

Deutscher Wetterdienst



Annalen der Meteorologie

39



4. Fachtagung BIOMET

(19.-20. April 1999 in München)

des **Fachausschusses BIOMET der DMG**
gemeinsam mit der **Gesellschaft**



zur **Förderung Medizin-Meteorologischer Forschung e.V.**

VERDUNSTUNG EINES BEWALDETEN HANGES

H. Mayer, J. Fritsch und A. Matzarakis
Meteorologisches Institut der Universität Freiburg,
Werderring 10, 79085 Freiburg

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verdunstung des mit Altfichten bestockten NNE-Hanges am ARINUS-Standort Schluchsee in den Hochlagen des Südschwarzwaldes wurde in den Vegetationsperioden 1995 und 1996 über verschiedene Methoden ermittelt. Obwohl sie sich prinzipiell in ihren zeitlichen und räumlichen Scales unterscheiden, lassen sich die daraus erzielten Ergebnisse vergleichen. Unter der Annahme, daß die über die gekoppelte Kovarianz-Energiebilanz-Methode (KEM) bestimmte Verdunstung am wenigsten von der tatsächlichen Verdunstung abweicht, läßt sich die Verdunstung des bewaldeten Hanges sehr gut über das Wasserhaushaltsmodell WBS3 simulieren, weil die Unterschiede zwischen der Verdunstung nach KEM und WBS3 äußerst klein sind. Die Abschätzung der Verdunstung des bewaldeten Hanges über den Haude-Ansatz ist nicht zufriedenstellend, weil er insbesondere bei Strahlungswetterlagen die energetischen Verdunstungsbedingungen deutlich unterschätzt.

1 EINLEITUNG

Aufgrund der fundamentalen Bedeutung der Verdunstung im Energie- und Wasserhaushalt von Wäldern besteht großes Interesse an ihrer experimentellen und modellmäßigen Erfassung. Beim interdisziplinären, forstökologischen Projekt ARINUS (Auswirkungen von Restabilisierungsmaßnahmen und Immissionen auf den N- und S-Haushalt der Öko- und Hydrosphäre von Schwarzwaldstandorten, Raspe et al. 1998) war die Bestimmung der Verdunstung des bewaldeten Hanges am Standort Schluchsee eine zentrale Aufgabe (Mayer und Fritsch, 1996), da sie als wesentliche Komponente im Wasserhaushalt des Ökosystems einen direkten Einfluß auf Stoffumsetzungs- und Stofftransportprozesse und somit auf die daraus resultierenden biochemischen Wechselwirkungsprozesse hat.

2 METHODIK

Zur Bestimmung der Verdunstung von Wäldern gibt es verschiedene Verfahren. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird jedoch dadurch erschwert, daß die jeweils zugrundeliegenden Verfahren unterschiedliche Voraussetzungen aufweisen und sich auf verschiedene zeitliche und räumliche Scales beziehen.

An dem mit Altfichten (40 bis 60 Jahre) bestockten Hang (Hangrichtung: NNE, Hangneigung: ca. 20°) am ARINUS-Standort Schluchsee in den Hochlagen des Südschwarzwaldes (ca. 1150 m ü. NN; mittlere jährliche Lufttemperatur im Zeitraum 1961 bis 1990: 5.5 °C; mittlere jährliche Niederschlagssumme im Zeitraum 1961 bis 1990: 1885 mm) wurde die Verdunstung nach verschiedenen Methoden experimentell und modellmäßig untersucht (Fritsch, 1998; Raspe et al., 1998), von denen hier auf folgende näher eingegangen wird: (1) Bestimmung der Verdunstung (E_{korr}) auf der Grundlage der Kovarianz-Energiebilanz-Methode (KEM), wobei die auftretende Schließungslücke in der Energiebilanzgleichung über ein spezielles Verfahren (FRITSCH 1998) korrigiert und die daraus resultierende Verdunstung mit E_{korr} bezeichnet wurde; (2) Bestimmung der potentiellen Verdunstung (E_{Haude}) nach dem Haude-Ansatz, modifiziert für Höhe und Waldbestockung; (3) Bestimmung der Transpiration (T_{xyl}) über Xylemsaftfluß-Messungen an repräsentativen Bäumen mit Sensoren nach Granier; (4) Simulation von Verdunstung (E_{WHNSIM}) und Transpiration (T_{WHNSIM}) über das Bodenwasserhaushaltsmodell WHNSIM; (5) Simulation von Verdunstung (E_{WBS3}) und Transpiration (T_{WBS3}) über das Wasserhaushaltsmodell WBS3.

3 ERGEBNISSE

In beiden Untersuchungsperioden (Juni bis Oktober 1995 und 1996) wurden die Tagessummen von E_{korr} maßgeblich durch das Energieangebot in Form der hangparallelen Strahlungsbilanz gesteuert

(Abb. 1 für die Untersuchungsperiode 1996). Die Einflüsse von Lufttemperatur und Sättigungsdefizit waren demgegenüber deutlich schwächer ausgeprägt.

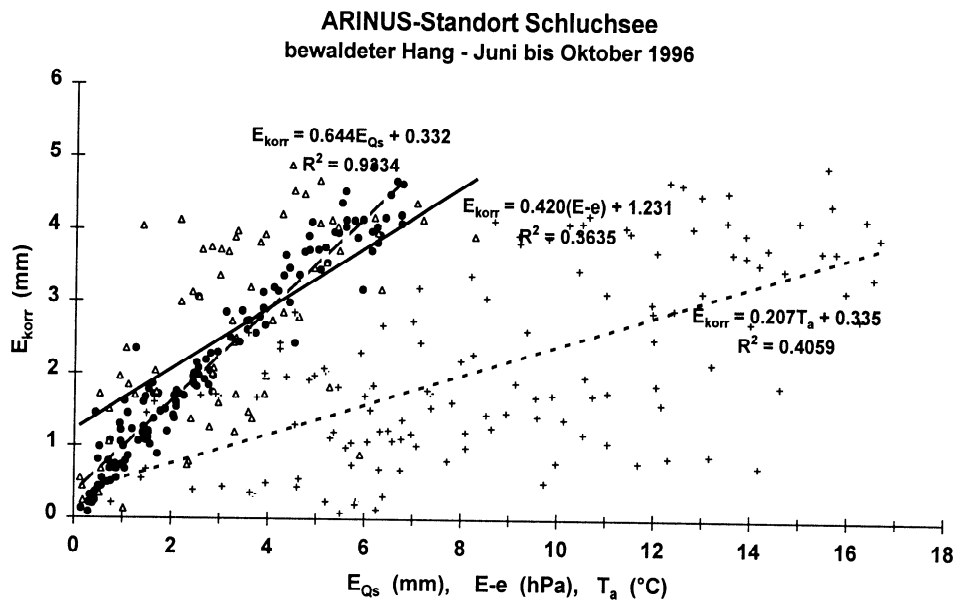


Abb. 1: Regressionen zwischen den Tagessummen der Verdunstung E_{korr} einerseits und den Tagessummen des Verdunstungsäquivalents der hangparallelen Strahlungsbilanz E_{Qs} sowie den Tagesmittelwerten des Sättigungsdefizites ($E-e$) und der Lufttemperatur T_a andererseits für den bewaldeten Hang am ARINUS-Standort Schluchsee von Juni bis Oktober 1996

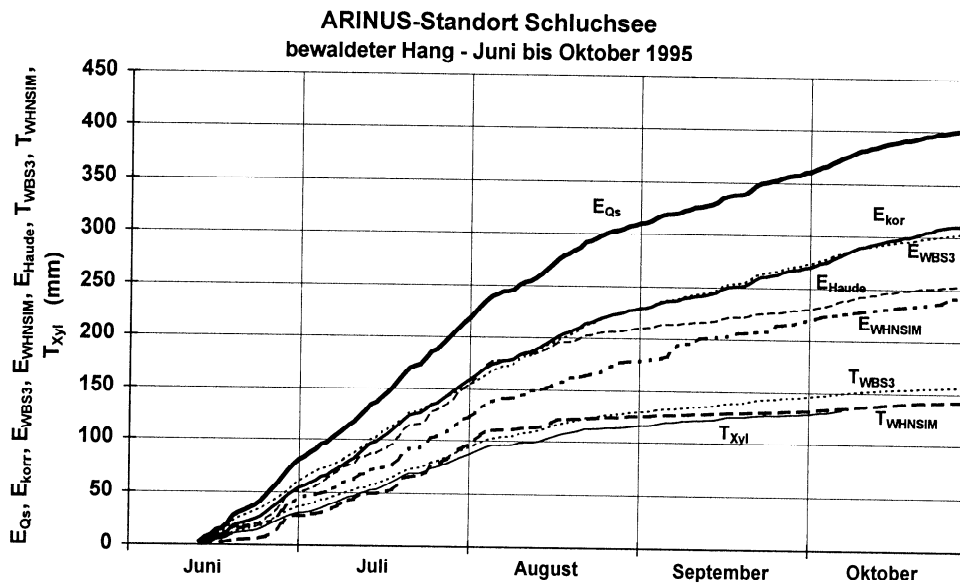


Abb. 2: Kumulative Tagessummen der Verdunstung (E_{Qs} : Verdunstungsäquivalent der hangparallelen Strahlungsbilanz, E_{korr} : Verdunstung aus der Energiebilanz, E_{WBS3} : Verdunstung nach dem Modell WBS3, E_{Haude} : Verdunstung nach dem Haude-Ansatz, E_{WHNSIM} : Verdunstung nach dem Modell WHNSIM, T_{WBS3} : Transpiration nach dem Modell WBS3, T_{WHNSIM} : Transpiration nach dem Modell WHNSIM, T_{Xyl} : Transpiration aus Xylemsaffluß-Messungen) des bewaldeten Hanges am ARINUS-Standort Schluchsee vom 14. Juni bis zum 31. Oktober 1995

Aus dem Vergleich der über die verschiedenen Verfahren bestimmten Verdunstungswerte (kumulative Tagessummen in der Untersuchungsperiode 1995 in der Abb. 2; Monatssummen in beiden Untersuchungsperioden in der Tab. 1) folgt, daß E_{korr} und E_{WBS3} gut übereinstimmen. Damit ist das relativ einfache Modell WBS3 (Schmidt, 1990), das an das Untersuchungsgebiet angepaßt war, viele gutachterliche Annahmen enthält und als Eingangsparameter aber nur den Tagesmittelwert der Lufttemperatur

und die Tagessumme des Freilandniederschlages benötigt, gut zur langfristigen Simulation der Verdunstung geeignet.

Tab. 1: Monatssummen der nach verschiedenen Methoden bestimmten Verdunstung (in mm) sowie Monatssummen des Freilandniederschlages N (in mm) des bewaldeten Hanges am ARINUS-Standort Schluchsee in den Untersuchungszeiträumen 1995 und 1996

	$E_{Qs}^{1)}$	$E_{korr}^{1)}$	$E_{WBS3}^{1)}$	$E_{WHNSIM}^{1)}$	$E_{haude}^{1)}$	$T_{WBS3}^{1)}$	$T_{WHNSIM}^{1)}$	$T_{Xyl}^{1)}$	N
Juni 1995	72	47	51	38	48	32	26	27	78
Juni 1996	69	47	48	44	41	31	27	18	135
Juli 1995	137	105	94	80	99	58	65	56	91
Juli 1996	125	94	90	81	77	56	52	35	124
Aug. 1995	98	75	78	60	61	39	33	32	156
Aug. 1996	95	73	79	59	60	37	28	27	139
Sep. 1995	50	41	44	37	20	16	7	13	195
Sep. 1996	63	48	44	29	30	21	14	13	71
Okt. 1995	43	42	32	26	25	11	11	6	48
Okt. 1996	28	27	20	31	18	6	7	2	134
$\Sigma 1995$	400	310	299	241	253	156	142	134	568
$\Sigma 1996$	380	289	281	244	226	151	128	94	603

¹⁾ jeweils 14. bis 30. Juni

Die potentielle Verdunstung nach dem Haude-Ansatz (E_{Haude}) lag am Ende beider Untersuchungszeiträume um ca. 20 % unter E_{korr} . Der jahreszeitlichen Variabilität der Verdunstung wird im Haude-Ansatz durch empirisch gewonnene Monatsfaktoren Rechnung getragen. Es wird hierbei zugrunde gelegt, daß das Sättigungsdefizit von der Lufttemperatur gesteuert wird, die wiederum von den Strahlungsverhältnissen abhängt. Die im Untersuchungszeitraum 1995 ab etwa Mitte August, im Untersuchungszeitraum 1996 aber schon an Anfang Juli einsetzende Divergenz zwischen E_{korr} bzw. E_{WBS3} und E_{Haude} ist möglicherweise auf die ungenügende Berücksichtigung des Strahlungseinflusses im Haude-Ansatz zurückzuführen.

LITERATUR

- Fritsch, J., 1998: Energiebilanz und Verdunstung eines bewaldeten Hanges im Hochschwarzwald. Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg Nr. 1.
- Mayer, H., Fritsch, J., 1996: Verdunstung eines bewaldeten Hanges am ARINUS-Standort Schluchsee. FZKA-PEF Bericht 142, 27-43.
- Raspe, S., Feger, K.H., Zöttl, H.W., 1998: Ökosystemforschung im Schwarzwald. Auswirkungen von atmosphärischen Einträgen und Restabilisierungsmaßnahmen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Fichtenwäldern. Verbundprojekt ARINUS. Landsberg, ecomed Verlag.
- Schmidt, J., 1990: Überlegungen zur Erfassung und Beschreibung von Wachstumsgängen am Beispiel der Durchmesserzuwachsentwicklung der letzten Jahrzehnte von Fichtenbeständen in Bayern unter besonderer Berücksichtigung witterungsbedingter Zuwachsreaktionen. Forstl. Forschungsber. München Nr. 104.