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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 80 (1929)

Heft: 9

Artikel: Neue pedologische Untersuchungen und ihre Anwendbarkeit auf forstliche Probleme [Schluss]

Autor: Hess, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767834

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: 10.07.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Organ des Schweizerischen Forstvereins

80. Jahrgang September 1929 Nummer 9

Neue pedologische Untersuchungen und ihre Anwendbarkeit auf forstliche Probleme.

Von Dr. E. Heß, eidgen. Forstinspektor, Bern.

(Schluß.)

6. Der Einfluß der Waldbehandlung auf den Boden.

Es bestehen, wie wir gesehen haben, enge Zusammenhänge zwischen Klima, Pflanzengesellschaften und Bodeneigenschaften. Je nach Zusammensetzung und Schlußgrad eines Bestandes werden die klimatischen Einflüsse auf den Boden verstärkt oder abgeschwächt. Der Wald ändert den Wärme- und Wasserhaushalt im Boden, Faktoren, welche auf die Zersetzung der toten Bodendecke von großem Einfluß sind. Die Veränderungen, die das Klima an den Böden verursacht, gehen außerordentlich langsam vor sich und es müßten Beobachtungen an denselben Objekten während mehreren Jahrhunderten ausgeführt werden, um darüber Anhaltspunkte zu erhalten. Tamm[1] hat für nordschwedische Böden nachgewiesen, daß zur Bildung einer Podsolschicht von 1—2 cm Mächtigkeit 100 Jahre nötig sind.

Nach Wiegner tritt erst im hohen Alter von 6000—7000 Jahren eine deutliche Podsolierung von 15 cm Mächtigkeit hervor. Menschliche Eingriffe in die natürlichen Pflanzengesellschaften können rasche Aenderungen in den obern Bodenschichten zur Folge haben, die sich dann auf die untern Schichten fühlbar machen.

Um einen Vergleich zwischen bewirtschafteten und ursprünglichen Waldböden zu haben, mag eine Betrachtung des Bodenzustandes im Urwald von Interesse sein.

Hesselman gibt Angaben über den Urwald von Kubany in Böhmen und über die schwedischen Urwälder. Der Wald von Kubany zeigt, wo Buchen beigemischt sind, eine dünne, nur einige cm dicke Streuedecke, die dem Boden lose auflagert. Unter dieser Decke findet sich eine Mullschicht (Humus mit Mineralerde vermischt) in Krümelstruktur von 5—6 cm Mächtigkeit, die allmählich in Braunerde übergeht. Die geringe Mächtigkeit der Mullschicht zeugt dafür, daß Gleichgewicht herrscht zwi-

[1] Tamm: Bodenstudien in der nordschwedischen Nadelwaldregion. (Meddelanden statens Skogsförsöksanstalt, Stockholm, 1920.)

schen der Produktion von Pflanzenabfällen und dem Abbau derselben. Ein etwas anderes Bild zeigt die Fläche, auf welcher die Buche im Bestande fehlt. Dort ist die Mullschicht durch Rohhumus ersetzt. Im Urwald von Kubany ist somit der gute Abbau des Humus an das Vorhandensein der Buche geknüpft. In großem Gegensatz zu den mitteleuropäischen Urwäldern, mit gutem Bodenzustand, stehen die nordschwedischen Urwälder. Im Norden ist sowohl das Klima, wie auch die Vegetation, bestehend aus Nadelhölzern (Fichte, Föhre) mit Zwergsträuchern und Moosen auf die Bildung von Rohhumus und Podsolböden eingestellt. In der Urwaldreservation von Hamra fand Hesselman Rohhumusschichten bis zu 40 cm Mächtigkeit. Aehnlich, aber weniger extrem, stehen die Verhältnisse bei uns im Gebirge, wo an der obern Waldgrenze, besonders auf Urgestein, der Rohhumus den normalen Bodentyp darstellt.

Cermak,[1] der die Urwälder von Bosnien und der Herzegowina untersucht hat, fand fast immer Laubhölzer eingesprengt. Nach seinen Ausführungen besitzt der Urwaldboden infolge seines Reichtums an mildem Humus eine für die Waldvegetation ganz besonders günstige Beschaffenheit.

Fröhlich[2] spricht sich über die Bodenverhältnisse der Urwälder von Jugoslawien, Bulgarien und Rumänien wie folgt aus:

„Tatsache ist, daß der Boden im Urwalde im Laufe vieler Jahrhunderte weder unter den gemischten, noch unter den reinen Beständen eine merkbare Verschlechterung erfahren hat. Eine Verschlimmerung der Boden- resp. Humus-Verhältnisse hat nur der Mensch mit seinen naturwidrigen Eingriffen in das Bestandesleben herbeigeführt."

Während daher im Norden der Podsol und der Rohhumus die natürlichen, durch das Klima bedingten Bodentypen sind, stellen sie in Mitteleuropa und also auch bei uns, mit Ausnahme der Gebiete an der obern Waldgrenze, krankhafte, durch den Menschen verursachte Zustände dar.

Die frühern natürlichen Mischbestände von mehreren Holzarten wurden künstlich in reine Fichtenbestände übergeführt, die nach der während Jahrzehnten gültigen Lehre, von dem unbedingt notwendigen dichten Kronenschluß, bewirtschaftet wurden. Nach den oben dargestellten Wechselwirkungen zwischen Bestand und Boden ist es daher absolut begreiflich, daß durch die sauer wirkende Fichtenstreue schließlich auch die besten Böden in schlechten Zustand geraten und die Naturverjüngung auf große Schwierigkeiten stößt. Als weiterer ungünstiger Einfluß tritt noch der Umstand hinzu, daß fremdrassige Holzarten außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes zur Verwendung kamen.

---

[1] Cermak: Einiges über den Urwald von waldbaulichen Gesichtspunkten. (Zentralblatt für das gesamte Forstwesen, 1910.)

[2] Fröhlich: Aus dem südeuropäischen Urwalde. (Forstwissenschaftliches Zentralblatt, 1925.)

Entweder zeigen solche Böden einen Rohhumusfilz, bewachsen mit Heidelbeeren, Heidekraut und Moosen, der in extremen Fällen in Trockentorf übergehen kann; oder es bildet sich nur eine wenige Zentimeter dicke, aber sehr dichte Schicht zusammengepappter Nadeln, welche den Mineralboden gegen die Atmosphäre abdichtet. Welche Säuregrade solche Böden annehmen können zeigt Gehring.[1] Er hat nachgewiesen, daß, sobald in zweiter Generation Fichte auf Fichte folgt, der Humus in Trockenheit übergeht. Es zeigen sich dann Bildungen, die normalerweise nur im Hochgebirge und im hohen Norden auftreten. Seine Aziditätsbestimmungen gaben folgendes Resultat:

Geologische Unterlage	Humusschicht Dicke	pH
1. Fichtenstangenholz I. Generation auf Kalk und Mergel	2 cm	5,95
2. auf Mergel	2 cm	4,11
3. auf Juraton	2 cm	4,06
4. auf Flammenmergel	2 cm	3,93
5. 43 jährige Fichte II. Generation, auf Sandstein	3 cm	2,81
6. " " " " "	8 cm	2,89

Böden in Fichtenbeständen zweiter Generation können also Reaktionszahlen aufweisen, wie sie bis jetzt kaum festgestellt wurden. Daß solche Verhältnisse naturwidrig sind, wird wohl jedermann zugeben, und man muß sich daher auch nicht verwundern, daß in solchen Beständen die Feinde immer zahlreicher und bösartiger auftreten und Insektenkatastrophen entstehen. Die Naturverjüngung ist unmöglich und sogar die künstliche Verjüngung stößt, trotz Anwendung von Pflug, Igel, Grubber und wie die Maschinen alle heißen, auf große Schwierigkeiten. Es dauert aber lange, bis man verschiedenen Orts merken will, daß nur der Anbau von Laubhölzern den Bodenzustand dauernd verbessern kann. Hesselman, Nemec und Burger[2] haben übereinstimmend nachgewiesen, daß der Humus gemischter Bestände weniger sauer ist, als derjenige reiner Nadelwälder. Einmischung von Laubhölzern in den Nadelholzbestand bewirkt gewöhnlich eine Erhöhung des Gehaltes an basischen Pufferstoffen und eine Veränderung des pH in alkalischer Richtung. Der Betrag ist abhängig von der Masse des Laubabfalles. In Bärenthoren z. B. hat die Einmischung von Eiche in reine Föhrenbestände die Reaktion des Humus von $pH = 3{,}6$ auf $pH = 4{,}7$ gebracht.

---

[1] Gehring: Untersuchung über Entstehung von Trockentorfablagerungen. (Forstwirtschaftliches Zentralblatt, 1928.)

[2] Burger: Natürliche Verjüngung und Bodenzustand. (Schweizer. Zeitschrift für Forstwesen, 1926.)

Burger[1] gibt Vergleiche von Beständen reiner Weymouthsföhren von Geimetshof und einem Bestand von Weymouth mit Buche von Erdmannlistein. Siehe Seite 24.

Die beiden Böden sind nicht direkt vergleichbar, weil ersterer aus stark durchlässigen Deckenschottern, letzterer dagegen aus Moräne hervor-

Ort	Alter	Vorrat pro ha m³	Holzarten		pH		
			in % des Vorrates	nach Stammzahl	im Humus	in 0-10 cm Tiefe	in 20-30 cm Tiefe
Geimetshof .	58	556	Wey. 100	Wey. 100	3,69	4,35	4,67
Erdmannlistein	65	624	Wey. 66, Fi., Fö. 23, Bu. 11	Wey. 23, Fi., Fö. 25, Bu. 52	4,93	4,84	4,94

gegangen ist. Die Zahlen zeigen aber, daß der Humus des reinen Weymouthbestandes bedeutend saurer ist, als der darunterliegende Mineralboden, während er beim Mischbestand eine ähnliche, eher etwas höhere Reaktionszahl aufweist als der entsprechende Boden in 10 cm Tiefe.

Im Letzholz der Gemeinde Chur (620 m über Meer) ist durch Buchenunterpflanzung in reine Föhrenbestände die Reaktionszahl der obersten Bodenschichten merklich verändert worden. Der Föhrenbestand ist 100—120 Jahre alt, die unterpflanzten Buchen 30—40. Im reinen Föhrenbestand besteht die Humusschicht aus verfilzten Nadeln und Moosen. Die mit Buchen unterpflanzte Fläche dagegen zeigt eine kaum 1 cm dicke, lose Schicht von trockenen Blättern und Nadeln und krümeligen, mit Mineralerde vermischten Humus. Die Bodenprofile sind die folgenden:

a) Föhrenbestand nicht unterpflanzt:

		pH	$CaCO_3$
	5 cm verfilzte Schicht von Gras, Moos und Nadeln	—	—
A_1	5 cm schlecht zersetzter Humus	5,5	0
B	zirka 50 cm Mineralboden, krümelig	6,0	0
C	Schotter der Skalärarüfe	7,5	22,5

b) Föhrenbestand mit Buche unterpflanzt:

		pH	$CaCO_3$
	1 cm lose Blätter und Nadeln	—	—
A_1	5 cm gut zersetzter, krümeliger Humus	6,3	0
B	zirka 50 cm Mineralboden, krümelig	6,9	0
C	Schotter der Skalärarüfe	7,5	22,5

[1] In Badoux: Le pin weymouth en Suisse (Annales de la station fédérale de recherches forestières, 1929.)

Wir haben es mit einem relativ jungen Alluvionboden zu tun, der unter dem Einfluß des reinen Föhrenbestandes rasch degeneriert.

Aehnliche Beispiele ließen sich noch viele anführen.

Eine große Rolle spielt auch der Bestandesschluß. Sehr dichte Bestände, mit großem Holzvorrat, schaffen humides Lokalklima und Neigung zu Rohhumusbildung. Ein Beispiel hierfür sind die Abteilungen 25 und 26 des Gemeindewaldes Les Arses von Rougemont, bei 1300 m Meereshöhe, in den Waadtländer Alpen. Die erstere hat einen Holzvorrat von 368 m³, wovon 60 % Fichte und 40 % Weißtanne, die Abteilung 26 dagegen hat 455 m³ Vorrat, wovon 70 % Fichte und 30 % Weißtanne. Beide liegen nebeneinander auf der gleichen geologischen Unterlage und derselben Meereshöhe. Die Gemeinde hatte die Abteilung 26 als Holzreserve betrachtet und darin nur wenige Schläge ausgeführt. In dieser Abteilung wurde nun nicht nur ein geringerer Zuwachs als in Abteilung 25 festgestellt, sondern es zeigte sich ebenfalls ein großer Unterschied in der Bestandesverfassung und den Bodenverhältnissen. Während Abteilung 25 Plentercharakter zeigt und der Boden aus schwarzem Mull, der sich mit dem Mineralboden verbindet, besteht, wird der Bestand von Abteilung 26 gleichförmig und die Verjüngungsfähigkeit nimmt ab. Der Boden ist mit einer filzigen Rohhumusdecke besetzt, die nicht in den Mineralboden übergeht, sondern sich wie ein Teppich von diesem loslösen läßt. Die Humusschicht der Abteilung 25 hat eine Wasserstoffionenkonzentration von pH = $6,_8$—$7,_1$, ist also neutral, der Rohhumus der Abteilung 25 dagegen hat eine Eigenreaktion von pH = $4,_1$—$4,_3$, der Mineralboden zeigt pH = $6,_6$—$6,_7$. Diese große Differenz im Humus ist erstaunlich, besonders da diese Böden in geringer Tiefe (50 cm) bis 98 % Kalkkarbonat aufweisen (siehe Profil Seite 249). Durch Mangel an Wärme und Licht wird die normale Zersetzung der organischen Stoffe in Abteilung 26 gestört, sie sammeln sich an und verhindern die Durchlüftung des Bodens. Diese schlimmen Folgen werden auf den mineralischen Boden einwirken und eine vermehrte Auslaugung verursachen.[1]

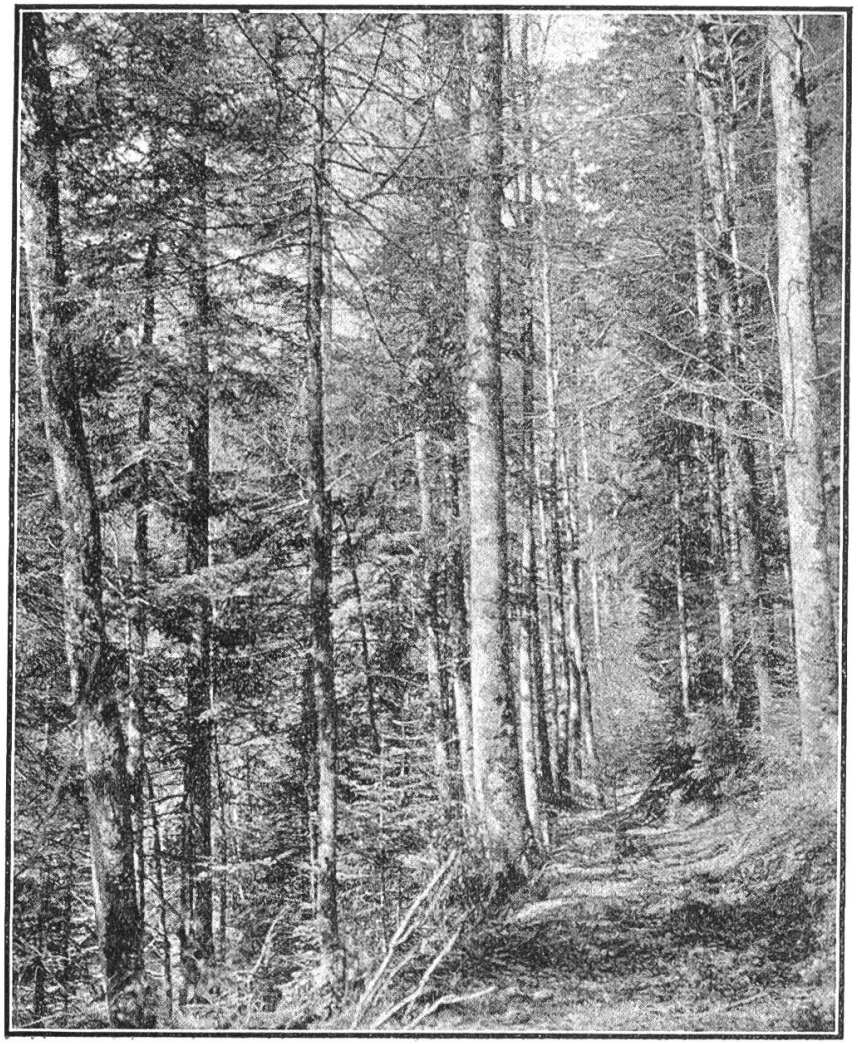
Aehnliche Verhältnisse schildert Burger,[2] indem er am St. Moritzersee unter dicht geschlossenen Beständen von Fichte und Arve typische Podsolierung, im lichten Lärchenwald dagegen Braunerde fand.

Auch durch die Plenterverfassung, die wir als ideale Waldform anstreben, ist ein guter Bodenzustand nicht ohne weiteres gesichert, wie so oft angenommen wird. Es kann im Gegenteil durch starke Beschirmung im Nadelholzplenterwald die Auswaschung stark gefördert werden. Es

---

[1] Siehe Heß: Le sol et la forêt. (Annales de la station fédérale de recherches forestières, XVe vol., fasc. 1, 1929.)

[2] Burger: Podsolböden im Schweizerwald. (Schweizer. Zeitschrift für Forstwesen, 1926.)



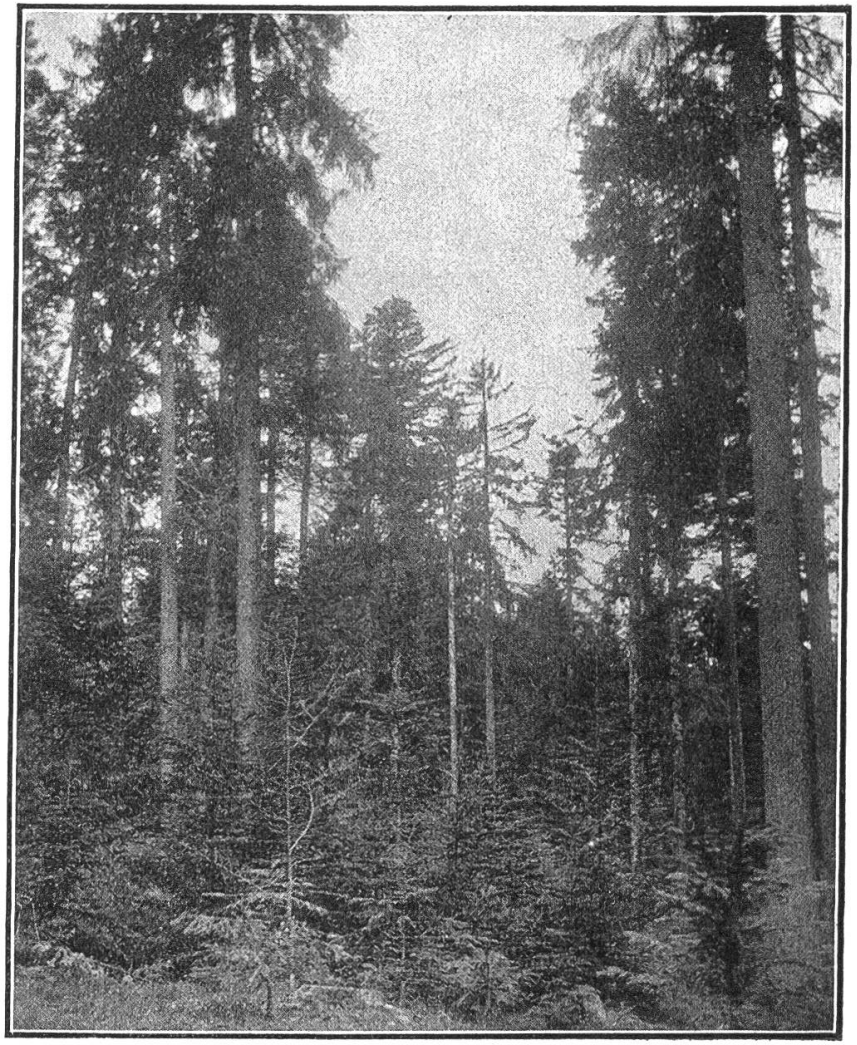


Fig. 5. Gemischter und reiner Plenterwald von Hundschüpfen, Signau

Phot. E. Heß, Bern

Staatswald Hundschüpfen bei Signau (Bern).

Meereshöhe 950—1050 m. Neigung 30—70 %. Niederschläge 1300 mm.

Sandsteine und Mergel der marinen Molasse und bunte Nagelfluh der miocänen Molasse. Frische, bindige Lehmböden.

Abb. 2. Gemischter Plenterwald.

Vorrat pro ha: 580 m³, wovon 70 % Weißtanne, 10 % Fichte, 20 % Buche.

	pH	$CaCO_3$ %
2-3 cm Blätter mit Nadeln; einjährige trockene und lockere Streue	—	—
A_1 = 5 cm Humus, mit Mineralerde vermischt, krümelig	5,6	0
A_2 = 5 cm leicht gebleichte Schicht, braun-grau, locker Wassergehalt = 24 % Gewichtsvolumen.	5,5	0
B = Zirka 100 cm, gelbe, lockere Mineralerde, mit Steinen vermischt	5,2	0
C = Nagelfluh und Molasse	—	—

Abb. 1. Reiner Nadelholzplenterwald.

Vorrat pro ha: 565 m³, wovon 70 % Weißtanne, 30 % Fichte.

	pH	$CaCO_3$ %
5-20 cm Rohhumus von Sauermoosen (Sphagnum), Astmoosen (Hypnum) und Heidelbeeren. Vom Mineralboden leicht ablösbar	—	—
A_1 = 3 cm schlecht zersetzter Humus	3,7	0
A_2 = 5 cm stark gebleichte Schicht, grau, hart. Wassergehalt = 40 %.	3,9	0
B = Zirka 100 cm gelbe, lockere Mineralerde, mit Steinen vermischt	4,6	0
C = Nagelfluh und Molasse	—	—

Fig. 6

bedarf daher eines gut gepufferten, wenig durchlässigen Bodens, um einen dichten Nadelholzplenterwald, mit hohem Vorrat, ohne Schaden zu ertragen. Die Ungleichaltrigkeit scheint auf die Erhaltung der Bodenkraft einen weit geringern Einfluß zu haben, als ein ideales Mischungsverhältnis von Laub- und Nadelhölzern. Im gemischten Laub- und Nadelwald, sei er gleichförmig oder in Plenterform, zeigen die Böden im allgemeinen gute Verfassung, was einesteils auf eine weniger dichte Beschirmung, indem durch den Laubabfall Licht und Wärme Zutritt haben, und andernteils auf den Einfluß der Streue auf die Humusbildung zurückzuführen ist. Wo Laubhölzer fehlen, muß durch gesteigerte Licht- und Wärmezufuhr die Zersetzung der Waldstreue gefördert werden. Es kann daher auf demselben Boden ein mit Laubholz gemischter Bestand einen größern Vorrat haben, ohne den Bodenzustand zu verschlechtern, als ein reiner Nadelholzwald. Ein Beispiel hierfür bilden die schon erwähnten Bestände von Geimetshof und Erdmannlistein. Der gemischte Bestand, mit einem Vorrat von 624 m³ bildet einen Humus, der die Eigenreaktion des Mineralbodens übersteigt, während der reine Weymouthbestand, mit geringerem Vorrat, einen sehr stark sauren Humus bildet. Weitere instruktive Vergleiche haben wir in den Plenterwaldungen von Oppligen und Hundschüpfen erhalten. (Siehe Figur 5 und Profile Figur 6.)

Die Abteilungen 1 und 2 der Hundschüpfen grenzen aneinander und haben die gleiche Bodenunterlage. In Abteilung 1 wurde die Buche systematisch als Waldunkraut herausgehauen, während sie sich in Abteilung 2 frei entwickeln konnte, so daß ein Mischbestand von idealer Zusammensetzung entstanden ist. Der Unterschied der Bodenprofile der beiden Bestandestypen ist ein gewaltiger. In Abteilung 1 ist ein Rohhumuspolster ausgebildet, während in Abteilung 2 nur eine einjährige, lockere Streue von Blättern und Nadeln vorhanden ist. Im einen Fall haben wir Anhäufung und schlechte Zersetzung der organischen Substanzen, im andern Fall regelmäßiger Abbau und Bildung der Krümelstruktur. Die Rohhumusbildung in Abteilung 1 hat seine schlimmen Folgen auf den Mineralboden ausgeübt, so daß er in weit höherem Grade ausgewaschen ist als derjenige des gemischten Bestandes. Die Aziditätsgrade der obern Bodenschichten des Nadelholzbestandes sind derart, daß Schädigungen der Bäume auftreten müssen. Da sich der Bestand bis heute noch gut natürlich verjüngt hat, wurde von seiten des Besitzers nicht eingegriffen. Auch im Wassergehalt zeigen die beiden Böden einen großen Unterschied. Die obern Mineralbodenschichten sind in Abteilung 1 wesentlich wasserhaltiger als in Abteilung 2. Es findet also eine Wassersammlung statt und Neigung zur Hochmoorbildung. Der Boden des reinen Nadelwaldes muß mit 40 % Volumgewichten Wassergehalt als naß und meliorationsbedürftig bezeichnet werden, wäh-

rend der gemischte Bestand mit 24 % einen frischen bis feuchten Boden bewahrt hat.[1]

Der gemischte Bestand zeigt trotz höherem Vorrat (580 m³ statt 565 m³) sehr gute Bodenverhältnisse.

Hasliwald der Korporation Oppligen (Bern).

Meereshöhe 570 m. Neigung 0—10 %. Niederschläge 910 mm. Bachschuttkegel der Rotachen. Das Material stammt aus Stauschottern der Zulg und bunter Nagelfluh der miocänen Molasse. Durchlässige, leicht auswaschbare Böden.

Abb. 1—5: Reiner Nadelholzplenterwald.

Vorrat pro ha: 575 m³, wovon 80 % Weißtanne, 20 % Fichte.

	pH	Ca CO_3 %
5 cm Rohhumusteppich von Astmoosen (Hypnum), Bürstenmoose (Polytrichum), Sauermoose (Sphagnum), wo genügend Licht: Heidelbeeren.		
A_1 = 5 cm schlecht zersetzter Humus, nur ungenügend mit Erde vermischt	3,9-4,3	0
A_2 = 4 cm deutlich erkennbare, ausgebleichte Schicht, grau-gelb . Wassergehalt 34 %.	4,0	0
B = Zirka 100-150 cm gelbbraune, lehmige Mineralerde mit wenig Steinen	4,6-4,7	0
C = Kiesbank	8,3	31,5

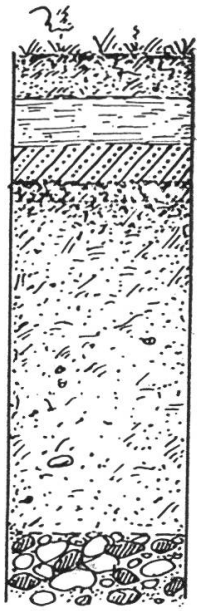


Fig. 7.[2]

Ein ähnliches Bodenprofil, wie Abbildung 1, zeigt auch der Hasliwald bei Oppligen, der weithin bekannte Nadelholzplenterwald,[3] in welchem die Buche vom Besitzer grundsätzlich nicht geduldet wird.

Da er auf durchlässigem, leicht auswaschbarem Boden stockt, kann das Profil nicht ohne weiteres mit den bindigen Lehmböden der Hundschüpfen verglichen werden. Es zeigt sich aber auch hier ein großer Unterschied in den Reaktionszahlen zwischen gemischten Beständen unterhalb der Kantonsstraße und dem reinen Nadelwald. Erstere besitzen eine dünne Blätterschicht oder Grasnarbe, während im Hasliwald ein

---

[1] Nach Schewiar: Bodenmeliorationen (Leipzig 1909), ist ein Boden mit einem Wassergehalt von 40 % naß, 30 % feucht, 20 % frisch, 10 % trocken, 1 % dürr.

[2] Die Analysen der Böden wurden von der agrikulturchemischen Anstalt Liebefeld-Bern ausgeführt. Dem Vorsteher, Herrn Dr. Truninger, möchte ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

[3] Siehe Wyß, Badoux und Burger, Knuchel in Zeitschrift für Forstwesen und Journal forestier suisse. (Jahrgang 1927.)

dichter Teppich von Rohhumus ausgebildet ist, der in der Folge zur Hochmoorbildung führen muß. Der Wassergehalt erreicht im Hasliwald 34 %, während gemischte Bestände in der Nähe nur 26 % und das Kulturland 29 % aufweisen.[1]

Diese ungünstige Beeinflussung des Bodens durch reine Nadelholzbestände, die je nach der Beschaffenheit und dem Alter der Verwitterungsprodukte, unter dem Einfluß von Klima und Lage, mehr oder weniger fühlbar wird, muß auch den größten Gegner der Mischbestände zum Nachdenken zwingen.

Nach Engler[2] hat der Urwald von Kubany einen Vorrat von 570—700 m³ pro ha, wovon ⅓ auf Buche und übrige Laubhölzer entfallen. Trotz diesem hohen Vorrat, der allerdings nicht ohne weiteres mit einem Wirtschaftswald verglichen werden kann, weil dessen Bäume durchschnittlich ein höheres Alter erreichen und daher die Starkhölzer in größerer Zahl vertreten sind, ist der Boden, wie schon oben bemerkt, in ausgezeichneter Verfassung.

Auch Fröhlich fand in den gemischten Urwäldern von Jugoslawien, Bulgarien und Rumänien einen durchschnittlichen Holzvorrat von 500—700 m³, ohne eine Bodendegeneration feststellen zu können.

Eine Bodenverschlechterung und Rohhumusbildung kann aber auch bei Uebernutzungen und unvorsichtigen Lichtungen eintreten.

Die schlimmen Folgen dieser Maßnahmen machen sich hauptsächlich im Gebirge an der obern Waldgrenze fühlbar. Unsere Gebirgswaldungen haben oft ein trauriges Aussehen; der Holzvorrat sinkt auf 100 m³ und weniger pro ha herab, und jedes Jahr tritt durch Windwurf und Absterben eine neue Verminderung auf, ohne daß der geringste Nachwuchs vorhanden ist. Die Sträucher, wie Vogelbeere, Alpenerle, Weiden, Geißblatt, Holunder, die ein Lieblingsfutter der Ziegen bilden, sind durch den Weidgang verschwunden, und zwischen den alten Bäumen herrscht große Leere. Die vom Sturm gefällten Bäume werden entfernt, so daß das Keimbett für die Samen fehlt. Denn im Urwald findet nach Fröhlich die Keimung in rauhen Hochlagen der schlecht bestockten Fichtenwälder fast ausschließlich auf den morschen Resten der seit Jahrzehnten am Boden liegenden Baumleichen statt, wobei die von den vermodernden Baumstämmen gelieferten Nährstoffe für viele Jahre genügen. Die jungen Fichten sind also in den ersten Jahren nicht auf den minerali-

---

[1] Zur Bestimmung des Wassergehaltes wurden die Bodenproben an Ort und Stelle in geschliffene, mit Paraffin gedichtete Gläser gebracht und dann bis zu konstantem Gewicht im Wärmeschrank getrocknet. Da alle Bodenproben, in Hundschüpfen und im Hasliwald, am gleichen Tag entnommen wurden, ist ein Vergleich der erhaltenen Zahlen möglich.

[2] Engler: Der Urwald bei Schattawa im Böhmerwald. (Schweizer. Zeitschrift für Forstwesen, 1904.)

schen Boden angewiesen, insofern Humus in Mullform, mit assimilierbaren Nährstoffen, vorhanden ist.

In unsern Alpenwäldern ist besonders auf Urgestein der Boden mit einer dicken Schicht Rohhumus bedeckt. Die Krümelstruktur ist verloren gegangen und der Boden verhärtet. (Siehe Podsolprofile Seite 249/50).

Bei solchen Verhältnissen geht der Wald immer mehr zurück, um schließlich der Zwergstrauchheide den Platz zu räumen. Diese Formation, die ihr natürliches Vorkommen über der Waldgrenze hat, greift dann tief in die Waldregion herab und besetzt früheres Waldgebiet. Solche Beispiele haben wir besonders im Gotthardmassiv, wo auf weite Strecken kein Wald mehr vorhanden ist. Der kalkarme Untergrund, die hohen Niederschläge und die dort herrschenden tiefen Temperaturen haben in erheblichem Maße an der Degradation des Bodens mitgewirkt. Gerade in solchen, der Auswaschung durch das Klima ausgesetzten Gebieten, erheischt die Waldpflege eine besondere Vorsicht und große Rücksichtnahme auf den Bodenzustand. Wiederbewaldungsversuche solcher verödeter Gebiete stoßen auf große Schwierigkeiten, indem Lawinen und Rutschungen kostspielige Verbauungen nötig machen. Als erstes zu erreichendes Ziel sollte auch da der Boden in eine bessere Verfassung gebracht werden durch Anbau von aus der betreffenden Gegend stammenden Laubhölzern, wie Weiden, Alpenerlen, Vogelbeeren usw. Erst wenn diese Holzarten Fuß gefaßt haben, kräftig gedeihen und sich die zum Waldboden gehörende Mikrolebewelt wieder eingestellt hat, kann mit der Einpflanzung der Waldbäume begonnen werden.

7. Humusdecke und natürliche Verjüngung.

Die Verjüngungsfähigkeit eines Waldes ist abhängig vom Klima, von den biologischen Eigenschaften der Holzarten und von den Bedingungen, die durch den Wald selbst geschaffen werden. Nicht nur die Größe des Samenertrages, sondern auch der Abfall und die Weiterentwicklung spielen eine Rolle. Die hauptsächlichsten Bedingungen zum Keimen des Samens: Wärme, Feuchtigkeit und Licht, sind bei uns fast überall vorhanden, und doch treffen wir öfters Bestände, deren natürliche Verjüngung auf große Schwierigkeiten stößt. Im allgemeinen handelt es sich um reine, gleichaltrige Fichtenbestände in höhern Lagen, wie wir sie schon im vorigen Kapitel geschildert haben. Früher stellte man das Licht an erste Stelle der wirksamen Faktoren, im weitern wurde Mangel an Feuchtigkeit und die Schneedecke für das Fehlen der natürlichen Verjüngung verantwortlich gemacht. Die Schwierigkeit der Naturverjüngung ist aber auf die Summe vieler Einwirkungen zurückzuführen, wobei die Beschaffenheit des Bodens, respektive der Humusdecke die größte Rolle spielen dürfte. Nur in wenigen Fällen ist zu geringe Feuchtigkeit in den obern Bodenschichten und Mangel an Licht die Ursache; im allgemeinen

ist der Grund in dem Vorhandensein einer undurchdringbaren Rohhumusschicht zu suchen. Nach Samenjahren findet man in solchen Beständen oft massenhaft Keimlinge, die sich normal entwickeln, solange sie von den Reservestoffen des Samens unterhalten werden, aber eingehen, sobald die Reserven erschöpft sind, da ihre Wurzeln in der Humusschicht keine Nährstoffe finden und ein Durchdringen auf den Mineralboden unmöglich ist.

Nowak[1] hat in einem Kiefernbestand der Busulukerheide die Zusammenhänge zwischen Verjüngung und Rohhumusschicht untersucht und gewisse Gesetzmäßigkeiten herausgefunden. Die Streuedecke erreichte in den untersuchten Beständen eine Mächtigkeit von 0,3—7,0 cm. Je nach der Ausbildung dieser Schicht fand er folgende Anflugmengen:

Mächtigkeit der Streuedecke	Anflugmenge in %
0,3 cm	100
0,5—3,0 cm	20—87
3,5—5,0 cm	1—7
6—7 cm	0

Die gleichen Probeflächen wurden auch auf die Festigkeit der Streuedecke untersucht, wobei sich folgende drei Gruppen ergaben:

Lockere Streuedecke	100 %
Streuedecke mittlerer Festigkeit	75 %
Feste Streuedecke	12 %

Diese Feststellungen zeigen, daß die Beschaffenheit des Humus auf die Naturverjüngung großen Einfluß hat. Sind daher in einem Bestand alle für die Verjüngung nötigen Voraussetzungen, wie genügend Licht, Feuchtigkeit usw. vorhanden und sie stellt sich nicht ein, so muß die Ursache in einem kranken Bodenzustand gesucht werden. Wir sehen oft Verjüngungslöcher jahrzehntelang ohne Jungwuchs offenstehen und erst wenn sich Sträucher eingestellt haben, die durch ihre Streue den Abbau der organischen Stoffe im Boden fördern, tritt die Verjüngung auf.

Die Natur zeigt uns den einzuschlagenden Weg, er liegt in der Einführung von Laubhölzern.

Es ist dafür gesorgt, daß jeder Waldtyp seine Laubhölzer hat, und wir finden einige Arten, die als Nebenholzarten die Waldbäume bis an die obere Grenze ihres Vorkommens begleiten und die normale Zersetzung der Streuedecke beeinflussen. Wenn dieselben auch geringe oder gar keine Holzerträge abwerfen, so steigern sie indirekt den Zuwachs der wertvollen Nadelhölzer. Die Bedeutung der verschiedenen Laubhölzer

---

[1] Nowak: Natürliche Verjüngung der Kiefer in den zusammengesetzten Beständen der Busulukerheide. (Mitteilungen des Petersburger Forstinstituts, 1912.)

wechselt mit der Gegend, diejenigen, die natürlich vorhanden sind, werden das beste Resultat als Bodenverbesserer geben. In hohen Lagen, wo die Buche nicht mehr vorkommt, müssen die Sträucher Berücksichtigung finden. Fankhauser[1] hat auf die große Rolle des Vogelbeerbaumes für die natürliche Verjüngung hingewiesen.

Es ist die Holzart, die sich mit Vorliebe auf Rohhumusböden ansiedelt und an Orten gut gedeiht, wo andere Laubhölzer nicht mehr fortkommen. Ob besondere Fähigkeiten, beispielsweise den Stickstoff in Form von Ammoniak aufzunehmen, ihn für Böden mit schlechtem Humusabbau besonders geeignet machen, ist noch nicht abgeklärt. Unter ihrem Schirm verjüngen sich die Nadelhölzer sehr leicht.

Wenn ein Boden durch unzweckmäßige Maßnahmen seitens des Menschen verdorben ist, so dauert es lange Zeit, bis die eingeführten bodenverbessernden Holzarten ihren günstigen Einfluß geltend machen. Man wird oft 20—30, im Gebirge sogar 50 Jahre warten müssen, bis der Boden seine günstige Verfassung wieder erlangt hat. Wir haben gesehen, daß im Letzholz bei Chur der Boden eines reinen Föhrenbestandes durch Unterpflanzung mit Buche nach 30—40 Jahren seine Wasserstoffzahl um $0{,}_9$ pH in alkalischer Richtung verändert hat. Im Bremgartenwald bei Bern dagegen hat eine 15jährige Buchenunterpflanzung in einem reinen Fichtenbestand noch keine große Wirkung ausgeübt. Eine Aenderung ist eingetreten, indem die Moose verschwunden sind und die Mächtigkeit des Rohhumusfilzes abgenommen hat. Im weitern findet unter dem Einfluß des Buchenlaubes eine bessere Vermischung des Humus mit der Mineralerde statt, so daß dem Auge der Ausgleichshorizont weniger deutlich erkennbar ist. Eine Zunahme der Wasserstoffzahl konnte aber noch nicht festgestellt werden. Die Profile sind folgende:

a) Reiner Fichtenbestand, 90jährig.

3 cm Moosfilz, ohne Kontakt mit dem Mineralboden.

A_1	5 cm Humus, unzersetzte, zusammengepappte Nadeln . .	pH = $4{,}_1$
A_2	7—10 cm deutlich erkennbare, gebleichte, harte Schicht .	pH = $4{,}_1$
B	zirka 100 cm ockerbraune, lockere Mineralerde	pH = $4{,}_6$
C	Niederterrasse der Aare	pH = $7{,}_5$

b) Fichtenbestand mit 15jähriger Buchenunterpflanzung.

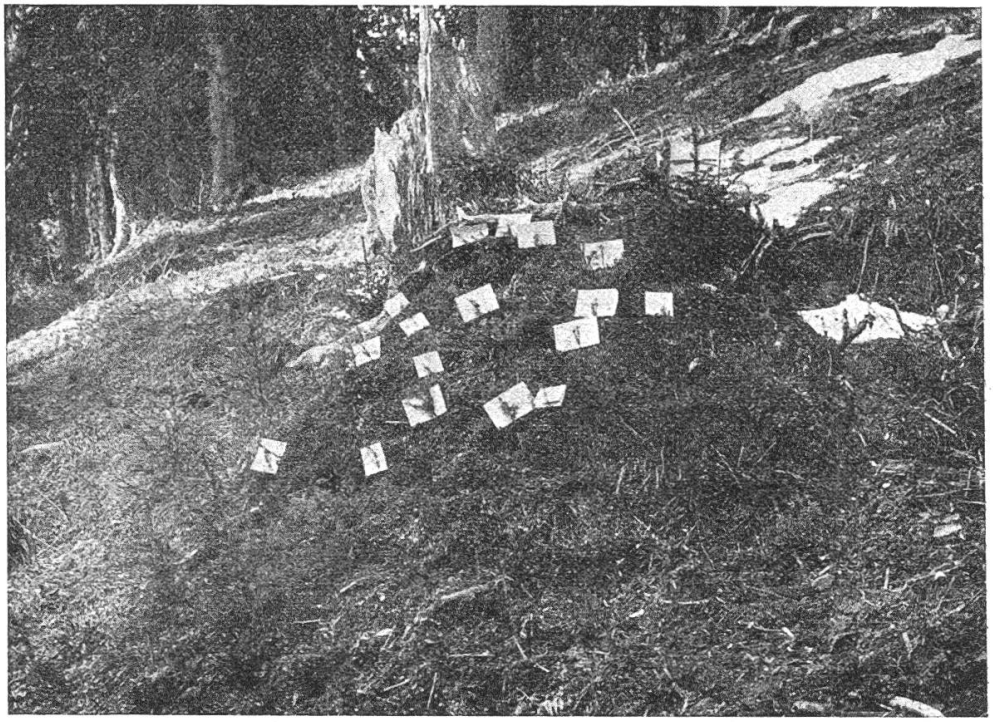
2 cm Blätterschicht nicht vollständig zersetzt, zum Teil zusammengepappt.

A_1	3 cm Humus, gut zersetzt, mit Mineralboden vermischt	pH = $4{,}_1$
A_2	3 cm schlecht erkennbare, gebleichte, aber lockere Schicht .	pH = $4{,}_2$
B	zirka 100 cm ockerbraune, lockere Mineralerde	pH = $4{,}_7$
C	Niederterrasse der Aare	pH = $7{,}_5$

[1] Fankhauser: Zur Kenntnis des Vogelbeerbaumes. (Schweizer. Zeitschrift für Forstwesen, 1910.)

Die natürliche Verjüngung kann in hohem Maße gefördert werden, wenn der dichte Rohhumusteppich, der dem Mineralboden ohne intimen Kontakt aufliegt, entfernt wird. Gewöhnlich treten schon nach 3—4 Jahren auf der geschälten Fläche Sämlinge auf. Im Alpenwald treffen wir oft dichte Verjüngungsgruppen an Stellen, wo Bäume durch Sturm oder Schneedruck entwurzelt wurden und dadurch eine rohhumusfreie Stelle entstanden ist. (Fig. 8.)

Im Gemeindewald von Châtelard-Montreux in einer Meereshöhe von 1550 m, wurden durch die im Jahre 1920 begonnenen Rohhumus-



Phot. Niggli & Killias, Châteaux-d'Oex

Fig. 8. Gemeindewald Châtelard-Montreux
Von Rohhumus entblößte Fläche, durch Windwurf entstanden, mit natürlichem Fichtenanflug

schälungen schöne Resultate erzielt. Die ursprünglich sehr dichten, aus Kahlschlag hervorgegangenen, gleichaltrigen Bestände bestehen aus 95 % Fichte und 5 % Weißtanne, mit Vorräten von 398—574 m³ pro ha. Die Starkhölzer, von 50 und mehr Zentimeter Durchmesser, sind mit 53 bis 63 % vertreten, während die erste Klasse von 16—28 cm nur 5—7 % ausmacht. Trotz starken Lichtungen, die in den letzten 20 Jahren ausgeführt wurden, hat sich keine Naturverjüngung gezeigt. In den Blößen haben sich Vogelbeeren angesiedelt, die gute Entwicklung zeigen. Die im Jahre 1920 eingepflanzten Fichten sehen kläglich aus und sind zum größten Teil eingegangen, während die 200 Stück Vogelbeeren gut gedeihen. Nach diesem Mißerfolg der Fichtenpflanzung wurden die Schä-

lungen an verschiedenen, lichten Stellen ausgeführt, und heute zeigen alle im Jahre 1920 vorbereiteten 5—10 m² großen Flächen reichlich Naturverjüngung. (Fig. 9.) Das Schälen des kranken Humus sollte überall da angewendet werden, wo die natürliche Verjüngung auf Schwierigkeiten stößt, was bei uns besonders in reinen Fichtenbeständen hoher Lagen

Phot. Niggli & Killias, Châteaux-d'Oex

Fig. 9. Gemeindewald Châtelard-Montreux
Im Jahre 1920 geschälte Fläche mit Naturverjüngung von Fichte

der Fall ist. Wenn aber diese Maßnahmen von dauerndem Erfolg auf die Gesundung des Bodens sein sollen, so muß zugleich ein Anbau von Laubhölzern erfolgen. Nur sie werden verhindern können, daß die gleiche Rohhumusschicht sich wieder einstellt.

Erlauben die lokalen Verhältnisse, den Rohhumus zu verbrennen, so ist die Wirkung noch günstiger. Es hat sich nämlich gezeigt, daß durch Feuer saure Böden neutralisiert werden. In den Gemeindewaldungen

von Rougemont und Châtelard-Montreux wurden durch Abbrennen der Rohhumusschicht die obersten Bodenschichten, die eine pH-reaktion von $4,_1$—$4,_7$ aufweisen, auf $6,_9$—$7,_0$ neutralisiert.

Salysbury[1] hat in England, Hesselman in Schweden und Wiegner in Kanada die gleichen Beobachtungen gemacht.

Durch Verbrennen von Holzabfällen oder des geschälten Rohhumusteppichs wird der Boden für die Naturverjüngung ganz besonders empfänglich. Diese Feuer müssen aber unter guter Aufsicht ausgeführt werden, sonst steht der erhoffte Erfolg, gegenüber dem entstandenen Schaden, durch Abbrennen von Bäumen, in keinem Verhältnis.

Hesselman[2] hat für die Verjüngung der nordischen Wälder, die wegen Mangel an Wärme in diesen Gegenden noch auf größern Widerstand stößt als bei uns, Kahlschläge, zur Erhöhung der Temperatur des Bodens, verbunden mit Abbrennen der Humusschicht, vorgeschlagen.

Schon Heyer[3] erwähnt in seinem „Waldbau" die Zubereitung von Rasenasche und empfiehlt, die abgeschälten Plaggen trocknen zu lassen und nachher in meilerartigen Haufen mit oder ohne Zusatz von Holz als Brennmaterial, zu verbrennen. Die vorteilhafte Wirkung dieser Aschebestandteile besteht darin, daß durch das Brennen die in den organischen Bestandteilen und im Mineralboden enthaltenen Salze aufgeschlossen und in lösliche Form übergeführt werden. Das Brennen des Bodens liefert besonders bei Lehm, also schweren Böden, gute Resultate.[4]

Ein weiteres Mittel, den Rohhumus zu neutralisieren, besteht darin, daß solche Waldböden mit Kalk gedüngt werden. Der Kalk hat nicht nur eine günstige Wirkung als Nährstoff, sondern er beeinflußt in hohem Maße die physikalischen und chemischen Verhältnisse eines Bodens. Er begünstigt den normalen Abbau der organischen Stoffe und die Bildung des gesättigten, neutralen Humus. Als Materialien für eine Kalkdüngung kommen in erster Linie gebrannter Kalk, Aetzkalk CaO, gewöhnlich in gelöschter Form, als $Ca(OH)_2$ und kohlensaurer Kalk ($Ca\,CO_3$) in Frage. Um einem Waldboden im Gebirge den Kalk, den er durch Aus-

---

[1] Salisbury: The vegetation of the forest of Wyre. (Journal of Ecology, vol. 8, 1925.)

[2] Hesseman: Versumpfung, Rohhumus und Waldbau in Nordschweden. (Forstwirtschaftliches Zentralblatt, 1928.)

[3] Heyer: Waldbau (4. Auflage, von R. Heß, Leipzig 1893).

[4] Die Brandwirtschaft, bestehend aus Abbrennen der Schlagüberreste nach Kahlschlag und nachheriger landwirtschaftlicher Benutzung, während einiger Jahre, ist in Finnland,* Schweden und Rußland noch verbreitet, während sie in Mittel- und Westeuropa keine Bedeutung mehr hat.

* Heinkinheimo: Der Einfluß der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. (Besprochen von Rubner im Forstwirtschaftlichen Zentralblatt, 1921.)

waschung verloren hat, zuzuführen, wären aber enorme Quantitäten nötig. Jenny hat beispielsweise ausgerechnet, daß zur Neutralisation einer sauren Humusschicht von 30—65 cm Mächtigkeit mit pH = 4,5 in Murtèr im Engadin, bei 2600 m Meereshöhe, jährlich pro ha 14,000 kg Kalk nötig wären. Müller und Weiß[1] haben nachgewiesen, daß zur Erzeugung einer Nitrifikation in einer 10 cm dicken Buchenrohhumusschicht ein Zusatz von 1000—5000 kg Kalk pro ha erforderlich sind. Diese Zahlen beweisen, daß das Kalken praktisch nur in wenigen Fällen Anwendung finden kann, wenn es sich um geringe Rohhumusbildung handelt, an leicht zugänglichen Stellen. Schädelin hat im Sädelbachwald der Burgergemeinde Bern, in einem aus Pflanzung hervorgegangenen zirka 60jährigen Fichtenbestand, mit Erfolg Kalk angewendet. Nachdem die Rohhumusschicht entfernt war, wurde Kalk in Form von kleinem Kies und Straßenkot auf der Fläche ausgebreitet. Nach einigen Jahren war die Wirkung sichtbar, indem sich an Stelle der Heidelbeeren und Moose die Pflanzen des Oxalistyp einstellten.

8. Schlußbemerkung.

Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß es im forstlichen Betriebe menschlichem Können unmöglich ist, die natürliche, durch unser Klima bedingte langsame Degeneration des Bodens zu verhindern. Es kann aber durch eine rationelle Waldwirtschaft der Waldboden in gutem Zustande erhalten bleiben und vermieden werden, daß die Wirkung des Klimas beschleunigt wird. Wo eine Abnahme der Produktionskraft durch Mißwirtschaft fühlbar wird, ist es unsere Pflicht, den Boden durch besondere Eingriffe wieder zu verbessern. Die größte Rolle spielt dabei die zielbewußte Pflege der Waldstreue, der eine große waldbauliche Bedeutung zukommt. Durch Regelung des Bestandesschlusses und Wahl der richtigen Holzartenmischung muß der Forstmann Bedingungen schaffen, die den Humus in die, für den Wald am betreffenden Ort, günstigste Form umwandeln. Welche große Rolle dabei dem Anbau und der Erhaltung der Laubhölzer, seien es Bäume oder Sträucher, zukommt, geht aus den obigen Ausführungen hervor. Aber nicht nur degenerierte Nadelholzböden bedürfen zu ihrer Wiederherstellung der Laubhölzer, auch auf kahlen, für die Aufforstung vorgesehenen Flächen, sollte ein hoher Prozentsatz solcher angewendet werden, um die Zersetzung der Streue von Anfang an in richtige Bahnen zu leiten und die obersten, verhärteten Schichten in Krümelstruktur überzuführen.

Da die heutige Wirtschaft darauf ausgehen muß, Nutzhölzer zu erziehen und die Brennholzproduktion einzuschränken, werden Nadelholz-

[1] Müller und Weiß: Ueber die Einwirkung des Kalkes auf Buchenrohhumus. (Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land und Forstwirtschaft, 1907.)

bestände auch im Mittelland und Jura im Zunehmen begriffen sein. Um die schlimmen Folgen einer reinen Nadelholzwirtschaft zu verhindern, muß eine bestimmte Beimischung an Laubhölzern nicht nur geduldet, sondern sogar angestrebt werden. Sie dient als Mittel zum Zweck, indem die Laubhölzer, durch die günstige Einwirkung auf den Boden, den Ertrag der Nadelhölzer fördern.

Man wird sich also künftighin nicht damit begnügen dürfen, zu erforschen, welcher Vorrat pro ha und welche Stärkeklassenverteilung für eine bestimmte Gegend die günstigsten sind, sondern es muß auch erwogen werden, wieviel von diesem Vorrat auf Laubholz entfallen muß, um den Boden gesund und während langer Zeiträume in vollster Produktionskraft und günstiger Verfassung für die natürliche Verjüngung zu erhalten.

Bei zunehmender Laubholzbeimischung kann in einem Bestand der Zuwachs steigen, aber durch die Abnahme der Produktion an Nutzholz nimmt der Wertzuwachs ab. Es handelt sich also darum, den günstigsten Mittelweg zahlenmäßig festzustellen.

Je nach Holzart, Boden und Höhe über Meer wird das Mischungsverhältnis wechseln müssen. Da die Laubhölzer, wie wir gesehen haben, aus Nebenholzarten, oder sogar in Form von Sträuchern, vorhanden sein können, wird es oft schwierig fallen, ein Laubholzprozent anzugeben.

Nach Hesselman ist für den mitteleuropäischen Nadelwald eine Beimischung von 10 % Buchen, nach Stammzahl, genügend, um einen guten Humuszustand zu schaffen.

Wir haben in der Schweiz vorläufig noch keine Anhaltspunkte, um uns darüber auszusprechen.

Einfluß des Waldes auf den Wasserabfluß bei Landregen.

Vom Eidgenössischen Oberbauinspektorat, Bern.

In Nummer 6 der „Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen" vom Juni 1929 führt unter der Rubrik „Notizen aus der schweizerischen forstlichen Versuchsanstalt" Herr Hans Burger aus, „daß es unter den Ingenieuren in leitenden Stellungen immer noch solche gibt, die an der Nützlichkeit von Aufforstungen im Einzugsgebiet von Wildwassern zweifeln und sich gegen weitere Aufforstungen aussprechen". Herr Burger stellt dann für den ziemlich großen Zeitraum von 1904 bis 1927 aus den Beobachtungen Englers im Sperbel- und Rappengraben 23 Fälle von Landregen zusammen, in denen mit wenigen Ausnahmen der bewaldete Sperbelgraben weniger Wasser abfließen ließ, als der meist mit Weiden bedeckte Rappengraben. Daraus schließt Herr Burger, es dürfe entschieden behauptet werden, daß, abgesehen von seltenen Ausnahmen, auch bei Landregen und Regenperioden der Wald sehr günstig auf den Wasserabfluß einwirke.