

Gras-Referenzverdunstung für den urbanen Raum - Vergleich und Bewertung von Berechnungsmodellen anhand von Lysimeterdaten

Anne Timm^{1*}, Andre Peters¹, Reinhild Schwartengraber¹ und Gerd Wessolek¹

Zusammenfassung

Gras-Referenzverdunstung (ET_0) ist ein wichtiges Maß für Wasser- und Energieflüsse in landwirtschaftlichen und urbanen Gebieten. Mithilfe von Messdaten von Gras-Referenzlysimetern wurden drei übliche Modelle für die Abschätzung von täglicher ET_0 (ASCE Penman-Monteith, Haude und Hargreaves) für den urbanen Standort Berlin überprüft. Penman-Monteith zeigte sehr gute Ergebnisse, gefolgt von Haude welche besonders für längere Zeitintervalle gute Resultate erzielte. Die Hargreaves Methode führte zu erheblicher Überschätzung von ET_0 . Für Penman-Monteith, als Methode mit dem höchsten Datenbedarf, wurde der Einfluss reduzierter Datenverfügbarkeit überprüft. Wird Globalstrahlung durch Sonnenscheindauer abgeschätzt, verringert sich die Genauigkeit der Methode beträchtlich. Insgesamt kann festgestellt werden, dass Penman-Monteith und Haude in urbanen Räumen genutzt werden können, um ET_0 von meteorologischen Daten abzuleiten.

Summary

Grass-reference evapotranspiration (ET_0) is an important measure for water and energy fluxes in arable and urban areas. Performance of common models for estimating daily ET_0 (ASCE Penman-Monteith, Haude and Hargreaves) has been tested with grass-reference lysimeter data for the urban setting of Berlin, Germany. Penman-Monteith showed very good performance, followed by Haude, which yielded good results for longer time periods. The Hargreaves model showed significant overestimation of ET_0 . The impact of data availability is tested for Penman-Monteith, which has high data requirements. Estimating solar radiation data from observed sunshine hours greatly decreases the model performance. All in all, it could be shown that the ASCE Penman-Monteith, as well as, Haude method can be applied for estimating ET_0 from meteorological data in urban areas.

Einleitung

Methoden für die Abschätzung der potenziellen Evapotranspiration haben einen gemeinsamen Ursprung in der Landwirtschaft. Auch die in den letzten Jahrzehnten standardmäßig verwendete Gras-Referenzverdunstung ET_0 wurde hauptsächlich in diesem Kontext entwickelt. Jedoch spielt ET_0 auch im urbanen Raum aus meteorologischer und hydrologischer Sicht eine wichtige Rolle. Es liegen nur wenige Informationen über die Anwendbarkeit bekannter Modelle im urbanen Raum vor. In dieser Arbeit wurden daher die Modelle von Penman-Monteith (ASCE-EWRI 2005), Haude (DVWK 1996) und Hargreaves-Samani (HARGREAVES und SAMANI 1985) anhand von Lysimeterdaten für den urbanen Kontext in Berlin, Deutschland überprüft (TIMM 2014).

Material und Methoden

Die Lysimeterdaten stammen von zwei Gras-Referenz-Lysimetern welche in Berlin-Marienfelde von der TU Berlin betrieben werden. Es handelt sich um Grundwasserlysimeter die mit tonigem Schluff (Ut4) gefüllt wurden, um eine optimale kapillare Nachlieferung zu erreichen. Durch Kombination von Brückenwaage und Laborwaage ergibt sich eine Genauigkeit von 80 g, bzw. 0.08 mm. Die Bepflanzung besteht aus einer Mischung von Gräsern mit besonders

hoher Wurzeltiefe (*Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* und *Poa pratensis*). Um eine optimale Information für alle meteorologischen Bedingungen zu erhalten, wurden die Daten mit dem Filter von PETERS et al. (2014) gefiltert.

Alle für die Berechnungen notwendigen meteorologischen Daten wurden direkt am Lysimeterstandort vom Umweltbundesamt erhoben. Dabei benötigt Penman-Monteith als physikalisch basiertes Modell die meisten Daten. Hargreaves-Samani und Haude sind empirisch basiert und können mit wesentlich weniger Informationen berechnet werden (Vergleich *Tabelle 1*). Sollten Messdaten der Globalstrahlung für die Berechnung nach Penman-Monteith nicht vorhanden sein, kann diese mit beobachteter Sonnenscheindauer abgeschätzt werden. Der Effekt dieser Abschätzung wurde untersucht.

Tabelle 1: Datenanforderungen der Berechnungsmodelle.

	Penman-Monteith	Hargreaves	Haude
Lufttemperatur	x	x	x
Relative Feuchte	x		x
Windgeschwindigkeit	x		
Globalstrahlung	x		
Sonnenscheinstunden	(x) ¹⁾		
Standort	x	x	

¹⁾ Wenn Globalstrahlung nicht vorhanden

¹ Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Ernst-Reuter Platz 1, D-10587 BERLIN

* Ansprechpartner: Anne Timm, timmanne@web.de



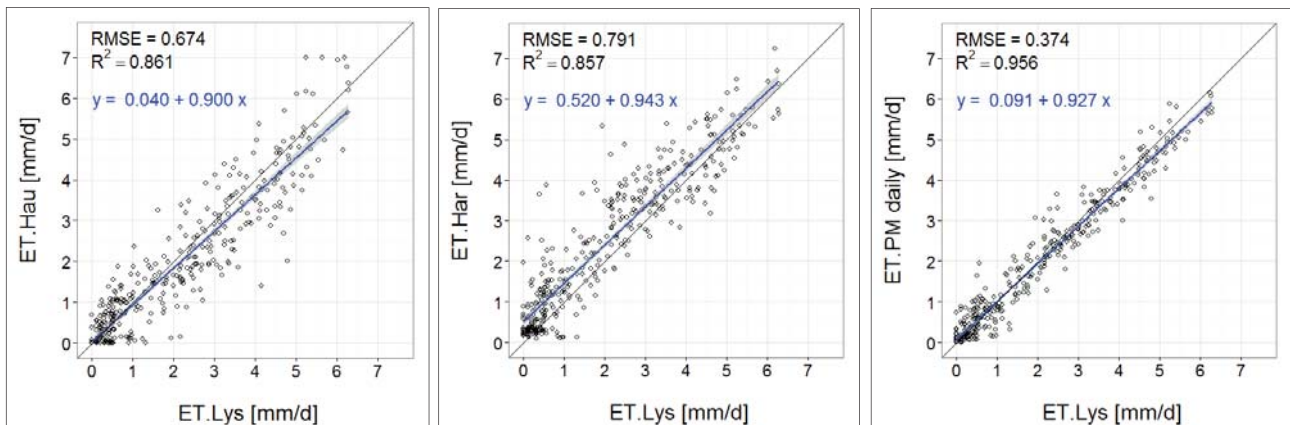


Abbildung 1: Vergleich berechneter und gemessener (ET.Lys) täglicher Verdunstung nach Haude (ET.Hau), Hargreaves (ET.Har) und ASCE Penman-Monteith (ET.PM). Determinationskoeffizient (R^2), root-mean-square-error (RMSE) und Regressionsgleichung.

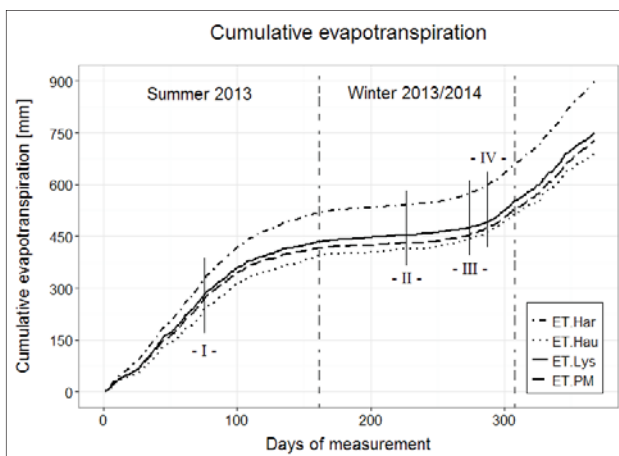


Abbildung 2: Kumulative Gras-Referenzverdunstung von 09.05.2013 bis 02.07.2014, berechnet und gemessen. Aufgrund fehlender Daten ausgelassene Zeitperioden sind markiert (I bis IV).

Ergebnisse

Wie in *Abbildung 1* zu sehen, zeigt Penman-Monteith die besten Ergebnisse mit minimaler Abweichung ($RMSE = 0.374$) und hohem Zusammenhang ($R^2 = 0.956$) zwischen berechneten und gemessenen Tageswerten. Haude und Hargreaves-Samani zeigen schwächere Zusammenhänge (Haude; $R^2 = 0.861$ und Hargreaves; $R^2 = 0.857$) und mehr Abweichungen mit einem $RMSE$ von 0.674 bzw. 0.791, wobei Haude eher zu Unterschätzungen und Hargreaves-Samani eher zu Überschätzungen neigt.

Abbildung 2 zeigt den kumulativen Verlauf der berechneten und gemessenen Gras-Referenzverdunstung über den Messzeitraum, wobei aufgrund fehlender Daten ausgelassene Zeitperioden markiert sind. Es wird deutlich, dass Hargreaves-Samani zu einer starken Überschätzung neigt. Penman-Monteith verläuft am nächsten zu den Lysimetermessdaten mit etwas stärkeren Abweichungen im Winterhalbjahr. Haude zeigt eine starke Unterschätzung im Sommer, nähert sich jedoch im Winter an und bietet für Abschätzungen eines gesamten hydrologischen Jahres

gute Resultate. Über die dargestellten 367 Tage beträgt die Überschätzung der Lysimeterdaten durch Hargreaves-Samani + 19.8 %, die Unterschätzungen durch Penman-Monteith und Haude - 2.9 bzw. - 8.1 %.

Wie in *Abbildung 3* gezeigt wird, liefert die Abschätzung der Globalstrahlung (R_s) durch Sonnenscheinstunden relativ schlechte Resultate mit starken Überschätzungen. Wird diese geschätzte Globalstrahlung verwendet reduziert sich die Genauigkeit der Penman-Monteith Berechnungen erheblich, mit einer Überschätzung um + 17.5 %, höheren Abweichungen ($RMSE$ von 0,606 statt 0,374) und geringerer Korrelation (R^2 sinkt von 0,956 auf 0,886).

Schlussfolgerungen

Im urbanen Raum liefert das ASCE Penman-Monteith Modell sehr gute Schätzungen der Gras-Referenzverdunstung. Die Genauigkeit sinkt jedoch stark, wenn keine Messdaten der Globalstrahlung vorhanden sind und diese geschätzt werden muss. Das Verfahren nach Haude liefert gute Ergebnisse, wenn tägliche Werte für ein gesamtes hydrologisches Jahr aggregiert werden. Das einfache Modell nach Hargreaves-Samani neigt zu einer starken Überschätzung von ET_0 .

Literatur

- ASCE-EWRI, 2005: The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Final report. American Society of Civil Engineers, Environmental & Water Resource Institute.
- DVWK, 1996: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. DVWK Merkblatt 238/1996. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
- HARGREAVES, G.H. and Z.A. SAMANI, 1985: Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. Paper No. 85-2517. American Society of Agricultural Engineers. Chicago, IL.
- PETERS, A., T. NEHLS, H. SCHONSKY and G. WESSOLEK, 2014: Separating precipitation and evapotranspiration from noise – a new filter routine for high-resolution lysimeter data. *Hydrology and Earth System Science* 18, 1189-1198.
- TIMM, A., 2014: Gras-Referenzverdunstung – Vergleich und Bewertung von Berechnungsmodellen anhand von Lysimeterdaten für den urbanen Raum. Abschlussarbeit (M.Sc.) an der TU Berlin.

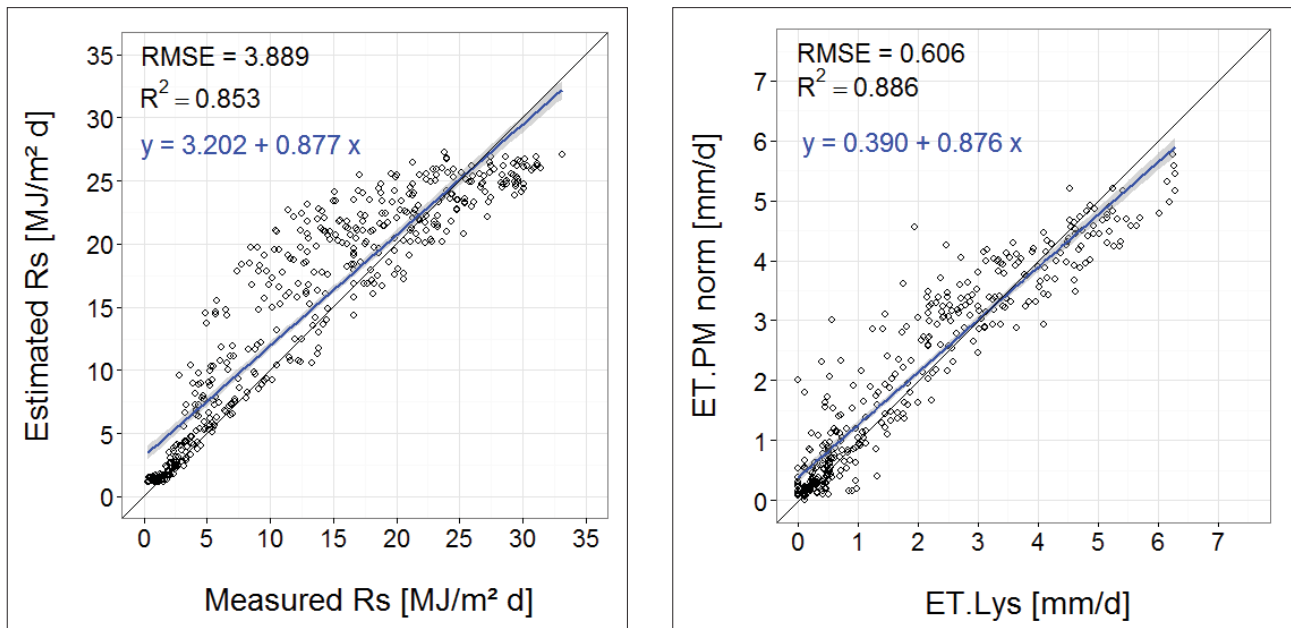


Abbildung 3: Effekt der Abschätzung der Globalstrahlung (Rs) aus der Sonnenscheindauer auf ET.PM. Links: Geschätzte versus berechnete Rs; rechts: Mit geschätzte Rs berechnete ET.PM versus ET.LYS.

Anmerkung:

Hierbei handelt es sich um einen Auszug aus der von Anne Timm an der TU Berlin angefertigten Abschlussarbeit

(M.Sc.). Die komplette Arbeit und die R-Skripte für die Berechnungen sind auf Anfrage erhältlich unter: timmanne@web.de