

# Diskussion seitlicher Randeffekte bei Lysimeterexperimenten am Beispiel der Lysimeteranlage Seibersdorf

A. KRENN, E. KLAGHOFER und M.H. GERZABEK

## Zusammenfassung

Unterschiedliche Methoden wurden gewählt, um seitliche Randeffekte in den als Standardlysimeter ausgeführten monolithischen Lysimetern der Anlage der ARC Seibersdorf research GmbH zu quantifizieren. Anhand von Ernteparametern wurden signifikante Unterschiede bei verschiedenem Umgebungsbe- wuchs und Boden festgestellt.

Durch Simulation der Wärmeverlage- rung in einem permanent trockenen, leh- migen Bodenprofil mit dem Programm Hydrus 2D unter Berücksichtigung un- terschiedlicher künstlicher Einflüsse, wurde der Frage nachgegangen, wie groß die Temperaturunterschiede zwischen der Randzone und der Lysimetermitte sind bzw. welche Wechselwirkungen es dadurch auf den Bodenwassergehalt gibt. Im Vergleich zum ungestörten Boden- profil war die durchschnittliche Boden- temperatur im Frühjahr höher - im Herbst um etwa die gleichen Beträge kühler. Es ergaben sich kurzfristig Tem- peraturdifferenzen von bis zu 4°C bzw. 0.6 °C zwischen Lysimeterrand und Ly- simetermitte in 30 cm bzw. 90 cm Tiefe.

## Abstract

To quantify edge effects in monolithic lysimeters in the lysimeter facility of ARC Seibersdorf research Ltd., different experimental methods were used.

Harvest parameters were analysed com- paring lysimeters filled with different soils and surrounded by different vege- tations. Significant differences in harvest parameters were detected between the two soils and between the two variants of surrounding vegetation.

Calculation of heat transfer in a perma- nent dry loamy soil profile was carried out using Hydrus 2D as simulation tool.

Simulations focused on the influence of the artificial boundary conditions in ly- simeters on temperature distribution and on the depending water balance in the soil profile.

Under lysimeter conditions mean tem- peratures in spring were higher compa- red to natural conditions. In autumn the mean temperatures under lysimeter con- ditions were equally smaller. Maximum temperature differences between lysime- ter wall and center of the lysimeter re- ached values of 4°C in 30 and 0.6°C in 90 cm depth.

## 1. Einleitung

Der Begriff Lysimeter wird für un- terschiedlichste Konstruktionen eingesetzt, wie von ABOUKHALED et al. (1982), in DVWK (1980), oder von BERG- STRÖM (1990) zusammengefasst. Bei den Unterscheidungsmerkmalen "um- schlossen/nicht umschlossen", "monoli- thisch/geschüttet", "tief/seicht" usw. ist zu erkennen, dass durch die Konstrukti- on versucht wird, "neuralgische Punk- te" der Lysimeter zu verbessern. Bei der Konzeption der Versuche ist jedoch da- rauf zu achten, unerwünschte Effekte durch den Versuchsaufbau bedingt, zu vermeiden oder zumindest zu erkennen.

Das Standardlysimeter hat durch seine Größe und seinen Aufbau als vollstän- dig umschlossenes, gravimetrisch ent- wässerndes Lysimeter von der Natur abweichende Randbedingungen. Sei es durch die "untere Randbedingung" (FLURY et al., 1999) oder durch "seitli- che Einschränkungen".

Diese Fehler werden u.a. von KASTA- NEK (1995) untersucht, mit dem Ergeb- nis, dass nur ein vollständig umschlos- senes Lysimeter vergleichbare Wasser- verlagerungen erzielen kann. Diese Um-

schließung bedingt jedoch wiederum weitere Randeffekte und/oder Oasenef- fekte (ABOUKHALED et al., 1982; KLAGHOFER, 1991). ABOUKHALED et al. (1982) argumentiert, dass die Pflan- zenhöhe und der Pflanzenabstand im und rund um das Lysimeter herum (buffer area) gleich sein sollten, um Verdun- sungsunterschiede zu vermeiden. BEL- FORD (1979) hat sich quantitativ mit Abweichungen von Ernteparametern in- nerhalb einer Lysimeterfläche beschäf- tigt. Erträge von Winterweizen wurden dabei getrennt für 5 konzentrisch ange- ordnete Saatreihen ausgewertet; es könn- ten jedoch dabei nicht signifikante Rand- effekte nachgewiesen werden.

Weitere Studien beschäftigten sich mit den temporär veränderten Temperaturen im Lysimeter. So wurden von NORD- MEYER et al. (1994) Temperaturdiffe- renzen in 20 cm Tiefe und 50 cm Tiefe von < 2°C festgestellt. In BLACK et al. (1968) wurde bei der Validierung eines wägbaren Lysimeters (5.5 x 2.1 m Ober- fläche, 1,5 m Tiefe) auch das Tempera- turregime beschrieben. Es wurde an der Unterseite des Lysimeters eine Erhöhung der mittleren Temperatur um 1.2°C fest- gestellt. Die täglichen Effekte waren ver- nachlässigbar.

Um seitliche Randeffekte in den als Stan- dardlysimeter ausgeführten monolithi- schen Lysimetern der Anlage der ARC Seibersdorf research GmbH zu quanti- fizieren, wurden u.a. der nachfolgend beschriebene Bewirtschaftungsversuch mit Winterweizen sowie Temperatursi- mulationen durchgeführt.

## 2. Material und Methode

### 2.1 Bewirtschaftungsversuch

Auf der Seibersdorfer Lysimeteranlage (KRENN et al., 1997) wurde in der Zeit

**Autoren:** DI Dr. Andreas KRENN, ARC Seibersdorf research GmbH, A-2444 SEIBERSDORF, HR Univ.-Prof. Dr. Eduard KLAGHOFER, Bundes- amt für Wasserwirtschaft, Pollnbergstraße 1, A-3252 PETZENKIRCHEN, Univ.-Prof. DI Dr. Martin H. GERZABEK, Institut für Boden- forschung, Universität für Bodenkultur, A-1190 WIEN

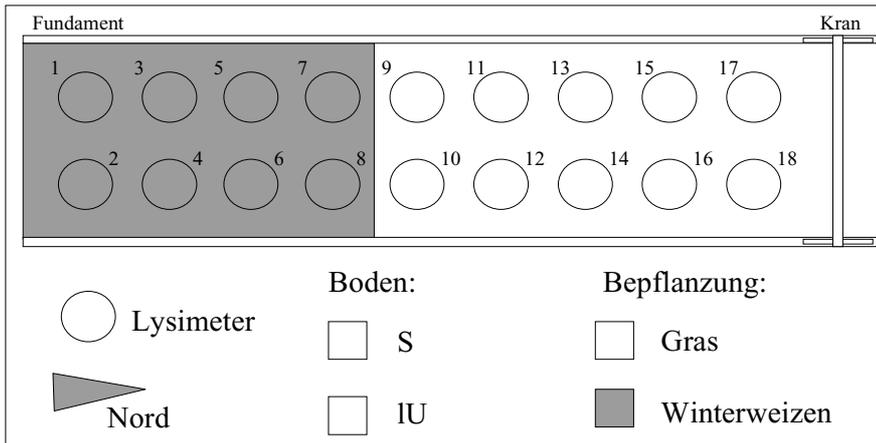


Abbildung 1: Lageplan der Lysimeter mit der Zuordnung von Bepflanzungsbe-reichen, Böden und Lysimeterpositionen.

von Oktober 1999 bis Juni 2000 ein Bewirtschaftungsversuch mit Winterweizen (Sorte Renan, 20 g/Lysimeter) durchgeführt.

Die 18 Lysimeter sind vollständig umschlossene Standardlysimeter. Die Gefäße sind zylinderförmig mit einer Querschnittsfläche von 1 m<sup>2</sup> und einer Tiefe von 1 Meter. Die zylindrischen Behälter sind aus Stahl und sind dicht mit einer Auffangwanne verbunden. Durch einen Kiesfilter in der Wanne wird der Bodenkörper entwässert. Die Lysimeter sind nicht wägbare und stehen nicht unter Grundwassereinfluss.

Jeweils 9 Lysimeter sind von Standorten im Marchfeld (vergleyter Kalktschernosem "T", Bodenart: IU / Acker-Euregosole "M", Bodenart: S) monolithisch entnommen worden.

Wie in *Abbildung 1* ersichtlich, wurde im Bereich bis Lysimeter 8 Winterweizen kultiviert. Die restlichen Lysimeter waren von Gras umgeben.

Der Winterweizen wurde in zwei konzentrischen Bereichen separat geerntet. Sowohl der zentrale kreisförmige Bereich als auch der daran anschließende ringförmige äußere Bereich hatten eine Fläche von 0,5 m<sup>2</sup>. Nach der Bestimmung der Frischmasse und dem Trocknen bei 60°C wurden die Ernteparameter erhoben und statistisch ausgewertet. Für sämtliche statistischen Tests wurde STATISTICA 6.0 verwendet.

## 2.2 Temperatursimulationen

Es wurde mit dem Programm Hydrus 2D ein theoretischer Vergleich der Temperaturverhältnisse zwischen einem unge-

störten Bodenprofil und einem von einem Stahlmantel und einem Hohlraum umgebenen Bodenmonolith durchgeführt. Die Untersuchungen wurden für einen lehmigen Boden durchgeführt. Dabei wurden bei allen Szenarien der selbe Verlauf der Oberflächentemperatur angenommen und die Ganglinien in 30 und 90 cm Tiefe genauer betrachtet. Die Temperaturdynamik wurde für das "Extremeszenario" eines permanent trockenen Bodens (-15000 hPa) errechnet.

Ein Lysimeter wurde durch ein Rechteck mit 124 cm Höhe und 56,4 cm Breite simuliert. Die unteren 24 cm entsprechen dabei dem Filtersand, darüber be-

find sich der lehmige Bodenmonolith. Durch Rotation des Rechteckes um eine vertikale zentrale Achse wurde die dritte Dimension erzeugt und somit ein Zylinder mit einer Oberfläche von 10000 cm<sup>2</sup> simuliert. Dieses so angenommene Lysimeter wurde in den Simulationen von einem 8 bzw. 25 cm breiten Luftspalt umgeben, wobei außen wieder ein lehmiger Boden angeordnet wurde.

Die Berechnung der Temperaturverlagerung wurde durch Diffusions- und Dispersionsterme über flüssige und feste Bestandteile berücksichtigt; die Wasserdampfdiffusion wurde nicht miteinbezogen. Für sämtliche Überlegungen wurde vorausgesetzt, daß der Hohlraum um das Lysimeter abgedeckt und kein freier Luftaustausch möglich war.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Erhebung der Ernteparameter des im Herbst 1999 angebaute und Ende Juni 2000 geernteten Winterweizens sind in *Tabelle 1* dargestellt. Der Ernteindex liegt zwischen 0,39 und 0,46 g/g und zeigt bei allen Varianten eine gute Übereinstimmung. Bei dem ebenfalls für die Entwicklung der Pflanze ausschlaggebenden Parameter 1000-Korngewicht wurden Werte von 35 bis

Tabelle 1: Winterweizenernte 2000. Zusammengefasst werden die Daten mittels Mittelwert und Standardfehler für die Gruppen: gleicher Bodentyp bzw. gleicher Umgebungsbewuchs.

| Boden                                 |       | "T"                         |                             |                              | "M"                         |                             |                             | Alle Gruppen                |
|---------------------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                       |       | beide                       | Wi-Weizen                   | Gras                         | beide                       | Wi-Weizen                   | Gras                        |                             |
| Umgebungsbewuchs                      |       | 9                           | 4                           | 5                            | 7                           | 3                           | 4                           | 16                          |
| Wiederholungen                        |       |                             |                             |                              |                             |                             |                             |                             |
| Stroh [g/m <sup>2</sup> ]             | innen | Mittelw. 376,2<br>Std. 27,4 | Mittelw. 371,3<br>Std. 35,1 | Mittelw. 380,2<br>Std. 44,2  | Mittelw. 152,0<br>Std. 11,1 | Mittelw. 131,1<br>Std. 11,5 | Mittelw. 167,7<br>Std. 13,4 | Mittelw. 278,1<br>Std. 32,7 |
|                                       | außen | Mittelw. 350,2<br>Std. 22,5 | Mittelw. 383,8<br>Std. 20,7 | Mittelw. 323,4<br>Std. 34,2  | Mittelw. 149,4<br>Std. 10,8 | Mittelw. 138,2<br>Std. 11,7 | Mittelw. 157,8<br>Std. 16,8 | Mittelw. 262,3<br>Std. 28,9 |
| Ährenzahl [-]                         | innen | Mittelw. 439<br>Std. 33     | Mittelw. 373<br>Std. 15     | Mittelw. 492<br>Std. 47      | Mittelw. 336<br>Std. 34     | Mittelw. 301<br>Std. 29     | Mittelw. 362<br>Std. 56     | Mittelw. 394<br>Std. 26     |
|                                       | außen | Mittelw. 433<br>Std. 15     | Mittelw. 428<br>Std. 18     | Mittelw. 437<br>Std. 25      | Mittelw. 339<br>Std. 43     | Mittelw. 280<br>Std. 49     | Mittelw. 383<br>Std. 62     | Mittelw. 392<br>Std. 23     |
| Ährenmasse [g/m <sup>2</sup> ]        | innen | Mittelw. 501,5<br>Std. 35,7 | Mittelw. 480,0<br>Std. 42,4 | Mittelw. 518,6<br>Std. 57,8  | Mittelw. 199,3<br>Std. 22,2 | Mittelw. 144,4<br>Std. 14,4 | Mittelw. 240,6<br>Std. 17,3 | Mittelw. 369,3<br>Std. 44,3 |
|                                       | außen | Mittelw. 459,7<br>Std. 30,5 | Mittelw. 467,4<br>Std. 29,3 | Mittelw. 453,7<br>Std. 53,1  | Mittelw. 184,7<br>Std. 24,7 | Mittelw. 136,6<br>Std. 18,8 | Mittelw. 220,8<br>Std. 30,7 | Mittelw. 339,4<br>Std. 40,3 |
| Ertrag [g/m <sup>2</sup> ]            | innen | Mittelw. 396,3<br>Std. 27,8 | Mittelw. 378,5<br>Std. 31,5 | Mittelw. 410,5<br>Std. 45,5  | Mittelw. 158,1<br>Std. 16,5 | Mittelw. 117,1<br>Std. 11,3 | Mittelw. 188,8<br>Std. 12,6 | Mittelw. 292,1<br>Std. 34,8 |
|                                       | außen | Mittelw. 370,0<br>Std. 25,6 | Mittelw. 377,7<br>Std. 26,4 | Mittelw. 363,8<br>Std. 43,7  | Mittelw. 143,2<br>Std. 18,4 | Mittelw. 107,6<br>Std. 14,4 | Mittelw. 169,9<br>Std. 23,1 | Mittelw. 270,8<br>Std. 33,2 |
| 1000 Korngew. [g]                     | innen | Mittelw. 36,3<br>Std. 0,7   | Mittelw. 37,1<br>Std. 1,0   | Mittelw. 35,7<br>Std. 1,0    | Mittelw. 29,6<br>Std. 1,1   | Mittelw. 28,4<br>Std. 2,5   | Mittelw. 30,6<br>Std. 0,6   | Mittelw. 33,4<br>Std. 1,0   |
|                                       | außen | Mittelw. 35,0<br>Std. 0,7   | Mittelw. 35,6<br>Std. 1,0   | Mittelw. 34,6<br>Std. 0,9    | Mittelw. 28,5<br>Std. 1,1   | Mittelw. 27,6<br>Std. 2,7   | Mittelw. 29,2<br>Std. 0,5   | Mittelw. 32,2<br>Std. 1,0   |
| oberird. Biomasse [g/m <sup>2</sup> ] | innen | Mittelw. 877,7<br>Std. 61,7 | Mittelw. 851,4<br>Std. 74,2 | Mittelw. 898,8<br>Std. 100,7 | Mittelw. 351,4<br>Std. 31,6 | Mittelw. 275,5<br>Std. 25,6 | Mittelw. 408,2<br>Std. 25,7 | Mittelw. 647,4<br>Std. 76,6 |
|                                       | außen | Mittelw. 810,0<br>Std. 51,1 | Mittelw. 851,1<br>Std. 47,2 | Mittelw. 777,0<br>Std. 86,3  | Mittelw. 334,1<br>Std. 34,4 | Mittelw. 274,8<br>Std. 30,5 | Mittelw. 378,5<br>Std. 46,2 | Mittelw. 601,8<br>Std. 68,6 |
| Ernteindex [-]                        | innen | Mittelw. 0,45<br>Std. 0,01  | Mittelw. 0,45<br>Std. 0,01  | Mittelw. 0,46<br>Std. 0,01   | Mittelw. 0,45<br>Std. 0,01  | Mittelw. 0,42<br>Std. 0,00  | Mittelw. 0,46<br>Std. 0,02  | Mittelw. 0,45<br>Std. 0,01  |
|                                       | außen | Mittelw. 0,46<br>Std. 0,01  | Mittelw. 0,44<br>Std. 0,01  | Mittelw. 0,47<br>Std. 0,01   | Mittelw. 0,42<br>Std. 0,01  | Mittelw. 0,39<br>Std. 0,01  | Mittelw. 0,45<br>Std. 0,01  | Mittelw. 0,44<br>Std. 0,01  |

37 g bei Boden "T" und 28 bis 31 g bei Boden "M" gefunden. Standardfehler von 0.5 bis 2.5 innerhalb der einzelnen Messwertgruppen zeugen von relativ geringer Variabilität.

Ähnlich wie für das 1000-Korngewicht, waren auch die Trockengewichte der einzelnen Sprosstteile stark differenzierbar bezüglich der Bodentypen. Am Boden "T" war deutlich mehr Biomasse gebildet worden als bei Boden "M". Es wurden Erträge von 364 bis 410 g/m<sup>2</sup> bei Boden "T" bzw. von 108 bis 189 g/m<sup>2</sup> bei Boden "M" mit mittleren Standardfehlern zwischen 9-13% gefunden. Bei Boden "T" wurde somit fast der regional in diesem Jahr erzielte Wert von 436 g/m<sup>2</sup> erreicht (STATISTIK AUSTRIA, 2000). Bei Boden "M" wurde dieser aber um die Hälfte unterschritten. Ähnliches gilt für die Trockengewichte für Stroh bzw. für die gesamte oberirdische Biomasse.

Will man die Frage beantworten, ob im äußeren Bereich des Lysimeters weniger gewachsen ist, als im zentralen Bereich des Lysimeters, und dies möglicherweise nur bei einer Randbedingung oder einem Boden, so müssen die Ergebnisse beider Erntebereiche bei jedem Lysimeter einzeln miteinander verglichen werden. Die in *Tabelle 2* zusammengefassten Zahlen geben Auskunft darüber, um wieviel sich die Relation zwischen den zentralen und randlichen Messwerten zwischen den beiden Umgebungsbeiwachsen verschoben hat.

Es ist aus dieser Tabelle zu erkennen, dass bei allen Parametern, außer bei den dimensionslosen Größen "Ernteindex" und "1000 Korngewicht", eine positive Zahl steht. Eine positive Änderung des relativen Ernteparameters bedeutet, dass im geschlossenen Bestand der Anteil des

äußeren Erntebereiches größer ist, als bei Grasumgebung.

Bewirkte somit eine bessere Umgebungsbeiwachsentwicklung eine zusätzliche "Abschirmung" der Randzonen, so bewirkte dieser Pflanzenbestand rund um die Lysimeter eine zusätzliche "Exposition" bei den aus dem Bestand ragenden Pflanzen der Lysimeter.

Bei der Ernte 2000 für Winterweizen ergab sich trotzdem eine relativ geringe Beeinflussung in Bezug auf den Umgebungsbeiwachs. Eine Veränderung des Verhältnisses von äußerer zu zentraler Ährenzahl um 13% bei Boden "T" bildete dabei die Ausnahme. Generell ist zu erkennen, dass die Abweichungen bei Boden "T" größer als bei Boden "M" waren. Es wurden Änderungen im Durchschnitt um 5% bei Boden "T" und um 1% bei Boden "M" gefunden.

Vergleicht man die mittleren Temperaturen des natürlichen Profils in den Tiefen 30 und 90 cm mit den, abhängig vom Abstand zum Spalt jeweils unterschiedlichen Temperaturen des "gestörten" Lysimeterprofils, so waren zwar im Jahresdurchschnitt keine Unterschiede zu erkennen, faßt man die Daten jedoch quartalsweise zusammen, konnten in 30 cm bzw. 90 cm Tiefe im Lysimeter im Frühjahr bei Spaltbreiten von 8 cm 0.6 bzw. 1.6 °C höhere Temperaturen festgestellt werden. Im Herbst waren sie im Lysimeter im Durchschnitt um die selben Werte niedriger. Bei einer größeren Spaltbreite von 25 cm erhöhten sich die Werte auf 0.8 bzw. 2.2 °C. Die mittleren Abweichungen zum ungestörten Bodenprofil ergaben dabei keine starke Differenzierung in horizontaler Richtung.

Betrachtet man die maximalen horizontalen Temperaturunterschiede zu jeweils einem Zeitpunkt, so ergaben sich dabei

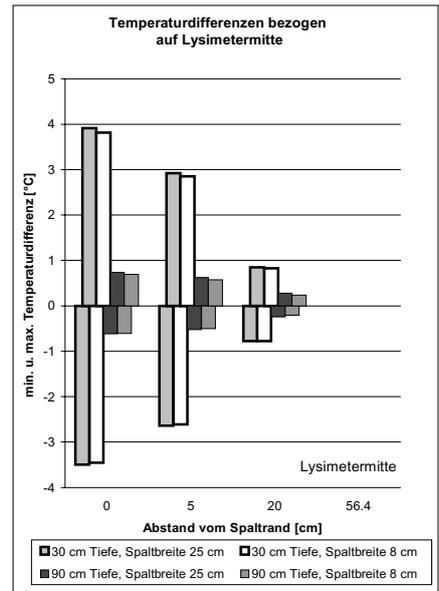


Abbildung 2: Maximale Temperaturunterschiede am Spaltrand, 5 cm innerhalb und 20 cm innerhalb des Lysimeters im Vergleich zu den Temperaturen 56.4 cm innerhalb des Lysimeters (=Mitte). Es wird zwischen 8 und 25 cm Spaltbreite, sowie zwischen den Tiefen 30 und 90 cm unterschieden.

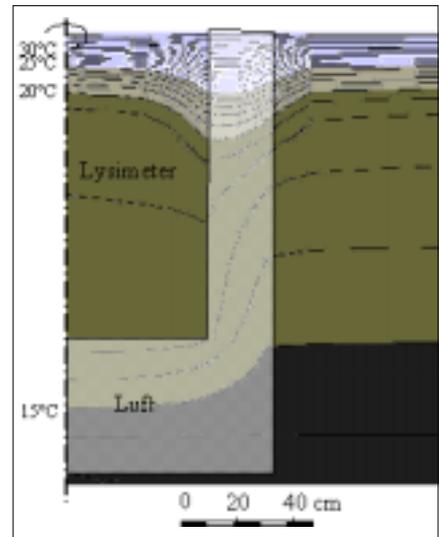


Abbildung 3: Temperaturverteilung zum Zeitpunkt der größten Temperaturdifferenz in 30 cm Tiefe zwischen Lysimetermitte und Lysimeterrand bei trockenen Boden und einer Spaltbreite von 25 cm.

Tabelle 2: Verringerung der betrachteten Ernteparameter im äußeren Erntebereich des Lysimeters durch eine Änderung des Umgebungsbeiwachses von "Winterweizen" auf "Gras" in % des zentralen Erntebereiches.

| Ernteparameter         | Boden T<br>( $x_{\text{Feld}} - x_{\text{Gras}}$ ) mit x ... Ernteparameter | Boden M |
|------------------------|---|---------|
| rel. Strohgewicht      | 9%  | 5%      |
| rel. Ährenzahl         | 13%   | -7%     |
| rel. Ährenmasse        | 5%  | 2%      |
| rel. Ertrag            | 6%  | 2%      |
| rel. 1000 Korngewicht  | -1%   | 1%      |
| rel. oberird. Biomasse | 7%  | 4%      |
| rel. Ernteindex        | -1%   | -2%     |

rel.  $x = x_{\text{außen}}/x_{\text{innen}}$  mit x ... Ernteparameter; **fett ...  $\alpha < 5\%$**

Differenzen zwischen Lysimeterrand und Lysimetermitte in 30 cm Tiefe von bis zu 4°C (Abbildung 3). 20 cm vom Rand entfernt, sank der Einfluss auf Werte < 0.8°C ab. In 90 cm Tiefe waren am Lysimeterrand maximale Temperaturunterschiede von 0.6°C bzw. in 20 cm Entfernung von 0.2°C aufgetreten. Es

gab geringfügig größere Abweichungen bei größeren Spaltbreiten als bei kleineren Spaltbreiten (*Abbildung 2*).

## Schlussfolgerungen

Im oberflächennahen Randbereich nahe dem Lysimetermantel bewirken Advektion, geänderte Energieeinstrahlung und Wurzelraumeinschränkungen durch die Gefäßwand Randeffekte. Die Pflanze nimmt dabei aktiv Einfluss auf die Wasserverlagerung durch Transpiration. Passiv verändert sie durch Abschattung die Evaporation und beeinflusst die Temperaturverhältnisse an der Bodenoberfläche. Auch Wegsamkeiten am Rand der Lysimeter entziehen der Randzone Wasser durch rascheres in die Tiefe Verlagern und tragen so zu einer randlichen Austrocknung bei.

Der in dieser Arbeit gefundene Einfluss von 1% bis 5% unterschiedlich entwickelten oberirdischen Teile der Pflanzen (Winterweizen) war signifikant zwischen den Umgebungsbewuchsvarianten erkennbar. Trotzdem ist eher die veränderte Abschattung als die verringerte Transpiration ein Argument für eine seitliche Beeinflussung des Wasserhaushaltes. Dies geht aus den Untersuchungen von KostECKI (KOSTECKI et al., 2001) hervor, wo die Summe obiger Einflüsse bis zu 20% geringere Wassergehalte am Rand als in der Mitte der Lysimeter in der Tiefe 0 bis 10 cm ausmacht. KostECKI berichtet aber auch von nicht signifikanten Unterschieden bei Wurzelmassen und Wassergehalten in der unteren Beprobungsschicht (5 bis 10 cm Tiefe). Das lässt darauf schließen, dass die Barriere Wirkung des Lysimeterandes auf die Wurzelbildung und ein geänderter Wasserentzug aufgrund unterschiedlicher Transpiration nur wenig Einfluss nehmen.

Temperaturdifferenzen beeinflussen u.a. durch die Änderung der Oberflächenspannung von Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen den Wasserhaushalt. Es findet dabei eine Wasserverlagerung Richtung kühlere Bereiche statt. Dieser Einfluss ist bei mittleren Feuchtigkeitsbedingungen am stärksten (HILLEL,

1980). Im Frühjahr ist bei den gefundenen Einflüssen die Randzone daher geringfügig trockener, im Herbst geringfügig feuchter. Temperaturdifferenzen von 4°C ergeben dabei Unterschiede von 0.8 % bei den Saugspannungswerten (MIYAZAKI, 1993). Bei dem verwendeten Boden ergibt diese Saugspannungsveränderung im schlechtesten Fall eine Wassergehaltsänderung von 0.1 Vol.-%. Die Veränderungen des Wassergehaltes durch den Transport in der Gasphase wurden bei der Abschätzung nicht berücksichtigt.

Im unteren Teil des 1m tiefen Bodenprofils nimmt der Einfluss der Pflanze ab. Abgeschnittene Porenänge, Randumläufigkeiten und Temperaturgradienten stehen für eine Beeinflussung der Wasserverlagerung noch zur Verfügung. Die Ergebnisse der an den Lysimetern durchgeführten dokumentierten Bromidversuche (KRENN, 2001) haben gezeigt, dass unterhalb der Wurzelzone kein Makroporenfluss und auch keine Randumläufigkeit, zumindest bei dem Sandboden stattgefunden haben. Auch die simulierten Temperaturverhältnisse haben wenig horizontale Unterschiede zwischen den verschiedenen Bodenzonen ergeben. Beschränkt man sich auf folgende festgelegte Kriterien für die Bewertung, nämlich dass:

- nur die Lysimeteranlage in der ARC Seibersdorf reseach GmbH betrachtet wird,
  - die hier die Eigenschaften der bodenkundlichen Parameter nicht einem bestimmten Standort zu entsprechen haben,
  - das Bodenprofil nicht vergleichbar mit dem ursprünglichen Bodenprofil am Entnahmestandort sein muss und
  - der Wasserhaushalt von Interesse ist,
- so sind im unteren Bereich der Bodenmonolithe keine seitlichen Randeffekte erkennbar.

## Literatur

ABOUKHALED, A., A. ALFRO and M. SMITH, 1982: Lysimeters. FAO Irrigation and drainage paper, Nr. 39, Rome, S. 1-68.

- BLACK, T.A., G.W. THURTELL and C.B. TANNER, 1968: Hydraulic load-cell lysimeter, construction, calibration, and tests. Soil Science Society of America Proceedings, 32. S. 623-629.
- BERGSTRÖM, L., 1990: Use of lysimeters to estimate leaching of pesticides in agricultural soils. Environmental Pollution 67: S. 325-347.
- BELFORD, R. K., 1979: Collection and evaluation of large soil monoliths for soil and crop studies. Journal of Soil Science. 30: S. 363-373.
- DVWK, 1980: Empfehlungen zum Bau und Betrieb von Lysimetern. In DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 114, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V, Hamburg, Berlin: Parey, S 1-52.
- FLURY, M., M.V. YATES and W.A. JURY, 1999: Numerical Analysis of the Effect of the Lower Boundary Condition on Solute Transport in Lysimeters. Soil Science Society of America Journal, Vol. 63, S. 1493-1499.
- HILLEL, D., 1980: Fundamentals of Soil Physics. Academic Press, New York, S. 1-414.
- MIYAZAKI, T., S. HASEGAWA and T. KASUBUCHI, 1993: Waterflow in Soils, M. Dekker Inc., New York, S. 1-296.
- KASTANEK, F., 1996: Kritische Bemerkungen zur Verwendung von Lysimetern. BAL-Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, S 93-102. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irnding, Österreich.
- KLAGHOFER, E., 1991: Bodenphysikalische Aspekte bei der Erfassung von gelösten Stoffen mit Hilfe von Lysimetern. BAL-Bericht über die 1. Gumpensteiner Lysimetertagung, S. 19-23. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irnding, Österreich.
- KOSTECKI, K., M. STEMMER and A. KRENN, 2001: Wurzelverteilung und mikrobielle Aktivität im Randbereich eines monolithischen Lysimeters. BAL-Bericht über die 9. Gumpensteiner Lysimetertagung. S. 187-188. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irnding, Österreich.
- KRENN A., 1997: Die universelle Lysimeteranlage Seibersdorf - Konzeption. BAL-Bericht über die 7. Gumpensteiner Lysimetertagung, S. 33-36. Bundesamt für alpenländische Landwirtschaft, Irnding, Österreich.
- KRENN A., G. HABERHAUER und M.H. GERZABEK, 2001: Kaliumbromidverlagerung in monolithischen Lysimetern - Ergebnisse zweier Bewässerungsversuche. BAL-Bericht über die 9. Lysimetertagung, S 191-194, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irnding, Österreich.
- NORDMEYER, H. und D. ADERHOLD, 1994: Aufbau und Betrieb einer Lysimeterstation zur Erfassung der Verlagerung von Pflanzenschutzmittel im Bodenprofil. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 157, S. 93-98.
- STATISTIK AUSTRIA, 2000: Statistisches Jahrbuch 2000, Statistik Austria, Wien.