

Vergleich der Raumtemperatur in einer PE-HD Lysimeterstation mit Bodentemperaturen in Lysimeterböden und in einem Referenzboden

Holger Rupp^{1*}, Ralph Meißner¹ und Juliane Seeger¹

Zusammenfassung

Der zeitliche Verlauf der Bodentemperatur im Lysimeter sollte mit dem des Umgebungsbodens bzw. des Entnahmestandorts weitgehend übereinstimmen, da die Bodentemperatur für zahlreiche bodenchemische und -biologische Prozesse von Bedeutung ist. Die Raumtemperatur in einer 4-fach- PE-HD- Container- Lysimeterstation wurde mit Bodentemperaturen in Lysimetergefäßen und in einem Referenzboden verglichen. Die Messungen dokumentieren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Temperaturen der Lysimeterböden und des Referenzbodens in den untersuchten Messtiefen 0,2 und 1,0 m. Obgleich im statistischen Vergleich keine signifikanten Unterschiede belegt werden konnten, zeigte sich in den strahlungsintensiven Monaten Mai - September eine tendenziell stärkere Erwärmung der Lysimeterböden, die auf die Verwendung von schwarzem PE-HD Material für die Fertigung der Lysimetergefäße zurückgeführt wird. Empfehlungen für die Optimierung von konstruktiven Lösungen werden abgeleitet.

Schlagwörter: Temperaturmessungen, Lysimeter, Lysimeterstation, Boden, bauliche Optimierung

Summary

The chronological sequence of soil temperature inside the lysimeter should be extensively harmonized with that of surrounding soil respectively that of extraction site, due to the highly relevance of soil temperature for numerous soil biological and chemical processes. The ambient temperature measured inside a 4-fold containerized PE-HD lysimeter station was compared with soil temperatures measured in lysimeter columns and reference soils. The measurements proofed no significant differences between lysimeter and reference soils (in depths of 0.2 and 1.0 m). Even though in statistical comparison no significant differences are proven there was a tendency towards a warming of lysimeter soils in months with increased radiation (May - September) due to usage of black PE-HD material for manufacturing the lysimeter vessels. Recommendations for an optimization of constructive details were derived.

Keywords: temperature measurement, lysimeter, lysimeterstation, soil, construction optimization

Einleitung

Lysimeteruntersuchungen unterliegen besonders hohen Anforderungen hinsichtlich ihrer Repräsentativität. Dies trifft in besonderem Maß auf die Bodentemperatur zu, die für nahezu alle bodenchemischen und -biologischen Prozesse von Bedeutung ist (u. a. Keimung, Pflanzenwachstum, mikrobieller Abbau von organischem Bodenmaterial, Redoxreaktionen). Das Bodentemperaturregime steht in Wechselwirkung mit dem Bodenwasserhaushalt (XIAO et al. 2009). Die einzelnen Glieder der Bodenwasserhaushaltsgleichung können mit Hilfe von Lysimetern nur dann exakt quantifiziert werden, wenn die im Lysimeter und *in situ* gemessenen zeitlichen Verläufe der Bodentemperatur übereinstimmen (QIU et al. 1999).

Lysimetergefäße werden mit entsprechenden Bodensäulen monolithisch oder nicht monolithisch gefüllt. Im praktischen Betrieb werden diese großvolumigen Gefäße in Abhängigkeit von der wissenschaftlichen Fragestellung und den vorhandenen Standortbedingungen in Lysimeterstationen integriert. Neben der traditionellen Ausführung in monolithischer Stahlbetonbauweise sind mittlerweile diverse konstruktive Lösungen für den Bau von Lysimeterstationen bekannt. So

ermöglicht beispielsweise der Bau von Lysimeterstationen in Containerbauweise (aus PE-HD als 1-, 2- oder 4-fach Stationen) den Betrieb von Lysimetern auf Standorten mit schwankenden Grundwasserständen oder auf Altlast- und Deponiestandorten, da diese Stationen gedichtet und gegen den Eintritt von (kontaminierten) Wässern geschützt sind (MEISSNER et al. 2008).

Ziel der Untersuchungen war es, Temperaturmessungen in Lysimeterböden, in der dazugehörigen Container- Lysimeterstation und in einem Referenzboden gegenüber zu stellen und Schlussfolgerungen für bauliche Veränderungen abzuleiten.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden Daten eines Temperatursensors mit integriertem Datalogger genutzt, der im Mai 2009 in einer 4-fach Lysimeterstation in Containerbauweise (1 m unter Geländeoberkante) an einem Seil hängend montiert wurde (*Abbildung 1*). Die 2 m tiefen Lysimetergefäße wurden aus schwarzem PE-HD- Material gefertigt und 1998 mit Substraten aus einem ehemaligen Braunkohletagebau manuell befüllt. Die Lysimetergefäße verfügen über in 30

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Department Bodenphysik, Lysimeterstation Falkenberg, Dorfstraße 55, D-39615 FALKENBERG

* Ansprechpartner: Dr. Holger Rupp, holger.rupp@ufz.de

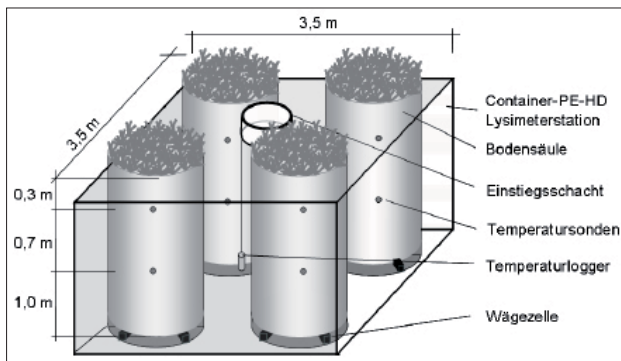


Abbildung 1: Temperaturmessung in 4-fach PE-HD Lysimeterstation

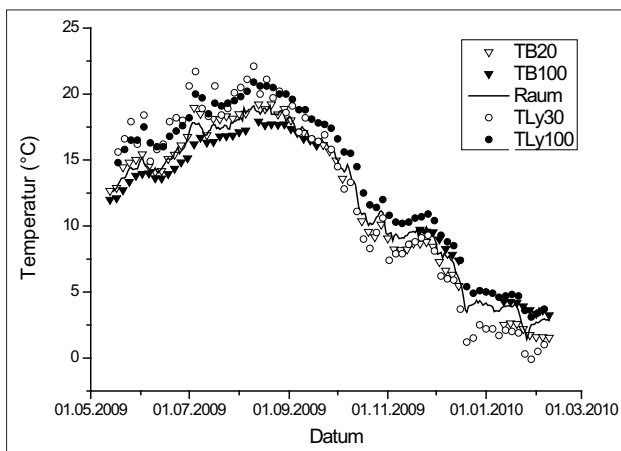


Abbildung 2: Temperaturverläufe im Boden in 20 und 100 cm (TB20, TB100), in der Lysimeterstation (Raum) sowie in den Lysimetern (TLy30, TLy100; Mittelwerte aus 4 Temperatursonden)

und 100 cm Tiefe installierte Bodenthermometer (Pt 100). Sie haben eine Oberfläche von 1 m². Für die Temperaturmessungen im Referenzboden (Messtiefen 20 und 100 cm) konnten Datenreihen einer Klimastation genutzt werden, die in der Helmholtz-UFZ Lysimeterstation Falkenberg (52°51'33"N, 11°48'45"E) betrieben wird.

Die langjährigen Mittelwerte des Niederschlags und der Lufttemperatur, berechnet für den Zeitraum 1968 – 2008, betragen 560 mm bzw. 8,2 °C.

Die vorliegenden Datenreihen wurde mit Hilfe von OriginPro 8G (OriginLab corporation, Northampton, USA) statistisch ausgewertet.

Ergebnisse

Die in *Abbildung 2* dargestellten Verläufe der Boden- und Raumtemperaturen weisen einen typischen jahreszeitlichen Verlauf auf. Die höchsten Werte wurden im Spätsommer (Mitte August 2009), die niedrigsten Werte in den Wintermonaten (Januar und Februar 2010) gemessen. In den Monaten Mai bis Oktober 2009 lag die Bodentemperatur in den Lysimetern und im Referenzboden in der oberen Messtiefe (0,2 bzw. 0,3 m) über den in 1m Tiefe gemessenen Werten. Zwischen Dezember 2009 und März 2010 war ein gegenläufiger Trend zu verzeichnen.

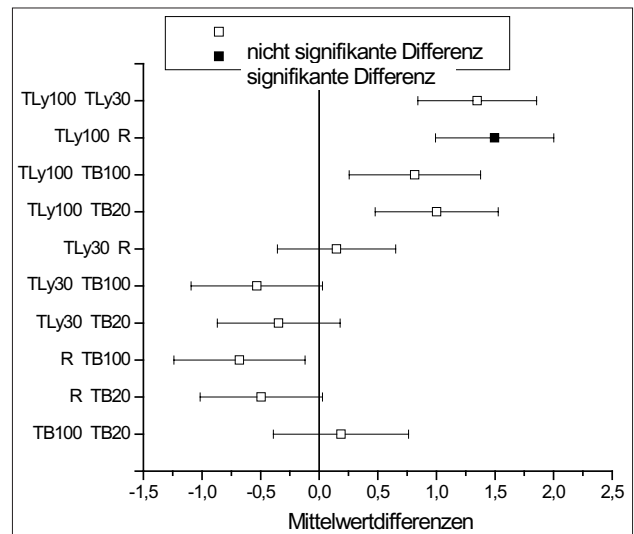


Abbildung 3: Mittelwertvergleich (ANOVA) der gemessenen Temperaturverläufe im Boden (TB20, TB100), in der Container-Lysimeterstation (R) sowie in den Lysimetern (TLy30, TLy100)

Die Bodentemperaturen in den Lysimetergefäßen waren in den Monaten Mai – September 2009 in beiden Messtiefen (0,2 bzw. 0,3 m und 1,0 m) deutlich erhöht im Vergleich zum Referenzboden. Sie überstiegen in diesem Zeitraum die Raumtemperatur der Container-Lysimeterstation. Die grafische Darstellung der Messergebnisse verdeutlicht eine sehr enge Beziehung zwischen der Temperatur des Referenzbodens in 0,2 m Tiefe und der Raumtemperatur in der Container-Lysimeterstation im Zeitraum Mai – Oktober 2009. In den Monaten November 2009 – März 2010 lag die Raumtemperatur der Container-Lysimeterstation über der im Referenzboden in 0,2 m Tiefe gemessenen Temperatur.

Im Zeitraum Mai – Oktober 2009 überstiegen die in den Lysimeterböden gemessenen Temperaturen in beiden Messtiefen die Raumtemperatur in der Container-Lysimeterstation. Ab November 2009 unterschritten die in den oberen Tiefen (0,2 bzw. 0,3 m) im Lysimeter und im Referenzboden gemessenen Temperaturen die Raumtemperatur der Container-Lysimeterstation. Die in der unteren Messtiefe (1,0 m) im Lysimeter und im Referenzboden gemessenen Temperaturen übertrafen in diesem Zeitraum die Raumtemperatur in der Container-Lysimeterstation.

Die Messreihen wurden mit Hilfe einer einfachen Varianzanalyse (One Way ANOVA) statistisch geprüft. Im Ergebnis der ANOVA unterschieden sich die Mittelwerte der Grundgesamtheiten signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit <5%. Die grafische Darstellung der ANOVA (*Abbildung 3*) weist jedoch nur zwischen der in den Lysimetergefäßen in 1,0 m Tiefe gemessenen Bodentemperatur und der Raumtemperatur in der Container-Lysimeterstation eine signifikante Mittelwertdifferenz aus. Zwischen den Temperaturen in den Lysimeterböden und im Referenzboden wurden für beide Messtiefen keine signifikanten Differenzen nachgewiesen.

Diskussion

Für die Temperaturmessungen wurden einheitliche Temperatursensoren vom Typ Pt 100 verwendet, so dass die Messreihen als vergleichbar angesehen werden können. Die vorliegenden Untersuchungen belegen tendenziell eine Differenzierung zwischen den Bodentemperaturen in den Lysimetergefäßen und im Referenzboden, die jedoch nicht signifikant ist. In den strahlungsintensiven Monaten Mai – August wurde der Boden in den Lysimetern (Messtiefen 0,3 und 1,0 m) stärker erwärmt als das im Referenzboden (Messtiefe 0,2 m und 1,0 m) der Fall war. Das kann einerseits auf einen Wärmeeintrag über den Lysimeterrand (schwarzes PE- Material) zurück geführt werden (TODD et al. 2000). Andererseits unterscheiden sich die Lysimeter und der Referenzboden hinsichtlich ihrer Bedeckung. Der Referenzboden wurde als Grünland bewirtschaftet. Die Lysimeter waren mit einer Strauch- bzw. Ruderalvegetation bestanden. Hinzu kommen Unterschiede im Bodenaufbau. Die Lysimeter sind mit kiesigen Substraten aus einem ehemaligen Braukohletagebau nicht monolithisch befüllt worden. Der Referenzboden besteht aus einem stark lehmigen Sandboden. Die Temperaturverläufe in verschiedenen strukturierten Böden sind nur bedingt vergleichbar, da sie sich hinsichtlich ihrer Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit unterscheiden (CARON et al. 1999, SCHEFFER und SCHACHTSCHABL 1989).

Die in den Monaten Mai bis September beobachteten und im Vergleich zur Temperatur des Referenzbodens in 1,0 m Tiefe leicht erhöhten Raumtemperaturen in der Container- Lysimeterstation können als Hinweis auf eine leichte (statistisch nicht gesicherte) Erwärmung des Innenraums der

Container- Lysimeterstation im Sommerhalbjahr angesehen werden. Die hier ausgewerteten 10- monatigen Datenreihen sind jedoch zur Ableitung belastbarer Aussagen zu kurz und sollten über einen mindestens 3-jährigen Zeitraum fortgeführt werden. Es wird davon ausgegangen, dass durch eine verbesserte Thermoisolation der Container- Lysimeterstation im Bereich der Einstiegs Luke und der Innendecke Differenzen zwischen der Raumtemperatur und der Temperatur im Referenzboden in 1,0 m Tiefe minimiert werden können. Des Weiteren kann bei künftigen Lysimeteranlagen einer möglichen Erwärmung der Lysimeterböden durch Verzicht auf schwarze Konstruktionsmaterialien bei der Fertigung der Lysimetergefäße entgegengewirkt werden.

Literatur

- CARON, J., S.B. JEMIA and J. GALLICHAND, 1999: Field Bromide Transport under Transient-State: monitoring with Time Domain Reflectometry and Porous Cup. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 63, 1544.
- MEISSNER, R., H. RUPP and M. SEYFARTH, 2008: Advances In Out Door Lysimeter Techniques. *Water Air Soil Pollut: Focus* 8, 217–225.
- QIU, G.Y., J. BEN-ASHER, T. YANO and K. MOMII, 1999: Estimation of Soil Evaporation Using the Differential Temperature Method. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 63, 1608.
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABL, 1989: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- TODD, R.W., S.R. EVETT, T.A. HOWELL and N.L. Klocke, 2000: Soil temperature and water evaporation of small steel and plastic lysimeters replaced daily. *Soil Science* 165, 890.
- XIAO, H., R. MEISSNER, J. SEEGER, H. RUPP and H. BORG, 2009: Testing the precision of a weighable gravitation lysimeter. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 172, 194-200.