

DER EINFLUSS DER HOLZART, INSBESONDERE DER LÄRCHE, AUF DEN BIOLOGISCHEN ZUSTAND DES BODENS

door

Prof. WITTICH.

(Slot).

Nun zu den Einzelheiten! Betrachten wir zunächst die Stellung der Buche gegenüber derjenigen der Fichte, so finden wir, dass der Unterschied sehr viel stärker ist, als man bisher für Nordwestdeutschland angenommen hatte, und grösser, als die Unterschiede, die zwischen den meisten anderen hier angegebenen Holzarten und Holzartenmischungen bestehen. Die Buche verhält sich in biologischer Hinsicht genau so wie in anderen Gebieten. Der Satz, dass die Buche in Nordwestdeutschland ein ausgesprochener Trockentorfbildner sei, darf nicht in dem üblichen Sinne verstanden werden, als übe sie dort eine physiologisch grundsätzlich andere Wirkung aus als in Ostdeutschland. Richtiger wäre, zu sagen, dass *auf den ungünstigen Standorten dieses Gebietes selbst eine so günstige Holzart wie die Buche Trockentorf bildet*. Dieser Zusammenhang wird verständlich, wenn wir an das denken, was vorher über die Wirkung des Standortes gesagt wurde, wenn wir uns vor Augen halten, dass die Umsetzungsstärke des Buchenhumus im Durchschnitt etwas über doppelt so hoch ist wie die des Fichtenhumus auf gleichem Boden, die Abbaugeschwindigkeit eines Humus auf untätigem Flotssand aber nur ein Zehntel derjenigen eines Humus der gleichen Holzart von kräftigen jungdiluvialen Standorten betragen kann.

Vor einiger Zeit ist in der Literatur die Behauptung aufgestellt worden, dass die Buche nicht nur in Nordwestdeutschland, sondern allgemein auf armen Standorten ihre günstige Wirkung in biologischer Hinsicht vermissen lasse. Diese Ansicht habe ich auch bei meinen neueren Untersuchungen in Ostdeutschland nicht bestätigt gefunden. Die günstige Wirkung der Buche ergab sich überall aus dem Vergleich mit anderen auf gleichem Standort stockenden Holzarten. Nur der absolute Zustand war hier natürlich wenig gut.

Die Eiche wurde richtig eingeschätzt. Sie übt, wenn wir von den Fällen, in denen die Bodenvegetation bestimmend ist, absehen, einen ausgezeichneten Einfluss aus. Junge Eichenstangenhölzer, unter denen eine nennenswerte Bodenflora noch nicht vorhanden ist, zeigen gegenüber reinen Nadel-

holzbeständen eine noch stärkere Ueberlegenheit als die Buche. Doch ist dieser schon durch das Alter etwas einseitige Vergleich auch hinsichtlich des Materials keine ausreichende Grundlage für eine genaue Einstufung der reinen Eichenbestände. Der Einfluss der Eichenförna in biologischer Hinsicht tritt klar hervor, wenn man die Veränderungen untersucht, die durch eine Einmischung der Eiche in den Buchenbestand ausgelöst werden, d.h. wenn man reine Buchenbestände mit Eichen-Buchen-Mischbeständen vergleicht. Zu demselben Ergebnis kommen wir beim Vergleich von Eichen-Buchen-Mischbeständen mit anderen Bestandesarten, denen gegenüber die Ueberlegenheit noch grösser ist, als die der reinen Buchenbestände. Mischbestände mit einem durchschnittlichen Anteil von 0.6 bis 0.7 Eiche und 0.4 bis 0.3 Buche haben die Stellung gegenüber den anderen Holzarten, wie sie sich aus der Abb. 1 ergibt.

Reine Eichenbestände mit starker Bodenflora lassen sich, wie gesagt, nicht einstufen. Hat sich auf kräftigen Böden eine Flora von Süßgräsern, Kräutern, Himbeere usw. entwickelt, so finden wir einen ausgezeichneten Bodenzustand. Unter Eiche mit Heidelbeere aber ist er wesentlich schlechter als unter Laubholz ohne Bodenflora. Wir fassen zusammen: Die Streu der Eiche ist ausgezeichnet. Ihre günstige Wirkung kann aber im Reinbestand bzw. in Mischung mit Lichtholzarten auf bestimmten Standorten ganz oder teilweise durch den Einfluss einer ungünstigen Bodenflora paralytisch werden. Sie kommt stets zur Geltung, wenn ein gewisser Grundbestand von Schatthölzern das Aufkommen einer stärkeren Flora unmöglich macht.

Ähnlich wie die Eiche ist anscheinend die Birke zu beurteilen. Das Material, das ich hierüber gesammelt habe, ist nicht sehr umfangreich, da das Vorkommen reiner Birke oder einer starken Birkenbeimischung sich meist aus Besonderheiten des Standortes oder des Vorbestandes erklärt, die einen Vergleich ausschliessen. Eingehend hat sich Hesselman mit dieser wichtigsten Laubholzart des schwedischen Waldes beschäftigt. Er zeigte, dass ihre Einmischung in Nadelholzbestände den Charakter der Humusdecke sehr günstig beeinflusst. Die Ergebnisse der wenigen Versuchsreihen, die ich untersucht habe, liegen in der gleichen Richtung. Für eine genaue Einstufung genügen sie nicht. Mit der Eiche hat sie als ausgesprochene Lichtholzart die starke Abhängigkeit von der Bodenflora gemein. Auch hier ist mit Sicherheit eine günstige Wirkung nur dann zu erwarten, wenn ein gewisser Grundbestand von Schatthölzern das Aufkommen einer ungünstigen Flora unmöglich macht.

Ausgesprochen günstig ist die Hainbuche und vor allem die Akazie. Beide wurden nur in Ostdeutschland untersucht. Die Akazie ist die m. E. in mikrobiologischer Hinsicht gün-

stigste Holzart. Interessant in diesem Zusammenhang die chemische Zusammensetzung ihrer Streu! (Seite 5) Aus anderen Gründen möchte ich ihrem Anbau aber nicht das Wort reden.

Von den Nadelhölzern schneidet bei weitem am besten die Douglasie ab. Ihre tatsächliche Stellung ist noch günstigster, als sich aus der auf der Tafel dargestellten Stickstoffmobilisierung ergibt. Denn ein ungewöhnlich grosser Teil dieses Stickstoffs wird nitrifiziert, ein Zeichen für einen guten biologischen Zustand. Sie ist eine Holzart, die man m. E., wozu ihre Unduldsamkeit gegenüber anderen Holzarten meist auch zwingt, unbedenklich im Reinbestand erziehen kann.

Sehr enttäuscht hat die Tanne, die früher als die bodenpflüglichsie Holzart galt, und deren Anbau man aus diesem Grunde sehr befürwortet hatte. Der untersuchte Tannenhumus erwies sich merkwürdigerweise als ausgesprochen sauer und untätig. Ich möchte allerdings vorsichtig mit meinem Urteil sein, weil die untersuchten Bestände fast ausschliesslich auf Flotssandböden stocken und immerhin die Möglichkeit besteht, dass hier besonders ungünstige Bedingungen speziell für die Zersetzung der Tannennadel vorliegen. Es ist mir leider nicht möglich gewesen, ähnlich wie bei der Lärche die in Nordwestdeutschland gefundenen Ergebnisse durch genügend ausgedehnte Untersuchungen in anderen Gebieten zu ergänzen. Einzelne Stichproben sprechen dafür, dass man sie auch anderswo zum mindesten nicht als ausgesprochen günstige Holzart ansehen darf. Zu beachten ist, dass die Tanne auf Böden, die durch Misswirtschaft physiologisch flachgründig geworden sind, in ihrer Wurzelenergie einen nicht zu unterschätzenden Vorteil gegenüber anderen Holzarten besitzt.

Reine Kiefernbestände liessen sich aus dem angegebenen Grunde nicht einordnen. Je nach dem Charakter der Bodenflora wechselt der biologische Zustand in weiten Grenzen. Untersuchen wir den Einfluss einer Beimischung der Kiefer zu Schattholzarten, so ergibt sich eine auffallend ungünstige Wirkung. Kiefern-Fichten-Mischbestände mit starkem Kiefernanteil nehmen die bei weitem schlechteste Stellung ein. Diese Bestände weisen nicht einmal die Hälfte der Stickstoffmobilisierung und sehr viel höhere Säurewerte als reine Fichte auf. Eine ähnliche Wirkung hat die Beimischung der Kiefer zur Buche. Hier sind absichtlich Bestände herausgegriffen mit der geringsten Buchenbeimischung, die noch gerade die Bodenflora zurückzuhalten vermag (Ki 0.8 Bu 0.2), um die Wirkung der Kiefer möglichst stark herauszustellen. Man könnte beim Vergleich mit reiner Fichte, der sie in ihrer Stellung ähnlich ist, auf den Gedanken kommen, dass in diesser Mischung die günstige Wirkung der Buche fehlte. Dass das nicht des Fall ist, zeigt die ganz erhebliche Ueberlegenheit gegenüber der Mischung Kiefer-Fichte. Dieser etwa dem der

reinen Fichtenbestände entsprechende biologische Zustand findet sich also nicht *wegen*, sondern *trotz* der Einmischung der Buche. Sobald der Anteil stärker wird, bessert sich sofort der Zustand des Humus. Wir können aus den Ergebnissen den Schluss ziehen, dass die Kiefernadel an sich schwerer zersetzlich ist, als die der Fichte. Wenn wir trotzdem unter reinen Kiefernbeständen gelegentlich einen günstigeren Zustand vorfinden als unter Fichte, so ist das wohl auf den Einfluss des stärkeren Lichteinfalls zurückzuführen. Wo dieser Einfluss durch Beimischung von Schatthölzern stark herabgemindert wird, kommt die ungünstige Beschaffenheit der Kiefernstreu zur vollen Auswirkung.

Wegen des besonderen Interesses, das hier speziell für die Lärche besteht, möchte ich die Untersuchungen, die diese Holzart betreffen, genauer behandeln, als das bei den anderen Holzarten im Rahmen dieses Vortrages möglich war. Obwohl die Lärche als in biologischer Hinsicht günstigste Holzart und als ausgesprochener Humuszehrer gilt, findet man auf den ärmeren Standorten Nordwestdeutschlands unter ihr starke Humusansammlungen. Dabei fällt auf, dass der Auflagehumus gelegentlich, ohne durch Pilzmyzelien verflochten zu sein, locker dem Boden auflagert. Selbst bei Auflagehumus von mehr als 10 cm Stärke lassen auch in den untersten Schichten die Nadeln mitunter noch ihre alte Struktur erkennen. Im Fichtenhumus auf gleichem Standort ist die entsprechende Schicht gewöhnlich völlig amorph. Die Tatsache dieser starken Humusansammlungen lässt sich nicht weglegen. Die Frage ist nur, wie dieser Lärchenhumus zu beurteilen ist. Eine rein gefühlsmässige Einschätzung — die weichen lockeren Lärchennadeln verglichen mit dem schmutzigen, verfilzten Fichtenhumus — fällt unwillkürlich zu Gunsten der Lärche aus. Doch muss man mit solchen gefühlsmässigen Urteilen vorsichtig sein. Auch ohne biologische Untersuchungen ist der sichere Schluss zu ziehen, dass die tatsächliche Zersetzung der Lärchenstreu mangelhaft war. Andersnfalls würden diese starken Humusschichten nicht vorhanden sein. Sie mit der Begründung, dass sie locker gelagert seien, als belanglos hinzustellen, ist nicht richtig. Leider bestehen hinsichtlich der Beurteilung von Humusstärken teilweise recht falsche Vorstellungen. Schichten von 5 oder auch von 10 cm Stärke werden als bedeutungslos, als die Folge nur geringfügiger Stockungen angesehen. Das ist unrichtig. Ein Fichtenhumus von 17 cm Stärke enthält im Durchschnitt soviel an Trockensubstanz, wie ein Fichtenbestand im Laufe von 100 Jahren durch seine Streu dem Boden zuführt. Oder — anders ausgedrückt — wenn wir unter einem 100 jährigen Fichtenbestand eine Humusschicht von 8.5 cm Stärke antreffen, dann bedeutet das, dass von der gesamtten streu nur die Hälfte mineralisiert worden ist, sich also immerhin Humus-

massen angesammelt haben, die der Streuproduktion von 50 Jahren entsprechen. Das ist schon eine recht erhebliche Stockung. Ich habe die Trockensubstanz von solchem Lärchenhumus untersucht und festgestellt, dass trotz der lockeren Lagerung z. B. eine Schicht von 9 cm Stärke 133.000 kg je ha an Trockensubstanz enthielt. Die jährliche Streuproduktion eines Lärchenbestandes beträgt etwa 4000, die der anderen Holzarten im Durchschnitt 3000 kg/ha. Da sich solche Humusstärken schon unter verhältnismäßig jungen Beständen finden, so lässt sich mit Sicherheit der Schluss daraus ziehen, dass hier ausgesprochen starke Störungen im Humusabbau vorliegen müssen, dass teilweise sogar nur ein Bruchteil der durch die Streu zugeführten organischen Substanz abgebaut, der grösste Teil aber als Humus angesammelt worden ist. Nun wäre es ja immerhin möglich, dass trotz der mangelnden Zersetzung der Lärchenhumus doch den Charakter von Moder aufweist. Die biologische Untersuchung hat diese Auffassung nicht bestätigt. Wir finden unter den reinen Lärchenbeständen Nordwestdeutschlands einen ausgesprochen ungünstigen biologischen Zustand. Die Stickstoffmobilisierung im Humus ist ungefähr die gleiche wie bei Fichte, Kohlensäureproduktion, Wasserstoffionenkonzentration und Austauschazidität sind sogar noch ungünstiger. Gegenüber Buchenhumus betragen die Säurewerte fast 300 %. Auch im Mineralboden sind die ungünstigen Wirkungen deutlich an einer starken Versauerung zu erkennen. Ein Unterschied zwischen europäischer und japanischer Lärche ist nicht vorhanden.

Ich hatte ursprünglich damit gerechnet, dass es sich hier um eine Erscheinung handle, die nur die reinen Lärchenbestände der armen Böden Nordwestdeutschlands betreffe, dass sich die Lärche auf besseren Standorten und in der Mischung mit Laubholz aber vielleicht ganz anders verhalte. Die häufige fast völlige Erhaltung der Nadelstruktur bis in die untersten Schichten des Auflagehumus, die lockere Lagerung, verursacht durch das Fehlen jeder Verflechtung durch Pilzhyphen, hatte bei mir den Gedanken aufkommen lassen, dass hier vielleicht irgend welche notwendigen Voraussetzungen für die Einleitung der Abbauprozesse fehlten und diese deshalb nicht recht in Gang kämen. Ich rechnete damit, dass die Lärchenstreu unter anderen Verhältnissen tatsächlich die leichte Abbaufähigkeit aufweise, die man ihr nachrühmt. Die geschilderte eigenartige Struktur des Lärchenhumus, die Anlass zu diesen Vermutungen gegeben hatte, findet man auch auf den ärmeren altdiluvialen Böden in der Regel nicht, wenn Buche oder anderes Laubholz der Lärche beigemischt sind. Ich glaubte also, dass auf diesen Standorten die günstige biologische Wirkung der Lärche an gewisse Voraussetzungen, die bei Einmischung von Laubholz anscheinend vorlagen, gebunden

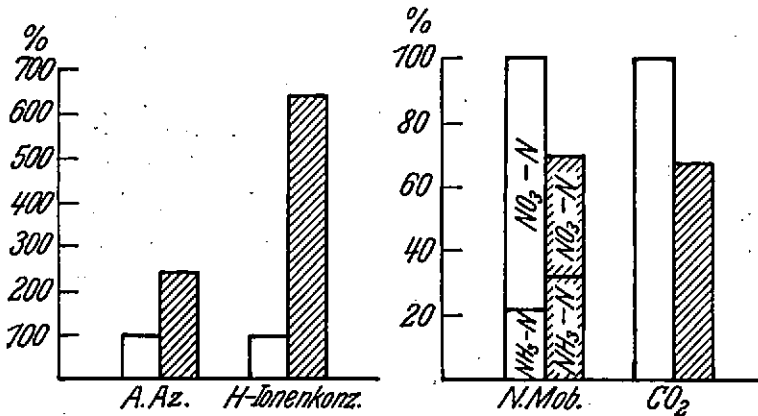
sei. Um diese Frage zu klären, habe ich Lärchen-Laubholz-Mischbestände mit reinem Laubholz verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Lärche unter diesen Bedingungen einen ungünstigen Einfluss ausübt. *Der von Haus aus günstige Zustand unter Laubholz wurde entsprechend dem Grad der Lärcheneinmischung fortlaufend verschlechtert.* Die Unterschiede sind auffallend stark. Und zwar gilt das nicht nur für die Durchschnittswerte, sondern auch für jede einzelne Versuchsreihe. Zu ähnlichen Ergebnissen führten die Vergleiche mit anderen Holzarten. Die ungünstige Beschaffenheit der Lärchenstreu ist demnach sowohl im Reinbestand wie in der Mischung mit anderen Holzarten klar zu ersehen. Die Ergebnisse sind an sich völlig einheitlich. Trotzdem wäre bei der praktischen Bedeutung dieser Frage und den unerwarteten Ergebnissen ein ausgedehnteres Grundlagematerial erwünscht gewesen. Die Untersuchungen bauen sich auf 34 Versuchsreihen in Nordwestdeutschland auf. Leider ist hier die Zahl der Lärchenbestände, die für biologische Untersuchungen alt genug sind, sehr gering. Ich war infolgedessen gezwungen, die Untersuchungen in anderen Gebieten fortzusetzen, vor allem im natürlichen Verbreitungsgebiet der Lärche, im schlesischen Gebirge, sowie in einigen Teilen Mitteldeutschlands, wo sie zwar nicht autochthon ist, aber seit langem angebaut wird. Diese Erweiterung des Untersuchungsgebietes war auch insofern interessant, als damit die Frage geklärt werden konnte, ob die Lärche nicht etwa in Nordwestdeutschland aus irgend welchen Gründen ein physiologisch anderes Verhalten aufweist, als in den übrigen Teilen Deutschlands, vor allem ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet.

Wo die Lärche auf kräftigen Böden rein oder mit anderen lichen Bodenarten gemischt auftritt, fänden sich unter ihr eine üppige Bodenflora von Süßgräsern, Kräutern usw. und gleichzeitig einen ausgezeichneten biologischen Zustand, und zwar nicht nur absolut, sondern auch im Vergleich mit anderen Holzarten, die keine derartige Bodenvegetation aufwiesen. So liegt auf solchen Böden unter Fichte im allgemeinen eine deutliche, wenn auch meist nicht sehr starke Schicht von Auflagehumus, während wir unter der Lärche einen ausgezeichneten Mullzustand antreffen. Es sind die gleichen Verhältnisse, wie wir sie auf entsprechenden Böden auch unter Kiefer vorfinden, — eine vollständige Uebertönung des natürlichen Charakters der Bestände vom Einfluss der Bodenflora. Diese Bestände vom reinen Lärche sind in dem untersuchten Gebiete sehr selten. Fast stets ist sie mit anderen Holzarten gemischt. In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet, in Schlesien, hauptsächlich mit Fichte, im hessischen Buntsandsteingebiet und Braunschweig vor allem mit Buche. Das sind beides Holzarten, die das Aufkommen einer stärkeren

Bodenflora verhindern. Mein Bestreben ging darauf hinaus, solche Versuchsreihen herauszufinden, in denen sich der Einfluss der Lärche klar isolieren liess. Sehr geeignet waren Vergleiche zwischen Beständen oder Bestandesteilen von reiner Buche und solchen, wo der Buche die Lärche beigemischt war. Hier drückte also der Unterschied im biologischen Zustand des Bodens die Wirkung der Lärchenbeimischung aus. Diese Bestände stocken fast durchweg auf sehr kräftigen Standorten. Der äussere Zustand des Bodens ist gut. Nennenswerte Humusansammlungen fehlen. Wenn solche Bilder zu der Auffassung Anlass geben, dass die Lärche in biologischer Hinsicht ausgezeichnet zu beurteilen sei, so ist das verständlich. Der Bodenzustand ist ja absolut besser als unter den idealen Eichen-Buchen-Mischbeständen Nordwestdeutschlands. Auch hier gilt das, was vorhin über den alles überragenden Einfluss des Standortes gesagt wurde: Unter einer biologisch ungünstigen Holzart bzw. Holzartenmischung findet sich auf guten Standorten ein besserer Zustand als unter den biologisch günstigen Bestandesarten auf untätigem Boden. Auf diesen ausgezeichneten Standorten ist die Umsetzung so stark, dass auch unter der Mischung Lärche-Buche, die sich in Nordwestdeutschland wesentlich ungünstiger als reine Buche erwies, ein ungestörter Abbau des Humus erfolgen kann. Es gehört grosse Erfahrung dazu, um auf diesen Standorten auch äusserlich schon Unterschiede im Humuszustand zwischen den reinen Laubholzpartien und den mit Lärche gemischten erkennen zu können. Sobald die Bodengüte etwas nachlässt, wird der Unterschied deutlicher, unter Lärche-Buche geringe Humusansammlungen, unter reiner Buche weiterhin Mullzustand. Dass auch auf diesen besten Standorten der Einfluss der Lärche unverkennbar ist, zeigen die Ergebnisse der biologischen Untersuchung. Es handelt sich hier um weitere 22 Versuchsreihen, bei denen reines Laubholz mit Lärchen-Laubholz verglichen wurde. Da diese Untersuchungen erst demnächst veröffentlicht werden, habe ich die Durchschnittswerte in Abb. 2 dargestellt, schraffiert: Lärche-Laubh. nicht schraffiert: Laubholz. Wir finden genau das gleiche Bild, wie es sich bei den entsprechenden Versuchsreihen in Nordwestdeutschland ergeben hatte. Durch die Einmischung der Lärche ist der biologische Zustand des Bodens unter Laubholz ganz erheblich verschlechtert worden, obwohl — absolut genommen — die Werte infolge der Standortsgüte noch immer als sehr gut zu beurteilen sind. Interessant ist, dass durch die Lärchenbeimischung nicht nur die Stickstoffmobilisierung im ganzen, sondern stärker noch der prozentuale Anteil des Nitrates herabgedrückt wird. Der ungünstige Einfluss der Lärche ist nicht nur in diesen Durchschnittswerten, sondern genau so wie bei den früheren Untersuchungen in jeder einzelnen Versuchsreihe vorhanden.

Auch im Mineralboden ist die Wirkung der Lärcheneinmischung an einer Erhöhung des Säuregrades zu erkennen.

In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet, dem schlesischen Gebirge, finden wir die Lärche auf Standorten sehr wechselnder Güte. Die Mischung Lärche-Fichte herrscht bei weitem vor. Auch hier handelte es sich um die Frage, ob als Folge der Beimischung der Lärche zur Fichte eine wesentliche Aenderung des biologischen Zustandes, und zwar in diesem Falle natürlich in günstiger Richtung, festzustellen



war. Der äussere Zustand des Bodens unter den Lärchen-Fichtenmischbeständen ist im allgemeinen wenig gut. Fast überall findet sich je nach der Güte des Standortes eine mehr oder minder starke Schicht von Auflagehumus. Leider mussten teilweise zum Vergleich auch Fichtenbestände mit Kiefernbeimischung herangezogen werden. Da die Untersuchungen in Nordwestdeutschland gezeigt hatten, dass die Einmischung der Kiefer zur Fichte sich sehr ungünstig auswirkt, war eine getrennte Zusammenfassung der Versuchsreihen notwendig. Die eine Gruppe enthält Vergleiche zwischen Lärche-Fichte (durchschnittlicher Anteil der Lärche 0,7) und reiner Fichte bzw. Fichtenbeständen mit nur geringfügigem Anteil an Kiefer. Die zweite Gruppe umfasst die Versuchsreihen, in denen der Vergleichsbestand mehr als $\frac{1}{10}$ Kiefer enthält. Im ganzen handelt es sich hier um weitere 26 Vergleichsreihen. In der ersten Gruppe fand sich eine im ganzen etwas höhere Stickstoffmobilisierung und Kohlensäureproduktion unter Lärche, gleichzeitig aber auch eine etwas geringere Nitrifikation und ein höherer Säuregrad. Ein Teil der Werte ist unter Lärche also günstiger, der andere ungünstiger. Die Unterschiede sind geringfügig und liegen innerhalb der Fehlergrenzen. Doch schliessen sie es nicht aus, dass durch die Einbringung der Lärche vielleicht doch eine gewisse, wenn auch sehr geringe Verbesserung

des Humuszustandes eintritt. Man könnte an die Wirkung des verstärkten Wärmeeinfalls denken. Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich solche feineren Unterschiede allerdings nicht ableiten. Sie zeigen nur, dass die Streu der Lärche nicht viel anders zu beurteilen ist als die der Fichte. Ein ähnliches Ergebnis zeigte die zweite Gruppe, der Vergleich mit Kiefern-Fichten-Mischbeständen. Ihnen gegenüber ist eine Ueberlegenheit von Lärche-Fichte zwar vorhanden, aber sie ist nicht grösser als die der reinen Fichtenbestände.

Das Bild, das wir durch diese in ganz verschiedenen Gebieten durchgeführten Untersuchungen von der Lärche gewonnen haben, ist ganz einheitlich. Ich glaube auch, dass das Grundlagenmaterial für sichere Schlüsse ausreicht. Die Ergebnisse stützen sich immerhin auf 82 Versuchsreihen, den besonderen Fall, Lärche mit Süssgrasdecke, nicht einbegriffen. Dazu kommen noch etwa 20 weitere Versuchsreihen, in denen wegen Beimischung anderer Holzarten eine solche klare Isolierung des Einflusses der Lärche nicht möglich war, in denen man ihn aber immerhin ungefähr einschätzen kann.

Betrachten wir jetzt noch einmal die chemische Zusammensetzung der Lärchennadel (Seite ?)! Wir sehen, dass der anscheinend wichtigste Faktor, ihr Gehalt an Kalk, nicht günstiger ist als bei Fichte und Kiefer, ausgesprochen gering gegenüber dem der Laubhölzer. Auch der Stickstoffgehalt ist niedrig, der Anteil des ungünstigen Lignins sogar höher als bei Kiefer und Fichte. Die Lärche beweist also auch durch die chemische Beschaffenheit der Streu, dass sie eben doch ein Nadelholz ist.

Fassen wir zusammen: Der Einfluss der Lärche auf den biologischen Zustand des Bodens ist wie der jeder ausgeprägten Lichtholzart sehr verschieden. Ihre Streu ist schwer zersetzlich. Sie dürfte nicht wesentlich günstiger sein als die der Fichte, wenn auch erheblich besser als die der Kiefer. Ein Unterschied zwischen europäischer und japanischer Lärche ist nicht zu erkennen. Andererseits übt sie als Lichtholzart einen günstigen Einfluss auf Licht-, Wärme- und Feuchtigkeitszufuhr aus. Diese Wirkung ist gegenüber derjenigen der Streu allerdings gering, solange sich nicht als Folge dieses Einflusses eine starke Bodenflora einfindet, die anscheinend einen selbständigen Einfluss auf den Bodenzustand ausübt. Die ungünstigen Eigenschaften der Streu treten besonders scharf hervor, wo die Lärche dem Laubholz beigemischt ist und unter dem Einfluss ihrer Föna der biologische Zustand des Bodens je nach dem Grade der Beimischung mehr oder minder stark verschlechtert wird. Wir müssen umdenken lernen. *Wir dürfen nicht mehr die Lärche der Buche in dem Gedanken beimischen, dadurch den angeblich schlechten biologischen Zustand unter dieser Holzart zu verbessern, wir müssen vielmehr umgekehrt überall dort, wo mit dem Auf-*

treten einer günstigen Flora nicht zu rechnen ist, die Buche oder gar ein noch besseres Laubholz der Lärche beinmischen, um unter dieser biologisch weniger günstigen Holzart einen erträglichen Zustand zu schaffen.

Ich bedauere es ausserordentlich, dass die Ergebnisse der Untersuchungen so wenig dem entsprechen, was man erhofft hatte. Denn ich selbst bin ein grosser Freund der Lärche, vor allem weil ich in der Ueberzeugung bin, dass sich die Erträge unserer Waldwirtschaft durch ihren vermehrten Anbau ganz erheblich steigern lassen. Und ich baue sie auch in meinem Revier in einem solchen Umfange an, wie die Rücksicht auf die Beschaffung von Saatgut geeigneter Herkunft das ermöglicht. Warum sollte man das auch nicht tun? Doch höchstens aus der Enttäuschung heraus, dass die Lärche nicht die übertriebenen Erwartungen erfüllt, die man hinsichtlich der bodenbiologischen Wirkungen auf sie gesetzt hat. Wir bauen ja schliesslich auch andere Nadelhölzer an, die in dieser Hinsicht nicht einmal sämtlich so günstig wie die Lärche zu beurteilen sind und in ihren Ertragsleistungen zudem noch hinter ihr zurückbleiben. Die Lärche ist eben ein Nadelholz und hat als solches neben allen ihren sonstigen hervorragenden waldbaulichen Eigenschaften auch eine Schwäche. Das ist ihre ungünstige Streu. Nur wenn wir diesen schwachen Punkt, ohne ihn zu beschönigen oder gar in das Gegenteil zu verkehren, anerkennen, werden wir den richtigen Weg für eine biologisch gesunde Lärchenwirtschaft finden. Das ist für alle nicht sehr tätigen Standorte *die zur Erhaltung der Bodengesundheit unbedingt erwünschte Beimischung von Laubholz zu dieser in bodenbiologischer Hinsicht nicht ganz ungefährlichen Holzart.*

Wir haben gesehen, dass unter den Lichtholzarten überall dort, wo eine starke Bodenvegetation vorhanden ist, der biologische Zustand des Bodens je nach dem Charakter dieser Flora in weiten Grenzen schwankt. *Derartige Bestände sind vom biologischen — natürlich nicht vom forsttechnischen — Standpunkt in gewisser Hinsicht wie Mischbestände zu werten, wobei der Charakter der Flora für die Beurteilung der Mischung von entscheidender Bedeutung ist.* Es scheint, dass die Bodenflora nicht nur als Indikator zu werten ist, sondern auch einen stark aktiven Einfluss auszuüben vermag. Wir haben gesehen, dass beispielweise eine Himbeer- oder Süssgrasdecke auch unter Kiefer und Lärche relativ günstige Verhältnisse schaffen kann und umgekehrt die Heidelbeere selbst unter Eiche mit ihrer ausgezeichneten Förna einen ungünstigen Zustand. Ich vermute, dass die Wirkungen der lebenden Bodendecke u.a. sehr wesentlich in der Beeinflussung des Humus durch die Streu der Bodenvegetation begründet ist. Quantitative Untersuchungen ergaben, dass die durch Gräser und Kräuter jährlich gelieferten Streumengen

überraschend gross sind. Selbst unter Kiefer mit einem Vollbestandsfaktor von 0,7 entsprach allein die oberirdische Streumasse — von den absterbenden Wurzelteilen ganz abgesehen — dem Trockengewicht nach fast dem, was ein geschlossener Buchenbestand an Streu produziert. Auf der Freifläche erreichte sie teilweise die doppelte Menge. *Unter dem Einfluss der Bodenflora steigt hier also die jährlich der Zersetzung unterliegende Streumenge erheblich über die Menge hinaus, die ein geschlossener Bestand ohne Flora produziert.* Diese im ersten Augenblick überraschende Tatsache findet ihre natürliche physiologische Erklärung in dem Umstand, dass die Holzgewächse nur einen Teil der jährlich produzierten organischen Substanz als Streu dem Boden zuführen, den anderen Teil aber im Holzkörper festlegen, während bei einer jährlich absterbenden Grasflora die gesamte oberirdisch produzierte Substanz gleichzeitig auch Streu darstellt. Wenn in einem reinen Kiefernbestand die leicht zersetzliche Streu der Süssgrasdecke quantitativ die der Kiefer überwiegt, so versteht man, dass hier der biologische Zustand noch besser ist als unter einem Kiefern-Buchen-Mischbestand, wo mit dem Vorherrschen der Kiefer auch gleichzeitig die ungünstige Streu der Kiefer gegenüber der der Buche überwiegt. *Eine Süssgrasdecke ist eine natürliche, durchaus nicht krankhafte Pflanzenformation, unter der sich der Boden genau so gesund zu erhalten vermag, unter der sich die biologischen Prozesse ebenso ungestört abspielen wie im ideal zusammengesetzten Mischwald.* Dass es von forsttechnischen Standpunkt aus nicht erstrebenswert ist, statt Laubholz Gras zu produzieren, ist selbstverständlich. Denn nicht identisch mit einem guten biologischen Zustand dieser Art sind gute Ernährungsbedingungen. Letztere sind auch unter einer Süssgrasdecke ausgesprochen ungünstig. Man muss unterscheiden zwischen einem „Vorratsabbau“ und „auf schnellen Umlauf basierenden Umsetzungen“. Vorratsabbau finden wir z. B. in einem Auflagehumus ohne nennenswerte Bodenflora. Wesentlich hierbei ist, dass die mineralisierten Nährstoffe den Waldbäumen zur Verfügung stehen. Den zweiten Fall finden wir unter einer Grasdecke. Die durch den Abbau der Grassubstanz mineralisierten Nährstoffe werden hier statt von den Waldbäumen zum grossen Teil wieder von den Gräsern aufgenommen, in lebende Substanz umgewandelt und, da alljährlich der gesamte oberirdische Teil der Gräser sowie ein Teil der Wurzeln abstirbt und sich zersetzt, erneut in diesen Kreislauf hineingezogen. Wir haben hier einen dauernden mit starkem Wasserverbrauch verbundenen Nährstoffumlauf, der zwar beste biologische Verhältnisse voraussetzt, aber den Forstgewächsen, vor allem jungen Kulturen, die ungünstigsten Ernährungsbedingungen bietet. Dieser Zustand ist also forsttechnisch unerwünscht. Andererseits wäre es

durchaus falsch, Bestände mit einer starken Süßgrasdecke, wenn sie nun einmal vorhanden sind, im vermeintlichen Interesse des Bodens abzutreiben, solange sie eine ausreichende Wertmehrung aufweisen.

Auf welche besonderen Eigenschaften ist die günstige Wirkung einer Süßgras- oder ähnlichen Flora auf dem biologischen Zustand des Bodens zurückzuführen? Sicher wissen wir nur, dass die abgestorbenen Gräser und Kräuter sich in auffallend kurzer Zeit zersetzen. Der schwedische Forscher Hesselman hat Reaktionszahl und Puffervermögen der Streu einiger wichtiger Bodenpflanzen untersucht. Zur Erläuterung darf ich hinzufügen, dass man unter Puffervermögen einer Streu den Widerstand versteht, den sie einer Reaktionsänderung entgegensetzt. Wenn bei Zufuhr von Säuren sich die Reaktionszahlen nur wenig verändern, so spricht man von einem hohen Gehalt an basischen Pufferstoffen, eine in biologischer Hinsicht sehr wertvolle Eigenschaft. Umgekehrt, wenn trotz Zufuhr von Basen sich der Säuregrad nur wenig verringert, spricht man von einem hohen Gehalt an saueren Pufferstoffen, eine biologisch natürlich unerwünschte Eigenschaft. Einen hohen Gehalt an saueren Pufferstoffen fand Hesselman beispielweise bei Heide und Preisselbeere, während die untersuchten Kräuter reich an basischen Pufferstoffen waren. Von Gräsern untersuchte er nur *Aira flexuosa*, die sowohl basische wie saure Pufferstoffe nur in ganz geringer Menge enthielt. Diese Untersuchungen habe ich vor allem bezüglich der Gräser ergänzt. Dabei ergab sich, dass sie im Durchschnitt ein sehr hohes basisches Puffervermögen aufweisen. Abnorm hohe Werte fand ich bei Brombeere und Himbeere. Eine Ausnahme unter den Gräsern machen *Molinia*, *Dactylis gl.*, *Weingaertneria* und vor allem *Aira flexuosa*, die übereinstimmend mit den Untersuchungen von Hesselman fast keinerlei Pufferwirkung aufweist. Die günstige Wirkung einer Süßgrasflora unter einem Nadelholzbestand ist vielleicht mit diesem hohen Puffergehalt ihrer Streu zu erklären. Dafür spricht u.a. auch die Tatsache, dass die Grasart, die das geringste Puffervermögen aufweist, *Aira flexuosa*, obwohl sie für den Abbau von Auflagehumus in anderer Art sehr wichtig ist, eine nennenswerte Verbesserung des Reaktionszustandes der Streu nicht herbeizuführen vermag. Trotz dieses hohen Puffervermögens ist der Gehalt der Gräser an Kalk sehr gering. Er beträgt im Durchschnitt nur $\frac{1}{4}$ desjenigen der Kiefern- und Fichtennadeln und etwa $\frac{1}{8}$ desjenigen des Eichen- und Buchenblattes. Wir müssen uns also klar darüber sein, dass *eine Süßgrasdecke trotz ihres hohen Puffervermögens und ihres günstigen Einflusses auf den biologischen Zustand des Bodens in einer Hinsicht das Laubholz, vor allem die Buche, nicht zu ersetzen vermag, nämlich hinsichtlich der Aufgabe,*

den Kalk der tieferen Schichten an die Oberfläche zu schaffen.

Auf anderen Standorten finden sich unter den Lichthölzern Florentypen, die einen ungünstigen Einfluss auf den Bodenzustand ausüben. Zu nennen sind hier in erster Linie Heide und Heidelbeere. Die Rolle der letzteren ist noch immer nicht restlos geklärt. Sie dürfte, wie wir gesehen haben, nicht nur als Indikator zu werten sein, sondern auch einen aktiven Einfluss auf den Bodenzustand ausüben. Ihre ungünstige Wirkung in Laubholzbeständen trat bei den Untersuchungen deutlich hervor. Im Kiefernbestand dagegen war eine klare Wirkung bisher nicht zu erkennen. Es ist ja auch verständlich, dass ein solcher die verschiedensten Einzelflüsse auslösender Faktorenkomplex, wie ihn das Vorhandensein einer Heidelbeerdecke darstellt, je nach den Verhältnissen eine durchaus wechselnde Wirkung auszuüben vermag. Es handelt sich hierbei ja nicht nur um die Natur der Heidelbeerföna, sondern auch um andere Faktoren, Beeinflussung der Bodentemperatur, Feuchtigkeit usw. Die Wirkung der Heidelbeere ist in dieser Richtung ungünstig. Andererseits ist ihre Streu sehr pufferreich, wenn sie auch quantitativ nicht die Rolle spielt wie die Föna der Gräser. Schwer einzuschätzen ist der Einfluss der sonstigen Abfallstoffe, der absterbenden Stengel und Wurzeln, die quantitativ nicht unbeträchtlich sind, ausserdem aber die Lagerung des Humus beeinflussen. Die Untersuchungen hierüber sind nicht genügend fortgeschritten, um ein abschliessendes Urteil abgeben zu können. Jedenfalls scheint die Wirkung der Heidelbeere nach den bisherigen Ergebnissen je nach den örtlichen Verhältnissen verschieden zu sein. Man könnte z. B. daran denken, dass von Haus aus ungünstiger Kiefernhumus durch die pufferreiche Blattstreu der Heidelbeere eine gewisse Verbesserung erführe, während derselbe Einfluss in einem Laubholzbestand mit an sich guter Streu natürlich bedeutungslos ist und so nur die ungünstigen Wirkungen der Heidelbeere übrig bleiben.

Der günstige Einfluss einer geeigneten Holzartenmischung trat überall scharf hervor. Doch ist auch in dieser Hinsicht ein schematisches Vorgehen unmöglich. Denn die Wirkung einer Mischung resultiert aus sehr verschiedenen Einflüssen, die je nach den Bestandes- und Standortsverhältnissen sich in ganz verschiedener Richtung auswirken können, und die deshalb in jedem Falle gesondert zu beurteilen unbedingt notwendig ist. Die Wirkung kann zunächst einmal in der günstigen Beeinflussung des Bestandesklimas bestehen, womit die Frage der Bodenvegetation aufs engste zusammenhängt. So besteht auf vielen Standorten die hauptsächlichste Wirkung einer Einmischung von Schatthölzern zu Lichtholzarten in der Unterdrückung einer biologisch ungünstigen Pflanzendecke. Eine andere Wirkung der Holzartenmischung beruht in der Verbesserung des Gesamtcharakters der Streu durch

Hinzutreten einer günstigen Förma zu einer weniger günstigen. Betrachten wir z. B. die Mischung Eiche-Buche! Gehen wir vom Buchenbestand aus, so lässt sich sagen, dass durch die Beimischung des leichter zersetzlichen Eichenlaubes die Eigenschaften der Bestandesstreu als Ganzes verbessert werden. Gehen wir umgekehrt vom reinen Eichenbestand aus, so wird durch die Einmischung der Buche der Charakter der Streu zwar etwas verschlechtert. Doch tritt diese Wirkung zurück gegenüber dem Vorteil, dass durch die Beimischung der Buche auf vielen Standorten das Auftreten ungünstiger Pflanzendecken verhindert wird. Auf kräftigen Böden mit günstigen Florentypen würde allerdings rein vom biologischen Standpunkt aus in diesem Falle eine günstige Wirkung durch die Beimischung der Buche nicht eintreten. Aus forsttechnischen Gründen aber ist diese Beimischung erwünscht. Man denke an die Steigerung der Massenleistungen durch die Einmischung der Buche, die Wasserreiserbildung des reinen Eichenbestandes usw.!

Den biologisch gleichmässigsten Bodenzustand fanden wir dort, wo durch die Einmischung einer Schattholzart eine lebende Bodendecke ausgeschaltet wird. Und darin liegt ein besonderer Vorzug der Schatthölzer mit günstiger Förma, vor allem der Buche und der noch günstigeren Hainbuche, gegenüber den entsprechenden Lichtholzarten. Erst wenn durch eine gewisse Einmischung von Schattholzarten diese Sicherheit gegeben ist, kommt die Wirkung von Lichtlaubhölzern mit noch günstigerer Förma in allen Fällen zur Geltung. Mischen wir beispielsweise der Kiefer Eiche und Birke bei, so wird sich auf vielen Standorten eine unerwünschte Pflanzendecke einfinden, die die günstige Wirkung der Beimischung der guten Eichen- und Birkenstreu zum Teil wieder paralyisiert. Wird aber gleichzeitig soviel Buche beigemischt, dass diese Vegetation nicht aufkommen kann, so kommt die Einmischung dieser günstigen Holzarten zur vollen Wirkung. Der Zustand ist hier besser als unter einem einfachen Kiefern-Buchen-Mischbestand.

Wichtig ist weiterhin die Frage, ob es aus biologischen Gründen erwünscht ist, grundsätzlich möglichst viel verschiedene Holzarten miteinander zu mischen. Konkret ausgedrückt würde die Fragestellung lauten: Weist ein Bestand, des aus zwei biologisch ungefähr gleichwertigen Lichtholzarten und zwei in sich ebenfalls gleichwertigen Schatthölzern, also im ganzen aus vier verschiedenen Holzarten, besteht, einen günstigeren Bodenzustand auf als ein Bestand aus nur je einer Licht- und Schattholzart? Bisher hat man diese Frage bejaht und es als notwendig bezeichnet, auf den trockentorfgefährdeten Standorten Nordwestdeutschlands möglichst viel, mindestens aber vier verschiedene Holzarten miteinander zu mischen. Die Berechtigung dieser Forderung lässt sich aus

den von mit darüber angestellten Untersuchungsreihen nicht ableiten. Andererseits reichen sie nicht aus, um etwa die Schlussfolgerung darauf aufzubauen, dass die alte Lehre völlig falsch ist. Sie zeigen aber deutlich, dass die dadurch bewirkten Unterschiede im biologischen Bodenzustand zum mindesten nicht gross sein können. Andere Momente, vor allem das Mischungsverhältnis zwischen günstigen und ungünstigen Holzarten, sowie die Bodenflora spielen demgegenüber eine so überragende Rolle, dass dadurch der Einfluss einer Vielzahl von Holzarten, falls er überhaupt vorhanden ist, überdeckt wird. Eine günstige Regelung des Bestandesklimas dürfte sich durch eine Mischung von zweigeeigneten, sich in ihren Wirkungen gut ergänzenden Holzarten, etwa der Eiche und der Buche, genau so gut erreichen lassen, wie wenn statt dessen fünf verschiedene Holzarten miteinander gemischt wären. Ist aber das der Fall, dann könnte die günstige Wirkung einer Vielzahl von Holzarten nur auf dem Einfluss der Streu beruhen. Ob aber ein Streugemisch von annähernd gleichwertigen Holzarten, etwa von Eiche und Hainbuche, sich leichter zersetzt, als die Streu nur einer der beiden Holzarten, ist zum mindesten zweifelhaft. Aus den Versuchsreihen ist das jedenfalls nicht abzuleiten. Hiermit nicht verwechselt werden darf der Fall, den wir vorher als Beispiel wählten, die Mischung von Kiefer, Buche und Eiche, die stets günstiger zu beurteilen ist als die Mischung nur von Kiefer und Buche, auf Standorten mit schädlicher Pflanzendecke auch günstiger als die Mischung Kiefer-Eiche. Hier war die Buche notwendig, um eine schädliche Pflanzendecke fernzuhalten. Sobald durch ihre Einmischung diese Sicherheit gegeben ist, können wir durch weitere Beimischung der Eiche als dritter Holzart dank ihrer noch günstigeren Förna den biologischen Zustand des Bodens weiter verbessern. Das ist aber ein Fall, der mit dem hier erörterten nichts zu tun hat. Dagegen ist es — um den Unterschied noch einmal deutlich hervorzuheben — sehr zweifelhaft, ob sich hier die Einmischung von Eiche und Birke in den Kiefern-Buchen-Mischbestand günstiger auswirken würde als die mengenmässig gleiche Einmischung nur einer dieser beiden Holzarten.

Ich bin am Ende meines Vortrages angelangt. Er hat sich, das möchte ich ausdrücklich betonen, ausschliesslich mit dem Einfluss der Holzarten in mikrobiologischer Hinsicht beschäftigt. Für ihren Anbau sind neben diesen aber sehr wesentlich auch andere Gesichtspunkte massgebend. Es ist infolgedessen nicht meine Absicht, im Anschluss an diese Ausführungen bestimmte waldbauliche Richtlinien aufzustellen, ganz abgesehen davon, dass ich bei meiner geringen Kenntnis der waldbaulichen Verhältnisse in den Niederlanden wohl kaum dazu berufen wäre. Für praktische Zwecke kann

es sich lediglich darum handeln, die Erkenntnisse, die speziell über die Wirkung der verschiedenen Holzarten auf den mikrobiologischen Zustand des Bodens gewonnen sind, als mit zu berücksichtigen. Es wäre gesamtwirtschaftlich durchaus unzweckmässig, etwa auf den Anbau der Lärche, die so ausserordentliche Wuchsleistungen aufweist, zu verzichten, nur weil ihr Einfluss auf den Bodenzustand nicht die Erwartungen erfüllt, die man darauf gesetzt hat. Man kann aber die in dieser Richtung gewonnenen Einblicke sehr wohl auch zum gesamtwirtschaftlichen Nutzen verwenden, indem man in richtiger Erkenntnis der Zusammenhänge die Lärchenwirtschaft so aufbaut, dass der ungünstige Einfluss auf den Boden möglichst abgemildert wird.

Gebliene dürfte der Eindruck von der ungeheuren Bedeutung des Standortes und von der ausserordentlichen Vielseitigkeit der Erscheinungen, die es bedingen, dass dieselbe Massnahme unter verschiedenen Verhältnissen sich häufig ganz verschieden auswirkt. Daraus ergibt sich zwangsläufig die *Forderung, sich auch bei der Wahl der Holzarten frei zu machen von bestimmten waldbaulichen Rezepten, die der Vielgestaltigkeit der Verhältnisse niemals gerecht werden können. Man soll stattdessen versuchen, auf Grund klarer Kenntnis der örtlichen naturgesetzlichen Bedingungen in jedem Fall die Einzelwirkungen gesondert einzuschätzen, um auf dieser Grundlage zur örtlich zweckmässigsten Bestandesform zu gelangen.*
