

Lysimetermessplatz zur Simulation des Stickstoffabbaus in Vertikalpflanzenfiltern

D. LAZIK, B. MORGENEYER, H. GEISTLINGER, N. BETZL, P. KUSCHK und C. MÜNCH

Abstract

The influence of the wetland root zone on nitrification and denitrification processes is studied by lysimeter experiments. Microbiological investigations on soil samples and soil water analysis will be performed in order to develop a numerical process model. The paper introduces the technical set-up for online chemical analysis of soil waters from various lysimeter sampling points, developed during the last years. The computer-controlled set-up consists of a hydraulic interface, a basis unit and a sample collector. A peristaltic pump, a sensor set and some valves build up the basis unit. This unit controls the fluid movement inside the whole set-up. A combined pressure and electric conduc-

tivity control enables automated sampling of soil waters from the unsaturated zone of the lysimeter. The hydraulic interface allows an addressing of fluids (1) from a sampling point, calibration fluids and cleaning fluids to the basis unit (and back), (2) from the basis unit to different commercial analysis devices, (3) to the sample collector and (4) to a waste vessel, respectively. The set-up is completely air-proof to minimize the influence of oxygen. Components containing gas permeable tubes are flushed by inert gas (e.g. N₂).

1. Laborsimulation des Stickstoffabbaus in Kleinlysimetern

Zur Simulation des Stickstoffabbaus von Abwässern einer Spüldeponie wurden

im Juli 1999 drei Kleinlysimeterversuche (Durchmesser 22 cm, Höhe 100 cm) gestört im Labor aufgebaut. Neben einem gravitiven Abfluss verfügen die Lysimeter in je drei Ebenen über Tensio-meter, Gassensoren, TDR-Sensoren, Bodenwasser- sowie Bodenentnahmestellen.

Der Stickstoffabbau umfasst zwei Teilschritte, die sehr unterschiedliche Anforderungen an die Systembedingungen stellen. Zunächst soll das Abwasser nitrifiziert werden. Hierfür ist insbesondere eine ausreichende Sauerstoffversorgung notwendig. Der Einsatz größeren Materials im oberen Säulenabschnitt soll dies unterstützen. Nachfolgend wird das entstandene Nitrat denitrifiziert. Dieser anaerobe Atmungsprozess ver-

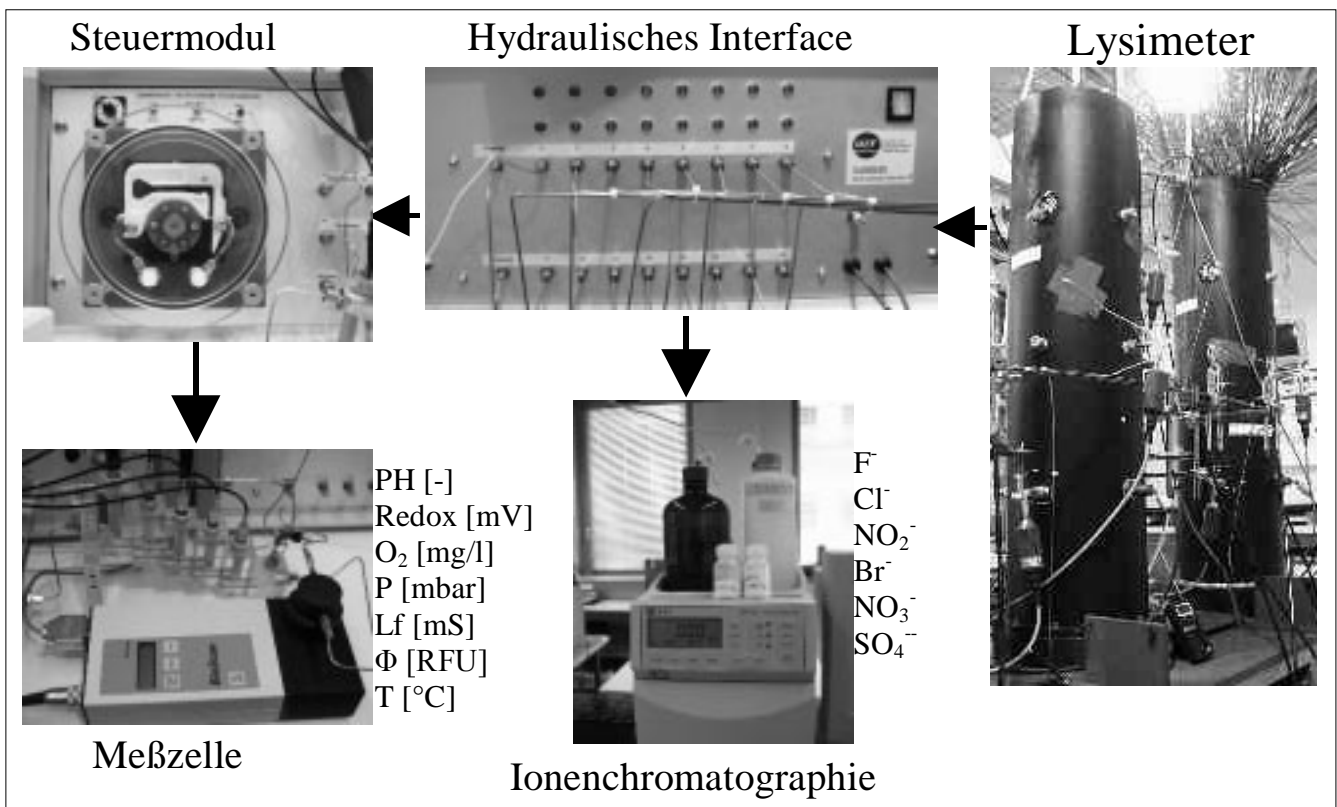


Abbildung 1: Komponenten des Kleinlysimetermessplatzes. Pfeile deuten den Probenahme- und Analysepfad an.

Autoren: Dr.rer.nat. Detlef LAZIK, Dipl.-Ing.(FH) Burkhard MORGENEYER, Dr. Ing. hab. Dr. rer.nat. Helmut GEISTLINGER und Dipl.-Phys. N. BETZL, UFZ Department of Hydrogeology, Theodor-Lieser-Straße 4, D-06120 HALLE, Dr. rer.nat. Peter KUSCHK, UFZ Department of Remediation Research, Permoserstraße 15, D-04318 LEIPZIG und Dipl. Biol. Christiane MÜNCH, TU Dresden, Institut für Mikrobiologie, Mommsenstraße 13, D-01060 DRESDEN

langt Reduktionsäquivalente und wird durch vorhandenen Sauerstoff gehemmt. Dieser Prozess findet im unteren Säulenabschnitt statt, der mit feinem Sand gefüllt und dauerhaft überstaut ist. Da das anstehende Abwasser keine verwertbaren Kohlenstoffverbindungen mitbringt, ist die Zugabe einer C-Quelle notwendig. Um dem naturnahen und kostengünstigen Charakter einer Pflanzenkläranlage gerecht zu werden, soll dies nicht in Form einer Chemikalienzudosierung erfolgen. Vielmehr wurde der untere Sandkörper eines mit Binse besetzten Lysimeters mit gehäckseltem Roggenstroh gemischt. Dieses besteht zu über 50 % aus Kohlenstoff, der schrittweise freigesetzt wird.

Schwerpunkt der Untersuchungen ist die Stimulation des Abbaugeschehens durch die Pflanzen, die über die Wurzeln durch eine Sauerstoff- und Exsudatabgabe starken Einfluss auf die Bakterienpopulationen in der Wurzelumgebung haben. Unklar ist bisher, wie dies auf nitrifizierende Bakterien wirkt und welche Relevanz diese Stimulation für das gesamte Abbaugeschehen hat. Zur Klärung dieser Fragestellung sollen Sedimentproben

aus dem Wurzelraum entnommen werden und hinsichtlich der Populationsdichte, der Zusammensetzung der Bakterienbiozönose und deren Aktivität untersucht werden. Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Untersuchung des Einsatzes von Stroh als mikrobiell verwertbare Kohlenstoffquelle dar. Anstehende Fragestellungen diesbezüglich sind einerseits die mikrobielle Verwertbarkeit der Biomasse und andererseits das Langzeitverhalten dieser C-Quelle.

Zur Quantifizierung des Stoffumsatzes soll ein numerisches Prozessmodell aufgebaut und anhand von tiefenorientiert entnommenen Eluat (4 Probenahmestellen x 3 Lysimeter + Beregnungswasser) kalibriert werden. Anhand von Tests mittels Fluoreszenzfarbtracern und Bromid soll die Entwicklung der hydraulischen Eigenschaften der Modellpflanzenkläranlagen nachvollzogen werden.

2. Messtechnisches Konzept und Realisierung

Die Beobachtung von Saugspannung/ Wasserstand und Feuchte erfolgt in 3 äquidistanten Lysimeterebenen mittels

Tensiometern und TDR-Sensorik. In diesen Ebenen wurden gleichfalls Sensorschläuche zur Ermittlung der Gaszusammensetzung nach LAZIK und GEISTLINGER (2000) eingesetzt.

Die Wasserhaushaltsbilanz wird gravitativ aus der Differenz von Beregnungswasser zu Abfluss gebildet. Ein paralleler Versuch dient der Bestimmung der Evaporation womit die Transpiration der eingesetzten Pflanzen (Binse) festgelegt ist.

Schlüssel für eine quantitative Prozessbeschreibung bildet die Gewinnung und Analyse weitestgehend originärer Eluate. Zu diesem Zweck wurde ein modulares Monitoringsystem installiert. Auf dieses am UFZ entwickelte System soll im folgenden eingegangen werden.

Abbildung 1 zeigt Module des automatisch arbeitenden Vielkanalprobenahme- und -monitoring-systems SAMSON (LAZIK, MORGENEYER und SCHNEIDER, 2000).

Der Kerngedanke zum Monitoringsystem ist, Fluidproben aus unterschiedlichen Probenahmestellen nach einem wählbaren (ereignisorientierten) Regime

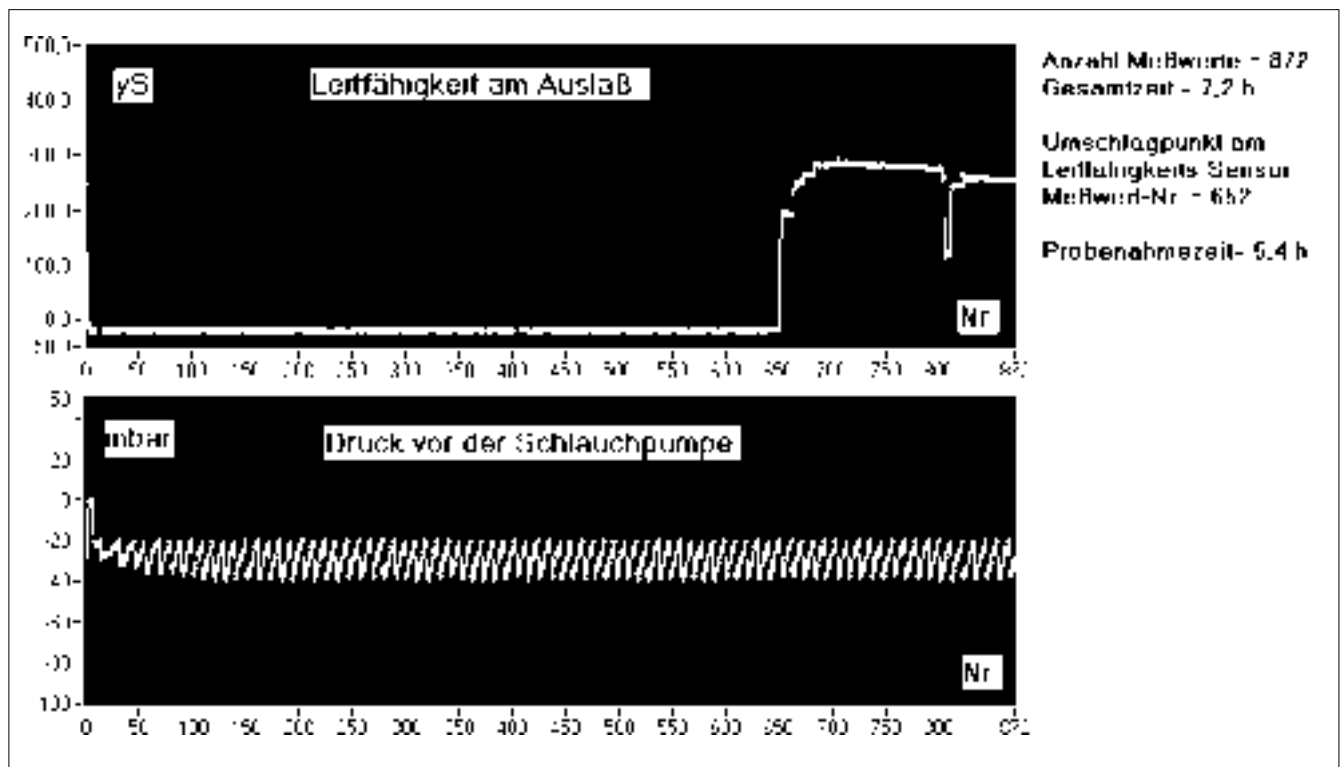


Abbildung 2: Probenahmesteuerung; die Leitfähigkeitsmessung dient der effektiven Messzellenbefüllung, die druckgesteuerte Pumpe erlaubt die Definition der Probenahmebedingungen. Hysterese und Offset der Drucksteuerung sind vorgebar. Der an der jeweiligen Messstelle anliegende Unterdruck kann über die installierten Tensiometer abgegriffen werden.

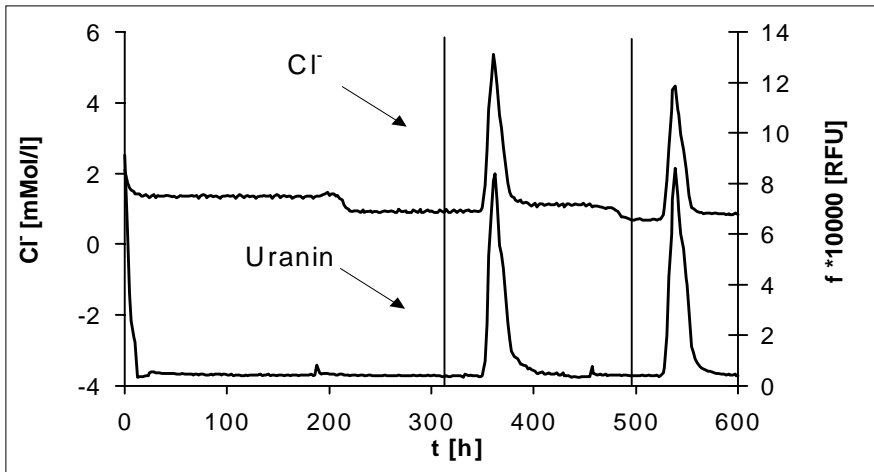


Abbildung 3: Beispiel: Durchbruchkurven an 2 Testsäulen. (Negative Zahlenwerte der linken Ordinaten sind einer gestaffelten Darstellung beider Tracer geschuldet. Unterschiedliche Basisplateaus des Cl⁻-Signals korrelieren mit dem Austausch des Testwassers. Die Fluoreszenz f wurde als Relative Fluorescence Units [RFU] angegeben. Die senkrechten Linien (Zeitschnitte) markieren die Injektionszeitpunkte des Doppeltracers)

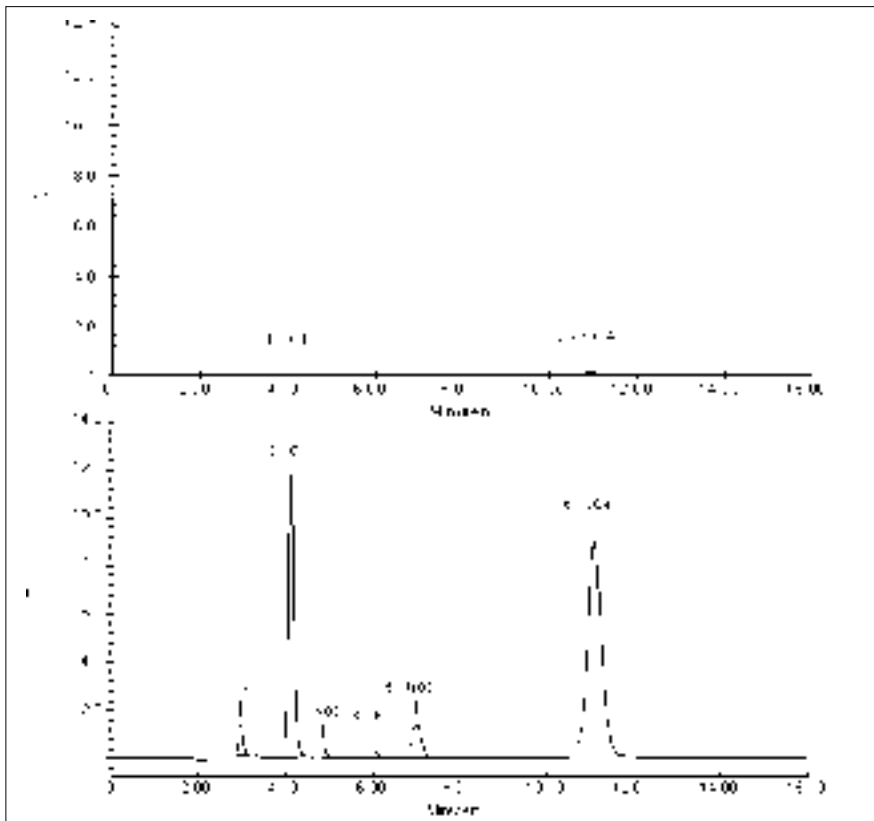


Abbildung 4: Online-Chromatogramme; oben: Untergrundsignal des gereinigten Monitoringsystems, unten: Messsignal des Beregnungswassers.

in ein und derselben Messzelle zu analysieren. In experimentellen Untersuchungen wurden nach diesem Prinzip Monitoringgenauigkeiten von 2-5 % bei-

spielsweise bei pH, Redox und Leitfähigkeit erreicht. Die Fluide werden während des gesamten Messzyklus in einem geschlossenen Kapillarsystem bewegt

und sind somit keinem direkten atmosphärischen Kontakt ausgesetzt. Dadurch kann der Chemismus der Probe weitgehend konserviert werden. Die Probenahme erfolgt über ein ventilgesteuertes hydraulisches Netzwerk, kontrolliert durch eine in der Messzelle installierte Pumpe von der jeweils angesprochenen Probenahmestelle. Sowohl die Probenahme unter wassergesättigten als auch wasserungesättigten Bedingungen ist möglich. Das Messsystem verfügt über eine eigene Druck- und Füllstandsregelung, mit der ein gewünschter Probenahmeunterdruck kanalweise und dynamisch eingestellt wird (Abbildung 2).

Die vermessenen Fluide können von der Messzelle über einen wählbaren hydraulischen Kanal einem beliebigen weiteren Zweck zugeführt werden. Dadurch ist es möglich die vermessenen Fluide dem Untersuchungsobjekt rückzuführen, interessierende Proben für weitere Analytik über einen Probensammler auszukreisen oder mittels On-/Inline-fähiger Standardanalytik (IC, ICP, Fluorimetrie, Strahlungsmessung, etc.) hinsichtlich weiterer Eigenschaften zu vermessen. *Abbildung 3* zeigt Doppeltracertests, die simultan über ein Inline-installiertes Fluorimeter (BioScan) und eine Cl-Elektrode aufgenommen wurden.

Abbildung 4 zeigt Beispielchromatogramme der Online am Monitoringsystem angekoppelten Ionenchromatographie (IC, DX 120).

Referenzen

LAZIK, D., B. MORGENEYER und SCHNEIDER 2000: SAMSON - automatisch arbeitendes Vielkanalprobenahme- und Monitoringsystem. Workshop "Sickerwassermodellierung" der Lysimetergesellschaft Österreich, GSF Neuherberg, 3.-4. April, (in Druck).

LAZIK, D. und H. GEISTLINGER 2000: Verfahren zur Messung der Konzentration oder des Partialdruckes von Gasen, insbesondere Sauerstoff, in Fluiden. Offenlegungsschrift DE 199 25 842 A 1, Bundesdruckerei 10.00 002 051/255/1, S 13.

