Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 134 (1983)

Heft: 10

Artikel: Zur standortskundlichen Beurteilung einer sandreichen Parabraunerde über Schotter

Autor: Vogelsanger, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767260

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 20.07.2025

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

Zur standortskundlichen Beurteilung einer sandreichen Parabraunerde über Schotter

Von *Walter Vogelsanger*
(Forst- und Güterverwaltung der Stadt Schaffhausen)

Oxf.: 114.12:114.441.3

1. Einführung

Ein grosser Teil der produktiven Waldstandorte im schweizerischen Mittelland befindet sich auf Alluvialböden mit Schotter *(Frei et al.* 1976). Im Einzugsbereich von Ballungsgebieten spielen solche Böden eine zunehmende Rolle bei der Grundwasserbewirtschaftung. Basis einer optimalen Nutzung von Sand-Schotter-Böden sind bodenphysikalisch-ökologische Untersuchungen.

Von 1977 bis 1980 ist am Institut für Wald- und Holzforschung (Fachbereich für Bodenphysik) der ETH Zürich eine detaillierte Untersuchung über den Wasserhaushalt einer sandigen Parabraunerde über Schotter unter Waldbestockung durchgeführt worden *(Vogelsanger,* 1983). Im folgenden soll auf einige Erkenntnisse aus dieser Arbeit hingewiesen werden.

2. Untersuchungsobjekt

Die Versuchsfläche des Projektes «Sand-Schotter»[1] liegt rund 2 km westlich von Laufenburg AG auf dem Gebiet der Gemeinde Kaisten.

Landkarte:	1 : 25 000, Blatt 1049 (Laufenburg) / 1069 (Frick)
Koordinaten:	643 000 / 266 000
Höhe:	305 m ü. M.
Mittlerer Jahresniederschlag:	1126 mm (Sommerhalbjahr: 602 mm)
Jahresmitteltemperatur:	8,8 ° C
Geologie:	Spätglaziale Ablagerungen der Würmeiszeit (Niederterrassenschotter). Die Schotterabla-

[1] «Sand-Schotter» = Kurzbezeichnung für das Forschungsprojekt.

gerungen sind durch eine Sand-Schluff-Auflage unterschiedlicher Mächtigkeit überdeckt *(Jäckli,* 1972). Der Grundwasserspiegel befindet sich in 12 bis 15 m Tiefe.

Auf der Versuchsfläche stockt ein mittleres Baumholz im Alter von 90 Jahren, bestehend in der Oberschicht aus: Buche (40 % der Stammzahl), Fichte (25 %), Föhre (20 %), Tanne (13 %), Diverse (2 %).

Beim Boden handelt es sich um eine stark saure, sandreiche Moder-Parabraunerde über karbonathaltigem Schotter *(Richard et al.,* 1983). Im wesentlichen ist das Bodenprofil folgendermassen charakterisiert:

	L	F	A_h	(E)B	B_v	(IIC)B_t	IIC
Tiefe:	0–3 cm	3–5	5–20	20–50	50–90	90–140	ab 140

Die Streuschicht L besteht zur Hauptsache aus einjährigem, noch kaum zersetztem organischem Material, der Fermentationshorizont F aus teilweise zersetzten, mehrjährigen Vegetationsrückständen. Der A_h-Horizont entspricht dem obersten Bereich des Mineralerdeverwitterungshorizontes, der noch stark mit organischem Material durchmischt ist. Der Mineralerde-Verwitterungshorizont B ist durch zahlreiche Bodenbildungsvorgänge gekennzeichnet (Verwitterung, Anreicherung usw.). Die Subhorizonte (E)B und B_v enthalten nur sehr wenig Steine und sind intensiv durchwurzelt. Der mit (IIC)B_t bezeichnete Teil des Profiles kennzeichnet die oberste Schicht des Schotters, die von der Verwitterung bereits erfasst worden ist. Der IIC-Horizont entspricht dem unverwitterten Schotter.

Zur Vereinfachung sind die einzelnen Horizonte zu Bodenkompartimenten zusammengefasst worden:

Kompartiment 1 (K1):	Tiefe von 0 bis 20 cm	(A_h)
Kompartiment 2 (K2):	Tiefe von 20 bis 50 cm	((E)B)
Kompartiment 3 (K3):	ab Tiefe 50 cm bis zum verwitterten Schotter (B_v)	
Kompartiment 4 (K4):	verwitterter Schotter	((IIC)B_t)
Kompartiment 5 (K5):	unverwitterter Schotter	(IIC)

Die Kompartimente K1 bis K4 sind kalkfrei und stark durchwurzelt. Der unverwitterte Schotter K5 ist karbonathaltig und wurzelfrei. Die Grenzschicht «Sand-Schotter» umfasst den Übergang vom Kompartiment K4 zu K5.

Zur Charakterisierung des Profiles dienen *Tabelle 1* und *Abbildung 1.*

Bemerkenswert ist die starke Zunahme der Steine in K4 und K5 *(Tabelle 1).* Auffallend ist der deutlich höhere Feinerde-Anteil im verwitterten Schotter (K4) im Vergleich zum unverwitterten Schotter (K5). Charakteristisch ist die massive Zunahme der scheinbaren Dichte im unverwitterten Schotter auf fast 2,0 g.cm $^{-3}$ *(Abbildung 1).*

Tabelle 1. Skelettanteil und Korngrössenverteilung der Feinerde.

	Skelettanteil (am Gesamtvolumen)		Korngrössen der Feinerde		
Tiefen	Skelett ϕ > mm	Feinerde ϕ < 2mm	Sand ϕ 2.0 - 0.05 mm	Staub ϕ 0.05 - 0.002 mm	Ton ϕ < 0.002 mm
cm	$\%_V$	$\%_V$	$\%_G$	$\%_G$	$\%_G$
5 - 15 (K1)	2.4	97.6	69.6	19.9	10.5
30-40 (K2)	4.1	95.9	71.6	19.0	9.4
65-75 (K3)	8.6	91.4	74.5	15.9	9.6
Schotter verw. (K4)	30.8	69.2	87.1	12.9	0.0
Schotter unverw. (K5)	49.5	50.5	98.9	1.1	0.0

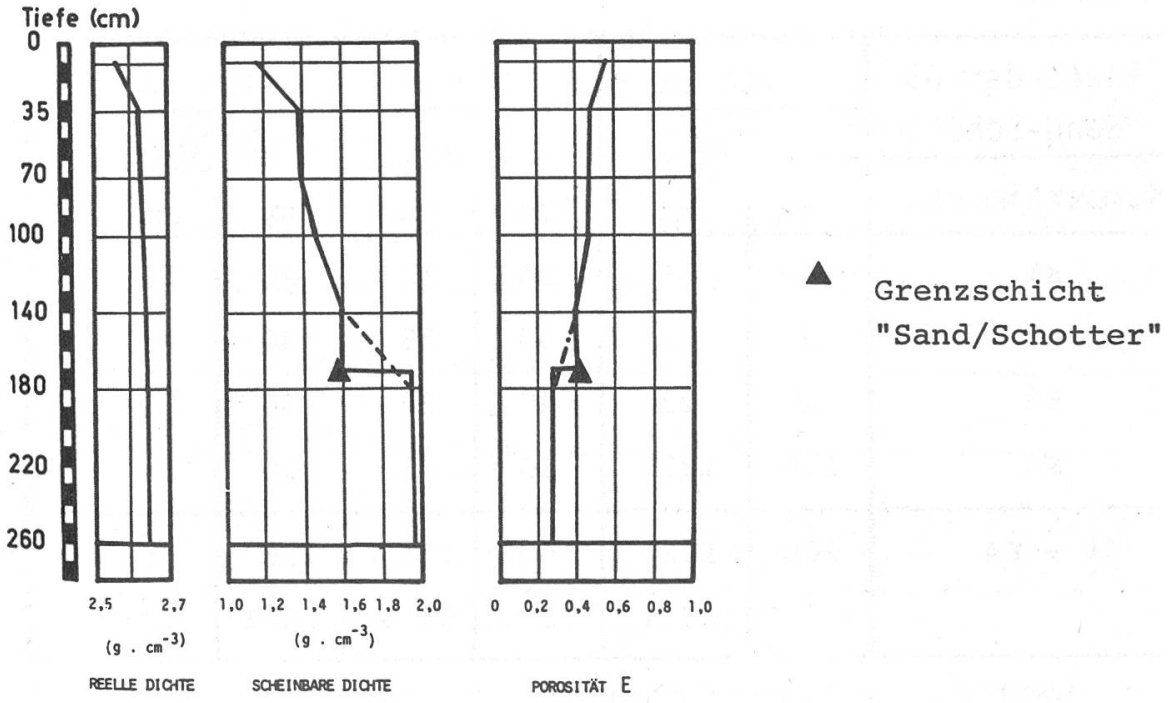

Abbildung 1. Bodenphysikalische Kennwerte (Dichten, Porosität).

3. Untersuchungsmethoden / Versuchsanlage

Im Projekt «Sand-Schotter» sind die üblichen Methoden für bodenphysikalische Untersuchungen verwendet worden (Vogelsanger, 1983, Richard, 1983, *Brülhart,* 1969). Neue Wege mussten bei der Untersuchung der steinhaltigen Horizonte beschritten werden.

Die Versuchsanlage war so konzipiert, dass verschiedene Baumarten sowie unterschiedliche Bestockungsgrade und Durchwurzelungsintensitäten berücksichtigt werden konnten.

4. Standortskundliche Beurteilung eines zweischichtigen Bodenprofiles

4.1 Wassergehaltsverteilung im Boden

Massgebender Faktor für die Beurteilung eines Standortes ist die Menge des speicherbaren Wassers im Boden. Von besonderer Bedeutung ist dabei das «leicht pflanzenverwertbare Wasser», das mit Saugspannungen von 40 bis 690 cmWS in den Bodenporen gebunden ist (Richard et al, 1978).

In den Kompartimenten K1 bis K3 der Lokalform «Sand-Schotter» entfallen auf diesen Bereich 5,7 bis 8,5 $\%_V$ (Volumenprozent), in K4 sogar

Tabelle 2. Leicht pflanzenverwertbares Wasser im Wurzelraum in Abhängigkeit von der Wurzelraumtiefe.

Tiefe der GS "Sand-Schotter"	200 cm		140 cm		100 cm	
Kompartimente	Δz cm	w_{vl} mm	Δz cm	w_{vl} mm	Δz mm	w_{vl} mm
K1	20	16	20	16	20	16
K2	30	25	30	25	30	25
K3	40	23	40	23	30	17
K4	110	135	50	61	20	25
K1 - K4	200	199	140	125	100	83
	100 %	100 %	70 %	63 %	50 %	42 %

Δz: Ausdehnung des Kompartimentes in cm (in der z-Richtung)
w_{vl}: Absolute Menge an leicht pflanzenverwertbarem Wasser
GS: Grenzschicht

12,3 $\%_V$. Der unverwitterte Schotter (K5) fällt für die Wasserversorgung der Pflanzen praktisch aus.

Die *Tabellen 2* und *3* zeigen, wie stark die Menge an leicht pflanzenverwertbarem Wasser von der Tiefe der Grenzschicht abhängig ist. Zudem wird

Tabelle 3. Angebot an leicht pflanzenverwertbarem Wasser im Wurzelraum in Abhängigkeit von der Grenzschicht «Sand-Schotter».

Tiefe der Grenzschicht "Sand-Schotter"	Angebot an "leicht pflanzenverwertbarem Wasser" bei 3 mm täglicher ET	
	w_{vl} in mm	ausreichend für Trockentage
19	15	5
37	30	10
57	45	15
83	60	20 (Tage)
99	75	25
111	90	30
123	105	35
136	120	40
148	135	45
160	150	50

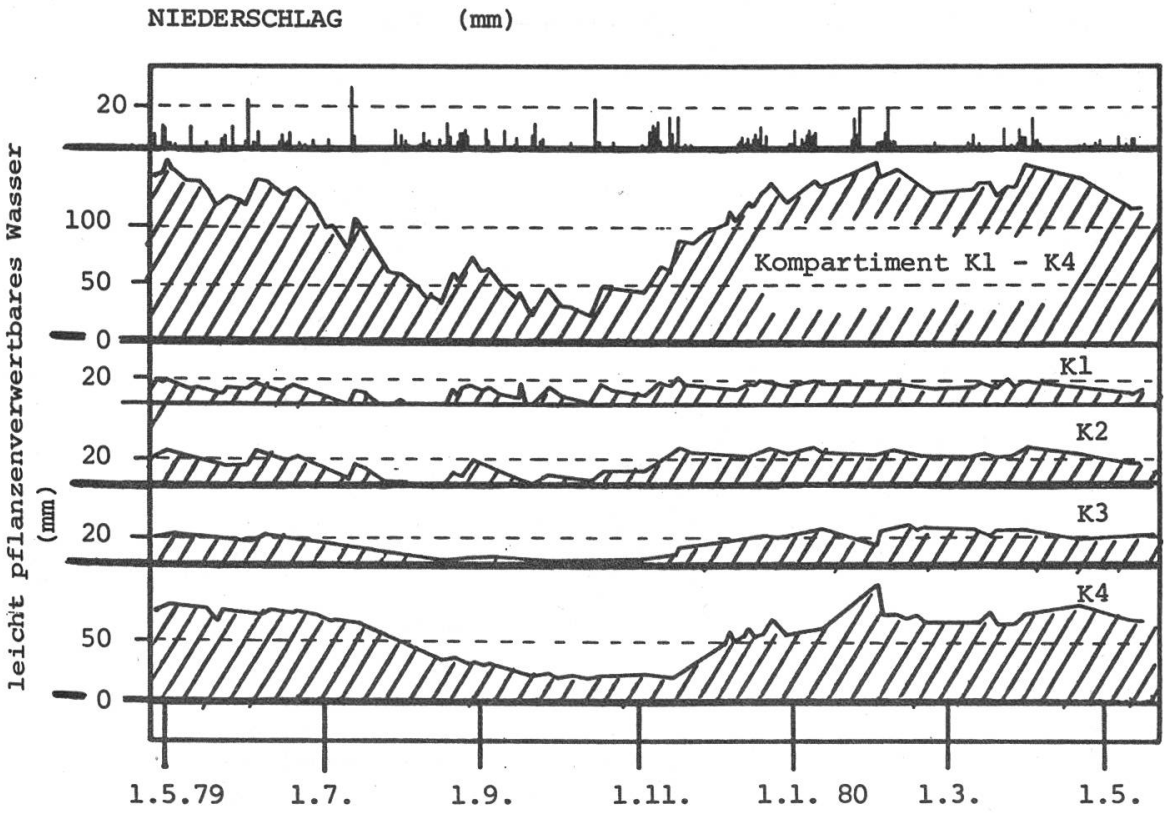

Abbildung 2. Angebot an leicht pflanzenverwertbarem Wasser (in mm) im Wurzelraum des Waldbestandes bezogen auf die einzelnen Bodenkompartimente vom Mai 1979 bis Mai 1980.

deutlich, dass ein erheblicher Teil der Wasserreserven im Kompartiment K4 gespeichert ist.

Die *Abbildung 2* dokumentiert die Entwicklung des Vorrates an leicht pflanzenverwertbarem Wasser im Boden unter Waldbestockung.

Bis anfangs Juli waren noch namhafte Wassermengen in K1 bis K3 verfügbar. Nachdem diese Reserven aufgebraucht waren, griffen die Bäume im August und September vermehrt auf das Angebot in K4 zurück. Die Wasserreserve eines Bodens kann jedoch nur dann optimal genutzt werden, wenn der gesamte Wurzelraum durchwurzelt ist. Der kapillare Aufstieg wird bei Saugspannungen von nur 100 cmWS vernachlässigbar klein (kleiner als 1/10 mm pro Tag). Eine intensive Durchwurzelung des Wurzelraumes erlaubt dem Bestand zudem, sehr rasch auf Veränderungen des Wasservorrates zu reagieren. Im Versuchsboden hat der Waldbestand im Sommer 1979 den Wasserentzug aus K4 kontinuierlich von 12 auf 40 % der gesamten Evapotranspirationsrate gesteigert. Nach ergiebigen Sommerregen waren die Bäume in der Lage, innerhalb weniger Tage den Wasserentzug in K4 massiv zu drosseln und den leichter zugänglichen Wasservorrat im Oberboden (K1 und K2) abzubauen.

4.2 Beurteilung der Wasserbewegung

Abbildung 3 charakterisiert schematisch die Wasserbewegung im Boden unter Waldbestockung (hier Buche).

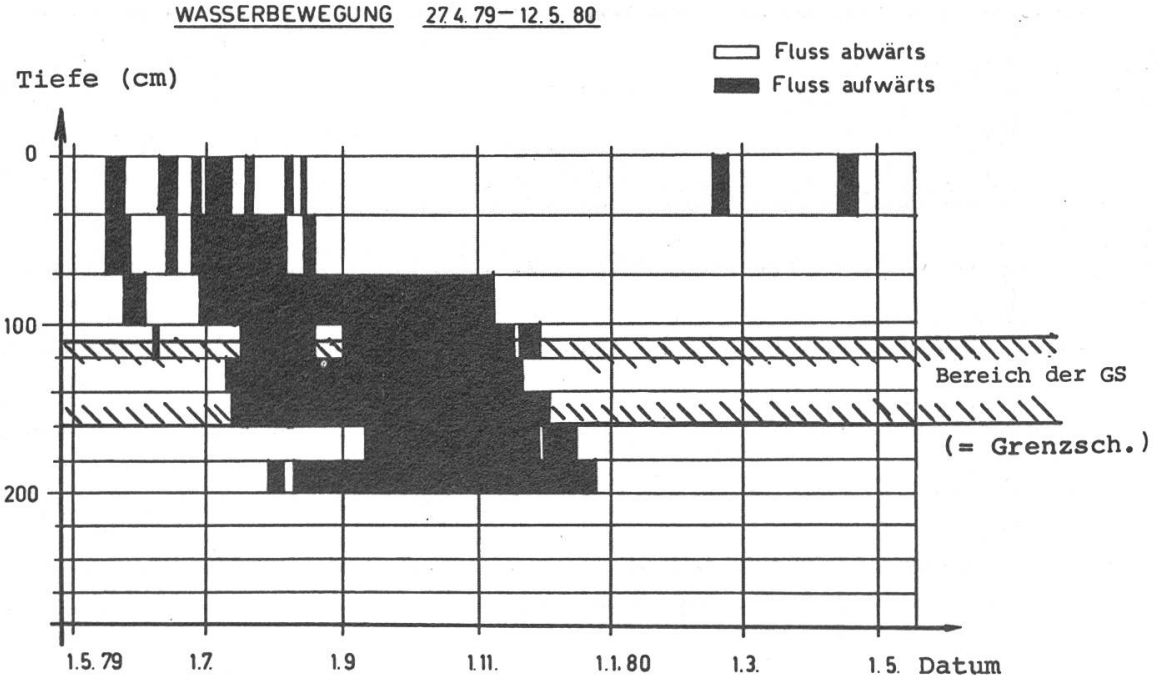

Abbildung 3. Richtung der Wasserbewegung unter Waldbestand (Buche) vom Mai 1979 bis Mai 1980.

Bis Ende April war ein durchgehender Wasserfluss von oben nach unten festzustellen. Die Austrocknung des Oberbodens nach Beginn der Vegetationsperiode bewirkte einen Fluss gegen die Bodenoberfläche hin. Im Mai und Juni wirkten sich die Niederschläge noch so stark aus, dass die Ausbildung einer Wasserscheide periodisch verhindert wurde. Ab Ende Juni waren die Regenfälle nicht mehr in der Lage, den gesamten Wurzelraum zu beeinflussen. Die Wasserscheide drang in die Tiefe und erreichte im Juli den Bereich der Grenzschicht (110 bis 160 cm Tiefe). *Abbildung 3* macht deutlich, dass von Anfang Juli bis Ende Dezember eine durchgehende Wasserscheide bestand. Damit konnte für mindestens 6 Monate des Jahres kein Niederschlagswasser zur Grundwasserneubildung beitragen.

Vom April bis Oktober 1979 sind in der Versuchsfläche nur total 46 mm Wasser versickert. Erhebliche Grundwasserneubildung war nur in den Monaten Februar und März mit 55 und 62 mm festzustellen. Nur 15 % des Jahresniederschlages sickerte im Waldbestand in die Tiefe.

4.3 Einfluss der Grenzschicht «Sand-Schotter» auf die Wassergehaltsverteilung und auf die Tiefensickerung

Die Grenzschicht «Sand-Schotter» grenzt den Wurzelraum nach unten ab. Unter den gegebenen Standortsverhältnissen ist dann mit erheblichem Trockenheitsstress zu rechnen, wenn der Wurzelraum unter 100 cm absinkt und damit nur noch maximal 25 Trockentage überstanden werden können *(Tabellen 2* und *3)*.

Die Grenzschicht teilt zwei deutlich verschiedene Sickersysteme voneinander ab. Die Porendiskontinuität der beiden Systeme wirkt sich vor allem bei der Aufsättigung des Bodens aus. Je grösser die Poren in der zu infiltrierenden Schicht sind, umso stärker wird die Infiltration an der Grenzschicht abgebremst *(Miller* und *Gardner,* 1962, *Dracos,* 1980). Im Projekt «Sand-Schotter» floss erst dann Wasser über die Grenzschicht, nachdem der Boden direkt über der Grenzschicht bis auf 10 bis 15 cmWS aufgesättigt worden war. Diese Feststellung hat wichtige Konsequenzen für den Wasserhaushalt eines zweischichtigen Bodens:

- Die Grenzschicht wirkt im Winter bei der Bodenaufsättigung als Transportsperre. Die für die Grundwasserneubildung massgebende Periode wird dadurch auf wenige Monate beschränkt (Januar bis April)
- Auf einem trockenen Standort mit kleinem Wurzelraum verhindert die Grenzschicht, dass während der Vegetationszeit grössere Regenmengen direkt versickern. Eine ausgeprägte Schichtung im Boden verbessert den Wasserhaushalt *(Baver et al.,* 1972). Im Projekt «Sand-Schotter» konnte das gespeicherte leicht pflanzenverwertbare Wasser dadurch immerhin um 15 bis 25 mm erhöht werden.

4.4 Wasserhaushaltsbilanzen

Die Versuchsfläche «Sand-Schotter» repräsentiert einen typischen Bestand des schweizerischen Mittellandes mit vergleichsweise hohen Jahresniederschlägen (1126 mm). Interessant sind dabei einige Hinweise auf Resultate der Wasserhaushaltsbilanz: Die jährliche Grundwasser-Neubildung betrug mit 0,48 mm (1979) bis 1,03 mm (1978) immerhin 15 bis 28 % des Gesamtniederschlages. Der Bestand verbrauchte während der Vegetationszeit 1,93 (1978) bis 2,06 mm pro Tag (1979), was 55 bis 77 % des gefallenen Niederschlages ausmacht. Unter Berücksichtigung der Interception stiegen diese Werte auf 3,19 bis 3,26 mm pro Tag. Der jährliche Wasserverbrauch durch die Vegetation betrug 1,29 bis 1,36 mm pro Tag (= 35 bis 43 % der Regenfälle). In den Bestandeslücken kann die Tiefensickerung auf 75 bis 85 % der Niederschlagsmenge geschätzt werden. Es wurden hier 10 bis 20 % der Regenfälle durch die Vegetation aufgebraucht.

5. Schlussfolgerungen

Bei der standortskundlichen Beurteilung eines Sand-Schotter-Bodens ist die Lage der Grenzschicht «Sand-Schotter» von entscheidender Bedeutung. Weist der Wurzelraum eine Tiefe von mindestens 100 cm auf, so vermag der Boden unter normalen Niederschlagsverhältnissen des schweizerischen Mittellandes genügend «leicht pflanzenverwertbares Wasser» zu speichern, um regenfreie Perioden von bis zu drei Wochen zu überbrücken. Voraussetzung dazu ist eine möglichst umfassende Durchwurzelung des Wurzelraumes. Vorteilhaft im Hinblick auf eine optimale Ausnutzung eines Standortes ist eine Mischung von flach- und tiefwurzelnden Baumarten *(Köstler et al.,* 1968).

Die Grenzschicht «Sand-Schotter» wirkt bei der Aufsättigung des Bodens partiell als Stauschicht. Dadurch wird die Tiefensickerung gebremst. Das Angebot des speicherbaren Wassers wird verbessert. Bei einer Standortskartierung auf Alluvialböden ist als wesentliches Merkmal die Tiefe der Grenzschicht zu bestimmen.

Résumé

De l'évaluation stationnelle d'un sol lessivé sablonneux sur gravier

La profondeur de la zone de contact entre le «sable» et le «gravier» est déterminante dans l'appréciation de la station sur un sol sableux-gravuleux. Lors du processus d'infiltration des eaux, la surface de contact a l'effet d'une couche partiellement imperméable; elle entrave l'écoulement vers les profondeurs et améliore par là l'approvisionnement en «eau utile» (= assimilable par la végétation). Dès que sa profondeur dépasse un mètre, et sous un régime pluvial «normal» du Plateau suisse, le sol est à même d'accumuler suffisamment d'«eau utile» pour approvisionner la végétation jusqu'à trois semaines durant; à condition cependant que la profondeur du sol soit intégralement employée par les racines. Par un mélange d'essences à enracinements pivotant et traçant, un pas peut être fait en direction de l'utilisation optimale de la station *(Köstler et al.,* 1968). En tant que critère écologique essentiel, la profondeur de la zone de contact «sable/gravier» doit être déterminée lors de l'établissement de cartes stationnelles sur les sols alluviaux.

Traduction: *Vivien Pleines*

Literatur

Baver, L. D., Gardner, W. H., Gardner, W. R., (1972): Soil physics. John Wiley and Sons, inc. New York/London, 493 S.

Brülhart, A., (1969): Jahreszeitliche Veränderungen der Wasserbindung und der Wasserbewegung in Waldböden des schweiz. Mittellandes. Mitt. eidg. Anst. forstl. Vers'wes., *45,* 2: 145–232

Dracos, Th., (1980): Hydrologie. Eine Einführung für Ingenieure. Springer-Verlag, Wien/New York, 194 S.

Frei, E., Voekt, U., Flückiger, R., Brunner, H., Schai, F., (1976): Bodeneignungskarte der Schweiz. Bundesamt für Landestopographie, 3084 Wabern

Jäckli, H., Kempf, T., (1972): Hydrogeologische Karte der Schweiz, 1:100 000, Blatt Bözberg-Beromünster, Schweizerische Geologische Kommission, Zürich

Köstler, J. N., Brückner, E., Biebelriether, H., (1968): Die Wurzeln der Waldbäume. 284 S., Parey, Hamburg-Berlin

Miller, D. E., Gardner, W. H., (1962): Water infiltrations into stratified soil. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 26, 115–119

Richard, F., Lüscher, P., Strobel, T., (1978): Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Band I und Band III (1983). Sonderserie eidg. Anst. forstl. Vers'wes., Birmensdorf

Richard, F., (1983): Vorlesung «Bodenphysik», IWHF, ETH Zürich

Vogelsanger, W., (1983): Untersuchung über den Wasserhaushalt eines zweischichtigen Bodenprofiles unter Waldbestockung. Dargestellt an einer sandigen Parabraunerde über Schotter. Dissertation Nr. 7307, ETH Zürich