

**Zeitschrift:** Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.  
Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Annuaire de la Société  
Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative

**Band:** 160 (1980)

**Artikel:** Der Wasserhaushalt eines Wägelysimeters als Index für ein kleines  
Einzugsgebiet

**Autor:** Schädler, Bruno

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-90785>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.10.2024

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

# Der Wasserhaushalt eines Wägelysimeters als Index für ein kleines Einzugsgebiet

Bruno Schädler

## Zusammenfassung

Die im hydrologischen Einzugsgebiet Rietholzbach erhobenen Wasserbilanzwerte werden mit denjenigen eines Wägelysimeters, das im Zentrum des Einzugsgebietes liegt, verglichen. Abgesehen von den Wintermonaten mit dem bekannten Problem der Niederschlagsbestimmung, repräsentieren die Messungen mit dem Lysimeter den Wasserhaushalt im Einzugsgebiet sowohl für längere als auch für kürzere Zeitperioden ziemlich gut.

## Résumé

Les bilans hydriques relevés dans le bassin hydrologique du Rietholzbach sont comparés avec ceux d'un lysimètre à pesée situé au centre du bassin. Sauf les mois d'hiver, avec les problèmes bien connus de mesure des précipitations, le lysimètre représente assez bien le bilan hydrique du bassin entier non seulement pour les périodes de longue durée (plusieurs mois) mais aussi de courte durée (1 jour).

## Einleitung

Viele hydrologische Fragestellungen werden im Rahmen von gesamten Einzugsgebieten untersucht und zu lösen versucht: Dabei interessieren vor allem Verdunstung, Infiltration und Abfluss, seltener auch Bodenfeuchte.

Untersuchungen in einem ganzen Einzugsgebiet sind in der Regel sehr schwierig und aufwendig in ihrer praktischen Durchführung. Viele Einzugsgebiete sind wegen ihrer geologischen Beschaffenheit ungeeignet, da der Wasserhaushalt von unkontrollierbaren Wasserzu- und -abflüssen beeinflusst wird.

Wegen der räumlichen Ausdehnung treten Ungenauigkeiten auf in der Bestimmung der Gebietsniederschläge. Die Änderung des Wasservorrates im Boden und im Untergrund ist auf einem grösseren Gebiet praktisch unmöglich exakt zu erfassen. Daher wurde immer wieder die Frage aufgeworfen, ob es möglich ist, einen für ein gesamtes Einzugsgebiet repräsentativen Standort zu finden, auf dem die Erfassung des gesamten Wasserhaushaltes im Detail realisierbar ist. Neben kleinen Versuchsflächen könnte insbesondere ein Lysimeter mit Wägeeinrichtung als ein «Kleinst-einzugsgebiet» diesem Zweck dienen.

## Das hydrologische Forschungsgebiet Rietholzbach

Im Rahmen des hydrologischen Forschungsprojektes HYDREX (hydrologisches Experimental- und Forschungsgebiet Rietholzbach, Lang 1978) der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie ETH Zürich wurde deshalb im Zentrum des Einzugsgebietes des Rietholzbaches an einem südlichen Hangfuss auf relativ ebener Lage eine Lysimeteranlage eingerichtet. Der Standort wurde unter Würdigung verschiedenster Kriterien als repräsentativ für das gesamte Einzugsgebiet betrachtet: Das Einzugsgebiet des Rietholzbaches (Fläche 3.18 km<sup>2</sup>) liegt im unteren westlichen Toggenburg zwischen 680 und 950 m ü.M., 20% der Fläche sind bewaldet, das übrige Gebiet landwirtschaftlich (Graswirtschaft) genutzt. Das Tal verläuft West-Ost, die Nord- und Südhänge sind ziemlich symmetrisch verteilt. Die Bodenverteilung im Einzugsgebiet ist sehr komplex (Kuhn 1980; Germann 1981). Das Lysimeter wurde im Herbst 1975 eingefüllt mit an Ort und Stelle schichtweise abgetragenen Boden. Es handelt sich dabei um mässig

tiefgründige, kolluviale, ziemlich gleyige Braunerde (Kuhn 1980).

Das Lysimeter hat einen Durchmesser von 2 m und eine Tiefe von 2.5 m. Die Gewichtsregistrierung (Prinzip der Anlage nach Primault 1970) erfolgt im Abstand von einer Stunde. Das Sickerwasser wird über eine Wippe gemessen, der Niederschlag mit einem bodeneben installierten Regenmesser. Im Lysimeter ist ein Zuleitungsrohr für eine Neutronensonde zur Erfassung des Bodenwassergehaltes eingerichtet.

Mit dieser Ausrüstung lassen sich die einzelnen Wasserhaushaltsgrößen mit einer hohen zeitlichen Auflösung sehr präzise (1/10 mm Auflösung) erfassen.

Das Einzugsgebiet des Rietholzbaches ist mit einem dichten Regenmessernetz bestückt. Eine Abflussmeßstation der Landeshydrologie misst den Abfluss aus dem Gebiet mit hoher Genauigkeit. Der Bodenwasserhaushalt wurde zeitweise mit einem Netz von

Neutronensondenmessrohren erfasst (Ger-  
mann 1981). Die Gebietsverdunstung wurde  
während zweier Sommer mit der Energiebilanzmethode bestimmt (Schädler 1980).

Alle diese intensiven Messungen erlauben, die Repräsentativität der Lysimetermessungen für das ganze Einzugsgebiet zu überprüfen.

### Der Wasserhaushalt des Lysimeters im Vergleich zum Einzugsgebiet

Der Wasserhaushalt vom Lysimeter und vom Einzugsgebiet lässt sich nur über längere Zeiträume vergleichen, da die Menge des im Einzugsgebiet gespeicherten Wassers in der Regel unbekannt ist. In der Annahme, dass im Herbst jedes Jahres die Rücklagen an gespeichertem Wasser minimal und nicht sehr verschieden sind, wird das hydrologische Jahr vom 1. Oktober bis 30. September definiert.

Für das Einzugsgebiet Rietholzbach liegen insgesamt Daten für fünf hydrologische Jahre vor, für das Lysimeter vier Jahre. Abb. 1 gibt eine Übersicht über die vorliegenden Verdunstungswerte, die wie folgt berechnet wurden:

$$V_L = N_L - A - \Delta G$$

$$V_G = N_G - Q - \Delta S$$

- $V_L$  Verdunstung Lysimeter
- $V_G$  Gebietsverdunstung
- $N_L$  Niederschlag Lysimeter
- $N_G$  Gebietsniederschlag
- $A$  Abfluss Lysimeter
- $Q$  Abfluss Einzugsgebiet
- $\Delta G$  Gewichtsänderung des Lysimeters
- $\Delta S$  Speicheränderung im Einzugsgebiet

Als Niederschlagswerte wurden die Messungen von 2 bis 9 Regenmessern für den Gebietsniederschlag ( $N_G$ ), für den Lysimeterniederschlag ( $N_L$ ) ein unmittelbar neben dem Lysimeter installierter gleichartiger Regenmesser benützt. Damit ist Gewähr geboten, dass sich die Wasserhaushaltswerte vergleichen lassen, obwohl für die exakte Bestimmung der Lysimeterverdunstung der mit weniger Fehlern behaftete bodeneben installierte Regenmesser verwendet werden müsste.

Während der Wintermonate ist bei Schneeniederschlag die Niederschlagsmessung mit

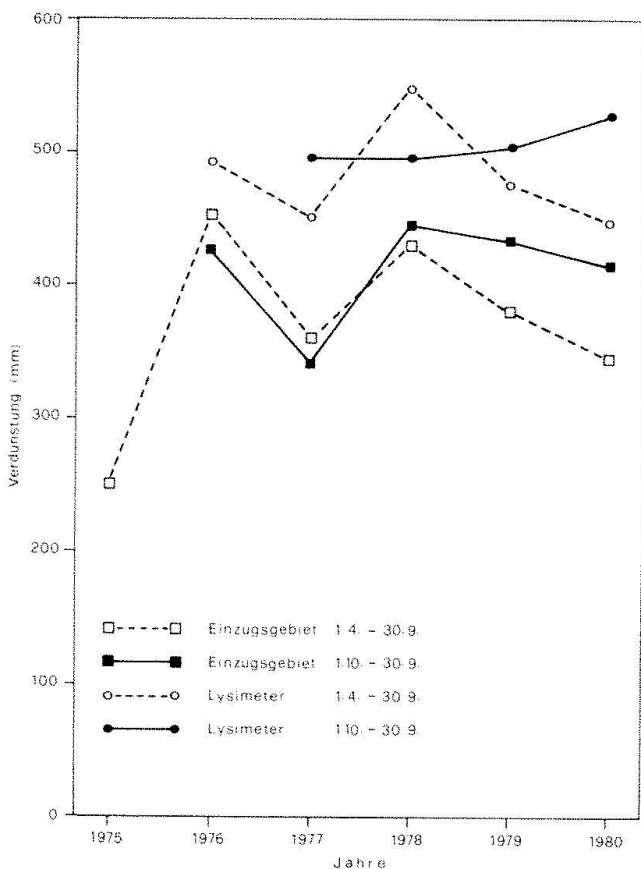


Abb. 1. Verdunstungswerte berechnet aus dem Wasserhaushalt für das Lysimeter und für das Einzugsgebiet. Niederschlag gemessen mit Regenmesser auf Standardhöhe. Zeitperioden: hydrologische Jahre (1.10.-30.9.) und Sommerhalbjahre (1.4.-30.9.) 1975-1980.

grossen Fehlern behaftet. Auch die Messungen mit dem Lysimeter sind sehr problematisch, da einerseits wegen der zusätzlichen Erwärmung von unten der Schnee rasch schmilzt, andererseits zeitweise Treibschnee auf das Lysimeter geweht wird. Damit ist die Niederschlagsmenge im Winter überproportional grösser als auf dem Einzugsgebiet. Dieser Fehler kommt in Abbildung 1 zum Ausdruck, wo die Verdunstungswerte für das ganze Jahr zum Teil niedriger liegen als für das Sommerhalbjahr, weil im Winter oft negative Verdunstung resultiert. Es werden noch eingehende Untersuchungen notwendig sein, um die Winterniederschläge korrigieren zu können. Auch die Messungen der Schneedecke müssen für die Bestimmung des Gebietsniederschlags im Winter berücksichtigt werden.

Aus diesen Gründen wird im Folgenden nur noch das Sommerhalbjahr (1. April bis 30. September) als Datengrundlage verwendet.

Zur Abschätzung der Speicheränderung während dieser Zeit sind die Speicherwerte für das Lysimeter jeweils am 1. April und am 1. Oktober in Tabelle 1 eingetragen. Es darf angenommen werden, dass diese Speicher-

Tab. 1. Relativer Wassergehalt im Lysimeter in mm Wasser

Jahr	1. April	1. Oktober
1976	494	469
1977	505	466
1978	501	484
1979	537	474
1980	517	478
Mittelwert	511	474
Streuung	17	7

werte die Verhältnisse im Einzugsgebiet recht gut repräsentieren (Germann et al. 1978). Da ein Vergleich mit dem Lysimeter angestrebt wird, wurde allerdings für das Gebiet eine Speicheränderung von  $\Delta S = 0$  eingesetzt.

Im Sommerhalbjahr übertrifft der Abfluss aus dem Gebiet denjenigen vom Lysimeter regelmässig um etwa 55 mm. Bei ungefähr gleicher Niederschlagsmenge ergibt sich damit für das Lysimeter eine im Mittel um denselben Betrag höhere Verdunstung (Abb. 1). Die erste Vegetationsperiode des Lysimeters (1976) fällt dabei aus dem Rahmen der anderen vier Sommer. Werden nur die Verdunstungswerte für diese vier Jahre miteinander verglichen, so resultiert eine sehr gute lineare Korrelation ( $r = 0.97$ ).

Aufgrund dieser allerdings sehr kurzen Messreihe kann in bezug auf das Messgebiet Rietholzbach geschlossen werden, dass die Lysimetermessung ein guter Index für den Wasserhaushalt während der Vegetationsperiode ist.

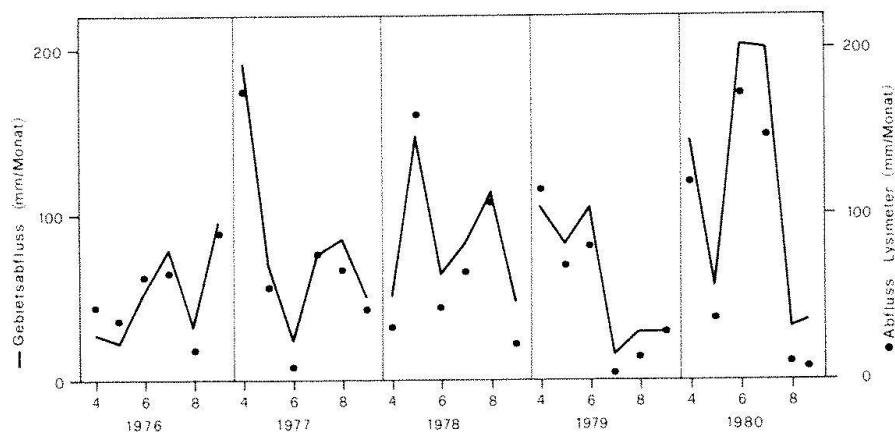
Für kürzere Zeiträume wird ein direkter Vergleich zwischen Lysimeter und Einzugsgebiet immer schwieriger, weil die unbekannte Speicheränderung  $\Delta S$  im Einzugsgebiet eine immer wichtigere Stellung einnimmt.

Für Monatswerte werden deshalb nur noch der Abfluss vom Lysimeter und vom Rietholzbach verglichen (Abb. 2). Eine lineare Korrelation aller Monatswerte der Monate April-September 1977-1980 ergibt folgenden Zusammenhang

$$Q = 1.01 \times A + 14.8 \quad r = 0.97$$

Q Abfluss Rietholzbach in mm  
A Abfluss Lysimeter in mm

Abb. 2. Gebietsabfluss im Vergleich mit dem Abfluss des Lysimeters für die Sommermonate (April-September) 1976-1980.



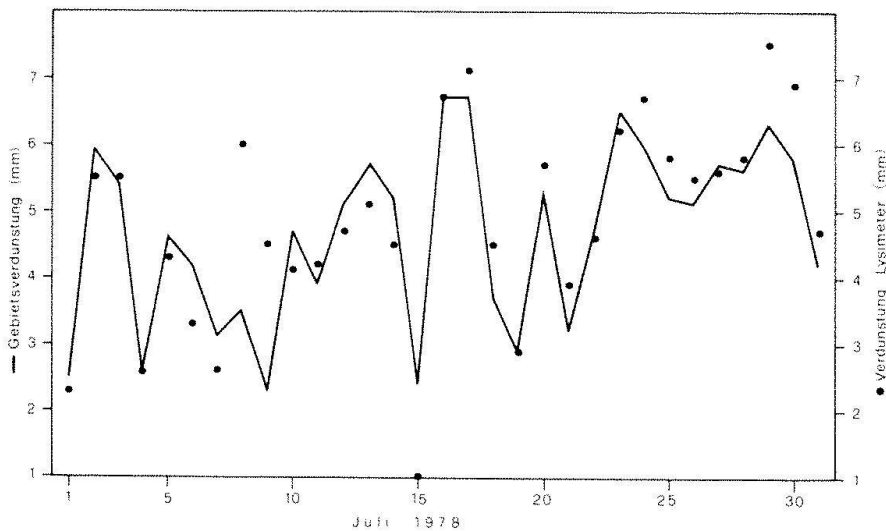


Abb. 3. Gebietsverdunstung mit der Energiebilanzmethode berechnet (Schädler 1980) im Vergleich mit der Lysimeterverdunstung für die Tage des Monats Juli 1978.

Für längere Zeiträume ist der Abfluss des Lysimeters im Vergleich zum Einzugsgebiet nicht mehr repräsentativ, da die unterschiedlichen lateralen und vertikalen Fließgeschwindigkeiten in den verschiedenen Schichten des Bodens nach jedem Niederschlagsereignis die Abflussmengen zu stark beeinflussen.

Die Verdunstung geschieht jedoch vom Lysimeter und vom Einzugsgebiet nahezu gleichzeitig. Sie kann für das Einzugsgebiet für kurze Zeiträume (Tage) nicht mit Hilfe der Wasserbilanz bestimmt werden. Im Forschungsgebiet Rietholzbach wurde die Gebietsverdunstung daher mit Hilfe von Energiebilanzmethoden für Intervalle bis hinunter zu einem Tag bestimmt (Schädler 1980). In Abbildung 3 sind die aus der Energiebilanz bestimmten Tageswerte des Monats Juli 1978 der Gebietsverdunstung mit den Daten vom Lysimeter verglichen. Obwohl an einigen Tagen die Übereinstimmung relativ schlecht ist (oft Fehler der Niederschlagsmessung), korrelieren die beiden Messreihen befriedigend miteinander ( $r = 0.84$ ). Die Summe über diesen Monat Juli 1978 liegt beim Lysimeter um 5% über dem Wert der Gebietsverdunstung.

### Schlussfolgerung

Aufgrund der fünfjährigen Messreihe mit dem wägbaren Lysimeter im Einzugsgebiet Rietholzbach können noch keine endgültigen und sicher keine allgemeingültigen Aus-

sagen darüber gemacht werden, ob der Wasserhaushalt eines kleineren Einzugsgebietes von einem Lysimeter repräsentiert werden kann. In Gebieten mit regelmässigen Schneefällen im Winter treten infolge der Unsicherheiten in der Niederschlagsmessung grosse Probleme auf.

Für die schneefreie Zeit deuten die vorliegenden Resultate darauf hin, dass das Lysimeter sowohl für längere als auch für kürzere Zeiträume (½ Jahr bis Tage) ein Index für das Gebiet darstellen kann.

Somit kann mit Hilfe von Abflussmessungen am Lysimeter und im Einzugsgebiet auch ein Hinweis über kurzfristige Änderungen der Wasserspeicherung gewonnen werden.

Es wird in jedem Fall notwendig sein, über eine gewisse Zeit (5–10 Jahre) für jedes Gebiet Parallelmessungen im Gebiet und mit dem Lysimeter durchzuführen, um so die für die jeweilige Situation gültigen Zusammenhänge aufstellen zu können. Aufgrund dieser Zusammenhänge können dann mit Hilfe der Lysimetermessungen Hinweise auf kurzfristige Prozesse im Einzugsgebiet gewonnen werden.

### Literatur

Germann, P., Lang, H., Schädler, B. 1978: Flächenmässige Interpretation von Lysimeterdaten mit Hilfe von Bodenfeuchtemessungen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Band 26, 61–66.

Germann, P. 1981: Untersuchungen über den Bodenwasserhaushalt im Einzugsgebiet Rietholzbach. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 51, ETH Zürich (135 Seiten).

Kuhn, H. 1980: Bodenkartierung HYDREX. Interner, unveröffentlichter Bericht der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich (64 Seiten, 3 Karten).

Lang, H. 1978: Untersuchungen über den Wasserhaushalt und über Abflussprozesse im hydrologischen Forschungsgebiet Rietholzbach. Tagungsbericht Wasserhaushaltssysteme naturnaher kleiner Einzugsgebiete, Grafenau, Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 108-117.

Primault, B. 1970: A large-scale electronic weighing lysimeter for agricultural meteorology. Philips:

Serving Science and Industry, Band 16, Heft 1, 10-11.

Schädler, B. 1980: Die Variabilität der Evapotranspiration im Einzugsgebiet Rietholzbach bestimmt mit Energiebilanzmethoden. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 46, ETH Zürich, (115 Seiten).

*Adresse des Autors:*

Dr. Bruno Schädler  
Landeshydrologie  
Postfach 2742  
CH-3001 Bern