

# Lysimeter in Forschung und Lehre - Ergebnisse aus 15 Jahren „Arbeitsgruppe Lysimeter“

S. BERGER und P. CEPUDER

## Abstract

The Lysimeter Research Group is a platform for interdisciplinary exchange of information between researchers and users in the field of lysimetry on an international level. The group initiates, coordinates and contributes details to specific fields of this research topic. The results of the research activities have been collected for the last 15 years (especially during the "Lysimeter Conferences" in Gumpenstein/Austria) and are now - with the help of this thesis - compiled and compared, to make them available for everybody interested in lysimetry and its practical application.

The focus of the research activities is on different kinds of land-use and their effects on aquatic systems. There "land-use" does not only implement agricultural activities, but lysimeters are also used to help to find solutions for environmental problems as remediation of excavation-sites and contaminated land, land set-asides or landfill cover systems.

Die Arbeitsgruppe Lysimeter ist eine Plattform für interdisziplinären internationalen Erfahrungsaustausch zwischen Wissenschaft und Praxis, dazu initiiert, koordiniert und trägt sie Projekte zur Lysimeterforschung. Die Ergebnisse dieser Forschungsaktivitäten der letzten 15 Jahre wurden im Zuge der Lysimetertagungen in Gumpenstein gesammelt und jetzt im Rahmen dieser Diplomarbeit zusammengestellt und verglichen - damit sollen sie für jeden, der sich für Lysimetrie und deren praktische Anwendung interessiert, zugänglich gemacht werden.

Hauptaugenmerk der gesamten Lysimeterforschung liegt auf den verschiedenen Arten der Landnutzung und ihrer Effekte auf die aquatischen Systeme. Dabei ist der Begriff "Landnutzung" nicht nur auf die Landwirtschaft beschränkt, Lysime-

ter werden auch dazu genutzt, Lösungen für diverse Umweltprobleme, wie z.B. Altlastensanierung und Deponieabdeckungen, zu finden.

## Einleitung

Die "Arbeitsgruppe Lysimeter" wurde 1992 mit dem Ziel gegründet, "eine Anlaufstelle und Gesprächsplattform für alle jene zu schaffen, die entweder selbst eine Lysimeteranlage in Betrieb haben, in einer anderen Form mit Lysimetern arbeiten, oder sich sonst intensiv mit Lysimetern befassen" (EDER, 1994).

In den letzten 15 Jahren wurden zu diesem Zweck zahlreiche Aktivitäten gesetzt:

Es wurden "Lysimetertagungen", Lysimeterexkursionen und Workshops zu den verschiedensten lysimeterverwandten Themen organisiert. Insbesondere im Rahmen der bisher 11 Lysimetertagungen wurden von den Teilnehmern Ansätze und Ergebnisse von diversen Forschungsprojekten präsentiert, die von der Arbeitsgruppe diskutiert und gesammelt wurden.

Die Themen der einzelnen Lysimetertagungen bieten einen Überblick über die Entwicklung der Forschung im Bereich der Lysimetrie. Während am Anfang vor allem technische Fragestellungen und ihre Lösungen im Vordergrund standen, rückte das Ziel der Untersuchungen, die "nachhaltige Landnutzung" und wie sie basierend auf Lysimeterergebnissen umgesetzt werden kann, immer weiter in den Vordergrund. Außerdem ist eine Erweiterung der vorwiegend landwirtschaftlichen Schwerpunkte in Richtung regionale Umweltaspekte erkennbar.

Dabei gilt es zu bedenken:

*"Eine nachhaltige Landnutzung betrifft nicht nur den Ackerbau, sondern eine Reihe anderer wirtschaftlicher Aktivitäten. Ausgehend von den Erfahrungen aus*

*der vornehmlich nitratspezifischen Lysimetrie können Lysimeteruntersuchungen wertvolle Hilfestellungen bei der Lösung von Umweltproblemen bieten: Bergbaukippen, Flächenstilllegungen, Einträge aus dem Verkehr, Abdeckungen von Deponien, Stofftransport aus Altlasten, Sportflächen" (ZOJER, 2005)*

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden nun diese gesammelten Ergebnisse zusammengestellt, geordnet und verglichen. In weiterer Folge sollen sie für jeden, der sich für Lysimetrie und deren praktische Anwendung interessiert, zugänglich gemacht werden, um so dem Thema "Lysimeter in Forschung und Lehre" zu dienen.

Insgesamt wurden ca. 100 Forschungsberichte aus den 11 Tagungsbänden der "Lysimetertagungen" bearbeitet.

## Lysimeteranwendung in verschiedenen Forschungsbereichen

### Landwirtschaft

Die Anwendung der Lysimetrie in der Landwirtschaft war von Anfang an ein bestimmendes Thema bei den Lysimetertagungen - insbesondere die Anwendung zur Abschätzung des Stoffaustrages durch das Sickerwasser wurde in den verschiedensten Forschungsstationen Europas erforscht. Die Ergebnisse dazu wurden in der angesprochenen Diplomarbeit miteinander verglichen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu erkennen und eventuell zu begründen.

Der **Stoffaustrag durch das Sickerwasser** wird von vielen Parametern bestimmt, einige davon können direkt oder indirekt durch die Bewirtschaftung beeinflusst werden:

- Im Unterschied zum Ackerbau ist der Stickstoffaustrag bei Grünlandbewirtschaftung unabhängig von der Dün-

**Autoren:** DI Sabine-Marie BERGER und Dr. Peter CEPUDER, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft, Muthgasse 18, A-1190 WIEN, sabine-marie.berger@aon.at

gungsart, und bis zu einem gewissen Maß auch unabhängig von der Düngungsmenge, aus ökologischer Sicht als gering anzusehen - dies kann durch einen Vergleich verschiedener europäischer Lysimeteruntersuchungen (in Österreich, Belgien und Polen) dargestellt werden.

Dass sich trotzdem der unterschiedlichen äußeren Bedingungen eine Analogie der Ergebnisse zeigt, lässt darauf schließen, dass durch das geringe Stickstoffaustragungspotential der Grünlandwirtschaft der Einfluss der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen (unterschiedliche Niederschlagsraten von 850 bis 1.000 mm/a) unerheblich ist.

Ausserdem zeigt sich, dass bei einer Düngungsmenge bis zu 200 kg N/ha.a unter Grünland keine verstärkte Stickstoffauswaschung zu beobachten ist. Danach - bei untersuchten sehr hohen, keinesfalls praxisrelevanten Düngungsmengen bis zu 480 kg N/ha.a - steigt das Auswaschungspotential an, ist aber noch immer deutlich geringer als bei mit vergleichbarer Menge gedüngten Ackerbauvarianten.

- Bei der Extensivierung von landwirtschaftlich genutzten Flächen durch "Grünbrache" ist in der Startphase, den ersten (bis zu vier) Jahren, mit einem verstärkten Stickstoffaustrag zu rechnen.
- Im Bereich des Ackerbaus belegt ein Vergleich verschiedener Untersuchungen, dass durch den (zeitgerechten) Anbau von (geeigneten) Zwischenfrüchten der Nitrataustrag deutlich (um bis zu 50%) reduziert werden kann.
- Weitere - nicht zu beeinflussende - Parameter stellen die Mineralisierungsbedingungen des Standorts, beeinflusst z.B. durch Klima und Bodentyp, dar.
- Auf tiefgründigen Böden mit hohem Wasser- und Nährstoffspeichervermögen wird der Nitrataustrag deutlich verzögert.

### Forstwirtschaft

In diversen Studien über Waldökosysteme sind Lysimeterversuche anzutreffen. Wie allerdings schon KRENN et al. (1999) feststellt, "gibt es jedoch eine große Anzahl unterschiedlichster Konstruk-



Abbildung 1: Einbau eines wägbaren Lysimeters in Eberswalde (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA))

tionen, die dabei als Lysimeter bezeichnet werden/wurden." Die Eignung der verschiedenen Konstruktionen hängt dabei insbesondere von der Fragestellung ab.

In Waldböden sind z.B. wasserwegige Makroporensysteme über alte und aktive Wurzelgänge entwickelt, was die Notwendigkeit einer natürlichen Lagerung bei der Erstellung von Wasserbilanzen und der Quantifizierung von Stoffflüssen betont. Doch gerade bei Waldstandorten kann das Gewinnen eines Bodenmonoliths durch starke Durchwurzelung und erhöhtem Steinanteil erschwert werden.

Im Wasserhaushalt von Waldökosystemen ist die Grundwasserneubildungskapazität von elementarer Bedeutung:

- Bei Aufforstungen zeigt sich ein deutlich geringerer Sickerwasseranfall als unter anderen Bewuchsformen.
- Der Sickerwasseranfall in Waldökosystemen wird zusätzlich noch stark von der Baumart beeinflusst. Hauptursachen für die teilweise extremen Unterschiede zwischen den Arten ist dabei die Interzeptionsverdunstung.

### Flächenrecycling und Altlastensanierung

Schon 1996 forderte TREMMEL (1996) im Rahmen seiner Präsentation "Lysimeterforschung und Altlastensanierung in Österreich", die "Synergien zwischen den

gar nicht so fremden Disziplinen der Altlastensanierung und der Lysimeterforschung, die bis dato noch wenig Berührungspunkte gefunden haben, durch Aufzeigen von Bedarf und Möglichkeiten, zu nutzen".

Für die möglichen Synergien nannte er dabei verschiedene Beispiele; und in den Lysimetertagungen wurde in den letzten 15 Jahren von diversen Anwendungsmöglichkeiten der Lysimetrie bei der Bearbeitung von Umweltproblemen verschiedenster Art, insbesondere aber im Bereich der Altlastensanierung bzw. -sicherung (teilweise auch im Deponiebau) berichtet.

Diese Arbeiten wurden nach verschiedenen Forschungsbereichen eingeteilt und schlussendlich gegenübergestellt:

- Schadstoffaustragungspotential von Altlasten
- Oberflächenabdeckungssysteme
- Spezielle Anwendungen im Bereich von Bergbau-Folgelandschaften
- Natural Attenuation

Insbesondere bei der Erstellung von Sanierungskonzepten von Bergbaufolgelandschaften stellen Lysimeter ein wichtiges Instrument zur "naturnahen" Überprüfung von Laborergebnissen dar.

Um einerseits die Auswirkung der Altstandorte ("Kippenböden") auf Wasser- und Stoffhaushalt, andererseits aber auch bereits die Wirksamkeit verschiedener

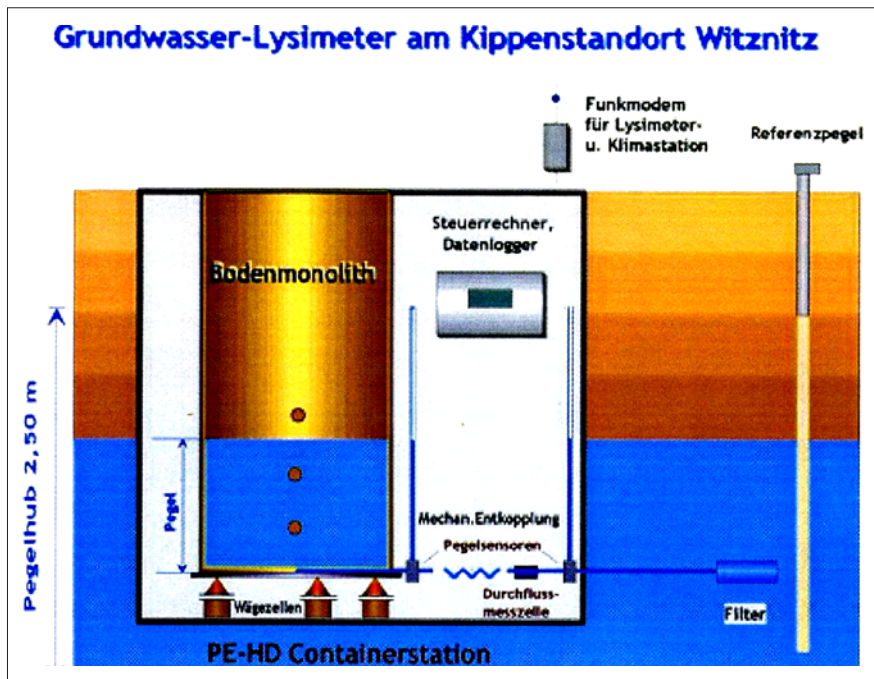


Abbildung 2: Grundwasserlysimeter Witznitz (HAFERKORN et al. (2005))

Abdeckvarianten, zu untersuchen, wurden beispielsweise an einigen Bergbausanierungsstandorten in Deutschland Testflächen (Großlysimeter) und Lysimeter eingesetzt.

Die Lysimeteranwendung bei der **Sanierung von Bergbaufolgelandschaften** zeigt:

- Kippenböden zeigen eine extreme Heterogenität, die sich auch auf die Transportmechanismen von Schadstoffen auswirkt.
- Bei Sauerstoffzutritt kommt es in Folge der Pyritverwitterung zu "Acid Mine Drainage", d.h. zur Bildung von sauren Sickerwässern mit hohen Sulfatgehalten.
- Bei ansteigendem Grundwasser durch "Restlochflutung" zeigen sich sinkende Sauerstoffgehalte und neutrale pH-Werte.

### Hydromorphe Böden

Interessant sind insbesondere die Ergebnisse von **Stoffaustragsuntersuchungen unter hydromorphen Böden**:

- Mit steigendem Grundwasserstand steigen die Evapotranspirationsraten und nehmen im Sommer Extremwerte an, diese erhöhte Evapotranspiration wirkt sich vermindern auf den Stoffaustrag aus.

- Auf Grundwasserstandorten ist kein Zusammenhang zwischen Düngung und wassergebundenem Stoffaustrag zu erkennen; vielmehr kommt es zu einer Akkumulation von Nährstoffen im oberflächennahen Bodenwasser, wo sie wieder von Pflanzen ausgeschöpft werden können.
- Bei der Wiedervernässung von Mooren ist möglichst schnell eine torfbildende Vegetation zu etablieren, die in der Lage ist, Nährstoffe zu binden.

### Zusammenfassung

Zuerst ist es wichtig, den Begriff "Lysimeter", wie er in dieser Arbeit verwendet wurde, zu definieren. Dabei soll auf die Diplomarbeit von Christine Lanthaler über "Lysimeter Stations and Soil Hydrology Measuring Sites in Europe" verwiesen werden:

*"Lysimeter sind Gefäße mit definiertem Bodenvolumen und Tiefe, die entweder ungestört oder gestört befüllt oberflächengleich in den Boden eingebaut sind und dienen der Sammlung von Sickerwasser, das durch verschiedene Verfahren an der Gefäßunterseite gewonnen wird. Im Weiteren können Wasserhaushaltsparameter oder gelöste Stoffe bestimmt werden. Im Unterschied dazu ragen Sickerwassersammler/SWS mit ihrer seitlichen Berandung nicht an die Erd-*

*oberfläche und sind meist kleiner"* (LANTHALER, 2004).

Während in Österreich und Deutschland unter dem Begriff Lysimeter hauptsächlich nur Anlagen nach o.a. Definition verstanden werden, zeigte sich bei der Bearbeitung der Forschungsberichte aus z.B. aus Italien und Kroatien, dass dort die Begriffsabgrenzung zwischen (definitions-konformen) Lysimetern und anderen Formen von Sickerwassersammlern fließend ist.

Ein Beispiel dafür stellen zum Beispiel die "Waldlysimeter in Nordwestkroatien" dar. Diese bestehen prinzipiell aus vertikal von Profilgruben aus in Tiefen von 10 cm und 100 cm unter Gelände in den ungestörten Boden eingebrachte Wannen (Oberfläche bis zu 1093 m<sup>2</sup>).

Auch im Bereich der Altlastensanierung wird der Begriff Lysimeter oft missverständlich verwendet, so werden z.B. "Laborsäulenversuche" als Lysimeterversuche bezeichnet. Aber auch die "Großlysimeter", wie sie bei Bergbaufolgelandschaften verwendet werden, stellen keine Lysimeter im eigentlichen Sinne dar. Zusammenfassend lässt sich allerdings feststellen, dass insbesondere bei Verwendung von definitionsgemäßen Lysimetern die Ergebnisse von Lanthaler bestätigt werden können:

*"Die ermittelten Daten lassen sehr gute Schlüsse auf den Stoff- und Wassertransport in der ungesättigten Zone zu, jedoch müssen Lysimeterfehler immer in die Interpretation der Ergebnisse miteinbezogen werden"* (LANTHALER, 2004).

### Literatur

- BERGER, S., 2006: Lysimeter in Forschung und Lehre - Ergebnisse aus 15 Jahren "Arbeitsgruppe Lysimeter". Unveröffentlichte Diplomarbeit am Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien.
- DEWK, 1980: Empfehlungen zum Bau und Betrieb von Lysimetern. In: Regeln zur Wasserwirtschaft - Heft 114, Verlag Paul Parey.
- EDER, G., 1994: Die österreichische Arbeitsgruppe Lysimeter, Zielsetzungen und Zukunftsaussichten. In: Bericht über die 4. Lysimetertagung, BAL Gumpenstein, 1-4.
- HAFERKORN, U. und M. SEYFARTH, 2005: Lysimeteruntersuchungen zum Wasser- und Stoffhaushalt rekultivierter wiedervernässter Kippenstandorte. In: Bericht über die 11. Lysimetertagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 169-171.

- KRENN, A., G. HABERHAUER und M.H. GERZ-  
ABEK, 1999: Konstruktion eines Waldlysime-  
ters zur Untersuchung des Stickstoffhaushal-  
tes mit  $^{15}\text{N}$ . In: Bericht über die 8. Lysimeter-  
tagung, BAL Gumpenstein, 101-104.
- LANTHALER, Ch., 2004: Lysimeter Stations and  
Soil Hydrology Measuring Sites in Europe-  
Purpose, Equipment, Research Results, Futu-  
re Developments. Unveröffentlichte Diplom-  
arbeit am Institut für Geographie und Raum-  
forschung der Universität Graz.
- OECD, 2000: Guidance document for the perfor-  
mance of out-door monolith lysimeter stu-  
dies. In: OECD Series on testing and as-  
sessment Number 22, OECD's World Wide  
Web Site.
- TEMMELE, R., 1996: Lysimeterforschung und Alt-  
lastensanierung in Österreich. In: Bericht über  
die 6. Lysimetertagung, BAL Gumpenstein,  
23-25.
- ZOJER, H., 2003: Entwicklung der "Österrei-  
chischen Arbeitsgruppe Lysimeter" aus der Sicht  
der Forschung. In: Bericht über die 10. Lysi-  
metertagung, BAL Gumpenstein, 3-5.