

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 140 (1989)
Heft: 6

Artikel: Zur meteorologischen Geschichte der Nordostschweiz 1973 bis 1987 unter Einbezug der potentiellen Evapotranspiration des Waldes
Autor: Thudium, Jürg / Krieg, Felix / Kindhauser, Elsbeth
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764238>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur meteorologischen Geschichte der Nordostschweiz 1973 bis 1987 unter Einbezug der potentiellen Evapotranspiration des Waldes

Von *Jürg Thudium, Felix Krieg, Elsbeth Kindhauser, Otti Kocsis,* Oxf.: 116.13:(494)
Gian-Duri Giger und Brigitte Göldi-Kunz
(ökoscience, CH-7000 Chur)

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit den Waldschäden wird immer wieder die Frage aufgeworfen, ob meteorologische Bedingungen als natürliche Ursachen dieser Schäden in Betracht gezogen werden müssen. Wenn auch die bisherigen Untersuchungen an Bäumen klar auf eine höchstens untergeordnete Bedeutung von natürlichen Waldschadensursachen hinweisen, so darf doch nicht versäumt werden, meteorologische Geschichte und Waldschadensverlauf einander direkt gegenüberzustellen und aus diesem Vergleich die entsprechenden Schlussfolgerungen zu ziehen. In dieser Arbeit wird ein erstes Fazit aus dem Verlauf der für den Wald wichtigen meteorologischen Grössen in den Jahren 1973 bis 1987 gezogen. Eine wichtige Grösse im Hinblick auf allfälligen Trockenstress ist dabei die potentielle Evapotranspiration des Waldes, die erstmals für zwei Standorte in der Nordostschweiz über einen längeren Zeitraum berechnet wurde (Kapitel 3).

Als Grundlage der meteorologischen Untersuchungen wurden die von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) routinemässig erhobenen Messwerte an den A-Netz-Stationen Kloten und Schaffhausen verwendet. Die folgenden zwölf für den Wald wichtigen meteorologischen Parameter wurden untersucht: 1. Monatliche Niederschlagsmengen / 2. Starkniederschläge (> 25 mm/24h) / Trockenperioden (< 1 mm/Tag während mindestens 10 aufeinanderfolgenden Tagen) / 4. Monatliche Nebeltage / 5. Monatliche Hagelfälle / 6. Monatliche Mitteltemperaturen / 7. Temperaturstürze (> 8 °C) / 8. Frost im Frühjahr / 9. Monatliche Sonnenscheindauern / 10. Monatliche Anzahl Tage mit Sturmböen (Windgeschwindigkeit > 92 km/h bzw. > 75 km/h ab 1981) / 11. Monatliche Starkwindhäufigkeiten (prozentualer Anteil der Zeit mit Windgeschwindigkeiten > 29 km/h) / 12. Potentielle Evapotranspiration des Waldes.

2. Einige Auffälligkeiten in der meteorologischen Geschichte

Die untersuchten meteorologischen Grössen schwanken von Ort zu Ort und von Jahr zu Jahr beträchtlich. Grössere Abweichungen von langjährigen Mittelwerten sind bei meteorologischen Grössen im Einzelfall normal. So zeigen die meteorologischen Grössen insgesamt gesehen wenig Auffälliges. Systematische Unterschiede zwischen den siebziger und den achtziger Jahren können nicht ausgemacht werden. Interessant ist die Verteilung der Trockenperioden auf die verschiedenen Monate. In 14 von den 15 Jahren war der Oktober von einer Trockenperiode betroffen, der November in 13 Jahren, der Mai hingegen nur in 3, der Juni in 4 Jahren. Trockenperioden in der Zeit September bis November sind bei uns also üblich, solche in den Monaten Mai/Juni hingegen eher selten. In der Zeitspanne 1973 bis 1986 kamen Trockenperioden im Mai/Juni sechsmal vor: 1975, 1976, 1979, 1982, 1984, 1986, also relativ regelmässig.

Das pflanzenphysiologisch wichtige Frühjahr (März bis Mai) war, verglichen mit der langjährigen Norm, in den letzten 14 Jahren erstaunlich häufig zu trocken: 1973 bis 1976, 1980 bis 1982, 1984. Demgegenüber waren nur drei Frühjahre zu nass: 1978, 1983, 1986. Die mittleren Frühjahrstemperaturen (wiederum März bis Mai) bewegten sich mehr oder weniger in der Norm, lediglich 1981 war zu kalt.

Die Jahre 1983 bis 1986 waren im Frühjahr zu sonnenarm, jeweils gefolgt allerdings von Sonnenüberschüssen im Sommer.

Die gesamten Werte sind im Schlussbericht dieses Projektes grafisch und tabellarisch dokumentiert.

3. Potentielle Evapotranspiration des Waldes

3.1 Einführung

Zur Beurteilung der Wasserversorgungs-Situation und eines allfälligen Trockenstresses des Waldes sind Kenntnisse der Evapotranspiration notwendig.

Mit Evapotranspiration wird der gesamte Wasserverlust (Verdunstung und Transpiration) einer mit Pflanzen bewachsenen Oberfläche bezeichnet. Die potentielle Evapotranspiration bedeutet den Wasserverlust eines Bestandes bei wassergesättigtem Boden, die aktuelle oder reelle Evapotranspiration die durch nicht wassergesättigten Boden allenfalls eingeschränkte Verdunstung.

Am Institut für Bodenphysik der ETH Zürich ist ein Bodenwasserhaushaltsmodell entwickelt worden, das zur Abklärung der Belastung des Waldes durch Trockenheit dienen kann. Die potentielle Evapotranspiration des Waldes muss dabei als Vorgabe in das Modell eingespiessen werden.

Die entsprechenden, den agrarmeteorologischen Bulletins entnommenen Evapotranspirationswerte erwiesen sich für den Wald als ungeeignet. Die dort verwendete Berechnungsmethode nach Primault (*B. Primault*, 1962, 1971, 1981) stützt sich auf aus relativer Luftfeuchtigkeit und Sonnenscheindauer näherungsweise ermittelte Verdunstungswerte, welche durch saison- und höhenabhängige Faktoren korrigiert werden. Verschiedene Vergleiche mit Messwerten zeigten, dass die so berechneten Evapotranspirationswerte im Mittel über alle Messjahre recht genau, für einzelne Perioden aber mit einem beträchtlichen Fehler behaftet sind.

Um den vielfältigen Einwirkungen einer Vegetationsdecke «Wald» auf die Höhe der potentiellen Evapotranspiration Rechnung zu tragen, muss daher zusätzlich eine ganze Anzahl pflanzenspezifischer Parameter berücksichtigt werden. Ebenfalls sollten Windeinflüsse nicht ausser acht gelassen werden. Wir verwendeten dafür ein durch Penman entworfenes und von Item weiterentwickeltes Modell. (*H.L. Penman*, 1956) (*H. Item*, 1974)

$$EP = k * [4.0 * 10^{-9} * \frac{\Delta}{\Delta + P} \{ G (1-r) - S * T^4 * (0.56 - 2.47 * \sqrt{e_d}) * (0.1 + 0.9 * R_s) + \\ + \frac{P}{\Delta + P} (1.31 * 10^3 + 14 * G_{Wind} * u) * (e_a - e_d) \}]$$

EP = Evaporation der freien Wasserfläche (0,1 mm / d);

k = Proportionalitätsfaktor, der die Einflüsse der Vegetationsdecke vereinigt.

Δ = Steigung der Dampfdruck-Temperatur-Kurve bei der jeweiligen Temperatur [$\frac{\text{bar}}{\text{Grad}}$];

P = Psychrometerkonstante [$\frac{\text{bar}}{\text{Grad}}$];

G = Globalstrahlung [$\frac{\text{erg}}{\text{cm}^2 * \text{d}}$];

r = Albedo [dimensionslos] = reflektierte Energie pro eingestrahlte Energie;

S = Stephan-Boltzmann-Konstante [$\frac{\text{erg}}{\text{cm}^2 * \text{d}}$];

T = Absolute mittlere Tagestemperatur [°K] ;

e_d = wirklicher mittlerer täglicher Wasserdampfdruck in der Luft [bar];

e_a = Sättigungsdampfdruck bei der jeweiligen Temperatur [bar];

R_s = relative Sonnenscheindauer [in Anteilen].

G_{Wind} = Gewicht der Windfunktion

u = Windgeschwindigkeit

Die Penman-Formel ist eine zuverlässige Methode zur Berechnung der reinen Evaporation einer freien Wasserfläche aus den täglichen meteorologischen Daten, physikalischen Konstanten und experimentell ermittelten Ge-

wichtungsfaktoren. Das Konzept von Item erweitert die Penman-Formel empirisch um einen saisonabhängigen Windfaktor sowie um einen vegetationsabhängigen Proportionalitätsfaktor, welcher eine Menge pflanzenspezifische Einflüsse mit zum Teil gegenteiligen Auswirkungen auf die potentielle Evapotranspiration vereinigt.

Item bestimmte die noch unbekannten Faktoren k und g Wind durch Angleichung (kleinste Abweichungsquadrate) von Rechenwerten an experimentell gemessene Werte der potentiellen Evapotranspiration aus einem Laubmischwald bei Marthalen (ZH). Die an dieser Stelle ermittelten Parameter lassen sich näherungsweise auf andere, vom Baumbestand und von der Exposition her ähnliche Waldareale anwenden. Die Übereinstimmung weiterer verdunstungsbestimmender Parameter wie etwa Bodeneigenschaften im Wurzelraum und Wurzeldichte müssten für eine Präzisierung der Rechenwerte ebenfalls einbezogen werden. Ob eine Übertragung der am «Buchberg» gewonnenen Formel brauchbare Ergebnisse liefert, hängt weitgehend von der Zielsetzung der Modellrechnungen ab. Für in der Region Zürich angestellte Walduntersuchungen ist die räumliche Übereinstimmung der Standorte sicher vorteilhaft.

3.2 Werte der potentiellen Evapotranspiration des Waldes für Kloten und Schaffhausen

Mit der oben diskutierten Näherungsformel wurden anhand von Tageswerten der SMA-Stationen Kloten und Schaffhausen Berechnungen für die Jahre 1981 bis 1987 durchgeführt. Die zuerst tageweise bestimmten Ergebnisse werden nachfolgend in der Form von Monatssummen für die Jahre 1983 (*Abbildung 1*: hohe Evapotranspiration im Sommer) und 1987 (*Abbildung 2*: niedrige Evapotranspiration im Sommer) grafisch dargestellt. Die gesamten Ergebnisse der Berechnungen sind im Schlussbericht dieses Projektes dokumentiert.

3.3 Kommentar zu den Berechnungsergebnissen

Im Vergleich zu bisherigen Schätzungen der potentiellen Evapotranspiration anhand von Jahresbilanzen des Wasserhaushaltes erstaunt die Höhe der für den Wald berechneten Werte. Ursachen dafür sind die grosse transpirierende und verdunstende Oberfläche sowie die mächtige Luftmasse, an welche die Feuchtigkeit abgegeben werden kann.

Die grosse potentielle Evapotranspiration des Waldes wird durch die empfindliche Reaktion auf Trockenperioden kompensiert, während denen der Wasserverlust durch die bei einem Sättigungsdefizit massgebende aktuelle Evapotranspiration bestimmt wird.

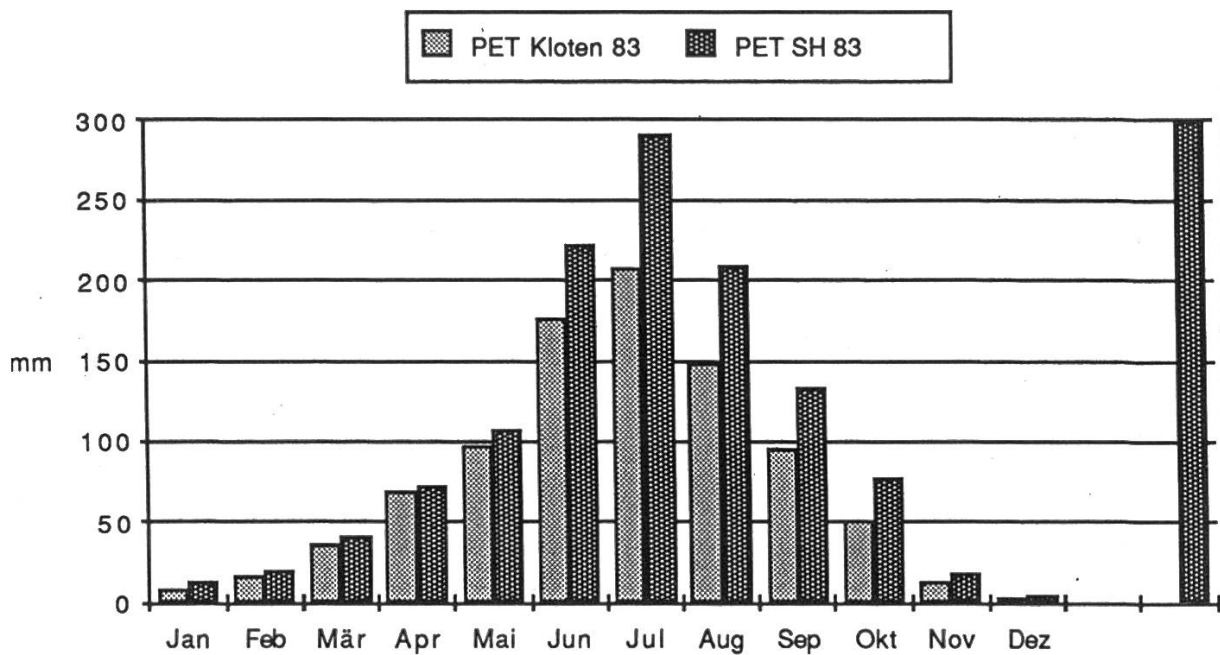


Abbildung 1. Monatssummen der potentiellen Evapotranspiration für den Wald an den Standorten Kloten und Schaffhausen im Jahr 1983.

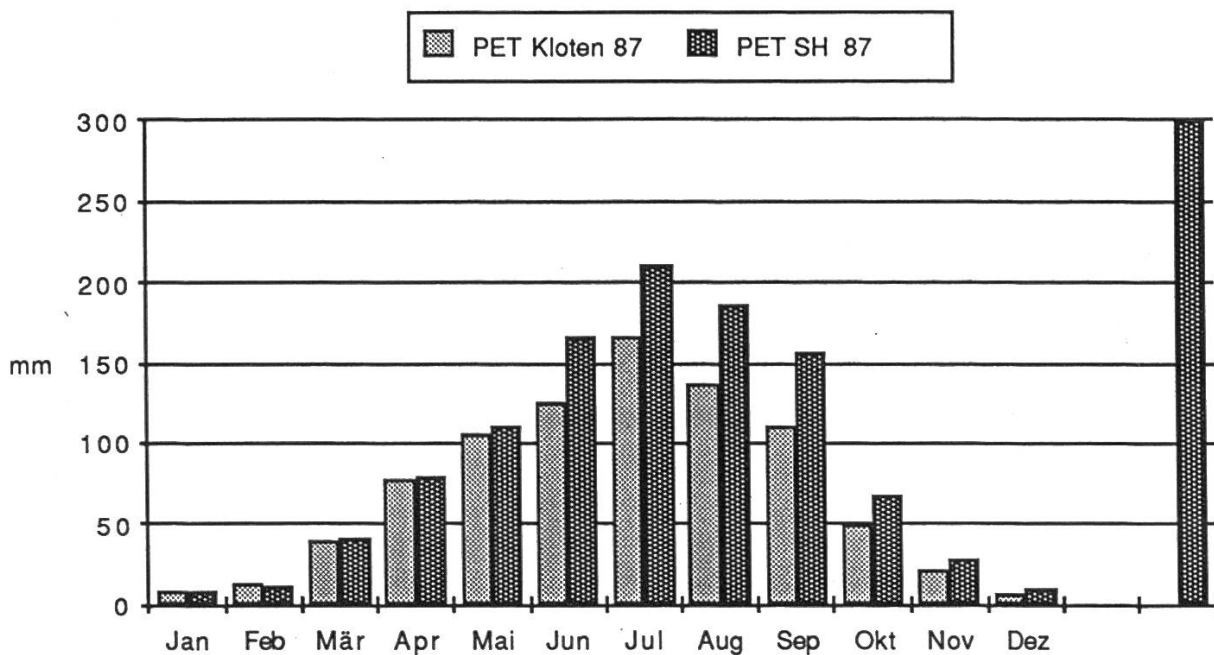


Abbildung 2. Monatssummen der potentiellen Evapotranspiration für den Wald an den Standorten Kloten und Schaffhausen im Jahr 1987.

Inwieweit diese Vorgänge zu Trockenstress für den Wald führen, ist eine sehr komplexe Frage. Das bereits erwähnte Bodenwasserhaushaltsmodell des Instituts für Bodenphysik der ETH Zürich soll dazu Beiträge liefern. Die nun vorliegenden Werte für die potentielle Evapotranspiration des Waldes in der Nordostschweiz können als realitätsbezogene Näherungen in das Modell eingegeben werden.

Résumé

L'histoire météorologique du Nord-Est de la Suisse de 1973 à 1987, en tenant compte de l'évapotranspiration potentielle de la forêt

La présente méthode d'évaluation de l'évapotranspiration potentielle est adaptée aux conditions spécifiques des couverts forestiers. En outre, les particularités du climat ayant un impact écologique sont discutées.

Literatur

- Item, H.:* Ein Modell für den Wasserhaushalt eines Laubwaldes. Mitt. eidg. Anst. forstl. Vers'wes. 50, 3, 1974
- Penman, H. L.:* a) Evaporation: an introductory survey. Neth. J. agric. Sci. 4, 1:9–29, 1956
- Penman, H. L.:* b) Estimating evaporation. Trans. Amer. geophys. Union 37, 1:43–50, 1956
- Primault, B.:* Du calcul de l'évapotranspiration. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B, Band 12, Heft 1, 1962, p. 124–150
- Primault, B.:* Premiers résultats de la mesure de l'évapotranspiration réelle. Rapports de travail de l'institut suisse de météorologie, No. 16, 1971
- Primault, B.:* Extension de la validité de la formule suisse de calcul de l'évapotranspiration. Rapports de travail de l'institut suisse de météorologie. No. 103, 1981