

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 120 (1969)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Bodenkundliche Standortprobleme in forstlicher Sicht  
**Autor:** Richard, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-767755>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

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

# Bodenkundliche Standortprobleme in forstlicher Sicht<sup>1</sup>

Von *F. Richard*, Uitikon/Zürich

Oxf. 114.33:549

## 1. Einfache Methoden zur forstlichen Standortbeurteilung in der Praxis

Eine der bedeutenden Aufgaben der naturwissenschaftlichen Standortuntersuchung im Dienste der forstlichen Praxis ist die Gliederung der Landesoberfläche in natürliche Wuchsgebiete und deren ökologische Interpretation. Die kombinierte vegetationskundliche und bodenkundliche Standortforschung der vergangenen Jahrzehnte, insbesondere jene von Braun-Blanquet und Jenny, bzw. Braun-Blanquet und Pallmann, hat auch dem Forstmann in der Schweiz erweiterte Grundlagen zur Kenntnis der natürlichen Baumartenverteilung und zur Art ihrer Gruppierung in Waldtypen gegeben. Die Literatur über die natürlichen und naturnahen Wälder ist für unsere Wuchsgebiete reichhaltig und steht jedem Forstmann in leichtverständlichen Texten zur Verfügung.

Möchte man aus waldbaulichen, ökonomischen oder anderen Gründen auf einem Standort auch Baumarten berücksichtigen, die in der Liste der natürlichen Baumarten nicht vorkommen, dann wird der Entscheid über ihre Standortstauglichkeit wesentlich schwieriger. Aus zahlreichen Anbauversuchen, durch persönliche Beobachtung und aus Literaturhinweisen kennen wir zum Beispiel für Douglasie, Weymouthföhre, Schwarzföhre, Rot-eiche, Pappelsorten und Lärchen einzelne Standortansprüche, während die integrale Reaktion dieser Baumarten im Ökosystem ihres natürlichen Verbreitungsgebietes doch noch mehr oder weniger unbekannt bleibt. Die Kenntnislücke in der Ökologie dieser Baumarten birgt die latente Gefahr und die Unsicherheit, ob diese Baumarten auf lange Sicht außerhalb ihrer natürlichen Verbreitung auch jene Vitalität beibehalten, die wir von ihnen erwarten. Die einen sind hier intuitiv optimistisch, andere dagegen zurückhaltend.

Mit dieser Feststellung stoßen wir auf ein zentrales, standortkundliches Forschungsproblem, das nicht nur für Gastbaumarten, sondern auch für unsere einheimischen Baumarten gilt: Es handelt sich um die Untersuchung der kausalen Zusammenhänge zwischen dem Wachstum der Baumarten und den Standortfaktoren. Dieses Forschungsziel ist nicht neu. In der Regel ist man bis heute aber nur zur Interpretation von einigen mehr oder weniger isolierten Einzelfaktoren oder speziellen Faktorengruppen vorgestoßen. Heute verfügt man über Methoden, mit denen man das an sich sehr kompli-

<sup>1</sup> Vortrag an der Abteilung für Forstwirtschaft der ETH anlässlich des Jubiläums der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker.

zierte und integral kaum erfaßbare Ökosystem, das ein Waldbestand mit seiner ober- und unterirdischen Umwelt darstellt, besser als bisher untersuchen kann. Wir werden später auf solche Arbeiten zurückkommen.

Einen besonderen Dienst an die forstliche Praxis leistet die Standortskunde bei Freilandaufforstungen, Entwässerungen und Bewässerungen. Wir behandeln hier speziell die Bodenbeurteilung, die die übrigen Standortserhebungen in bestimmten Fällen vervollständigen. Es handelt sich in der Regel um die Prüfung von Bodeneigenschaften auf verhältnismäßig kleinen Flächen. Das Lokalklima ist meistens bekannt, es geht darum, zu entscheiden, welche Baumarten unter Berücksichtigung der übrigen entscheidenden Umweltfaktoren auf einem gegebenen Boden am besten geeignet sind. Durch langjähriges Beobachten im Gelände kann man innerhalb einer klimatisch mehr oder weniger einheitlichen Wuchsregion durch vergleichende Betrachtung der Böden, das heißt durch Analogieschlüsse, bestimmen, welche Böden für gegebene Baumarten taugen und welche nicht. Es ist möglich, daß der akademisch gebildete Forstmann in gewissen, nicht seltenen Fällen diese relativ leichte Methode der Bodenbeurteilung bis zu einem guten Grad an Zuverlässigkeit selbständig anwenden kann. Mit einfachen Werkzeugen wie Spaten, Bohrer, pH-Gerät, unterstützt durch die vegetations- und bodenkundliche sowie waldbauliche Fachausbildung, verfügt jeder jüngere Hochschulabsolvent über genügend standortkundliches Wissen, um auf einfacheren Standorten Eignungsbeurteilungen auszuführen und die entsprechenden Zweckbodenkarten zu zeichnen. Ein Forstingenieur braucht für diese Grundlagenarbeit nach angemessener Einführung in der Regel relativ wenig Zeit. Daraus ergibt sich eine finanziell durchaus tragbare Belastung des Projektes. Für schwierigere Fälle gibt es die Möglichkeit, standortkundlich speziell ausgebildete Leute beratend beizuziehen. Ab und zu müssen die Feldarbeiten durch Laboratoriumsuntersuchungen ergänzt werden.

Mit diesem vorläufigen Behelf zur Charakterisierung der Waldstandorte können wir uns aber wissenschaftlich und praktisch nicht zufriedengeben.

Über die naturwissenschaftliche Bedeutung des Waldes als Vegetationsdecke auf der Erdoberfläche an sich und insbesondere als Standortsfaktor im Lebensraum der Menschen ist schon viel geschrieben worden. Je nach den topographischen, klimatischen, siedlungspolitischen und industriellen Verhältnissen bestimmter Räume und Regionen eines Kontinentes hat der Wald verschiedene Funktionen zu erfüllen. In ihrem Charakter gleicht in der Regel keine Region der andern. Damit differenzieren sich auch die Bedeutung, der Sinn, die Aufgabe und der Zweck des Waldes von Ort zu Ort. Um ein Beispiel zu nennen: In einigen Wuchsgebieten Europas basiert die Forstwirtschaft auf dem Kahlschlagprinzip. Die Böden sind sehr durchlässig, die Erosionsgefahr ist klein, Wildbäche sind nicht vorhanden, Rutschungen in tonreichen Bodenschichten sowie Lawenniedergänge sind nicht zu be-

fürchten. Soweit die Erfahrung der Forstleute in diesen Gebieten reicht, hat diese Wirtschaftsform bis heute keine gravierenden Standortverschlechterungen hervorgerufen, und die Holzproduktion beschränkt sich auf kleine Durchmesser. In solchen Wuchsgebieten sind größere Anpassungen der Forstwirtschaft an eine möglichst wirtschaftliche Holznutzung unter Umständen möglich. Im Alpen- und Alpenrandgebiet wie auch an andern Orten der Welt müssen wir mit Lawinnenniedergängen, mit Erosion, mit Wildbächen, mit Hangrutschungen rechnen. Das sind Naturereignisse, gegen die der Wald bis zu einem bestimmten Grad schützt und entsprechend dieser Schutzfunktion behandelt und aufgebaut werden muß. Dazu kommt auch das Problem der Wassersickerung durch den Waldboden und die Bedeutung des Waldes für die Bevölkerung großer Städte und Industriezentren.

Die starken Verschiedenheiten der natürlichen, wirtschaftlichen und produktionstechnischen Aufgaben des Waldes und seine Bedeutung für das Leben der Menschen sind entscheidende Ursachen, daß er von Region zu Region anders behandelt, gewertet, gepflegt und respektiert wird.

Trotz dieser starken Verschiedenheit bleibt doch die Frage nach dem Wachstum von Bäumen und Beständen ein gemeinsames Problem. Die natürlichen Lebensgrundlagen des Waldes sind wissenschaftlich nur teilweise erforscht. Umfassendes, generelles Wissen über die biologischen, physikalischen, chemischen Wechselbeziehungen zwischen Standort und Wald steht kaum zur Verfügung. Derartige Studien sind methodisch sehr schwer durchzuführen, sie verlangen eine intensive Mitarbeit von ökologisch interessierten Fachleuten aus Klimatologie, Bodenkunde, Botanik, Zoologie, Biochemie, Physik, Ingenieurwesen und Mathematik. Entscheidend für ein erfolgreiches Arbeiten ist eine gute spezielle und allgemeine Fachausbildung sowie die Bereitschaft jeder mitmachenden Persönlichkeit, sich schöpferisch und dienend in die Arbeitsgemeinschaft einzuordnen. Die Voraussetzungen für den Erfolg derartiger Unternehmen liegen sowohl auf technisch-wissenschaftlichem wie auch auf menschlichem Gebiet.

## **2. Bodenkundliche Probleme der ökologischen Standortforschung**

Aus der Vielzahl der Probleme über den Zusammenhang von Standortfaktoren und Baumwachstum möchten wir nachfolgend einige auswählen, die in der forstlichen Praxis der Schweiz Bedeutung haben und die seit einiger Zeit durch uns wissenschaftlich untersucht werden. Es handelt sich um bodenkundliche Fragen.

### *2.1 Methoden zur Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Bestandeswachstum und Bodeneigenschaften*

Aus forstlicher Sicht erwartet man von der Standortforschung letzten Endes funktionelle und wenn möglich quantitative Informationen über den

Zusammenhang zwischen Wachstum und Standort. Anfänge zu solchen Studien bestehen bereits an einigen Forschungsinstituten. Was für Theorien und Modelle stehen uns zur Verfügung, und was für Methoden soll man verwenden? Oft versucht man unter beträchtlichem apparativem Aufwand an einer oder mehreren repräsentativen Stellen eines Waldes möglichst viele Boden- und Klimafaktoren kontinuierlich zu erfassen und durch baumphysiologische Messungen zu ergänzen. Man hofft dann, durch geeignete mathematische Kombination der Ergebnisse über das Wachstum des Waldes nähere Aufschlüsse zu erhalten. Dieser Methode fehlt die Übertragbarkeit auf große Waldflächen, weil eben nur wenige Stichproben zur Verfügung stehen.

Um innerhalb eines Wuchsgebietes auf möglichst großer Fläche eine genügende Zahl von bodenkundlichen Daten zu erhalten, haben wir in Zusammenarbeit mit Dr. Schmid vor einiger Zeit mit einem anderen System angefangen.

Wir betrachten das Klima über der gewählten Versuchsfläche, mindestens im ersten Anlauf, als gleichbleibend und müssen deshalb nur den Boden untersuchen. Welche wachstumsentscheidenden Faktoren muß man wählen? Die Antwort heißt alle, von denen man annimmt, daß sie nicht durch einen andern, ebenfalls erfaßten Faktor gesteuert werden. Die Wahl der wachstumsentscheidenden Bodenfaktoren muß im ersten Anlauf gutachtlich erfolgen. Eine bestimmte Anzahl wurde ausgeschieden, definiert, nach einer Wertskala abgestuft und mit einer Zahlenreihe versehen. Damit schufen wir die Voraussetzung zur statistischen Auswertung der bodenkundlichen Erhebungen. Nach kurzer Übung konnten Förster im Gelände diese Bodenfaktoren objektiv erfassen. Unter Verwendung des durch Schmid in der Schweiz bereits eingeführten Systems der Stichprobennetze wurden die ertragskundlichen und bodenkundlichen Aufnahmen systematisch im Felde ausgeführt. In einer vergangenen Periode wurde der Bestand und sein Vorrat erfaßt, so daß man jetzt bald in der Lage ist, einen Zuwachs zu ermitteln. Diese Art von Erhebungen ist auf großer Fläche nur möglich, wenn die Aufnahmeverfahren einfach und nicht zeitraubend sind. Über die entscheidende Arbeit des Mathematikers, ohne die, zusammen mit der Verwendung elektronischer Rechenmaschinen eine solche Analyse unmöglich ist, wird zu gegebener Zeit Herr Schmid selber berichten.

## *2.2 Spezielle Untersuchungen über den Wasserhaushalt in ungesättigten Waldböden*

Die Pionierarbeiten von Engler und Burger über den Einfluß des Waldes auf den Abfluß der Gewässer sind weit über die Landesgrenzen hinaus bekannt. Bis zur heutigen Zeit ist aber der Wasserhaushalt im Waldboden selbst, das heißt die Bewegung und die Verteilung des Wassers im ungesättigten Boden, nur wenig untersucht worden. Grund dazu war wohl das Fehlen der notwendigen Theorien und der feldtüchtigen Methoden, um



diese Probleme zu behandeln. Immerhin ist zu erwähnen, daß in der reinen Bodenphysik die hierzu notwendigen Theorien und Methoden seit mehreren Jahrzehnten bekannt sind. Es ist eher die etwas bedächtiger vorgehende standortkundliche Ökologie, die diese Möglichkeiten zu wenig beachtete. Wir stützen uns, kurz gesagt, auf folgende Grundlagen der Hydrodynamik idealer Flüssigkeiten und der Sickerströmung:

Die Bernoulli-Gleichung ist ein Ausdruck des Energiesatzes, das heißt des I. Hauptsatzes der Thermodynamik, wonach die Zunahme der inneren Energie eines Systems gleich der Summe aus zugeführter Arbeit und Wärme ist. Mit ihr können wir im porösen, ungesättigten Boden das Wasserpotential  $\Psi$  und damit auch die Potentialunterschiede  $\Delta\Psi$  angenähert bestimmen. In der Regel setzen wir isothermes Gleichgewicht voraus und nehmen damit an, daß die Temperatur des Systems konstant bleibt. Da wir ferner für die Berechnung der Sickerströmung im ungesättigten Boden das Darcy-Gesetz auch als gültig anerkennen und Kontinuität in der Sickerung annehmen, haben wir genügend Grundlagen, um die Wassersickerung im ungesättigten Boden zu bestimmen. Auch methodisch kann man heute das Wasserpotential  $\Psi$  als einen der Summanden der Bernoulli-Gleichung und die Wasserleitfähigkeit als Koeffizient der Darcy-Gleichung bestimmen. Man vergleiche hierzu beispielsweise die Arbeiten von Richards, Childs, Bodman, Day und Gardner.

Die ungesättigte Wasserströmung ist in einem normaldurchlässigen Waldboden die wichtigste Form der Wasserverschiebung. Wie sehr diese nach Richtung und Menge im Verlaufe eines Jahres sich ändern kann, hat Brühlhart (1969) gezeigt. Auch bei unseren Klimaverhältnissen im Mittelland kann es vorkommen, daß ein Waldbestand längere Zeit während der Vegetationsperiode den Niederschlag aufbraucht und ein Wasserpotentialgefälle von unten nach oben aufbaut. Unter diesen Bedingungen fließt Wasser von unten her in den Wurzelraum nach. Die Art der Wassersickerung im Waldboden und der periodische Durchfluß von Wasser aus dem Wurzelraum in tiefere Bodenzonen ist für bestimmte Standorte und Bestände spezifisch und verlangt dringend nach besserer wissenschaftlicher Abklärung. An dieser Fragestellung ist in erster Linie die ökologisch orientierte Standortkunde interessiert. Der Kreis der Interessenten könnte sich aber noch erweitern, wir denken an jene Fachgruppen, die sich mit dem Problem der Grundwasserspeisung und der Trinkwasserversorgung für menschliche Siedlungen zu befassen haben.

Die Potentialbestimmung des Bodenwassers gibt uns den an anderem Ort schon genügend beschriebenen Vorteil, die Bindefestigkeit und damit die pflanzliche Verwertbarkeit des Wassers im Wurzelraum zu bestimmen. In einem Waldboden höheren Tongehaltes und einem Porenvolumen von  $500 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$  sind bald einmal 30%<sub>v</sub> oder 60% des Porenvolumens mit nicht verwertbarem Wasser gefüllt.

### 2.3 Baumwachstum und Naßböden

Unsicherheit herrscht vielerorts in der Beurteilung der Tauglichkeit von Naßböden als Waldböden. Gewisse Naßböden haben in bestimmter Tiefe eine undurchlässige Schicht und sind periodisch profilumfassend vernäßt. Sollen solche Böden waldähnlicheren Charakter erhalten, so muß der Wasserspiegel so abgesenkt werden, daß der Boden oberhalb der undurchlässigen Schicht so lange als möglich ungesättigt bleibt. In den wasserungesättigten Porenraum dringt Luft ein, und diese verbessert die Wurzelatmung. Die Länge der wasserungesättigten Perioden ist abhängig von der Menge und Häufigkeit der Niederschläge und der Wahl des Grabenabstandes. Je länger diese Perioden sind, um so besser eignet sich der während dieser Zeit besser durchlüftete Raum oberhalb der undurchlässigen Schicht als Wurzelraum. Unter Berücksichtigung der Hangneigung und der gesättigten Wasserdurchlässigkeit kann eine Bodentiefe errechnet werden, in die der Wasserspiegel bei einer für das fragliche Gebiet repräsentativen Regenmenge bzw. Regenhäufigkeit von unten her nicht ansteigt. Diese Bodentiefe ist so zu wählen, daß sie ökologisch eine bessere Durchlüftung des Wurzelraumes bringt. Um sie zu erreichen, wird ein bestimmter Grabenabstand berechnet. Die zur ökologischen Verbesserung des Bodens notwendige Absenkgeschwindigkeit des Wasserspiegels wurde mit einem elektrischen Analogieverfahren ermittelt. Sinkt der Wasserspiegel in einem Boden bis zu einer bestimmten Tiefe, dann dringt in den entwässerten Porenraum Luft. Die Menge dieses Luftanteils hängt von der Porengrößenverteilung im Boden, insbesondere von der entwässerbaren Porosität ab. Diese kann so klein sein, daß ein abgesenkter Wasserspiegel eine vollständig ungenügende Entwässerungswirkung mit sich bringt. Es genügt nicht, in einem Boden allein den Wasserspiegel zu senken, um zu glauben, man hätte den Boden ökologisch verbessert. Ebenso fragwürdig ist der Entschluß, einen einmal berechneten optimalen Grabenabstand nicht einzuhalten und ihn beispielsweise aus Gründen der Kosteneinsparung zu verdoppeln. Es gibt Fälle, in denen die Hauptmasse des Bodens zwischen zwei Gräben wassergesättigt bleibt. Das kann zum Beispiel dann eintreffen, wenn bei der Projektausarbeitung die Entwässerungsfähigkeit nicht richtig untersucht worden ist. Der technische Aufwand bei der Bodenentwässerung ist umgekehrt proportional der Entwässerungsfähigkeit. Eine gründliche Untersuchung der Bodeneigenschaften zeigt jedem Projektverfasser, welche Böden nicht mehr sinnvoll entwässert werden können. Diese Untersuchungsmethode ist verhältnismäßig einfach. Sie ist in der Praxis ohne weiteres anwendbar.

Die Forschung muß die Freiheit haben, zur Untersuchung eines Problems jene Wege zu gehen und jene Methoden zu wählen, die von der Sache her am besten geeignet sind. Die Praxis jedoch ist die direkte oder indirekte Nutznießerin jeder wissenschaftlichen Tätigkeit.

## Résumé

### Problèmes pédologiques concernant les stations, considérés du point de vue forestier

Un problème écologique central de caractère essentiellement forestier est la liaison causale des propriétés de la station avec la croissance de l'arbre ou du peuplement.

On dispose aujourd'hui de méthodes d'interprétation capables de prendre en considération et de traiter dans un temps relativement court un grand nombre de facteurs écologiques exprimables numériquement. Toutefois la biologie intégrale d'un écosystème ne peut actuellement encore être définie dans sa totalité.

La grande variété des tâches naturelles, économiques et productrices de la forêt, et sa signification pour l'existence humaine sont les causes qui déterminent selon les régions un traitement, une sauvegarde, des soins et une considération, tous très diversifiés, de la forêt.

Un problème d'intérêt forestier général à caractère spécifiquement pédologique est l'extraction de l'eau du sol par un peuplement forestier et l'infiltration d'eau d'une zone radulaire non saturée dans des couches plus profondes du sol. La solution de ce problème s'appuie sur une forme simplifiée de l'équation de Bernoulli. Cette dernière est l'expression de la formule énergétique selon laquelle l'augmentation de l'énergie à l'intérieur d'un système est égale à la somme du travail et de la chaleur introduits. C'est sur cette base que sont calculés le potentiel hydrique et les différences de potentiel dans un sol non saturé. Ces valeurs permettent de déterminer la capacité de rétention et la circulation de l'eau dans le sol.

On détermine ainsi les possibilités de drainage des sols mouilleux — leur « porosité drainable » —, ainsi que la vitesse d'abaissement de la nappe phréatique en fonction de l'espacement des fossés. Ce sont là des éléments de base dans l'exécution technique d'un système d'assainissement.

*Traduction : Matter*

#### *Literatur:*

- Day, P. R. (1942): The moisture Potential of Soils. Soil Sci 54, 391
- Bodman, G. B., und Colman, E. A. (1943): Moisture and Energy conditions during downward entry of water into soils. Soil Sci Soc. Am. Proc. 8: 116—122
- Richards, L. A. (1948): The usefulness of capillary potential to soil-moisture and plant investigations. J. Agric. Research 37: 719—742
- Gardner, W. R. (1960): Measurement of capillary conductivity and diffusivity with a tensiometer. 7th Intern. Congress of soil science, Madison, Wisc. USA, I. 29
- Childs, E. C. (1969): Soil water phenomena. Wiley
- Brühlhart, A. (1969): Jahreszeitliche Veränderung der Wasserbindung und der Wasserbewegung in Waldböden des schweizerischen Mittellandes. Diss. ETH Prom.-Nr. 4284. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers.-wes., Vol. 45, Heft 2