

Entwicklung der „Österreichischen Arbeitsgruppe Lysimeter“ aus der Sicht der Forschung

H. ZOJER

Zusammenfassung

Die "Österreichische Arbeitsgruppe Lysimeter" hat mit der heuer bereits zum 10. Mal in Gumpenstein stattfindenden internationalen Fachtagung ein hervorragendes Forum gefunden, und es ist dadurch besonders leicht nachzuvollziehen, welche fulminante Entwicklung die Lysimetertechnologie in den letzten 10 Jahren genommen hat. Hatte man sich in den ersten Jahren vor allem mit der notwendigen technischen Ausstattung von Lysimeteranlagen beschäftigt, drängte sich die Frage nach der Regionalisierung von Messdaten immer mehr in den Vordergrund. Gleichzeitig zeigte es sich mehr und mehr, dass mit dem Einsatz numerischer Modelle ein wichtiges Instrument zur Lösung komplexer Problemstellungen entwickelt wurde. Natürlich verbleibt ein beträchtlicher Forschungsbedarf, der eine klare Herausforderung für die Schwerpunkte der Arbeitsgruppe darstellt.

Summary

The "Austrian Lysimeter Working Group" has established an excellent platform by organising the International Conference on Lysimeter Technology in Gumpenstein, this year already performed for the 10th time. Therefore it is easy to follow up the rapid development of lysimeter techniques within the last decade. At the beginning the intentions have been focussed mainly towards the technical equipment and the maintenance, some years later the regionalisation of data to field conditions has been discussed. At the same time it became evident that the application of numerical models must be considered as an important tool for the solution of complex problems. Nevertheless it remains still a reasonable research need, which definitely is a clear challenge for the working group in the next future.

Einleitung

Die Forschungsentwicklung der Arbeitsgruppe ist eng mit den Themenstellungen der Gumpensteiner Lysimetertagungen verknüpft. Sie begannen 1991 mit der Grundfrage, wie man Sickerwasser insitu messen und für eine Probennahme gewinnen kann. Nachdem konventionelle Stickstoffbestimmungen in der Bodenzone (z.B. N_{min} -Messungen) schon lange vorgenommen werden, war es notwendig, den Mehrwert aus den Lysimeteruntersuchungen abzuschätzen und notwendige Korrekturfaktoren herauszustreichen (1992). Eine der wichtigsten Zielsetzungen für die Umsetzung der Lysimetrie ist ihre Anwendung für eine umweltschonende Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen, ein Schwerpunkt, der ansatzweise schon 1993 diskutiert wurde. Diese Themenstellung wurde 1997 auf eine nachhaltige Landnutzung ausgeweitet und aufgrund der regionalen Öffnung des Fachkreises und des Analysenumfanges wesentlich intensiver bearbeitet. Zwischen durch ist man auf grundlegende Betrachtungen zurückgegangen, nämlich die Stoffbilanz und den Stofftransport für einen effizienteren Grundwasserschutz zu untersuchen (1995, 1996). Ein bedeutendes Problem ist zweifellos die Regionalisierung und Übertragung von Punktergebnissen aus Lysimeteruntersuchungen auf die Fläche. Bereits 1994 hat man versucht, sich dieser Frage zu stellen, die vor allem von der Landwirtschaft ausgegangen ist. Möglicherweise war dieser Ansatz noch etwas zu früh gestellt, doch 1999 kamen einige klare Aussagen über die Stoffflüsse und deren umweltbezogene Bedeutung, auch in Hinblick auf einen Vergleich von Wasser- und Stofftransport. Diese Entwicklung verstärkte sich 2001 noch weiter.

1. Technische Ausrichtung von Lysimetern

Die am weitesten zurückliegenden Erfahrungen in Österreich bestehen zwei-

fellos bei den Anlagen in Gumpenstein und in Großenzersdorf, über die schon bei den ersten Tagungen berichtet wurde. Die Anlage in Wagna wurde in dieser Zeit gebaut und relativ bald mit einer Tensiometersteuerung für eine spannungsabhängige Wassergewinnung versehen. Auch die Station in Seibersdorf bestand bereits zu dieser Zeit, 1997 wurde ein Neukonzept mit modifizierten Fragestellungen vorgestellt.

In der zweiten Hälfte der 90-er Jahre liefen auch die Untersuchungen in der neu errichteten Anlage Hirschstetten an, das Konzept hierzu entstand aus den Erfahrungen der bereits bestehenden Konfigurationen. Im internationalen Rahmen wurden etwa ab der Mitte der 90-er Jahre die Erfahrungen aus dem östlichen Teil Deutschlands verstärkt in die Arbeitsgruppe eingebracht, hatten doch diese Anlagen in Sachsen, Brandenburg und anderen Bundesländern eine über mehrere Jahrzehnte hinausgehende Tradition, vor allem in Hinblick auf den Wasserbedarf von Kulturpflanzen, um die landwirtschaftliche Produktion zu optimieren. Die Errichtung von Kleins lysimetern für spezifische Fragestellungen war bereits von Anfang an ein Thema, ihre Attraktivität wurde im Laufe des Dezenniums durch einfache Modifikationen gesteigert, natürlich unter Berücksichtigung eingeschränkter technischer Möglichkeiten.

Die technische Entwicklung beim Bau von Lysimetern ist in den letzten 10 Jahren rasant fortgeschritten, bis sie gegenwärtig auch als Instrument für das Umweltmonitoring Anwendung findet. In der Entwicklung der Lysimetrie sind relativ schnell kritische Töne aufgetreten, wahrscheinlich hat man zu schnell zu viel erwartet, heute steht ein Großteil der seinerzeitigen Fragen nicht mehr zur Diskussion.

Grundsätzlich muß jeder Lysimeter auf die gegebene Fragestellung hin konzi-

Autor: Univ.-Prof. Dr. Hans ZOJER, Joanneum Research, Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Elisabethstraße 16, A-8010 GRAZ

piert werden, wobei die natürlichen Gegebenheiten am Standort zu berücksichtigen sind. Bei einer Neukonzeption ist davon auszugehen,

- welcher technische Entwicklungsstand für die jeweilige Anwendung erreicht ist,
- welche Möglichkeiten und auch Grenzen für den Lysimeterbau bestehen und
- welche neuen Lösungsansätze realisierbar sind.

Es wäre sinnvoll, über ein System der Qualitätssicherung die Vergleichbarkeit von Lysimetern, in Abhängigkeit vom Lysimetertyp und von den lokalen Randbedingungen, zu gewährleisten. Jedenfalls ist eine regelmäßige Überprüfung und Kalibrierung des Instrumentariums, auch im Zusammenhang mit den eingesetzten Labortechnologien, erforderlich. Letztlich wird es schwierig sein, einheitliche Standards festzulegen, weil aufgrund der verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten von Lysimetern die Palette von zu vergleichenden Kriterien einfach zu vielfältig ist.

Hinsichtlich des Umweltmonitoring kann von zwei Systemen ausgegangen werden. Zum Einen können unter Gewinnung von GIS-Daten produktions- und umweltrelevante Prozesse für eine umweltrelevante Landwirtschaft nachvollzogen werden. Gleichzeitig können damit Faktoren zur räumlichen Umsetzung von Lysimeterergebnissen herangezogen und GIS-unterstützt regionalisiert werden. Auf der anderen Seite können speziell adaptierte Lysimeter als Beobachtungsstandorte für die Schadstoffbewegung im Boden dem Grundwasserschutz dienen, die es erlauben, Schadstofffahnen in der ungesättigten Zone frühzeitig zu erkennen und entsprechende Maßnahmen im Sinne eines Frühwarnsystems zu setzen. In diesem Zusammenhang sind die sogenannten "virtuellen Lysimeter" zu nennen, deren Einsatz auf tiefengestaffelten Sonden ausgelegt ist. Ein damit verbundenes Bodenwasserhaushalts-Messnetz sollte die Parameter Grundwasserneubildung, aktuelle Evapotranspiration und gespeichertes Bodenwasser umfassen, die über Modelle quantifiziert und an Gefäßlysimetern kalibriert werden. Für die Regionalisierung der Daten sind bodenspezifische Kennwerte heranzuziehen.

2. Vergleich und Praxis

Die Basis stellt zweifellos die N_{min}-Methode dar, die natürlich auf eine praxisorientierte Betrachtung hinzielt. Damit drängte sich von vornherein ein Vergleich mit den Lysimeterergebnissen auf, obwohl die Ausgangslage und die Ergebniserwartung durchaus nicht kongruent sind.

Die N_{min}-Methode erfordert eine sorgfältige Probennahme und Analytik, die einigen Aufwand mit sich bringt. Diese Untersuchungen dienen der Beurteilung der Stickstoffdünger-Intensität. Vielerorts wird sie als Kontrollgröße für den Nachweis der Einhaltung von Regeln einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung eingesetzt, aber auch als Kontrolle für den Erfolg von Maßnahmen zur grundwasserschonenden Flächenbewirtschaftung. Allerdings gibt es noch viele Unsicherheiten für eindeutige Düngegewohnheiten, vor allem weil die Zeitkomponente für die Wasserbewegung in der ungesättigten Zone kaum abwägbar ist.

3. Nitratdynamik über bodenphysikalische und -chemische Kennwerte

Die Bodenchemie ist in der Lysimetrie durchwegs auf die Stickstoffbefruchtung ausgerichtet. Die Bodenfeuchte war in den Lysimeterdiskussionen von Anfang an eine fixe Größe, zum Verständnis der Nitratdynamik kam später der Kohlenstoffkreislauf dazu. Eine entscheidende Weiterentwicklung im Verstehen dynamischer Prozesse der Schadstoffdynamik brachte die Einbeziehung der Mikrobiologie etwa ab Mitte der 90-er Jahre, die Palette wurde durch das Pestizidproblem erweitert.

Von vornherein stand der Nitrataustrag aus der Bodenzone und damit der Nitratreintrag in das Grundwasser im Vordergrund. Dazu war es notwendig, die Sickerwasserbewegung und deren Stoffinhalte zu untersuchen und dies ausgehend von einer intensiven düngerbelastenden Landwirtschaft, d.h. wie werden N-Verbindungen in die Tiefe verlagert und wie erfolgt die Dynamik dieser Verlagerung. Die Nitrat-Dynamik wurde nicht nur anhand von intensiven Düngergaben studiert, sondern auch ausserhalb dieser Fragestellung wie etwa im Zusammen-

hang mit der Aufforstung und von Flächenstilllegungen. In den letzten Jahren spielen die Erfahrungen aus dem dynamischen Verhalten des Nitrats auch auf die Auswirkung der Grundwassersanierung und eine Neubewertung der Abgrenzung von Trinkwasserschutzgebieten eine nennenswerte Rolle.

Die Wasserbewegung und -speicherung in der ungesättigten Zone ist von komplexen Mechanismen abhängig. Von Vorteil sind vor allem lange Reihen von Lysimetermessungen, die zu einer zulässigen Kalibrierung von Wasser- und Stofftransportmodellen beitragen können. Allerdings muß man dabei von der Meinung abgehen, die Sickerwasserbewegung wäre von der Geländeoberkante bis zum Grundwasserspiegel als homogen anzusehen. Matrix- und sogenannte Makroporenflüsse klaffen in ihrer Dynamik oft weit auseinander, was Einfluss auf das Modellverständnis haben muß.

Das Wassermolekül wird häufig über seine Isotope künstlich markiert, um Fließgeschwindigkeiten des Sickerwassers zu bestimmen. Darauf bauen auch Wassertransportmodelle auf. Andere Stoffe, als anorganische chemische Tracer eingesetzt, widerspiegeln vorerst ihre spezifischen Eigenschaften im Kontakt mit der festen Matrix und geben streng genommen nicht den Wassertransport, sondern den Tracertransport wieder.

4. Modellierung

Um die Grundwasserneubildung, Stoff- und Wasserbilanzen zu quantifizieren bedarf es unterschiedlicher Modellansätze. Sie setzten Mitte der 90-er Jahre ein, wurden Schritt für Schritt weiterentwickelt, haben dadurch auch wertvolle Erkenntnisse gebracht, doch besteht in diesem Feld noch ein beträchtlicher Forschungsbedarf.

Die derzeitige Form der Modellierung von Wasser- und Nitrattransport beruht auf dem advektiv-dispersiven Wasser- und Stofffluss, Matrix- und Makroporenfluss werden messtechnisch in kleinstem Raum erfasst. Offen bleibt noch die flächenhafte Interpolation von Punktdaten, mit Hilfe von geostatistischen Methoden ist dies jedoch möglich. Grundlage hierfür ist vorerst die Erfassung bodenphysikalischer Kennwerte über die Boden-

kartierung. Die darauf folgende Kartierung der Landbewirtschaftung - nicht allein der agrarisch genutzten Flächen - resultiert aus einer Kombination terrestrischer und satellitenbezogener Aufnahmen.

Eine bedeutende Herausforderung bezieht sich auf die Berechnung des Nitratreintrages von Sickerwässern in das Grundwasser und dessen Verknüpfung mit der lateralen Stoffverfrachtung im Grundwasserstrom selbst. Dieser Prozess impliziert auch den Bezug intensiver Landbewirtschaftung mit der Grundwasserneubildung, weil eine Nitratreduktion unmittelbar mit letzterer zusammenhängt.

Heute bestehen Modellkonzepte, die für Lysimeterstandorte entwickelt wurden, bereits für Landnutzungen, die über die intensive Landwirtschaft hinausgehen, wie für Wald, Bergbaukippen und Deponien. Mit der regionalen Umsetzung gewinnt die Stoff- und Wassertransportmodellierung einen Stellenwert, dessen Bedeutung erst heute abschätzbar ist. Bereits Mitte der 90-er wurden regionale Umsetzungen aus dem Norden und Osten Deutschlands, wohl aufgrund der langen Messreihen, in Gumpenstein präsentiert, Bereiche aus Österreich (Marchfeld, Alpenvorland, Murtal, Leibnitzer Feld) waren erst ein paar Jahre später so weit aufbereitet, dass Ergebnisse bereitgestellt werden konnten.

5. Nachhaltige Landnutzung

Alle diese Untersuchungen sollen in eine nachhaltige Landnutzung münden. Aufbauend auf eine effiziente landwirtschaftliche Beratung und den Erfahrungen auf dem Grünlandsektor (vor allem von Gumpenstein aus) war man bereits in der ersten Hälfte der 90-er Jahre so weit, sinnvolle Maßnahmen für eine Reduktion des Nitratgehaltes zu setzen

und rechtlich abzusichern. Die Propagierung von Zwischenfrüchten und der winterharten Gründecke wirkte sich zwar hemmend für den Nitratreintrag aus, gleichzeitig müssen aber Einbußen für die Grundwasserneubildung hingenommen werden, da in der alpinen und alpinnahen Klimazone der Hauptteil der Grundwasseranreicherung als Folge der Schneeschmelze im Frühjahr erfolgt, in einer Zeit, wo auch die Kulturpflanzen einen erhöhten Wasserbedarf aufweisen.

Die Entwicklung der Lysimeter kommt zweifellos auch dem ökologischen Landbau zugute, weil durch die prozessorientierte Betrachtung der ungesättigten Zone Unsicherheiten in der Bewertung ökologischer Ansätze in der Landbewirtschaftung vermindert oder überhaupt ausgemerzt werden können.

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 Hilfestellung bei der Lösung von Umweltproblemen bieten:

- Bergbaukippen
- Flächenstilllegungen
- Einträge aus dem Verkehr
- Abdeckung von Deponien
- Stofftransport aus Altlasten
- Sportflächen

Aber auch auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sind Lysimeterkonfigurationen weiterhin von Nutzen, sei es bei Klärschlamm, Mistmieten oder bei der Stickstoffdüngerausbringung im Hochgebirge.

Die praktische Wertschätzung von Lysimeteruntersuchungen ist mit einer rechtlichen Begleitung besonders hoch einzuordnen. Der Bezug ging für Österreich klarerweise vom Wasserrechtsgesetz aus,

das den Schutz des Grundwassers reguliert. Vorerst war es ein wertfreies Tanzen, heute geben Ergebnisse aus Lysimetermessungen eine wertvolle Hilfestellung für die Anwendung des WRG in zahlreichen abgeschlossenen, aber auch anhängigen Verfahren, jeweils unter Berücksichtigung der räumlichen Umsetzung aus Punktinformationen. Dabei bilden modellmäßig bewertete Stoffausträge die Grundlage für die Erlassung bewilligungspflichtiger Maßnahmen der Bodennutzung, sie gehen hin bis zu einer Neubewertung von Grundwasserschutz- und -schongebieten und können auch für die Festsetzung von Entschädigungen bei der Einschränkung der rechtmäßigen Bodennutzung herangezogen werden. Neuerdings wird dieser nationale rechtliche Rahmen durch rechtliche Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft für Gebietsbilanzen ergänzt. Auch die Vorgaben der EU, wonach die Sickerwasserqualität bereits vor der Bewirtschaftung vorhersagbar sein muß, bewirken die Überlegung, ob Lysimeter als Prüfinstrumente für den Grundwasserschutz eingesetzt werden sollen.

Literatur

- BECKER, K.W., 1999: N_{min} -Bestimmungen und deren Anwendung in der Praxis. 8. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL-Bericht, 31-34.
- LEIS, A., H. THEURETZBACHER-FRITZ und G. VON UNOLD, 2001: Lysimeter - Anforderungen, Erfahrungen, Technische Konzepte. 9. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL-Bericht, 7-9.
- SCHLACHER, R., 1999: Nitrat - Nitrit - Nitrosamine; Nitrat im Trinkwasser - Ursachen und Gefahren. 8. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL-Bericht, 37-39.
- SEILER, K.P. und D. KLOTZ, 1999: Bestimmung der Sickerwassergeschwindigkeiten in Lysimetern. 8. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL-Bericht, 35-36.
- ZOJER, H., 1999: Der Versuch einer Koppelung von Bodenwasserhaushalts- und Grundwassermodell am Beispiel des westlichen Leibnitzer Feldes. 8. Gumpensteiner Lysimetertagung, BAL-Bericht, 27-29.

