

BEITRAG ZUM WASSERHAUSHALT SUBALPINER BÖDEN

Contribution to the water economy of subalpine soils

L'économie de l'eau sur les sols subalpins

К водному режиму субальпийских почв

von

Anna CZELL

**Anschrift des Verfassers:**  
Dipl.-Ing.Dr. Anna CZELL  
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien  
Außenstelle für subalpine Waldforschung in Innsbruck  
Bodenkundliches Labor  
Langgasse 64 A-6460 Imst

## EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Innerhalb der Probleme, die sich mit dem Wasserhaushalt von Böden im subalpinen Bereich der Waldgrenze befassen, ist die Aufnahmefähigkeit und Versickerung des leicht beweglichen Wassers im Bodeninneren und der Abfluß des Niederschlagswassers an der Bodenoberfläche von besonderem Interesse.

In erster Linie sind Freilandversuche dazu geeignet, Antwort auf derartige Fragen der Wasserbewegung zu geben. Hans BURGER hat in den Jahren 1934 - 55 zum großen Teil im subalpinen Gebiet der Waldgrenze in der Schweiz wertvolles Erfahrungsmaterial über die Wasserbewegung in Böden aus Freilandversuchen gesammelt. Seine Erfahrungen erbrachten viele Anregungen für die in Imst, Tirol, zur Klärung von Fragen der Wasserbewegung angestellten Laboratoriumsuntersuchungen, und seine Ergebnisse dienten den Laboratoriumsergebnissen zum Vergleich.

Die Aufgabe dieser Arbeit lag in der Untersuchung folgender Fragen:

1. Ist es methodisch möglich, für Böden des subalpinen Bereichs der Waldgrenze
  - a) den spezifischen Vorrat leicht beweglichen Wassers,
  - b) die spezifische Versickerungsgröße und
  - c) als Voruntersuchung den Abfluß nach einem Gewitterregen von 100 mm in der Stunde zu bestimmen.
2. Wie groß ist die Bevorratungsmöglichkeit (kurz der Vorrat) und die Versickerung in Böden des subalpinen Bereichs der Waldgrenze.
3. In welcher Größenordnung lassen sich Abflußmengen nach einem Gewitterregen von 100 mm in der Stunde in Böden zweier klimatisch verschiedener Einzugsgebiete im subalpinen Bereich der Waldgrenze erfassen (Voruntersuchung).

Diese Fragestellungen liegen sowohl im Interesse wissenschaftlicher Forschung als auch im Interesse der praktischen Forstwirtschaft und Wildbachverbauung. In Tirol hat Dipl. Ing. Siegfried STAUDER sich sehr um Freilandversuche mit ähnlicher Fragestellung bemüht und ein Teil seiner Versuchsböden aus dem subalpinen Bereich der Waldgrenze im Finsing/Zillertal wurde auch im Laboratorium in Imst bearbeitet, so daß für zukünftige Abstimmungs- und Vergleichsmöglichkeiten von Freiland- und Laborversuchen Vorsorge getroffen ist. Außer den Böden aus dem Finsing wurden in Imst Böden aus dem klimatisch sehr unterschiedlichen Obergurgl im Ötztal bearbeitet.

Von Obergurgl liegen Vegetationskarten von Irmtraud NEUWINGER vor, das Finsing hat Hugo SCHIECHTL in vegetationskundlicher Hinsicht kartiert.

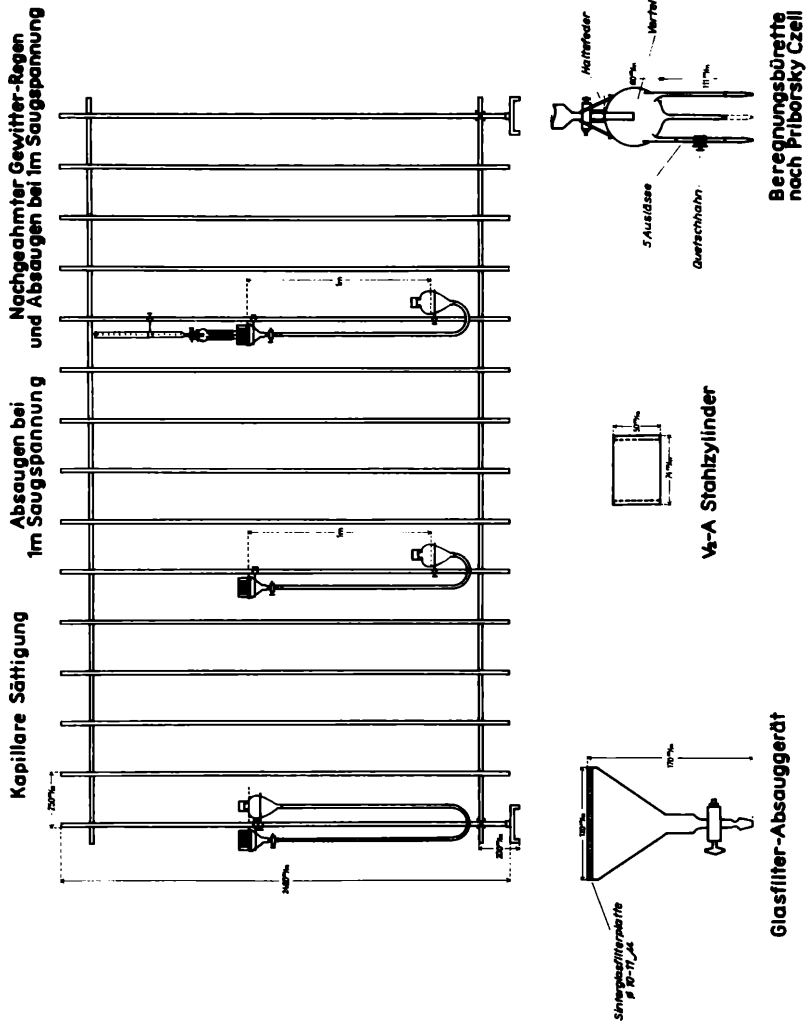
## METHODIK

Abb. 1, 2 und 3 zeigen die verwendeten Apparaturen. Es handelt sich dabei um Kapillarimeter, die zwischen 1920 und 1930 von R. FISCHER, Lehrkanzel für Wasserbau an der Hochschule für Bodenkultur Wien entworfen, von DONAT 1937 und 38 publiziert und auch von SEKERA 1938 verwendet wurden.

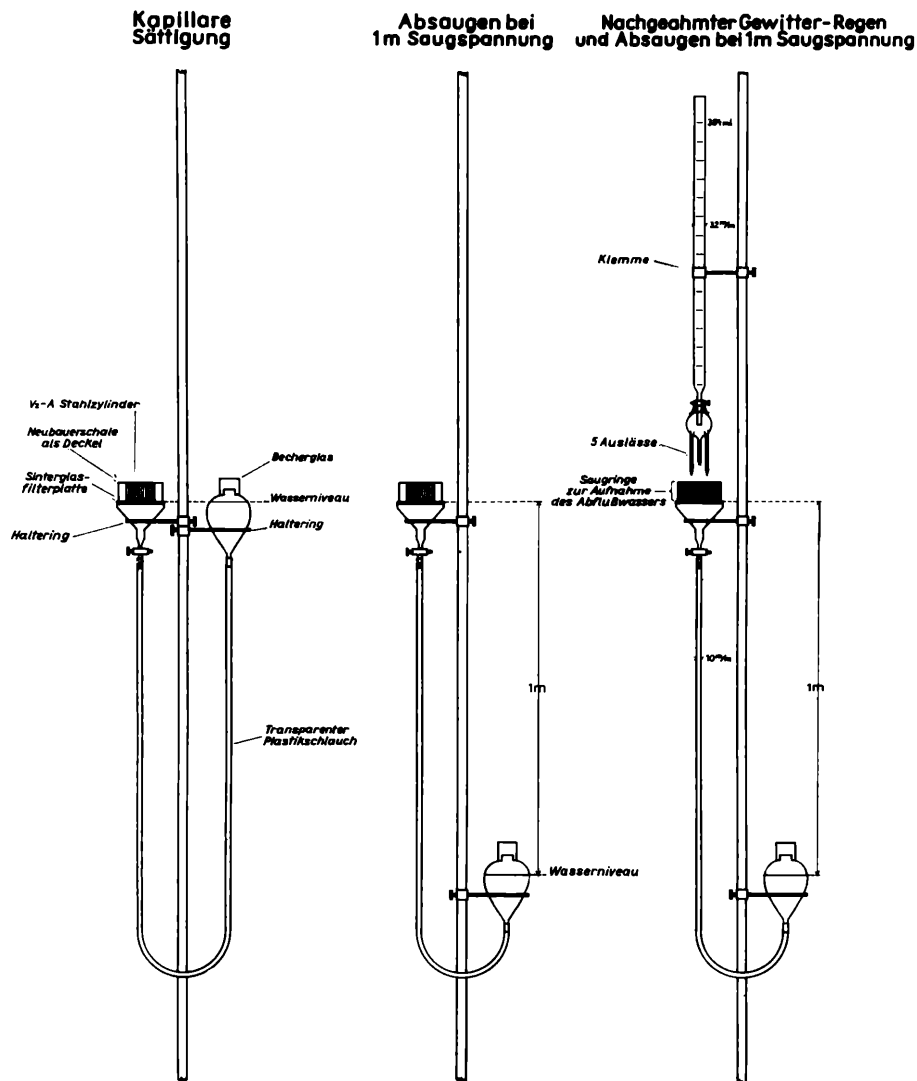
Das Prinzip der Kapillarimeter ist, leichte Unterdrucke wie sie der natürlich gewachsene Boden bis zur Bodenoberfläche ausübt, zu erzeugen, um damit den groben Bodenkapillaren von etwa 10 30 My das in ihnen festgehaltene, leicht bewegliche Wasser zu entziehen. Das Gerät versucht demnach ein natürliches Kapillarsystem annähernd nachzuahmen, dem zwischen Grundwasser und Bodenoberfläche die Wasserbewegung im Boden obliegt. Dem Grundwasserspiegel oder -strom entspricht das Niveaugefäß, dem kapillaren Zug des natürlichen Bodens zwischen Grundwasser und Bodenoberfläche die Sinterglasfilterplatte in Verbindung mit der Wassersäule, die vom Niveaugefäß nach oben führt. Damit der vorhandene Unterdruck, man nennt ihn Saugspannung, sich auf die zu untersuchende Bodenprobe gleichmäßig verteilt und sich in ihr fortsetzen kann, wird der Querschnitt der Wassersäule in einem Trichter erweitert, den eine Sinterglasfilterplatte nach oben zu abschließt. Die Bodenprobe wird auf diese Platte aufgesetzt. Beim Absaugvorgang wird dem natürlichen Kapillardruck in der Probe eine künstliche Saugspannung entgegengesetzt. Der Absaugvorgang ist identisch mit dem Entwässerungsvorgang und entspricht annähernd der Versickerung in der Natur. Entsprechend der Saugspannung eines mittelfeuchten gewachsenen Mineralbodens mittlerer Körnung in Anlehnung an Untergründe im subalpinen Bereich der Waldgrenze wurde im Laboratorium mit der Saugspannung von einem Meter Wassersäule entsprechend 0,1 At Unterdruck gearbeitet. Zur Überprüfung dieser, aus der Literatur (DONAT 1937 und 38 und SEKERA 1938) übernommenen Größe von 0,1 At Unterdruck, wurde die Saugspannung eines gewachsenen Bodens (Mineralboden mittlerer Körnung) in folgender Weise bestimmt: kapillar gesättigte Zylinderproben wurden zunächst im Labor mit definierter Saugspannung 5 Minuten abgesaugt, gewogen und neuerdings kapillar aufgesättigt. Hierauf wurden sie raschest (innerhalb von 20 Sekunden) auf den gewachsenen Boden im Gelände zum Absaugen aufgesetzt und ebenfalls 5 Minuten abgesaugt. Dies wurde oftmals in verschiedensten Stadien der Bodenfeuchte gemacht. Schließlich stellte sich folgendes heraus: Bei großer Trockenheit und großer Nässe wurden Saugspannungen von 0,05 0,03 At gemessen; bei mittlerer Feuchtigkeit im Bereich von 50 - 80 % der maximalen, kapillaren Sättigung Saugspannungen um 0,1 At. Dieses Ergebnis war

Abb. 1

# Kapillarimeteranlage



**Abb. 2**



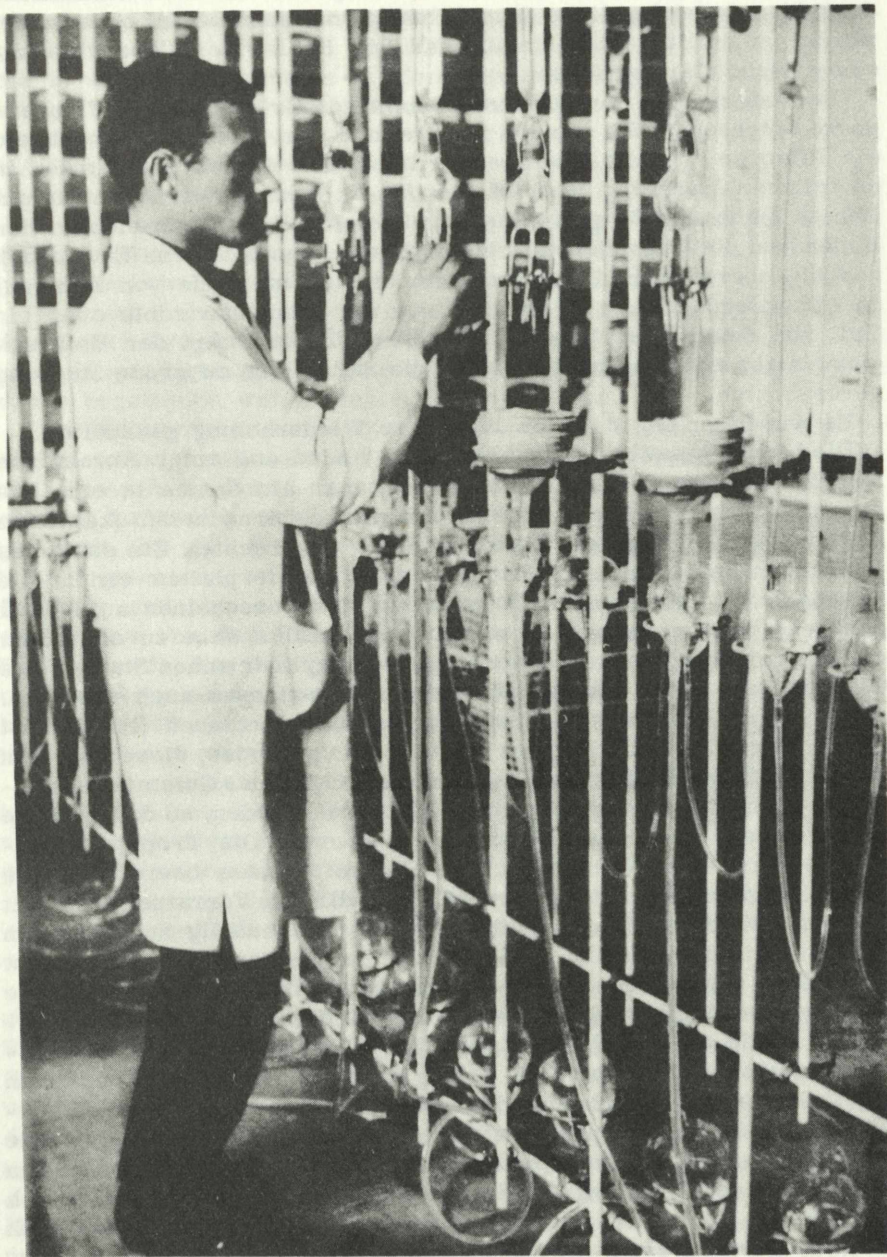


Abb. 3 Kapillarimeteranlage in Betrieb

äußerst befriedigend und wenn in der Folge für alle zu untersuchenden Böden die einheitliche Saugspannung von einem Meter angewendet wurde, so in dem Bewußtsein, daß der Fehler der Laboruntersuchung nicht allzu groß sei.

Die Bodenproben wurden aus technischen Gründen ohne Pflanzendecke untersucht. Sie wurden im Freiland erst genommen, nachdem die Pflanzen und die Streu entfernt worden waren. Sie wurden in natürlicher Lagerung in nahtlosen V<sub>2</sub>-A Stahlzylindern von 70 mm lichter Weite und 50 mm Höhe durch vorsichtiges Eindrehen in den Boden und Herausheben mit einem Messer entnommen. Es wurden nur die obersten Horizontabschnitte bis in eine Tiefe von maximal 15 cm untersucht, d.h. zumeist nur die Humushorizonte oder ein Teil von ihnen. Der Untergrund konnte in diese Art der Untersuchung nicht einbezogen werden, da die Steine eine zu große Streuung verursachten.

Es wurde in 6-, 8- oder 16-facher Wiederholung gearbeitet.

Die Kapillarimeteranlage Abb. 1 und 3 wird aus einer Anzahl von Einzelementen zusammengebaut, die man am besten in eine bestimmte Arbeitsstellung versetzt und dort dauernd beläßt (kapillare Sättigung links, Absaugen Mitte und Beregnung rechts). Ein ständiges Verändern der Niveaugefäße und Sinterglasfilterplatten erhöht die Bruchgefahr. Arbeitsstellung links und Mitte erscheinen auf Abb. 2 genügend beschrieben; zu Arbeitsstellung rechts wäre zu ergänzen; die Beregnungsbürette besteht aus einem zylindrischen Stutzen aus Glas und aus einer Verteilerspinne mit 5 Auslässen auch aus Glas. Die Auslässe sind durch einen kurzen Gummischlauch (Plastik ist nicht genug elastisch) mit den Endstücken verbunden; diese sind fein zugeschliffen. Mittels eines Quetschhahnes kann das Gummischlauchstück mehr oder weniger zusammengedrückt werden, so daß größere oder kleinere Tropfen erzeugt werden können. Die Tropfgeschwindigkeit wird vom Wasserdruck im Vorratsstutzen beeinflusst. Die Verteilerspinne wird vom oberhalb befindlichen Vorratsstutzen mit Wasser beliefert. Die Endstücke waren gleichmäßig zugeschliffen worden, mit der Absicht, gleich große Tropfen erzeugen zu können. Da jedoch mit abnehmendem Wasserdruck im Vorratsstutzen die Tropfgeschwindigkeit schon nach wenigen Minuten des Tropfens abnahm, wurde auf eine Anregung von W. HENGL, Innsbruck, die Geschwindigkeit vergrößert. Es gelang, durch dauerndes Überwachen des Tropfvorganges und durch dauerndes Manipulieren an den Quetschhähnen, die Tropfgeschwindigkeit so einzustellen, daß in einer Stunde 100 mm Regen heruntertropften. Die Tropfengröße wechselte. Ein Wechsel in der Tropfengröße ist nach Meinung des Verfassers auch gleichgültig, denn bei einem natürlichen Gewitterregen fallen auch Tropfen verschiedener Größe (Beobachtungen des Verf.).

In diesem Zusammenhang sind wertvolle Anregungen zum Problem der Regentropfen zu erwähnen, die dem Sammelband von PARR und

BERTRAND (1960) entnommen wurden: EKERN und MUCKENHIRN sprechen (1947) von Injektionsnadeln, mittels welcher der Regen aufgetropft wurde, LAWS und PARSONS (1943) von Schüsseln mit Mehl, die in den Regen gestellt wurden, um mit Hilfe von Regentropfen teigige Kügelchen zu erhalten, die dann im Ofen getrocknet und gewogen wurden, um Durchschnittsgewichte von Tropfen zu erhalten. MAGARVEY und TAYLOR (1956) berichten über einen Apparat zur Erzeugung großer Wassertropfen u. s. w. Die mit großem Fleiß und Aufwand in großer Zahl an verschiedensten Orten Amerikas durchgeführten Untersuchungen konnten wohl Anregungen geben, aber wegen ihrer zu weitgehenden Spezialisierung nicht übernommen werden.

Den natürlichen Verhältnissen Rechnung tragend, stand während des Gewitterregens der Boden unter Saugspannung von 0,1 At. Sie war nie groß genug, das Wasser des 100 mm-Regens abzusaugen, daher ergab sich wie in der Natur ein Abfluß.

Das Abflußwasser wurde von Saugringen aus Wettex, einem Kunststoffmaterial, aufgenommen (Abb. 2 rechts). Dieses Material hat die Eigenschaft, das 15-fache seines Eigengewichtes an Wasser aufnehmen zu können. Die Saugringe wurden angefeuchtet, stark ausgedrückt und nach Wägung auf die Zylinder aufgezogen. Es wurden 9 Stück gebraucht, um den Abfluß aufnehmen zu können. Der unterste Saugring saß plan auf der Sinterglasfilterplatte auf und nahm als erster das von der Platte nicht mehr aufgenommene Wasser auf. Dieses wurde ihm von den oberen Ringen allmählich entzogen. Der oberste Ring nahm jenes Wasser auf, das aus dem Stahlzylinder herausspritzte. Die Spritzwassermenge war aber so klein, daß sie vernachlässigt wurde.

Die Idee mit den Saugringen stammt von Ulrich PRIBORSKY, Inhaber der Firma Gatt, Innsbruck. Er schlug ursprünglich Ringe aus starkem Filtrierpapier vor, die sich aber weniger bewährten als die später verwendeten Wettexringe.

Zur Beregnung und Füllung der Niveaugefäße sowie des Trichter-raums unterhalb der Sinterglasfilterplatte wurde filtriertes Regenwasser verwendet.

Die Untersuchungen wurden in drei Abschnitten 1963, 64 und 65 durchgeführt. Der 1. und 2. Abschnitt war dem leicht beweglichen Wasser und den Versickerungsgrößen (Versickerungsmengen in der Zeiteinheit) gewidmet, während im 3. Abschnitt auf die Ermittlung von Abflußgrößen hingearbeitet wurde. Im 1. und 2. Abschnitt wurden die Bodenproben in naturfeuchtem Zustand gewogen und dann zur kapillaren Sättigung 24 Stunden aufgesetzt (zugedeckt!). Nach 24 Stunden wurde mit der Entwässerung begonnen und schon nach fünf Minuten die erste Kontrollwägung gemacht. Danach kam die Bodenprobe wieder auf das Kapillarimeter, wo die Entwässerung fortgesetzt wurde. Die weiteren Kontrollwägungen erfolgten (vom Anfang an gerechnet) nach 10, 15, 30, 60, 90, 120 und 1200 Minuten. Hernach

# Tab 1

## Entwässerung eines Bodenabschnittes

in der Tiefe von 0-5 cm .....  $\begin{cases} A_H \dots 2 \text{ cm durch } 1 \text{ m Saugspannung } (0,1 \text{ At}) \\ A_E \dots 2 \text{ cm} \\ B_S \dots 1 \text{ cm} \end{cases}$

Ausgangszustand: kapillare Sättigung, Wägungen nach 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120 u. 1200 Minuten

| Zyl. Kap.<br>No. ges.<br>Z+B | D     | 0-5' | D     | 5-10' | D     | 10-15' | D     | 15-30' | D     | 30-60' | D     | 60-90' | D     | 90-120' | D     | 120-1200' |       |
|------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| 55                           | 379,0 | 6,9  | 372,1 | 1,8   | 370,3 | 1,3    | 369,0 | 3,1    | 366,0 | 3,1    | 362,9 | 2,7    | 360,2 | 1,1     | 359,1 | 9,9       | 349,2 |
| 56                           | 386,2 | 4,2  | 382,0 | 1,1   | 380,9 | 1,1    | 379,8 | 3,0    | 376,8 | 3,6    | 373,2 | 3,7    | 369,5 | 1,6     | 367,9 | 11,4      | 356,5 |
| 57                           | 385,3 | 3,2  | 382,1 | 1,1   | 381,0 | 1,0    | 380,0 | 2,8    | 377,2 | 3,7    | 373,5 | 3,4    | 370,1 | 1,5     | 368,6 | 12,8      | 355,8 |
| 58                           | 388,9 | 5,0  | 383,9 | 1,1   | 382,8 | 1,0    | 381,8 | 2,9    | 378,9 | 3,3    | 375,6 | 3,8    | 371,8 | 1,6     | 370,2 | 13,0      | 357,2 |
| 60                           | 355,2 | 3,2  | 352,0 | 2,0   | 350,0 | 1,1    | 348,9 | 2,8    | 346,1 | 3,3    | 342,8 | 2,9    | 339,9 | 1,5     | 338,4 | 12,6      | 325,8 |
| 61                           | 386,8 | 8,5  | 378,3 | 0,9   | 377,4 | 1,2    | 376,2 | 2,3    | 379,9 | 3,3    | 370,6 | 2,6    | 368,0 | 1,3     | 366,7 | 12,4      | 354,4 |
| 62                           | 376,8 | 2,8  | 374,0 | 1,4   | 372,6 | 1,6    | 371,0 | 3,0    | 368,1 | 4,4    | 363,6 | 3,0    | 360,6 | 1,6     | 359,0 | 12,8      | 346,2 |
| 63                           | 370,1 | 3,1  | 367,0 | 1,6   | 365,4 | 1,5    | 363,9 | 3,7    | 360,2 | 4,0    | 356,2 | 3,3    | 352,9 | 1,6     | 351,3 | 11,2      | 340,1 |
|                              | 378,5 | 4,6  |       | 1,4   |       | 1,2    | 2,9   |        |       | 3,6    |       | 3,2    |       | 1,5     |       | 12,0      | 348,2 |

Durchschnittlich in 5 Minuten abgesaugte Wassermenge:

in den ersten, in den zweiten, in den dritten, in den 4.-6., in den 7.-12., 13.-18., 19.-24., 25.-240. 5 Minuten

| Vol% g | Vol% g | Vol% g | Vol% g | Vol% g | Vol% g | Vol% g | Vol% g | Vol% g | Vol% g |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2,3    | 4,6    | 0,7    | 1,4    | 0,6    | 1,2    | 0,5    | 1,0    | 0,3    | 0,6    |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|        |        |        |        | </     |        |        |        |        |        |

Aus der Differenz zwischen kapillar aufgesättigtem... 378,5 und lange abgesaugtem Boden ergibt sich das 348,2

leicht bewegliche Wasser

wurde die Untersuchung abgebrochen und die Böden bei 105 Grad im Trockenschrank getrocknet. Das spezifische Gewicht und das Porenvolumen wurden bei allen Proben bestimmt. Im 3. Arbeitsabschnitt wurden die naturfeuchten Proben analog Abschnitt 1 und 2 kapillar gesättigt und dann entwässert; doch wurde die Entwässerungszeit auf 5 Minuten beschränkt, da sich im 1. und 2. Abschnitt gezeigt hatte, daß der Entwässerungswert der ersten fünf Minuten signifikant für die Entwässerung sei. Nach dieser 5-Minuten-Entwässerung wurde die Bodenprobe neuerlich zur kapillaren Sättigung aufgesetzt; sie war nach 4 Stunden erreicht. Hierauf wurde die Bodenprobe im Zustand kapillarer Sättigung aufgesetzt und mit 100 mm in der Stunde beregnet. Während der Beregnung wirkte wie in der Natur auf die Bodenprobe eine Saugspannung von 0,1 At ein. Nach der Beregnung wurde die Bodenprobe - nunmehr im Zustand voller Wassersättigung - gewogen und hernach nochmals 5 Minuten abgesaugt, gewogen und 1200 Minuten abgesaugt. Der Abfluß wurde durch Differenzwägung der Saugringe bestimmt.

1963 wurden 8 Böden mit je 3 Horizontabschnitten in 8-facher Wiederholung, 1964 4 Böden mit je 2 Horizontabschnitten in 16-facher Wiederholung und 1965 22 Böden mit je 2 Horizontabschnitten in 6-facher Wiederholung bearbeitet.

## ERGEBNISSE

### VERSICKERUNGSGRÖSSEN UND LEICHT BEWEGLICHES WASSER

Tab. 1 zeigt am Beispiel eines Bodenabschnittes aus dem Laborbuch wie die Werte für Entwässerung und leicht bewegliches Wasser zustande kamen. Links in der ersten Spalte sind die Zylindernummern, in der zweiten Spalte die Gewichte der kapillar gesättigten Böden, in allen weiteren Spalten mit hohen Zahlen die Gewichte der allmählich entwässerten Böden und in den mit "D" bezeichneten Spalten die Differenzen in Gramm angeführt.

Es wurde weiter vorne ausgeführt, daß die Saugspannung im Laboratorium auf Basis von 0,1 At annähernd natürlichen Saugspannungsverhältnissen entspricht, wenn der Boden im Gelände mäßig feucht ist. Diese Tatsache berechtigt dazu, die Entwässerungsvorgänge im Labor den Versickerungsvorgängen in der Natur annähernd gleichzusetzen.

Es wird daher in der Folge nicht mehr von Entwässerung, sondern von Versickerung gesprochen.

Der Verlauf der Versickerung erfolgt in einem ganz bestimmten Rhythmus: in den ersten 5 Minuten versickert sehr viel, bis zur Hälfte (und mehr)

## Tab 2

### Verlauf der Versickerung in 5 Minuten Abständen

Ausgangszustand: kapillare Wassersättigung

Es versickern: in den obersten 5 cm in aufeinanderfolgenden  
5 Minuten folgende %-Anteile des K/bW.

|    |    |    |       |        |         |         |          |    |
|----|----|----|-------|--------|---------|---------|----------|----|
| 1. | 2. | 3. | 4.-6. | 7.-12. | 13.-18. | 19.-24. | 25.-240. | 5' |
| %  | %  | %  | %     | %      | %       | %       | %        | %  |

#### Pflanzendecke

#### Boden

|                                     |                                 |      |     |     |     |     |     |     |      |
|-------------------------------------|---------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| <i>Mähweide</i>                     | <i>hum. sand. Lehm</i>          | 48,0 | 7,0 | 4,5 | 2,3 | 1,3 | 0,6 | 0,5 | 0,09 |
| <i>Fichtenwald Oxalistyp</i>        | <i>Eisenpodsol Großform</i>     | 47,7 | 6,2 | 3,9 | 2,5 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | 0,07 |
| <i>mitteldichte Alpenrosenheide</i> | <i>Fe-Humus-Podsol Großform</i> | 46,7 | 5,8 | 4,2 | 2,2 | 1,2 | 0,8 | 0,2 | 0,1  |
| <i>Waldweide</i>                    | <i>Eisenpodsol Großform</i>     | 38,0 | 5,0 | 3,4 | 2,2 | 1,4 | 0,7 | 0,6 | 0,13 |
| <i>schütterere Beerenheide</i>      | <i>Brauner Ranker</i>           | 32,0 | 8,7 | 3,7 | 2,0 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,17 |
| <i>schütterere Beerenheide</i>      | <i>Semipodsol Kleinform</i>     | 30,0 | 6,3 | 5,2 | 3,0 | 1,6 | 0,9 | 0,8 | 1,0  |
| <i>Weide festgetreten</i>           | <i>Pseudogley</i>               | 29,6 | 6,3 | 3,8 | 2,3 | 1,1 | 1,0 | 0,5 | 0,2  |
| <i>Nardetum</i>                     | <i>Rasen-Eisenpodsol</i>        | 18,7 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 1,3 | 0,6 | 0,5 | 0,2  |

## Tab 3

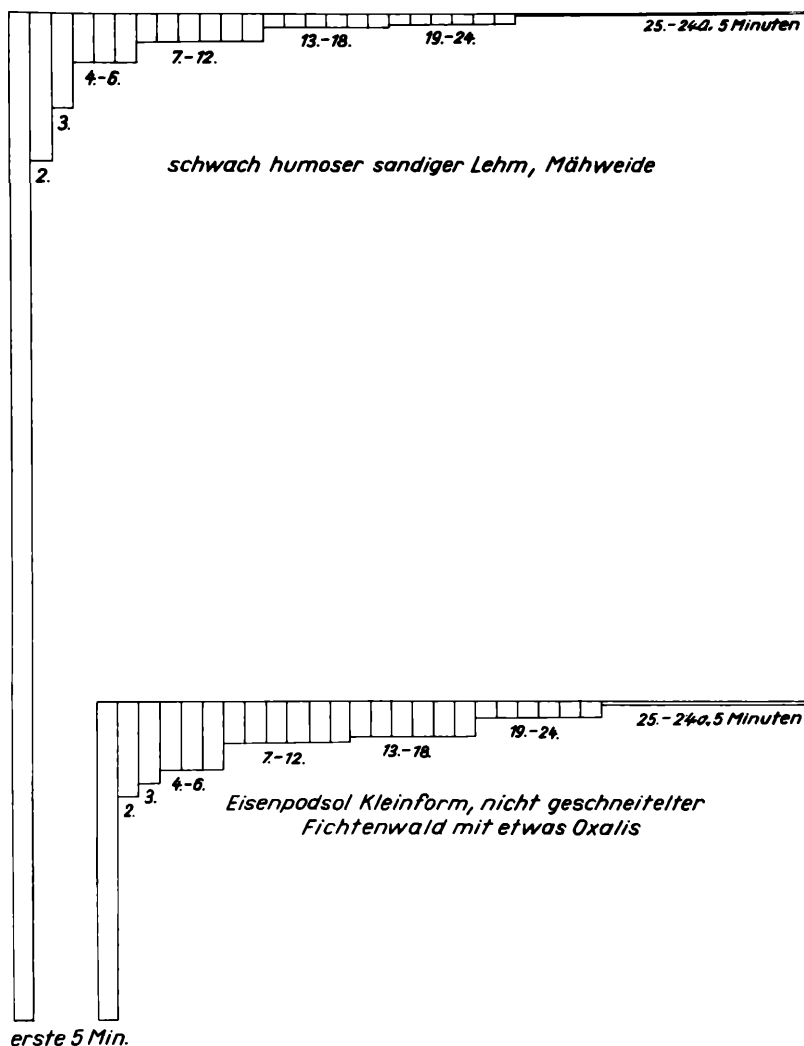
# Vorrat und Versickerung des kapillar leicht beweglichen Wassers in subalpinen Böden

Reihung nach dem k lbW, das in einer Stunde  
in den obersten 5 cm versickert  
Liter/m<sup>2</sup>

| Zylinder-<br>Probe<br>Tiefe | Horizontfolge<br>und | Exp. Bodentypus                                    | Vegetations-oder<br>Nutzungstyp | Vorrat<br>an klbW<br>Liter/m2       | Versickerung<br>in einer Stunde<br>Liter/m2 % |
|-----------------------------|----------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|
| cm                          |                      |                                                    |                                 |                                     |                                               |
| 0-5                         | 1. .AF 4. .AH        | <i>Fe-Humuspodsol Graßform</i>                     | WNW                             | <i>mitteldichte Alpenrosenheide</i> | 60,1                                          |
| 5-10                        | 1. .AH 4. .AE        |                                                    |                                 |                                     | 43,5                                          |
| 10-15                       | 1. .AE 4. .BH        |                                                    |                                 |                                     | 31,8                                          |
| 0-5                         | 3. .AF 2. .AH        | <i>Eisenpodsol</i>                                 | NNW                             | <i>Fichtenwald Oxalis</i>           | 61,5                                          |
| 5-10                        | 3. .AH 4. .AE        |                                                    |                                 |                                     | 39,3                                          |
| 10-15                       | 5. .AE               |                                                    |                                 |                                     | 41,5                                          |
| 0-5                         | 5. .A                | <i>hum. sand. Lehm<br/>schwach hum. sand. Lehm</i> | N                               | <i>Mähweide</i>                     | 63,1                                          |
| 5-10                        | 5. .A                |                                                    |                                 |                                     | 56,7                                          |
| 10-15                       | 5. .Bs               |                                                    |                                 |                                     | 50,2                                          |
| 0-5                         | 5. .AF 4. .AH        | <i>Brauner Ranker</i>                              | S                               | <i>schüttlere Besenheide</i>        | 47,1                                          |
| 5-10                        | 5. .AH 3. .Bs        |                                                    |                                 |                                     | 50,4                                          |
| 10-15                       | 5. .Bs               |                                                    |                                 |                                     | 36,8                                          |
| 0-5                         | 1. .AF 4. .AH        | <i>Eisenpodsol</i>                                 | O                               | <i>Waldweide</i>                    | 50,0                                          |
| 5-10                        | 2. .AH 3. .Bs        |                                                    |                                 |                                     | 38,5                                          |
| 10-15                       | 3. .Bs               |                                                    |                                 |                                     | 53,4                                          |
| 0-5                         | 1. .AF 4. .AH        | <i>Semipodsol Kleinform</i>                        | S                               | <i>schüttlere Beerenheide</i>       | 46,1                                          |
| 5-10                        | 5. .AH 4. .AE        |                                                    |                                 |                                     | 41,2                                          |
| 10-15                       | 5. .AE               |                                                    |                                 |                                     | 33,5                                          |
| 0-5                         | 5. .A                | <i>Pseudogley</i>                                  | NW                              | <i>Weide festgetreten</i>           | 43,1                                          |
| 5-10                        | 5. g/(B)             |                                                    |                                 |                                     | 33,0                                          |
| 10-15                       | 5. .Bs               |                                                    |                                 |                                     | 38,2                                          |
| 0-5                         | 5. .AH 2. .AE        | <i>Rasen-Eisenpodsol</i>                           | S                               | <i>Nardetum</i>                     | 27,6                                          |
| 5-10                        | 3. .AH 4. .AE        |                                                    |                                 |                                     | 37,2                                          |
| 10-15                       | 5. .AE               |                                                    |                                 |                                     | 29,4                                          |

**Abb 4**

# **Verlauf der Versickerung in 5 Minuten-Abständen**



## Tab 4

Versickerung des kapillar leicht beweglichen Wassers  
subalpiner Böden

Tiefe: 0-5 cm Zeit: erste 5 Minuten Menge Liter /m2

|                                                               |                                                | Liter /m2<br>0-5 cm<br>erste 5Min. |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Obergurgl 1965</b>                                         |                                                |                                    |
| <i>schütterer vergraste Alpenrosenheide</i>                   | <i>Semipodsol auf übermürtem Eisenpodsol</i>   | 3,4                                |
| <i>dichte moosreiche Alpenrosenheide</i>                      | <i>Eisenhumus-Podsol Großform</i>              | 3,1                                |
| <i>schütterer Alpenrosenheide</i>                             | <i>Semipodsol Großform auf Mure</i>            | 2,1                                |
| <i>Windbartflechten-Rauschbeerheide</i>                       | <i>Podsolranker auf Schuttkegel</i>            | 2,1                                |
| <i>schütterer Beerenheide</i>                                 | <i>Brauner Ranker auf B. von Eisenpodsol</i>   | 2,1                                |
| <i>dichte Beerenheide</i>                                     | <i>Eisenhumus-Podsol Kleinform Daunmardine</i> | 1,6                                |
| <i>schütterer Beerenheide</i>                                 | <i>Semipodsol Kleinform</i>                    | 1,3                                |
| <i>schütterer Windbartflechtenheide</i>                       | <i>Proforanker auf BC Restboden</i>            | 1,3                                |
| <b>Loas Zillertal 1965</b>                                    |                                                |                                    |
| <i>sphagnumreiche Alpenrosenheide</i>                         | <i>Eisenpodsol</i>                             | 3,4                                |
| <i>dichte Beeren-Besenheide</i>                               | <i>Eisenhumus-Podsol schwammig</i>             | 3,4                                |
| <i>loiseleuriareiche Beerenheide</i>                          | <i>Podsolranker</i>                            | 2,3                                |
| <i>wacholderreiche mitteldichte Beerenheide u. Besenheide</i> | <i>Semipodsol Kleinform</i>                    | 1,8                                |
| <i>Versuchsfläche mit Nardetum</i>                            | <i>Murenmaterial</i>                           | 0,8                                |
| <i>Nardetum</i>                                               | <i>Rasenranker auf Eisenpodsol</i>             | 0,5                                |
| <b>Kreidlalm und Geols Zillertal 1963 u. 1965</b>             |                                                |                                    |
| <i>mitteldichte Alpenrosenheide</i>                           | <i>Eisenhumus-Podsol Mittelform</i>            | 1963 4,0                           |
| <i>Fichtenwald Oxalishp</i>                                   | <i>Eisenpodsol Großform</i>                    | 1963 4,0                           |
| <i>Mähweide</i>                                               | <i>hum. sand. Lehm</i>                         | 1963 4,2                           |
| <i>Fichtenwald Oxalishyp</i>                                  | <i>Eisenpodsol Großform</i>                    | 1965 3,0                           |
| <i>schütterer Besenheide</i>                                  | <i>Brauner Ranker</i>                          | 1963 2,0                           |
| <i>Waldweide</i>                                              | <i>Eisenpodsol</i>                             | 1963 2,3                           |
| <i>schütterer Alpenrosenheide</i>                             | <i>Eisenpodsol</i>                             | 1965 2,1                           |
| <i>schütterer Beerenheide</i>                                 | <i>Eisenhumus-Podsol Kleinform</i>             | 1963 2,1                           |
| <i>Weide festgetreten</i>                                     | <i>Pseudogley</i>                              | 1963 1,8                           |
| <i>Nardetum</i>                                               | <i>Rasen-Eisenpodsol</i>                       | 1963 0,5                           |
| <b>Finkenberg Zillertal 1964</b>                              |                                                |                                    |
| <i>nicht geschnitzelter Fichtenwald m. etwas Oxalis II</i>    | <i>Eisenpodsol Kleinform</i>                   | 1,8                                |
| <i>geschnitzelter Fichtenwald m. Besenheide I</i>             | <i>Podsolranker</i>                            | 1,6                                |
| <i>nicht geschnitzelter Fichtenwald m. etwas Oxalis I</i>     | <i>Eisenpodsol Kleinform</i>                   | 1,3                                |
| <i>geschnitzelter Fichtenwald m. Beerenheide II</i>           | <i>Eisenpodsol Kleinform</i>                   | 1,3                                |
| <b>Neuhütten 1965</b>                                         |                                                |                                    |
| <i>Zirbenpflanzgarten Feld I</i>                              | <i>Untergrund BC mit etwas Torf</i>            | 1,3                                |
| <i>Zirbenpflanzgarten Feld III</i>                            | <i>Untergrund mit etwas Torf</i>               | 0,8                                |

des kapillar leicht beweglichen Wassers (klbW), während schon in den nächsten 5 Minuten die Versickerung rapide abnimmt.

Dieser für alle Böden des subalpinen Bereichs der Waldgrenze typische Rhythmus der Versickerung des klbW ist für einen einzelnen Boden auf Tab. 1 unten in Vol% und Gramm angegeben, auf Tab. 2 für 8 Böden in den Prozenten des klbW festgehalten und auf Abb. 4 für zwei extreme Böden graphisch dargestellt.

Obwohl der Rhythmus bei den 1963 untersuchten 8 Böden die gleiche Tendenz hatte (Tab. 2), weisen die zeitlich vergleichbaren Versickerungswerte der Böden große Unterschiede auf (Tab. 2 und Abb. 4). Die Reihung der Böden nach dem Prozentanteil an klbW, das in den ersten 5 Minuten versickert (Tab. 2), stellt die Mähweide an den ersten, das Nardetum an den letzten Platz. Wird die Versickerung für eine Stunde (nicht nach dem prozentuellen Anteil des klbW, sondern nach der effektiven Menge) berechnet, ergeben sich in der Reihung kleine Verschiebungen (Tab. 3). Die Mähweide verliert zugunsten des Fichtenwaldes ihren ersten Platz, doch das Nardetum behält den letzten!!!

In ähnlichem Sinn, doch an anderen Standorten, verliefen Versuche BURGERS und KIRWALDS. BURGER (1943) berichtet über Einsickerungszeiten im Berner Jura an der Waldgrenze A) im Rappengraben und B) im Sperbelgraben. A: in gutem Plenterwald sickerte 10 cm Wassersäule in 2 Stunden und 8 Sekunden ein, bei stark bestoßener Weide in 3 Stunden, 17 Minuten und 23 Sekunden. B: im geschonten Wald mit reicher Bodenflora sickerte 10 cm Wassersäule in 55 Sekunden!!!, in sauberer Weide in 1 Stunde, 10 Minuten und 30 Sekunden ein. KIRWALD (zitiert von BURGER) berichtet 1942 über die Einsickerungszeit von 10 cm Wassersäule im deutschen Mittelgebirge. Die Einsickerungszeit betrug in Buchenaltholz maximal 2 Stunden, in Rasenflächen über 3 Stunden.

Für die Praxis ergibt sich aus den Ergebnissen in Imst die Möglichkeit, durch relativ einfache und rasche Bestimmungen die spezifischen Versickerungsmengen in der gewünschten Zeiteinheit erheben zu lassen.

Verf. schlägt vor, für die Versickerungsmengen in der Zeiteinheit den Ausdruck Versickerungsgröße zu gebrauchen.

Das allmähliche Abflauen der Versickerung bis zum Ende der 20. Stunde und darüber (Tab. 1 und 2) erklärt die aus der Praxis bekannte lange Andauer eines nahezu unveränderten Feuchtigkeitszustandes, das "Frischsein" der Böden, nachdem das klbW in den ersten entscheidenden Intervallen (nach Aufhören des Niederschlags) versickert ist.

Im ersten Arbeitsabschnitt 1963 wurde die Sicherheit gewonnen, daß der Versickerungsrhythmus bei allen Böden gleichsinnig verläuft

# Abflussbestimmungen

Versuchsflächen 38,5 cm<sup>2</sup>, Versuchsdauer 1 Jahr, Gewitterregen ohne Variation 100 mm / Stde.

**18 Böden aus 2 Einzugsgebieten an der Waldgrenze in den Zentralalpen**

kontinental / Ötztal

ca 2000 müM.

ozeanisch / gelungtes Gedicht / Finsing

## Loas Kreidalm N

ca 1700m ü.M.

[illegible]

Künstl. Gewitterregen  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{Stde.}$

Abfluß % und  $m^3/l/Side$ 

b) H. Burger im Gelände Emmental Schweiz, 1930-1942

**Versuchsfläche 59,2 ha, Versuchsdauer 13 Jahre. Bodenunterschiede nicht berücksichtigt, 16 nat. Gewitterregen**

**in einem Einzugsgebiet im Berner Jura an der Waldgrenze**

## Rappengraben

**ca.1100māM.**

[illegible]

*natürlicher Gewitterregen ohne zeitliche Begrenzung (H.Burger)*

**Abfluß Spitzenwert**

(Liter μ. s. je km<sup>3</sup> v.

von A. Czell)

|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
|  | 6 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 14 | 23 | 32 | /S |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|

*Abfluß eines angenommenen Niederschlags von 100 %  
(H. Burger)*

aus dem Verhältnis-  
natürl. Niederschlag: Abnuß  
(A. Czell)

**Tab 5****Prozentanteil des kapillar leicht beweglichen Wassers  
das in den ersten 5 Minuten versickert**

es versickern  
% klBW  
in den  
ersten 5 Min.

**Obergurgl 1965**

|                                             |                                               |    |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|----|
| <i>schütterer vergraste Alpenrosenheide</i> | <i>Semipodsol auf übermürtem Eisenpodsol</i>  | 52 |
| <i>dichte moosreiche Alpenrosenheide</i>    | <i>Eisenhumus-Podsol Großform</i>             | 47 |
| <i>dichte Beerenheide</i>                   | <i>Eisenhumus-Podsol Kleinform Daunmoräne</i> | 40 |
| <i>Windbarfflechten - Rauschbeerheide</i>   | <i>Podsolanke auf Schuttkegel</i>             | 30 |
| <i>schütterer Alpenrosenheide</i>           | <i>Semipodsol Großform auf Mure</i>           | 32 |
| <i>schütterer Windbarfflechtenheide</i>     | <i>Protoranker auf BC Restboden</i>           | 30 |
| <i>schütterer Beerenheide</i>               | <i>Brauner Ranker auf B von Eisenpodsol</i>   | 28 |
| <i>schütterer Beerenheide</i>               | <i>Semipodsol Kleinform</i>                   | 23 |

**Loas Zillertal 1965**

|                                                       |                                    |    |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------|----|
| <i>sphagnumreiche Alpenrosenheide</i>                 | <i>Eisenpodsol</i>                 | 62 |
| <i>dichte Beeren-Besenheide</i>                       | <i>Eisenhumus-Podsol schwammig</i> | 48 |
| <i>loseekurische Beerenheide</i>                      | <i>Podsolanke</i>                  | 41 |
| <i>wacholderreiche mitteldichte Beeren-Besenheide</i> | <i>Semipodsol Kleinform</i>        | 40 |
| <i>Versuchsfläche mit Nardetum</i>                    | <i>Murenmaterial</i>               | 28 |
| <i>Nardetum</i>                                       | <i>Rasenanker auf Eisenpodsol</i>  | 15 |

**Kreidlalm und Geols Zillertal 1963 u. 1965**

|                                     |                                     |      |    |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------|----|
| <i>Fichtenwald Oxalstyp</i>         | <i>Eisenpodsol Großform</i>         | 1005 | 53 |
| <i>Fichtenwald Oxalstyp</i>         | <i>Eisenpodsol Großform</i>         | 1003 | 48 |
| <i>Mähweide</i>                     | <i>hum. sand. Lehm</i>              | 1003 | 48 |
| <i>mitteldichte Alpenrosenheide</i> | <i>Eisenhumus-Podsol Mittelform</i> | 1003 | 47 |
| <i>Waldweide</i>                    | <i>Eisenpodsol</i>                  | 1003 | 38 |
| <i>schütterer Alpenrosenheide</i>   | <i>Eisenpodsol</i>                  | 1005 | 30 |
| <i>schütterer Besenheide</i>        | <i>Brauner Ranker</i>               | 1003 | 32 |
| <i>schütterer Beerenheide</i>       | <i>Eisenhumus-Podsol Kleinform</i>  | 1003 | 30 |
| <i>Weide festgetreten</i>           | <i>Pseudogley</i>                   | 1003 | 30 |
| <i>Nardetum</i>                     | <i>Rasen-Eisenpodsol</i>            | 1003 | 19 |

**Finkenberg 1964**

|                                                           |                              |    |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------|----|
| <i>nicht geschneiteter Fichtenwald m. etwas Oxalis II</i> | <i>Eisenpodsol Kleinform</i> | 36 |
| <i>geschneiteter Fichtenwald m. Besenheide I</i>          | <i>Podsolanke</i>            | 30 |
| <i>geschneiteter Fichtenwald m. Beerenheide II</i>        | <i>Eisenpodsol Kleinform</i> | 28 |
| <i>nicht geschneiteter Fichtenwald m. etwas Oxalis I</i>  | <i>Eisenpodsol Kleinform</i> | 15 |

**Neuhütten 1965**

|                                    |                                     |    |
|------------------------------------|-------------------------------------|----|
| <i>Zirbenpflanzgarten Feld I</i>   | <i>Untergrund BC mit etwas Torf</i> | 28 |
| <i>Zirbenpflanzgarten Feld III</i> | <i>Untergrund BC mit etwas Torf</i> | 27 |

## Tab 6

# **Anteil des gesamten kapillar leicht beweglichen Wassers in den obersten 5 cm in Litern / m<sup>2</sup> gemessen in subalpinen Böden**

|                                                     |                                              | Liter /m <sup>2</sup><br>klbw |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Obergurgl 1965</b>                               |                                              |                               |
| <i>schütterer Beerenheide</i>                       | <i>Brauner Ranker auf B von Eisenpodsol</i>  | 8,1                           |
| <i>dichte moosreiche Alpenrosenheide</i>            | <i>Eisenhumus-Podsol Großform</i>            | 0,5                           |
| <i>schütterer vergraste Alpenrosenheide</i>         | <i>Semipodsol auf übermürtem Eisenpodsol</i> | 0,5                           |
| <i>schütterer Alpenrosenheide</i>                   | <i>Semipodsol Großform auf Mure</i>          | 0,2                           |
| <i>dichte Beerenheide</i>                           | <i>Eisenhumuspodsol Kleinform Daunmoräne</i> | 0,0                           |
| <i>schütterer Beerenheide</i>                       | <i>Semipodsol Kleinform</i>                  | 6,0                           |
| <i>Windbartflechten Rauschbeerheide</i>             | <i>Podsolranker auf Schuttkegel</i>          | 4,0                           |
| <i>schütterer Windbartflechtenheide</i>             | <i>Protoranker auf BC Restboden</i>          | 4,2                           |
| <b>Loas Zillertal 1965</b>                          |                                              |                               |
| <i>sphagnumreiche Alpenrosenheide</i>               | <i>Eisenpodsol</i>                           | 21,8                          |
| <i>dichte Beeren-Besenheide</i>                     | <i>Eisenhumus-Podsol schwammig</i>           | 7,0                           |
| <i>loiseleurireiche Beerenheide</i>                 | <i>Podsolranker</i>                          | 6,0                           |
| <i>wacholderreiche, mitteld. Beeren-Besenheide</i>  | <i>Semipodsol Kleinform</i>                  | 4,4                           |
| <i>Nardetum</i>                                     | <i>Rasenranker auf Eisenpodsol</i>           | 3,4                           |
| <i>Versuchsfläche mit Nardetum</i>                  | <i>Murenmaterial</i>                         | 3,1                           |
| <b>Kreidlalm und Geols Zillertal 1963 u. 1965</b>   |                                              |                               |
| <i>mitteldichte Alpenrosenheide</i>                 | <i>Eisenhumuspodsol Mittelform</i>           | 1963 10,0                     |
| <i>Fichtenwald Oxalistrup</i>                       | <i>Eisenpodsol Großform</i>                  | 1963 10,3                     |
| <i>Mähweide</i>                                     | <i>humoser sandiger Lehm</i>                 | 1963 8,6                      |
| <i>schütterer Besenheide</i>                        | <i>Brauner Ranker</i>                        | 1963 7,8                      |
| <i>Fichtenwald Oxalistrup</i>                       | <i>Eisenpodsol Großform</i>                  | 1965 0,8                      |
| <i>schütterer Beerenheide</i>                       | <i>Eisenhumus-Podsol Kleinform</i>           | 1963 0,5                      |
| <i>Waldweide</i>                                    | <i>Eisenpodsol</i>                           | 1963 0,2                      |
| <i>Weide festgetreten</i>                           | <i>Pseudogley</i>                            | 1963 0,2                      |
| <i>schütterer Alpenrosenheide</i>                   | <i>Eisenpodsol</i>                           | 1965 0,0                      |
| <i>Nardetum</i>                                     | <i>Rasen-Eisenpodsol</i>                     | 1963 3,1                      |
| <b>Finkenberg 1964</b>                              |                                              |                               |
| <i>nicht geschn. Fichtenwald m. etwas Oxalis I</i>  | <i>Eisenpodsol Kleinform</i>                 | 7,8                           |
| <i>geschn. Fichtenwald m. Beerenheide I</i>         | <i>Podsolranker</i>                          | 4,0                           |
| <i>nicht geschn. Fichtenwald m. etwas Oxalis II</i> | <i>Eisenpodsol Kleinform</i>                 | 4,0                           |
| <i>geschn. Fichtenwald m. Beerenheide II</i>        | <i>Eisenpodsol Kleinform</i>                 | 3,4                           |
| <b>Neuhütten 1965</b>                               |                                              |                               |
| <i>Zirbenpflanzgarten Feld I</i>                    | <i>Untergrund BC mit etwas Torf</i>          | 4,0                           |
| <i>Zirbenpflanzgarten Feld III</i>                  | <i>Untergrund BC mit etwas Torf</i>          | 3,1                           |

und daß die Versickerungsgröße der ersten 5 Minuten signifikant und daher ausreichend ist, Böden nach ihren Versickerungseigenschaften zu beurteilen.

Es wurde daher in Hinkunft nur mehr die Versickerungsgröße in den ersten 5 Minuten und in den 240. fünf Minuten nach 20 Stunden zur Ermittlung des klbW (Tab. 1) bestimmt.

Über die Versickerungsgrößen in den ersten 5 Minuten berichtet Tab. 4. Es ist zu sehen, daß die Versickerungsgrößen im ozeanisch getönten Zillertal an manchen Standorten (Kreidlalm und Geols) höhere Werte aufweisen als im kontinental getönten Obergurgl. Die Ursache dürfte in der Art und Menge der organischen Substanz zu suchen sein. Eine gleichsinnige Reihung der Böden, entsprechend dem Kleinerwerden der Versickerungsgrößen mit abnehmendem Humusgehalt im Oberboden, läßt sich unschwer, auch ohne daß Analysenzahlen beigebracht werden können, entnehmen. Ferner erscheint bedeutsam, daß für Nardeten räumlich entfernter Standorte (Loas und Kreidlalm/Geols) gleiche, niedrige Werte, nämlich nur 0,5 Liter je m<sup>2</sup> gefunden wurden. Der Finkenberger Fichtenwald, dessen Böden eine besondere, an anderer Stelle zu behandelnde Vergangenheit aufweisen, bringt dies in den für Fichtenwald besonders niedrigen Versickerungsgrößen zum Ausdruck. Und der Humusmangel in den Böden des Pflanzgartens Neuhütten macht sich in den Versickerungsgrößen bemerkbar. Der Vollständigkeit halber werden die Prozentanteile des klbW auf Tab. 5 zum Ausdruck gebracht.

Auf den Tab. 3 und 6 sind jene Mengen an klbW angeführt, die von den Böden bevorratet werden können. Die Maximalwerte bewegen sich um 10 Liter je m<sup>2</sup> bei den Humusböden, die Minimalwerte um 3 Liter bei den Mineralböden.

Verf. ist der Meinung, daß die Versickerungsgrößen einen gewichtigeren Aussagewert für die Praxis besitzen als die Werte für das gesamte kapillar bewegliche Wasser, doch ist es für den Praktiker ohne Zweifel von Wichtigkeit, beide Werte zu kennen.

## ABFLUSS

Die bisherigen Ergebnisse der Abflußuntersuchungen werden von Verf. zunächst noch mit Vorsicht behandelt, und es ist vorauszu-sehen, daß eine mehrjährige Behandlung des Abflußthemas technische Vervollkommnungen erbringen wird. Die Veröffentlichung der bisherigen Ergebnisse möge daher als Vorbericht aufgenommen werden.

Die Abflußprozente, die identisch sind mit den Litern je m<sup>2</sup> in der Stunde, zeigen eine ganz bestimmte Tendenz (Abb. 5). Sie sind

im kontinental getönten Ötztal wesentlich kleiner als im ozeanisch getönten Zillertal. Während die höchste Abflußzahl in Obergurgl/Ötztal 34 Liter  $m^2$  in der Stunde beträgt, ist die höchste Abflußzahl im Finsing/Zillertal 60 Liter je  $m^2$  in der Stunde.

Um diesen Laboratoriumsergebnissen Rückhalt zu geben, werden die Freilanduntersuchungen von Hans BURGER/Schweiz herangezogen. Da die von BURGER gewonnenen Ergebnisse auf natürliche Gewitterregen zurückzuführen sind, welche die Höhe von 100 mm nicht erreichten, wurde von Verf. aus dem Verhältnis natürlicher Niederschlag: Abfluß nach einem angenommenen Niederschlag von 100 mm der Abfluß errechnet.

Es zeigte sich, daß die maximalen Abflußzahlen BURGERS in der Größenordnung mit den kleinen und mittleren Abflußzahlen der Verf. zusammenstimmen.

Wenn der ungeheure Unterschied in der Versuchsanstellung (59 ha im Freiland ist eine millionenfache Fläche gegenüber den 38,5  $cm^2$  mal 6 im Labor) in Betracht gezogen wird, ist diese Übereinstimmung erfreulich.

## ZUSAMMENFASSUNG

Unter Benützung der methodischen Grundlagen von FISCHER, DONAT und SEKERA wurde ein Kapillarimeter mit einem Beregnungsapparat kombiniert und zur Bestimmung des kapillar leicht beweglichen Wassers, der Versickerungsgrößen und des Abflusses an Böden des subalpinen Bereichs der Waldgrenze verwendet.

Als Versickerungsgröße bezeichnet Verf. die Versickerungsmenge in der Zeiteinheit.

Es wurden für 8 Böden des ozeanisch getönten Zillertals Versickerungsmengen in 240 Fünfminutenintervallen, ausgehend vom Zustand kapillarer Sättigung (einem jederzeit reproduzierbaren Wert), bestimmt.

Es stellte sich heraus, daß die Versickerung in einem ganz bestimmten Rhythmus verläuft: in den ersten Minuten versickert bis zur Hälfte (und mehr) des gesamten kapillar leicht beweglichen Wassers, dann nimmt die Versickerungsmenge rapid ab. Demnach wurde die Versickerungsgröße der ersten 5 Minuten als besonders charakteristisch angesehen und zur Unterscheidung von Böden herangezogen.

Aus der Differenz zwischen kapillar aufgesättigtem und lange abgesaugtem Boden ergab sich der Wert für das leicht bewegliche Wasser im Boden.

Verf. betont, daß neben der Größe für das kapillar leicht bewegliche Wasser in Böden des subalpinen Bereichs der Waldgrenze die Versickerungsgröße einen gewichtigen Aussagewert für die Praxis besitzt.

Die Abflußuntersuchungen ergaben, daß der Abfluß im kontinentalen Gurgl/Ötztal klein und im Ozeanischen Zillertal groß ist. Es konnte in der Größenordnung der Abflußzahlen eine Übereinstimmung mit den vom Schweizer Hans BURGER im Freiland gewonnenen Abflußzahlen gefunden werden.

## SUMMARY

Using methods based on those of FISCHER, DONAT and SEKERA, a capillarimeter and an artificial rain-making apparatus were combined and used to determine the amount of readily mobile capillary water, the infiltration capacity, and drainage of soils from the sub-alpine timberline zone.

By infiltration capacity the author refers to the amount of water infiltrating in a given time unit.

Eight soils from the Ziller valley (under oceanic influence), were investigated, and the amount of water infiltrating in 240 five-minute intervals was measured. Measurements began from a condition of capillary saturation, an easily reproducible condition.

Infiltration was seen to have a definite rhythm. The first five minutes accounted for half, or more of the readily mobile capillary water total, then infiltration fell off rapidly. The infiltration capacity of the first five minutes is used as a special characteristic in the differentiation of soils.

The amount of readily mobile capillary water in the soil is given by the difference between the amount at capillary saturation and that after the soil has been under tension for a long time.

The author thinks that not only the infiltration capacity, but also the amount of readily mobile capillary water in the soil is an important factor for soils at timberline.

The drainage investigations showed that drainage was small in the continental Gurgler and Otz valleys, and large in the oceanic Ziller valley. There is agreement between the order of magnitude of these drainage figures and those found by the Swiss HANS BURGER under natural conditions.

## RÉSUMÉ

Un capillarimètre a été combiné avec un appareil d'arrosage d'après les méthodes de FISCHER, DONAT et SEKERA et employé à déterminer l'eau capillaire facilement muable, les valeurs d'écoulement et de suintement sur les sols des zones subalpines de la limite sylvestre.

La valeur de suintement est la quantité qui suinte pendant l'unité de temps.

Pour les sols de la Zillertal un peu océanique des quantités de suintement ont été fixées en 240 intervalles de 5 minutes, en partant du rassasiement capillaire (une valeur qui peut toujours être reproduite).

On a constaté que le suintement s'effectue dans un rythme défini: durant les premières minutes jusqu'à la moitié (et davantage) de toute l'eau capillaire mobile disparaît, ensuite la quantité de suintement diminue vite. Par conséquent la valeur de suintement des premières 5 minutes a été considérée comme étant caractéristique et employée à la distinction de sols.

La valeur de l'eau facilement muable dans le sol résulte de la différence entre un sol saturé du point de vue capillaire et un sol longtemps sevré.

L'auteur souligne que, près de la quantité d'eau facilement muable des sols du secteur subalpin à la limite sylvestre, la quantité de suintement est d'une valeur informative importante pour la pratique.

Il résulte des examens que l'écoulement dans la région continentale de Gurgl (Ötztal) est petit, tandis qu'il est grand dans la Zillertal océanique. On a pu trouver une correspondance entre la valeur des chiffres d'écoulement et les chiffres d'écoulement calculés par le Suisse Hans BURGER en pleine campagne.

## Р е з ю м е

Используя методологические принципы ФИШЕРА, ДОНАТА и СЕКЕРЫ была создана комбинация капилляриметра с оросительным устройством для определения количества воды, легко продвигающейся по капиллярам, и величин просачивания и стока в почвах субальпийской зоны границы леса.

Величиной просачивания автор называет то количество воды, которое просачивается в одну единицу времени.

Определялись величины просачивания в Циллертале (долине океанского типа) в течении 240-х пятиминутных интервалов, исходя из состояния капиллярного насыщения (значение которого поддается воспроизведению в любое время).

Найдено, что просачивание протекает по точно определенному ритму: в течении первых минут просачивается до половины (и больше) воды, легко продвигающейся по капиллярам, а затем просачивающееся количество резко уменьшается. Из этого следует, что величина просачивания в течении первых 5 минут является особенно характерной данной и может быть привлечена к распознаванию почв.

Количество воды, легко подвижной в почве, получается из разницы между капиллярно насыщенной и длительно отсосанной почвами.

Автор подчеркивает, что величина просачивания наряду с величиной легко капиллярно подвижной воды в почвах

субальпийской границы леса имеет важное показательное значение в практике.

Исследования стока показали, что данные стока невелики в континентальном Гургле (в долине Этцталь), но высоки в океанном Циллертале. Относительно порядка величины стока было найдено соответствие с данными стока, найденными швейцарцем Гансом БУРГЕРОМ в природных условиях.

## DISKUSSION

- ALTHALER:** Durch Hochwasser sind uns letztes Jahr innerhalb von zwei Tagen 83 ha Waldfläche abgerutscht. Ich möchte daher eine Geländeuntersuchung anregen, welche die verschiedene Abrutschgefährdung der einzelnen Böden ermitteln soll. Damit stünden wichtige Kriterien für waldbauliche und hoheitliche Maßnahmen (Rodungen) zur Verfügung.
- CZELL:** In Imst wurde von mir in den letzten Jahren eine Geländemethode zur Ermittlung der Abrutschgefahr von Böden entwickelt. Sie bedarf allerdings ergänzender Untersuchungen im Laboratorium. Ein grobes Anschätzen der Versickerungseigenschaften von Böden ist im Gelände immer auf Grund der Vegetation und einer Begutachtung des Bodenprofils möglich.
- STERN:** Bei den Rutschungen in Osttirol und Kärnten hat sich vielfach gezeigt, daß die Wassersättigung der Böden so groß war, daß die Lockermassen dann am anstehenden Fels oder entlang anderer wasserstauer Inhomogenitätsbereiche abgefahren sind. Das hat seinen Grund in einer radikalen Erhöhung des Porenwasserdruckes, so daß auch gewachsene Böden (Lockermaterial i. w. S.) primär gar nicht abfahren, sondern vorerst herausplatzen und dann abrutschen.
- JELEM:** Dieselben Ursachen waren für die großen Katastrophen in der Steiermark im Jassnitzgraben bei Allerheiligen vor einigen Jahren maßgebend.
- STAUDER:** Bei unseren Arbeiten bei der Wildbachverbauung ergibt sich bei der Wiederbewaldung der kahlen Gebirge ein Mangel an Projektierungsunterlagen. Forschungsergebnisse aus der Schweiz und Nordamerika haben uns zwar über Abflußunterschiede in bewaldeten und unbewaldeten Einzugsgebieten in großen Zügen informiert, doch wußten wir bisher nichts über den Abfluß in den einzelnen für uns wichtigen Pflanzengesellschaften wie Rhododendretum, Nardetum etc. Diese Unkenntnis hat uns das Aufforsten insoweit erschwert, als man nicht wußte, welche Gebiete abflußmäßig wichtiger und welche minderwichtig seien. Daher ersuchten wir die Außenstelle für subalpine Waldforschung (Frau Dr. CZELL), Untersuchungen in diesem Sinn durchzuführen. Die bisherigen Ergebnisse sind für uns sehr befriedigend und überraschend. Denn die von uns im Freiland durchgeführten Abflußuntersuchungen zeigen gute Übereinstimmung mit den Laboruntersuchungen von Frau Dr. CZELL. Und ich bin sehr froh, daß nun erstmals verwendbare Unterlagen für die Arbeiten in der Praxis vorliegen. Ich hoffe auf eine Fortsetzung dieser Arbeiten u. zw. in dem Sinn, daß schichtenweise das Eindringen des Wassers in den Boden in der Zeiteinheit ermittelt wird. Da es sich beim Abrutschen meistens nur um dünne Bodenschichten handelt, wäre es wichtig, das Fassungsvermögen dieser Schichten für Wasser zu kennen.
- ALTHALER:** Bei den Untersuchungen von Frau Dr. CZELL wurde das Wasser nicht erfaßt, das in den Kronen und in der Pflanzendecke hängenbleibt.
- CZELL:** Die Untersuchung befaßte sich mit der Wirkung eines Gewitterregens von 100 mm in der Stunde; das ist ein so starker Regen, der innerhalb weniger Minuten auch die dichteste Pflanzendecke durchschlägt und dem Boden dann so schadet als ob keine Pflanzendecke da wäre.
- STERN:** Wurde im Gelände versucht, die Neigung bei den Abflußmessungen zu berücksichtigen?
- STAUDER:** Wir haben diese Frage nur im Nardetum untersucht. Bisher zeigte sich, daß bei Zunahme der Hangneigung um  $10^{\circ}$  der Abfluß um 10 % zunimmt.
- WIESER:** Hat bei den Labormessungen Luftdruck und Föhn Einfluß?
- CZELL:** Luftdruck und Föhn machten sich nicht bemerkbar, Temperaturschwankungen jedoch stark, deshalb wurde die Temperatur möglichst konstant gehalten.

# LITERATUR

- BURGER H. 1937: Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. V. Mitteilung. Entwässerungen und Aufforstungen, Mitt. d. Schweizerischen Anst. f. d. Forstl. Versuchswesen, XX. Bd., 1. H., S. 5 100
- BURGER H. 1943: Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. III. Mitteilung. Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1927/28 bis 1941/42, Mitt. d. Schweizerischen Anst. f. d. Forstliche Versuchswesen, XXIII. Bd., 1. H., S. 167 222. In Bezug auf Abb. 5 in diesem Heft: S. 187
- BURGER H. 1945: Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. IV. Mitteilung. Der Wasserhaushalt im Valle di Melera von 1934/35 bis 1943/44. Mitt. d. Schweizerischen Anst. f. d. Forstl. Versuchswesen, XXIV. Bd., 1. H
- BURGER H. 1954: Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. V. Mitteilung. Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1942/43 bis 1951/52. Mitt. d. Schweizerischen Anst. f. d. Forstliche Versuchswesen, XXXI. Bd., 1. H., S. 9 58
- DONAT J. 1937: Das Gefüge des Bodens und dessen Kennzeichnung. Aus dem Teil B der Verhandlungen der 6. Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft in Zürich.
- DONAT J. 1938: Zur Kennzeichnung des Bodengefüges. Der Kulturtechniker, Monatsschrift der Deutschen Kulturtechnischen Gesellschaft e.V. 41. Jg., H. 1/2
- EKERN und MUCKENHIRN 1947: zitiert von Parr und Bertrand, siehe diese S. 336
- LAWS and PARSONS 1943: zitiert von Parr und Bertrand, siehe diese S. 336
- MARGARVEY and TAYLOR 1956: zitiert von Parr and Bertrand, siehe diese S. 337
- PARR J.F. and BERTRAND A.R. 1960: Water Infiltration Into Soils. Advances in Agronomy, Volume XII. Academic Press inc. New York, New York, S. 311 - 363
- SEKERA F. 1938: Statik und Dynamik des Bodenwassers, Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 6, H., 5/6, S. 288 ff
- TISCHENDORF W. 1963: An Evaluation of Infiltration. Theory and Methods. Thesis. Colorado State University Fort Collins, Colorado, U. S. A., S. 2 86