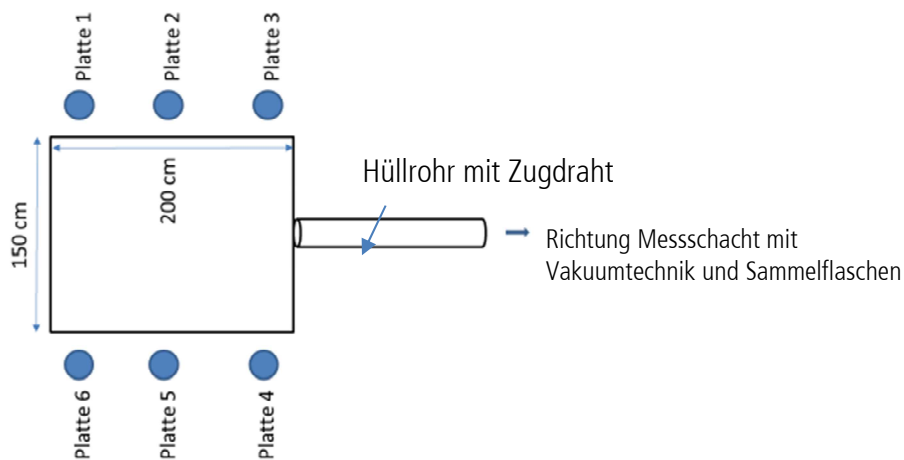


Abb. 1: Oben: Aufsicht auf eine Bodenprofilgrube und Positionen der sechs Saugplatten.
Unten: Schematischer Messaufbau mit Saugplatten an Untergrenze des Wurzelbereichs sowie Messschacht mit Vakuumtechnik und Sammelflaschen



Warum Saugplatten?

Der Installationsaufwand für Saugplatten ist häufig deutlich größer als der für die Einbringung von Saugkerzen. Saugplatten haben aber bezüglich der Berechnung von Nitrat-Auswaschungsmengen (NO_3 -Fracht) zwei wesentliche Vorteile gegenüber Saugkerzen: 1. Sie haben eine größere Oberfläche und 2. Die ermittelten NO_3 -Konzentrationen und Sickerwassermengen können auf eine Fläche bezogen werden (Weihermüller 2019).

Zu 1: Je größer die beprobte Fläche ist, desto repräsentativer ist das Ergebnis, da Unterschiede in der Fließgeschwindigkeit bzw. unterschiedliche NO_3 -Befruchtung der Poren im Mittel besser abgebildet werden.

Zu 2: Der Flächenbezug (und definierte Wirkungsbereich) der Saugplatten ist eine Grundvoraussetzung dafür, dass eine Kalkulation von Nitratfrachten aus gemessenen Sickerwassermengen und -konzentrationen nach der folgenden Formel überhaupt zulässig ist:

Berechnung von Frachten aus Menge und Konzentration nach Fier & Schäfer (2016):

$$\text{NO}_3\text{-N-Fracht [kg/ha]} = \text{NO}_3\text{-N [mg/l]} * (0,01 \times \text{Sickerwasser [l/m}^2\text{)})$$

Das Sickerwasser in l/m^2 wird dabei aus der je Saugplattenfläche erhaltenen Sickerwassermenge berechnet.

Warum sechs Saugplatten je Profilgrube?

Auch wenn Saugplatten kleinräumige Stoffflüsse auf der mm- und cm-Skala gut integrieren können (Abschnitt 3), treten auf der dm-Skala oft große Unterschiede in den Fließgeschwindigkeiten und Konzentrationen auf (Abb. 2 & 3). Dieses Präferenzielle Fließen ist die Regel und nicht die Ausnahme (Durner 2002):

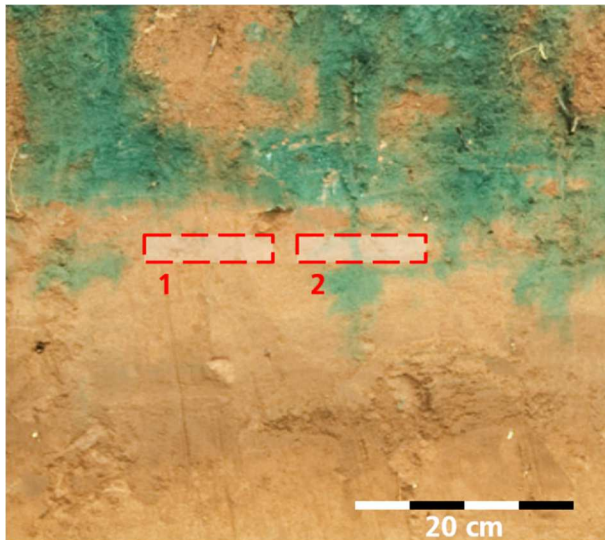


Abb. 2: Durch Brilliant Blue sichtbar gemachte Wasserflüsse in einem Fluvisol; zwei mögliche Einbaupositionen von Saugplatten mit stark abweichendem Extraktionsergebnis; Garrido & Helmhart (2012), verändert

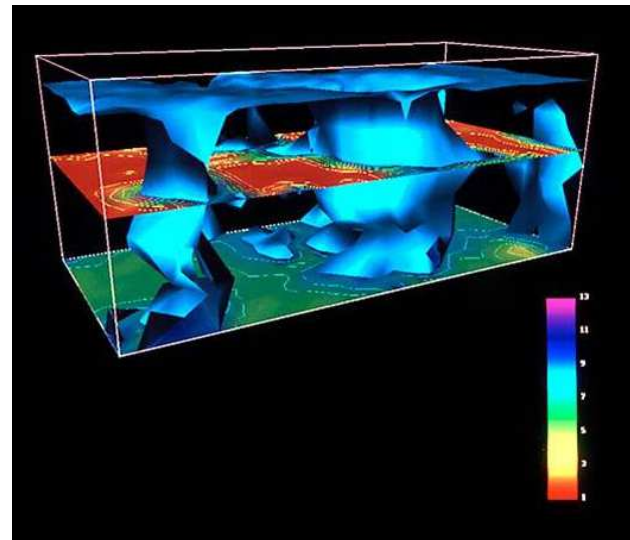


Abb. 2: Verteilung des Wassergehalts in einem 3D-Bodenprofil 60 cm x 120 cm x 52 cm; Legende = Skala des Wassergehalts (Vol-%); Ritsema et al. (1998)

Bei einer unzureichenden Anzahl von Saugplatten wird der Stofffluss daher nicht richtig erfasst. Eine belastbare Aussage zur gesuchten Zielgröße Nitratfracht erhält man erst, wenn durch eine ausreichend große Anzahl von Proben/Platten das sogenannte Repräsentative Elementarvolumen (Bear 1972) erreicht wird:

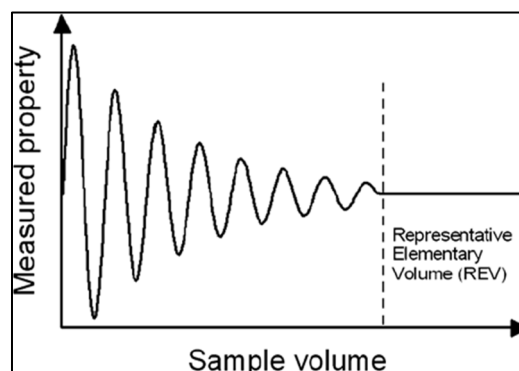


Abb. 3: Schematische Darstellung, wie sich eine gemessene Eigenschaft mit dem Probenvolumen und der Größe des Repräsentativen Elementarvolumens (REV) ändert (modifiziert nach Bear 1972)

Im Grunde müsste dieses REV für jeden Standort neu ermittelt werden, denn während für den einen Standort drei Saugplatten ausreichen können, werden an einem anderen vielleicht 12 benötigt (vgl.



Weihermüller et al. 2006). Eine entsprechende Voruntersuchung würde aber einen erheblichen experimentellen und zeitlichen Aufwand erfordern und ist daher letztlich nur in Einzelfällen umsetzbar. Unser Konzept mit sechs Saugplatten je Messplatz stellt daher einen Kompromiss dar und auch ein Zugeständnis an das Budget und den vertretbaren technischen Aufwand.

Warum Glas?

Die Fließgeschwindigkeit in den verschiedenen Porenklassen des Bodens kann sich um den Faktor 100 unterscheiden (Widmoser, 1992). Bei präferenziellem Fließen kann ein großer Teil des verlagerten Nitrats durch einen sehr kleinen Teil des Bodenvolumens transportiert werden (z.B. 2 %; Luxmoore et al. 1992). Eigene Versuche haben bestätigt, dass gerade bei Starkregenereignissen innerhalb von Stunden große Distanzen überwunden und anschließend sehr hohe Konzentrationen in größeren Bodentiefen (> 1 m) messbar sein können (Wessel-Bothe 2002). Dies ist möglich, weil nach dem Gesetz von Hagen-Poiseuille der Porenradius in der vierten Potenz in die Gleichung zur Berechnung des Flusses eingeht und eine Verdopplung des Porenradius den Wasserfluss um den Faktor 16 multipliziert. Das hat zur Folge, dass eine enge Grobpore mit $r = 10 \mu\text{m}$ 100-mal mehr Wasser leitet als 100 Mittelporen mit $r = 0,1 \mu\text{m}$, obwohl der wasserführende Querschnitt identisch bleibt (Widmoser, 1992).

Bei solchen Ereignissen besteht die Gefahr, dass eine Saugplatte mit zu geringer hydraulischer Leitfähigkeit einen so schnellen Sickerwasserfluss nicht vollständig aufnehmen kann und dass das auftreffende Sickerwasser seitlich an der Saugplatte vorbeifließt. Als Resultat würde die tatsächlich im Boden bewegte Nitratfracht unterschätzt werden.

Aus diesem Grund haben wir Glas als Filtermaterial ausgewählt, da dieses nach eigenen Versuchsergebnissen (unveröff.) eine mehr als zehnfach höhere hydraulische Leitfähigkeit besitzt als Keramik und gleichzeitig eine lange Lebensdauer hat.

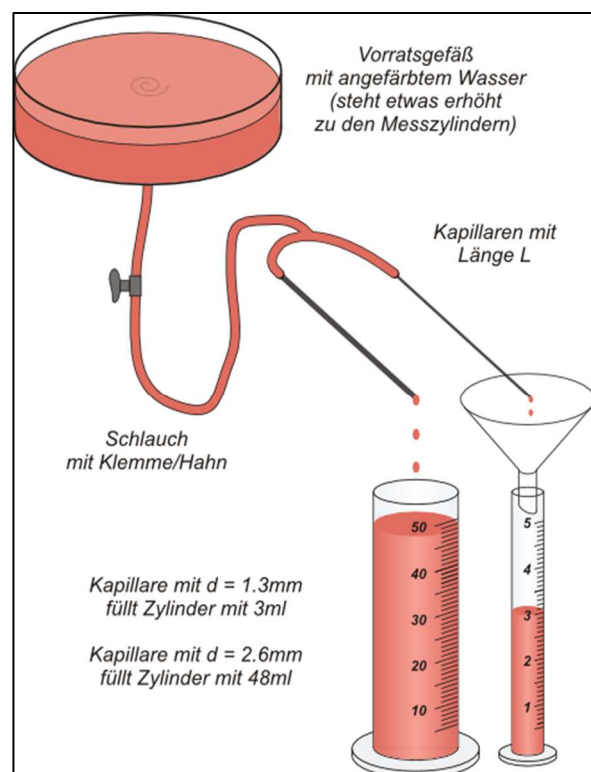


Abb.4: Hagen-Poiseuille-Versuch (Quelle: <https://lp.uni-goettingen.de/get/text/697>)



Warum nur eine Entnahmetiefe?

Unser Konzept sieht vor, dass allein jenes Wasser gewonnen werden soll, welches gesichert in Richtung Grundwasser fließt und nicht mehr durch kapillaren Aufstieg oder Wurzelaufnahme in Richtung Oberfläche gelenkt wird. Unmittelbar unterhalb der Wurzelzone ist dies der Fall, weshalb die Platten in dieser Tiefe installiert werden sollten.

Vor der Installation ist diese Tiefe für den jeweiligen Standort zu ermitteln.

Warum konstanter Unterdruck?

Ziel unseres Konzeptes ist es, allein das gravitativ versickernde Bodenwasser zu entnehmen, weshalb nur eine geringe konstante Saugspannung von -60 hPa an die Platten angelegt wird. Dies entspricht der Feldkapazität von Böden (pF 1,8), und gemäß Konvention wird damit ausschließlich Wasser aus schnell dränenden Bodenporen ($> 50 \mu m$) gesammelt. In der hier zugrunde gelegten Modellvorstellung wird ein säulenförmiger Bodenbereich oberhalb der Saugplatte entwässert (Abb. 6). Die Saugplatte übernimmt dabei die Funktion der imaginären Bodensäule, die das Sickerwasser im natürlichen Boden nach unten weiterleiten würde. Stattdessen wird dieses Wasser von der Saugplatte als Sickerwasserprobe gesammelt:

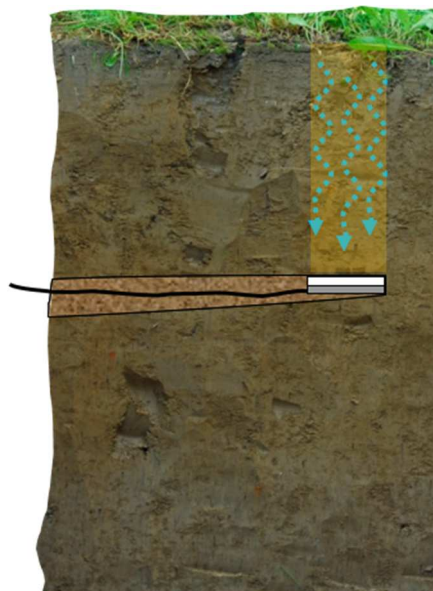


Abb. 5: Schema der Extraktion von Bodenlösung unter ungestörtem Boden mit Hilfe von Saugplatten

Sind die genannten Voraussetzungen erfüllt, sind Berechnungen von gelösten Stoffen unter Verwendung der Wassermenge und der Konzentration (siehe Abschnitt 3) erlaubt.



Warum zwei Schläuche?

Unsere Saugplatten sind mit einer Kombination aus zwei verschiedenen Schläuchen mit selektierten Abmessungen ausgestattet. Dies hat folgende Vorteile:

- vollständige Entleerung aller Schläuche durch Belüftung möglich, Minimierung von Totwasser
- trennscharfe Zuordnung von Sickerwasserproben zu Entnahmetermen
- Ermöglichung der Probenahme über lange Distanzen (50 m)
- Verkürzung der Probenentnahmezeit
- Kontrolle des Vakuums an jeder einzelnen Platte möglich
- keine Besiedlung des Systems durch Mikroorganismen
- zur Minimierung von Oxidationen ist die Befüllung des Sammelsystems mit N₂ oder anderen Gasen möglich

Warum überhaupt so eine aufwändige Probenahme?

„Der Versuch, auf Basis eines möglichst einfachen, billigen und schnellen Verfahrens eine realitätsnahe Schätzung der Sickerwasserbelastung abzuleiten, stellt angesichts der Komplexität der beteiligten Prozesse die Quadratur des Kreises dar, d.h., das Problem erscheint unlösbar. Es ist deshalb unverzichtbar, die Verfahrensentwicklung für die Praxis auf einem fundierten Prozessverständnis und auf einer genügend genauen Prozesserschfassung aufzubauen.

Nur auf dieser Basis ist es möglich, die Auswirkungen eines vereinfachten Messaufwandes abzuschätzen. Eine seriöse Verfahrensentwicklung muss auf einem hohen Informationsniveau ansetzen, und die statistischen Unsicherheiten aller Verfahrensschritte eines Verfahrensvorschlags quantifizieren. Diese Vorgehensweise erfordert den Einsatz von Forschungs- und Entwicklungsgeldern. Sie erfordert weiterhin die enge Verzahnung von universitärer Forschung und den reichhaltigen praktischen Erfahrungen der Vollzugsbehörden und der Ingenieurbüros.“ (Durner 2002)

Wir halten die flächenbezogene Probenahme mit hoch permeablen Filtermaterialien für eine grundlegende Voraussetzung zur Gewinnung belastbarer Daten zur für eine NO₃-Frachtabeschätzung. Eine unkomplizierte Probenahme ist zwar wünschenswert, reicht aber nicht aus, auch nicht in Verbindung mit der Einrichtung kostenintensiver vor-Ort-Analytik. Solche Messwerte würden auf einer unzureichenden Erfassung des zu beprobenden komplexen Mediums Boden fußen und letztlich zur Fehleinschätzung des Fließgeschehens führen.

Wir von ecoTech glauben daher, dass wir mit dem oben beschriebenen System recht nahe an eine optimale Probengewinnung herankommen. Optimal bedeutet hier auch, dass der Aufwand in einem guten Verhältnis zum erzielbaren Ergebnis steht.



Derzeit prüfen wir die Möglichkeiten einer Verknüpfung unserer optimierten Sickerwasser-Entnahmetechnik mit einer dafür passenden Vor-Ort-Analytik, um sowohl eine möglichst richtige als auch wenig arbeitsaufwändige Datenerhebung für Nitrat zu erzielen.

Stetige Verfahrensoptimierung durch kritische Hinterfragung

Wir haben unser Konzept mit vielen Wissenschaftlern diskutiert, kritisch bewertet und verfeinert. Bis heute (Dezember 2018) bitten wir immer wieder Fachleute, sich kritisch mit dem Konzept auseinanderzusetzen, damit wir das Verfahren mit gutem Gefühl als derzeit maßstabgebend vertreten können. Auf Wunsch stellen wir gern den Kontakt zu diesen Personen her und möchten auch Sie dazu anregen, uns auf Verbesserungsmöglichkeiten hinzuweisen und so zu helfen, das Verfahren für zukünftige Anwendungen zu verbessern.



Literatur

Bear, J. 1972. Dynamics of Fluids in Porous Media. Elsevier, New York.

Durner, W. (2002) Sickerwasserprognose aus naturwissenschaftlicher Sicht; http://www.soil.tu-bs.de/mitarbeiter/durner/public/01_GAB.pdf

Fier, A. & W. Schäfer (2016): Grundwasserschutzorientierte Dauerversuche: Berechnung des Wasserhaushaltes, der Nitratkonzentrationen und der Nitratfrachten am Standort Thülsfelde – Auswaschungsperiode 2014/2015 –; LBEG Hannover

Garrido, Fernando, and Martin Helmhart. "Lead and soil properties distributions in a roadside soil: Effect of preferential flow paths." *Geoderma* 170 (2012): 305-313.

Ritsema, J.C., L.W.Dekker, J.L.Nieber, and T.S.Steenhuis. 1998. Modelling and field evidence of finger formation and finger recurrence in a water repellent sandy soil. *Water Resources Research* 34(4):555-567

Weihermüller, L., Kasteel, R., and Vereecken, H. 2006. Soil Heterogeneity Effects on Solute Breakthrough Sampled with Suction Cups: Numerical Simulations, *Vadose Zone Journal*, 5 (3), 886 – 893, doi:10.2136/vzj2005.0105

Weihermüller, L. (2019): In-situ soil water sampling; in: Wessel-Bothe, S. & Weihermüller, L.: Field Measuring Methods in Soil Science, Schweizerbart, XXX S.

Wessel-Bothe, S. 2002: Simultaner Transport von Ionen unterschiedlicher Matrixaffinität in Böden aus Löss unter Freilandbedingungen – Messung und Simulation; *Bonner Bodenkundl. Abh.*, Bd. 38, University of Bonn, Germany.

Widmoser (1992): Übungen im Fach Wasserwirtschaft und Meliorationswesen, Universität Kiel, Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie, 237 S.



Anwendungsbericht (Bilderserie)

Projekt „Nitrat-Monitoring in ganz NRW“

Auftraggeber:	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen Ansprechpartner: Dipl.-Ing. agr. Uwe Kalthoff 02215340-528 uwe.kalthoff@lwk.nrw.de
Umfang:	25 Sickerwasser-Entnahmestationen und 12 Bodenfeuchte-Monitoringstationen an 12 Standorten in NRW
Technische Ausrüstung:	150 Saugplatten und 72 Saugspannungssensoren inklusive allen technischen Zubehörs für den automatischen Mess- und Daten-Versendebetrieb
Installationsarbeiten:	ecoTech Umwelt-Messsysteme GmbH
Zeitraum:	August bis November 2016
Internet:	https://www.ecotech-bonn.de/de/produkte/bodenkunde/anwendungen-projekte/nitrat-monitoring_1/



HYDROLOGIE



BODENKUNDE



ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING





HYDROLOGIE



BODENKUNDE



ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING







HYDROLOGIE



BODENKUNDE



ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING





HYDROLOGIE



BODENKUNDE



ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING





HYDROLOGIE



BODENKUNDE



ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING





HYDROLOGIE



BODENKUNDE



ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING







HYDROLOGIE



BODENKUNDE



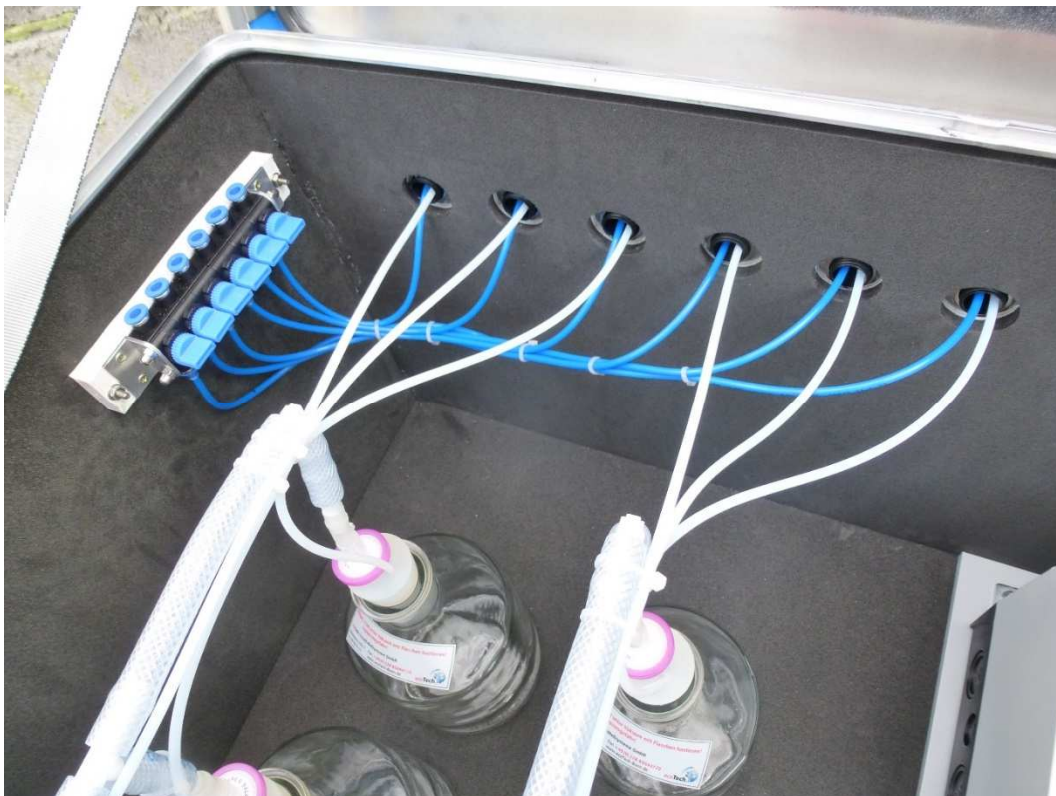
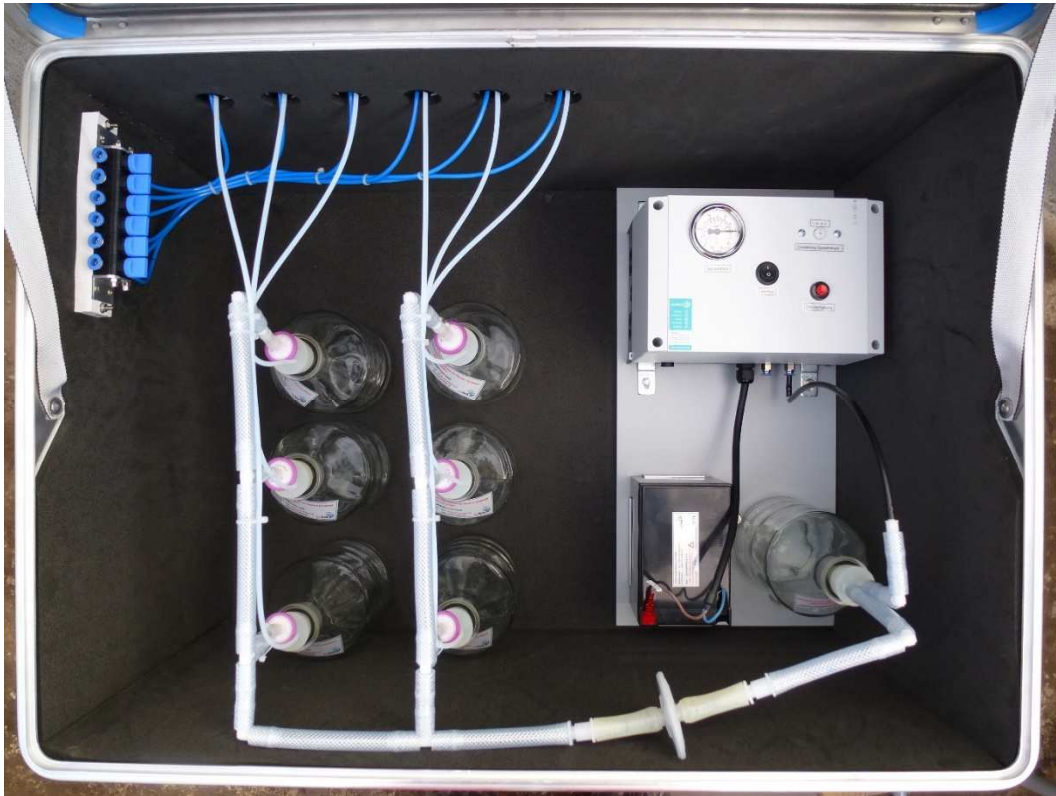
ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING





HYDROLOGIE



BODENKUNDE



ÖKOLOGIE



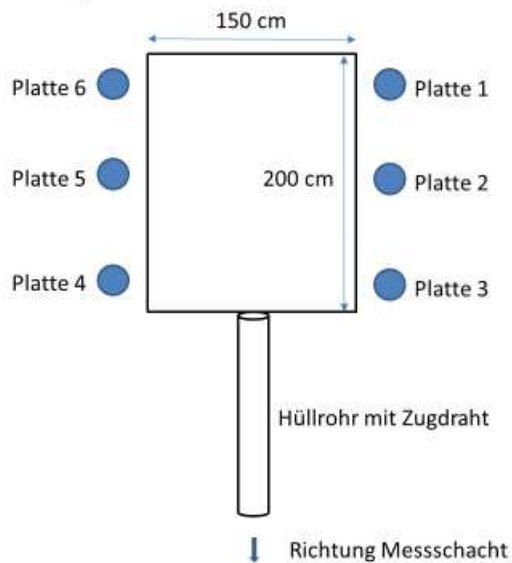
METEOROLOGIE



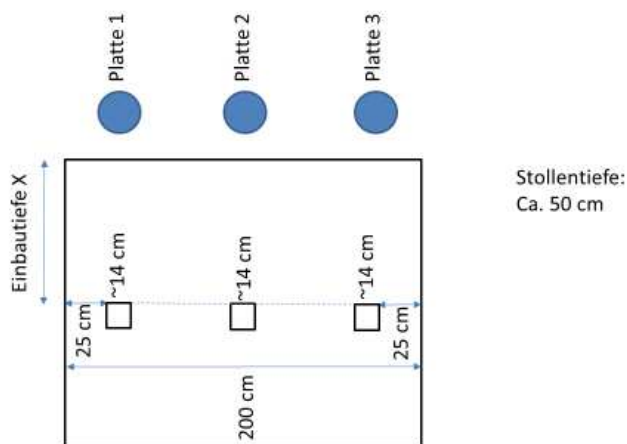
MONITORING



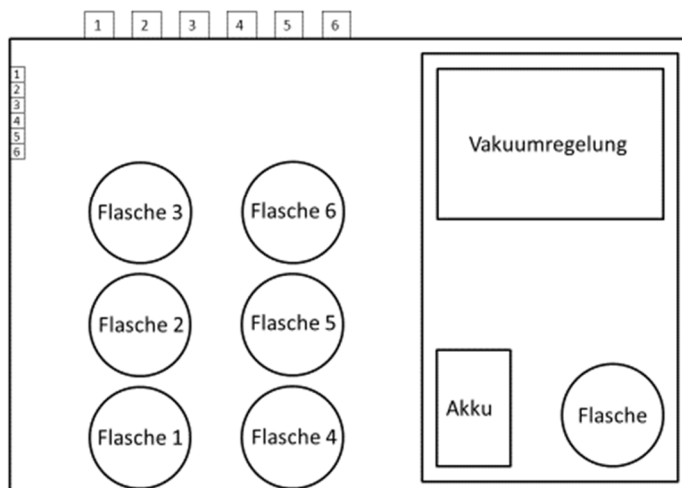
Profilgrube und Nummern der Platten



Position der Platten an der Profilwand



Nummerierung von Verschraubungen, Ventilen und Flaschen





HYDROLOGIE



BODENKUNDE



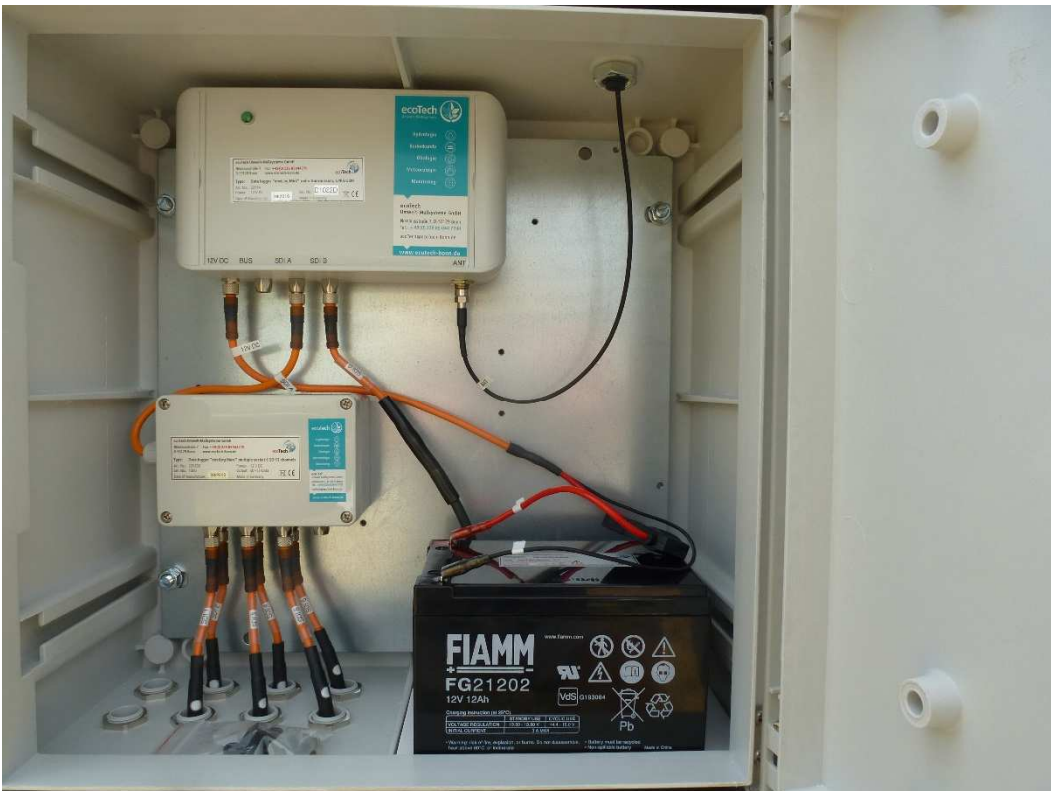
ÖKOLOGIE



METEOROLOGIE



MONITORING





Ihre Ansprechpartner bei ecoTech

- Thorsten Lange, Dipl.-Ing. (FH) Technischer Umweltschutz
- Dr. Martin Helmhart, Dipl.-Geogr.
- Dr. Stefan Wessel-Bothe, Dipl.-Ing. agr.



ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH
Klara-M.-Faßbinder-Straße 1A
53121 Bonn

Fon +49 228-850 44 77 00
Fax +49 228-850 44 77 09
web www.ecoTech-Bonn.de

Geschäftsführer: Gerhard F. Behre
Amtsgericht Bonn HRB 5419