Die Abhängigkeit des Wasser- und Luftgehaltes von der Porengrössenverteilung im Boden

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich**

Band (Jahr): **- (1958)**

PDF erstellt am: **01.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schofield unter dem pF den Brigg'schen Logarithmus der Differenz in freier Energie, ΔF, die zwischen dem Bodenwasser und einer ebenen, freien Wasseroberfläche (als Bezugsgrösse) vorhanden ist. Nun hat in Böden humider Klimagebiete das Bodenwasser infolge geringer Salzkonzentration einen relativ kleinen osmotischen Wert. Die osmotischen Kräfte dürfen deshalb bei der Untersuchung der Bilanz von ΔF vernachlässigt werden. Dieser Umstand führt zu oben erwähnter Vereinfachung.

Von der Wassersättigung bis zur Ofentrockenheit steigt die Wasserbindung von 0 bis ca. 6000 atü: d.h. dass im wassergesättigten Boden bestimmte Fraktionen des Wassers frei bewegt werden können, während andere in Kapillaren mehr oder weniger stark gebunden sind.

Will eine Pflanze Wasser aus dem Boden aufnehmen, dann muss sie eine Saugkraft anwenden, die gleich gross ist wie die kapillare Bindungskraft.

Die Saugkraft der Pflanze kann aber in der Regel eine bestimmte Grösse nicht überschreiten. Vergleichen wir in Figur 1 für beide Sorptionskurven den zu 15 atm gehörenden Wassergehalt, dann beträgt er im „Chablais"-Sand $\sim 1\%$ und im „Allschwil"-Loesslem $\sim 27\%$. Am permanenten Welkepunkt ist der Wassergehalt je nach Struktur, Humusgehalt und Porengrössenverteilung des Bodens verschieden. Für angewandte Untersuchungen dürfen wir aber annehmen, dass am permanenten Welkepunkt in der Regel das Wasser mit 15 atm und mehr gebunden ist. Diese Beobachtung darf für praktische Genauigkeitsansprüche ebenfalls verallgemeinert werden, indem die maximale Saugkraft zahlreicher bis heute untersuchter Pflanzenarten ungefähr 15 Atmosphären beträgt. Die Pflanzen können aus dem Boden kein Wasser aufnehmen, das mit einer grösseren Saugspannung festgehalten wird. Man darf annehmen, dass der permanente Welkepunkt eine Konstante des Bodens und unabhängig von der Pflanzenart ist (Briggs und Shantz 1912, Veihmeyer und Hendrickson 1948, 1950, Richard 1953). Feldkapazität und permanenter Welkepunkt sind zwei Punkte der Sorptionskurve mit entscheidender ökologischer Bedeutung. Durch sie wird der Bau des Porenvolumens eines Bodens charakterisiert. Man erhält quantitativ Auskunft, wieviel Wasser nach Porensättigung durch die Gravitationskraft entleert, wieviel Wasser durch die Pflanze aufgenommen und wieviel Wasser infolge zu starker Bindung nicht aufgenommen werden kann.

3. Die Abhängigkeit des Wasser- und Luftgehaltes von der Porengrössenverteilung im Boden

Vereinfacht dargestellt, steht die Wasserbindung im Zusammenhang mit der Anzahl und der Grösse von Hohlräumen bzw. Kapillaren eines Bodens. Die Wasserbindungskraft wird umso grösser, je kleiner der Kapillardurch-

messer ist. In groben Kapillaren wird das Wasser weniger stark festgehalten als in feineren. Will eine Pflanze Wasser aus dem Boden aufnehmen, dann muss sie in groben Kapillaren weniger grosse Saugkräfte anwenden, als in feineren. Der Zusammenhang zwischen Porendurchmesser und Kapillarkraft ist durch folgende Beziehung gegeben:

$$d_{cm} = \frac{0{,}294}{h_{cm}}$$

Es bedeuten d_{cm} = ⌀ der Bodenkapillare in cm, h_{cm} = Druckkraft, ausgedrückt in Zentimeter Wassersäule, mit der das Wasser aus einer Pore von d_{cm} Durchmesser herausgenommen werden kann (für die Pflanze ist es eine Saugkraft).

In einem normal drainierten Boden wird der Wassergehalt schon 2–3 Tage nach intensivem Regen auf die Feldkapazität, FC, reduziert. Das leicht bewegliche, sog. Gravitationswasser, ist tiefer in den Boden eingesickert; die wasserfrei gewordenen Poren sind mit Luft gefüllt worden.

Wir nennen jene Poren eines normal drainierten Bodens, die bei Feldkapazität mit Luft gefüllt sind, Grobporen (Figur 1). Der Grobporenanteil (V_g) eines Bodens wird aus der Differenz von Porenvolumen (V_p) minus Feldkapazität (FC) berechnet:

$$V_g = V_p - FC$$

V_g = Volumen der Grobporen (cm³/Liter)
V_p = Gesamtes Porenvolumen des Bodens (cm³/Liter)
FC = Wassergehalt bei Feldkapazität (cm³/Liter)

Die Durchlüftung eines Bodens wird im wesentlichen durch Anzahl, Form und Verteilung der Grobporen charakterisiert. Sie wird umso grösser, je mehr und je tiefer im Boden kontinuierlich Grobporen vorhanden sind. Der Grobporengehalt gibt den kleinstmöglichen Luftanteil an, der in einem Boden längere Zeit vorhanden sein kann. Durch den Wasserverbrauch der Wurzeln werden vorübergehend auch Poren mit Luft gefüllt, die in der Regel verwertbares Wasser enthalten. Dadurch wird bis zum nächsten Zeitpunkt, da diese Poren mit verwertbarem Wasser erneut gefüllt werden, der Luftporenanteil vergrössert. Die Resultante aus Wasserverbrauch und Wassernachschub bestimmt, wieviel und wie lange auch Mittelporen zur Bodendurchlüftung beitragen können.

Zwischen Feldkapazität und permanentem Welkepunkt liegt das durch die Pflanze verwertbare Wasser, W_v. Wir nennen die Poren, die dieses Wasser enthalten, Mittelporen. Der Gehalt an Mittelporen eines Bodens bestimmt, wie viel verwertbares Wasser maximal gebunden werden kann. Dieses Speichervermögen entscheidet, wie lange ein Boden während Trockenperioden

ohne weiteren Zuschub, Wasser an die Pflanze abgeben kann. Die Wuchsleistung eines Bestandes kann in entscheidendem Masse davon abhängen. Für das Wachstum der Pflanze ist aber nicht nur die Menge verwertbaren Wassers, sondern auch die Grösse der kapillaren Bindung wichtig: Je nachdem wo der Wassergehalt zwischen Feldkapazität und permanentem Welkepunkt

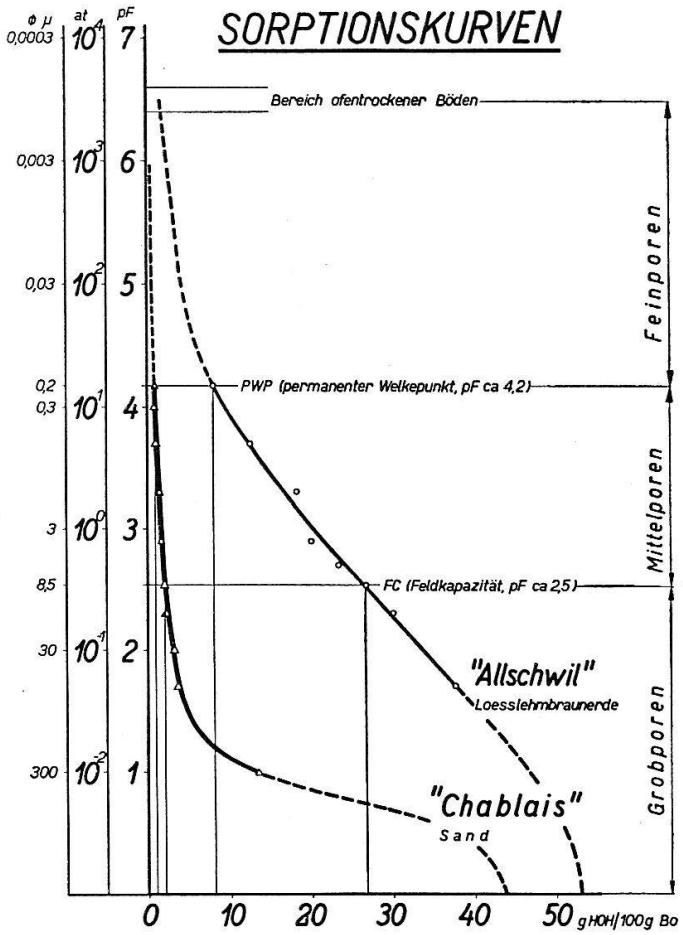

Fig. 1

liegt, muss die Pflanze kleine oder grössere Saugkräfte aufwenden, um Wasser aufzunehmen. Ist nur Wasser vorhanden, das z. B. mit 1–15 atm gebunden ist, dann muss durch die Pflanze mehr Energie aufgewendet werden, als wenn auch solches vorhanden ist, das mit $^1/_3$–1 atm gebunden ist. Unter sonst vergleichbaren Bedingungen würde eine Pflanze bei höherem Energieaufwand langsamer wachsen als bei kleinerem. (Über den Einfluss des Energieaufwandes der Pflanze beim Wasserentzug aus dem Boden und bei ihrem Wachstum vergleiche Veihmeyer 1948, Frei 1953).

Wie weiter oben beschrieben, enthält ein Boden am permanenten Welkepunkt nur noch Wasser, das durch die Pflanze nicht aufgenommen und des-

halb nicht verwertet werden kann. Dieses Wasser wird in den sog. Feinporen festgehalten, d.h. in Poren mit einer Wasserbindungskraft von ⩾ 15 atm. Die Wirkung der Feinporen wird besonders in tonreichen, nicht normal drainierten, bei uns häufig vernässten oder wechselfeuchten Böden, übersehen. Feinporen sind ständig mit Wasser gefüllt und reduzieren um

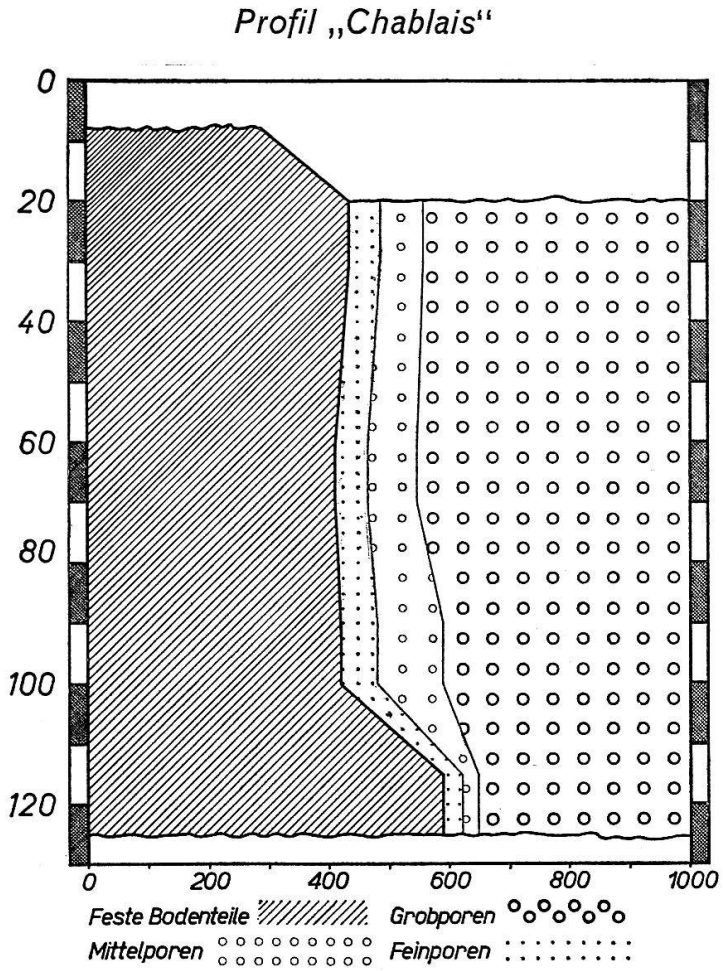

Fig. 2

ihren Betrag das Porenvolumen. Je grösser ihr Anteil ist, umso kleiner ist jener der Mittel- und Grobporen. Die Menge verwertbaren Wassers und der Luftporenanteil werden entsprechend kleiner.

Aus diesen Ausführungen schliessen wir, dass die Sorptionskurve charakteristische Auskünfte über die Struktur, speziell über die Porengrössenverteilung, eines Bodens gibt. Durch die Unterteilung des Porenvolumens in Grob-, Mittel- und Feinporen können wir den Wasser- und Luftgehalt genauer charakterisieren, als allein durch die Bestimmung des Porenvolumens. So braucht z.B. unter sonst vergleichbaren Bedingungen ein Boden mit grösserem Porenvolumen nicht besser durchlüftet zu sein als einer

mit kleinerem Porenvolumen, denn der Mehrbetrag kann auf den Feinporenanteil fallen. In den Figuren 2, 3 und 4 sind Böden mit verschiedenen Porenklassenanteilen dargestellt:

Der Boden „Chablais" (Figur 2) enthält im Durchschnitt 78% Grobporen. 13% Mittelporen und 9% Feinporen (Richard und Fehr 1954). Umgerechnet

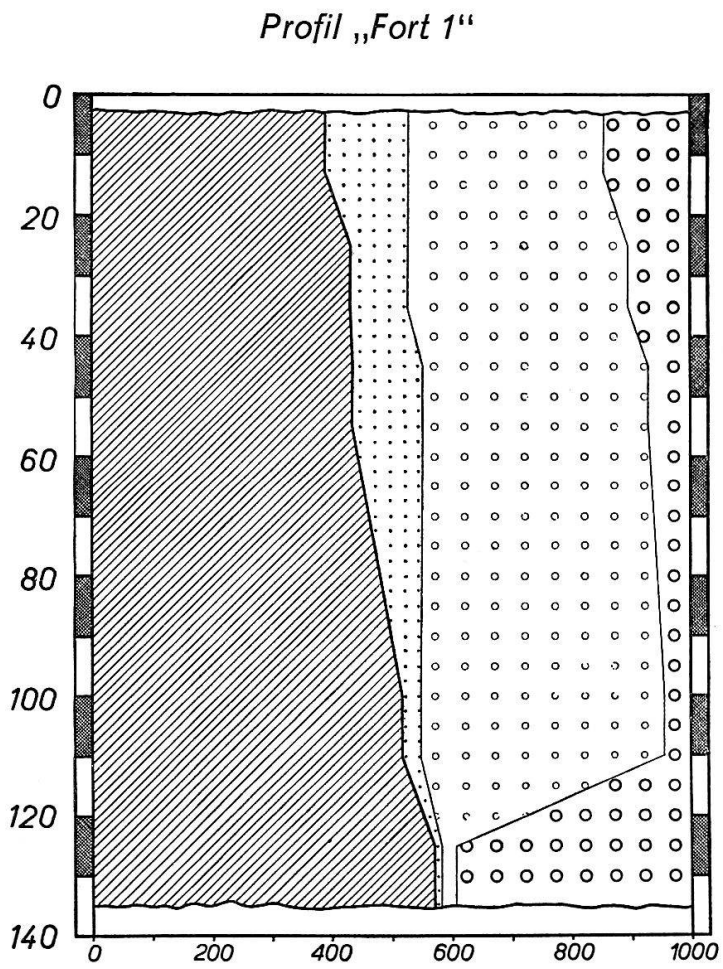

Fig. 3

pro Kubikmeter natürlich gelagerten Bodens sind das 439 Liter luftführende Grobporen, 86 Liter verwertbares Wasser enthaltende Mittelporen und 56 Liter nicht verwertbares Wasser führende Feinporen. Diese Eigenschaften sind charakteristisch für gute Pappelböden. Infolge des extrem hohen Grobporenanteils ist der Boden übermässig durchlässig und hat pro m^3 in ungefähr 16 Tagen sein verwertbares Wasser aufgebraucht. Er ist bis zum nächsten Wassernachschub physiologisch trocken. Sollen keine Wachstumshemmungen auftreten, dann ist ein solcher Boden auf kapillaren Grundwassernachschub bzw. auf regelmässige Niederschläge in kurzen Intervallen angewiesen.

Der Boden „Fort 1“ (Figur 3) enthält im Durchschnitt 31% Grobporen, 55% Mittelporen und 14% Feinporen (Richard und Fehr 1954). Pro Kubikmeter natürlich gelagerten Bodens sind das 83 Liter luftführende Groporen, 373 Liter verwertbares Wasser führende Mittelporen und 91 Liter nicht verwertbares Wasser führende Feinporen. Für Waldböden ist dieser Luftporen-

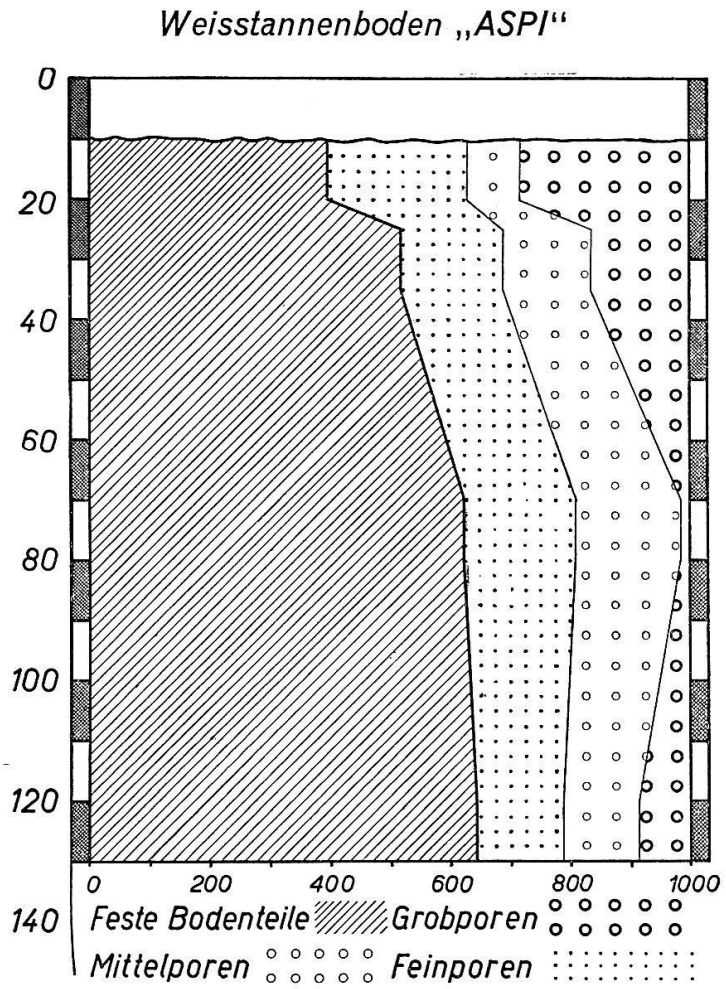

Fig. 4

anteil immer noch sehr hoch. Der Boden hat ein besonders grosses Speichervermögen für verwertbares Wasser, das pro m³ Boden in ungefähr 85 Tagen aufgebraucht ist. Dieser Bodentyp kann ohne Nachschub die Vegetation während einer ungefähr 5 mal längeren Trockenheitsperiode mit Wasser versorgen, als der Boden vom Typ „Chablais“.

Im Weisstannenboden „Aspi“ (Figur 4) sind die Grobporen diskontinuierlich verteilt (Richard 1953). Das Gravitationswasser kann nicht in durchgehenden Grobporen in tiefere Bodenzonen fliessen, sondern wird am Orte, wo keine Grobporen sind, aufgehalten. Im „Aspi“-Boden fehlen sie in 70–

80 cm Tiefe, weshalb hier ein Wasserstau entsteht. Durch diesen Stau wird auch die Wasserbewegung in den Grobporen von 0–60 cm Tiefe unterbunden. Der Boden ist deshalb nicht normal drainiert, er ist wechselfeucht (im Winter wassergesättigt, im Sommer durch die Transpiration der Pflanzen verübergehend partiell trocken) oder dauernd vernässt. Nicht normal drainierte Böden haben keine Feldkapazität, die der Definition von VEIHMEYER und HENDRICKSON (1931) entspricht.

Das Beispiel zeigt, dass die Ursache der Wechselfeuchtigkeit durch die Untersuchung der Porengrössenverteilung bestimmt werden kann.

4. Die Durchlüftung des Bodens

Die Bodendurchlüftung hat neben reiner wissenschaftlicher Bedeutung für uns ein besonderes praktisches Interesse. In ausgedehnten Waldgebieten der Schweiz sind die Böden so schlecht durchlüftet, dass an den Waldbeständen Wuchsstörungen oder mindestens unbefriedigender Zuwachs beobachtet wird. Häufig versucht man durch Entwässerung den Lufthaushalt zu verbessern.

Der Lufthaushalt eines Bodens wird unter sonst vergleichbaren Bedingungen durch die Porengrössenverteilung und durch die Art des pflanzlichen Wasserentzuges beeinflusst:

1. Die Porengrössenverteilung ist für einen gegebenen Boden kennzeichnend. Für die Durchlüftung sind besonders Menge und Art der Grobporen wesentlich, vorausgesetzt, dass es sich um einen normal drainierten Boden handelt (vgl. Sorptionskurve weiter oben).

2. Durch den pflanzlichen Wasserentzug werden, ausgehend von der Feldkapazität, in einem normal drainierten Boden Mittelporen entwässert. Um den Betrag der entwässerten Mittelporen wird deshalb periodisch der Luftgehalt des Bodens vergrössert. Dringt wieder Regenwasser in den Boden ein, dann füllen sich, soweit das Wasser eindringen kann, wieder Mittelporen. Bei genügend Regen kann wieder Feldkapazität erreicht werden.

Zur Kennzeichnung des Wasser- und Lufthaushaltes natürlich gelagerter Waldböden genügt es deshalb nicht, allein den Grob- und Mittelporenanteil zu bestimmen. Hinzu kommt das Studium der Durchlüftungsveränderung als Funktion der Jahreszeit.

Für viele experimentelle Durchlüftungsversuche ist aber ein natürlich gelagerter Boden in seinen Eigenschaften zu variabel. Häufig ist es für systematische Untersuchungen zweckmässiger, an Modellböden bestimmte Faktoren konstant zu halten und so z. B. bei gegebener Struktur den Einfluss des Wassergehaltes oder bei bestimmtem Wassergehalt den Einfluss der Struktur auf die Bodendurchlüftung zu untersuchen.