

Zeitliche Entwicklung ausgewählter Messdaten der Lysimeterstation Niederwerth 1987 bis 2011

Markus Promny^{1*} und Peter Krahe¹

Zusammenfassung

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) führt an der Lysimeterstation Niederwerth unweit der Stadt Koblenz seit 1987 Messungen von Bodenwasserhaushalts- und klimatologischen Größen durch. In jeweils vier wägbaren und nicht wägbaren Lysimetern sind verschiedene Böden aus der näheren Umgebung eingebracht. Sämtliche Randbedingungen inklusive des Grasbewuchses werden weitestgehend konstant gehalten. Die erhaltenen Messreihen erlauben bereits heute Aussagen zu den zeitlichen Variabilitäten der gemessenen Größen sowie der Trends innerhalb der letzten 25 Jahre. Durch Fortführung der Messungen können auch die zu erwartenden Änderungen infolge des Klimawandels dokumentiert werden.

Der Artikel fasst die bisher gewonnenen Erkenntnisse zur zeitlichen Entwicklung der Messgrößen zusammen. Die mittleren Temperaturen sowohl der Luft als auch der Bodenschichten steigen seit Beginn der Messungen. Die Änderungen der Niederschlagshöhen sind bisher gering. Wegen der enthaltenen Unsicherheiten sind derzeit noch keine Trendaussagen bezüglich der aus den Daten abgeleiteten aktuellen Verdunstungsraten möglich.

Summary

Since 1987 the Federal Institute of Hydrology (BfG) conducts measurements of the soil hydraulic and climatologic properties at the lysimeter station Niederwerth not far from the city of Coblenz. A total of each four weighable and non-weighable lysimeters with different local soils is in use. All conditions including the grass vegetation are being kept constant to the greatest possible extent. The obtained measurement times series already allow statements about variability in time of the measurements as well as analysis of trends within the last 25 years. By continuing with the measurements, also the changes due to the expected climate change can be documented.

This article sums up the already obtained insights into the evolution of measured parameters in time. The mean air as well as soil temperatures in different levels are increasing since the beginning of the measurements. Changes in precipitation recorded so far are small. The transpiration rates derived from the measurements are subject to a degree of uncertainty, which so far does not allow to deduct statements regarding possible changes in time.

Einleitung

Die Lysimeterstation der BfG erfasst seit 1986 Daten über Verdunstung, Versickerung und Bodeneigenschaften ergänzt um meteorologische Messwerte (DEYHLE 1995). In vier wägbaren und vier nicht wägbaren Lysimetern sind dabei jeweils vier verschiedene Bodentypen (Auelehm, Löslehm, Hochflutsand, verlehmtter Bims) der näheren Umgebung als Monolithe von 1m² Fläche und 2 m Höhe eingebaut. *Abbildung 1* zeigt den Lysimeterkeller der Station. Der Standort (50°23'39"N, 7°36'11"E, 66 m+NN) befindet sich auf der Rheininsel Niederwerth ca. 5 km stromabwärts der Stadt Koblenz. Der Datensatz besteht aus bis zu 48 Parametern, welche automatisiert als 10-Minutenwerte gespeichert werden. Aus den Messwerten abgeleitete, plausibilisierte Wasserhaushaltsgrößen sind teilweise bereits im Internet abrufbar (BfG 2012).

Derzeit findet an der BfG eine Evaluation der bisher durch die Lysimeterstation gewonnenen Daten sowie daraus abzuleitender Erkenntnisse statt. Es wird im folgenden Text gezeigt, dass die bisherigen Messungen grundsätzlich

geeignet sind, den lokalen zeitlichen Trend der klimatischen Entwicklung aufzuzeigen.



Abbildung 1: Lysimeterkeller der BfG - Lysimeterstation Niederwerth mit drei der vier wägbaren Lysimeterbehältern

¹ Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, D-56068 KOBLENZ

* Ansprechpartner: Dr. Markus Promny, promny@bafg.de



Material und Methoden

Die von den Sonden erfassten Werte liegen in Form von mehreren Tausend ASCII-Dateien vor, die im Rahmen der Evaluation mittels VBA-Makros automatisiert eingelesen und als jeweils eine Excel-Tabelle pro Jahr gespeichert werden. Aus den 10-Minutenwerten werden – nach einer ebenfalls weitgehend automatisierten ersten Plausibilisierung – Stunden-, Tages- und Monatswerte abgeleitet.

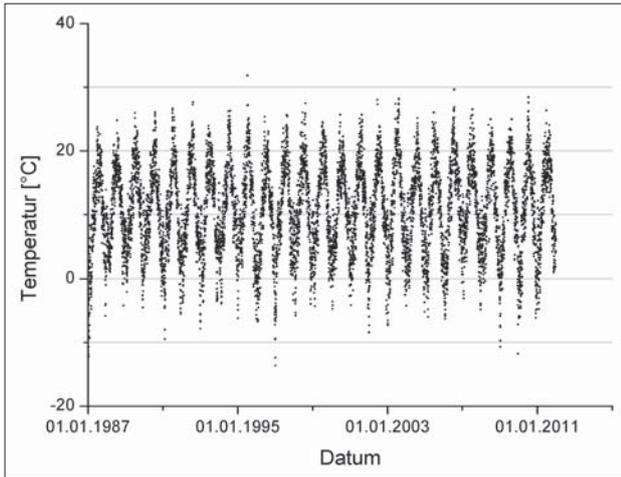


Abbildung 2: Tageswerte der Lufttemperatur (2 m) der Jahre 1987 bis 2011

Die dabei bisher implementierte Plausibilisierung umfasst den Abgleich mit oberen und unteren Grenzen für den als realistisch angenommenen Wertebereich jedes Parameters sowie eine Grenze für die maximal zulässigen zeitlichen Änderungen einiger Parameter.

Die so geprüften Werte werden dann zu durchgehenden Zeitreihen für die gesamte Untersuchungsdauer zusammengestellt. *Abbildung 2* zeigt beispielhaft die Zeitreihe der Tageswerte der Lufttemperatur der Jahre 1987 bis 2011, gemessen in 2 m Höhe. Insgesamt sind bisher für 46 Parameter Zeitreihen aus den ASCII-Dateien zusammengestellt. Nur wenige Zeitreihen sind über 25 Jahre nahezu lückenlos, teilweise sind einzelne Parameter über mehrere Jahre nicht gemessen worden oder aus sonstigen Gründen nicht durchgehend vergleichbar.

Ergebnisse

Zunächst wird der an der Station Niederwerth gemessene Temperaturtrend im Zeitraum 1987 bis 2011 den Trends der globalen Mitteltemperatur, der Temperatur der nördlichen Hemisphäre – beides ermittelt aus dem HadCRUT4-Datensatz des MetOffice (2012) – sowie dem Temperaturtrend für Mitteleuropa nach BAUR (1975) – ermittelt aus den Daten des KNMI (2012) – gegenübergestellt. Während die großräumigen Temperaturen als Abweichungen bezogen auf das Mittel der Referenzperiode 1961 bis 1990 dargestellt werden, sind die Temperaturen

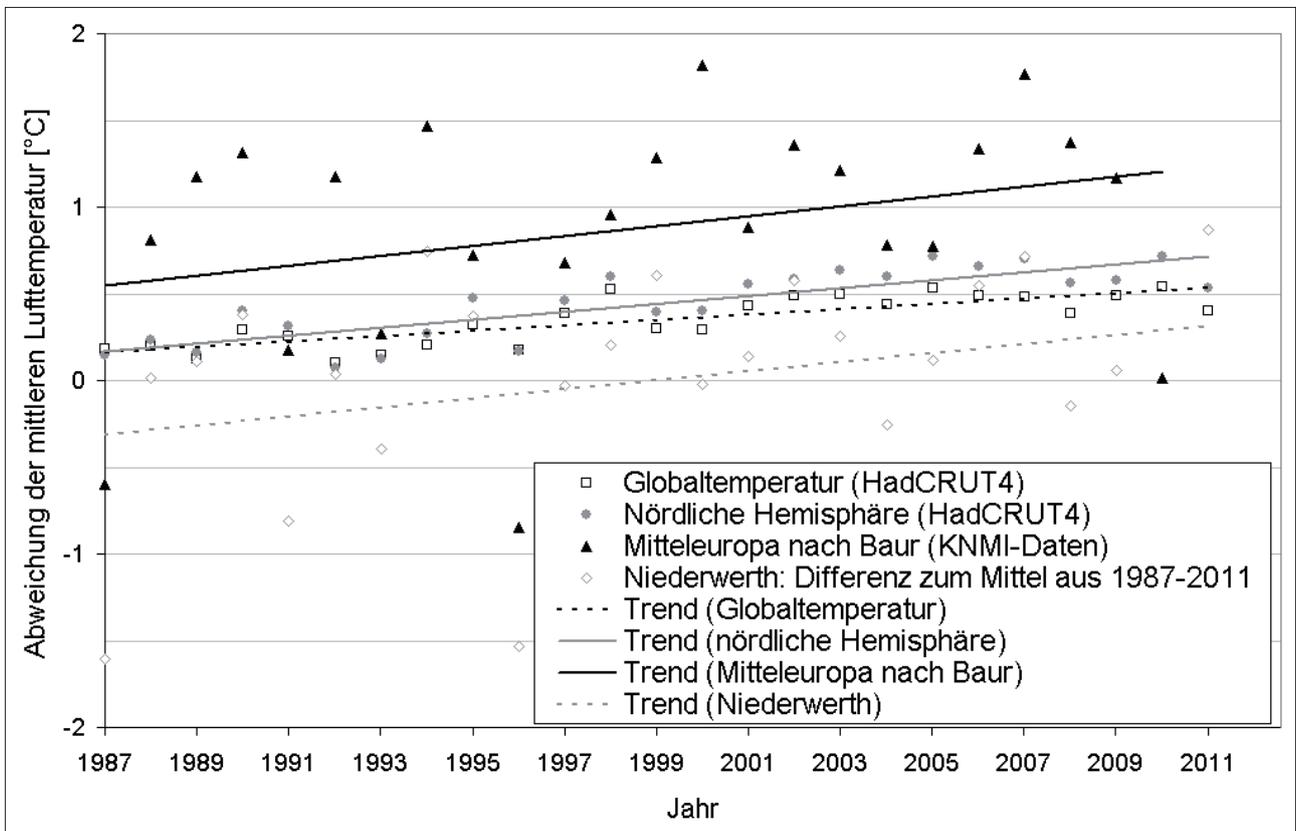


Abbildung 3: Temperaturtrends der Periode 1987 bis 2011 für die globale Mitteltemperatur, die nördliche Hemisphäre, für Mitteleuropa (jeweils als Differenz zum Mittel 1961 bis 1990) sowie die Station Niederwerth (Differenz zum Mittel 1987 bis 2011)

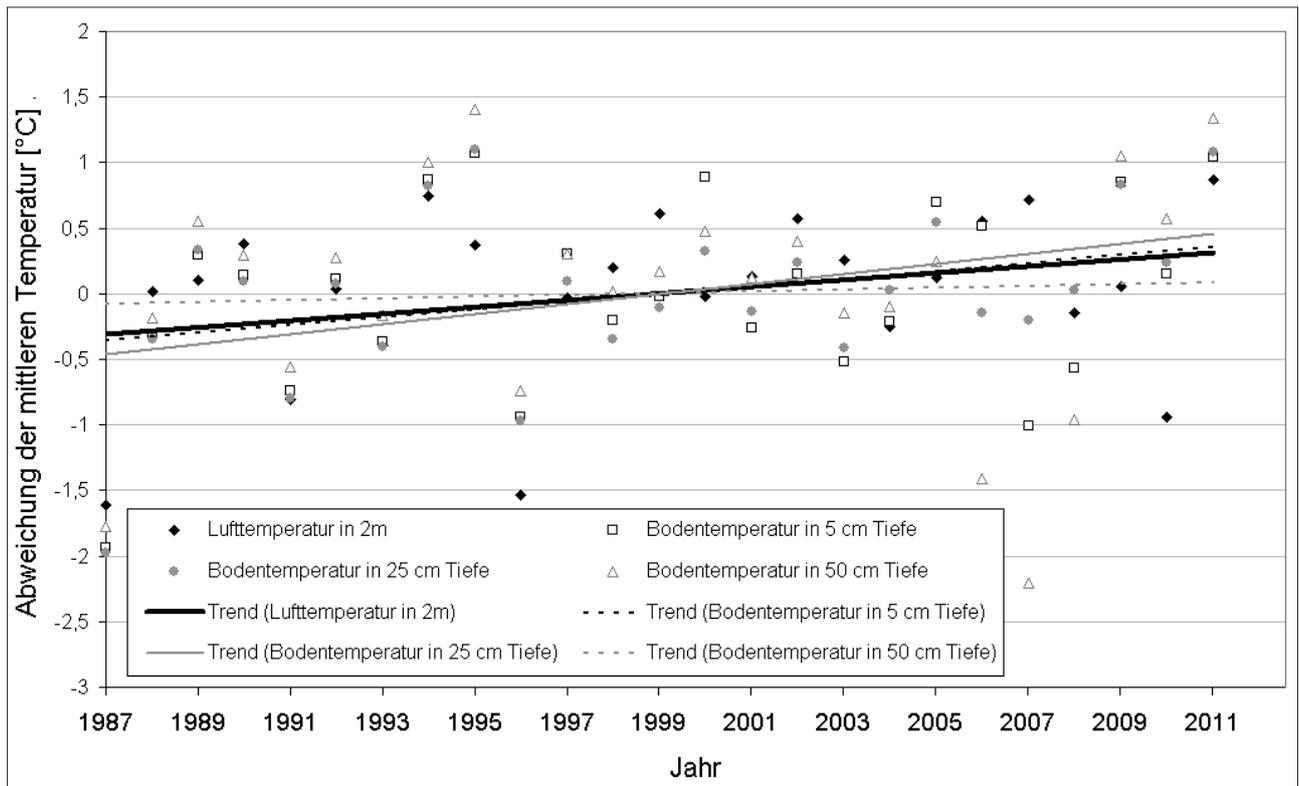


Abbildung 4: Temperaturtrends der Periode 1987 bis 2011 für die Lufttemperatur sowie die Bodentemperatur in 5 cm, 25 cm und 50 cm Tiefe an der Lysimeterstation Niederwerth

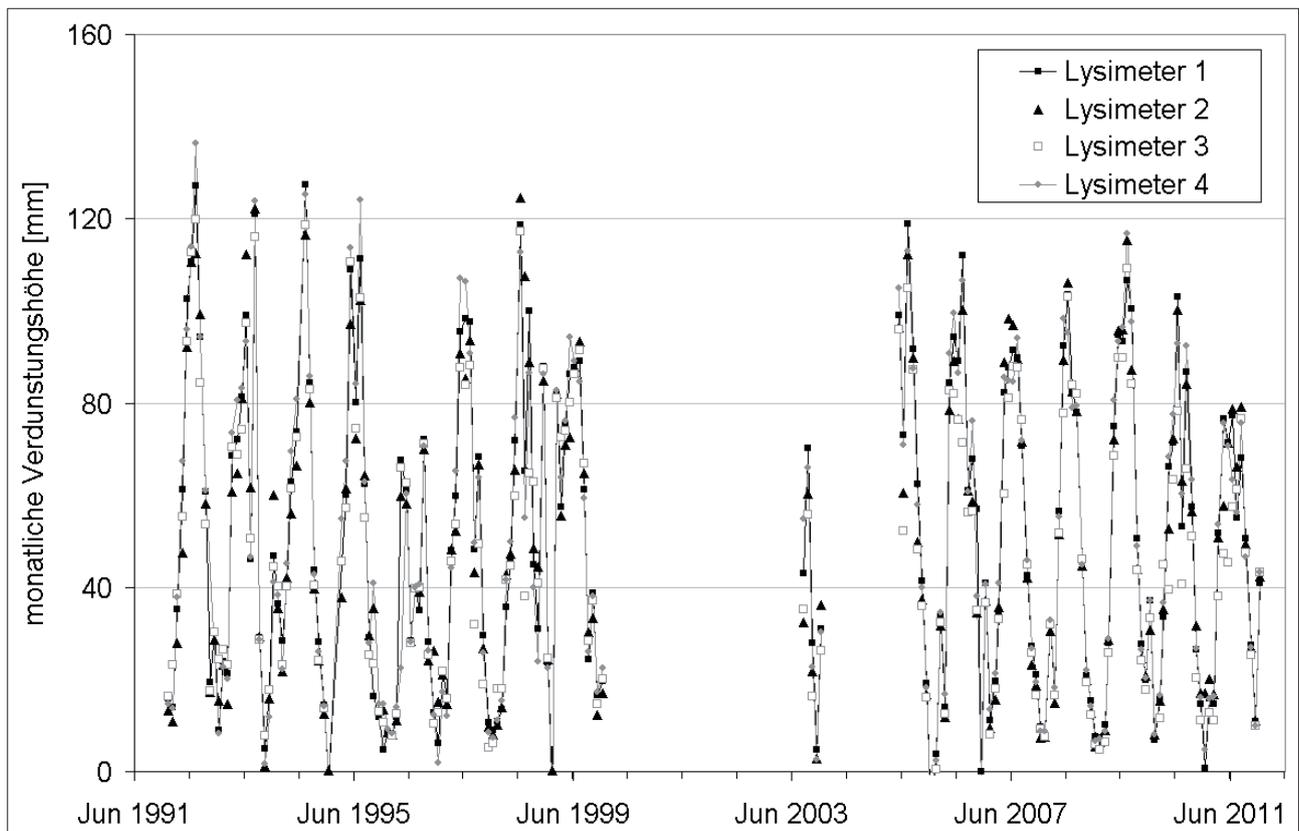


Abbildung 5: Monatswerte der Verdunstungshöhen der Messstation Niederwerth

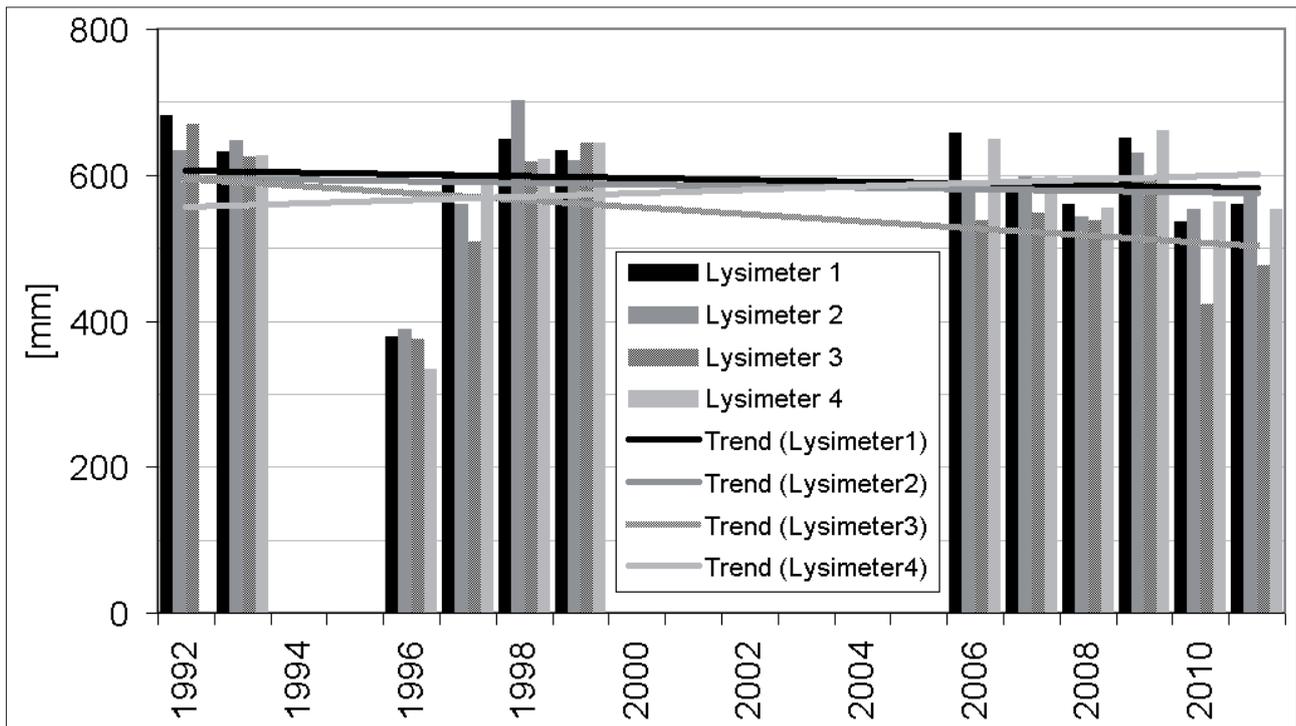


Abbildung 6: Jahressummen der Verdunstungshöhen der vier wägbaren Lysimeter der Messstation Niederwerth

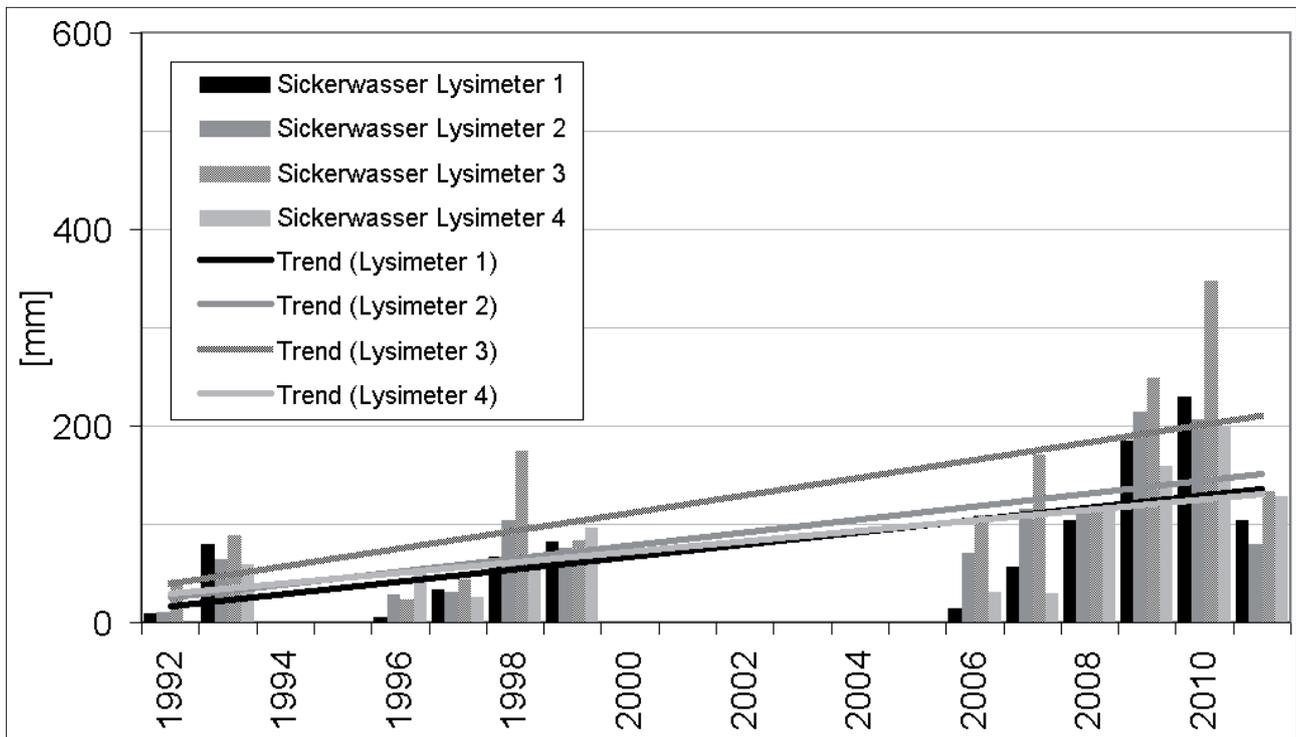


Abbildung 7: Jahressummen der Versickerungshöhen der vier wägbaren Lysimeter der Messstation Niederwerth

der Messstation Niederwerth auf das Mittel der Periode 1987 bis 2011 bezogen. Hierdurch ergibt sich aufgrund des allgemeinen Temperaturanstiegs ein niedrigeres Anfangsniveau, auf die Trends innerhalb der Periode selbst hat der unterschiedliche Bezug jedoch keine Auswirkungen. Wie in *Abbildung 3* zu erkennen ist, weisen alle vier

Reihen einen Anstieg im dargestellten Zeitraum auf. Die Zunahme der globalen Mitteltemperatur ist ca. halb so groß wie für Mitteleuropa und auch den Standort Niederwerth ermittelt. Die interannuellen Variabilitäten werden infolge der räumlichen Mittelung umso geringer, je größer das betrachtete Gebiet ist.

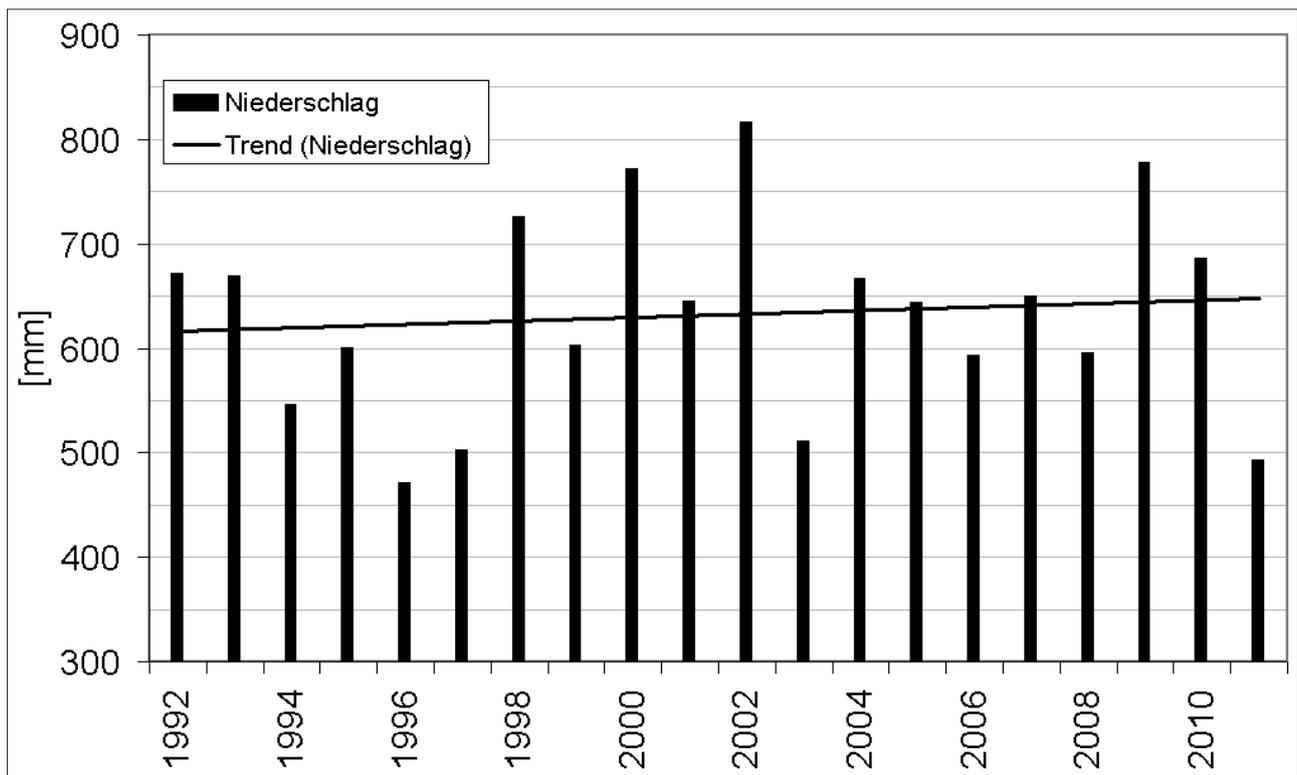


Abbildung 8: Jahressummen des Niederschlags an der Messstation Niederwerth

Ebenfalls ausgewertet wurden die Trends der Temperaturen in verschiedenen Tiefenschichten eines Lysimeters. In *Abbildung 4* ist erkennbar, dass für die Tiefenschichten 5 cm, 25 cm und 50 cm unter der Erdoberfläche jeweils steigende Temperaturtrends gemessen werden. Lediglich in der tiefsten Bodenschicht (50 cm) ist ein deutlich geringerer Anstieg im Zeitraum 1987 bis 2011 zu verzeichnen.

Aus den Messwerten für den Niederschlag P , die Versickerung SW sowie die Gewichtsänderung ΔW ist für alle vier wägbaren Lysimeter die Verdunstungshöhe E_{Ta} nach der Formel

$$E_{Ta} = 1,1 P - SW - \Delta W \quad (1)$$

berechnet worden (DVWK 1996). Die Zeitreihen sind nicht vollständig, da nicht alle benötigten Parameter für den gesamten Zeitraum vorliegen. *Abbildung 5* zeigt die so ermittelten Monatswerte der Verdunstungshöhe.

In den Jahren, für die in allen 12 Monaten die Verdunstung berechnet wurde, sind Jahressummen abgeleitet worden (*Abbildung 6*). Für das Jahr 1996 – ein ausgesprochen kühles Jahr (vgl. *Abbildung 3*) – wurden für alle Lysimeter die bisher geringsten Verdunstungshöhen errechnet. Die Jahressummen weisen mit Ausnahme von Lysimeter 3 schwach ausgeprägte zeitliche Trends auf. Betrachtet man die zeitliche Entwicklung der Sickerwassermengen, so fällt ebenfalls Lysimeter 3 auf. Hier ist der für alle Lysimeter vorhandene Trend zur Zunahme der Sickerwasserhöhen über die Zeit mit etwa 9 mm pro Jahr besonders deutlich ausgeprägt (*Abbildung 7*). Dies kann als Hinweis auf die allmähliche Ausbildung von präferentiellen Fließwegen durch Wurzeln oder Wurmlöcher gedeutet werden.

Keinen deutlichen Trend zeigt der gemessene Niederschlag (*Abbildung 8*). Es wird ein moderater Anstieg des mittleren jährlichen Niederschlags im Zeitraum 1992 bis 2011 von weniger als 2 mm pro Jahr verzeichnet.

Die errechneten Verdunstungswerte sind mit vergleichsweise großen Unsicherheiten behaftet. Ursache hierfür ist die automatisierte Plausibilisierung, welche weniger gute Ergebnisse liefert als eine fachlich fundierte, „händische“ Plausibilisierung. So werden beispielsweise Gewichtsänderungen infolge Grasschnitt sowie die zeitweise auftretenden Oberflächenabflüsse nicht in der Bilanzierung nach Gleichung (1) berücksichtigt. Diese beiden Einflussgrößen sind jedoch dokumentiert und stehen für eine nachfolgende genauere Analyse zur Verfügung. *Abbildung 9* zeigt die Korrelation der monatlichen Verdunstungshöhen mit der mittleren monatlichen Temperatur. Diese Abbildung kann verwendet werden, auffällige Verdunstungshöhen zu identifizieren und auf Plausibilität im Hinblick auf die dazugehörigen sonstigen hydrologischen Randbedingungen zu überprüfen.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Messstation Niederwerth gehört zu den drei Lysimeterstationen in Deutschland mit den längsten gemessenen Zeitreihen unter nahezu unveränderten Randbedingungen. Bereits zum jetzigen Zeitpunkt lassen sich aus den Messdaten wertvolle Erkenntnisse über zeitliche Trends der lokalen bodenwasserhaushaltlichen und klimatischen Größen ableiten. Mit zunehmender Messdauer wird die Datenreihe immer wertvoller im Hinblick auf den Erkenntnisgewinn zu

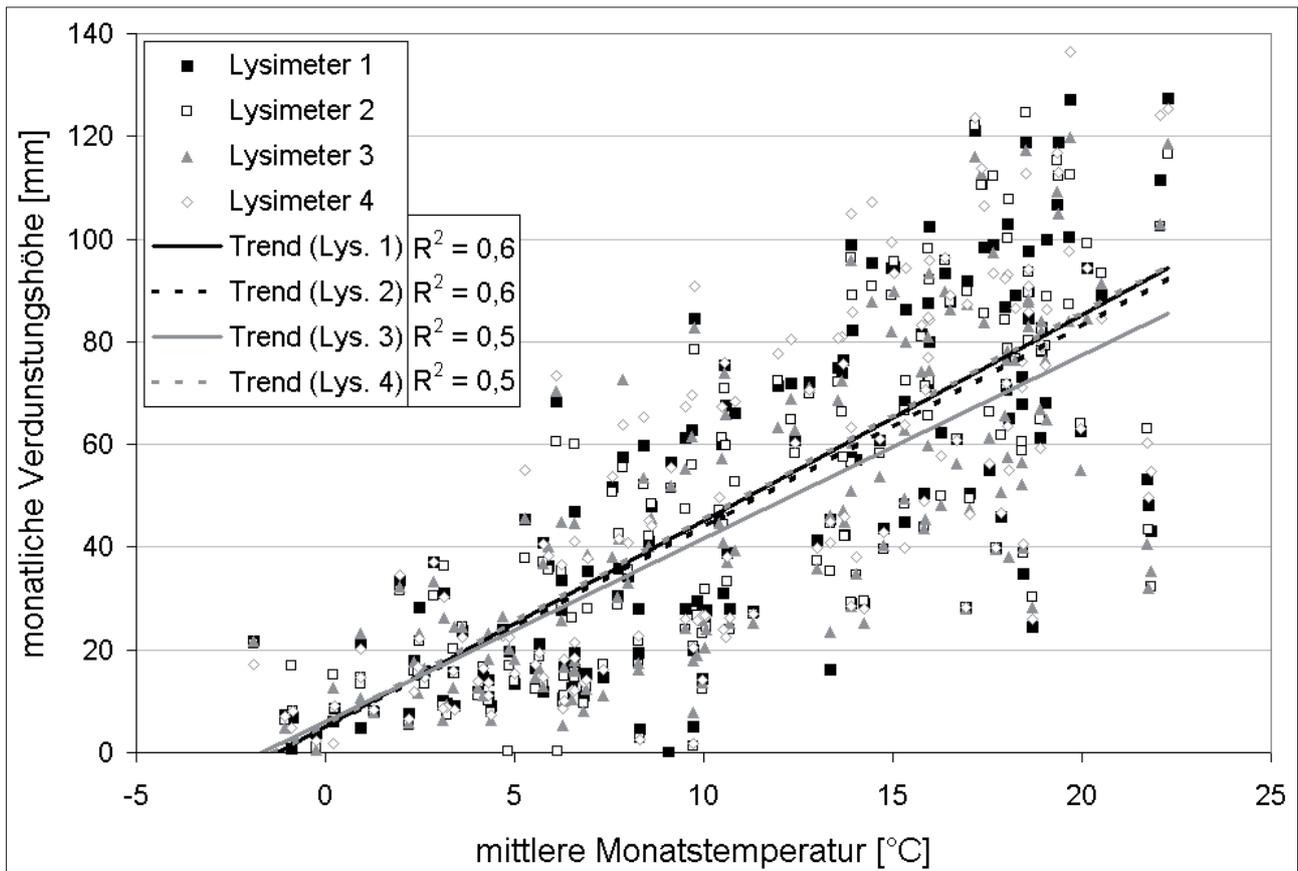


Abbildung 9: Korrelation der monatlichen Verdunstungshöhen mit der mittleren monatlichen Temperatur an der Messstation Niederwerth

Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die lokalen klimatischen Bedingungen sowie den Bodenwasserhaushalt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss jedoch beachtet werden, dass die Versuchsrandbedingungen nie völlig konstant gehalten werden können, wie die wahrscheinliche Ausbildung präferentieller Fließwege im vorliegenden Fall zeigt. Ebenfalls muss die derzeit noch nicht abgeschlossene Plausibilisierung berücksichtigt werden, die in einer zweiten Stufe um Trendanalysen erweitert werden soll.

Die Datenreihen werden zukünftig unter anderem in der Validierung von Wasserhaushaltsmodellen sowie von Fernerkundungsdaten der Bodenfeuchte genutzt.

Danksagung

Herr H. Jakobs hat sich seit Jahren durch die umsichtige Wartung sowie prompte Störungsbehebung um die Lysimeterstation Niederwerth verdient gemacht. Der Erstautor

dankt hiermit Herrn Dipl.-Met. C. Deyhle für die geduldige Erklärung der Messtechnik und Datenhaltung.

Literatur

- BAUR, F., 1975: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur Mitteleuropas vom 210-jährigen Mittelwert (1761–1970), Beilage zur Berliner Wetterkarte 76/75.
- BfG, 2012: http://www.bafg.de/cln_031/nn_163182/DE/02_Aufgabenfelder/01_Quantitativ/01_Abteilung_Referate/M2__Ordner/Lysimetermessungen.pdf zugegriffen am 15.10.2012.
- DEYHLE, C., 1995: Die Lysimeteranlage Koblenz-Niederwerth – Aufbau, Meßwertverarbeitung und erste Ergebnisse zur Verdunstungsbestimmung. DGM 39, H.2, 49-57.
- DVWK, 1996: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen, DVWK-Merkblätter 238/1996.
- KNMI, 2012: <http://eca.knmi.nl/dailydata/> zugegriffen am 15.10.2012.
- MetOffice, 2012: <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/> zugegriffen am 15.10.2012.