

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 108 (1957)
Heft: 3

Artikel: Beitrag zum Problem der Düngung im schweizerischen Waldbau
Autor: Leibundgut, H. / Richard, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767607>

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: 18.01.2026

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

Beitrag zum Problem der Düngung im schweizerischen Waldbau

Von *H. Leibundgut* und *F. Richard*, Zürich

Einleitung

237.4

Stärker als jemals zuvor wird heute die Forderung an den Waldbau gestellt, die Holzerzeugung nach Menge und Wert rasch zu steigern. Manches andere aktuelle Problem der Waldwirtschaft erscheint daneben als zweitrangig, um so mehr als eine Erhöhung der Holznutzung um wenige Prozente oft wertmäßig mehr ausmacht, als durch wichtige Rationalisierungsmaßnahmen eingespart werden kann. Es ist daher selbstverständlich, wenn heute auch die Frage allgemein aufgeworfen wird, ob neben den vielen bekannten, nur langsam wirksamen waldbaulichen Maßnahmen zur Ertragssteigerung die Düngung nicht rasch und einfach zu einem Erfolg führen könnte. Gegenüber dem Ausland, wo da und dort mit wilder Begeisterung für eine Kalkung der Waldböden, die Zufuhr von Phosphor, Kali, Stickstoff, Spurenelementen und für «agrotechnische» Methoden geworben wird, erscheinen wir in der Schweiz vielleicht allzu stark «naturgebunden». So ist auch vermißt worden, daß an der letztjährigen Wald- und Holztagung in Bern die Waldbodendüngung nicht eingehend behandelt wurde. Der Grund für diese vorsichtige Haltung liegt darin, daß sich das Düngungsproblem im schweizerischen Waldbau weniger aufdrängt als da und dort im Ausland, daß die ausländischen Erfahrungen nicht verallgemeinert werden dürfen und eigene Untersuchungen erst in ungenügender Zahl und Ausdehnung vorliegen.

Waldbauliche Bodenverbesserungsversuche sind zwar auch in der Schweiz bereits vor Jahrzehnten durchgeführt worden. So haben *Engler* (1) und *Liechti* (2) schon vor einem halben Jahrhundert Bodenverbesserungsversuche angelegt, und *Schädelin* (3) befaßte sich bereits vor 25 Jahren mit Fragen der Bodenimpfung. Vor allem aber sind die Bodenverbesserungsversuche *Burgers* (4) zu erwähnen. Er zeigte schon 1938, wie in einem leichteren Fall der Bodenentartung verschiedene Arten der Bodenbearbeitung, Reisigpackungen, Aschendüngung, Kalkung und Impfung die Verhältnisse zu beeinflussen vermochten. Aus allen

Versuchen ergab sich aber für unsere meisten Waldböden besonders die große Bedeutung der *physikalischen* Bodenfaktoren und einer biologisch richtigen Baumartenwahl. Die Düngung gelangte deshalb im praktischen Waldbau in der Schweiz bisher kaum irgendwo auf größeren Flächen zur Anwendung.

Wenn heute die Frage nach der Bedeutung einer Düngung im Walde erneut aufgeworfen wird, ist dieses auf das ausländische Schrifttum, auf Interessen der Düngerindustrie und auf die Notwendigkeit einer Ertragssteigerung zurückzuführen. Es stellt sich dabei einerseits die grundsätzliche Frage nach den Anwendungsmöglichkeiten der Düngung im Waldbau, anderseits die Frage nach der Düngerbedürftigkeit verschiedener Waldbodentypen.

1. Die Anwendungsmöglichkeiten der Düngung im Waldbau

Düngungsprobleme besonderer Art ergeben sich im *Forstgartenbetrieb*. Der Entzug an Nährstoffen ist hier so groß, daß die Produktivität nur mit Hilfe einer intensiven Düngung aufrechterhalten werden kann. Darüber hat bereits S u r b e r (5) berichtet, wobei er sich namentlich für die Kompostdüngung einsetzt. Im wesentlichen handelt es sich beim Forstgartenbetrieb um gleiche Düngungsprobleme wie beim intensiven landwirtschaftlichen Pflanzenbau, wobei besonders zu berücksichtigen ist, daß im Forstgarten auch die *unterirdischen* Teile entnommen werden. Nach R u p f (6) wird dem Boden dadurch etwa die gleiche organische Menge entzogen, die man einem Ackerboden alljährlich mit einer gewöhnlichen Stallmistdüngung zuzuführen pflegt. Die Hauptaufgaben der Düngung im Forstgarten bestehen deshalb darin, dem Boden die entzogenen Nährstoffe zu ersetzen und fehlende Nährstoffe, Spurenelemente und Wirkstoffe zuzuführen, durch hinreichenden Humusgehalt die günstigen physikalischen Eigenschaften sicherzustellen und den noch ungenügend abgeklärten «Vergiftungserscheinungen», welche namentlich durch langandauernden Reinanbau bestimmter Baumarten entstehen, entgegenzuwirken. Allzu einseitig werden die Forstgärten vielfach gekalkt, und das schlechte Gedeihen der Nadelbäume ist nicht selten auf eine Überkalkung zurückzuführen. Grundlage jeder zweckmäßigen Forstgartendüngung ist die sorgfältige und regelmäßige *Bodenuntersuchung*. Über die erforderlichen Spurenelemente und Wirkstoffe vermag uns immerhin auch diese in der Regel keine Auskunft zu geben. Reichliche Kompost- und Gründüngung entheben uns aber weitgehend dieser Probleme. In Verbindung mit dem allgemeinen Ausbau der Forstgartenbetriebe in der Schweiz scheinen uns aber dennoch in vermehrtem Maße nicht nur Untersuchungen über die Düngung angebracht, sondern vor allem auch über die Verbesserung des Pflanzenwachstums im Forstgarten durch Spurenelemente,

wie Kupfer, Bor, Mangan, Zink, Molybdän, Zinn, Silber usw., sowie namentlich über die wachstumsfördernden und hemmenden Wirkstoffe und Mykorrhizaerscheinungen.

So haben wir in Versuchen festgestellt, daß bereits die im Keimbett eingegangenen Mykorrhizaverbindungen von Fall zu Fall verschieden und für die späte Entwicklung der Pflanzen weitgehend entscheidend sind. Ein mit Hilfe des Wald- und Holzforschungsfonds durchgeführter Versuch mit Fichtenherkünften aus Flyschgebieten ließ uns auch erkennen, daß der Mykorrhizatyp bei einer Verpflanzung auf andere Böden beibehalten wird. Das ganze Mykorrhizaproblem ist durch die kritischen Beiträge von K e l l y (7), W i l d e (8) und M i k o l a (9) erneut aufgeworfen und in ihrer Unklarheit dargestellt worden, so daß jedenfalls vor einer allgemeinen praktischen Anwendung von Mykorrhizaimpfungen noch weitere grundlegende Untersuchungen erforderlich sind. Die große Rückständigkeit der eigenen forstlichen Forschung auf diesem grundlegenden Gebiet ist vor allem auf eine Vernachlässigung der Grundlagenforschung und einseitigen Begünstigung der reinen Zweckforschung zurückzuführen.

Über die *Düngung im Walde* liegt eine reiche ausländische Literatur vor, welche jedoch schon deshalb nur in vereinzelten Fällen weitgehende Schlüsse zuläßt, weil die Versuchsanlagen, insbesondere die Bodenverhältnisse, vielfach nicht hinreichend beschrieben sind. Gute und knappe Zusammenfassungen der wichtigsten Ergebnisse gibt uns H a u ß e r (10, 11). Wir schließen daraus, wie aus zahlreichen eigenen Feststellungen, daß auf *armen* Böden durch eine mineralische Düngung ganz erhebliche Ertragssteigerungen zu erzielen sind. Aus Gebieten mit jungen, fruchtbaren Böden, wie wir sie in der Schweiz vorzugsweise finden, liegen dagegen nur wenige und meist nicht eindeutig beweiskräftige Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse vor.

Für unsere Untersuchungen stellen sich daher vor allem folgende *Fragen*:

- a) Welches ist die Düngerbedürftigkeit verschiedener Waldbodentypen?
- b) Welche Arten von Düngemitteln sind anzuwenden?
- c) Wie reagieren die verschiedenen Baumarten in verschiedenem Alter auf eine Düngung?
- d) Welche Sekundärwirkungen werden durch die Düngung ausgelöst?

Die Beantwortung dieser Fragen setzt sorgfältig angelegte, langfristige Versuch voraus, welche unseres Erachtens vor allem mit Rücksicht auf ihre Langfristigkeit und insbesondere die grundlegende Bedeu-

tung zur Abklärung wichtiger Ernährungsprobleme ohne Verzug in Angriff genommen werden sollten. Eine enge Zusammenarbeit von Waldbau, Bodenkunde und Waldertragslehre ist dabei unumgänglich. Die folgenden Ausführungen verfolgen lediglich den Zweck, Anregungen zur Fragestellung und Methodik solcher Untersuchungen zu geben.

Allgemein empfiehlt sich schon heute eine *Düngung der Pappelkulturen*. Selbst auf fruchtbaren Böden ist der Nährstoffentzug durch die rasch wachsenden Pappeln so groß, daß die zweckmäßige Düngung eine erhebliche Mehrleistung bewirkt. So hat S c h ö n a m s g r u b e r (12) durch eine Phosphatdüngung bereits bei Jungpappeln eine starke Steigerung des Wurzelwachstums und der Stofferzeugung festgestellt, und nach unseren eigenen Erfahrungen empfiehlt sich auch bei älteren Pappeln eine regelmäßige Düngung und Bodenlockerung. Die Düngerbedürftigkeit der verschiedenen Waldbodentypen ist jedoch auch beim Pappelanbau abzuklären. Eine lohnende Pappelkultur stellt dieselben Anforderungen wie irgendeine landwirtschaftliche Intensivkultur.

Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß auch in der Schweiz künstliche Reinbestände, frühere landwirtschaftliche Zwischennutzung und Streuenutzung manchenorts zu *Bodenverschlechterungen* geführt haben, deren Behebung auf rein biologischem Wege entweder unmöglich oder wenigstens zu zeitraubend ist.

In gleicher Weise wie beim Umbau der künstlichen Reinbestände stellt sich bei der Überführung degradiertener Niederwälder (Tessin!) und bei der Aufforstung die Frage nach der Zweckmäßigkeit einer Düngung. So möchten wir das Düngungsproblem nicht unterschätzen. Vor der Anlage größerer Versuche ist aber jedenfalls die Düngerbedürftigkeit verschiedener Waldbodentypen theoretisch abzuklären.

2. Düngungsbedürftigkeit verschiedener Waldbodentypen

Es mag auffallen, daß im Ausland der Walbodendüngung an vielen Orten auch im forstlichen Versuchswesen eine viel größere Bedeutung beigemessen wird als in der Schweiz. Der Grund, weshalb in der Schweiz das forstliche Düngungsproblem bisher kaum systematisch behandelt wurde, liegt zum großen Teil in der hohen natürlichen Fruchtbarkeit unserer Waldböden, teilweise aber auch in der berechtigten Auffassung, daß gesamtschweizerisch gesehen durch intensivere waldbauliche Pflege in nächster Zukunft rascher eine Produktionssteigerung erzielt werden könne als durch eine Bodenverbesserung auf dem Wege der Düngung.

Die Schweiz hat im allgemeinen sehr junge, nährstoffreiche Böden. Die Würmvergletscherung hat z. B. im Mittelland eine mineralische Großdüngung gebracht, von der die heutige hohe Fruchtbarkeit vieler unserer Waldböden ausgeht.

In Mittel-, Zentral- und Nordeuropa sind die Böden dagegen häufig älter, mehr ausgewaschen und nährstoffärmer. Ihre Produktionsfähigkeit ist von Natur aus kleiner. Dieselbe geringe Produktionskraft kann man auch in vielen Waldböden Amerikas feststellen (vgl. Bildtext).

Es ist verständlich, daß in Ländern, wo sich die Forstwirtschaft, im starken Gegensatz zu unseren Verhältnissen, mit sehr alten, nährstoffarmen Böden abfinden muß, das Walddüngungsproblem ein Zentrum wissenschaftlicher und praktischer Versuche darstellt. Man versucht mit Hilfe der Düngung gesündere Bestände zu erzielen und wenn möglich die natürliche Produktionskraft des Bodens künstlich dauernd zu heben, um größere Zuwachse zu erhalten.

Bei Düngungsversuchen handelt es sich in der Regel entweder darum, einen bestimmten Nährstoff oder eine bestimmte Kombination von Nährstoffen zu applizieren, bzw. mit einer anderen Kombination in ihrer Wirkung zu vergleichen, oder man versucht durch geeignete Behandlung Rohhumusschichten so zu aktivieren, daß blockierte Nährstoffe mindestens teilweise wieder in Umlauf gebracht werden und so das Nährstoffangebot im Boden erhöhen. Meistens möchte man mit Kalk die Rohhumuszersetzung beschleunigen. Die sog. Rohhumusaktivierung spielt besonders in Beständen, wo künstlich durch ungeeignete Baumartenwahl Rohhumus gebildet worden ist, eine wichtige Rolle. Sie erlangt aber auch einige Bedeutung in standortsgemäßen Bestockungen, wo standortsbedingt Rohhumus gebildet wird. Man versucht, durch bestimmte Kalkgaben den Boden weniger sauer zu machen, und in weniger sauren Böden erwartet man eine Vermehrung der Bodenmikroorganismen und eine Erhöhung ihrer biologischen Tätigkeit. Durch eine erhöhte Aktivität des Edaphons sollte der Rohhumus schneller zersetzt und die oben erwähnte Erhöhung des Nährstoffumlaufes ausgelöst werden. *Die Frage nach der Bedeutung einer Waldbodendüngung ist sehr eng mit bestimmten Bodentypen verbunden.* Es ist unzweckmäßig, allgemein von Walddüngung zu sprechen ohne konkrete Bodenbildungen in die Betrachtung einzuschließen. Häufig werden in der Praxis z. B. Böden mit Rohhumusauflage ganz allgemein als «minderwertiger» angesehen als solche mit vollständiger jährlicher Streuezersetzung. Vor allem reine Sandböden, Böden ohne Tonanteil, würden für eine genügende Pflanzenernährung jedoch viel zu kleine Umtauschkapazitäten aufweisen, wenn die organische Substanz vollständig abgebaut wäre. In solchen Fällen ist ein minimaler Humusgehalt oder ein Gehalt an partiell zersetztem Rohhumus zur Speicherung von Nährstoffen und Wasser notwendig. *Es gibt Fälle, wo man sogar Sorge tragen muß, daß der Rohhumus nicht vollständig abgebaut wird, da er die einzige Substanz ist, welche die für die Pflanzenversorgung notwendige minimale Nährstoff- und Wasserbindung eines Bodens erhalten kann.*

An einigen Beispielen möchten wir darlegen, wie die Düngung je nach Bodentyp stark verschieden wirkt:

In Holland findet V a n G o o r (13), daß Pinus-Arten auf armen Heidepodsolen, die aus Decksanden, fluvioglazialen Sanden und Inland-Sanddünen entstanden sind, krankhafte gelbe Nadelspitzen erhalten. Er stellt eine gute Korrelation zwischen Triebwachstum und Kaligehalt der Nadeln fest. *Pinus silvestris* mit gelben Nadeln hat viel kürzere Jahrestriebe als mit grünen Nadeln. Auf den ärmsten Sandpodsolen wurde der kritische Kaliumgehalt bei 0,006 bis 0,017 % K_2O (in 5 % HCl-löslich) festgestellt. Der Bodentyp war ein gutes Unterscheidungskriterium für Podsolböden mit und ohne Kalimangel. Zur Düngung wurde Kalisulfat dem Kalichlorid vorgezogen.

Derselbe Autor (14) findet auf Decksandablagerungen homogener Zusammensetzung (pH 3,5 bis 4; Humus 5 bis 7 %; N im Humus 1,5 bis 1,75 %; gesamt P_2O_5 15 bis 25 mg/100 g Bo), für Japanlärchen einen sehr engen Zusammenhang zwischen P_2O_5 -Gehalt des Bodens und der Bonität. Steigt auf feuchten Standorten der P_2O_5 -Gehalt von 20 auf 80 mg/100 g Bo, dann verschiebt sich die Bonität (nach S c h o b e r) von geringer als 2,0 nach besser als 1,0. In Gefäßversuchen wirkte eine P-Zufuhr immer wachstumsbeschleunigend auf Lärchensämlinge, eine N-Zufuhr dagegen meist wachstumshemmend. In P-reichem Boden hemmte N das Wachstum nicht.

In Schweden untersuchte T a m m (15) den Einfluß von Ammoniumnitrat auf das Durchmesserwachstum von Föhre, Fichte und Birke. Der Boden war ein *Eisenpodsol* mit einem mittleren Bleichhorizont von 3,3 cm, einem 5,7 cm mächtigen Humushorizont, bestehend aus F- und H-Schicht. Der Einfluß der N-Düngung wurde an Bohrspänen studiert; die Reaktion auf die Ammoniumnitrate folgte der bekannten Mitscherlich-Kurve. An dominierenden Föhren hat der Zuwachs schon im zweiten Sommer nach der Behandlung bis zu 65 % verglichen mit den unbehandelten Flächen zugenommen. Auch Fichten und Birken reagierten positiv. Die Experimente zeigten auch, daß unter bestimmten Voraussetzungen die chemische Nadel- bzw. Blattanalyse ein Maß gibt für den minimal notwendigen Gehalt eines Pflanzennährstoffes, damit keine Mangelkrankheiten entstehen. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen wurde in 1^{1/2}jährigen Nadeln ein optimaler Durchmesserzuwachs bei 2 bis 2,5 % Stickstoff (Trockengewicht) beobachtet. Die analogen Stickstoffgehalte für Fichtennadeln liegen wahrscheinlich nicht unter 2 % und jene der Birkenblätter nicht unter 3,2 %.

In Deutschland werden seit längerer Zeit Versuche unternommen, Rohhumusdecken speziell durch Kalkung und Stickstoffdüngung zu aktivieren. Besonders in NW-Deutschland, auf nährstoffarmen ehemaligen *Heidepodsolböden*, aber auch auf stark sauren Löß- und Diluvialsand-



*Düngungsversuch Prof.
Heiberg, Syracuse (USA),
Pack Forest.*

Oben:

Picea Rubens auf
gepflügtem, fluviatilem
Auswaschsand
mit Kalimangel.

Unten:

Picea Rubens auf
gleichem Boden, überdeckt
mit 3 cm Humus aus
Pinus strobus-
Tsuga canadensis-Bestand.
Kein Kalimangel.





Düngungsversuch Dr. Nemec, Revier Žechrov, Tschechoslowakei

Rechts oben:

Extrem armes Eisenpodsol mit Ortstein auf Auswaschsanden.

Links oben:

70jähriger Föhrenbestand, ungedüngt mit Bodendecke aus *Vaccinium Myrtillus*, *Vaccinium Vitis idaea*, *Leucobryum glaucum*, *Polytrichum juniperum* und *Cladonia*.

Rechts unten:

Gleicher Bestand, gedüngt mit Basaltmehl und unterpflanzt mit *Tilia*, *Carpinus Betulus*, *Ulmus* und *Acer Pseudoplatanus*



böden in den übrigen Teilen von Deutschland, haben sich teils natürlich, teils infolge unzweckmäßiger Bewirtschaftung schlecht zersetzbare und biologisch inaktive Rohhumusformen gebildet. W i t t i c h (16) empfiehlt durch intensive Kalkung die Umsetzung mangelhaft zersetzten Rohhumus in stickstoffreichere, echte Humusstoffe umzuwandeln. Stickstoffreichere Humusstoffe seien in der Regel auch eiweißreicher, was auf die Tätigkeit der Bodenmikroorganismen und der Bodentiere stimulierend wirken soll.

Da in Deutschland ertragsarme Waldböden mit schlechter Humuszersetzung große Flächen decken, haben sich Wissenschaft und Düngerindustrie auch eingehend mit der Technik der Waldbodendüngung befaßt. In einer handlichen Schrift von M a y e r - K r a p o l l (17) ist das Düngungsproblem für Deutschland übersichtlich dargestellt. Die Verwendung von Ammoniakgas, das durch seine alkalische Reaktion eine Autoxydation von Lignin verursacht und durch Stickstoffanwesenheit die Bildung von Humussäure begünstigt, wird überall für die Aktivierung von Rohhumus empfohlen. Man erwartet auf diesem Wege schneller echte Humusstoffe zu bilden als über den Weg der Kalkung.

Fragen wir uns, auf welchen schweizerischen Waldböden unter Umständen durch Düngung eine Produktionssteigerung erreicht werden kann:

Im Mittelland stocken wohl die *Eichen-Birken-Wälder (Querceto-Betuletum)* auf den nährstoffärmsten Standorten. In den Jahren 1949 bis 1956 verwendete die Eidg. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil Böden aus Eichen-Birken-Wäldern vom Irchel zur Prüfung des Nährstoffmangels an Apfelbäumen. In Topfversuchen stellte man an den Testbäumen typische Symptome folgender Krankheiten fest: *Phosphorsäure-, Stickstoff-, Kali-, Magnesium- und Bormangel* (K o b e l, F r i t z s c h e, G e r b e r, B u ß m a n n [18]). Obwohl Waldbäume dem Boden wesentlich weniger Nährstoffe entziehen, ist kaum anzunehmen, daß auf einem derart nährstoffarmen Boden nicht auch Waldbäume, wie Birken, Traubeneiche, Lärche, Föhre und Fichte, durch geeignete Düngung besser wachsen würden.

Auch *Rißmoräneböden* (z. B. Gleypodsole) sind sehr nährstoffarm und bedürfen der Düngung. In der Regel sind aber hier auch die physikalischen Eigenschaften derart ungünstig (hohe Dichte und schlechte Permeabilität), daß eine Düngung ohne gleichzeitige tiefgründige mechanische Lockerung wenig erfolgreich sein wird. Man vergleiche die Arbeiten *Burgers* (4).

Da in unserem *Podsolgebiet* eher das Klima als der Boden das Wachstum der Bestände begrenzt, kann von der Bodendüngung kaum eine wesentliche Zuwachssteigerung erwartet werden.

Ganz besondere Bedeutung erhält aber die Düngung bei der Pflege der *Alpweiden*. Die Landwirtschaft hat bereits jahrzehntelange Erfah-

rung in Fragen der Alpmelioration durch Düngung (vgl. 19, 20). Soweit die Forstwirtschaft mit solchen Problemen verbunden ist, lohnt es sich, die Anstrengungen der Landwirtschaft zu unterstützen und in der Praxis zur Anwendung zu verhelfen. Eine reichhaltige Literatur und die Ergebnisse vieler repräsentativer Düngerversuche aus allen Teilen der Schweizer Alpen stehen als Grundlage zur Verfügung.

Wenn wir die Düngerbedürftigkeit verschiedener Bodentypen dargestellt haben, soll damit nicht etwa die Auffassung vertreten werden, daß sich die Probleme der Düngung nur für arme Böden stellen. Man muß sich vielmehr wie in der Landwirtschaft überlegen, ob sich eine durch Düngung verursachte relativ kleine Zuwachssteigerung auf guten Böden nicht besser lohnt als eine vielleicht 50prozentige Wachstumszunahme auf schlechten Böden. Diese Frage ist vor allem auf den normal durchlässigen, versauerten *Moräne- und Molassebraunerden der schweizerischen Laubmischwälder* (*Querceto-Carpinetum luzuletosum*-Typen) des Mittellandes zu prüfen. Hier besteht eine Möglichkeit, durch Düngung die Streuezersetzung anzuregen, damit die im Rohhumus fixierten Nährstoffe mindestens teilweise wieder durch Pflanzenwurzeln aufgenommen werden können.

Daß aber auf den zuwachskräftigsten Böden des Mittellandes auch bei Düngergaben, die für forstwirtschaftliche Verhältnisse hoch erscheinen, unter Umständen wenigstens kurzfristig kein Mehrzuwachs gemessen werden kann, ist an einem später dargestellten Beispiel aus dem Lehrrevier der ETH ersichtlich. Es handelt sich bei diesem Beispiel um eine *tonreiche, entwickelte* (sog. basenreiche) *Braunerde* des *Querceto-Carpinetum aretosum* mit zuwachskräftigem Fichtenbestand erster Generation.

Aus diesen Ausführungen ist zu folgern, daß auch in der schweizerischen Forstwirtschaft, namentlich in speziellen, lokal eher beschränkten Gebieten der älteren Deckenschotter (z. B. *Q.-Betuletum*), der Reißvergletscherung (z. B. *Tannenwälder*) und teilweise auch der Würmervergletscherung (z. B. *Q.-C. luzuletosum*) Düngerprobleme existieren. Dasselbe scheint auch im *Podsolgebiet*, auf den *Weideflächen* wie in gewissen Gebieten des Tessins der Fall zu sein. *Untersuchungen über die Rentabilität der Waldbodendüngung an ausgesuchten, repräsentativen Boden- und Bestandestypen scheinen uns daher berechtigt.* Wenn die Nachfrage nach dem Rohstoff Holz weiterhin steigt, müssen *alle* Möglichkeiten der Produktionssteigerung abgeklärt werden, und eine dieser Möglichkeiten ist auch in der Düngung zu suchen.

Im Vergleich zur Waldbodendüngung ist eine systematische wissenschaftliche Untersuchung der verbreiteten, stark verdichteten und vernäßten Böden der Bündner Schiefer-, Flysch- und Reißmoränegebiete sowie das Studium ihrer *physikalischen* Verbesserung von noch größerer praktischer und wirtschaftlicher Bedeutung. Namentlich die Untersuchungen Grünigs (21) haben gezeigt, wie hier unter Umständen durch

geeignete Meliorationen der Zuwachs *rasch* beträchtlich gesteigert werden kann. Möglicherweise kann hier auch eine Kombination von physikalischer Bodenverbesserung und Düngung die Wuchsleistung der Bestände wesentlich erhöhen.

Der orographisch und geologisch bedingte rasche Wechsel der Boden- und gesamten Standortverhältnisse in unserem Lande verlangt, daß wir bei der Anlage von Düngungsversuchen in der Schweiz systematisch vorgehen. Die Anwendung von Methoden der Statistik kann diese Versuche jedenfalls stark vereinfachen und eventuell sogar abkürzen. Das folgende Beispiel soll dieses beleuchten.

3. Ergebnisse eines Düngungsversuches im Lehrwald der ETH

a) Problemstellung

Nachdem aus dem Ausland wie aus der Schweiz hauptsächlich Ergebnisse von Düngungsversuchen in wenig zuwachskräftigen, auf armen Böden stockenden Beständen vorliegen, hat uns die Wirkung der Düngung in einem hochproduktiven Bestand interessiert. Wir stellten uns daher folgende *Versuchsaufgabe*:

Es soll in einem zuwachskräftigen Bestand auf einem fruchtbaren Boden (basenreiche oder entwickelte Braunerde eines *Querceto-Carpinetum aretosum*-Standortes) untersucht werden, ob sich durch eine künstliche Düngung in kurzer Zeit eine wirtschaftlich interessante Steigerung des Massenzuwachses erzielen läßt.

b) Untersuchungsmethode

In Zusammenarbeit mit Herrn Prof. L i n d e r von der ETH wurden für 6 verschiedene Behandlungen (5 Dünger und 1 Kontrolle) aus einem Bestand 60 Bäume ausgewählt. Diese wurden in 10 Gruppen von je 6 Bäumen so geordnet, daß die 6 in jeder Hinsicht möglichst gleichwertigen Bäume jeder Gruppe unter sich in möglichst ähnlichen Bedingungen standen. Um Meßfehler bei der Kluppierung weitgehend auszuschalten, wurde jeweils die Messung an genau markierter Stelle mit einer Präzisionskluppe im Turnus 10mal wiederholt. Die statistische Auswertung sollte Aufschluß geben über die Variabilität zwischen den 10 Gruppen, zwischen den Ergebnissen für die 6 Behandlungen und die restliche Variabilität, welche den Versuchsfehler darstellt.

c) Versuchsanlage

Zur Durchführung des Versuches wurden im April 1950 im Lehrwald Albisriederberg, auf dem Plateau von Waldegg (610—620 m ü. M.), in reinen, gleichalterigen Fichtenbeständen I. Ertragsklasse 10 Gruppen 45- bis 70jähriger, herrschender Fichten sorgfältig ausgewählt und nummeriert. Der Standort entspricht einem Eichen-Hagebuchenwald mit Aron-

stab auf einer frischen, entwickelten, tonreichen, sehr fruchtbaren Braunerde, hervorgegangen aus Würmmoräne des Linthgletschers. Die pH-Werte wurden im Jahre 1947 wie folgt bestimmt:

in	1– 5 cm Tiefe	5,1–5,8
in	5–10 cm Tiefe	5,1–5,6
in	30 cm Tiefe	5,8–6,3
in	60 cm Tiefe	6,4–6,5

Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt durchschnittlich 1100 mm, das Jahresmittel der Temperatur 8,5° C.

Zur Düngung wurden folgende *Dünger* gewählt:

1. Thomasmehl (18–20 %)
2. Kalkstickstoff
3. Kalisalz (30 %)
4. Düngkalk
5. Volldünger (auf 10 kg Volldünger kommen) = 1,5 kg Thomasmehl
0,8 kg Kalkstickstoff
6,5 kg Düngkalkhydrat
1,2 kg Kalisalz

Die Art der Düngung der einzelnen Bäume innerhalb einer Gruppe wurde vor der ersten Behandlung durch zufällige Verteilung festgelegt und blieb nachher unverändert. Die Düngungen erfolgten jeweils durch Förster R a h m mit Hilfe von Praktikanten am 4. April 1950, am 3. Februar 1953 und am 24. Januar 1955, wobei jeweils auf einer Fläche von genau 5 m Radius (78,5 m²) im Umkreis des Stammes gleichmäßig *oberflächlich* auf den Schnee verteilt wurden:

4 kg Thomasmehl	=	500 kg pro ha
2 kg Kalkstickstoff	=	250 kg pro ha
3 kg Kalisalz	=	380 kg pro ha
20 kg Düngkalk	=	2500 kg pro ha
10 kg Volldünger	=	1270 kg pro ha

Mit der Düngung wurden jeweils auch die Durchmesser bestimmt, letztmals am 3. Januar 1957, so daß sich der Versuch auf eine Zuwachsperiode von 7 Jahren erstreckt. Wir sind uns bewußt, daß dieser Zeitraum für einen forstlichen Düngungsversuch verhältnismäßig kurz erscheint. Trotzdem ist eine vorläufige Mitteilung der Ergebnisse interessant. Das Zahlenmaterial wurde von Frl. Alice T u c h s c h m i d entsprechend den vorausbestimmten Richtlinien verarbeitet. Zwischenrechnungen erfolgten jeweils auch bei den früheren Aufnahmen.

d) Versuchsergebnisse

Bei der Versuchsanlage im April 1950 und im Januar 1957 wiesen die 10 Gruppen folgende mittleren Bruthöhendurchmesser auf:

Gruppe	April 1950 cm	Januar 1957 cm
I	32,11	36,30
II	33,16	36,98
III	31,16	34,87
IV	21,32	25,91
V	23,03	27,25
VI	29,73	33,87
VII	32,26	36,25
VIII	42,95	46,53
IX	46,59	49,37
X	22,45	26,02

Die mittleren *Kreisflächenzuwachsprozente*, bezogen auf die Kreisflächen vom Jahre 1950, betragen für den ganzen Zeitabschnitt von 7 Jahren:

gedüngt mit	
Kalkstickstoff	= 4,48 %
Kalisalz	= 3,77 %
Thomasmehl	= 4,45 %
Düngeralkalhydrat	= 4,20 %
Volldünger	= 3,79 %
ohne Dünger	= 4,01 %

Die einzelnen Perioden lassen eine allgemeine Zunahme der Kreisflächenzuwachsprozente erkennen.

Mittlere Kreisflächenzuwachsprozente (bezogen auf den Anfang jeder Periode):

Düngung	Periode		
	1950–1953 %	1953–1955 %	1955–1957 %
Kalkstickstoff	2,68	4,06	4,69
Kalisalz	3,10	3,23	4,35
Thomasmehl	3,35	3,62	4,77
Düngeralkalhydrat	3,45	4,00	4,45
Volldünger	3,34	3,87	3,84
ohne Dünger	3,43	3,35	4,88

Die *mittlere Jahrringbreite* beträgt:

Düngung	1950–1953	1953–1955	1955–1957	1950–1957
	mm	mm	mm	mm
Kalkstickstoff	2,49	3,07	3,69	3,00
Kalisalz	1,82	2,20	3,21	2,36
Thomasmehl	2,47	2,73	3,80	2,91
Düngeralkalhydrat	2,34	2,89	3,61	2,86
Volldünger	1,97	3,01	3,08	2,66
Ohne Dünger	2,37	2,79	3,80	2,76

Die *Streuungszulegung* (Periode 1950/57) (F — Test) ergibt für den Kreisflächenzuwachs:

Streuung	FG	SQ	DQ	F berechnet	P = 0,05
Zwischen Gruppen ...	9	7,50	0,833	2,436	*
Zwischen Düngern ...	5	2,61	0,522	1,526	—
Rest.....	45	15,37	0,342	—	—
Total	59	25,48	—	—	—

Die Unterschiede zwischen den 10 Baumgruppen sind also größer als zwischen den verschiedenen Düngerarten. Diese sind statistisch auf der Basis $P = 0,05$ *nicht* gesichert.

Die Unterschiede zwischen den 10 Gruppen sind im weiteren nach dem Sequential — Range — Test bei $P = 0,05$ gesichert zwischen den Gruppen IX und IV bzw. IX und I. Die ohne Gruppe IX durchgeführte Gesamtanalyse ergibt:

SQ zwischen den Gruppen	3,52
SQ zwischen den Düngern	2,84
SQ total	20,89
SQ Rest	14,53

F-Test

Streuung	FQ	SQ	DQ	F berechnet	P = 0,05
Zwischen Gruppen ..	8	3,52	0,440	1,212	—
Zwischen Düngern ..	5	2,84	0,568	1,565	—
Rest.....	40	14,53	0,363	—	..
Total	53	20,89	—	—	..

Unter Weglassung von Gruppe IX sind die Unterschiede weder zwischen den Baumgruppen noch zwischen den Düngern gesichert.

e) Folgerung

Die während 7 Jahren dreimal mit 6 verschiedenen Düngern ausgeführte Düngung vermochte *keine* feststellbare Mehrleistung zu bewirken. Wenn wir berücksichtigen, daß die Landwirtschaft durch die Düngung oft zwei- bis dreifache Erträge erzielt, ist jedenfalls trotz des vorliegenden bescheidenen Untersuchungsmaterials die Folgerung zulässig, daß auf unseren fruchtbarsten Waldböden in mittelalten und älteren Beständen durch die Düngung keine raschen und bedeutenden Ertragssteigerungen zu erwarten sind. Im Gegensatz dazu fanden wir im Forstgarten bei einjährigen Linden infolge der Düngung eine Steigerung des Wachstums um durchschnittlich 50 %. Das Düngungsproblem stellt sich in der Schweiz nach diesen vorläufigen Ergebnissen also offenbar weniger für die fruchtbaren, gesunden Waldböden, als für Aufforstungen, Pappelskulturen, Forstgärten und die erwähnten Sonderfälle.

4. Schlußbemerkungen

Unsere Betrachtungen sollen in keiner Weise grundsätzlich gegen die Düngung im Walde Stellung nehmen. Wir sind uns vielmehr bewußt,

daß sie auf manchen Böden eine unumgängliche Voraussetzung für die Umwandlung künstlicher Reinbestände in Mischbestände, für einen raschen Aufforstungserfolg und für eine Ertragssteigerung darstellt. Unsere Verhältnisse und Erfahrungen gebieten jedoch, von verallgemeinernden Empfehlungen abzusehen und die Düngung nur auf Grund zuverlässiger Bodenanalysen und Düngungsversuche durchzuführen.

Zitierte Literatur

1. Engler, A.: Stickstoff und Waldvegetation. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1898.
2. Engler, A.: Stickstoff und Waldvegetation. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1909.
3. Schädelin, W.: Impfung verdorbener Waldböden. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1932.
4. Burger, H.: Bodenverbesserungsversuche. Mitt. Schweiz. Anstalt f. forstl. Versuchsw. XX. Bd., 1938, XXIV. Bd., 1945.
5. Surber, E.: Wegleitungen und Beispiele für neuzeitliche Waldpflanzenversorgung. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1954.
6. Rupf, H.: Der Forstpflanzgarten. München 1952.
7. Kelley, A. P.: Mycotrophy in Plants. Waltham, Mass., 1950.
8. Wilde, S. A.: Soils of Wisconsin in relation to silviculture. Wisconsin Cons. Dept. Bull. 525.
9. Mikola, Peitsa: Artificial inoculation of mycorrhizal fungi. Arch. Soc. Vanamo, Helsinki 1955.
10. Haußer, K.: Produktionssteigerung durch Forstdüngung. Holzzentralblatt, Nr. 110, 1953.
11. Haußer, K.: Ertragssteigerung in der Forstwirtschaft durch mineralische Düngung. Tellus-Verlag, Essen 1956.
12. Schönamsgruber, H.: Düngungsversuche mit Phosphat bei Pappeljungflanzen. Sonderdruck aus «Die Phosphorsäure», 1956.
13. van Goor, C. P.: Kaligebrek als oorzaak van gelepuntziekte van groveden (*Pinus silvestris*) en Corsicaanse den (*Pinus nigra* var. *corsicana*). Bosbouwproefstation TNO Korte mededeeling Nr. 25, 1956, Nederland.
14. van Goor, C. P.: Standort und Düngung von japanischer Lärche (*Larix leptolepis*) in den Niederlanden. Forstliche Versuchsanstalt TNO. Wageningen Holland. Sonderdruck aus «Die Phosphorsäure», 16, 1/2, 1956.
15. Tamm, C. O.: Studies on Forest Nutrition. (III. The effects of Supply of Plant Nutrients to a Forest Stand on a Poor Site). Meddelanden från statens skögsforskningsinstitut, Band 46, Nr. 3, 1956.
16. Wittich, W.: Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band 4, 1952.
17. Mayer-Krapoll, H.: Die Anwendung von Handelsdüngemitteln, insbesondere von Stickstoff in der Forstwirtschaft. Herausgeber: Ruhr-Stickstoff AG, Bochum 1956.
18. Kobel, F., Fritzsche, R., Gerber, H., und Bußmann, A.: Ein Vegetationsversuch mit Topfobstbäumen. Schweiz. Zeitschr. für Obst- und Weinbau, Band 61, S. 103 bis 113 und 137—140, 1952.
19. Auer, C., Trepp, W., Bachmann, F., Liechti, Ad.: Einige Ergebnisse fünfjähriger Düngversuche auf subalpinem Borstgrasweiderasen (*Nardetum*). Schweiz. Landw. Monatshefte, Heft 2, 1956.
20. Koblet, R., Frei, E., und Marschall, F.: Untersuchungen über die Wirkung der Düngung auf Boden und Pflanzenbestand von Alpweiden. Landw. Jahrb. d. Schweiz., 1953 (67. Jahrg.), Neue Folge: 2. Jahrg.

21. Grünig, P.: Über den Einfluß der Entwässerung auf die Flachmoorvegetation und auf den Zuwachs der Fichte und Bergföhre im Flyschgebiet der Voralpen. Diss. ETH erschienen in Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw., XXXI, 2, 1955.

Résumé

Contribution au problème de la fumure dans le cadre de la sylviculture suisse

Il y a déjà plus d'un demi-siècle que l'on tente en Suisse des essais d'amélioration du sol. Mais en sylviculture, la fumure ne fut chez nous jamais pratiquée systématiquement sur de grandes surfaces.

Aujourd'hui, le problème se pose de nouveau, à cause du manque de bois.

La fumure s'avère indiquée dans les pépinières, peupleraies, boisements, lors de transformations de peuplements résineux purs, de conversions de taillis, ainsi que dans de nombreux cas spéciaux — par exemple graviers du quaternaire ancien (Deckenschotter) et moraine rissienne.

Les différentes exigences en engrais de nos sols forestiers donnent une image qui révèle qu'en Suisse nous disposons en général, même en forêt, de terres très fertiles, où le besoin de fumure se fait relativement peu sentir.

Le sol de la chênaie à bouleau, parfois de la chênaie à charme — du type *Querceto-Carpinetum luzuletosum* — se signale par contre par sa pauvreté et un besoin certain de fumure. Il en est de même pour certaines terres issues de moraines rissiennes et pour les pâturages alpestres.

Mais dans bien des régions, c'est surtout la nécessité d'une amélioration de la physique du sol qui s'impose.

Un essai systématique de fumure fut récemment mené dans la forêt d'enseignement de l'EPF; les résultats qui auraient permis de conclure à une production accrue des arbres fumés restent en dehors de la tolérance statistique ($P = 0,05$). Il s'agissait d'une pessière d'âge moyen et d'accroissement élevé.

En conclusion, il nous faut, en Suisse aussi, poursuivre les essais de fumure en forêt, mais la question des engrais ne gardera guère qu'un intérêt local.

(Trad. J.-S. Chausson)