

# Niederschlagsmessungen in der sibirischen Kulunda Steppe - Vergleich von Niederschlagsmessern verschiedener Bauart mit wägbaren Lysimetern

Eckart Stephan<sup>1</sup>, Holger Rupp<sup>2\*</sup> und Ralph Meißner<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Der Niederschlag ist ein wesentlicher Parameter zur Berechnung der Bodenwasserhaushaltsbilanz. In der sibirischen Kulunda-Steppe (Russland) sind meteorologische Daten nur begrenzt verfügbar. Daher wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts ein Hellmann Kippschalenregenschirm (HRG), ein Vaisala Weather Transmitter (VWT) sowie eine wägbare Lysimeterstation, bestehend aus 2 Lysimetergefäßen (LYS 1 und LYS 2), installiert. Die Messergebnisse der verschiedenen Geräte wurden gegenübergestellt und hinsichtlich ihrer Eignung zur Niederschlagsmessung auf anderen Steppestandorten bewertet.

Mit 121,5 mm (LYS 1), 143,4 mm (LYS 2), 136,3 mm (VWT) und 100,1 mm (HRG) wurden im 68-tägigen Untersuchungszeitraum von allen Messgeräten plausible Niederschlagsmengen aufgezeichnet. HRG unterschätzte die Niederschlagshöhe systematisch. Die besten Ergebnisse wurden mit den wägbaren Lysimetern erzielt. VWT maß die Niederschlagshöhe ausreichend genau.

*Schlagwörter:* Niederschlagsmessgerät, Lysimeter, Vergleich, Kulunda-Steppe

## Summary

Precipitation is an essential parameter for the calculation of the soil water balance. In the Siberian Kulunda steppe (Russia) meteorological data are only available to a limited extent. For this reason a Hellmann tipping bucket rain gauge (HRG), a Vaisala Weather Transmitter (VWT) and a weighing lysimeter station consisting of 2 lysimeter vessels (LYS 1 and LYS 2) were installed in the frame of a research project. The measurement results of the various devices were compared and evaluated for their suitability for precipitation measurements at other steppe sites.

With 121.5 mm (LYS 1), 143.4 mm (LYS 2), 136.3 mm (VWT) and 100.1 mm (HRG), plausible precipitation volumes were recorded by all measuring devices in the 68-day examination period. HRG systematically underestimate the amount of precipitation. The best results were obtained with the weighable lysimeters. VWT measured also the precipitation sufficiently accurately.

*Keywords:* Rain gauge, Lysimeter, Comparison, Kulunda steppe

## Einleitung

Im Rahmen des deutsch-russischen Forschungsprojekts KULUNDA zur Minderung der Bodendegradation in der Kulunda Steppe (Russland, süd-westliches Sibirien) wurde der Bodenwasserhaushalt von Steppenböden untersucht. Integraler Bestandteil dieser Untersuchungen war die Messung des Standortniederschlags, da diese Größe ein wesentlicher Parameter für die Berechnung des Bodenwasserhaushalts ist und die vor Ort verfügbare Datenbasis stark limitiert war. Für die Messung des Niederschlags wurden ein Hellmann Kippschalenregenschirm (HRG), ein Vaisala Weather Transmitter (VWT) sowie eine wägbare Lysimeterstation, bestehend aus 2 Lysimetergefäßen (LYS 1 und LYS 2), installiert. Die verwendeten Niederschlagsmessgeräte weisen spezifische systematische Fehler auf (Windfelddformationen an der Oberkante des Geräts, Benetzungsverluste an Geräteränden, Verdunstungsverluste, Spritzwasserverluste, Effekte unterschiedlicher Oberflächengrößen usw.) und lassen daher unterschiedliche Messergebnisse erwarten (Richter 1995, Yang et al. 1999, New et al. 2001, Pavlyukov

2007, Strangeways 2010, Tapiador et al. 2012). Bei den wägbaren Lysimetern können Randeffekte bei der Niederschlagsmessung weitgehend reduziert werden, da sie über eine vergleichsweise große Oberfläche von 1m<sup>2</sup> und eine Präzisionswägeeinrichtung zur Erfassung von Masseänderungen verfügen. Hoffmann et al. (2016) zeigten, dass wägbare Lysimeter als Referenzgröße für den Vergleich von verschiedenen Niederschlagsmessern dienen können.

Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, verschiedene Geräte zur Messung des Niederschlags zu vergleichen und hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit zu bewerten.

## Material und Methoden

Für den Vergleich der unterschiedlichen Niederschlagsmesser wurden die am Standort Poluyamki (Koordinaten: 52.066418° n.B., 79.712583° o.L., ca. 400 km süd-westlich von Novosibirsk) zwischen dem 25.06. und 31.08.2015 erhobenen Messwerte verwendet. Aufgrund von vielfältigen administrativen und technischen Problemen stand für den Vergleich nur dieser 68-tägige Untersuchungszeitraum zur Verfügung.

<sup>1</sup> Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften und Geographie, Von-Seckendorff-Platz 4, D-06110 HALLE (S.)

<sup>2</sup> Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Dep. Bodenphysik, Falkenberg 55, D-39615 ALTMÄRKISCHE WISCHE

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



Am Standort Poluyamki wurde 2013 eine wägbare Lysimeterstation, bestehend aus zwei Lysimetergefäßen mit einer Oberfläche von 1m<sup>2</sup> errichtet (Hersteller UGT Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Müncheberg, Deutschland). LYS 1 wurde mit einem ackerbaulich genutzten Boden monolithisch gefüllt. Für LYS 2 erfolgte die Monolithentnahme von einem weitgehend ungenutztem Steppenstandort, der mit natürlicher Steppenvegetation (*Stipa pennata*, *Carex spec.*, *Koeleria cristata*, *Lactuca tatarica*, *Convolvulus arvensis*) bestanden war. Die Bodenmonolithe weisen eine Tiefe von 2 m auf. In unmittelbarer Nähe zur Lysimeterstation wurde eine Klimastation (Hersteller ecoTech Umwelt-Meßsysteme, Bonn, Deutschland) errichtet, in die der VWT (Niederschlagssensor WXT520, Vaisala Ltd., Vantaa, Finland) sowie der HRG (Aufstellhöhe 1 m) integriert wurden. Der VWT wurde entsprechend der Konfiguration der Klimastation in einer Höhe von 2,3 m installiert. Dieser Sensor misst die Aufprallenergie der auf den Sensor auftreffenden Niederschlagstropfen und ermöglicht es, Niederschlagsereignisse hinsichtlich Niederschlagsmenge und -intensität zu bewerten.

## Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 stellt die in der 68-tägigen Untersuchungsperiode am Standort Poluyamki mit verschiedenen Messgeräten erfassten Niederschlagsmengen als Summenkurven dar. In der Messperiode wiesen LYS 1 und LYS 2 unterschiedliche Niederschlagssummen von 121,5 mm bzw. 143,3 mm auf. Dagegen wurden mit dem HRG in der gleichen Periode nur 100,1 mm gemessen. Der VWT wies im gleichen Zeitraum 136,6 mm aus.

Der Niederschlag kann mit Hilfe von Lysimetern zuverlässig und mit hoher Sicherheit gemessen werden (Fank und Klammler 2013). Bei dieser Messmethode treten keine oder nur geringfügige systematische Messfehler auf. Die unterschiedlichen Niederschlagsmessungen von LYS 1 und LYS 2 werden auf die verschiedene Bodenbedeckung der Lysimeter zurückgeführt. Der dichte Steppenvegetationsbestand auf LYS 2 mit Wuchshöhen von 50 cm verfügte über einen höheren Bodenbedeckungsgrad im Vergleich zu dem lückigen Sommer-Weizenbestand auf LYS 1. Bei Betrachtung der einzelnen Niederschlagsereignisse

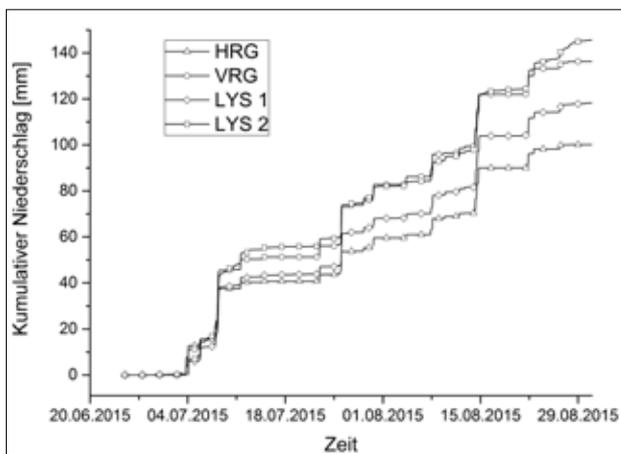


Abbildung 1: Niederschlag (Summenkurve) von HRG, VWT, LYS 1 und LYS 2 zwischen dem 25.06. und 31.08.2015.

unterschieden die mit HRG gemessenen Niederschläge kontinuierlich die Messwerte von VWT, LYS 1 und LYS 2. Diese Differenzierung bestand auch nach Anwendung des Korrekturfaktors nach Richter (1995) von ca. 10% für die Berichtigung von Störungen, die aus der Aufstellhöhe von 1 m resultieren, weiter.

Die Niederschlagsmessungen mit dem VWT waren hinsichtlich Menge und zeitlichem Verlauf vergleichbar mit den Messergebnissen von LYS 2. Bei dem VWT wird der Niederschlag, wie bereits erwähnt, in 2,3 m Höhe gemessen. Die Aufstellhöhe ist vom Hersteller der meteorologischen Station konstruktiv vorbestimmt und daher nicht frei wählbar. Korrekturfaktoren zur Kompensation der Aufstellhöhe sind für dieses Messgerät nicht verfügbar.

Die auftretenden Niederschlagsereignisse wurden von allen Messgeräten erfasst. So weisen die Summenkurven (vgl. Abbildung 1) deutliche Analogien auf. Die verwendeten Messgeräte unterscheiden sich aber zum Teil recht deutlich in der Niederschlagshöhe. Im Vergleich zu LYS 1 wurden mit dem HRG nur 90,6 % der Niederschlagsmenge erfasst. Dagegen zeigten VWT und LYS 2 mit 112 bzw. 118 % eine deutliche Überschreitung mit der von LYS 1 gemessenen Niederschlagshöhe.

Eine Klassifizierung der Niederschlagsereignisse nach Dekaden zeigte bei allen Systemen vergleichbare Muster in der 1. und 2. Juli-Dekade sowie in der 2. und 3. August-Dekade 2015. Die niedrigsten Niederschlagsmengen wurden hier mit dem HRG und die höchsten mit LYS 2 gemessen. Im Gegensatz dazu wies der VWT die höchste Niederschlagsmenge in der 3. Juli-Dekade sowie in der 1. August-Dekade 2015 auf.

Die Unterschiede zwischen den Messsystemen traten besonders bei intensiven Niederschlagsereignissen in Erscheinung. So wurden bei einem Starkregenereignis am 08.07.2015 durch den HRG 18,6 mm erfasst; demgegenüber wurden durch den VWT sowie LYS 1 und LYS 2 Niederschlagsmengen in Höhe von 23,7, bzw. 25,0 und 26,2 mm gemessen. Der auch in der Literatur beschriebene Trend zur Messung von niedrigeren Niederschlägen mit dem HRG (Yang et al. 1999) setzte sich bei den Niederschlagsereignissen am 26.07.2015 und 14.08.2015 fort.

## Schlussfolgerungen

Mit den untersuchten Systemen zur Niederschlagsmessung HRG, VWT, LYS 1 und LYS 2 können Niederschläge plausibel quantifiziert werden. Im Messzeitraum wurden alle auftretenden Niederschlagsereignisse von den unterschiedlichen Systemen erfasst. Die ausgewerteten Messreihen belegen die volle Funktionsfähigkeit der Systeme unter den klimatischen Bedingungen des süd-westlichen Sibiriens.

Wie erwartet, ermöglichten die Lysimeter eine genaue und zuverlässige Detektion des Niederschlags. Bestehende Differenzierungen zwischen den Lysimetern können auf unterschiedliche Vegetationsdecken zurückgeführt werden.

Die Niederschlagsmessung mit dem HRG in einer Aufstellhöhe von 1 m führte zu einer systematischen Unterschätzung und scheint daher für weitere Messungen in der Region ungeeignet zu sein. Der VWT Sensor als integraler Bestandteil einer Klimastation liefert plausible Ergebnisse, die für weiterführende Auswertungen/ Modellierungen genutzt werden können.

Zusätzliche Untersuchungen sind erforderlich, um die Funktionalität der Niederschlagsmesssysteme im gesamten Jahresverlauf zu bewerten. Ferner sollte überprüft werden, inwieweit eine Installation von mehreren HRG auf Erdbodenniveau die Messgenauigkeit steigert.

## Literatur

- Fank J., Klammler G. (2013) Measurement of precipitation using lysimeters. *Geophys. Res. Abstr.* 15 (EGU2013-10703).
- Hoffmann M., Schwartengraber R., Wessolek G., Peters A. (2016) Comparison of simple rain gauge measurements with precision lysimeter data. *Atmos. Res.*, 174-175, 120-123.
- Iguchi T., Oki R., Smith E.A., Furuhashi Y. (2002) Global Precipitation Measurement program and the development of dual-frequency precipitation radar. *J. Commun. Res. Lab.*, 49 (2), 37-45.
- Pavlyukov Y.B. (2007) Precipitation Measurement with Automated Tipping-Bucket Rain Gauges. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 32 (11), 711-718.
- Richter D. (1995) Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, 194.
- Strangeways I. (2010) A history of rain gauges. *Weather*, 65, 133-138.
- Tapiador F.J., Turk F.J., Petersen W., Hou A.Y., García-Ortega E., Machado L.A.T., Angelis A.F., Saloi P., Kidd C., Huffman G.J., de Castro M. (2012) Global precipitation measurement: Methods, datasets and applications. *Atmos. Res.*, 104-105, 70-97.
- Yang D., Elomaa E., Tuominen A., Aaltonen A., Goodison B., Gunther T., Golubev V., Sevruk B., Madsen H., Milkovic J. (1999) Wind-induced Precipitation Undercatch of the Hellmann Gauges. *Hydrol. Res.*, 30 (1), 57-80.

