

# Validierung des Lysimeters - Übertragbarkeit von Lysimeterergebnissen auf die Feldskala

TH. PÜTZ, J. DRESSEL, H. VERECKEN, B. BRUMHARD, R. KAISER,  
K. SCHOLZ, A. WÜSTEMEYER, H. SCHÄFER und F. FÜHR

## 1. Zusammenfassung

Eine Skalierung der Lysimeterergebnisse auf den Feldmaßstab ist aufgrund fehlender Untersuchungen nur mit gewissen Einschränkungen möglich. In einem dreijährigen Lysimeter- und parallel angelegten Feldversuch wurden die zwei Testsubstanzen Ethidimuron sowie Methabenzthiazuron und die beiden Tracer Bromid bzw. 2,6-Difluorbenzoesäure auf unbewachsenen Boden appliziert. In regelmäßigen Intervallen wurde über keramische, tensiometergesteuerte Saugplatten Sickerwasser im Feld gewonnen und parallel die Lysimeter beprobt. An 8 Terminen wurden auf der 1 ha großen Feldfläche nach einem geostatistischen Raster Bodenproben bis zu einer Tiefe von 1,5 m gezogen. Zur Vervollständigung der erarbeiteten Datensätze wurden die Bodentemperatur und der Wassergehalt in einem 10 m langen Trench mittels TDR-Sensoren und Temperaturfühler in zweidimensionaler Auflösung gemessen, sowie die Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Lufttemperatur, Niederschlag und Einstrahlungsintensität erfasst. Nach dreijähriger Laufzeit wurde der Versuch am 15.11.2000 beendet. Im Verlauf des Vortrages werden die umfangreichen Ergebnisse der Sickerwasserbeprobung und der Bodenprobennahme vorgestellt. Ein weiterer Aspekt wird der Wasserhaushalt in den unterschiedlichen Versuchsgliedern Feld und Lysimeter sein. Eine Gegenüberstellung der beiden Systeme Feld und Lysimeter wird Informationen der Flächen- bzw. Bodenvariabilität und deren Abbildung auf den verschiedenen Skalen liefern.

## 2. Einleitung

Ergebnisse aus Lysimeterexperimenten mit <sup>14</sup>C-markierten Substanzen sind we-

sentlich für die Abschätzung einer Grundwasserbelastung durch den ordnungsgemäßen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der land- und forstwirtschaftlichen Praxis. Die deutsche Zulassungsbehörde hat im Rahmen einer Richtlinie die Bedingungen zur Erhebung zulassungsrelevanter Daten festgeschrieben. Folglich besitzen fast alle in der Entwicklung von Pflanzenschutzmittel tätigen Unternehmen eine eigene Lysimeteranlage.

## 3. Zielsetzung

Die Übertragung und Skalierung der im Labor-Lysimeter-Maßstab ermittelten Ergebnisse und Parameter zum Verbleib anthropogener Stoffeinträge in den Feld/Region-Maßstab stellt somit eine der wesentlichen Aufgaben des Bodenschutzes dar.

Im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Landwirtschaftszentrum Monheim (BAYER AG) und dem Forschungszentrum Jülich wurde die FELS-Studie (= Feld - LysimEter - Labor - Simulation) konzipiert und durchgeführt. Die wesentlichen Ziele der FELS-Studie waren:

## 3.1 Skalierung vom Lysimetermaßstab zur realen Feldsituation

Die Interpretation und die Prüfung der ÜBERTRAGBARKEIT von Ergebnissen aus Lysimeterversuchen zum Umweltverhalten von Pflanzenschutzmitteln auf die reale Feldsituation.

## 3.2 Prozeßcharakterisierung und Prozeßbeschreibung

Die Identifizierung charakteristischer Prozesse, die das Verhalten von Pflanzenschutzmitteln im Agrarökosystem und im Lysimeter beeinflussen.

## 3.3 Simulation

Die Verwendung der Datensätze zur Überprüfung und Weiterentwicklung von bestehenden Modellen zur Beschreibung des Verhaltens von Pflanzenschutzmitteln im Agrarökosystem.

## 4. Versuchsdesign

Die FELS-Studie wurde auf einer 7,5 ha großen Parzelle in Merzenhausen, ca. 10 km nordwestlich des Forschungszentrums Jülich, durchgeführt. Der Bodentyp des Versuchsfeldes ist eine Typische

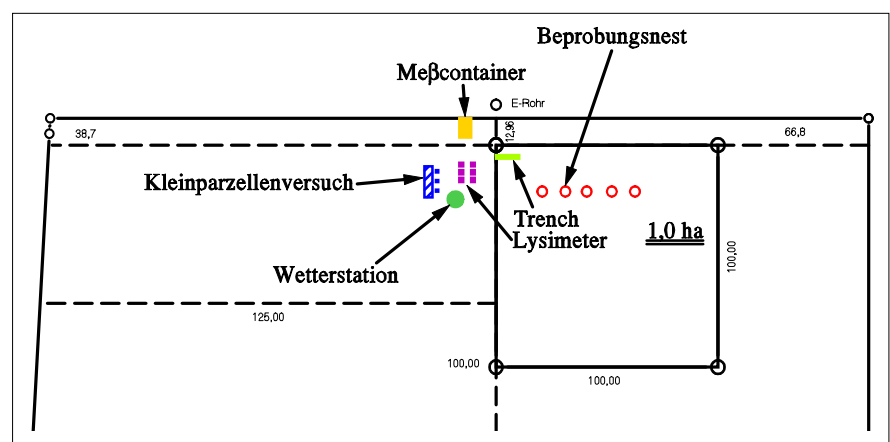


Abbildung 1: Lageplan der Feldfläche, der Kleinparzellen und der Lysimeter sowie der übrigen Aufbauten.

**Autoren:** Dr. Thomas PÜTZ, Dr. Jürgen DRESSEL, H. VERECKEN, R. KAISER, A. WÜSTEMEYER und Prof. Dr. Fritz FÜHR, Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre IV: Agrosphäre - Forschungszentrum Jülich GmbH., D-52425 JÜLICH, B. BRUMHARD, Dr. Konrad SCHOLZ und H. SCHÄFER, Institut für Metabolismusforschung und Rückstandsanalyse, Landwirtschaftszentrum Monheim, Bayer AG, D-51368 LEVERKUSEN

Parabraunerde aus Schwemmlöß. Die Anlage und Durchführung der Versuche orientierte sich an den Vorgaben, die eine Verwendung der Ergebnisse in Rechenmodellen und eine statistische Auswertung der Ergebnisse erfordert.

#### 4.1 Beschreibung der Versuchseinrichtungen

In unmittelbarer Nachbarschaft wurde auf der Feldparzelle der Feldversuch, der Kleinparzellen- und der Lysimeterversuch angelegt (Abbildung 1).

##### 4.1.1 Feldversuch

Zur Beprobung des Sickerwassers im Feldversuch wurden fünf Stahlzylinder (1,6 m Durchmesser, 2,0 m Höhe und 2,5 m Tiefe) mit einem Stahldeckel und einer daran angeschweißten 0,5 m hohen Einstiegs Luke in den Boden vibriert. In diese Rohre wurden auf zwei Ebenen in 0,4 m und in 1,2 m Tiefe je 6 Fenster (0,3 x 0,4 m) geschnitten (Abbildung 2). Zur Vermeidung von Stauwasser bzw. seitlichem Wandabfluß entlang der Beprobungsnester wurden die Stahldeckel mehrfach durchbohrt und mit abgedichteten Stegen versehen. Die Sickerwassergewinnung erfolgt über tensiometergesteuerte keramische Saugplatten (Plattendurchmesser: 27,6 cm), die durch die Fenster in den ungestörten Boden eingebaut wurden.

Im Unterschied zu den 10 Lysimetern und den 3 Kleinparzellen erfolgte eine regelmäßige Bodenprobennahme des Feldes, um Abbau und Verlagerung der

applizierten Wassertracer und Testsubstanzen bis in 1,5 m Tiefe zu verfolgen.

##### 4.1.2 Kleinparzellenversuch

Der Kleinparzellenversuch stellte das Bindeglied zwischen Feld- und Lysimeterversuch dar, da dieses Versuchsdesign, mit Ausnahme der unteren Randbedingung, die Vorteile des Feldes und des Lysimeters einschloß. Für den Kleinparzellenversuch wurden drei V<sub>2</sub>A-Rahmen mit einer Fläche von 0,5 m<sup>2</sup> ca. 30 cm tief gleichmäßig in den Boden gepreßt. In 1,2 m Tiefe wurden Kästen mit einer Kantenlänge von ca. 1,4 m x 1,4 m mitig unter die V<sub>2</sub>A-Rahmen eingebaut (Abbildung 2). In die Oberseite der Kästen wurden in viereckige Aussparungen tensiometergesteuerte keramische Saugplatten (Auflösung von ca. 0,06 m<sup>2</sup>) zur Gewinnung des Sickerwassers in den ungestörten Boden eingebaut.

##### 4.1.3 Lysimeterversuch

In der FELS-Studie wurden 12 quadratische Lysimeter aus V<sub>2</sub>A-Stahl verwendet, die mit 1,20 m tiefen Bodenmonolithen befüllt wurden (zehn 1 m<sup>2</sup>-Lysimeter und zwei 0,5 m<sup>2</sup>-Lysimeter). Die im Herbst 1993 befüllten Lysimeter wurden bis Oktober 1995 im Freigelände des Instituts für Agrosphäre beobachtet und keines der 12 Lysimeter zeigte Anomalien, die einen Versuchsausschluß begründet hätten. Im Oktober '95 wurden sechs 1 m<sup>2</sup>-Lysimeter parallel zur Versuchsfläche in Merzenhausen aufgestellt. Die übrigen Lysimeter blieben im Freigelände des Instituts für Agrosphäre. Im Ver-

lauf des Versuches wurde in zwei Lysimetern eine regelmäßige Bodenprobennahme durchgeführt.

##### 4.1.4 Labor

In Ergänzung zu den Feld-, Kleinparzellen- und Lysimeterversuchen wurden Abbau- und Säulenversuche im Labormaßstab zum Verbleib der beiden Testsubstanzen im Agrarökosystem durchgeführt.

#### 4.2 Testsubstanzen und Applikation

In einem Vorversuch wurde am 03.03.1997 der Tracer 2,6-Di-Fluorbenzoesäure mit einer Aufwandmenge von 6,26 g m<sup>-2</sup> auf die Lysimeter, die Kleinparzellen und Teile des Versuchsfeldes appliziert. Mit diesem Vorversuch sollten die Beprobungssysteme getestet und erste Ergebnisse zum Wasser- und Stofftransport erarbeitet werden. Die Hauptapplikation erfolgte am 13.11.1997, wobei in einer Tankmischung als mobile Testsubstanz das Totalherbizid Ethidimuron (ETD), als immobile das Herbizid Methabenzthiazuron (MBT) und als Wassertracer Bromid auf alle Versuchsglieder appliziert wurde (Abbildung 3). Auf den Kleinparzellen und den Lysimetern wurde <sup>13</sup>C/<sup>14</sup>C-markiertes ETD und inaktives MBT appliziert, während im Feldversuch nur inaktive Testsubstanzen gespritzt wurden. Die angestrebten und tatsächlichen Initialbeläge der Hauptapplikation sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

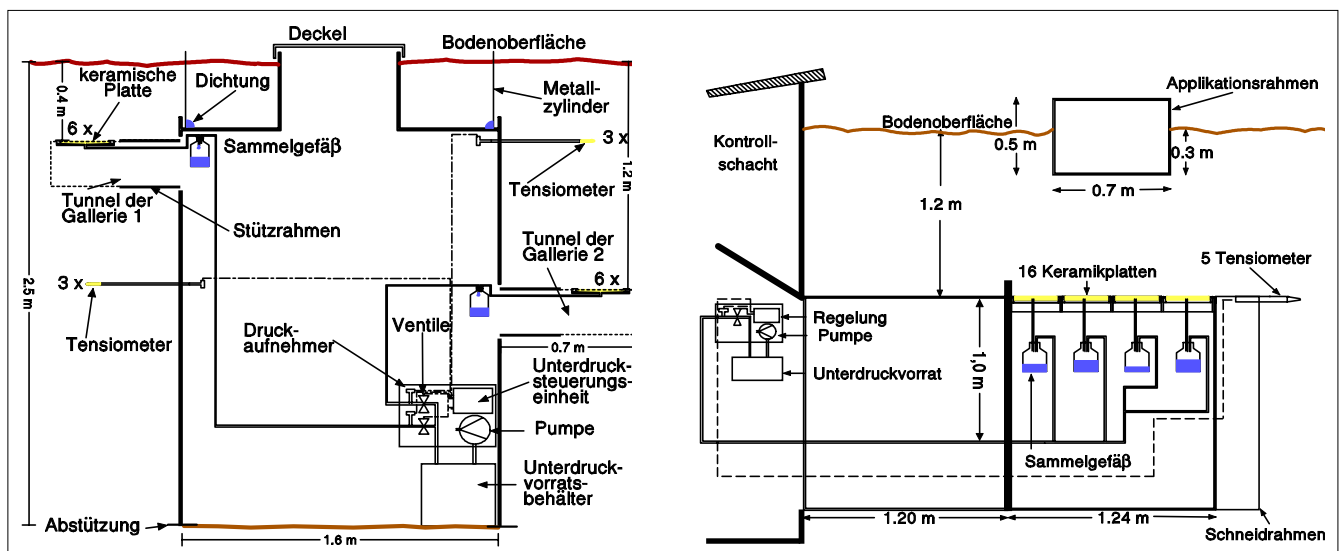


Abbildung 2: Querschnitt eines Beprobungsnestes in der Feldversuchsfläche (links) und der Kleinparzelle (rechts).

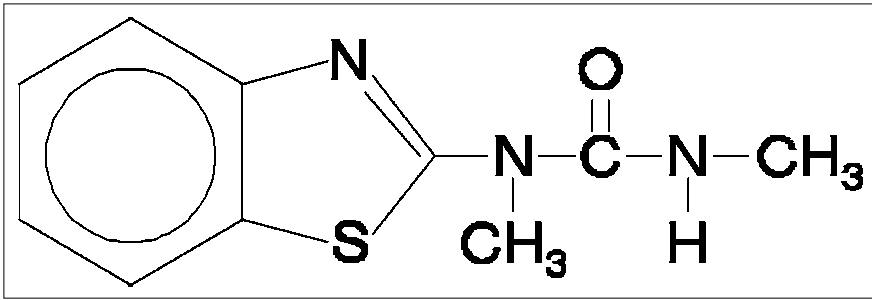


Abbildung 3: Strukturformeln der Testsubstanzen Methabenzthiazuron (links) und Ethidimuron (rechts).

Tabelle 1: Angestrebte und tatsächliche Initialbeläge der Testsubstanzen ETD, MBT und des Wassertracers Bromid bei der Hauptapplikation am 13.11.1997.

Versuchsystem	angestrebte Applikationsmenge			tatsächliche Applikationsmenge					
	ETD [kg ha <sup>-1</sup> ]	MBT [kg ha <sup>-1</sup> ]	Br <sup>-</sup> [kg ha <sup>-1</sup> ]	ETD [kg ha <sup>-1</sup> ]	ETD [%]	MBT [kg ha <sup>-1</sup> ]	MBT [%]	Br <sup>-</sup> [kg ha <sup>-1</sup> ]	Br <sup>-</sup> [%]
Feld	1,47	2,03	275,0	1,18	80,5	1,30	64,1	249,3	90,7
Kleinparzelle	1,47	2,03	275,0	1,09	74,2	1,43	70,4	311,2	113,2
Lysimeter	1,47	2,03	275,0	1,56	106,1	2,09	103,0	314,4	114,3

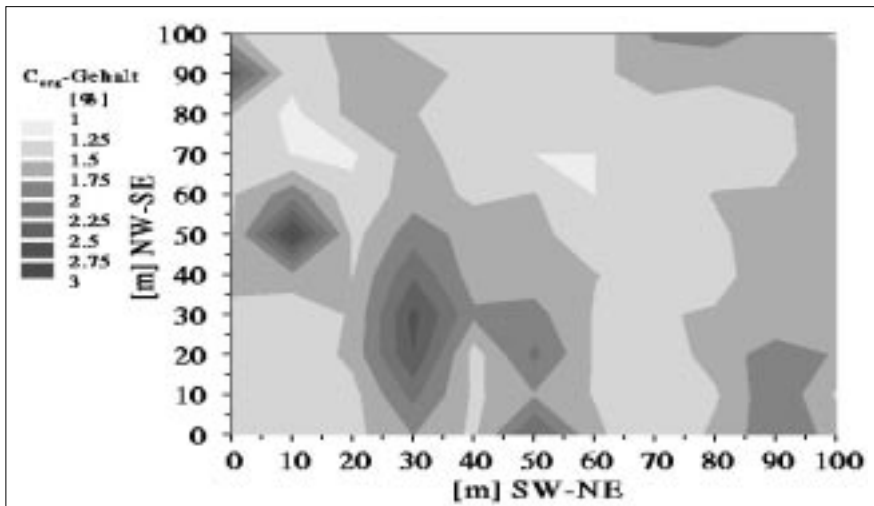


Abbildung 4: Variabilität des C<sub>org</sub>-Gehaltes des Feldes in der Bodenschicht 0-30 cm.

### 4.3 Erfassung der Wetterdaten

Im Feld und im Freigelände des Instituts für Agrosphäre befanden sich jeweils eine Klimastation, bestehend aus einem Datenerfassungssystem und Sensoren zur Erfassung der Windgeschwindigkeit (2,0 m Höhe), Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, der Einstrahlungsintensität, des Niederschlages sowie in Merzenhausen der Bodenoberflächentempe-

ratur. Zur Erfassung der Bodentemperatur und der Bodenfeuchte in räumlich-zeitlicher Auflösung wurde ein zehn Meter langer und 1,5 m tiefer Graben ausgehoben und in die ungestörte Wand insgesamt 102 TDR-Sensoren (Tiefen 0,20 m, 0,45 m, 0,60 m, 0,80 m, 1,00 m, 1,50 m) und 21 Pt-100-Meßfühler (Tiefen 0,05 m, 0,20 m, 0,45 m, 0,60 m, 0,80 m, 1,00 m, 1,50 m) installiert. Pa-

rallel dazu wurden jeweils in einem Lysimeter im Feld und im Freigelände des Instituts für Agrosphäre seitlich TDR- und Pt-100-Sensoren in den entsprechenden Tiefen eingebaut und ein Wägesystem installiert.

## 5. Charakterisierung der Feldfläche

Als Vorarbeiten zum FELS-Projekt wurde die Flächenvariabilität hinsichtlich bodenphysikalischer und bodenchemischer Kennwerten erarbeitet. KAISER (1995) konnte anhand von bodenphysikalischen Parametern (hydraulische Leitfähigkeit, pF-Charakteristik, Eindringwiderstand) zeigen, daß die Feldparzelle als relativ homogen anzusprechen ist. Auch hinsichtlich der bodenchemischen Parameter (C<sub>org</sub>-Gehalt, KAK, pH-Wert) wird dieses Ergebnis bestätigt (Abbildung 4).

## 6. Ergebnisse

Die FELS-Studie wurde nach 44-monatiger Laufzeit am 15.11.2000 beendet. Während der Versuchszeit wurden insgesamt 6720 Wasserproben über die keramischen Saugplatten und aus den Lysimetern gewonnen und an acht Terminen wurden insgesamt 2640 Bodenproben bis zu einer Tiefe von 1,5 m auf der Feldversuchsfläche gezogen. Da noch nicht alle Messungen der Wasser- und Bodenproben abgeschlossen werden konnten, werden nur die Ergebnisse des Feld- und Lysimeterversuches nach der 2,6-Di-Fluorbenzoesäure- und Bromidapplikation präsentiert. Ein besonderer Schwerpunkt wird die Beschreibung des Wasserhaushaltes des Feldes und der Lysimeter sein.

## 7. Literatur

- KAISER, R., 1995: Flächenvariabilität einer Parabraunerde in der Jülicher Börde in Bezug auf bodenphysikalische Parameter - Untersuchungen zum Rückhaltevermögen und Wasserhaushalt. Diplomarbeit, RWTH Aachen.
- WÜSTEMEYER, A., 1996: Entwicklung und Prüfung einer Labormethode zur Erfassung des Abbauverhaltens von Pflanzenschutzmitteln im Boden am Beispiel des Herbizides Ethidimuron; Diplomarbeit, Universität Dortmund.

