

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Forstverein
<b>Band:</b>	121 (1970)
<b>Heft:</b>	3
<b>Artikel:</b>	Beitrag zur Kenntnis von vier Laubmischwaldstandorten im Lehrwald der ETH
<b>Autor:</b>	Flühler, H. / Gysi, C.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-766896">https://doi.org/10.5169/seals-766896</a>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 17.01.2026

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

# Beitrag zur Kenntnis von vier Laubmischwaldstandorten im Lehrwald der ETH

Von *H. Flühler* und *Ch. Gysi*, Zürich

Oxf. 114

(Professur für Bodenphysik ETH, c/o Eidg. forstl. Versuchsanstalt, Birmensdorf/Zürich)

## Teil I Bodenfaktoren

### *Inhalt* Einleitung

1. Standortskundliche Charakterisierung des Untersuchungsgebietes
2. Der Ahorn-Eschen-Wald
3. Der Eichen-Hagebuchen-Wald
4. Der Hangbuchenwald
5. Der Plateaubuchenwald
6. Zusammenfassung der Bodeneigenschaften, die für den Wasserhaushalt wesentlich sind

### **Einleitung**

Die vorliegende Arbeit ist eine Erweiterung der Untersuchungen, die mit unseren Diplomarbeiten vom Sommer 1967 begonnen haben. Die Diplomarbeiten entstanden unter der Leitung der Professoren Leibundgut und Richard.

Da der Arbeitsaufwand für diese Standortsuntersuchung recht erheblich war, wurden die Feldinstallationen, die Ablesungen und Laborarbeiten zum größeren Teil von den Mitarbeitern der Professur für Bodenphysik ETH ausgeführt. Wir danken allen, die zu dieser Untersuchung beitrugen oder sie überhaupt erst ermöglichten, recht herzlich für ihre Unterstützung. Ohne diese Hilfe hätten wir niemals genügend Informationen gewinnen können. Ebenso danken wir Herrn Prof. Dr. Leibundgut und allen Helfern im Lehrwald, die uns ebenfalls ihre Arbeit und ihr Material zur Verfügung stellten.

Im vorliegenden 1. Teil veröffentlichen wir Bodenfaktoren der nachstehend aufgeführten Standorte

- Ahorn-Eschen-Wald,
- feuchter Eichen-Hagebuchen-Wald,
- frischer Buchenmischwald am Hang,
- frischer Buchenmischwald auf einem Plateau.

Im 2. Teil unserer Arbeit benötigen wir diese Werte zur eingehenden Untersuchung des Wasserhaushaltes. Es liegt in der Natur dieser Standorte, daß besonders der Wasserhaushalt stark differenzierend wirkt. Da die Vitali-

tät und die Zusammensetzung der Baumarten auf diesen vier Standorten recht verschieden ist, leisten wir damit auch einen Beitrag zur Kenntnis der Ökologie der vorhandenen Baumarten.

### 1. Standeskundliche Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die vier erwähnten Untersuchungsobjekte befinden sich in der Abteilung Gut im Lehrrevier der ETH. Sie liegen in einer Höhe zwischen 630 und 640 m. Die wenige Meter mächtigen Würmmoränen des Linthgletschers sind die bodenbildende Unterlage der vier Standorte. Sie überlagern die staubigen Mergel der oberen Süßwassermolasse.

Das Jahresmittel der Temperatur beträgt 8,8 °C, die jährliche Niederschlagsmenge 1200 mm. Diese Klimadaten beziehen sich auf die Beobachtungsstation der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, die 80 m tiefer und 1,25 km südwestlich der Abteilung Gut liegt.

Die Abteilung Gut ist in eine flache, plateauförmige Kuppe und in eine wenig ausgeprägte Senke gegliedert. Diese mündet gegen Osten in das «Ried». Auf der Kuppe befindet sich ein Standort des frischen Buchenmischwaldes. Am nördlich exponierten, 10% geneigten Hang dieser Erhebung liegt ebenfalls ein Standort des frischen Buchenmischwaldes und im tiefsten Punkt der Senke einer des Ahorn-Eschen-Waldes. Westlich davon, nur 1,4 m höher, finden wir einen Standort des feuchten Eichen-Hagebuchen-Waldes.

Die Namen der Vegetationseinheiten entnehmen wir der Vegetationskarte des Lehrreviers (N. Kuhn, 1965).

Ahorn-Eschen-Wald	= <i>Aceri-Fraxinetum</i>
feuchter Eichen-Hagebuchen-Wald	= <i>Galio-Carpinetum circaetosum</i> (Teil des ehemaligen <i>Querco-Carpinetum aretosum</i> )
frischer Buchenmischwald	= <i>Melico-Fagetum</i>

Im Text verwenden wir die Namen: Ahorn-Eschen-Wald, Eichen-Hagebuchen-Wald, Hangbuchenwald und Plateaubuchenwald.

### 2. Der Ahorn-Eschen-Wald

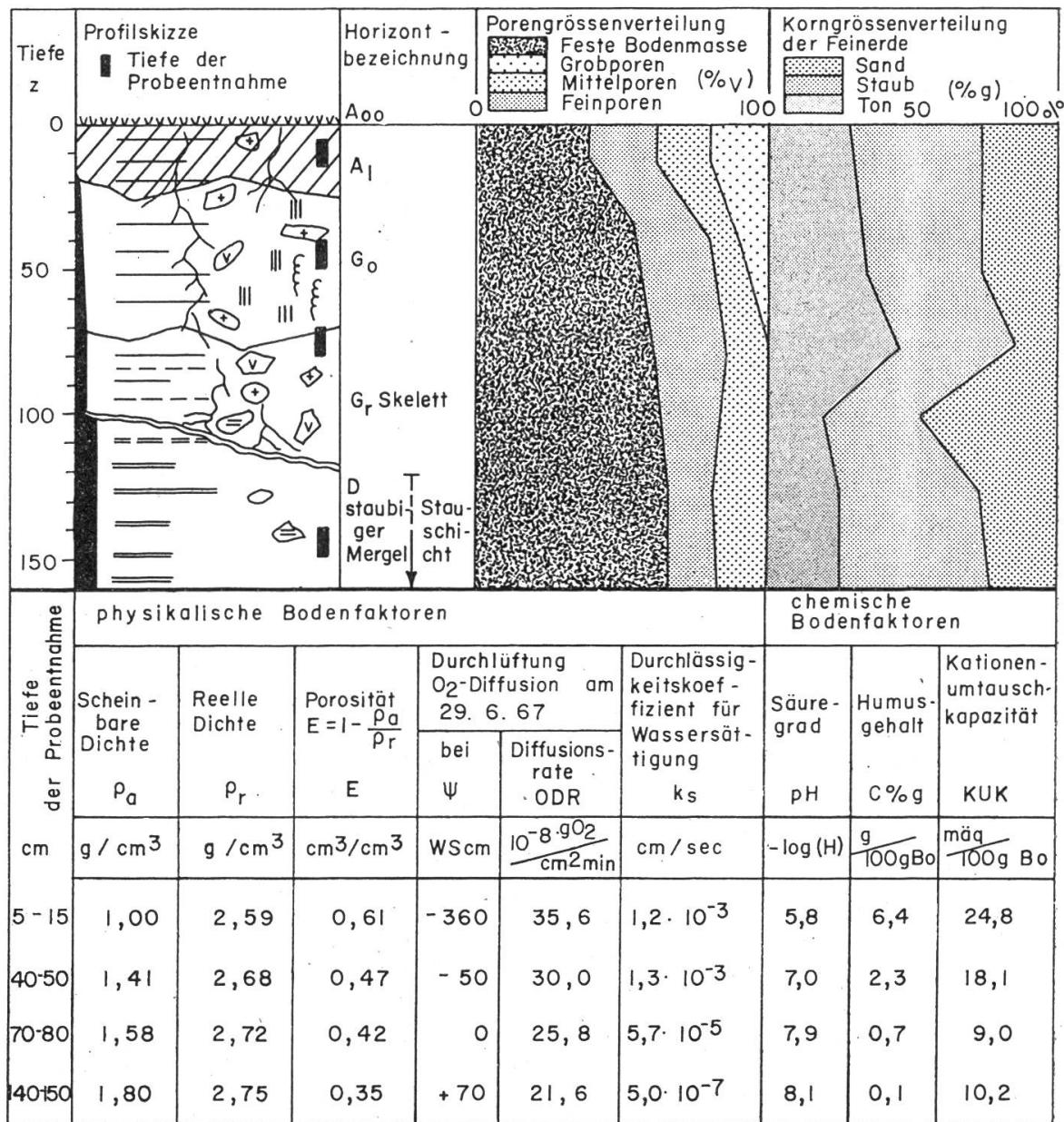
Der Bestand des Ahorn-Eschen-Waldes ist folgendermaßen aufgebaut:

Tabelle 1

Bestandesteil	Mischungsart und -grad (in % der Stammzahl bzw. Zahl der Einzelbäume)	Höhe (m)	Überschirmungsgrad (in 1/10 der Fläche)
Mittelwald-Oberständner	1 Es ( $\phi$ 65 cm), 1 Ei ( $\phi$ 62 cm)	29–30	
Hauptbestand	S'Erle 45, Es 20, B'ah 25, (Bu, Ei, Aspe) 10	19–25	0,7
Nebenbestand	Es 55, Bu 10, Bi 5, Hasel 5, Ta 20, Habu 5	5–17	0,6

Unter dem lichtdurchlässigen Kronendach der Schwarzerlen und Eschen entwickelt sich eine üppige Krautschicht. Die Artenzusammensetzung zeugt von einer guten Nährstoffversorgung und von einer hohen Boden- und Luftfeuchtigkeit.

Tabelle 2  
Bodeneigenschaften im Profil des Ahorn-Eschen-Waldes



Der Oberboden (0 bis 50 cm) ist locker, gut drainiert bzw. durchlüftet. Man beachte das große Porenvolumen von 61 % im A<sub>1</sub>-Horizont. Der humusreiche A<sub>1</sub>-Horizont und der darunterliegende, fleckig-oxydierte G<sub>0</sub>-Horizont sind gut mit Nährstoffen versorgt. Die Umtauschkapazität beträgt 25 bzw. 18 mäg. pro 100 g Boden. Die Oxydationsflecken deuten an, daß der Was-

Wasserspiegel häufig im Bereich von 20 bis 70 cm Bodentiefe schwankt. Der während langer Perioden nahe an die Bodenoberfläche reichende Wasserstau ist eines der wesentlichsten Merkmale dieses Standortes.

Der Unterboden (70 bis 120 cm) ist stark bis extrem stark verdichtet. Die Lagerungsdichte  $\rho_a$  beträgt 1,58 bis 1,80 g/cm<sup>3</sup>. In Bodenpartien, deren Dichte größer als etwa 1,5 g/cm<sup>3</sup> ist, müssen die wachsenden Wurzelspitzen einen hohen mechanischen Widerstand überwinden (A. Stauffer, 1968). Um in ein Bodenmaterial der Dichte 1,7 g/cm<sup>3</sup> einzudringen, muß eine Wurzel einen Widerstand von 7,5 kg/cm<sup>2</sup> überwinden, also einen Druck von 7,5 atm. aufbringen (L. H. Stolzy und K. P. Barely, 1968). Der Grobporenanteil ist in diesem Profilbereich verschwindend klein. Die Sauerstoffversorgung ist für standortsfremde Baumarten unzureichend, denn eine Sauerstoffdiffusionsrate von  $20 \times 10^{-8}$  gO<sub>2</sub>/cm<sup>2</sup> · min. hemmt das Wurzelwachstum selbst jener Baumarten, die in dieser Hinsicht als anspruchslos gelten (L. H. Stolzy und J. Letey, 1964). Obwohl der dichte, vorwiegend reduzierte G<sub>r</sub>-Horizont (70 bis 120 cm) für die Wurzelbildung kein günstiges Medium darstellt, ist dieser Bodenraum relativ gut durchwurzelt. Das zeigt, wie gut die Wurzeln der Schwarzerle und Esche solche Bodenräume zu erschließen vermögen. Die Esche ist hinsichtlich Sauerstoffversorgung anspruchsvoller als die Schwarzerle. Auf noch schlechter durchlüfteten Böden gedeiht nur noch die Schwarzerle.

Der D-Horizont, die Staubmergellage der oberen Süßwassermolasse, ist nahezu undurchlässig. Bei Wassersättigung bewegt sich das Wasser dort nur 0,4 mm/Tag. Der Staubanteil nimmt gegen unten deutlich zu. 310 cm unter der Bodenoberfläche ist der Boden nicht mehr mit Wasser gesättigt. Das Wasser wird offenbar im obersten Meter der Staubmergellage (D-Horizont) aufgestaut.

Das Bohrprofil, das im Rahmen der Grundwasserstudie in der Senke der Abteilung «Gut» gemacht wurde (H. Leibundgut und Sp. Dafis, 1963) zeigt, daß die Moränenauflage in dieser Mulde höchstens 2 bis 3 m mächtig ist. Die Staubmergellage ist in allen vier Standorten die wasserstauende Schicht.

### 3. Der Eichen-Hagebuchen-Wald

Das Kronendach des Bestandes im Eichen-Hagebuchen-Wald beschattet den Boden stark. Der Überschirmungsgrad beträgt etwa 0,9. Während der Vegetationsperiode erhält die Krautschicht wenig Licht. Die frühblühenden Arten herrschen vor. Im Gegensatz zum Ahorn-Eschen-Wald fehlen die ausgesprochenen Nässezeiger. Die Artenzahl der Krautschicht ist kleiner, die der Baumschicht größer als im Ahorn-Eschen-Wald.

Der Einfluß periodischer Vernässung ist auch in diesem Profil offensichtlich. Die Verteilung der Oxydationsflecken zeigt, daß der Wasserspiegel häufig im Bereich der fleckig oxydierten Gleyhorizonte G<sub>o</sub><sup>I</sup> und G<sub>o</sub><sup>II</sup> (70 bis 150 cm) schwankt. Im Ahorn-Eschen-Wald ist der Gleyfleckenhorizont nur

Tabelle 3

Bestandesteil	Mischungsart und -grad (in % der Stammzahl bzw. Zahl der Einzelbäume)	Höhe (m)	Überschirmungsgrad in 1/10 der Fläche
Mittelwald-Oberständner	3 Ei ( $\phi$ 66/80/95 cm), 2 Es ( $\phi$ 48/53 cm)	28–29	
Hauptbestand	Es 50, S'Erle 20, B'ah 10, Bu 5, Bi 5, Ta 5, (Ki, Aspe, Fi) 5	22–29	0,9
Nebenbestand	Habu 60, Bu 15, Es 5, S'Erle 5, B'ah 5, Hasel 10	8–20	

Tabelle 4  
Bodeneigenschaften des Profils im Eichen-Hagebuchen-Wald

Tiefe z	Profilskizze ■ Tiefe der Probeentnahme	Horizont - bezeichnung	Porengrößenverteilung			Korngrößenverteilung der Feinerde Sand Staub Ton 50 (%)g 100%			
			Feste Bodenmasse	Grobporen	Mittelporen (%)v				
0		A <sub>00</sub>	0	100	0				
50		A <sub>1</sub>							
100		A <sub>2</sub>							
150		G' <sub>0</sub> sandig-tonig							
		G'' <sub>0</sub> tonig							
		C							
Tiefe der Probeentnahme	physikalische Bodenfaktoren					chemische Bodenfaktoren			
	Scheinbare Dichte $\rho_a$ g / cm <sup>3</sup>	Reelle Dichte $\rho_r$ g / cm <sup>3</sup>	Porosität $E = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$ cm <sup>3</sup> / cm <sup>3</sup>	Durchlüftung O <sub>2</sub> -Diffusion am 29. 6. 67 bei $\Psi$ Wsec	Durchlässigkeitskoeffizient für Wassersättigung $k_s$ cm / sec	Säuregrad pH	Humusgehalt C %g	Kationen-umtauschkapazität KUK $\frac{mäg}{100g Bo}$	
cm				$10^{8 \cdot g O_2 / cm^2 min}$					
5–15	1,26	2,44	0,48	-180	22,5	$1,0 \cdot 10^{-2}$	5,6	3,7	13,9
45–55	1,47	2,45	0,40	-110	31,9	$5,2 \cdot 10^{-3}$	5,5	1,4	17,2
95–105	1,46	2,41	0,39	-30	25,8	$6,5 \cdot 10^{-4}$	7,0	1,0	20,6
145–155	1,73	2,48	0,30	0	28,2	$1,3 \cdot 10^{-5}$	8,0	0,1	8,6

halb so mächtig und liegt wesentlich höher als im Eichen-Hagebuchen-Wald, nämlich in 20 bis 70 cm Tiefe. Die Durchlässigkeit bei Wassersättigung ( $k_s$ -Wert) ist im Boden des Eichen-Hagebuchen-Waldes 4- bis 25mal größer als im Ahorn-Eschen-Wald.

Setzen wir die Lagerungsdichte  $\rho_a$  des A<sub>1</sub>-Horizontes gleich 100 %, dann beträgt die prozentuale Dichtezunahme pro 10 cm Bödentiefe im Eichen-Hagebuchen-Wald durchschnittlich 2,5 %, im Ahorn-Eschen-Wald 5,3 %. Im Eichen-Hagebuchen-Wald begegnen die Wurzelspitzen im unteren Teil des Wurzelraumes (70 bis 120 cm) einem geringeren mechanischen Widerstand als im Ahorn-Eschen-Wald.

Sieben Tage vor der Sauerstoffdiffusionsmessung stand der Wasserspiegel in 70 cm Tiefe, also relativ hoch. Die Diffusraten in den beiden G<sub>0</sub>-Horizonten, 25,8 und  $28,2 \times 10^{-8} \text{ gO}_2/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ ., deuten an, daß die Sauerstoffversorgung dieses Bodenbereiches recht, aber nicht gut war. Die Methode der Sauerstoffdiffusionsmessung gibt uns in nassen Böden verlässliche Werte. Da die Meßelektrode von einem Wasserfilm umgeben sein muß, ist diese Meßtechnik nur bei niederen Saugspannungen anwendbar, also gerade bei jenen Wassergehalten, bei denen die Sauerstoffversorgung kritisch werden kann. Bei Saugspannungen nahe oder über 200 WScm ist der Kontakt der Elektrode mit dem umgebenden Bodenwasser in vielen Bodenformen nicht mehr gewährleistet. Die im A<sub>1</sub>-Horizont gemessene Diffusionsrate von  $22,5 \times 10^{-8} \text{ gO}_2/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ . ist meines Erachtens für diese lockere, oberflächennahe Schicht zu klein. Auf Grund der bei der Messung festgestellten Saugspannung von 180 WScm ist es denkbar, daß der Wasserfilm die Elektrode nicht mehr vollständig umhüllte. Der größte Teil der verfügbaren Nährionen sind am Humus und an den Tonteilchen angelagert. Die Umtauschkapazität hängt mit dem Ton- und Humusgehalt eng zusammen. Die Tonanteile im Oberboden des Eichen-Hagebuchen- und Ahorn-Eschen-Waldes liegen in der gleichen Größenordnung, der Humusgehalt ist aber ziemlich unterschiedlich. Der Humusgehalt und die Umtauschkapazität sind im Eichen-Hagebuchen-Wald nur etwa halb so groß wie im Ahorn-Eschen-Wald (3,7 g bzw. 13,9 mäq pro 100 g Boden). Im Vergleich zum Ahorn-Eschen-Wald wird die Streuauflage ( $A_{oo}$ ) im Eichen-Hagebuchen-Wald nur unvollkommen abgebaut. Der untere Teil des Wurzelraumes im Eichen-Hagebuchen-Wald ist weniger dicht gelagert, besser drainiert, besser durchlüftet und nährstoffreicher als derselbe Profilteil im Ahorn-Eschen-Wald.

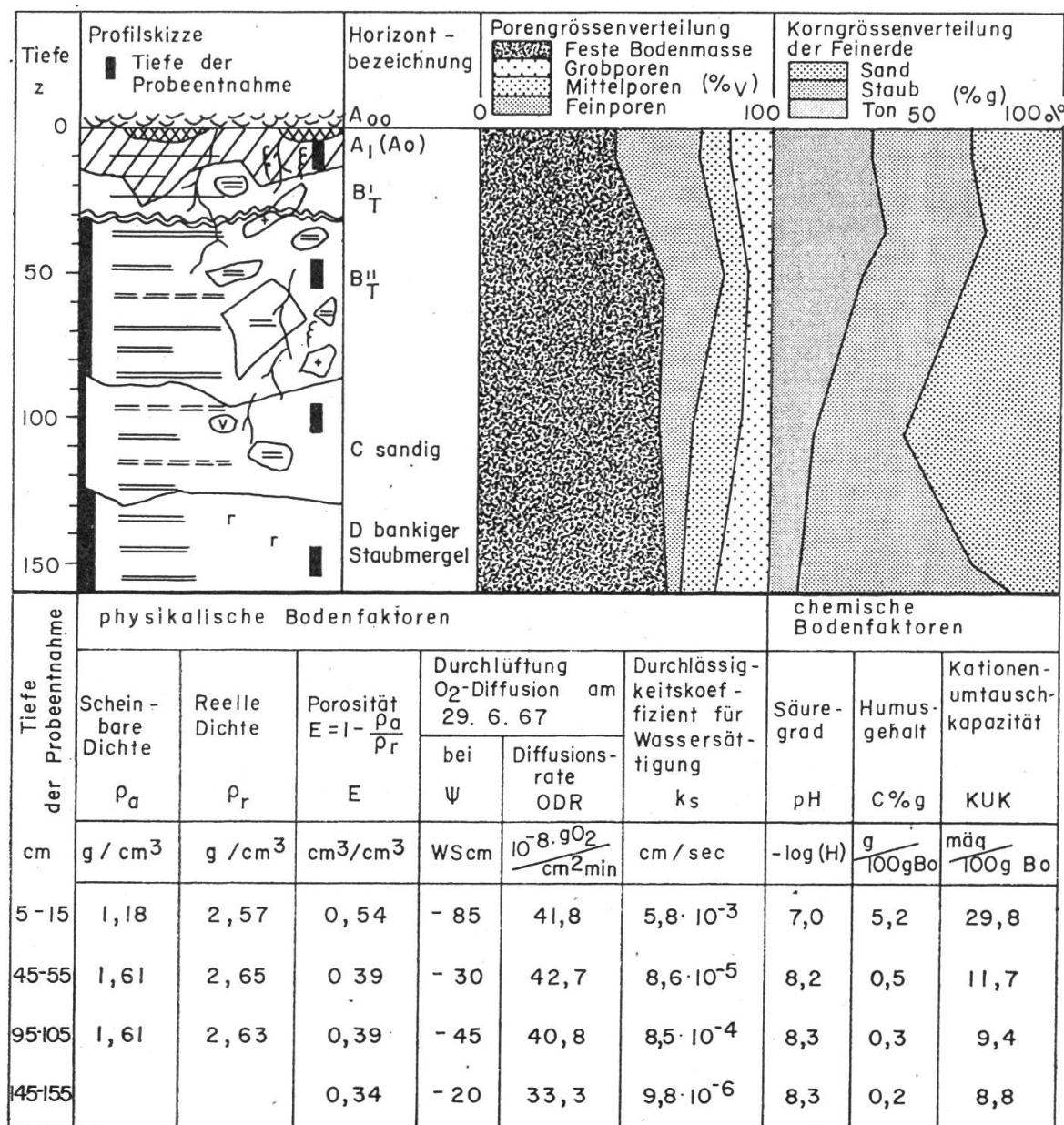
#### 4. Der Hangbuchenwald

Die Vegetation dieses Standortes ist artenarm. In der Krautschicht stellten wir nur sieben Arten fest, im Ahorn-Eschen-Wald waren es vierzig, im Eichen-Hagebuchen-Wald neunundzwanzig. Auch die Baumvegetation ist ziemlich einförmig aufgebaut:

Tabelle 5

Bestandesteil	Mischungsart und -grad (in % der Stamanzahl)	Höhe (m)	Überschirmungsgrad (in 1/10 der Fläche)
Hauptbestand	Bu 80, Ta 15, Fi 5	35–40	0,4
Nebenbestand	Bu 65, Ta 30 (B'ah, Hasel) 15	3–6 (–12)	0,9

Tabelle 6  
Bodeneigenschaften im Profil des Hangbuchenwaldes



Obschon der Boden unterhalb der Karbonatgrenze dicht gelagert ist, ( $\varrho_a = 1,6 \text{ g/cm}^3$ ) ist er gut durchlüftet. In keinem der durchwurzelten Horizonte war die Sauerstoffdiffusionsrate kleiner als  $40 \times 10^{-8} \text{ gO}_2/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ . Diese Meßwerte sind ein Indiz für eine genügende bis gute Sauerstoffversorgung (J. Letey und L. H. Stolzy, 1962). Der beachtlich große Grobporenanteil dieser dichten Horizonte dürfte einer der Gründe der guten Durchlüftung sein. In 50 cm Tiefe beträgt er 8 %<sub>v</sub>, in 100 cm 10 %<sub>v</sub>. Die Summe der Grob- und Mittelporen im tonigen, mittleren Profilteil (B<sup>II</sup><sub>T</sub>-Horizont) beträgt 16 %<sub>v</sub>, im darunterliegenden, für Wasser 10mal durchlässigeren, sandigen C-Horizont 26 %<sub>v</sub>.

Im Ahorn-Eschen-Wald und im Eichen-Hagebuchen-Wald nimmt die gesättigte Wasserdurchlässigkeit von oben nach unten exponentiell ab, im ersten um das 2400fache, im letzteren um das 770fache (Tabellen 2 und 4). Im Hangbuchenwald ist der tonige B<sup>II</sup><sub>T</sub>-Horizont innerhalb der Aufschlußtiefe die am wenigsten durchlässige Schicht.

### 5. Der Plateaubuchenwald

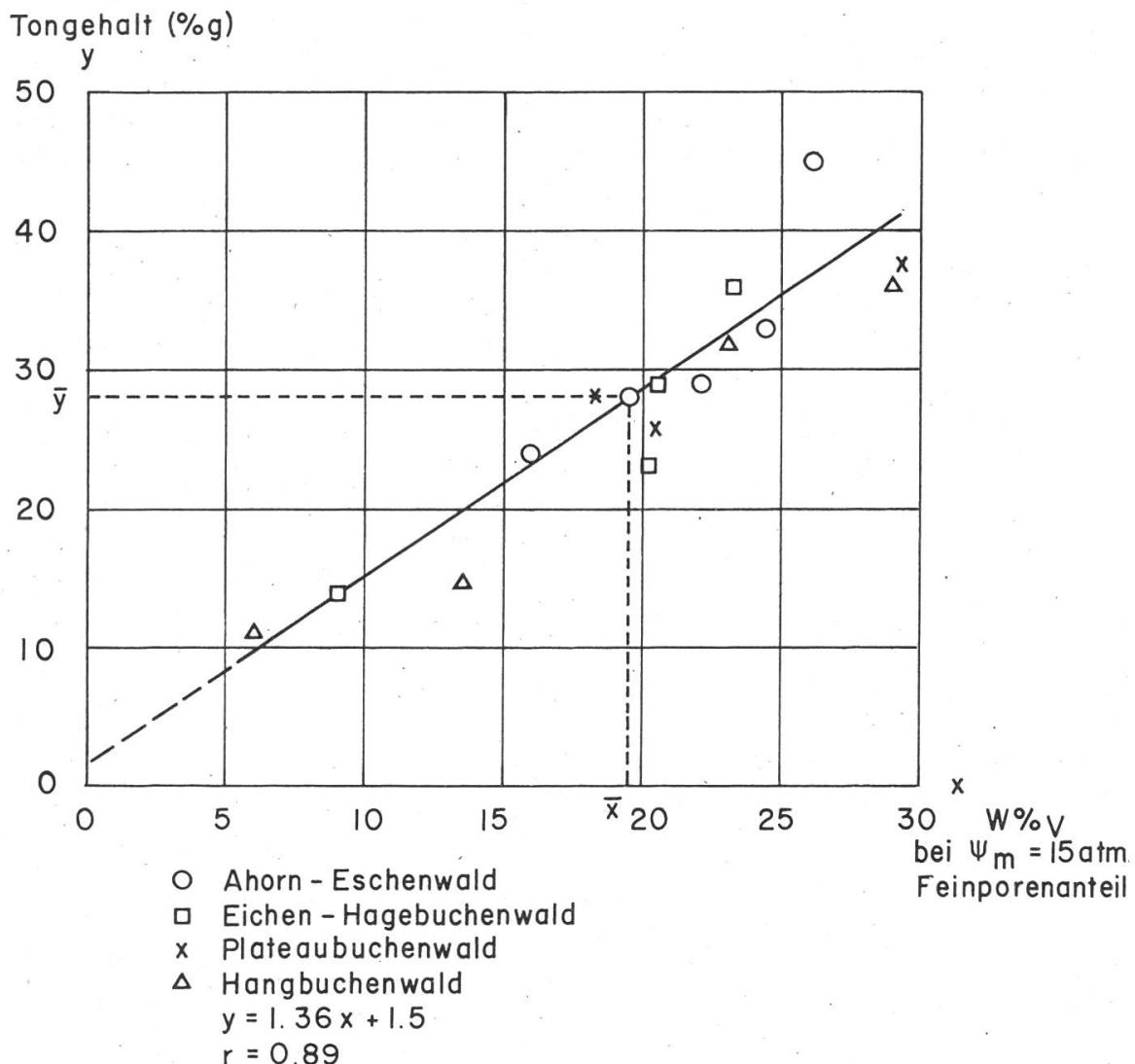
Die Strauchsicht und der Nebenbestand sind stellenweise dicht geschlossen. Die Krautschicht wird lokal sehr stark beschattet; an anderen, offeneren Stellen kommt sie in den Genuß des beinahe ungedämpften Tageslichtes, denn das Kronendach des Hauptbestandes ist lückig.

Tabelle 7

Bestandesteil	Mischungsart und -grad (in % der Stammzahl)	Höhe (m)	Überschirmungsgrad (in 1/10 der Fläche)
Hauptbestand	Bu 50, Ta 30, Lä 15, (B'ah, Fi, Fö) 5	33–38	0,3
Nebenbestand	B'ah 45, Bu 15, F'ah 5, Ta 30, Fi 5	3– 5(–7)	0,5 (in Gruppen 1,0)

Hinsichtlich Lagerungsdichte gleicht der Boden des Plateaubuchenwaldes am ehesten jenem des Eichen-Hagebuchen-Waldes. Strukturell sind diese beiden Bodenprofile jedoch sehr verschieden. Im Plateau- und Hangbuchenwald ist die Verteilung der Grob- und Mittelporen im ganzen Profil ziemlich ausgeglichen. Im Eichen-Hagebuchen-Wald hingegen nimmt der Grobporenanteil und damit die Durchlässigkeit von oben nach unten deutlich ab. Der Feinporenanteil hängt in unserem Falle eng mit dem Tongehalt zusammen. Der Feinporenanteil ist laut Definition numerisch gleich dem Volumen des Wassergehaltes des Bodens am permanenten Welkepunkt. Die lineare Regression der Variablen, Tongehalt (%<sub>g</sub>) und Wassergehalt beim permanenten

Fig. 1  
Abhängigkeit des Feinporenanteils (‰ v) vom Tongehalt (‰ g)



Welkepunkt (‰ v), ergab ein Bestimmungsmaß von  $r = 0.89$  (Fig. 1). Anders ausgedrückt heißt das, daß in den vier untersuchten Böden das Wasserbindevermögen beim permanenten Welkepunkt weitgehend vom Tongehalt abhängig ist. Diese Feststellung gilt nicht allgemein. In stark tonigen Böden beispielsweise hängen die Sorptionseigenschaften viel mehr von der räumlichen Anordnung der Partikel als von deren Größe ab. Die Form der Desorptionskurve wird vom sekundären Gefüge wesentlich beeinflußt. Die tonarme, staubreiche Unterlage im Plateaubuchen- und Hangbuchenwald bindet beim permanenten Welkepunkt noch 12 bzw. 6 ‰ v Wasser, während der tonreiche B<sub>T</sub>-Horizont im Plateaubuchenwald 29 ‰ v und im Hangbuchenwald 34 ‰ v nicht verwertbares Wasser in den Feinporen enthält.

Der tonreiche B<sub>T</sub>-Horizont des Plateaubuchenwaldes ist für Wasser 5mal weniger durchlässig als der staubige C-Horizont. Das Porenvolumen ist im Profil des Plateaubuchenwaldes durchweg um 5 bis 8 ‰ v größer als im Ei-

Tabelle 8  
Bodeneigenschaften im Profil des Plateaubuchenwaldes

Tiefe z	Profilskizze ■ Tiefe der Probeentnahme	Horizont - bezeichnung	Porengrößenverteilung			Korngrößenverteilung der Feinerde			
			A <sub>00</sub>	0	Feste Bodenmasse Grobporen Mittelporen Feinporen (%v)	100	Sand Staub Ton 50	100% (%g)	
0									
50									
100									
150									
Tiefe der Probeentnahme	physikalische Bodenfaktoren					chemische Bodenfaktoren			
cm	Schein - bare Dichte $\rho_a$	Reelle Dichte $\rho_r$	Porosität $E = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$	Durchlüftung O <sub>2</sub> -Diffusion am 29. 6. 67 bei $\Psi$	Diffusions- rate ODR WScm $10^{-8} \frac{g O_2}{cm^2 min}$	Durchlässig- keitskoef- fizient für Wassersätti- gung ks	Säure- grad pH	Humus- gehalt C % g	Kationen- umtausch- kapazität KUK
5-15	1,23	2,60	0,53	-455	32,9	$6,6 \cdot 10^{-3}$	5,4	6,1	21,6
20-30	1,44	2,64	0,45	-400	40,8	$4,1 \cdot 10^{-3}$	5,4	2,4	13,7
55-65	1,40	2,72	0,48	-300	30,0	$9,5 \cdot 10^{-4}$	5,5	0,8	20,2
120-130	1,78	2,75	0,35	-200	18,3	$4,4 \cdot 10^{-3}$	8,0	0,2	12,1

chen-Hagebuchen-Wald. Der deutlich höhere Grobporenanteil im unteren Teil des Bodens im Plateaubuchenwald bewirkt, daß sich hier das Wasser bei Sättigung und gleichen Gradienten an der unteren Grenze des Wurzelraumes rund 300mal schneller bewegen kann als im gleichen Horizont des Eichen-Hagebuchen-Waldes, nämlich 380 cm/Tag im Plateaubuchenwald und 1,1 cm/Tag im Eichen-Hagebuchen-Wald.

Auf Grund der großen Wasserdurchlässigkeit der einzelnen Horizonte und der günstigen Porenverteilung darf man annehmen, daß der Boden im Plateaubuchenwald in der Regel gut drainiert und durchlüftet ist. Auf Sauerstoffdiffusionsraten dürfen wir diese Aussagen nicht abstellen, da sie bei

relativ hohen Saugspannungen (200 bis 400 WScm) gemessen wurden. Bei diesen Saugspannungen besteht keine Gewähr, daß die Elektrode mit dem Bodenwasser gut in Kontakt steht.

Der Durchlüftungszustand im Boden des Plateaubuchenwaldes ist aber durchaus nicht immer gut. In Perioden starker Niederschläge und während der Schneeschmelze wird das Wasser von unten her bis nahe an die Oberfläche aufgestaut. Die wasserstauende Schicht, eine graue Sandsteinlage, liegt 170 cm tief.

Die Umtauschkapazität ist im A<sub>1</sub>-Horizont vermutlich wegen des hohen Humusgehaltes und im B<sub>T</sub><sup>1</sup>-Horizont wegen des hohen Tongehaltes ziemlich groß. Sie beträgt in diesen beiden Horizonten 21,6 bzw. 20,2 mäq/100 g Boden. Die Umtauschkapazität und der Tongehalt des A<sub>2</sub>-Horizontes sind kleiner als im darunterliegenden B<sub>T</sub><sup>1</sup>-Horizont. Es ist denkbar, daß dies ein Ausdruck einer Tonverlagerung ist.

## 6. Zusammenfassung der Bodeneigenschaften, die den Wasserhaushalt wesentlich beeinflussen

Die schlecht durchlässige Staubmergelunterlage der oberen Süßwassermolasse führt in allen vier Böden periodisch zu einem Wasserstau. Der Bodenbereich, in welchem der Wasserspiegel am häufigsten schwankt, ist je nach Standort verschieden mächtig und liegt verschieden tief. Dieser Bereich ist an den rötlichen Oxydationsflecken gut erkennbar. Eine Häufung von Oxydationsflecken in einem teilweise reduzierten Horizont ist ein Indiz für eine periodisch schlechte Durchlüftung. Je schärfer der Kontrast zwischen den reduzierten und oxydierten Bereichen ist, je kleiner und seltener die rostigen Flecken sind, desto schlimmer steht es in Nässeperioden mit der Sauerstoffversorgung der Wurzeln. Der rostig gefleckte Horizont ist die Zone, die in stetem Wechsel mit Wasser gesättigt und wieder teilweise entwässert wird. Dauert die Sättigung mehrere Tage, dann verarmt der Boden an dieser Stelle an Sauerstoff. Reduktionsvorgänge herrschen vor. Bei partieller Entwässerung oxydiert der eindringende Sauerstoff die freigelegten bzw. reduzierten Metallverbindungen. Vorerst werden entlang größerer Kanäle und Spalten Kontrastgleyflecken gebildet. Später, bei fortschreitender Entwässerung dringt der Sauerstoff auch in das feinere Poresystem ein und oxydiert weitere Bereiche. Die Verästelung wird so fein, daß die Grenzen zwischen oxydierten und reduzierten Zonen verwischt werden. Diese nicht scharf abgegrenzten Gleyflecken nennt man diffus.

Im Ahorn-Eschen-Wald liegt der fleckig oxydierte Horizont oberflächennah (20 bis 70 cm). Im Hangbuchenwald treten diese Flecken ebenfalls nur in einem schmalen Band allerdings wesentlich tiefer (110 bis 130 cm) auf. Im Boden des Eichen-Hagebuchen-Waldes ist der fleckig oxydierte Horizont 80 cm mächtig (80 bis 160 cm). Der Wasserspiegel schwankt im Boden des Eichen-Hagebuchen-Waldes stärker als im Ahorn-Eschen-Wald. Im Plateau-

buchenwald umfaßt der gefleckte Horizont ab 40 cm den ganzen Bodenraum. Obschon die gesättigte Wasserdurchlässigkeit oberhalb der stauenden Schicht annähernd normal ist, (F. Richard, 1965) herrscht zeitweise fast im ganzen Profil ein Wasserstau.

In den beiden Muldenstandorten, dem Ahorn-Eschen- und Eichen-Hagebuchen-Wald, nimmt die gesättigte Wasserdurchlässigkeit von oben nach unten sehr stark ab. Im Plateau- und Hangbuchenwald dagegen ist der unterste Profilteil durchlässiger als der mittlere. Zwischen dem Grobporenanteil und der gesättigten Durchlässigkeit besteht ein enger Zusammenhang. Je mehr Grobporen vorhanden sind, desto größer ist der Fließquerschnitt und desto geringer ist der Fließwiderstand, denn das Wasser ist in den groben Poren nur leicht gebunden. Der Grobporenanteil und die gesättigte Wasserdurchlässigkeit verändern sich in allen vier Böden mit zunehmender Tiefe sehr ähnlich.

Einzig im Ahorn-Eschen-Wald stellten wir innerhalb der Aufschlußtiefe eine *nahezu undurchlässige* Schicht fest ( $k_s = 5,0 \times 10^{-7} \text{ cm/sec} = 0,4 \text{ mm/Tag}$ , F. Richard).

Folgende Horizonte sind *gehemmt durchlässig*:

- die untere Begrenzung des Profils im Eichen-Hagebuchen-Wald  
( $G_r$ -Horizont  $k_s = 5,7 \times 10^{-5} \text{ cm/sec} = 5 \text{ cm/Tag}$ )
- die untere Hälfte des Wurzelraumes im Ahorn-Eschen-Wald  
( $C$ -Horizont  $k_s = 5,7 \times 10^{-5} \text{ cm/sec} = 5 \text{ cm/Tag}$ )
- der mittlere Teil des Hangbuchenwaldes  
( $B^1_T$ -Horizont  $k_s = 8,6 \times 10^{-5} \text{ cm/sec} = 7 \text{ cm/Tag}$ )

Im Hangbuchenwald ist der untere Teil des Profiles *annähernd normal* ( $k_s = 8,5 \times 10^{-4} \text{ cm/sec} = 75 \text{ cm/Tag}$ ), im Plateaubuchenwald *normal durchlässig* ( $k_s = 4,4 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} = 380 \text{ cm/Tag}$ ).

Der  $A_1$ -Horizont ist in allen vier Böden gut durchlässig ( $k_s \sim 10^{-3} \text{ cm/sec} \sim 100 \text{ cm/Tag}$ ).

Die Tiefe der stauenden Schicht und die Durchlässigkeit der unteren Hälfte des Bodenprofils ist für den Wasserhaushalt entscheidend.

In einem zweiten, später folgenden Teil befassen wir uns eingehend mit der zeitlichen Veränderung der Wasserbindung der davon abhängenden Bodenfaktoren dieser Standorte.

## Résumé

### Contribution à la connaissance de quatre stations de la forêt feuillue mélangée dans la forêt d'enseignement de l'EPF

#### *Première partie: Facteurs pédologiques*

Ce travail a pour but de comparer les facteurs pédologiques de quatre stations de la forêt d'enseignement de l'EPF. Dans une deuxième partie, nous étudierons de quelle manière l'énergie de rétention de l'eau par le sol varie dans le temps. Avant d'entreprendre cette recherche, nous avons cherché à déterminer quels sont les principaux facteurs pédologiques qui exercent une influence sur le bilan de l'eau dans le sol.

La présence, à une certaine profondeur, d'une couche limoneuse compacte et peu perméable, provoque, dans les quatre sols étudiés, l'apparition d'une nappe temporaire perchée. L'épaisseur de cette nappe et la durée d'engorgement du sol varient d'une station à l'autre. Pendant la phase d'engorgement, la diffusion de l'oxygène est freinée; le fer, sous l'action de bactéries, est alors réduit et il se solubilise. Le temps devient plus sec; la nappe s'abaisse; le fer réduit se concentre autour des radicelles où il précipite sous forme ferrique. Il se forme ainsi, dans toute la zone occupée par la nappe d'eau, une multitude de taches rouille de fer oxydé; la partie du sol périodiquement inondée est donc aisée à déterminer sur le profil.

Dans la frênaie mêlée d'érable, on note la présence de taches rouille entre 20 et 70 cm de profondeur.

Dans le sol de la chênaie à charme, la zone occupée par les taches de fer ferrique est comprise entre 80 et 160 cm; les fluctuations de la nappe sont donc plus grandes sous la chênaie à charme que sous la frênaie à érable.

Le sol de la hêtraie de plateau a une teinte bariolée dès 40 cm et jusqu'à la profondeur la plus basse; il est intéressant de noter que, malgré une perméabilité normale du sol situé au-dessus de la couche « tassée », un engorgement temporaire apparaît dans presque tout le profil.

On observe dans le sol de la hêtraie de pente quelques traces de fer oxydé entre 110 et 130 cm.

Dans la frênaie à érable et dans la chênaie à charme, la perméabilité du sol diminue fortement en fonction de la profondeur.

Ce n'est pas le cas pour les sols de la hêtraie de plateau et la hêtraie de pente. La perméabilité en profondeur est plus grande que la perméabilité de la zone médiane du profil.

La répartition des pores grossiers (eau de gravitation) a été calculée pour chaque horizon et pour chaque sol. Cette étude a mis en évidence la relation directe qui existe entre le coefficient de perméabilité et la proportion des pores grossiers.

Le sol de la frênaie à érable montre en profondeur un horizon presque imperméable ( $k_s = 5,0 \times 10^{-7}$  cm/sec = 0,4 mm/jour).

Les horizons suivants ont une perméabilité réduite:

- L'horizon inférieur (Horizon C) du sol de la chênaie à charme ( $k_s = 1,3 \times 10^{-5}$  cm/sec = 1 cm/jour)

- l'horizon  $G_r$  de la frênaie à érable ( $k_s = 5,7 \times 10^{-5}$  cm/sec = 5 cm/jour)
- l'horizon  $B^1_T$  de la hêtraie de pente ( $k_s = 8,6 \times 10^{-5}$  cm/sec = 7 cm/jour).

La partie inférieure du sol de la hêtraie de pente a une perméabilité presque normale ( $k_s = 8,5 \times 10^{-4}$  cm/sec = 75 cm/jour). Le sol de la hêtraie de plateau a, en profondeur, une perméabilité normale ( $k_s = 4,4 \times 10^{-3}$  cm/sec = 380 cm/jour). L'horizon  $A_1$  de tous les profils est normalement perméable ( $k_s \sim 10^{-3}$  cm/sec  $\sim 100$  cm/jour).

Notre étude a mis en évidence que la durée d'engorgement du sol et l'épaisseur de la nappe temporaire perchée dépendent principalement de la profondeur du plancher et de la perméabilité de la terre à partir d'une profondeur d'environ 50 cm.

*Traduction Ch. Werlen*

*Literatur:*

*Kuhn, N.: Vegetationskarte des Lehrwaldes Albisriederberg der ETH, Geobotanisches Institut ETH, 1965*

*Leibundgut, H. und Dafis, Sp.: Untersuchungen über die Grundwasserverhältnisse im Lehrwald Albisriederberg. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 1963 Nr. 1/2*

*Letey, J., Stolzy, L. H., Blank, G. B.: Effect of duration and timing of low soil oxygen content on shoot and root growth. Agr. J. 54/1: 34–37 (1962)*

*Richard, F. und Zwermann, J.: Vorläufige Empfehlung zur Beurteilung von Eigenschaften nicht normal drainierter Böden im Hinblick auf Entwässerung und Aufforstung (1958/61) Interne Publikation EAFV*

*Stauffer, A.: Abhängigkeit des Wurzelwachstums von der Bodendichte (nicht veröffentlichte Diplomarbeit), 1968*

*Stolzy, L. H. und Letey, J.: Correlation of plant response to soil oxygen diffusion rates, Hilgardia 35: 567 (1964)*

*Stolzy, L. H. und Barely, K. P.: Mechanical resistance encountered by roots entering compact soils, Soil Science 105/5: 297–301 (1968)*