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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 111 (1960)

Heft: 11

Artikel: Zur Frage der Untersuchung des Wasser- und Luftgehaltes vernässter Böden

Autor: Richard, Felix

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765651

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: 17.07.2025

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

Zur Frage der Untersuchung des Wasser- und Luftgehaltes vernäßter Böden

Von Felix *Richard*

(Eidg. forstliche Versuchsanstalt, Birmensdorf ZH)

Oxf. 114.1

Inhalt

0 Einleitung
1 Physikalische Bodeneigenschaften, Bodenmorphologie und Durchlässigkeit
2 Physikalische Bodeneigenschaften und Baumwachstum
3 Chemische Bodeneigenschaften
4 Symbole zur morphologischen Profilbeschreibung
5 Aufstellen einer Bodenkarte

0 Einleitung

Ein aktuelles bodenkundliches Problem in der schweizerischen forstlichen Praxis ist das unbefriedigende Wachstum bestimmter Baumarten auf unvollkommen durchlässigen, teilweise vernäßten und schlecht durchlüfteten Wald- und Weideböden. Im Voralpengebiet kommen solche Böden auf sehr großer Fläche vor. Sie entstehen mit Vorliebe auf Bündnerschiefer, Flyschsedimenten, Molassetonen und Rißmoränen.

Zum Teil sind sie natürlich entstanden, vielfach hat aber der Mensch die Bodenverschlechterungen verursacht. Durch die im Voralpengebiet herrschenden hohen Niederschläge von 1600—2000 mm und mehr wird der Boden lange Zeit durchfeuchtet, er ist plastisch und leicht deformierbar. Auf dem nach Kahlschlag entstandenen Weideboden kann deshalb durch Viehtritt im Verlaufe der Jahrzehnte der Boden so stark verdichtet werden, daß er vernäßt und für normale Entwicklung von Baumwurzeln ungeeignet ist. Wir haben Böden, die im heutigen Zustand weder für eine rationelle Beweidung noch für eine erfolgreiche Aufforstung geeignet sind.

Die Ursache für den schlechten Zustand liegt weniger in der ungenügenden Nährstoffversorgung, als in den ungünstigen physikalischen Eigenschaften der Böden. Die Weideböden sind in der Regel feinkörnig, sie haben eine sehr schlechte Struktur, sie sind mehr oder weniger wasser-

undurchlässig und sind ungenügend durchlüftet. Zur Verbesserung dieser ungünstigen Eigenschaften sind eingehende physikalische Untersuchungen notwendig.

Zur Lösung solcher Fragen sind grundlegende bodenphysikalische Forschungen schon vor dem Ersten Weltkrieg geleistet worden. Erwähnt seien hier die Arbeiten von Wollny (1884), Briggs (1897), Buckingham (1904, 1907), Briggs und Mitarbeiter (1907, 1912), Atterberg (1911), Ramann (1911) und Kopecky (1914). Engler (1919) hat im Zusammenhang mit den Wassermeßstationen im Emmental, für spezielle schweizerische Verhältnisse, auf die Bedeutung der Bodenphysik in bezug auf die Standortsbonität aufmerksam gemacht, und vor allem ein intensiveres Studium des Wasser- und Lufthaushaltes empfohlen. Auch Wiegner (1920) kommt durch einen chemisch-analytischen Vergleich von Buchenwaldböden bester Bonität des Sihlwaldes mit produktionsarmen Biglen-Armenwaldböden zum selben Schluß.

Burger (1922) studierte die Methodik zur Untersuchung des Porenvolumens, der Wassersättigung und der Wasserversickerung. In Wald- und Weideböden wurden Messungen durchgeführt, die er in einer Reihe von Publikationen veröffentlichte (Burger 1938, 1946, 1952). Lange Zeit war diese Methode für physikalische Bodenuntersuchungen auch außerhalb der Versuchsanstalt wegleitend. Heute, wo die Bodenphysik auch bei forstlichen Untersuchungen erweitert, und die Zusammenhänge zwischen Bodenfaktoren und Pflanzenwachstum zum Teil nach anderen Gesichtspunkten verfolgt werden, hat dennoch die «Burger-Methode» bei bestimmten Versuchen entscheidende Bedeutung.

Richtunggebend für unsere Bodenuntersuchungen ist immer die Absicht, die Ergebnisse oekologisch zu interpretieren und speziell mit dem Wachstum der Pflanzen in Verbindung zu bringen.

In vernäßten Böden der Flyschgebiete z. B. wirkt die zu kleine Bodendurchlüftung wachstumshemmend. Es ist zunächst notwendig, wenn möglich quantitativ die Durchlüftung nach Vorgängen zu messen, die auch für das Pflanzenwachstum entscheidend sind. Welches ist die minimal, bzw. durchschnittlich im Boden notwendige Durchlüftung, die ein normales Wurzelwachstum gewährleistet? Ist sie für alle auf vernäßten Böden zum Anbau in Frage kommenden Baumarten gleich groß, oder sind je nach Baumart charakteristische Unterschiede vorhanden? Wie schwankt die Bodendurchlüftung eines gegebenen Standortes im Verlaufe der Jahreszeiten? Analoge Überlegungen gelten für die Wasserbindung im Boden, für die Entwässerungsfähigkeit des Bodens und für den Entwässerungserfolg. In allen Fällen spielt die Wahl der geeigneten Untersuchungsmethode eine entscheidende Rolle.

Wie wir früher (Richard 1955) gezeigt haben, ist es möglich, durch Analyse der Porengrößenverteilung in einem Boden das pflanzenverwert-

bare, das nicht verwertbare, das durch die Erdgravitation drainierbare Wasser zu bestimmen. Durch analoge Überlegungen kann untersucht werden, ob ein Boden mit Erfolg entwässert werden kann oder nicht.

1 Physikalische Bodeneigenschaften, Bodenmorphologie und Durchlässigkeit

Die Durchlässigkeit der Böden ist eine Funktion der Porengrößenverteilung und der Kontinuität bestimmter Porengrößenklassen im Profil. Im Winter, während der Vegetationsruhe, wird die sog. Winterfeuchtigkeit im Boden gespeichert. Das Speichervermögen ist abhängig vom Porenvolumen und von der Porengrößenverteilung. Im Frühling, nach dem Auftauen bzw. nach der Schneeschmelze und nach den meistens ergiebigen Frühlingsregen, sind die Böden in der Regel mit Wasser gesättigt. Dieser Zustand dauert aber nur sehr kurze Zeit. Schon 2–3 Tage nach dem letzten ergiebigen Regen sind sog. normal durchlässige Böden wohl noch feucht, frisch und plastisch, aber nicht mehr mit Wasser gesättigt. Unter dem Einfluß der Schwerkraft ist ein Teil des Bodenwassers aus dem Wurzelraum entfernt worden, er ist in tiefere Schichten der Erde eingesickert. Hohlräume und gewisse Klassen von Poren werden wieder mit Luft erfüllt. Man bezeichnet den Wassergehalt, der sich regelmäßig nach einem starken Regen einstellt, nachdem das sog. Gravitationswasser wegdrainiert ist, als die *Feldkapazität* (FC) eines Bodens (Veihmeyer und Hendrickson 1931). Wenn der Wassergehalt eines Bodens die Feldkapazität erreicht hat, dann hört die Wasserbewegung praktisch auf. Dieser Wassergehalt kann in einem vegetationslosen Boden lange Zeit erhalten bleiben, wenn vom Wasserverlust des Bodens durch direkte Evaporation in die Luft abgesehen wird. Die Feldkapazität ist eine Charakteristik des Bodens. Ein Boden mit einer Feldkapazität nach Definition Veihmeyer ist auch ein *normal drainierter Boden.*

In einem Boden seien infolge zu kleiner Wassergabe Pflanzen welk geworden. Wird der Wassergehalt dieses Bodens bestimmt, dann findet man je nach Tongehalt und Struktur immer noch größere oder kleinere Mengen Wasser. Man bezeichnet den Wassergehalt eines Bodens, bei dem die Pflanzen irreversibel welken, als den *permanenten Welkepunkt* (Briggs und Schantz 1912, Veihmeyer und Hendrickson 1949, 1950). Furr und Reeve sprechen von einem permanenten Welkebereich anstelle von permanentem Welkepunkt. Da aber der Welkebereich häufig nicht mehr als 1 % Wasser ausmacht, braucht man ihn für viele praktische Fälle nicht zu berücksichtigen.

Zwischen Feldkapazität und permanentem Welkepunkt eines Bodens liegt das für die Pflanze *verwertbare Wasser.* Das leicht bewegliche *Gravitationswasser* kann die Pflanze nicht verwerten, weil es zu rasch wieder aus dem Wurzelraum entfernt wird. Das am *permanenten Welkepunkt* noch vorhandene Wasser ist zu stark gebunden; die Pflanze kann nicht

genügend Energie aufwenden, um solches Wasser aus den Bodenkapillaren aufzunehmen.

Viele normal drainierte Böden haben in der Regel eine für die Durchlüftung und Wasserversorgung günstige Porengrößenverteilung.

Je mehr in einem Waldboden aber die innere Drainage abnimmt, um so mehr verliert er die normale Durchlässigkeit. Es gibt Böden, die nicht nur 2–3 Tage nach einem intensiven Regen, sondern Wochen oder Monate stark vernäßt sein können. Solche Böden sind nicht normal, sondern in verschiedenem Grade *unvollkommen drainiert*. Wir sprechen von unvollkommen durchlässigen Böden, in denen die Feldkapazität nach der Veihmeyerschen Definition nicht mehr vorhanden ist. Je nach der Tiefe und dem Durchlässigkeitsgrad des die Verdichtung verursachenden Bodenhorizontes, werden kleinere oder größere Anteile des Wurzelraumes mehr oder weniger vernäßt. Je stärker und andauernder die Vernässung ist, um so schlechter wird die Bodendurchlüftung. Obschon über die *Durchlüftungsempfindlichkeit* unserer Waldbäume bis heute wenig experimentelle Untersuchungen vorliegen, weiß man doch aus zahlreichen Beobachtungen und Felderfahrungen, daß der Sauerstoffnachschub auf bestimmten Standorten das Gedeihen vieler Baumarten entscheidend beeinflußt.

Je undurchlässiger ein Boden ist, um so weniger vermag die Gravitationskraft Wasser nach größeren Bodentiefen zu transportieren. Der Wasserentzug durch das Wurzelsystem von Gräsern, Büschen und Bäumen, durch die Hangneigung oder durch Rißbildungen im Boden, erhält im Hinblick auf eine Verbesserung der Durchlüftung in solchen Fällen erhöhte Bedeutung.

Der Grad der Durchlässigkeit eines Bodens wird nach folgender siebenteiliger Skala bestimmt (vgl. auch Soil Survey Manual, 1951).

Klasse 0 *Sehr schlecht drainiert* (undurchlässig). Der Boden bleibt im Verlaufe eines Jahres meistens wassergesättigt. Es fließt kein freies Wasser durch den Boden. *Andauernde Bodenvernässung ist die Norm.* Die Reduktionsfarben dominieren, Gleyfarben sind nur vereinzelt zu finden. Sehr häufig können die Böden künstlich nicht entwässert werden, weil ihre Struktur zu undurchlässig, d. h. zu feinporenreich ist. In der Regel keine Waldböden.

Klasse 1 *Schlecht drainiert* (sehr geringe Wasserdurchlässigkeit). *Die Böden können im Wurzelraum der Pflanzen während 1–2 Monaten wassergesättigt sein.* An Orten, wo Sauerstoff hinzutreten kann, sind Gleyflecken vorhanden. Sehr häufig dunkelgefärbter A_0-Horizont. Der hohe und lange andauernde Wassersättigungsgrad verunmöglicht es für die meisten Waldbäume, befriedigend zu wachsen. Auch wenn die übrigen bodenbildenden Faktoren für das Pflanzenwachstum günstig sind, ist *künstliche Entwässerung notwendig.*

Klasse 2 *Unvollkommen drainiert* (geringe Wasserdurchlässigkeit). Nach starkem Regen bleiben die Böden während 1–2 Wochen wassergesättigt. Das Wasser fließt so langsam durch den Boden, daß dieser während ziemlich langer Zeit, aber nicht dauernd, naß ist. Der Boden ist aber so lange mit Wasser gesättigt, daß die Wurzelentwicklung der wichtigsten Kulturpflanzen geschädigt wird. Baumarten, die während der Vegetationszeit Wasserstauungen im Boden von 1–2 Wochen nicht ertra-

gen, sollen nicht angebaut werden (z. B. Fichte, Lärchen, Buchen, Linde, Kirschbaum, Ulme usw.). Der A_0-Horizont ist dick und hat einen hohen Gehalt an organischem Material. Unterhalb des A_0-Horizontes in der Regel leichte Vergleyung.

Klasse 3 *Mäßig gut drainiert. Der Boden ist nur während einer kurzen Zeit naß, was aber dennoch der Wurzelentwicklung schaden kann.* Solche Böden haben in der Regel in oder direkt unterhalb dem genetisch entstandenen Bodenanteil eine Zone gehemmter Durchlässigkeit, bzw. einen relativ hohen Grundwasserspiegel, bzw. eine Wasserzufuhr durch Hangdruck, oder eine Kombination dieser Bedingungen. Die A-Horizonte und der oberste Teil der B-Horizonte sind in der Regel nicht vergleyt. In den unteren Teilen des B-Horizontes und im C-Horizont kann Fleckigkeit (Gley- und Reduktionsfleckenbildung) auftreten.

Klasse 4 *Gut drainiert* (mittlere Wasserdurchlässigkeit). Auch nach starken Regen dauert die Wassersättigung des Bodens nur einige Tage. *Die Sättigungszeit reicht nicht aus, um dem Wurzelwachstum zu schaden.* Bei optimaler Durchlässigkeit enthalten die Böden genügend pflanzenverwertbares Wasser und sind genügend durchlüftet. Mit Ausnahme des C-Horizontes sind die Böden in der Regel nicht vergleyt. Böden dieser Klasse sind die wichtigsten Repräsentanten der *normal drainierten Böden.*

Klasse 5 *Übermäßig drainiert* (große Wasserdurchlässigkeit). *Die Wassersättigung des Bodens ist auf wenige Stunden beschränkt. Die innere Durchlässigkeit ist etwas zu groß, um Kulturpflanzen optimales Wachstum zu ermöglichen.* Baumarten, die stark transpirieren und auf normale, regelmäßige Wasserversorgung angewiesen sind, werden nicht mehr normal wachsen können. Oft sind die Böden skelettreich, sandig und sehr porös. Horizonte sind selten deutlich entwickelt. Im ganzen Profil fehlt die Fleckigkeit, die ja ein Zeichen zu kleiner Durchlässigkeit ist. Die Böden neigen vielmehr zur Trockenheit. Untergrundbewässerung durch Grundwasser bei geeigneter Spiegelhöhe kann produktionssteigernd wirken.

Klasse 6 *Extrem drainiert* (sehr große Wasserdurchlässigkeit). Der *Boden ist mit Wasser praktisch nie gesättigt.* Die Wasserdurchlässigkeit des Bodens ist für optimales Wachstum der meisten Baumarten (Trockenspezialisten ausgenommen) zu groß. In der Regel skelettreiche Böden, oft an Steilhängen vorkommend. Meistens ist das Wasserbindevermögen und die Nährstoffversorgung für die Pflanzen zu klein.

Veränderung der Bodendrainage

Die Bodendurchlässigkeit kann durch systematische Bodenbearbeitung, Düngung, Entwässerung, Grundwasserhebung, Grundwassersenkung etc. verändert werden, ohne daß in der Morphologie des Bodens bereits erkennbare Unterschiede auftreten. Solche Veränderungen können die Wuchsleistung einzelner Baumarten oder sogar die Zusammensetzung der Baumarten auf einem Standort beeinflussen. Bei Bodenbeurteilungen sind sie nach Möglichkeit auch zu berücksichtigen.

Die Wasser- und Luftbewegung in nicht normal drainierten Böden stellt heute noch wichtige ungelöste wissenschaftliche Probleme. Obschon im Verlaufe der Zeit Untersuchungsmethoden und Betrachtungsweise gewechselt haben, ist beim Studium vernäßter Wald- und Weideböden das Forschungsziel dasselbe geblieben. Es sollen Grundlagen zur Lösung der Frage geschaffen werden, ob und wie vernäßte Böden in ihren Eigenschaften verändert werden können, damit sie mit der Zeit wieder Wald tragen können. Besondere Beachtung verlangen jene Böden, deren Eigen-

schaften es heute verunmöglichen, etwas anderes als dünne Grasnarben zu produzieren. Häufig ist aber auch an solchen Orten vor Jahrhunderten Wald gestanden. Weidgang, zusammen mit hohen Niederschlägen, haben den Boden mechanisch so verdichtet, daß die Struktur nur unter Aufwendung großer finanzieller Mittel wirksam verbessert und einem Waldboden ähnlich gemacht werden kann.

Beim Studium des Wasser- und Lufthaushaltes von Wald- und Weideböden kann folgendes Vorgehen zweckmäßig sein:

1. Systematische, experimentelle Untersuchungen an repräsentativen Bodentypen mit normaler, unvollkommener und fehlender Durchlässigkeit, z. B.:
   - Zusammenhänge zwischen Wasser- bzw. Lufthaushalt eines Bodens und seinen morphologischen Eigenschaften.
   - Bestimmung der Wasserpermeabilität von Böden, ihr Einfluß auf Bodendurchlüftung und Bodenentwässerung.
   - Untersuchungen über die Bodendurchlüftung in Abhängigkeit vom Wassergehalt, von der Struktur, von der Gründigkeit und ihre Bedeutung für das Baumwachstum.

2. Wenn ein Forstingenieur die Entwässerungsfähigkeit von Wald- und Weideböden zu beurteilen hat, kann ihm im Einzelfall normalerweise nicht zugemutet werden, besonders eingehende Bodenuntersuchungen durchzuführen. Je nach der Fragestellung können natürlich experimentelle Detailuntersuchungen unumgänglich werden. Abgesehen von diesen Sonderfällen, möchten wir den Versuch unternehmen, Bodeneigenschaften wie Durchlässigkeit, Vernässungsgrad, Durchlüftung, wurzelerschließbare Gründigkeit etc. näherungsweise an morphologischen Bodenmerkmalen zu bestimmen.

   So sind z. B. Gley- und Reduktionsflecken vom Durchlüftungs- bzw. Vernässungsgrad eines Bodens abhängig. Es sollte möglich sein, die nachstehend angegebenen Bodenfaktoren in kausale Verbindung mit der Wasserpermeabilität und der Durchlüftung zu bringen:
   - Ort und Häufigkeit der Vergleyung
   - Ort und Häufigkeit der Bodenreduktion (ersichtlich an den charakteristischen Reduktionsfarben).
   - Häufigkeit und Grad des Farbkontrastes, erzeugt durch Gley- bzw. Reduktionsfarben.
   - Struktur der festen Bodenmasse
   - Struktur der Poren

Der mit der Standortsbeurteilung Beauftragte kann nach diesem Vorgehen die morphologischen Bodeneigenschaften nach einer bestimmten, vorläufig provisorischen Anleitung interpretieren und damit für viele praktische Fälle genügend genaue Informationen über Wasser- und Lufthaushalt eines Bodens erhalten.

Im «Flyschkurs 1959» ist dieses Vorgehen gewählt worden. Die Anleitung hat provisorischen Charakter, weil die experimentellen Untersuchungen noch ausgedehnt und umfassendere Erfahrungen gesammelt werden müssen. Immerhin soll gezeigt werden, wie durch zweckmäßige Interpretation leicht sichtbarer Bodenmerkmale, Anhaltspunkte zur Beurteilung der Qualität der Bodenstruktur, der Durchlüftung, des Vernässungsgrades, der erschließbaren Wurzeltiefe und der Wassergehaltsschwankungen gegeben werden können.

2 Physikalische Bodeneigenschaften und Baumwachstum

Die energetische Betrachtung der Wasserbindung im Boden hat sich auch für diese Art der Untersuchung als nützlich erwiesen.

So gibt z. B. die *Sorptionskurve* Aufschluß über den inneren Bau des Porenvolumens; eine entscheidende Eigenschaft der Bodenstruktur kann damit charakterisiert werden. Besonders die Porengrößenverteilung informiert über die Anzahl *Grobporen,* die in normal drainierten Böden leicht entwässert werden können. Sie informiert über die Anzahl verwertbares Wasser führende *Mittelporen* und über die nicht verwertbares Wasser führenden *Feinporen.* In vernäßten Böden kann die Ursache des Wasserstaues lokalisiert und gemessen werden. In der Regel sind undurchlässige Schichten die Folge einer zu feinporenreichen Bodenstruktur. Anhand der Porengrößenverteilung kann entschieden werden, ob ein Boden entwässerbar oder ob er infolge zu großem Feinporenanteil nicht entwässerbar ist. Auch die Ursache der Wechselfeuchtigkeit von Böden kann bestimmt werden.

Besonderes Interesse gewinnt der Einfluß der Bodenstruktur und des Wassergehaltes auf die Sauerstoffversorgung im Boden (Bodendurchlüftung). Der Sauerstoffnachschub im Boden geschieht zu etwa $^9/_{10}$ durch Diffusion (B a v e r 1956). Mit Hilfe der Sauerstoffdiffusion können wir deshalb mit guter Annäherung die Sauerstoffzufuhr, ein bedeutender Faktor der Bodendurchlüftung, bestimmen. Es konnte gezeigt werden (R i c h a r d 1959), daß für Fichten, wie vermutlich auch für andere Pflanzenarten, bei einer relativen Durchlüftung $\frac{D_b}{D_l} \sim 0.1$ [1] ein unterer Grenzwert vorhanden ist, bei dem das Wurzelwerk sich nicht mehr entwickeln kann. Die Methoden erlauben es, auch in natürlich gelagerten Böden Messungen durchzuführen. Wenn wir für die wichtigsten Baumarten die minimale Bodendurchlüftung kennen, kann durch ein einfaches Meßverfahren auch in natürlich gelagerten Böden festgestellt werden, ob bei gegebenem Wassergehalt die Durchlüftung für normale Wurzelbildung genügt. In entwässerten Böden kann die Verbesserung der Bodendurchlüftung geprüft werden.

[1] D_b = O_2-Diffusion in der Gasphase des Bodens gemessen.
D_l = O_2-Diffusion in der Atmosphäre gemessen.

3 Chemische Bodeneigenschaften

Da in unvollkommen drainierten Böden Vernässung und Sauerstoffmangel in der Regel die wachstumshemmenden Faktoren sind, hat die Frage der Düngung sekundäre Bedeutung. Solange physikalische Bodenfaktoren wachstumslimitierend wirken, ist das Schwergewicht der Meliorationsarbeit, der Geldinvestition, der Pflege und Beobachtung auf ihre Verbesserung zu legen.

Das soll nicht heißen, daß angemessene Düngergaben bei Pflanzungen unötig oder unwirksam sind. Ihr Einfluß kann sich aber oft erst nach einigen Jahren auswirken, wenn auch die Bodenstruktur besser geworden ist.

4 Symbole zur morphologischen Profilbeschreibung

Vor der experimentell-analytischen Untersuchung eines natürlich gelagerten Bodens wird in der Regel eine morphologische Aufnahme gemacht. Sie umfaßt die Beschreibung der Form und Gestaltung sowie die Charakterisierung bestimmter Bodenfaktoren und deren Auswirkung auf den Bau des Bodenprofils. Normalerweise werden die morphologischen Untersuchungen in situ, makroskopisch, durchgeführt. Es ist eine Ermessenssache und hängt von der Problemstellung ab, wie detailliert aufgenommen werden soll. Die morphologische Untersuchung beschränkt sich aber nicht auf eine generelle Beschreibung von Bodeneigenschaften. Dies würde zu einer ungenauen, für den Leser erfahrungsgemäß schwer verständlichen Wiedergabe vorhandener Bodeneigenschaften führen. Genauer können Bodeneigenschaften durch Symbole festgehalten werden, die bestimmte definierte Bodenfaktoren und Eigenschaften repräsentieren.

Es ist ein Ziel des «Flyschkurses 1959», Projektverfasser in der Ansprache von Bodenprofilen weiterauszubilden. An Bohrkernen, Spatenstichen und vollständigen Profilöffnungen sollen Eigenschaften des Bodens, wie Horizontenfolge, Gründigkeit, Entkarbonatungstiefe, Humusgehalt, Verdichtungen, Vergleyungen, Reduktionen, Struktureigenschaften usw., erkannt und in einer einfachen Skizze festgehalten werden. Um eine leichtere Verständigung zu haben, benützen wir für die Bodeneigenschaften Symbole, die in einer speziellen Anleitung zur Verfügung stehen. Werden diese konsequent angewendet, dann kann ein Boden ohne umständliche Beschreibungen charakterisiert werden.

5 Aufstellen einer Bodenkarte

Im Rahmen forstlicher Aufforstungs- und Entwässerungsprojekte und bei anderen Arbeiten, wo eine Bodenkarte nützlich ist, kann es sich immer nur um *Zweckkarten* und nicht um allgemeine *Grundkarten* handeln (vgl. Frei, 1959). Wohl würde eine Grundkarte umfassender, aber auch

genereller und weniger detailliert über die Bodentypen bzw. Bodenformen orientieren. Um solche Karten zu erstellen, braucht es speziell ausgebildete, erfahrene Leute, die in der Schweiz nicht zur Verfügung stehen. Auch würde eine Grundkarte, die in der Regel im Maßstab 1 : 100 000 erstellt wird, keine genügenden Informationen über speziell den Förster interessierenden Fragen Auskunft geben können. Für die meisten forstlichen Zwecke müßte trotzdem eine Zweckkarte etwa im Maßstab 1 : 500 bis 1 : 5000 erstellt werden.

Für unsere spezielle bodenkundliche Fragestellung im Flyschgebiet erwarten wir von einer Bodenkarte u. a. folgende Informationen:

- Ausscheidung von Bodentypen bzw. Bodenformen, die für die Aufforstung verschiedene standörtliche Voraussetzungen haben (Humusformen, Horizontenfolge, Struktureigenschaften, Durchwurzelfähigkeit usw.).
- Gruppierung der Kartierungseinheiten nach dem Vernässungsgrad, nach der Verdichtung oder nach der Gründigkeit.
- Gruppierung der Kartierungseinheiten nach der Wasserdurchlässigkeit und nach der Entwässerungsmöglichkeit.

Wie im Detail eine forstliche Spezialkarte erstellt werden kann, ist in einer besonderen provisorischen Anleitung enthalten.

Wir sind uns bewußt, daß allein durch die Abklärung bodenkundlicher Fragen das weitschichtige Problem der Begründung erfolgreicher Flyschaufforstungen und der sachgemäßen Standortsbehandlung nicht umfassend gelöst wird. Meliorationstechnische, klimatische, vegetationskundliche, waldbauliche und forstpolitische Untersuchungen sind ebenso nötig.

Résumé

Problèmes se rapportant à l'étude de la capacité en eau et en air de sols mouilleux

Une mauvaise structure, une perméabilité médiocre à l'eau, un drainage anormal, une aération insuffisante et un fort compactage, tels sont les caractéristiques physiques des sols forestiers et pastoraux lourds que l'on trouve souvent en Suisse à l'étage des collines et des Préalpes. Etant donné que sur ces sols les peuplements forestiers sont de mauvaise venue et que le pâturage y est également médiocre, il y a fort longtemps déjà que l'on a cherché à les améliorer.

Il faut donc développer une méthode qui permettra de déterminer, à l'aide de caractéristiques morphologiques, la perméabilité à l'eau, le degré d'aération et la possibilité d'amélioration de ces sols mouilleux.

Il est possible de dresser une carte des sols pour une certaine région. Cette carte contiendra des indications sur les possibilités d'amélioration des sols, indications classées par unités cartographiques. Ce sont les unités, dont les caracté-

ristiques sont les plus proches de celles d'un bon sol forestier de la région considérée, qui auront la priorité pour une amélioration et pour un reboisement. Les très mauvais sols ne seront ni améliorés ni reboisés, ou alors seulement en second lieu, pour autant naturellement que d'autres facteurs ne l'exigent pas.

Farron

Literaturverzeichnis

Atterberg, A.: Über physikalische Bodenuntersuchung. Internat. Mitt. für Bodenkunde *I.*, S. 7 ff. (1911).

Baver, L. D.: Soil Physics. John Wiley Sons, Inc., New York. Chapmann Hall, Limited, London (1956).

Briggs, L. J.: The mechanics of soil moisture. US Dept. Agr. Bur. Soils Bull. 10 (1897).

Briggs, L. J. and *Mc Lane, J. W.:* The moisture equivalent of soils. US Dept. Agr. Bur. Soils Bull. 45 (1907).

Briggs, L. J. and *Shantz, H. L.:* The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. US Dept. Agr. Bur. Plant Ind. Bull. 230, 5—83 (1912).

Buckingham, E.: Contribution to our knowledge of the aeration of soils. US Dept. Agr. Bur. of Soils Bull. 25 (1904).
— Studies on the movement of soil moisture. US Dept. Agr. Bur. Soils. Bull. 38 (1907).

Burger, H.: Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchswesen XIII, 1, 1—221 (1922).

Engler, A.: Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchswesen XII. (1919).

Furr, J. R. and *Reeve, J. O.:* J. Agr. Research, 71, 149—70 (1945).

Frei, E.: Bodenkartierung und Landwirtschaft. Landw. Jhrb. d. Schweiz (73. Jhrg.). Neue Folge: 8. Jhrg. (1959).

Kopecky, J.: Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Internat. Mitt. für Bodenkunde, Auflage 2 (1914).

Ramann, E.: Bodenkunde. Julius-Springer-Verlag, Berlin, 3. Auflage (1911)

Richard, F.: Über Fragen des Wasserhaushaltes im Boden. Schweiz. Z. Forstwesen, 4 (1955).
— Wasserhaushalt und Durchlüftung im Boden. E. Rübel und W. Lüdi, Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr 1959 (1959).

Soil Survey Staff 1951: Soil Survey Manual. Bureau of Plant Industry, Soils and agricultural Engineering. U. S. Dept. of Agriculture, Handbook Nr. 18.

Veihmeyer, F. J. and *Hendrickson, J. H.:* Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soils. Soil Science *68* (1949).
— Soil moisture in relation to plant growth. Annual review of plant physiology. (1950).

Wiegner, G.: Analytische Untersuchung der Biglen-Waldböden unter Heranziehung der Sihlwaldböden zum Vergleiche. Nicht veröffentlichter Untersuchungsbericht. Bibl. Eidg. Anstalt für das forstl. Versuchswesen.

Wollny, E.: Untersuchungen über die kapillare Leitung des Wassers im Boden. Forsch. Gebiete Agr. Phys. 7 : 269—308 und 8 : 206—220 (1884).