

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 146 (1995)  
**Heft:** 4

**Artikel:** In Lysimetern gemessene Tiefensickerung unter Waldböden  
**Autor:** Buchter, Bernhard / Leuenberger, Jörg  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766961>

### **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:** 08.02.2025

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

# In Lysimetern gemessene Tiefensickerung unter Waldböden

Von Bernhard Buchter und Jörg Leuenberger

*Keywords:* lysimeters, evapotranspiration, deep seepage, *Picea*.

FDK 114.12

## 1. Einleitung

Der Bodenwasserhaushalt ist für die Vegetation von eminenter Bedeutung. Wasser aus der Atmosphäre als Regen und Schnee, in kleinem Masse auch als Nebel, wird vom Boden aufgenommen. Es wird teilweise durch die Pflanzen interzeptiert und direkt verdunstet, teilweise fließt es oberflächlich ab oder versickert. Ein Teil der infiltrierten Wassermengen wird durch die Wurzeln aufgenommen und durch die Blatt- oder Nadelmasse verdunstet. Ein variabler Anteil sickert aus dem Wurzelraum in die Tiefe. Die Bodeneigenschaften – vor allem die Mächtigkeit sowie die Speicher- und Leitfähigkeit –, die Niederschlagsverteilung und der Vegetationszustand beeinflussen die Wassermengen, die gespeichert werden, verdunstet und in die Tiefe versickern. Letzteres ist von Interesse bei der Berechnung der Grundwasserneubildung und der Verlagerungsgeschwindigkeit und -menge von Nährstoffen sowie von Schadstoffen, während die Menge des verdunsteten (transpirierten) Wassers in direktem Zusammenhang zur Menge produzierter Grünmasse steht.

Die einzelnen Wasserflüsse und -gehaltsänderungen können weiter, wie in *Abbildung 1* dargestellt, aufgegliedert werden, indem verschiedene Kompartimente (z.B. Boden, oberirdische Pflanzenmasse, Bestandesatmosphäre) unterschieden werden. Unter Feldbedingungen sind Wassergehaltsänderungen im Boden mit annehmbarer Genauigkeit messbar, Flüsse indes nicht.

Der Wasserhaushalt eines Standortes kann auf verschiedene Arten beobachtet werden, indem beispielsweise alle in *Abbildung 1* aufgeführten Größen im Wald gemessen werden oder indem Gefässe mit Erde gefüllt und bepflanzt werden. Im ersten Fall können alle Vorgänge ungestört untersucht werden, Flüsse indes, wie oben bereits erwähnt, nur mit unbefriedigender Genauigkeit. Im zweiten Fall, in sogenannten Lysimetern, kann die Tiefensickerung genau erfasst werden. Laterale Zu- und Abflüsse sowie kapillarer Aufstieg sind hin-

gegen unterbunden, wobei erstere ohnehin nur an Hängen und auch dann nur in den obersten Horizonten (Tiefe 0–30 cm) eine Rolle spielen und letzterer nur bei oberflächennahem Grundwasser ins Gewicht fällt. Zudem wird in frei drainierenden Lysimetern wegen des Überganges vom Boden zur Sickerpackung die Wassergehaltsverteilung über die Tiefe verändert, was die Tiefsickerung erheblich beeinflussen kann, sofern das Lysimeter im Vergleich zum Wurzelhorizont ungenügend tief ist (vgl. *Anonymus*, 1989). Lysimeter in allen möglichen Dimensionen sowohl in der Fläche als auch in der Tiefe werden seit rund drei Jahrhunderten verwendet (vgl. *Howell et al.*, 1991; *Grebet und Cuenca*, 1991).

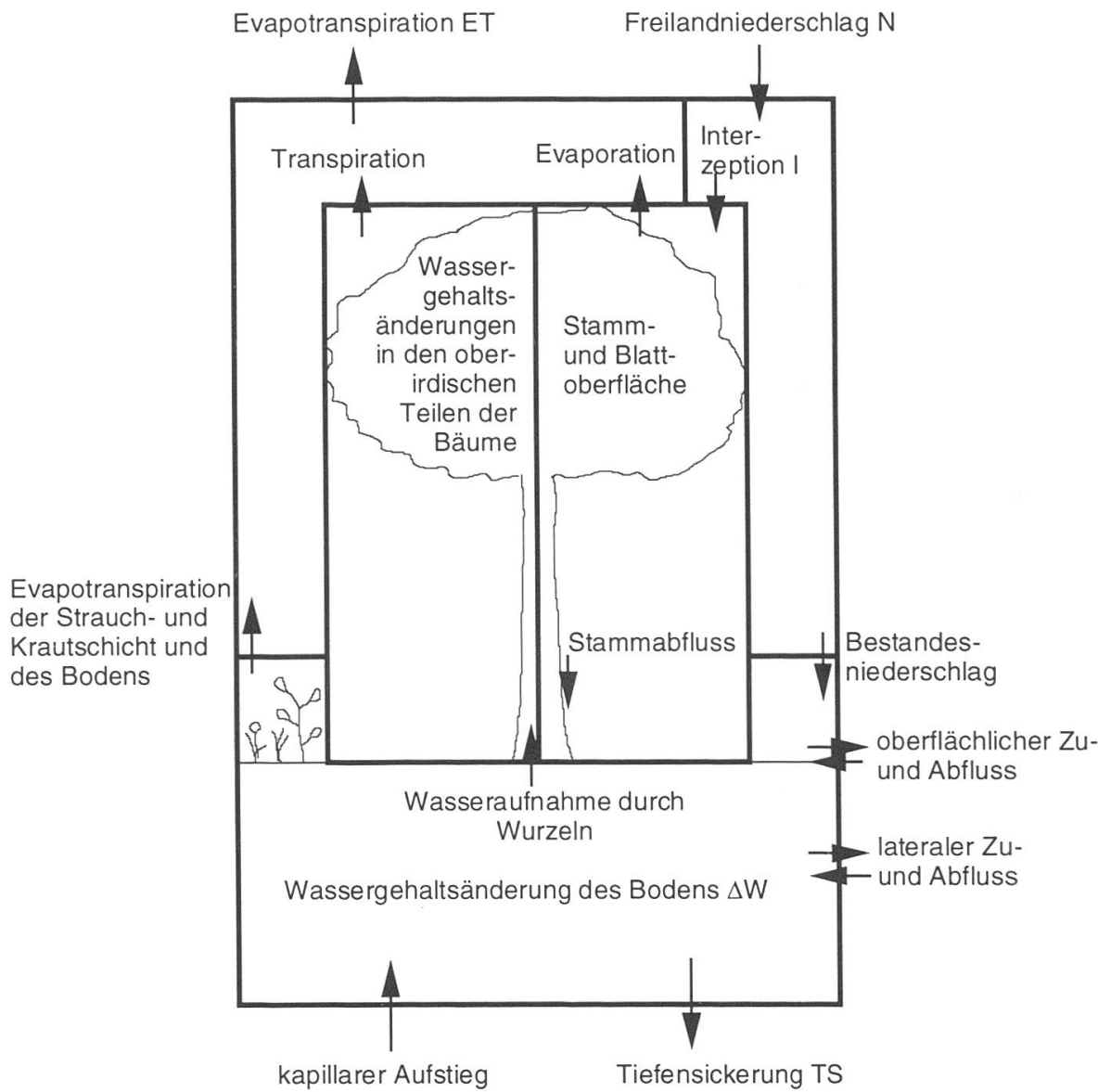


Abbildung 1. Modell des Wasserhaushaltes eines Waldstandortes. Neben den Grössen, die auch in den Gleichungen 1 und 2 erscheinen, stehen die verwendeten Abkürzungen. Fett umrahmt sind die Kompartimente Boden inklusive Bodenvegetation (ohne Bäume), oberirdische Baummasse, oberirdische Oberfläche der Bäume, Atmosphäre-Zufluss und Atmosphäre-Wegfluss.

In den vier Lysimetern der ETHZ in Sellenbüren wurde der Wasserhaushalt verschiedener Bäume untersucht (Eyer, 1984; Käppeli, 1986; Käppeli und Schulin, 1988). Je ein Lysimeter war von 1970 bis 1986 mit Pappeln, Weisserlen, Fichten und Gras bewachsen. Die Lysimeter wurden 1987 neu mit drei- bis vierjährigen Fichten bepflanzt und der Wasserhaushalt unter verschiedenen, künstlichen Niederschlagsbedingungen von 1988 bis 1990 untersucht (Stadler et al., 1995). Anschliessend wurden Niederschlag und Ausfluss weiter gemessen. Im folgenden werden diese Messdaten dargestellt und besprochen.

## 2. Lysimeteranlage in Sellenbüren

Die Anlage wurde von Käppeli und Schulin 1988 bereits eingehend beschrieben. Die vier Lysimeter befinden sich in der Mulde des Reppischtals auf 525 m ü. M. bei der ehemaligen Mühle von Sellenbüren (ZH). Die Reppisch fliesst in nordöstlicher Richtung. Die Lysimeter bestehen aus zylindrischen Betonbecken von 2,1 m Tiefe und 10 m Durchmesser. Sie wurden 1970 mit 30 cm Rundkies, dann 30 cm Filterkies und anschliessend mit 150 cm Boden aus der Nähe der Lokalform Winzlerboden (Richard und Lüscher, 1983) gefüllt. Der Ausfluss jedes Lysimeters wird über eine eigene Wippe mit 0,1 Liter Inhalt geführt und automatisch gemessen, und die täglichen Summen werden registriert. Seit August 1990 ist der Grundwasserspiegel auf 179 bis 181 cm unter der Bodenoberfläche eingestellt, das heisst in der Tiefe des Filterkieses. Der (Freiland-)Niederschlag wird 160 cm über Boden mit einer Niederschlagswippe ebenfalls mit einer täglichen Auflösung automatisch gemessen.

## 3. Niederschlag 1991 bis 1993

Die Niederschlagsmessungen von 1991 bis 1993 sind in *Tabelle 1* zusammengestellt. Es fällt auf, dass das Total des Jahres 1991 etwa ein Sechstel kleiner ist als diejenigen der zwei folgenden Jahre, die fast die gleiche Jahressumme aufweisen. Das Jahr 1991 weist besonders in den Sommermonaten Juli und August und im Oktober wenig Regen auf. Im Jahre 1992 fallen hingegen die niederschlagsreichen Monate Oktober und November auf. Das Jahr 1993 schliesslich weist ein ausgesprochen trockenes Frühjahr auf mit vernachlässigbaren Niederschlägen im Januar und keinen im Februar. Dagegen war der Juli mit 30% des Jahresniederschlages äusserst nass.

Betrachten wir die Niederschlagsmessungen der SMA mit dem langjährigen Mittel 1901 bis 1960, so fallen 1991 die trockenen Monate Februar, Juli, August und Oktober auf (siehe *Tabelle 1*), während im Juni und November

überdurchschnittlich viel Niederschlag fiel. Das folgende Jahr 1992 begann mit einem trockenen Januar. Weitere niederschlagsarme Monate waren der Mai und der Dezember. Letzterer folgte auf die zwei nassen Monate Oktober und November. Das Jahr 1993 wurde wiederum von einem trockenen Januar eingeleitet, gefolgt von den ebenfalls trockenen Monaten Februar und März. Die übrigen Monate wiesen ausser den nassen Monaten Juli und Dezember normale Werte auf. Die gesamten Niederschlagsmengen erreichten 1991 82 % des Mittels und entsprachen in den zwei folgenden Jahren etwa dem Mittel.

Tabelle 1. Niederschlag 1991 bis 1993.

	Sellenbüren			Zürich SMA*		
	1991 mm	1992 mm	1993 mm	1991 %**	1992 %	1993 %
Januar	67	16	8	87	24	36
Februar	22	80	0	31	93	39
März	63	96	33	92	131	72
April	69	92	107	71	101	89
Mai	149	36	116	130	28	122
Juni	189	175	152	152	83	93
Juli	51	119	364***	35	75	205
August	22	69	113	20	70	91
September	102	96	77	83	60	72
Oktober	42	165	94	40	209	123
November	133	191	57	178	242	73
Dezember	71	94	101	71	33	150
Total	980	1229	1222	82	96	104

\* Werte beruhen auf den entsprechenden, von Mai 1992 bis April 1994 publizierten Witterungsberichten in der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen.

\*\* in % des Mittels 1901 bis 1960.

\*\*\* Da der Regentmesser in Sellenbüren zeitweise defekt war, stammen die Regendaten vom 1. bis 21. Juli 1992 von der Messstation der WSL in Birmensdorf.

#### 4. Ausfluss von 1991 bis 1993

Die Bilanzgleichung, die die verschiedenen Flüsse miteinander verbindet, kann wie folgt geschrieben werden:

$$\Delta W = N - I - ET - TS \quad (1)$$

wobei  $\Delta W$  die Wassergehaltsänderung im Lysimeter, N den Freilandniederschlag, I die Interzeption, ET die Evapotranspiration und TS die Tiefensickerung bezeichnet. Die Interzeption entspricht der Menge Wasser, die verdunstet, ohne den Boden zu erreichen. Die Differenz N-I entspricht somit der Wassermenge, die den Pflanzen potentiell zur Verfügung steht, also der Summe aus

Stammabfluss und Bestandesniederschlag. In Sellenbüren haben wir die Grössen N und TS gemessen. Für die Grundwasserneubildung ist verständlicherweise die Tiefensickerung die entscheidende Grösse.

Die durchschnittlichen jährlichen Tiefensickerungsraten der vier Lysimeter betragen 1991 1,45 bis 1,97 mm/d bei einem Mittel von 1,64 mm/d, 1992 1,68 bis 2,42 mm/d bei einem Mittel von 1,94 mm/d und schliesslich 1993 1,69 bis 2,12 mm/d bei einem Mittel von 1,93 mm/d. Der über die vier Lysimeter gemittelte Ausfluss betrug in den Jahren 1991 bis 1993 597 mm, 711 mm und 704 mm (*Tabelle 2*). Vergleichen wir diese Werte mit den gemessenen Niederschlagswerten, so fällt auf, dass trotz der unterschiedlichen Mengen und der unterschiedlichen Verteilung jeweils 58 bis 61 % des Niederschlages die Lysimeter als Tiefensickerung verliessen. Im Jahre 1991 lag der Ausfluss aus Lysimeter 3 20 % über dem Mittel, und Lysimeter 4 entsprach ihm. Im folgenden Jahr war es umgekehrt. Die Lysimeter 1 und 2 erreichten in beiden Jahren rund 90 % des Mittels. Im dritten Jahr schliesslich lagen Lysimeter 1 und 4 10 % über dem Mittel, die andern zwei etwa gleich viel darunter.

*Tabelle 2.* Tiefensickerung 1991 bis 1993, gemessen an den vier Lysimetern in Sellenbüren.

	<i>Lys 1*</i>	<i>Lys 2</i>	<i>Lys 3</i>	<i>Lys 4</i>	<i>Mittel</i>	<i>TS<sub>r</sub>**</i>
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>%</i>
Total						
1991	531	557	717	584	597	61
1992	616	630	714	885	711	58
1993	768	615	657	774	704	58
	<i>mm/d</i>	<i>mm/d</i>	<i>mm/d</i>	<i>mm/d</i>	<i>mm/d</i>	
TS***						
1991	1,45	1,53	1,97	1,60	1,64	
1992	1,68	1,72	1,95	2,42	1,94	
1993	2,10	1,69	1,80	2,12	1,93	
N-TS****						
1991	1,23	1,16	0,72	1,08	1,05	
1992	1,67	1,63	1,41	0,94	1,41	
1993	1,24	1,66	1,55	1,23	1,42	

\* Lys 1 = Lysimeter 1, usf.

\*\* Tiefensickerung in % des Niederschlages (siehe *Tabelle 1*).

\*\*\* Tiefensickerung pro Tag.

\*\*\*\* Differenz Niederschlag-Tiefensickerung pro Tag.

Die höchsten Tiefensickerungsraten werden während der Vegetationsruhe gemessen (*Abbildung 2*). Davon ausgenommen sind natürlich die niederschlagsarmen Monate wie z.B. Februar 1991 und Januar 1992. Die Tiefensickerung im Juli 1993 zeigt aber auch, dass in extrem nassen Monaten selbst

im Hochsommer ansehnliche Mengen versickern können. Während der Vegetationsruhe, d.h. von Oktober bis Mai, beträgt die Tiefensickerung meist über 60% des gemessenen Freilandniederschlages, während der Vegetationsperiode ist sie meist unter 40% oder kann sogar fast versiegen. Nicht alle Monatswerte bestätigen diese Regel. Während der ersten Hälfte des sehr milden Aprils 1991 beispielsweise betrug die Tiefensickerung nur 43% der Niederschlagsmenge. Die hohen Tiefensickerungswerte im September und Oktober 1993 lassen sich jedoch weder mit besonders starken Niederschlägen noch tiefen Temperaturen erklären.

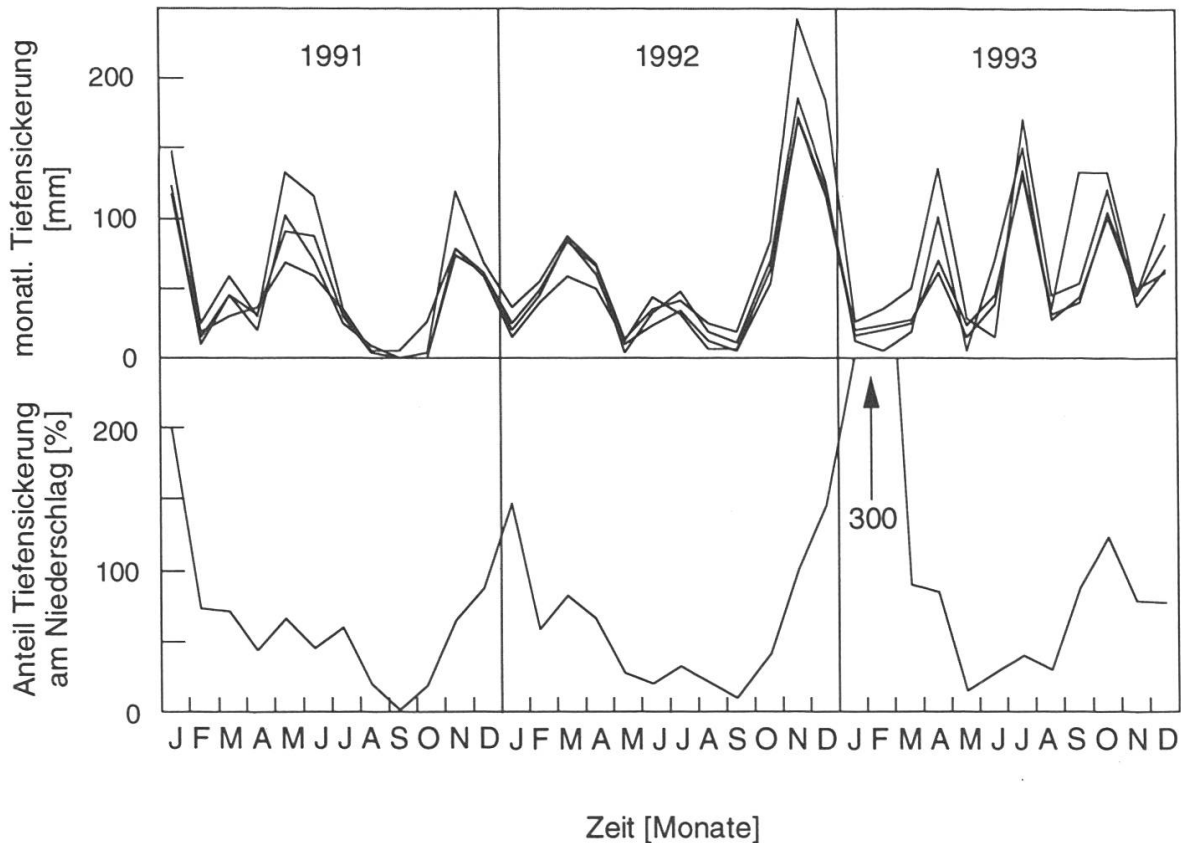


Abbildung 2. Tiefensickerung der vier Lysimeter von Januar 1991 bis Dezember 1993 (oben) und gemittelte Tiefensickerung in Prozenten des Freilandniederschlages für die gleiche Periode (unten).

Da die Wassergehaltsänderung von Jahresende zu Jahresende, verglichen mit dem Jahresniederschlag, klein ist, kann  $\Delta W = 0$  angenommen und übers ganze Jahr betrachtet vernachlässigt werden. Gleichung 1 lässt sich für diesen Fall wie folgt vereinfachen:

$$ET + I = N - TS \quad (2)$$

Mit unseren Messungen können wir die Evapotranspiration ET und die Interzeption I nicht getrennt erfassen. Die evapotranspirierten und interzep-

tierten Wassermengen – d. h. von den Pflanzen verbraucht und von der Bodenoberfläche und den Pflanzen direkt verdunstet – betrug 1991 0,72 bis 1,23 mm/d bei einem Mittel von 1,05 mm/d, 1992 0,94 bis 1,67 mm/d bei einem Mittel von 1,41 mm/d und 1993 schliesslich 1,23 bis 1,66 mm/d bei einem Mittel von 1,42 mm/d.

Die Summe aus Evapotranspiration und Interzeption für die einzelnen Monate zu berechnen ist nicht sinnvoll, da über kürzere Perioden die Wassergehaltsänderung  $\Delta W$  eine zu grosse Rolle spielt. Dies ist beispielsweise an den Tiefensickerungswerten ersichtlich, welche die Niederschlagsmengen übertreffen, wo also mehr aus dem Lysimeter heraus- als hineinfließt, da der Wassergehalt abnimmt.

## 5. Diskussion

Die Werte für Niederschlag und Tiefensickerung können von Jahr zu Jahr recht verschieden sein. Für die Vegetationsperiode, d. h. von Mai bis Oktober, betrug die Niederschläge in Sellenbüren 1991 1,5 mm/d, 1993 hingegen fast doppelt soviel, nämlich 2,5 mm/d. Die Tiefensickerung betrug denn auch 0,6 mm/d bzw. 1,2 mm/d. Der prozentuale Anteil der Tiefensickerung am Niederschlag unterschied sich indes wenig, 46 gegenüber 40 %. Im Jahr dazwischen, 1992, betrug der Niederschlag nicht viel mehr als 1991, nämlich 1,8 mm/d, der Anteil der Tiefensickerung am Niederschlag jedoch lag bei nur 26 %. Am gleichen Standort haben *Käppeli* und *Schulin* (1988) für zwei aufeinanderfolgende Jahre bei fast gleichen Niederschlägen ebenfalls recht unterschiedliche Tiefensickerungsanteile gefunden, 36 und 17 % (*Tabelle 3*).

Der Anteil der Tiefensickerung am Niederschlag betrug bei unserer Untersuchung für 8jährige Fichten rund 38 %, während *Käppeli* und *Schulin* (1988) 25 % für 18jährige Fichten am gleichen Standort berechneten. *Vogelsanger* (1986) berechnete für einen 90jährigen Buchen-Nadelmischwald in Laufenburg eine Tiefensickerung von nur 12 % des Niederschlages, *Benecke* (1984) für einen 85jährigen Fichtenbestand 23 %. Sellenbüren und Laufenburg sind insofern vergleichbar, dass beide Bodenprofile in einer Tiefe von 1,5 m bzw. 1,1 bis 2,4 m einen abrupten Wechsel von fein- zu grobkörnig zeigen. Übergänge von fein- zu grobkörnigem Material führen zu einem verstärkten Wasserrückhaltevermögen und damit zu einer besseren Verfügbarkeit des Wassers durch die Pflanzen (*Flühler*, 1988). Die gemessenen Tiefensickerungswerte in Prozenten des Niederschlages bei vergleichbaren Böden lassen daher vermuten, dass mit zunehmendem Bestandesalter infolge erhöhter Transpiration der Anteil der Tiefensickerung am Niederschlag abnimmt. Der höhere Wert für den Standort Hochsolling lässt sich mit einer tieferen Mitteltemperatur und einer damit verbundenen kleineren potentiellen Evapotranspiration und dem Fehlen einer Schotterunterlage erklären.



Table 3. Tiefensickerung, Niederschlag und Evapotranspiration in Sellenbüren und auf Vergleichsstandorten während der Vegetationsperiode und während eines Jahres.

Ort	Bestand*	Schottergrenze m	Bilanzierungs- Periode	d	Nieder- schlag mm/d	Tiefen- sickerung** mm/d	ETI*** mm/d	ΔW**** %	Autoren
Sellenbüren	8j. Fi	1,5	5.-10.91-93	3 x 184	3,9	1,5	-	-	diese Arbeit
Sellenbüren	18j. Fi	1,5	4.-10.84••	164	2,8	1,0	64	0•••	Käppeli und Schulin (1988)
Laufenburg	90j. Bu-Na	1,1-2,4	4.-11.85••	207	2,9	0,5	83	0	Vogelsanger (1986)
Hochsolling	85j. Fi	-	5.-10.78	180	3,5	0,4	92	-4	Benecke (1984)
			5.-10.69-75	7 x 184	3,0	0,7	82	-5	
Sellenbüren	8j. Fi	1,5	1.-12.91-93	3 x 365	3,1	1,8	41	0•••	diese Arbeit
Laufenburg	90j. Bu-Na	1,1-2,4	5.78-4.79	361	3,6	1,0	72	0,4	Vogelsanger (1986)
		1,1-2,4	4.79-3.80	362	3,2	0,5	84	1,1	
Hochsolling	85j. Fi	-	1.-12.69-75	7 x 365	2,9	1,2	60	0,01	Benecke (1984)

\* Fi = Fichte, Bu-Na = Buchen-Nadelmischbestand

\*\* in mm/d und in % des Niederschlages.

\*\*\* ETI = Evapotranspiration und Interzeption in mm/d und in % des Niederschlages.

\*\*\*\* Bodenwasserhaltsänderung in % des Niederschlages.

• ETI nicht berechenbar, weil ΔW nicht gemessen.

•• Ende April bis Anfang Oktober bzw. Mitte November.

••• Annahme, nicht gemessen.

Die Untersuchungen von *Vogelsanger* (1986) und *Benecke* (1984) lassen erkennen, dass die Wassergehaltsänderung im Boden während der Vegetationsperiode die Bilanzierung nur wenig beeinflusst. Die Änderung beträgt 4 bis 5 % des Niederschlages. *Käppeli* und *Schulin* (1988) haben die Wassergehaltsänderung denn auch vernachlässigt. Gleichung 2 kann somit für eine überschlagsmässige Bilanzierung auch während der Vegetationsperiode verwendet werden.

Für eine 12monatige Periode lassen sich grundsätzlich die gleichen Kommentare anbringen. Das niederschlagsarme Jahr 1991 (2,7 mm/d) führte zur kleinsten Tiefensickerung, nämlich 1,6 mm/d, die beiden Jahre 1992 und 1993 mit dem gleichen Jahresniederschlag (3,4 mm/d) zu gleichen, höheren Tiefensickerungsraten von 1,9 mm/d. Erstaunlich ist, dass der Anteil der Tiefensickerung am Niederschlag kaum schwankte, nämlich zwischen 58 und 61 %, und im niederschlagsärmsten Jahr 1991 sogar am höchsten war.

*Benecke* (1984) berechnete die grössten Tiefensickerungen, nämlich 60 % des Niederschlages, für das regenreiche Jahr 1970 und den kleinsten Wert von 29 % für das regenarme Jahr 1971 (*Tabelle 3*), wobei Tiefensickerung und Niederschlag miteinander korreliert waren ( $r = 0,94$ ). In jener Arbeit wurden Niederschläge von 2,2 bis 4,1 mm/d gemessen und Tiefensickerungsraten von 0,6 bis 2,4 mm/d. Die über sieben Jahre gemittelte Niederschlagsrate betrug 2,9 mm/d, die gemittelte Tiefensickerungsrate 1,2 mm/d. Der Tiefensickerungsanteil am Niederschlag betrug somit 40 %. *Vogelsanger* (1986) schliesslich bestimmte für 1978/79 und 1979/80 Niederschlagsraten von 3,6 bzw. 3,2 mm/d und Tiefensickerungsraten von 1,0 bzw. 0,5 mm/d. Während der ersten Bilanzierungsperiode betrug der Anteil der Tiefensickerung am Niederschlag 28 %, für die zweite nur 15 %. Die Messungen von *Vogelsanger* (1986) und *Benecke* (1984) zeigen deutlich, dass für eine zwölfmonatige Bilanzierungsperiode die Wassergehaltsänderungen im Boden vernachlässigbar sind.

Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass in einer Fichtendickung während der Vegetationsperiode rund 40 % der Niederschläge versickern und das Grundwasser anreichern, während eines ganzen Jahres sogar rund 60 %. Im Hochsommer, d. h. im Juli und August, kann die Tiefensickerung auch fast ganz verschwinden. Sie nimmt mit zunehmendem Alter ab, sofern der Bestand geschlossen bleibt. Das übrige Niederschlagswasser wird entweder interzeptiert und anschliessend verdunstet oder steht den Pflanzen zur Verfügung, während eines Jahres gemäss der Literatur etwa im Verhältnis 1:1 bis 1:3 (*Benecke*, 1984; *Riekerk*, 1985).

## Zusammenfassung

Das Niederschlagswasser wird teils interzeptiert und anschliessend verdunstet, teils infiltriert es in den Boden. Letzteres wird entweder von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und dann über die Blätter transpiriert, oder es versickert als sogenannte Tiefensickerung ins Grundwasser. Wasserbilanzen können entweder direkt im Wald oder in grossen, mit Erde gefüllten Behältern, sogenannten Lysimetern, gemessen werden.

Die vier Lysimeter der ETHZ in Sellenbüren, die mit Boden der Lokalform Winzlerboden gefüllt sind und einen Durchmesser von 10 m und eine Tiefe von 2,1 m aufweisen, sind 1987 mit 3- bis 4jährigen Fichten bepflanzt worden. Von 1991 bis 1993 wurden die Niederschläge und die Tiefensickerung gemessen. Im Jahre 1991 betrug die Regenmenge rund 80% des Normalwertes, in den zwei folgenden Jahren entsprach sie ihm. Die jährliche mittlere Tiefensickerung betrug 1991 nur 1,64 mm/d, dagegen 1992 1,94 mm/d und 1993 1,93 mm/d, was trotzdem in allen drei Jahren rund 60% der Regenmenge entspricht. Im Verlaufe eines Jahres schwankte dieser Anteil stark. So betrug er während der Vegetationszeit 0 bis 40%, von Oktober bis Mai hingegen über 60%. Da während einer Jahresperiode die Wassergehaltsänderung im Boden klein ist, kann die gesamthaft interzeptierte und transpirierte Wassermenge berechnet werden: 1991 1,05 mm/d, 1992 1,41 mm/d und 1993 1,42 mm/d. Die Tiefensickerungsrate ist eine Funktion der Niederschläge und des Klimas und nimmt, wie die Literatur zeigt, mit dem Bestandesalter ab.

## Résumé

### Mesure en lysimètres de l'infiltration en profondeur sur un sol forestier

La quantité d'eau présente dans un sol est un des paramètres les plus importants pour la végétation. L'eau qui provient de l'atmosphère (pluie, neige ou brouillard), est interceptée par les plantes et s'évapore directement, ou s'écoule en surface ou en profondeur. Une partie de l'eau d'infiltration est ensuite évacuée par transpiration des plantes alors qu'une autre partie s'infiltré en profondeur par les racines. Les bilans peuvent être calculés soit directement, sans perturbation, en forêt, soit en lysimètres, dans de grosses colonnes remplies de terre et plantées.

Cette étude s'est effectuée à Sellenbüren (ZH) sur quatre lysimètres (diamètre: 10 m; profondeur: 2,1 m) remplis du sol de forme locale Winzlerboden et dans lesquels des épicéas de 3 à 4 ans ont été plantés en 1987. De 1991 à 1993, on a mesuré les précipitations et les infiltrations en profondeur. En 1991, les précipitations ne représentaient que 80% de la valeur moyenne annuelle (calculée sur les données SMA (ISM) de 1901 à 1960), alors qu'elles approchaient cette moyenne pour 1992 et 1993. Les infiltrations s'élevaient à 1,64 mm/d en 1991, 1,94 mm/d en 1992 et 1,93 mm/d en 1993, ce qui représente environ 60% des précipitations globales, mais elles variaient entre 0 et 40% pendant la période de végétation (mai à octobre) et étaient supérieures à 60% en dehors (octobre à mai). Sur une période d'un an, la variation de la teneur en eau du sol est insignifiante. On a ainsi pu déterminer la valeur des quantités d'eau évaporée ou inter-

ceptée (indifféremment) à partir des mesures des précipitations et des infiltrations: on obtient respectivement 1,05 mm/d, 1,41 mm/d et 1,42 mm/d pour les années 1991, 1992, 1993. L'infiltration est entièrement fonction des précipitations et du climat, et une étude bibliographique sommaire permet de constater qu'elle est inversement proportionnelle à l'âge du peuplement forestier. Traduction: *O. Dury*

#### Literatur

- Anonymus*, 1989. Lysimeterdaten von schweizerischen Messstationen. Dokument 4. Bodenkundl. Gesellschaft der Schweiz, Zürich, 123 Seiten.
- Benecke, P.*, 1984. Der Wasserumsatz eines Buchen- und eines Fichtenökosystems im Hochsolling. Schriften Forstl. Fak. Göttingen, Band 77. Sauerländer's Verlag Frankfurt am Main, 158 Seiten.
- Eyer, W.*, 1984. Einfluss verschiedener Bestockungen auf den Boden. Diplomarbeit, Inst. f. Wald- u. Holzforsch. Bodenphysik, ETH Zürich, 59 Seiten, unveröffentlicht.
- Flühler, H.*, 1988. Tiefensickerung über einer Schotterunterlage. SIA-Bulletin 6: 145–148.
- Grebet, Ph.*, und *Cuenca, R. H.*, 1991. History of lysimeter design and effects of environmental disturbances. p. 10–18. In: *Allen, R. G., Howell, T. A., Pruitt, W. O., Walter, I. A. and Jensen, M. E.* (eds). Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements. Amer. Soc. Civil Eng., New York.
- Howell, T. A., Schneider, A. D. und Jensen, M. E.*, 1991. History of lysimeter design and use for evapotranspiration measurements. p. 1–9. In: *Allen, R. G., Howell, T. A., Pruitt, W. O., Walter, I. A. and Jensen, M. E.* (eds). Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements. Amer. Soc. Civil Eng., New York.
- Käppeli, T.*, 1986. Modellierung des Wasserhaushaltes von Waldbeständen im Hinblick auf waldbaulich-standortkundliche Anwendungen, dargestellt am Beispiel der Grosslysimeter Sellenbüren. Diplomarbeit, Inst. f. Wald- u. Holzforsch. Bodenphysik, ETH Zürich, 121 Seiten, unveröffentlicht.
- Käppeli, T.*, und *Schulin, R.*, 1988. Lysimeteruntersuchungen zur Wasserbilanz von Pappel, Weisserle, Fichte und Gras auf einem sandigen Boden über Schotter. Schweiz. Z. Forstwesen 139: 129–143.
- Richard, F.*, und *Lüscher, P.*, 1983. Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Band 3, Sonderreihe, Eidg. Anst. forstl. Versuchswesen, Birmensdorf.
- Riekerk, H.*, 1985. Lysimetric measurement of pine evapotranspiration for water balances. p. 276–281. In: Advances in Evapotranspiration. Proc. Nat. Conf. Adv. Evapotranspiration. Amer. Soc. Agric. Eng., St. Joseph.
- Stadler, D., Käppeli, T., Leuenberger, J., Buchter, B.*, und *Flühler, H.*, 1995. Reduktion der Wasseraufnahme von Fichten bei Trockenheit. Schweiz. Z. Forstwesen, 146: 277–294.
- Vogelsanger, W.*, 1986. Der Wasserhaushalt eines zweischichtigen Bodenprofils unter Waldbestockung, dargestellt an einer sandigen Parabraunerde über Schotter. Eidg. Anst. forstl. Versuchswesen., Mitt. 62 (2): 103–327.

*Verfasser:* Dr. Bernhard Buchter und Jörg Leuenberger, Institut für terrestrische Ökologie der ETHZ, Bodenphysik, Grabenstrasse 3, CH-8952 Schlieren.