

Niederschlag und Verdunstung am Gebirgslsimeter Stoderzinken

Martin Gritsch^{1,2}, Gerfried Winkler¹, Markus Herndl³ und Steffen Birk^{1,*}

Zusammenfassung

Untersuchungen zum Wasserhaushalt und zur Abfluss- und Neubildungsdynamik alpiner Einzugsgebiete erfordern eine Quantifizierung der Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag und Verdunstung. In dieser Arbeit wird untersucht, inwieweit die an der Gebirgslsimeterstation Stoderzinken im Jahr 2007 erfassten Messdaten geeignet sind, diese Größen hinreichend genau zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurden die Daten verschiedener Messgeräte (Niederschlagssammler, Distrometer, Klimastation) mit der Wasserbilanz des Lysimeters und dem daraus berechneten Niederschlag verglichen. Ebenso wurden nach HAUDE und PENMAN-MONTEITH berechnete Verdunstungshöhen zum Vergleich herangezogen. Die bereits im laufenden Betrieb des Distrometers augenfällige Fehleranfälligkeit der Messung bestätigt sich beim Vergleich mit den Niederschlagssammlern. Die anhand der Lysimeterdaten ermittelten Niederschlagssummen stimmen dagegen meist gut mit den Niederschlagssammlern überein. Der Vergleich mit den aus der Wasserbilanz des Lysimeters ermittelten Verdunstungshöhen zeigt während Trockenperioden eine gute Übereinstimmung, zudem korrelieren die Abweichungen zu den aus Klimadaten ermittelten Verdunstungshöhen signifikant mit niederschlagsreicheren Zeiträumen. Dies lässt vermuten, dass die Genauigkeit der verwendeten Distrometerdaten nicht ausreicht, um die Verdunstung aus der Wasserbilanz des Lysimeters hinreichend genau zu ermitteln.

Schlagwörter: Distrometer, Evapotranspiration, HAUDE-Verfahren, PENMAN-MONTEITH-Verfahren, Wasserbilanz

Summary

Analysis of water balance, runoff and recharge in alpine watersheds require quantification of the water balance parameters precipitation and evapotranspiration. This work examines whether it is possible to determine these parameters with adequate accuracy using the data collected by a lysimeter facility at the alpine site Stoderzinken in the year 2007. For this purpose, data of several devices (totalisators, distrometer, climatological station) was compared with the water balance of the lysimeter and the precipitation heights calculated from the lysimeter data. Furthermore evaporation was calculated after HAUDE and PENMAN-MONTEITH for comparison. Already in previous seasons the distrometer was found to be prone to errors, which was confirmed when compared to the totalisators. In contrast, precipitation rates calculated from the lysimeter data were in good agreement with the totalisators. Evapotranspiration heights calculated from lysimeter data are in good agreement with the model results during drought periods. Furthermore the differences to evapotranspiration heights calculated from the climate data correlate with the rainy periods. These results suggest that the available precipitation data is not sufficient for calculating evapotranspiration from the water balance of the lysimeter with adequate accuracy.

Keywords: distrometer, evapotranspiration, HAUDE method, PENMAN-MONTEITH method, water balance

Einleitung

Während 1995 noch 7% der Weltbevölkerung in Ländern mit Wassermangel lebten, werden es im Jahr 2025 bereits zwischen 35% und 52% sein, die Auswirkungen der Klimaveränderung dabei nicht eingerechnet (ARNELL 2002). Unter den gegenwärtigen Bedingungen beträgt der theoretisch nutzbare erneuerbare Süßwasservorrat in Österreich etwa 84 Mrd. m³/a bei einem Verbrauch von nur 2,6 Mrd. m³/a (BMLFUW 2009). Karst- und Kluftgrundwasservorkommen liefern rund 50% des österreichischen Trinkwassers und haben noch großes Potential zur weiteren Erschließung. Aufgrund der hohen Niederschläge kommt dabei gerade den alpinen Karstwassergebieten eine große Bedeutung zu

(KRALIK 2001). Um die Auswirkungen von Klima und Klimaveränderungen auf die Grundwasserneubildung und den Nährstoffaustrag in das Sickerwasser für ein solches Gebiet besser quantifizieren zu können, wurde 2005 am Gebirgsstandort Stoderzinken in den nördlichen Kalkalpen eine Lysimeterstation errichtet (HERNDL et al. 2009).

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Bodenwasserbilanz am Standort Stoderzinken für das Jahr 2007 zu erarbeiten, um eine Basis für weiterführende Projekte zu schaffen. Dabei ist die Bereinigung und Fehlerkorrektur der bestehenden Lysimeterdaten eine wichtige Voraussetzung, um auch den Einfluss etwaiger Messfehler auf die Interpretation der Daten beurteilen zu können. Die Verdunstung ist ein

¹ Universität Graz, Institut für Erdwissenschaften, Heinrichstraße 26, A-8010 GRAZ

² jetzt: Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Sigwartstraße 10, D-72076 TÜBINGEN

³ Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

* Ansprechpartner: Dr. Steffen Birk, steffen.birk@uni-graz.at

wichtiger Parameter des Wasserkreislaufes und kann aus der Wasserbilanz abgeleitet werden. Sie wird jedoch meist nur über Modelle berechnet die sich auf Klimadaten stützen. Direkte Messungen der Verdunstung in Lagen über 1600 m sind allerdings kaum verfügbar und über 2000 m wird die Verdunstung meist nur abgeschätzt (DE JONG et al. 2002). Daher wird in dieser Arbeit, die außergewöhnliche Lage des Lysimeters in 1830 m Seehöhe genutzt, um die Anwendbarkeit gängiger Verdunstungsmodelle auf alpine Regionen zu untersuchen.

Material und Methoden

Die Lysimeteranlage wurde im Jahr 2005 in einem repräsentativen Almgebiet an der Westseite des Berges Stoderzinken auf 1830 m Seehöhe errichtet (BOHNER 2007). Der Berg liegt etwa 15 km NW des Ortes Schladming im Ennstal (BOHNER 2007). Geologisch ist der Stoderzinken Teil der Nördlichen Kalkalpen. Deren Hydrogeologie wird durch die Verkarstung der Karbonatgesteine und das Vorhandensein von Stauschichten an der Basis (z.B. Werfener Schichten) bestimmt. Die Einzugsgebiete zählen zu hochalpinen Regionen mit hohen Niederschlagsmengen (2000-3000 mm/Jahr) und geringer Verdunstung (OBERHAUSER und BAUER 1980).

Die Messstation Stoderzinken besteht aus einem wägbaren monolithischen Lysimeter mit Sickerwassersammlern und zusätzlichen Sonden für Bodenwassergehalt, Bodentemperatur und Saugspannung. Für die Klimadaten stehen Niederschlagsdaten von Niederschlagssammlern und einem laser-optischen Distrometer vom Typ OTT Parsivel, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Globalstrahlung, relative Luftfeuchte und Lufttemperatur zur Verfügung (HERNDL et al. 2009).

Eine Quantifizierung der Wasserhaushaltsgrößen Niederschlag und Verdunstung ist mit den Messmethoden der

Lysimeterstation grundsätzlich direkt möglich, erfordert jedoch genaue Niederschlags- und Lysimetergewichtsmessungen. Daher wurde im ersten Schritt der Jahresverlauf des Lysimetergewichtes und die Niederschlagsmessung des Distrometers näher betrachtet und auf Fehler überprüft. Insbesondere für die Niederschlagsmessung konnten zwei Vergleichsmöglichkeiten erarbeitet werden. Einerseits bestand die Möglichkeit sie mit den Regensammlern auf Konsistenz zu überprüfen, andererseits wurden aus den Lysimetergewichts- und Sickerwassermessungen Vergleichswerte abgeleitet.

Unter der Annahme, dass bei Regen keine Verdunstung stattfindet, vereinfacht sich die sogenannte Lysimetergleichung: $ET_a = N - A_s - \Delta S_B$ zu

$$N = A_s + \Delta S_B \quad (1)$$

mit

ET_a = Tatsächliche Verdunstung (Aktuelle Evapotranspiration) (mm)

N = Niederschlag (mm)

A_s = Sickerwasserabfluss (mm)

S_B = Änderung des Bodenwasserspeichers (mm)

Geht man weiter davon aus, dass eine Gewichtszunahme des Lysimeters ein sicheres Indiz für Niederschlag ist, kann man alle Speicheränderungen und Sickerwässer für Perioden mit steigendem Gewicht des Lysimeterkörpers addieren und erhält so den Niederschlag.

Aus dem Vergleich ergeben sich die Perioden, für welche die Niederschlagshöhen und somit auch die aus Lysimeter- und Niederschlagsdaten berechneten Verdunstungshöhen als vertrauensvoll erachtet werden können. Die Verdunstungswerte dieser Zeiträume wurden im nächsten Schritt dafür herangezogen, die Verdunstungsmodelle nach FAO PENMAN-MONTEITH (ALLEN et al. 1998) und HAUDE (1955) auf Ihre Anwendbarkeit zu überprüfen.

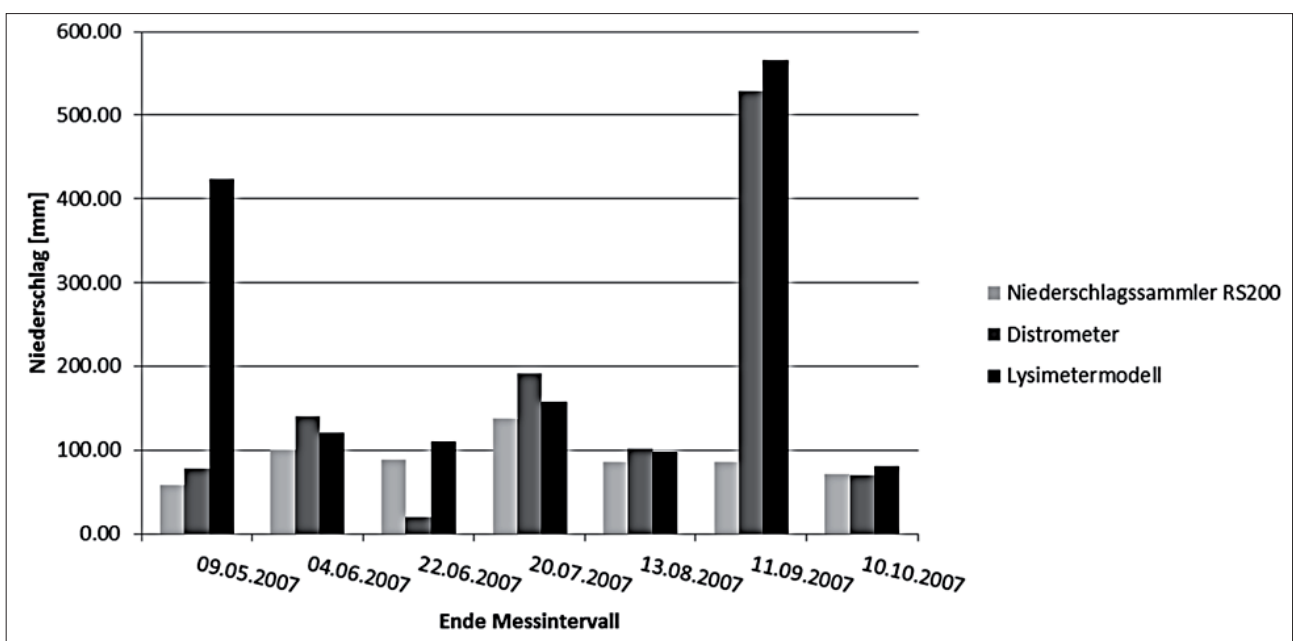


Abbildung 1: Niederschlagssummen von Distrometer, Lysimeter und Niederschlagssammler im Vergleich (GRITSCH 2010).

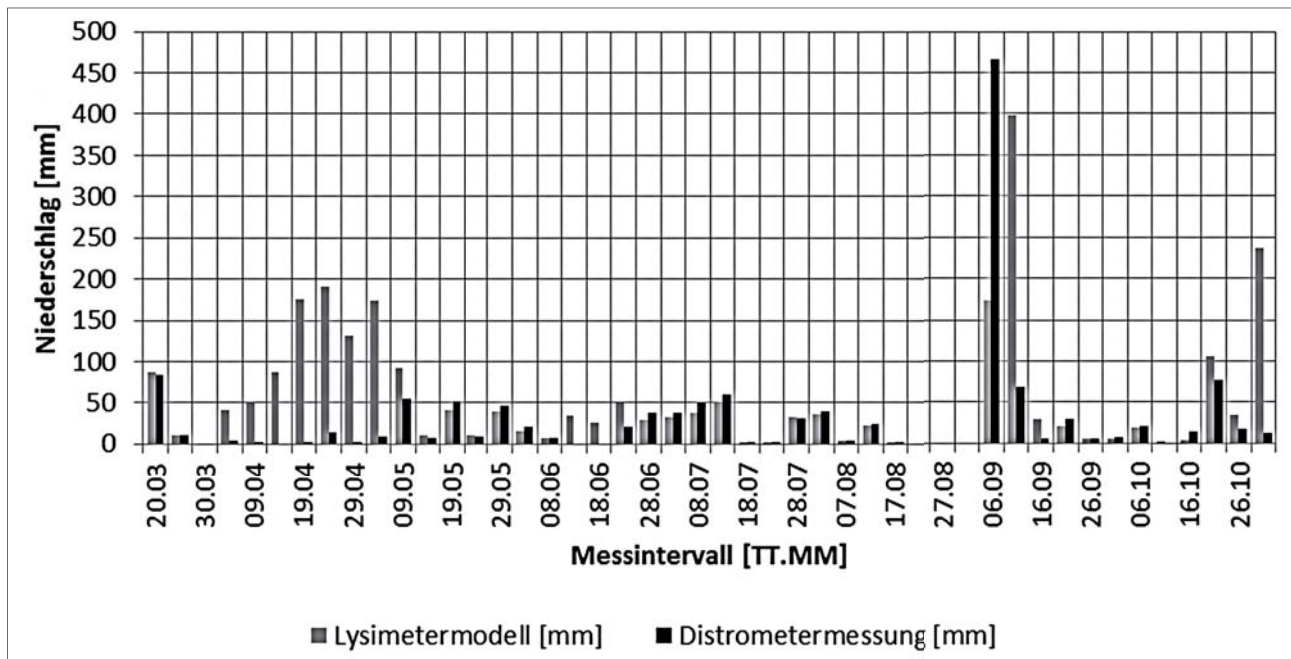


Abbildung 2: Berechneter Niederschlag aus den Lysimeterdaten in 5-Tagesintervallen über das Jahr 2007 (GRITSCH 2010).

Ergebnisse

Niederschlag

In *Abbildung 1* sind die Niederschlagshöhen aller verfügbaren Datenquellen dargestellt. Niederschlagssammler und Distrometer zeigen während der Sommermonate Mai bis Oktober die besten Übereinstimmungen, insbesondere Ende Juli bis Mitte Oktober. Im Juni zeigt das Distrometer auffallend geringe Werte. Dies ist zumindest zum Teil durch einen Geräteausfall zwischen 05.06.2007 - 22.06.2007 bedingt. Der große Unterschied im September kann durch einen Kälteeinbruch mit Schneefall erklärt werden, für den ein unbeheizter Regensammler eine ungeeignete Messmethode darstellt.

Das Ergebnis der Niederschlagsmodellierung aus den Lysimeterdaten ist zusammen mit den Distrometernmessungen in *Abbildung 2* dargestellt. Die bei der Distrometernmessung fehlenden Niederschläge Anfang Juni und Oktober sind auf Geräteausfälle zurückzuführen. Über die Sommermonate korreliert das Modell sehr gut mit den Distrometernmessungen. Die größeren Abweichungen im Juli sind auf nicht registrierten Niederschlag durch den Distrometernausfall zurückzuführen. Der Grund für die hohen Abweichungen von über 300 mm/5-Tage während der Schneeschmelze im Frühling und am Ende des Wintereinbruchs im September ist sehr wahrscheinlich im Versagen der Niederschlagsmodellierung aus Lysimeterdaten während Schneeeakkumulation und -schmelze zu suchen. Für weitere Untersuchungen am geeignetsten sind daher die Niederschlagsdaten der zweiten Maihälfte, des Julis und der 2. Augusthälfte. Sowohl das Lysimetermodell als auch die Regenwassersammler bestätigen während dieser Zeiträume die Messungen des Distrometers. Daher wurde der Zeitabschnitt vom 22.06.2007-13.08.2007 ausgewählt um die Verdunstungsmodelle nach FAO PENMAN-MONTEITH und HAUDE mit der gemessenen Verdunstung zu vergleichen und zu testen.

Verdunstung

Abbildung 3 zeigt das Ergebnis aus der Bilanzierung von Lysimeterdaten und den Niederschlagshöhen des Distrometers während des ausgewählten Zeitraumes.

Für diesen Zeitraum wurden die Referenz-Verdunstungshöhen sowohl nach dem Verfahren nach HAUDE als auch nach FAO PENMAN-MONTEITH berechnet. Beide sind im Vergleich zur aktuellen Evaporation aus der Lysimeter-Distrometerbilanz in *Abbildung 4* dargestellt. *Abbildung 5* zeigt ebenfalls die Referenz-Verdunstungshöhen jedoch unter Verwendung der Niederschlagshöhen die aus den Lysimeterdaten errechnet wurden.

Diskussion

Die Ergebnisse der Verdunstungsberechnungen zeigen, dass die Datenlage fast über das ganze Jahr 2007 hinweg als unsicher zu betrachten ist. Insbesondere gilt dies für die Zeit der Schneeschmelze und die Monate im Herbst. *Abbildung 1* und *2* zeigen, dass die Datenlage für die Sommermonate besser gesichert ist. Doch auch wenn das Distrometer OTT Parsivel korrekt mit dem vom Hersteller angegebenen Fehler von $\pm 10\%$ funktioniert, führt dies zu erheblichen Problemen bei der Bilanzierung der Verdunstung. Beide hier angeführten Methoden zur Verdunstungsberechnung ergeben während des ausgewählten Zeitraums Werte zwischen 0 mm/Tag und 9 mm/Tag. Dies bedeutet für die recht häufigen Niederschlagsereignisse von >20 mm/Tag bis zu ± 2 mm Fehler in der Niederschlagsmessung und damit mindestens $\pm 22\%$ in der Bilanzierung der Verdunstung. Dieser Fehler zeigt sich auch klar in *Abbildung 4* und *5*. In der niederschlagsfreien Zeit vom 12.07.2007-22.07.2007 korreliert die aus der Wasserbilanz errechnete Verdunstung eindeutig am besten mit den Modellen nach HAUDE und FAO PENMAN-MONTEITH, da der Fehler durch die Niederschlagsmessung in der Bilanzierung wegfällt. In diesem Zeitraum wird der

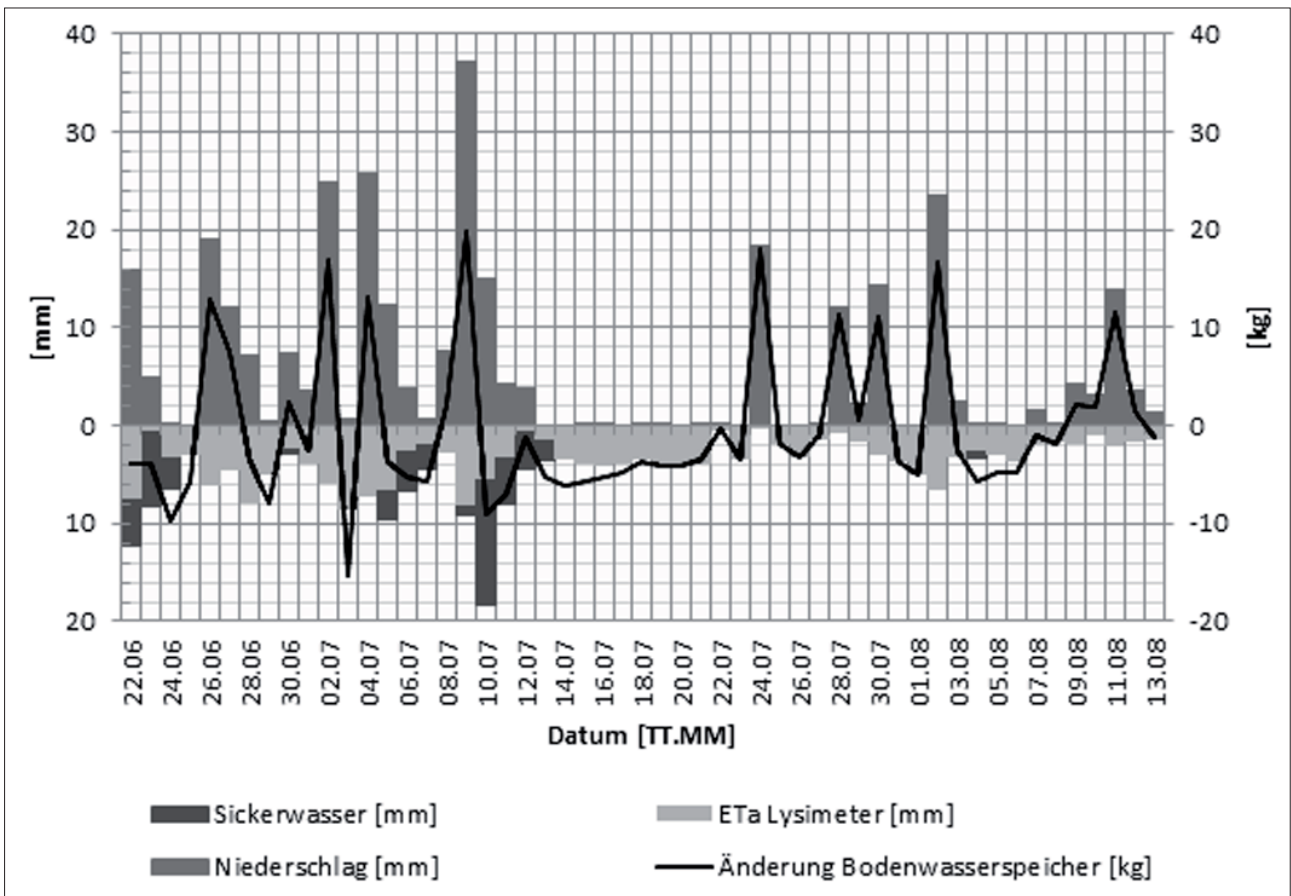


Abbildung 3: Wasserbilanz des Lysimeters. Aktuelle Verdunstung ETa aus der Bilanz von Niederschlag (Distrometermessung), Sickerwasser und Bodenspeicheränderungen als Tagessummen (GRITSCH 2010).

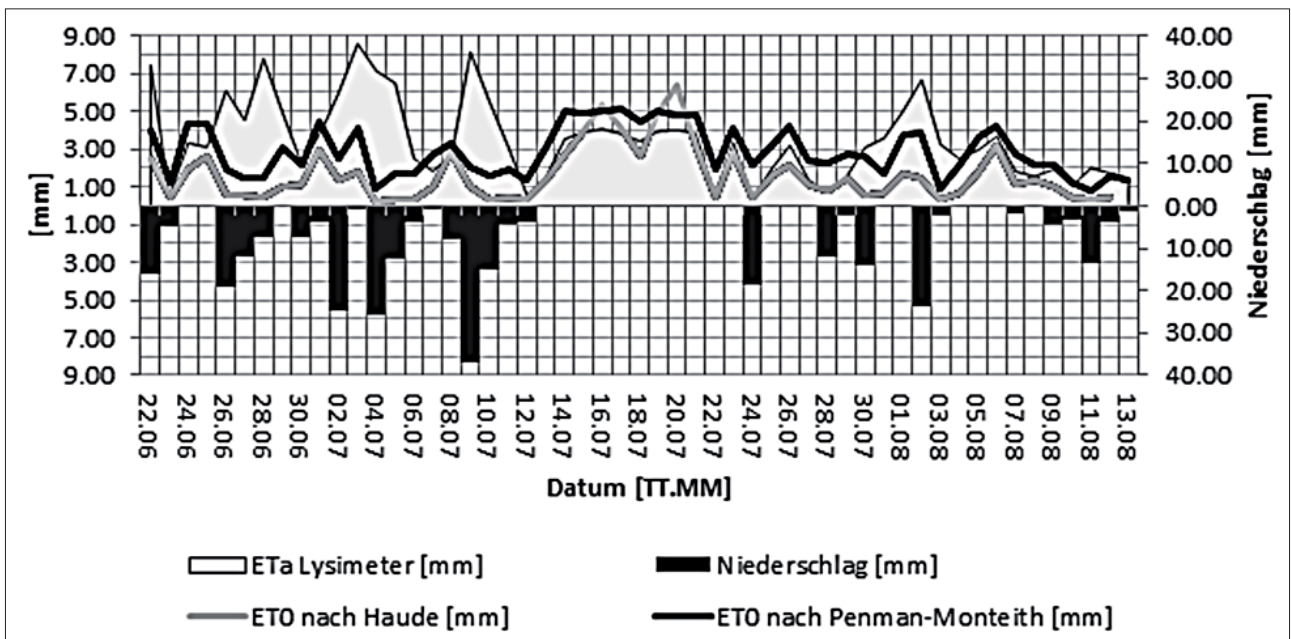


Abbildung 4: Vergleich der aktuellen Verdunstung aus Lysimeter-Distrometerbilanz und den modellierten Referenz-Verdunstungen nach HAUDE und PENMAN-MONTEITH aus Klimadaten. Zusätzlich Niederschlagshöhen der Distrometermessung (GRITSCH 2010).

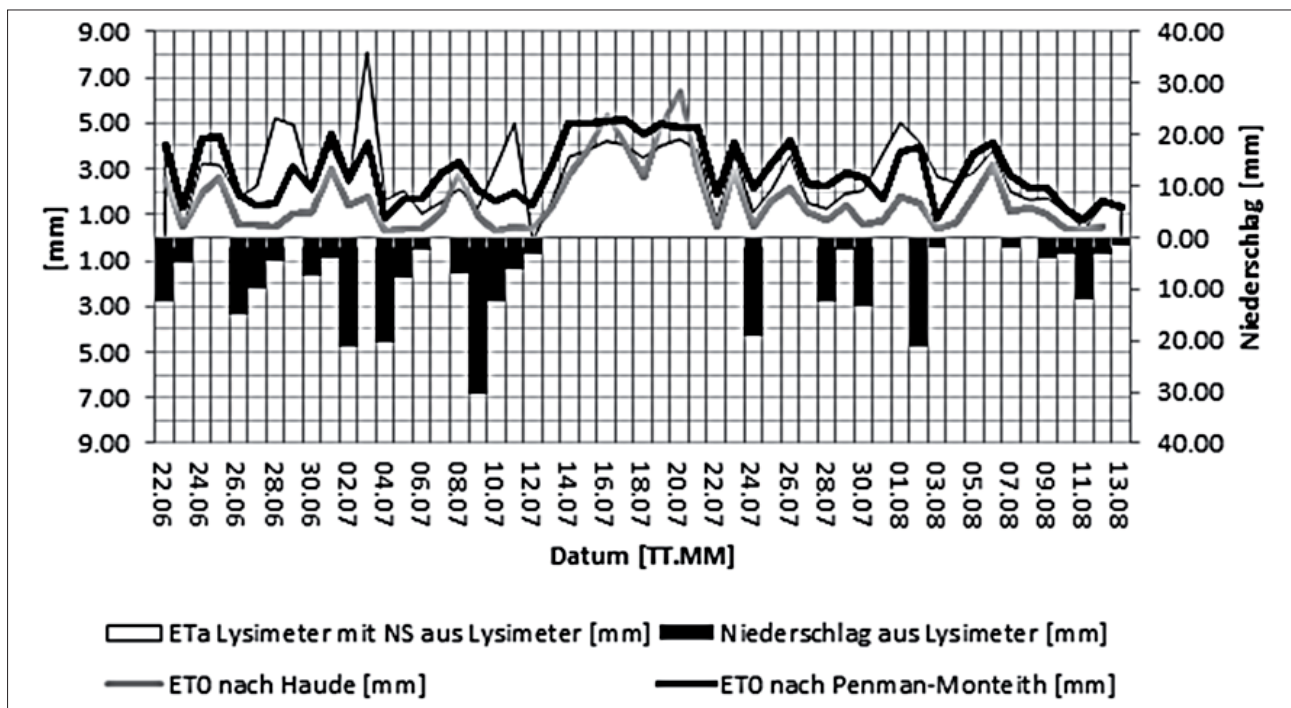


Abbildung 5: Vergleich der aktuellen Verdunstung aus Lysimetermessungen und modelliertem Niederschlag mit den modellierten Referenz-Verdunstungen nach HAUDE und PENMAN-MONTEITH. Zusätzlich Niederschlagshöhen der Distrometermessung (GRITSCH 2010).

Verlauf der Verdunstung durch beide Verdunstungsmodelle gut beschrieben, wobei die nach PENMAN-MONTEITH gegenüber der mit dem Lysimeter bestimmten aktuellen Verdunstung etwas zu hoch ist. Saugspannungsmessungen im Lysimeter zeigen, dass der Boden auch am Ende dieser Trockenperiode nicht stark ausgetrocknet ist ($pF < 2,5$). Die Abweichungen zwischen Lysimeter-Verdunstung und Verdunstungsmodellen sind also wahrscheinlich nicht auf eine eingeschränkte Wasserverfügbarkeit zurückzuführen.

Schlussfolgerungen

Die Datenerfassung und Niederschlagsmessung der Lysimeterstation Stoderzinken bedarf noch weiterer Verbesserung um genaue Aussagen zur Verdunstung an diesem Gebirgsstandort zu ermöglichen. Insbesondere die Niederschlagsmessung während Schneeschmelz- und Akkumulationsperioden ist unsicher, da geeignete Vergleichsdaten fehlen. Trotzdem konnte gezeigt werden, dass sich die Verdunstungsmodelle nach HAUDE und FAO PENMAN durchaus für den Gebirgsstandort Stoderzinken eignen. Insbesondere das Modell nach HAUDE lieferte mit den Originalkoeffizienten von HAUDE (1955) im Vergleich zu seiner Einfachheit überraschend genaue Ergebnisse.

Danksagungen

Wir bedanken uns recht herzlich bei allen die zu dieser Arbeit beigetragen haben, insbesondere dem LFZ Gumpenstein für die Hilfe und freundliche Bereitstellung der Daten.

Literatur

- ALLEN, R., L. PEREIRA, D. RAES and M. SMITH, 1998: Crop evapotranspiration. FAO, Rome.
- ARNELL, N.W., 2002: Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14 (1), 31-52.
- BMLFUW, 2009: Wasser in Österreich, Basisinfos. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Österreich, URL <http://wasser.lebensministerium.at/> article/article-view/60327/1/14151/
- BOHNER, A., 2007: Eine Gebirgslsylimeterstation am Stoderzinken. Tagungsbericht. LFZ Raumberg Gumpenstein, Irdning.
- DE JONG, C., F.K. LIST and P.J. ERGENZINGER, 2002: Experimental hydrological analyses in the Discma based on daily and seasonal evaporation. *Nordic Hydrology* 33, 1-14.
- GRITSCH, M., 2010: Datenauswertung und Verifizierung von Evapotranspirationsmodellen am Gebirgsstandort Stoderzinken für das Jahr 2007. Bachelor-Projektarbeit, Institut für Erdwissenschaften, Universität Graz.
- HAUDE, W., 1955: Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. *Mitt. Deutsch. Wetterd.* 11.
- HERNDL, M., A. BOHNER und M. KANDOLF, 2009: Gebirgs-Lysimeterstation am Stoderzinken - Erste Ergebnisse. LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- KRALIK, M., 2001: BE-189, Strategie zum Schutz der Karstwassergebiete in Österreich, Teil 2.: Umweltbundesamt, Wien.
- OBERHAUSER, R. und F.K. BAUER, 1980: Der geologische Aufbau Österreichs. Springer Verlag, Wien.