
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://books.google.com>





Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

Library
Arnold Arboretum



of

Harvard University

JP



Die gesammte
LEHRE DER WALDSTREU

mit Rücksicht
auf die
chemische Statik des Waldbaues.

Unter Zugrundlegung
der in den Königl. Staatsforsten Bayerns angestellten Untersuchungen

bearbeitet

VON

Dr. Ernst Ebermayer,

Professor der Agriculturchemie, Geognosie und Bodenkunde an der Kgl. Bayer. Central-Forstlehranstalt
zu Aschaffenburg.

Resultate der forstlichen Versuchstationen Bayerns.

Berlin, 1876.
Verlag von Julius Springer.
Monbijouplatz 8.

For 1695.15 54,861
Dec 1, 1970

March, 1973
HARVARD UNIVERSITY
SCHOOL OF ENGINEERING.

630
3

To
1631g

AA/SP

Vorwort.

Als vor ca. 10 Jahren mit Genehmigung des kgl. Staatsministeriums der Finanzen das forstliche Versuchswesen in Bayern ins Leben gerufen wurde, machte ich mir zur Aufgabe:

- 1) durch umfangreiche direkte Beobachtungen den Einfluss des Waldes auf die klimatischen Verhältnisse eines Landes ziffermässig zum Ausdruck zu bringen;
- 2) durch zahlreiche exacte Untersuchungen Material zu liefern zur wissenschaftlichen Lösung der so wichtigen und vielverhandelten Waldstreufage.

Ich wählte diese zwei in wissenschaftlicher und volkswirtschaftlicher Beziehung so hochwichtigen Fragen, weil deren Lösung nur durch Untersuchungen im umfangreicheren Maassstabe geschehen kann, und die Ausführung derselben nur ermöglicht ist, wenn die kgl. Staatsregierung und die oberste Forstbehörde hülffreie Hand dazu bieten.

In welcher Weise die erstgenannte Aufgabe zu beantworten versucht wird, ist bereits aus meinem im Jahre 1873 erschienenen Werke „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“ bekannt. Diese Arbeit hat so allgemeine Anerkennung gefunden, dass es mich nur freuen kann, sobald als möglich die Ergebnisse des nun vorliegenden achtjährigen Materials, welches durch die forstlich meteorologischen Stationen Bayerns gewonnen wurde, zu veröffentlichen.

Neben den forstlich-meteorologischen Stationen befinden sich in den bayerischen Staatswaldungen seit 10 bzw. 12 Jahren 87 Probe-
flächen, auf welchen durch die einschlägigen kgl. Oberförster der jähr-
liche, dreijährige und sechsjährige Streuertrag bestimmt und von 10
zu 10 Jahren durch Massenaufnahmen der Einfluss ermittelt wird,
welchen stärkere und schwächere Streunutzung auf den Wuchs der
Holzbestände und speziell auf den Holzzuwachs äussert. Im chemischen
Laboratorium der bayerischen Forstlehranstalt wurden mit Streuproben
der Versuchsflächen unter Beihülfe des Assistenten Herrn Rudolf We-
ber seit einigen Jahren umfangreiche Untersuchungen und Versuche über
den chemischen und physikalischen Werth der Bodendecke ausgeführt.
Die bis jetzt gewonnenen Resultate sind in vorliegendem Werke ent-
halten und in systematischer Weise zusammengestellt. Ich hielt es
jedoch für zweckmässig, bei dieser Gelegenheit die gesammte Lehre
der Waldstreu und die physikalische und chemische Einwirkung der-
selben auf den Boden dem heutigen Stande der Naturwissenschaften ent-
sprechend zu bearbeiten. Es erschien mir dies um so wünschenswerther,
als bisher in der Literatur ein derartiges Werk fehlte und durch unsere
Untersuchungen äusserst werthvolles neues Material geliefert wurde zum
weiteren Ausbau der chemischen Statik des Waldbaues, d. h. zur Er-
mittlung der Grösse der durch die jährliche Holzproduktion und durch
die Holzausfuhr dem Boden entzogenen mineralischen Pflanzennährstoffe
und des durch die Belassung der Streudecke stattfindenden Ersatzes
derselben. Es ergeben sich daraus wissenschaftliche Grundsätze und
Regeln, welche der Wirthschafter zu beachten hat, um einer Ver-
schlechterung und Erschöpfung des Waldbodens vorzubeugen und trotz
Holzentzuges nicht nur die Fruchtbarkeit desselben auf die Dauer zu
erhalten, sondern dessen Produktionskraft mit der Zeit sogar zu steigern.
Durch solche exacte wissenschaftliche Forschungen gewinnen wir mehr
und mehr Einblicke in das Leben der Waldbäume und können daraus
bedeutungsvolle Fingerzeige für die Praxis ableiten. Um sich aber
klare Rechenschaft über die wunderbare Thätigkeit des Bodens und
über seine Beziehungen zum Pflanzenleben geben zu können, ist eine

möglichst genaue Kenntniss der Zusammensetzung des Bodens, der Bedingungen des Pflanzenlebens und der Gesetze ihrer Ernährung nothwendig. Zur richtigen Erkenntniss der Bedeutung der Waldbodendecke hielt ich es deshalb für nothwendig, an geeigneter Stelle einige Lehren aus der Agriculturchemie und Pflanzenphysiologie einzuschalten. Es wäre mir eine grosse Befriedigung, wenn dieses Buch dazu beitragen würde, den jungen studirenden Forstmann davon zu überzeugen, dass eine gründliche naturwissenschaftliche Bildung das Fundament der Produktionslehre bilden muss.

Noch erlaube ich mir darauf hinzuweisen, dass durch die gewonnenen Untersuchungsergebnisse es möglich war, die Ansprüche, welche die verbreitetsten Holzarten (Buche, Fichte, Kiefer) an das Nährstoffkapital des Bodens machen, in stete Vergleichung bringen zu können mit den Anforderungen der landwirthschaftlichen Kulturgewächse. Es eröffneten sich dadurch manche neue Gesichtspunkte, welche sowohl in wissenschaftlicher wie in praktischer Hinsicht beachtenswerth sind. Deshalb dürfte der Inhalt dieses Werkes nicht nur für den Forstmann, sondern auch für den Landwirth, Nationalökonom, Pflanzenphysiologen und Agriculturchemiker nicht ohne Interesse sein.

Schliesslich fühle ich mich verpflichtet, dem kgl. bayerischen Staatsministerium der Finanzen für die wohlwollende Unterstützung den tiefgefühltesten Dank auszusprechen.

Möge diese mühevollen Arbeit, welcher ich einige Jahre meines Lebens widmete, freundlich aufgenommen werden und dem Walde neue Beschützer und Freunde zuführen!

Aschaffenburg, den 10. August 1875.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Die Bildung der Streudecke in den Wäldern durch den Blatt- und Nadelabfall der Bäume	3—61
1. Chemische Veränderungen der Blattorgane vor ihrem Abfalle	3—27
Die Herbstfärbung der Blätter	4
Die winterliche Färbung immergrüner Blätter	9
Die herbstliche Erschöpfung der Blattorgane veranlasst durch die Wanderung der werthvollsten Bestandtheile in den Stamm	11
Erschöpfung der Zweige und Aeste der Bäume vor ihrem Absterben	14
Veränderungen der sommerdürren Baum- und Strauchblätter	23
Ursachen der herbstlichen Entlaubung der Holzgewächse, oder Veränderungen, welche den Laubabfall herbeiführen	24
2. Die Zeit des Blattabfalles	27—34
Die Lebensdauer der Coniferennadeln	33
3. Grösse des Blatt- und Nadelabfalles in den Wäldern, oder Untersuchungen über die Streumenge	34—54
Der Grad oder die Stärke der Belaubung der Waldbäume	34
Die Grösse der Blätter	37
Die Bildung der Moosstreu in den Nadelhölzern	42
Resultate der Untersuchungen über die Grösse des Streuanfalls oder durchschnittlicher Streuertrag	43
A. Jährlicher Streuanfall	44
B. Grösse des 3- und 6-jährigen Streuanfalls	49
C. Streuvorrath vollständig geschonter oder längere Zeit nicht berechtigter Waldflächen	50
Rückblick auf die Grösse des Streuertrages	52

	Seite
4. Das Gewicht der vollkommen lufttrockenen Waldstreu pr. Cubikmeter . . .	54—60
Das Gewicht der vollkommen lufttrockenen Buchenlaubstreu	55
" " " reinen Fichtennadeln	56
" " " reinen Kiefernadeln	57
" " " vollkommen lufttrockenen Moosstreu	57
" " " übrigen Streumaterialien	58
" " einer 2-spännigen Fuhr lufttrockener Streu, und Streuanfall pro Hektar in Fuhren	58
II. Die Bestandtheile der Streumaterialien	61—173
1. Der Wassergehalt der Streumaterialien	61—63
2. Die organischen oder verbrennlichen Bestandtheile der Streumaterialien . . .	63—69
Gehalt der Streumaterialien an organischen Stoffen	64
Gesamtmenge der in den Wäldern pro Hektar alljährlich produzierten orga- nischen Substanz	64
3. Die einzelnen organischen Bestandtheile der Streumaterialien	69—76
Die stickstofffreien organischen Bestandtheile	69
Die stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile	72
4. Die elementare Zusammensetzung der organischen Stoffe in den Streuma- terialien, oder ihre entfernteren Bestandtheile	76—80
Die jährliche Kohlenstoffproduktion der Wälder	78
Der Stickstoffgehalt der Streumaterialien	80
5. Die unorganischen oder mineralischen Bestandtheile der Streumaterialien . . .	81—101
Vertheilung der Gesamttasche in den einzelnen Organen der Waldbäume	81
Die Gesamttaschenmenge der verschiedenen Streusorten	85
Einfluss der Meereshöhe auf die Aschenmenge	88
Aschengehalt der Hölzer	91
Gesamttaschenmenge des jährlichen Holzertrages	94
Aschengehalt der verschiedenen Holzsortimente und Ansprüche, welche die Waldbäume je nach Betriebsart und Umtriebszeit an das Nährstoffkapital des Bodens machen	95
Gesamttaschenmenge des jährl. Streuertrages verglichen mit jener des jährl. Holzertrages	97
Ansprüche der Waldbäume an das mineralische Nährstoffkapital des Bodens im Vergleiche zu den landwirtschaftlichen Culturgewächsen	99
6. Die einzelnen Aschenbestandtheile der Streumaterialien	101—108
Bedeutung der Aschenbestandtheile für die Fruchtbarkeit des Bodens	101
7. Die Menge der einzelnen Mineralstoffe, welche durch Streunutzung dem Wald- boden entzogen werden, oder Gehalt verschiedener Streumaterialien an Aschenbestandtheilen	108—110
8. Mineralstoffmengen, welche durch Holznutzung dem Boden entzogen werden . . .	110—116

9. Mineralstoffmengen, welche der Wald alljährlich zur Produktion seiner gesammten organischen Substanz pro Hektar durchschnittlich bedarf	116—117
10. Jährlicher Mineralstoffbedarf] verschiedener landwirthschaftlicher Culturgewächse	117—119
11. Allgemeine Betrachtungen über die einzelnen Mineralstoffe der Waldbäume und der Streumaterialien	119—173

a. Kali.

Vertheilung desselben in den verschiedenen Organen der Bäume	119
Bedeutung des Kalis für das Pflanzenleben	120
Kalibedarf der forst- und landwirthschaftlichen Culturgewächse	122
Kaligehalt der Forstunkräuter	124
Kaligehalt der Streumaterialien	125
Kalimengen, welche durch die Ausfuhr von Holz und Streu dem Waldboden entzogen werden	126
Kaligehalt verschiedener Düngemittel	127

b. Natron 128

c. Kalkerde.

Vertheilung derselben in den einzelnen Organen der Bäume	128
Bedeutung des Kalkes für das Pflanzenleben	129
Kalkbedarf der forst- und landwirthschaftlichen Culturgewächse	132
Kalkgehalt der Streumaterialien	134
Kalkmengen, welche durch Ausfuhr von Holz und Streu dem Walde entzogen werden	136

d. Magnesia oder Bittererde.

Vertheilung der Magnesia in den einzelnen Theilen der Bäume	137
Magnesiabedarf der forst- und landwirthschaftlichen Culturgewächse	138

e. Eisen- und Mangan 139

f. Phosphorsäure.

Vertheilung derselben in den einzelnen Theilen der Bäume	140
Bedeutung der Phosphorsäure für das Pflanzenleben	142
Phosphorsäuregehalt des Acker- und Waldbodens	144
Phosphorsäuregehalt der Gebirgsarten	146
Phosphorsäurebedarf der forst- und landwirthschaftlichen Culturgewächse	147
Phosphorsäuregehalt der Streumaterialien	151
Einfluss der Meereshöhen auf den Phosphorsäuregehalt der Streusorten	152
Phosphorsäuremengen, welche durch Streu- und Holzernten dem Waldboden entzogen werden	155
Phosphorsäuregehalt verschiedener Düngemittel	156

g. Schwefelsäure.

Vertheilung derselben in den Waldbäumen	158
Bedeutung derselben für das Pflanzenleben	158
Schwefelsäuregehalt der Streumaterialien	159

h. Kieselsäure oder Kieselerde.

Vertheilung derselben in den einzelnen Theilen der Waldbäume	161
Bedeutung derselben für das Pflanzenleben	164
Kieselsäurebedarf der forst- und landwirthschaftlichen Culturgewächse	167
Kieselsäuregehalt des Acker- und Waldbodens	168
„ der Streumaterialien	169

i. Chlor.

Chlorgehalt der Waldbäume und Bedeutung desselben für das Pflanzenleben	171
---	-----

III. Die physikalischen Eigenschaften der Streudecke und ihr Einfluss auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens

173—193

Einfluss der Waldbodendecke auf den Abfluss des Wassers und auf das Abschweben der Erde an Gebirgsabhängen	175
Grösse der wasserfassenden und wasseranhaltenden Kraft der Streudecke und ihr Einfluss auf die Bodenfeuchtigkeit	175
Einfluss der Streudecke auf die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit	182
Einfluss der Streudecke auf die durch den Boden gesickerten Wassermengen	187
Einfluss des Waldes und der Streudecke auf die Bodenwärme	188
Einfluss der Streudecke auf die Lockerheit des Waldbodens	191

IV. Die chemischen Veränderungen der Streudecke in den Wäldern und ihre chemische Einwirkung auf den Boden

193—260

1. Die Bildung des Waldhumus

193—217

Bedingungen der Humusbildung	195
Betheiligung gewisser Pilze	195
Betheiligung des atmosphärischen Sauerstoffes	199
Betheiligung des Wassers	201
Betheiligung der Wärme	202
Beförderungsmittel der Humusbildung	204
Unter welchen Standorts- und Bestandesverhältnissen sammeln sich im Walde grössere oder geringere Humusmengen an?	205
Wie viel Jahre braucht die Waldstreu zur Humusbildung?	206
Die verschiedenen Humusarten	208
Chemische Vorgänge bei der Humusbildung (Verwesungsprodukte)	213
Salpetersäurebildung bei der Verwesung des Humus	215

2. Die Bestandtheile des Humus

217—228

Die organischen Bestandtheile desselben	217
Verhalten der organischen Humusbestandtheile zu Wasser	219
Verhalten der Humusbestandtheile zu Alkalien und anderen Basen (humus-saure Salze)	220

Die elementare Zusammensetzung der Humussubstanzen (ihr Kohlen- und Stickstoffgehalt)	223
Die Mineral- oder Aschenbestandtheile des Humus	225
Die Auslaugung frischer Waldstreu durch Regen- und Schneewasser	226

3. Die Eigenschaften des Humus, seine Einwirkung auf den Boden und die Bedeutung desselben für die Pflanzen	228—260
a. Die physikalischen Funktionen des Humus	228—241
Einfluss desselben auf die Bindigkeit oder Consistenz des Bodens	230
Desgl. auf den Feuchtigkeitszustand des Bodens	232
Desgl. auf die Erwärmung des Bodens	234
Desgl. auf die Abkühlung des Bodens	235
Desgl. auf die Wärmecapazität des Bodens	236
Einfluss des Humus auf die Wärmeleitung des Bodens	238
Desgl. auf die Absorptionsfähigkeit des Bodens	238
b. Die chemischen Funktionen des Humus	241—260
Humus als direktes Lösungs- und Aufschliessungsmittel mineralischer Bodenbestandtheile	242
Die Verwesungsprodukte des Humus als Lösungs- und Aufschliessungsmittel	243
Humus als direktes Nahrungsmittel der Pflanzen	245
Die Verwesungsprodukte des Humus als Pflanzennährmittel	248
Die Mineralstoffe des Humus als Nahrungsmittel der Pflanzen	251
Humus als Beförderungsmittel der Bodengahre	255
Eintretende Verschlechterung und Vermagerung des Waldbodens durch Humusverlust oder durch zu starke Lichtung der Holzbestände	257

V. Die Folgen der Streuentnahme aus dem Walde 260—287

1. Die Schädlichen Wirkungen der Streuentnahme auf den Boden	272
Verluste des Waldbodens an organischen und mineralischen Stoffen durch die Ausfuhr der Streudecke pro Cubikmeter und pro 100 Kilogramm	260
Ursachen der Verschlechterung und Verarmung des Bodens durch Streuentnahme	263
Faktoren, welche auf die frühere oder spätere Erschöpfung des Waldbodens durch Streuentzug Einfluss haben	266
Die Bodenverarmung durch Streurechen, nachgewiesen durch Bodenuntersuchung	269
2. Die schädlichen Folgen der Streuentnahme für die Holzgewächse	272—276
3. Werth der Waldstreu für die Landwirthschaft,	276—287
Das Aufsaugungsvermögen der Streumaterialien	276
Preisbestimmung des Düngerwerthes der Streumaterialien	277
Welche Mittel hat der Landwirth zu ergreifen, um die Waldstreu entbehren zu können?	281
• Grundsätze, welche bei der Ausübung der Streunutzung zu beachten sind	283
Thunlichste Beschränkung der Waldstreunutzung liegt im Interesse der Volkswohlfahrt	285

Nachträge.

Ansprüche junger Waldpflanzen an die mineralischen Nährstoffe des Bodens im Vergleich zu den älteren Waldbäumen und zu den landw. Culturpflanzen	288
Jährliche Mineralstoff-Ausfuhr durch den Weinbau im Vergleich zum Waldbau	291
Untersuchung jüngerer und älterer Kiefernadeln	293
„ der Buchenblätter in ihren verschiedenen Wachstumszeiten .	294
Analysen einiger Waldstreuproben	297
Kohlensäuregehalt der Bodenluft	299
Anhang	
Tabelle I. Beschreibung der Streuversuchsfächen in den Staatsforsten Bayerns .	3
Tabelle II. Beobachtungen über die Zeit des Blattabfalles, angestellt an den phänologischen Stationen Bayerns	47
Tabelle III. Untersuchungen über die Grösse des Streuertrags, angestellt in den Staatsforsten Bayerns	51
Tabelle IV. Versuche über das Gewicht der Streumaterialien pro Cubikmeter, ausgeführt im chemischen Laboratorium zu Aschaffenburg	69
Tabelle V. Untersuchungen über die Bestandtheile der Waldstreu, insbesondere über ihre Aschenbestandtheile, ausgeführt im chemischen Laboratorium zu Aschaffenburg	75
Tabelle VI und VII. Untersuchungen über das Verhalten der Streumaterialien zum Wasser	103
a. Versuche über die wasserfassende Kraft und über die Zeitdauer des Austrocknens der Streumaterialien, ausgeführt im chemischen Laboratorium zu Aschaffenburg	105
b. Beobachtungen über den Einfluss der Streudecke auf die Verdunstung des Bodenwassers, angestellt an den forstlich-meteorologischen Stationen Bayerns	115

Motto:

„Schirm dich Gott du deutscher Wald!
Wachse freudig und gedeihe,
Breite frei in Himmelsbläue
Deine grünen Kronen aus.
Und wir hören und wir lauschen
Andachtsvoll dem mächt'gen Rauschen
In dem wahren Gotteshaus.
Von Berg zu Berg es wiederhallt:
Schirm dich Gott du deutscher Wald!

Schirm dich Gott du deutscher Wald!
Mög' der Deutsche stets entnehmen
Deiner Eichen trotz'gen Stämmen
Kraft, die zu der That ermannt.
Unter Wettern, unter Stürmen
Mögest, Wald, du stets beschirmen
Unser deutsches Vaterland.
Sei selbst beschützt vor Gewalt!
Schirm dich Gott du deutscher Wald!“

Kabsch.

I.

Die Bildung der Streudecke in den Wäldern

durch den

Blatt- und Nadelabfall der Bäume.

Die vollkommen entwickelten Blätter einer Pflanze können nur dann fortexistiren, wenn alle Lebensbedingungen derselben in hinreichendem Masse erfüllt sind, wenn es ihnen also nicht an genügenden Nährstoffen (Saftzufluss), an der nöthigen Wärme und Lichtintensität fehlt; bei zu geringer Ernährung, insbesondere bei Wassermangel, oder bei ungenügendem Licht und Wärmezutritt, müssen sie absterben und zu Grunde gehen. Das rasche Sinken der Temperatur im Monat Oktober, namentlich im letzten Drittel desselben, dann die im Herbst eintretende Verminderung der Lichtintensität und die damit in Verbindung stehende Abnahme der Assimilation und Ernährungsvorgänge in den Blättern, haben wir als die Ursache des herbstlichen Laubabfalles anzusehen. Es ist durch meteorologische Beobachtungen nachgewiesen, dass im Oktober und November die Luft und der Boden durch Ausstrahlung mehr Wärme verlieren als sogar im Winter, und dass innerhalb der jährlichen Periode in diesen beiden Monaten die stärkste Temperaturabnahme stattfindet. Die mittlere Lufttemperatur ist im Oktober im Allgemeinen um 6° R. geringer, als im September; aber auch die oberen Bodenschichten verlieren im Oktober so viel Wärme, dass z. B. die Temperatur an der Oberfläche des Waldbodens gegenüber vom Monat September durchschnittlich um 4° R., in $\frac{1}{2}$ Fuss um 3°, in 4 Fuss aber nur um 1° R. sinkt. In Folge

der geringeren Lichtintensität und der Temperatur-Erniedrigung sowohl in den oberen Bodenschichten, als auch in der Luft müssen im Herbst die Funktionen der Blätter und der Wurzeln geringer werden; es vermindern sich die Zufuhr von Nahrungsstoffen (der Saftzufluss), die Transpiration und Assimilation in den Blättern, überhaupt alle chemisch-physiologischen Vorgänge innerhalb der Pflanze. Zu gleicher Zeit findet in den Blättern eine Reihe chemischer Veränderungen statt, die dem Blattabfalle vorausgehen und die wir im Folgenden näher kennen lernen wollen.

1. Chemische Veränderungen der Blätter vor ihrem Abfalle.

Die Herbstfärbung der Blätter. Ende August oder Anfangs September bietet der Laubwald in unserer Zone einen eigenthümlichen Reiz durch die Verfärbung und Entfärbung der Blätter, welche mit dem einschlummernden Pflanzenleben nach und nach entsteht. Bei dieser herbstlichen Veränderung schwindet mehr und mehr die dunkelgrüne Farbe der Blätter, die meisten werden gelb, manche roth, andere braun in den verschiedensten Nuancen. Noch schöner und mannigfaltiger als bei uns ist die Herbstfärbung der Wälder in den vereinigten Staaten Nordamerika's. Prinz Maximilian zu Wied sagt darüber¹⁾: „Mit dem Eintritt des Herbstes färben sich dort alle Baumblätter, vorzugsweise die verschiedenen Eichen- und Ahornarten, dann Wallnuss, Eschen- und Sumachbäume, alle Kirschbäume u. s. w. citronengelb, rosenroth blutroth, purpur- und zinnoberroth. Der fünfblättrige Epheu oder die dünnen Zweige des wilden Weins umranken die höchsten Waldstämme und bilden überall prachtvoll zinnoberrothe colossale Säulen von unbeschreiblicher Pracht. Besonders im Licht eines glänzenden Sonnenscheins bieten diese Waldungen einen wunderbaren Anblick, den man selbst gesehen haben muss, um sich davon einen Begriff machen zu können. Nirgends wird man eine ähnliche Pracht wieder finden.“

Die Herbstfärbung der Blätter ist immer ein Beweis für die eingetretene verminderte Lebenthsätigkeit der Pflanzen; mit der Zerstörung der grünen Farbe (des Chlorophylls) hört die Assimilation in den Blättern gänzlich auf,

¹⁾ „Aus der Natur“ 1864. S. 79.

d. h. sie verlieren die Fähigkeit, neue organische Pflanzenbestandtheile aus den aufgenommenen Nährstoffen zu bilden; sie sind nicht mehr im Stande, Kohlensäure zu zersetzen und Sauerstoff auszuhauchen; die gefärbten Herbstblätter nehmen im Gegentheil Sauerstoff aus der Luft auf und geben dafür Kohlensäure ab¹⁾. Bei dieser Athmung der Herbstblätter werden gewisse organische Stoffe (wie Traubenzucker oder Glykose, Stärke, Chlorophyll) durch Oxydation zerstört und Kohlensäure gebildet. Es ist dies immer ein Zeichen, dass die Lebensaufgabe der Blätter abgeschlossen ist und dass sie zum Wachstume des Baumes nichts mehr beitragen.

Die Herbstfärbung tritt bei uns in der Regel im September nach dem Reifen der Früchte ein (in Buchenbeständen nicht selten auch schon Ende August), doch ist die Zeit der Entfärbung nach Holzart, nach Standort und Witterungsverhältnissen verschieden. Die ältesten Blätter eines Zweiges vergilben früher als die jüngeren; ebenso tritt die Farbenveränderung nicht in allen Theilen des Blattes zu gleicher Zeit ein, bei manchen Blättern zeigt sie sich zuerst an der Spitze (*Larix europaea*, *Ulmus campestris*, die meisten *Salix*-Arten u. s. w.), bei anderen am Blattrande (*Carpinus betulus*). Wiesner²⁾ hat durch seine jüngsten Untersuchungen nachgewiesen, dass die den wasserzuführenden Geweben, also den Blattnerven zunächst gelegenen Parenchymzellen sich in der Regel am längsten grün erhalten, hingegen die von diesen Geweben am entferntesten liegenden Parenchymmassen, besonders die an der Spitze und an den Rändern gelegenen, der Transpiration am stärksten unterworfenen Partien, am frühesten gelb oder roth werden. Bei plötzlich eintretendem Nachtfrost lösen sich die Blätter mancher Holzgewächse sogar im grünen Zustande von den Aesten ab (*Platanen*, *Roskastanien*, *Flieder*). Eine normale, d. h. nicht durch Frost herbeigeführte Ablösung grüner Blätter scheint aber nur selten vorzukommen. Auch durch mechanische Verletzungen kann die Lebensdauer der Blätter abgekürzt werden. Das Knicken von Zweigen, das ringförmige

¹⁾ Bei Pflanzen, die unter klimatischen Verhältnissen wachsen, unter denen die Assimilation nicht im Herbste durch geringere Beleuchtung und Wärme unterbrochen wird, sterben die Blätter erst ab, wenn sie ein bestimmtes Alter erreicht haben. Die Pflanzen wärmerer Klimate verlieren deshalb ihre Blätter nicht zu einer bestimmten Zeit, sondern fortwährend je nach ihrem Alter.

²⁾ Prof. Dr. Wiesner „Untersuchungen über die herbstliche Entlaubung der Holzgewächse“, Sitzungsbericht der Wiener Akademie der Wissenschaften. Novemberheft 1871.

Abschaben ihrer Rinde oder derjenigen der Blattstiele hat die Entfärbung, d. h. das Roth- oder Gelbwerden der Blätter zur Folge ¹⁾.

Bisweilen findet man abgefallene gelbe Herbstblätter von Hainbuchen, Aspen, Birken, Eichen, Rothbuchen, welche an einzelnen Theilen noch grün geblieben sind. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nach Nördlinger in einer mechanischen Verletzung solcher Blatttheile durch Minierräupchen und Minierkerfen überhaupt, durch Dornen u. s. w. Besonders häufig sieht man an gelben Hainbuchenblättern einzelne Theilchen noch grün, die gleichsam als Inseln zurückgeblieben sind. Bei näherer Betrachtung wird man finden, dass diese grünen Stellen ringsum von einem Räupchen miniert wurden. Endlich scheinen selbst Pilze eine analoge Fähigkeit der Erhaltung des Blattgrüns in der gelben Farbe absterbender Blätter zu besitzen, eine Erscheinung, die z. B. am gemeinen und Spitzahorn bisweilen vorkommt.

Die Mannigfaltigkeit der Farben zu erklären, welche der herbstlichen Waldlandschaft so viele Reize verleiht, beschäftigte schon verschiedene Naturforscher, aber trotzdem ist diese Aufgabe noch nicht vollständig gelöst.

Das Blattgelb (Xanthophyll) entsteht jedenfalls durch chemische Veränderung des Blattgrüns oder Chlorophylls. Professor Kraus in Halle giebt auf Grund seiner neuesten Untersuchungen in Betreff der Entstehung der gelben Herbstfarbe folgende physiologische Erklärung: Wenn im Herbste die Thätigkeit des Protoplasmas erlischt, so wird der in die Zellen diffundirende Sauerstoff nicht mehr zum Stoffwechsel verbraucht, sondern derselbe verzehrt vielmehr durch Oxydation die organischen Bestandtheile der Blätter und zersetzt (entfärbt) zumal das Chlorophyll ²⁾. Damit stimmt auch die Erfahrung, dass häufig die Blätter ganzer Bäume oder auch einzelner Zweige derselben während der normalen Vegetationszeit gelb werden, wenn deren Zellen aus irgend einem Grunde die Fähigkeit der Assimilation verlieren, also in ihrer Lebensthätigkeit unterbrochen werden.

Nach Fremy besteht der grüne Farbstoff der Chlorophyllkörner aus einem Gemenge zweier Farbstoffe, einem gelben (Xanthophyll) und einem blauen (Cyano-

¹⁾ Nördlinger „Deutsche Forstbotanik“ 1874. S. 56.

²⁾ Die weingeistige grasgrüne Lösung des Chlorophylls wird bekanntlich durch Einwirkung des Lichtes schon beim Stehen an der Luft in kurzer Zeit durch Oxydation gelb gefärbt. Im Dunkeln bleiben Chlorophylllösungen selbst bei Gegenwart von gewöhnlichem (inactivem) Sauerstoffe unverändert. In Lösungsmitteln, welche wie z. B. Terpentinöl, den absorbirten Sauerstoff in Form von Ozon enthalten, wird das Chlorophyll durch Oxydation auch im Dunkeln zerstört. (Wiesner.)

phyll), die in ihrer Vermischung grün geben ¹⁾). Das gelbe Pigment ist schon in den jüngsten Blättern vor ihrem Ergrünen enthalten, die Grünfärbung derselben am Lichte würde also nur auf der Bildung des blauen Farbstoffes beruhen, und ebenso würde bei der Gelbfärbung der Herbstblätter durch Einwirkung des Sauerstoffs nur der blaue Farbstoff zersetzt werden.

Die Veränderungen, welche die Chlorophyllkörner in dem zum Abfalle sich vorbereitenden Laube erleiden, können mikroskopisch nachgewiesen werden. Nach den Beobachtungen von J. Sachs rührt die Entfärbung derselben nicht bloß von einer Zerstörung der grünen Farbe, sondern von einer Auflösung und endlichem Verschwinden der Chlorophyllkörner selbst her; dieselben verlieren zunächst ihre Stärkmehl-Einschlüsse, verändern ihre Form und während der Farbstoff fahl und endlich gelb wird, verschwindet auch die protoplasmatische Grundmasse der Chlorophyllkörner, so dass zuletzt in dem Zellsafte nur eine grössere Zahl kleiner, fettglänzender Körner übrig bleibt, die intensiv gelb gefärbt sind ²⁾). Diese gelben Körnchen sind also die Ueberreste des zerstörten Chlorophylls und bedingen die herbstlich gelbe Färbung der Blätter. Sie sind aber auch in den im Herbst roth gefärbten Blättern enthalten, nur liegen sie in diesem Falle in einem roth gefärbten Zellsaft.

Ganz ähnliche Veränderungen erleiden die Chlorophyllkörner in den Blättern solcher Pflanzen, die man längere Zeit ins Finstere stellt, oder die zu stark beschattet sind, zumal bei hoher Temperatur; auch verschiedene andere, die Ernährung störende Einflüsse, wie anhaltende Trockenheit, Mangel an Nährstoffen überhaupt, bewirken die gleichen Vorgänge auch bei vollem Lichteinflusse. Dem Forstmanne ist Gelegenheit geboten, diese Erscheinungen vielfach wahrzunehmen.

Der rothe Farbstoff (das Erythrophyll) der Herbstblätter ist im Zellsafte gelöst enthalten; er entsteht nach Krauss' neueren Untersuchungen nicht, wie man bisher annahm, durch weitere Oxydation des gelben Farbstoffes, sondern sehr wahrscheinlich durch die Gegenwart der Oxyphensäure ³⁾, welche

¹⁾ Schüttelt man durch Weingeist ausgezogenes Blattgrün mit einem Gemenge von 2 Thl. Aether und 1 Thl. wenig verdünnter Salzsäure, so nimmt der Aether das Gelb auf, während die untenstehende Salzsäure sich schön blau färbt. Mischt man beide Schichten mit Hülfe von Alkohol, so wird die grüne Farbe wieder hergestellt.

²⁾ Sachs „Experimental-Physiologie der Pflanzen“ 1865. S. 330.

³⁾ Oxyphensäure oder Brenzkatechin findet sich in manchen Pflanzen-Extrakten, so z. B. dem Katechu, aus welchem es durch Destillation gewonnen werden kann.

mit Pflanzensäure, wie z. B. mit Oxalsäure, eine schöne rothe Färbung giebt. Hieraus folgt, dass die rothen Pflanzensäfte nur in solchen Pflanzentheilen vorkommen können, welche reich an Pflanzensäuren sind. Stets finden sich aber neben dem rothen Saft noch gelbe Xanthophyllkörner; lässt man deshalb schweflige Säure (die Dämpfe verbrannten Schwefels) auf roth gefärbte Herbstblätter einwirken, so werden sie wieder gelb, indem dadurch der rothe Farbstoff zerstört oder gebleicht und der daneben existirende gelbe wieder sichtbar wird.

In der Regel färben sich im Herbste die Blätter jener Gewächse roth, welche rothe oder blaue Früchte bekommen. Alljährlich wahrzunehmen ist die rothe Färbung der Blätter an der Wildkirsche, Traubenkirsche, am Johannisbeerstrauch, am Vogelbeerbaum, an den amerikanischen Eichenarten, an der wilden Weinrebe, an den meisten Berberis- und Pyrus-Arten, an einigen Rhus-Arten, während die Blätter von Spitzahorn (*Acer platanoides*), von *Evonymus europaeus* (Pfaffenhütchen), *Ulmus campestris*, gelb oder roth werden; ebenso färben sich die Blätter des Weinstocks, welcher blaue Trauben giebt, in der Regel roth, während der mit weissen Trauben meist gelbe Blätter erhält. Nie roth, sondern bloß gelb werden im Herbste die Blätter des Maasholders und gemeinen Ahorns, der Erlen, der Ross- und Edelkastanien, der Linden, Eschen, des Nussbaums, der Akazien, Platanen, Birken, Pappeln, des Flieders, des Tulpenbaumes u. s. w.

Die braune und rothbraune Färbung der Herbstblätter rührt nicht von einem besonderen Farbstoffe her, sondern ist Folge der bereits begonnenen Humusbildung, veranlasst durch Oxydation und Zersetzung der in den Blättern enthaltenen Kohlenhydrate. Die braune oder dunkle Herbstfärbung ist daher immer ein Beweis des vollständigen Todes der Blätter; man findet diese Färbung deshalb auch bei Blättern, welche durch den Frost getödtet wurden (sehr häufig an der Esche). Alle mit gelber oder rother Farbe abgefallenen Blätter

Auch bildet es sich bei der trockenen Destillation mehrerer organischen Stoffe, wie des Holzes, verschiedener Harze und Gerbsäuren; in der lebenden Pflanze war dasselbe bisher nur von Gorup-Besanez in den Blättern von wildem Wein nachgewiesen. C. Kraus hat jedoch die Oxyphensäure in allen untersuchten herbstlich gefärbten Blättern aufgefunden, in welchen sie von Oxalsäure begleitet ist; ferner ist sie in den jungen Trieben oder assimilirenden Blättern enthalten und zwar stets von Pflanzensäuren begleitet. Wir finden deshalb an vielen Frühjahrstrieben die Blätter roth gefärbt.

sterben, auf dem Boden liegend, bald ganz ab, nehmen begierig Sauerstoff aus der Luft auf, ihre Kohlenhydrate werden zersetzt, gehen in Humuskörper (Ulmin- und Huminsäure) über und färben sich in Folge dessen dann ebenfalls schmutzig-braun oder gelblich-braun.

Kraus hat nachgewiesen, dass in den Herbstblättern nicht ein einzelner Farbstoff für sich vorkommt, sondern dass gewöhnlich alle drei Farbstoffbildungen neben einander auftreten. Aus den verschiedenen Mischungsverhältnissen dieser Farbstoffe erklärt sich die grosse Mannigfaltigkeit der Herbstfarben und die zahlreichen Schattirungen von Gelb, Roth und Braun, welche sich an den Herbstblättern finden.

Die winterl. Färbung immergrüner Pflanzentheile ¹⁾. An überwinternden grünen Pflanzen, namentlich an der Mehrzahl unserer Nadelhölzer (Kiefer, Fichte, Tanne, Weymuthskiefer), noch mehr aber am Buchsbaum in unseren Gärten, an Thuja- und Juniperus-Arten kann man beobachten, dass sich im Winter nach eingetretenen Frostnächten die Nadeln jener Zweige, die frei in die Luft ragen, allmählich gelblich-grün oder schmutzig-rothbraun (lederbraun) färben, dass sie aber im Frühjahr bei eintretender warmer Witterung wieder ihre natürliche grüne Farbe annehmen. Nach den Untersuchungen von Kraus werden bei diesem Farbenwechsel die Chlorophyllkörner nicht zerstört, sondern nur entformt, sie nehmen zugleich meistens eine von der normalen, sommerlichen Lagerung abweichende Vertheilung in den Zellen an und das grüne Pigment derselben wird gelb-braun oder röthlich-grün gefärbt. Diese Missfärbung zeigt sich aber nur an solchen Blattorganen, welche der Kältewirkung durch Strahlung besonders ausgesetzt sind; sie kommt daher häufig an der Oberseite solcher Blätter vor, welche frei in die Luft ragen; die Unterseite derselben und jene Nadeln oder Blätter, die im Innern der Krone sich befinden oder durch Zweige gedeckt sind, behalten ihre grüne Farbe, ebenso wie die beschirmten Pflanzen im Innern eines Holzbestandes. Als Ursache dieser Verfärbung, Form- und Lage-Veränderung der Chlorophyllkörner hat man nach Kraus die eintretende Winterkälte zu betrachten; einige Frostnächte mit Reif genügen bisweilen, um die Erscheinung

¹⁾ Ueber die Winterfärbung der Nadelhölzer hat Mohl sorgfältige Beobachtungen geliefert, neuerdings wurde sie durch Professor Kraus in Halle eingehenderem Studium unterworfen („Naturforscher“, Juliheft 1872 u. „Botan. Ztg.“ 1874 No. 26).

bei Buchs, *Juniperus* und *Thuja* hervorzurufen. Die Zellen dieser missfarbig gewordenen Nadeln und Blätter sind aber keineswegs durch den Frost getötet, denn durch Einwirkung höherer Temperatur (nicht des Lichtes) im Frühjahr werden die verfärbten Nadeln und Blätter wieder grün; dasselbe geschieht, wenn man abgeschnittene Zweige mit verfärbten Nadeln nur kurze Zeit in ein warmes Zimmer bringt.

Während G. Kraus die winterliche Färbung immergrüner Gewächse nur als eine Wirkung der Kälte betrachtet, ist Batalin auf Grund seiner Beobachtungen der Ansicht, dass die Verfärbung an den freistehenden Zweigen gleichfalls bedingt sei durch eine vorhergegangene Zerstörung des Chlorophylls bei direkter Sonnenstrahlung. Ausser an einer Reihe ausländischer Coniferen konnte Batalin auch am einheimischen *Juniperus communis*, *Picea excelsa*, *Thuja occidentalis* und an anderen Pflanzen wahrnehmen, dass das grüne Pigment der Chlorophyllkörner durch Einwirkung der starken, unmittelbaren Sonnenbeleuchtung zerstört werden kann; die Chlorophyllkörner werden zuerst blassgrün und nachher bei mehreren Pflanzen ganz gelb. Besonders empfindlich gegen starke Beleuchtung sind die Chlorophyllkörner der Coniferen. Wenn im Schatten oder im zerstreuten Lichte erwachsene Coniferen frei gestellt und sehr greller Beleuchtung ausgesetzt werden, so bemerkt man an allen neuen Sprossen, sowie auch an älteren, auf allen dem Lichte zugekehrten Nadeln ein mehr oder minder ausgeprägtes Blass- oder Gelbwerden derselben.

Diese Erscheinung tritt bei klarem Himmel und genügend hoher Temperatur schon nach Verlauf von 5—10 Tagen ein. Es ist nur nothwendig, dass auf die Nadeln unmittelbare Sonnenstrahlen fallen. Bei günstiger Witterung bleibt diese gelbe Färbung sehr lange, sogar den Sommer hindurch, z. B. bei Fichtenpflanzungen. Unter dem Mikroskop lässt sich nachweisen, dass das Licht in diesem Falle nur den grünen Farbstoff zerstört, ohne die Chlorophyllkörner selbst zu verändern. Bei verminderter mässiger Beleuchtung können solche Pflanzen wieder ihre grüne Färbung annehmen, und das beschriebene Gelbwerden führt also den Tod der Nadeln nicht herbei, zumal wenn die Pflanzen gut ernährt werden ¹⁾.

Da diese Erscheinung bei klarem Himmel nur dann vorkommt, wenn

¹⁾ „Botan. Ztg.“ 1874. No. 28.

die Lichtintensität sehr gross ist (wie im Sommer), so glauben wir kaum, dass sie auch an der Winterfärbung betheilig ist. Sie beruht jedenfalls darauf, dass bei hohen Lichtintensitäten (nach Wiesners Untersuchungen) mehr Chlorophyll zerstört, als gebildet wird.

Die herbstliche Erschöpfung der Blattorgane, veranlasst durch die Wanderung der werthvollsten Bestandtheile in den Stamm.

Wenn sich im Herbste in der dem Laub- und Nadelabfalle unmittelbar vorausgehenden Zeit die Assimilationsthätigkeit der Blätter vermindert und dieselben sich entfärben, so erleiden sie zugleich einen nicht unbedeutenden

Gewichtsverlust, indem verschiedene sehr werthvolle organische und unorganische Bestandtheile ganz oder theilweise auf dem Wege der Diffusion durch die Blattstiele in die Zweige und den Stamm übergehen, um daselbst (im Marke, in den Markstrahlencellen, in der Bast-schichte) als Reservenahrung für die nächste Vegetationsperiode aufgespeichert und im folgenden Frühjahr zur Bildung der neuen Triebe und Blätter verwendet zu werden ¹⁾).

Von organischen Blattbestandtheilen sind es vorzugsweise Kohlenhydrate (Stärke-mehl oder Amylum, Zucker oder Glykose) und die stickstoffhaltigen Ei-weissstoffe (wozu auch die protoplasmatische Grundmasse der Chlorophyllkörner gehört), von unorganischen oder Aschenbestandtheilen die Phosphorsäure und das Kali, welche die Blätter vor ihrem Abfall bis auf einen verhältnissmässig kleinen Rest verlassen und in den Stamm zurückkehren²⁾). Es sind also gerade solche Stoffe, die sowohl für die Ernährung der Pflanzen, als für die Ernährung der Thiere besonderen Werth haben. Es folgt daraus, dass das abgefallene Laub einen viel geringeren Futter- und Düngerwerth haben muss, als die grünen, noch lebenden Blätter; zugleich geht daraus aber auch hervor, wie haushälterisch der Baum seine werthvollsten, dem Boden entnommenen mineralischen Nährstoffe (Kali und Phosphorsäure) benutzt, denn von der in den grünen Blättern enthaltenen Gesamtmenge lässt er nur einen kleinen Theil in den abgefallenen Blättern und Nadeln zurück, den anderen Theil verwendet er nach

¹⁾ Diese Thatsache wurde von Prof. Ph. Zöller durch eine Untersuchung der Rothbuchenblätter in verschiedenen Entwicklungsperioden nachgewiesen; in neuester Zeit wurden seine Resultate von Dr. Rissmüller bestätigt und vervollständigt.

²⁾ Stärkemehl ist in den abgefallenen Blättern nur in den Schliesszellen der Spaltöffnungen mikroskopisch nachzuweisen, in den übrigen Theilen des Blattes fehlt es vollständig.

seiner Rückkehr in den Stamm in der nächsten Vegetationsperiode wieder zur Bildung neuer organischer Pflanzenbestandtheile, die wieder das Material zur Hervorbringung der neuen Blätter und Triebe liefern. Blieben sämtliche Eiweisstoffe und Kohlenhydrate, dann die gesammte Kali- und Phosphorsäuremenge in den abgefallenen Blattorganen zurück, so wäre der Düngerwerth der Laub- und Nadelstreu viel grösser, als er thatsächlich ist.

Der Verlust an Kali und Phosphorsäure, den die Waldbäume durch das Abwerfen der Blätter und Nadeln erleiden, ist demnach verhältnissmässig gering; grösser wird er, wenn im Sommer an einem Baume die Blätter in grünem Zustande entfernt werden¹⁾, oder wenn durch plötzlich eintretenden Herbstfrost ein sehr frühzeitiger Blattabfall stattfindet²⁾.

Mit dem Alter vermindert sich zwar der Kali- und Phosphorsäuregehalt der Blätter, dagegen vermehrt sich ihr Kalk- und Kieselsäuregehalt. Das abgefallene Laub ist deshalb auch viel reicher an diesen Stoffen, als die grünen Blätter und Nadeln, was aber bezüglich des Düngerwerthes der Waldstreu nur dann beachtenswerth ist, wenn der Boden an aufnehmbarer Kalkerde Mangel haben sollte.

Dass ein Rücktritt des Kalis und der Phosphorsäure, dagegen eine Zunahme des Kalkes und der Kieselsäure nicht nur bei den Laub-, sondern auch bei den Nadelhölzern in der dem Absterben und Abfallen der Nadeln vorausgehenden Zeit stattfindet, wurde von Rudolf Weber bei der Lärche, von Dr. J. Schröder bei der Kiefer nachgewiesen. An einem benadelten Kiefern-

¹⁾ Die grünen Zweigspitzen der Nadelhölzer, welche in vielen Gegenden als Aststreu („Schneidelstreu“) ein sehr beliebtes Streumaterial bilden und sowohl von stehenden, als auch von gefällten Bäumen gewonnen werden, haben mithin einen grösseren Düngerwerth, als die abgefallenen Nadeln. Dazu kommt noch, dass die jungen Zweige der Bäume fast ebenso aschenreich sind, als die Blätter. Durch die Entfernung der benadelten Zweige verliert also der stehende Baum mehr unorganische Nahrungsstoffe, namentlich Kali und Phosphorsäure, als durch die Reestreunutzung.

²⁾ Die Erschöpfung der Blätter an den einzelnen organischen und unorganischen Bestandtheilen scheint deshalb nicht in allen Jahrgängen gleich gross zu sein. Während nämlich Zöllner in den Novemberblättern einer Rothbuche (aus dem botan. Garten in München) im Jahre 1860 0,9 Thl. Kali und 1,7 Thl. Phosphorsäure in 1000 Theilen Trockensubstanz gefunden hat, ergaben die Blätter desselben Baumes im November 1861 einen Gehalt von 3,7 Theilen Kali und 2,5 Theilen Phosphorsäure; im Jahre 1872 enthielten die Novemberblätter 6,60 Theile Kali und 1,24 Theile Phosphorsäure.

zweig enthalten die jüngsten (heurigen) Nadeln das Maximum an Kali und Phosphorsäure; in überjährigen (zweijährigen) Nadeln nehmen diese beiden Mineralstoffe ab und erscheinen in den abgestorbenen (dreijährigen) Nadeln auf ein Minimum reducirt. Dagegen finden sich Kalk und Kieselsäure in den jüngsten (heurigen) Nadeln in geringster Menge, sie nehmen in den zweijährigen Nadeln bedeutend zu und bleiben in den abgestorbenen dreijährigen Nadeln angehäuft, nur der Kalk tritt aus den letzteren in geringer Menge aus, während Kieselsäure auch hier eine nochmalige sehr starke Vermehrung zeigt¹⁾.

Durch diese Untersuchungen sowohl, wie auch durch eine Reihe anderer sorgfältig ausgeführter Analysen ist erwiesen, dass die Zusammensetzung der Blätter nicht nur kurz vor ihrem Abfall, sondern auch während ihrer ganzen Lebensdauer (von ihrer Bildung bis zu ihrem Absterben) nicht constant bleibt und dass sowohl bezüglich des Wassergehaltes, als auch ihrer organischen und unorganischen Bestandtheile mit dem Alterwerden ein fortwährender Wechsel stattfindet²⁾. Ebenso wie alle Pflanzen und Pflanzentheile sind auch die Blätter und Nadeln der Bäume in ihrer ersten Entwicklungszeit am reichsten an Wasser, an stickstoffhaltigen Eiweiss- oder Proteinstoffen und an Kali und Phosphorsäure, sie haben daher auch in dieser Periode den grössten Futterwerth³⁾. Mit dem Alter werden die Blätter successive ärmer an diesen Stoffen, dagegen reicher an Kieselsäure und Kalkerde. Man kann daher schon aus Aschenanalysen erkennen, ob man es mit älteren oder jüngeren Pflanzentheilen zu thun hat. So lange die Blattorgane lebhaft funktionieren, ver-

¹⁾ Auf kalkhaltigem Boden findet jedenfalls auch in den abgestorbenen dreijährigen Kiefernadeln eine Vermehrung des Kalkes statt, ähnlich wie bei der Kieselsäure auf Silikatböden.

²⁾ Vergleiche Zöllers Aschenanalysen von Buchenlaub während verschiedener Wachstumsperioden in den „Landw. Versuchsstationen“, Bd. VI. S. 231, und die Untersuchungen des Buchenlaubs von Dr. Rissmüller, „Landw. Versuchsstationen“, Bd. XVII., S. 17.

³⁾ Dieser Reichthum der jungen Frühlingsblätter an Phosphorsäure und Kali ist leicht erklärbar durch die Thatsache, dass diese beiden Stoffe einerseits in engster Beziehung zur Wanderung der organischen Substanzen in den Pflanzen stehen, andererseits auch zu der Bildung von Eiweisskörpern und Kohlenhydraten, also zum Wachsthum unentbehrlich sind. Ueberall, wo sich Organe, wie z. B. die ersten Triebe im Frühjahr, durch zugewanderte organische Substanzen (Reservestoffe) ausbilden, überhaupt überall, wo lebhaftes Wachsthumsvorgänge stattfinden, finden wir an unorganischen oder mineralischen Stoffen hauptsächlich Phosphorsäure und Kali.

mindert sich der Kali- und Phosphorsäuregehalt nicht wesentlich, was Schröder aus dem Vergleiche der heurigen und überjährigen Kiefernadeln und Rissmüller für die Buchenblätter nachgewiesen hat. Erst beim allmählichen Verlöschen und schliesslichen totalen Aufhören der Blattthätigkeit tritt die zuerst langsame und endlich schnelle und bedeutende Erschöpfung ein.

Erschöpfung der Zweige und Aeste der Bäume vor ihrem Absterben.

In demselben jungen Kiefernbestande (bei Tharand), welcher das Material zur Untersuchung der Nadeln geliefert hatte, entnahm Dr. Schröder im Oktober 1873 einem Bäumen zwei der Stärke nach möglichst gleiche Aeste, wovon der eine gesund und grün benadelt, der andere aber dürr und durch Beschattung vollkommen eingegangen war und nur noch einige abgestorbene Nadeln hatte. Nachdem die Nadeln von beiden Aesten entfernt waren, wurden die letzteren (und zwar Stücke von gleichem Durchmesser und Länge) der Analyse unterworfen. Es ergab sich das interessante Resultat, dass analog den Blättern und Nadeln auch beim Absterben der Zweige und Aeste Kali und Phosphorsäure zum grössten Theil in den Stamm zurückkehren und dass sich dagegen der Kalk- und Kieselsäuregehalt ebenfalls vermehren. Man sieht daraus auf's Neue, wie ausserordentlich haushälterisch die Bäume mit den beiden höchst werthvollen Nährstoffen (Phosphorsäure und Kali) verfahren; sie geben davon sowohl mit den abgestorbenen Blattorganen, wie auch mit den durch Beschattung dürr gewordenen und abgestorbenen Aesten stets nur verhältnissmässig geringe Quantitäten ab. Das Dürholz (Leseholz), welches einen mehr oder weniger bedeutenden Theil der Waldstreu ausmacht, ist daher in Bezug auf Kali und Phosphorsäure ebenso erschöpft und arm, wie die abgefallenen Blätter und Nadeln; dagegen zeigt sich in beiden Abfällen ein Vorherrschen von Kalk und Kieselsäure.

Wenn daher die unteren am Baume stehenden Aeste und Zweige durch Beschattung absterben, wie es bei der natürlichen Reinigung junger Holzbestände der Fall ist, so treten zunächst Kali und Phosphorsäure, ebenso Eiweissstoffe und Kohlenhydrate aus den Blattorganen in die Aeste über, allmählig wandern sie dann auch von hier aus zum grössten Theile in den Holzstamm zurück und können von Neuem wieder zur Bildung organischer Stoffe, also zum Wachsthum verwendet werden.

Beim Absterben der Aeste oder bei der natürlichen Reinigung der Holzbestände bleiben mithin die werthvollsten Nährstoffe den Bäumen zum grössten Theile erhalten; nimmt man dagegen einem Baum einen Theil seiner grünen, noch vegetirenden Aeste, wie es bei der künstlichen Aufastung geschieht, so entzieht man ihm damit eine gewisse Menge Kali und Phosphorsäure, die demselben erhalten bliebe, wenn man dieselben Aeste durch Beschattung allmählig absterben liesse.

Untersucht man die äusseren abgestorbenen Rindenschichten (die Borkenschuppen) unserer Waldbäume und vergleicht dieselben mit den Bestandtheilen der inneren, jüngeren Rindenschichten, wie es Schröder bei der Fichte that, so findet man, dass die ersteren weit weniger Kali und Phosphorsäure, dagegen viel mehr Kieselsäure enthalten, als die letzteren; es geht daraus also hervor, dass in der Rinde in ähnlicher Weise wie bei den Blättern, Aesten und Zweigen eine Erschöpfung derjenigen Theile eintritt, deren Leben erloschen ist.

Bäume, welche die Borkenschuppen der Rinde abwerfen, liefern daher auch mit diesem Beitrage zur Waldstreu ein an Kali und Phosphorsäure verhältnissmässig armes Material.

Berücksichtigen wir noch den Umstand, dass auch die ältesten Holzschichten der Baumstämme stets ärmer an Kali und Phosphorsäure sind, als die jüngeren Holzmassen, was sich aus einem Vergleich des Kernholzes mit dem Splintholz und dem Cambium sofort ergibt¹⁾, so gelangen wir zu folgendem, für das Leben der Waldbäume und für die Oekonomie der Waldwirthschaft höchst wichtigen allgemeinen Naturgesetze:

Alle jene Theile oder Organe der Waldbäume, in welchen die vegetative Thätigkeit erloschen ist (wie die abgestorbenen Blätter und Nadeln, die abgestorbenen Aeste und Zweige, die Borkenrinde, das Kernholz) zeichnen sich durch einen geringen Gehalt an Kali und Phosphorsäure aus, indem diese beiden so wichtigen und im Boden oft nur in sehr geringer Menge vorhandenen mineralischen Nährstoffe aus den älteren abgestorbenen Theilen bis auf einen verhältnissmässig kleinen Rest auswandern und in die jüngeren,

¹⁾ Vergleiche Rudolf Webers Untersuchungen über das Lärchenholz, Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1873, Novemberheft S. 376.

lebenden Theile des Baumes übergehen, um dort wieder aufs Neue Arbeit zu leisten und sich am Wachsthum neuer Organe zu betheiligen. Die meisten der übrigen Aschenbestandtheile, und unter ihnen namentlich Kieselsäure und Kalkerde bleiben in den abgestorbenen Pflanzentheilen mehr oder weniger zurück und werden alljährlich durch den Blatt- und Nadelabfall, durch das abgestorbene Reisig oder Dürholz, durch die abfallenden Borkenschuppen der Rinde in grösserer Menge von den Bäumen abgeschieden und dem Boden zurückgegeben. —

Zur näheren Begründung der hier angestellten Betrachtungen über das Leben der Waldbäume mögen folgende tabellarische Zusammenstellungen verschiedener Analysen dienen. Es ist aus denselben der grosse Unterschied der Zusammensetzung zwischen grünen und abgefallenen Blattorganen, zwischen lebenden und abgestorbenen Aesten, zwischen der äusseren Borkenrinde und den inneren Rindenschichten zu ersehen, und ebenso geht aus einzelnen Beispielen hervor, welchen Einfluss das Alter oder die Entwicklungs- und Wachstumsperiode der Blätter auf ihre Zusammensetzung hat.

Untersuchung von Eichenblättern und Lärchennadeln

(im chemischen Laboratorium zu Tharand).

Es wurden gefunden in Prozenten (Stöckhardts „Chemischer Ackersmann“ 1866, pag. 158):

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
1) In den Blättern der Stieleiche:						
Wasser	—	73,9	—	51,0	50,0	25,0
Stickstoff ¹⁾	4,13	2,43	2,23	1,57	1,12	1,06
Asche	5,70	4,11	4,19	4,60	5,40	5,20
Phosphorsäure in Prozent. d. Trockensubstanz	1,41	0,86	0,45	0,30	—	—
2) in den Nadeln der Lärche:						
Wasser	78,0	69,2	63,1	55,4	54,1	62,0
Stickstoff	4,60	2,92	1,71	1,10	1,14	0,88
Asche	5,05	3,81	4,60	3,53	4,55	4,60

¹⁾ Der Eiweissgehalt ergibt sich bekanntlich aus der Stickstoffmenge, wenn man dieselbe mit 6,25 multiplicirt.

Analyse von Lärchennadeln aus dem Spessart,

ausgeführt im chemischen Laboratorium zu Aschaffenburg von Assistent R. Weber.
(Forst- u. Jagdztg., Novbr. 1873, pag. 370.)

Lärchennadeln.	Rohasche %	Darin		Reinasche %	in 100 Theilen Reinasche							
		Sand u. Kohle.	Kohlen- säure.		Kali	Natron	Kalk	Mag- nesia	Eisen- oxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure
Am 15. Oktbr. ge- pflückt	4,27	15,68	0,64	3,57	23,55	1,73	14,65	8,50	3,06	23,70	3,15	21,66
Am 25. Nov. nach dem Abfall ges.	4,67	9,62	4,80	3,99	4,57	1,36	21,98	6,91	2,80	3,74	1,62	57,02

Aschenanalyse von Eichenblättern

(nach Wolf's Zusammenstellungen von Aschenanalysen).

frische Eichenblät- ter im August	4,60	14,96	8,32	3,50	33,14	—	26,09	13,53	1,18	12,19	2,71	4,41
abgestorb. Eichen- blätter im Herbst	—	—	—	4,90	3,35	0,61	48,63	3,96	0,61	8,08	4,42	30,95

Aschenanalyse von Fichtennadeln

aus der Fasanerie bei Aschaffenburg (ausgeführt im chem. Laboratorium
zu Aschaffenburg von R. Weber).

junge Fichtennad. vom 16. Juni 1872	1,92	6,93	7,20	1,24	44,21	2,90	10,39	7,00	5,31	22,22	3,92	4,05
abgef. Fichtennad. im Herbst 1872	12,29	4,70	12,40	10,19	1,86	1,38	31,74	3,29	1,59	2,65	1,16	56,33

Analyse von Buchenlaub

aus dem Forstgarten zu Aschaffenburg (ausgeführt im chemischen Laboratorium
zu Aschaffenburg von R. Weber).

Buchenblätter.	Rohasche %	Darin		Reinasche %	in 100 Theilen Reinasche							
		Sand u. Kohle.	Kohlen- säure.		Kali	Natron	Kalk	Mag- nesia	Eisen- oxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure
junge Blätter vom 3. Mai 1872	6,26	4,40	7,80	5,50	37,81	2,05	18,74	6,89	0,96	23,89	4,54	5,12
abgefall. Laub des- selben Baumes im Herbst 1872	12,48	9,68	10,88	9,91	5,36	0,33	30,63	3,04	2,22	5,90	1,26	51,26

Aschenanalyse von Buchenblättern

eines 30-jährigen Baumes aus dem botanischen Garten in München
(ausgeführt vom Prof. Dr. Zöllner).

100 Gewthle. frischer Buchenblätter enthielten:	16. Mai 1861	18. Juli 1861	14. Oktbr. 1861	Ende Novbr. 1860
Wasser	78,46	55,87	56,77	—
Trockensubstanz	21,52	44,13	43,23	—
Rohasche	5,76	7,57	10,15	—

100 Theile dieser Aschen enthielten:

Kali	29,95	10,72	4,85	0,99
Natron	2,30	2,34	1,01	—
Kalk	9,83	26,46	34,05	34,13
Magnesia	3,10	3,52	2,79	7,13
Eisenoxyd	0,59	0,91	0,94	1,10
Phosphorsäure	24,21	5,18	3,48	1,95
Kieselsäure	1,19	13,37	20,68	24,37
Kohlensäure und unbestimmte Stoffe	28,83	37,50	32,20	25,35

Untersuchungen der Rothbuchenblätter

von Dr. Rissmüller („Landw. Versuchszt.“ 1874, Nr. 1).

1000 Stück frischer Buchenblätter aus dem botan. Garten in München
gaben folgende Gewichtsmengen in Grammen:

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Wasser	174,71	158,70	187,70	130,9	134,76	156,06	134,08
Trockensubstanz	53,22	106,76	145,36	134,9	121,56	105,67	112,16
Rohfaser	7,69	22,38	31,92	29,93	26,06	22,45	28,62
Stickstofffreie Extraktivstoffe	26,77	56,02	71,89	66,04	61,39	53,27	55,30
Fett	1,25	2,58	2,64	2,71	5,88	5,85	6,66
Eiweissstoffe	13,05	20,21	28,07	24,02	17,39	12,68	8,76
Asche	2,48	5,55	10,82	12,18	10,81	14,41	12,80
Natron	0,08	0,07	0,04	0,10	0,12	0,17	0,17
Kali	0,77	1,20	1,28	1,19	1,14	0,87	0,74
Kalk	0,36	1,38	3,02	3,90	3,26	3,57	4,21
Magnesia	0,19	0,63	0,99	1,02	0,88	0,79	0,91
Eisenoxyd	0,01	0,05	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07
Phosphorsäure	0,53	0,46	0,56	0,66	0,45	0,36	0,14
Kieselsäure	0,04	0,58	1,76	2,33	1,97	2,55	2,96

100 Theile dieser frischen Buchenblätter gaben:

Wasser	76,65	59,79	56,36	49,26	52,58	49,63	59,45
Trockensubstanz	23,35	40,21	43,64	50,74	47,42	40,37	45,55

100 Theile Trockensubstanz (vollkommen getrockneter Buchenblätter) enthalten:

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
Robfaser	14,46	20,97	21,96	22,19	21,44	21,25	25,52
Stickstofffreie Extraktivstoffe . .	50,26	52,47	49,45	48,95	50,50	50,41	49,30
Fett	2,36	2,42	1,82	2,01	4,84	5,54	4,94
Eiweissstoffe	28,25	18,93	19,31	17,81	14,31	12,00	7,81
Asche	4,67	5,20	7,45	9,03	8,90	10,80	11,42

100 Theile Asche dieser Buchenblätter enthielten:

Kali	31,23	21,74	11,85	9,81	10,53	7,67	5,78
Natron	3,28	1,32	0,37	0,83	1,16	1,58	1,38
Kalkerde	14,96	24,25	27,82	32,08	30,37	31,29	32,95
Magnesia	7,65	11,44	9,18	8,40	8,15	7,00	7,18
Eisenoxyd	0,76	0,99	0,78	0,84	1,17	0,56	0,52
Phosphorsäure	21,27	8,43	5,24	4,53	4,24	3,22	1,08
Kieselsäure	1,87	10,47	16,26	19,17	18,23	22,36	23,16

Aschenanalysen von Kiefernadeln

(ausgeführt von Dr. J. Schroeder im chem. Labor. zu Tharand¹⁾).

In 1000 Theilen vollkommen getrockneten Kiefernadeln (Trockensubstanz) wurden gefunden:

	heurige	überjährige	abgestorbene
Gesamtasche	15,62	18,94	15,25
Kali	6,25	4,17	1,44
Natron	0,43	0,57	0,23
Kalk	1,89	4,93	4,37
Magnesia	1,34	1,48	1,47
Eisenoxyd	0,35	0,51	0,54
Manganoxidoxydul	0,44	1,02	0,82
Phosphorsäure	2,98	2,41	0,60
Schwefelsäure	0,65	0,84	0,99
Kieselsäure	0,51	1,10	2,73

¹⁾ Die zur Untersuchung verwendeten Kiefernadeln wurden im Oktober 1873 einem jungen auf Quadersandstein stockenden Bestande des Tharander Waldes entnommen und zwar 1) die heurigen (einjährigen), 2) die überjährigen (zweijährigen) und 3) die an den Zweigen noch stehenden, aber vollkommen entfärbten und abgestorbenen (dreijährigen) Nadeln. („Tharander Forstl. Jahrbuch“ 1875. 25 Bd. S. 29.)

In 100 Theilen Kiefernadelasche wurden gefunden:

	heurige	überjährige	abgestorbene
Kali	40,01	22,00	9,45
Natron	2,72	3,00	1,52
Kalk	12,07	25,95	28,65
Magnesia	8,56	7,79	9,67
Eisenoxyd	2,21	2,70	3,56
Manganoxydoxydul	2,83	5,41	5,39
Phosphorsäure	19,06	12,71	3,94
Schwefelsäure	4,14	4,44	6,48
Kieselsäure	3,26	5,81	17,93
Rest	5,14	10,19	13,41

Aschenanalyse abgestorbener Kiefernäste (ohne Nadeln),
(von Dr. J. Schröder in Tharand).

In 1000 Theilen (1 Kilogr.) bei 100° C. getrockneten Kiefernästen wurden gefunden:

	in gesunden vegetirenden Ästen Gramm	in abgestorb. Ästen Gramm
Gesammtasche	13,86	14,01
Kali	3,15	0,43
Natron	0,42	0,12
Kalk	3,20	3,69
Magnesia	1,33	0,45
Eisenoxyd	0,44	0,83
Manganoxydoxydul	0,33	0,18
Phosphorsäure	1,42	0,30
Schwefelsäure	0,52	0,30
Kieselsäure	1,42	3,65

In 100 Theilen Asche dieser Kiefernäste wurde gefunden:

	in vegetirenden Ästen Gramm	in abgestorbenen Ästen Gramm
Kali	22,70	3,62
Natron	3,02	0,98
Kalk	23,11	30,97
Magnesia	9,62	3,74

	in vegetirenden Aesten Gramm	in abgestorbenen Aesten Gramm
Eisenoxyd	3,22	6,94
Manganoxydoxydul	2,37	1,49
Phosphorsäure	10,24	2,51
Schwefelsäure	3,73	2,48
Kieselsäure	10,27	30,69
Rest	11,72	16,58

Aschenanalyse von Fichtenrinde

(von Dr. J. Schröder¹⁾).

In 1000 Theilen bei 100 ° C. getrockneter Fichtenrinde wurden gefunden:

	Borkenschuppen	Innere Rinde
Kali	0,48	3,22
Natron	0,07	0,41
Kalk	6,33	10,08
Magnesia	0,41	1,49
Eisenoxyd	0,55	0,10
Manganoxydoxydul	0,95	3,33
Phosphorsäure	0,23	0,35
Schwefelsäure	0,88	0,14
Kieselsäure	4,61	0,67

In 100 Theilen Rindenasche wurden gefunden:

	Borkenschuppen	Innere Rinde
Kali	2,71	12,20
Natron	0,38	1,57
Kalk	35,57	38,18
Magnesia	2,32	5,66
Eisenoxyd	3,06	0,39
Manganoxydoxydul	5,35	12,61
Phosphorsäure	1,30	1,33
Schwefelsäure	4,95	0,51
Kieselsäure	25,87	2,52
Rest	18,49	25,03

¹⁾ „Tharander Forstl. Jahrbuch“ 1875. 25. Bd. S. 38.

Diese Zusammenstellungen bestätigen die Richtigkeit der oben angeführten Gesetze, namentlich die allmähliche Abnahme der Eiweissstoffe, des Kali- und Phosphorsäuregehaltes mit dem Aelterwerden und Absterben der Blätter, Nadeln, Zweige und Rinde und die Vermehrung derselben an Kieselsäure und Kalkerde ¹⁾).

Auffallend gross ist der Wassergehalt der jüngsten, völlig ausgewachsenen Buchenblätter im Mai, so lange sie hellgrün und durchscheinend sind, also ihre normale Beschaffenheit noch nicht erlangt haben. Er beträgt in diesem Entwicklungsstadium beinahe um die Hälfte mehr, als derjenige der Blätter späterer Perioden. Die Trockensubstanz (organische Substanz) ist dagegen in den jüngsten, völlig ausgewachsenen hellgrünen transparenten Blättern sehr gering, sie steigert sich aber bedeutend mit der weiteren Ausbildung der Blätter bis in den Juni, wo sie dunkelgrün gefärbt sind und ihre normale Beschaffenheit erhalten haben; es enthalten 1000 Theile frischer Buchenblätter im Juni beinahe noch einmal so viel Trockensubstanz als im Mai nach ihrer ersten Entwicklung, während sich ihr Wassergehalt im Juni fast um die Hälfte vermindert hat. Vom Juni an bis gegen das Ende der Vegetationsperiode bleibt die Zusammensetzung der Blätter in Bezug auf Wasser und Trockensubstanz ziemlich constant, — ein Beweis, dass alle organischen Stoffe, welche in der eigentlichen Wachstumsperiode der Bäume in den Blättern produziert werden, in die Zweige, Stamm, Wurzeln u. s. w. übergehen und zur Ausbildung derselben dienen. Im Herbst, von der eintretenden Verminderung der Assimilations-thätigkeit an bis zum Abfall erleiden die Blätter und Nadeln noch einen Gewichtsverlust oder eine Verminderung ihrer Trockensubstanz um beinahe ein Viertel oder Fünftel, indem, wie schon oben angeführt wurde, einzelne Blattbestandtheile zum grössten Theil in die überdauernden Organe des Baumes zurücktreten (Zöller).

Besonders beachtenswerth ist der bedeutende Fettgehalt der abgestorbenen, am Baume vertrockneten Buchenblätter: 100 Pfd. derselben enthalten nicht weniger als 5 Pfd. gelb gefärbtes Fett.

¹⁾ Vergleichende Aschenanalysen der Blätter der Rosskastanie und des Nussbaumes von Frühjahr und Herbst finden sich in Wolff's Zusammenstellung von „Aschenanalysen“, Berlin, Wiegand & Hempel, 1871.

Leider beschränken sich die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen nur auf die oben angeführten Holzarten; es wäre gewiss eine dankbare Aufgabe der forstlichen Versuchsstationen, dieselben auch auf die übrigen Waldbäume auszudehnen und eine und dieselbe Holzart in verschiedenen Meereshöhen der Analyse zu unterwerfen.

Veränderungen der sommerdürren Baum- und Strauchblätter.

Das verfrühte und abnorme Dürwerden oder Vertrocknen der Blätter vieler Bäume und Sträucher im Hochsommer bei anhaltend trockenem heissen Wetter ist eine leider häufig vorkommende Erscheinung namentlich an jungen Pflanzen. Wegen Wassermangels werden die Blätter zuerst schlaff, bei fortdauernder Trockniss färben sie sich gelb, endlich werden sie braun und vertrocknen ohne abzufallen und können den ganzen Winter über am Zweige hängen bleiben.

Es ist nun von grossem Interesse, zu wissen, ob auch bei den sommerdürren Blättern, ähnlich wie bei den abgestorbenen Herbstblättern eine Wanderung der in ihnen befindlichen Eiweisskörper und Kohlenhydrate nebst zugehöriger Phosphorsäure und Kali in die Zweige und den Stamm stattfindet oder nicht. Die zur Entscheidung dieser Frage von Professor G. Kraus an *Syringa vulgaris* (Flieder), *Cornus mascula* (Cornelkirsche) und *Aesculus hippocastanum* (Rosskastanie) angestellten mikroskopisch-chemischen Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen¹⁾:

- 1) Die den normalen Blattabfall einleitende, sonst im Herbst gebildete rundzellige Trennungsschichte an der Ansatzstelle der Blattstiele fand sich nicht vor, so dass die Blätter den ganzen Winter hindurch am Zweig verblieben.
- 2) Der Stickstoffgehalt in den sommerdürren Blättern ist fast doppelt so gross, als in den herbstlichen, — also ein Beweis, dass die stickstoffhaltigen Eiweisskörper im Blatte zurückbleiben, mit vertrocknen und später mit abgeworfen werden.
- 3) Der Phosphorsäuregehalt, welcher bekanntlich in inniger Beziehung zu den Eiweissstoffen steht, zeigt sich in analoger Weise in den sommerdürren Blättern ebenfalls fast doppelt so hoch, als in den abgefallenen Herbstblättern. Es folgt daraus, dass den Holzgewächsen und Sträuchern durch die Sommerdürre mit dem Blattfalle eine fast doppelt so grosse Menge an Eiweissstoffen und Phosphorsäure, als durch den Blattfall im Herbste entzogen wird.
- 4) Ein Theil des Kalis, als auch das Stärkmehl (*Amylum*) wandern in den

¹⁾ Vergl. „Botanische Zeitung“, 31. Jahrgang, 1873, No. 26 u. 27, oder das „Centralblatt für Agrikulturchemie“ II. Jahrg. 1873, Heft 9, pag. 156.

sommerdürren Blättern vor dem Vertrocknen aus, ganz so wie beim herbstlichen Blattabfalle. Die mikroskopische Untersuchung dünner Querschnitte der sommerdürren Blätter ergibt nämlich, dass in denselben die Stärke gänzlich verschwunden ist, und durch die Aschenanalyse solcher Blätter wurde nachgewiesen, dass der Kaligehalt in den sommerdürren und herbstlichen Blättern fast gleich ist.

Die von Professor Märcker auf Kraus' Veranlassung ausgeführte vergleichende Analyse der sommerdürren (im Juli welk gewordenen) und herbstlich gefärbten abgefallenen Blätter des Flieders (von Mitte Oktober), beide von demselben Strauche stammend, ergaben nachstehende Prozentzahlen:

	Sommerdürre Blätter.		Herbstliche Blätter.	
	Prozente der Trocken-substanz	In 100 Theilen Asche	Prozente der Trocken-substanz	In 100 Theilen Asche
Stickstoff	1,947	—	1,370	—
Phosphorsäure	0,522	6,5	0,373	3,8
Kali	2,998	37,3	3,831	39,7
Kalk	1,878	—	2,416	—
Asche (kohlen säurefrei)	8,028	—	9,636	—

Jedenfalls sind noch zahlreiche vergleichende Untersuchungen sommerdürren und herbstlicher Blätter verschiedener Holzpflanzen anzustellen, um allgemein gültige Gesetze zu finden. —

Ursachen der herbstlichen Entlaubung d. Holzgewächse, oder Veränderungen, welche den Laubabfall herbeiführen.

Die lebenden Blätter sind bekanntlich mit den Zweigen so fest verbunden, dass eine bedeutende mechanische Kraft nothwendig ist, um dieselben davon loszulösen; selbst die herbstlich gerötheten oder vergilbten Blätter sitzen oft noch völlig fest an den Baumzweigen und kommen wochenlang nicht zum Fallen. Es ist daher die Herbstfärbung noch kein Anzeichen dafür, dass die Blätter auch schon reif zum Abfallen sind, sondern es müssen vielmehr im Blatte und im Blattgelenke noch verschiedene Veränderungen stattfinden, um die Loslösung der Blattstiele von den Zweigen, also den Laubabfall zu ermöglichen.

Der allbekannte Botaniker Professor H. v. Mohl in Tübingen hat an zahlreichen Holzgewächsen zuerst nachgewiesen, dass sich im Herbste einige Zeit vor dem wirklichen Laubabfall an der Basis des Blattstieles (im Blattgelenk) eine aus sehr zarten, dünnwandigen Zellen bestehende Gewebsschichte,

die er „Trennungsschichte“ nannte, bildet, in welcher sich stets die Loslösung der Blätter vom Stamme vollzieht¹⁾. Diese Thatsache wurde neuerdings von Prof. Wiesner in Wien bestätigt, der im Herbst 1871 umfassende Untersuchungen über die Ursachen des Blattabfalls anstellte²⁾.

Zur Zeit der Entwicklung der Trennungsschichten ist nach den Beobachtungen Wiesners in den vergilbten Blättern nicht nur der Wassergehalt geringer, als in den grünen, sondern sie verlieren auch durch Verdampfung (Transpiration) weniger Wasser, als diese. Man sieht also, dass der Wassergehalt der Blätter und deren Transpiration in einer gewissen Beziehung zu der Vergilbung und dem Abfalle der Blätter stehen. Wiesner erklärt sich deshalb die Entstehung der Trennungsschichte durch die Annahme, dass die im Herbste eintretende Verminderung des Wassergehaltes der Blätter eine im Blatte vorhandene, aus fortpflanzungsfähigen Zellen bestehende Parenchym-schichte zur neuerlichen Production von Zellen, zur Bildung der erwähnten Trennungsschichte disponire. Durch die Bildung dieser Trennungsschichte wird zwar der Zusammenhang zwischen den Blättern und Zweigen gelockert, aber die eigentliche Loslösung (Trennung) der Blätter von den Zweigen wird erst durch weitere chemische Veränderungen im Blatte herbeigeführt.

Die erste und nächste Ursache des herbstlichen Laubabfalles bilden immer die klimatischen Verhältnisse, sie können aber die Loslösung der Blätter von den Zweigen nur einleiten und nicht direkt, sondern nur indirekt dadurch veranlassen, dass durch die im Herbste allmählig eintretende Temperaturerniedrigung, durch die verringerte Lichtmenge, dann durch Verminderung der Saugkraft des Blattes (in Folge organischer Veränderung im Gefässbündel) die Transpiration der Blätter vermindert wird und in Folge dessen eine Stagnation des Zellinhaltes eintritt. Diese gehemmte Saftbewegung ruft in den herbstlich gefärbten Blättern die Bildung einer reichlichen Menge organischer Säuren hervor³⁾. Aus diesem Grunde nehmen die Blätter im Herbste vor dem Laub-

¹⁾ Botan. Ztg. 1860 pag. 7 ff.

²⁾ Wiesner „Untersuchungen über die herbstliche Entlaubung der Holzgewächse.“ Separatabdruck aus dem 64. Bande der Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften. Novbrheft. 1871. Dann „Landw. Versuchsst.“ XV. Bd. 1872, pag. 144.

³⁾ Es ist wahrscheinlich, dass der von den Herbstblättern eingeathmete Sauerstoff theilweise zur Bildung organischer Säuren verwendet wird. Eine Bindung der gebildeten Säuren findet nicht mehr statt, weil die Zufuhr von basischen Körpern

abfall eine stark saure Reaktion an, der Saft derselben röthet blaues Lakmus intensiver, als der Saft grüner Blätter. Erst durch Einwirkung dieser organischen Säuren auf die Trennungsschichte wird die Ablösung der Blätter von den Zweigen dadurch hervorgerufen, dass dieselben die Intercellularsubstanz der Zellen der Trennungsschichte auflösen, wodurch die Zellen innerhalb dieser Gewebsschicht sich theilweise und zwar immer mit unverletzten Membranen von einander abheben und in Folge dessen die Verbindung von Blatt und Zweig lockern¹⁾. Vor dem Abfalle vollziehen sich aber nicht nur in der Trennungsschichte, sondern auch in den Gefässbündeln der Blätter, durch welche bekanntlich hauptsächlich die feste Verbindung zwischen Stamm und Blättern vermittelt wird, organische Veränderungen, welche die Lostrennung der Gefässbündel vom Stamme veranlassen und dadurch das Abfallen der Blätter begünstigen.

Diese Veränderungen bestehen nach Wiesner darin, dass im Blattgelenke, und zwar innerhalb des Bereiches der Trennungsschichten, die verholzten Theile (Holzzellen, Bastzellen und Gefässe) der Gefässbündel sich vermindern, wodurch dieselben ihre Festigkeit verlieren und nicht mehr die Fähigkeit haben, eine feste Verbindung zwischen Blatt und Zweig weiter herzustellen. Es ist dann schon eine geringe Bewegung der Blätter durch Luftzug hinreichend, um das Abfallen derselben zu veranlassen. Stark bewegte Luft, also heftige Winde, Stürme müssen demnach den Blattabfall beschleunigen. Sind dagegen Bäume gegen Wind geschützt, so kann die Entlaubung bedeutend verzögert werden. Ist daher die Herbstwitterung von der Art, dass sie die Vegetationsthätigkeit ganz allmählig zum Stillstand bringt, so werden auch die Blätter ganz allmählig und zwar in der Reihenfolge ihrer Entstehung, die ältesten zuerst, die jüngsten zuletzt, abgeworfen.

Erfolgt der Laubfall nicht in normaler Weise, sondern wird er durch plötzlich eintretenden Frost veranlasst, so beruht die Loslösung der Blätter von

(Kalkerde, Kali) in dieser Periode aufhört. Ferner werden nach Beendigung der Vegetationszeit die organ. Säuren, wie Oxalsäure u. s. w. nicht weiter metamorphisirt, also in keine anderen Verbindungen übergeführt.

¹⁾ Holzpflanzen mit leicht abfallendem Laube (die meisten sommergrünen Gewächse) transpiriren bei mittlerer Temperatur stärker, als Holzgewächse mit schwer abfallendem Laube (z. B. die wintergrünen Gewächse). Da nun beim Sinken der Temperatur die Menge des verdampfenden Wassers, also die Transpiration bei den sommergrünen Gewächsen sich weitaus mehr vermindert, als bei den wintergrünen Pflanzen, so ist klar, warum die ersteren ihre Blätter früher abwerfen, als die letzteren.

den Zweigen auf rein mechanischen Vorgängen, indem durch die Eisbildung und durch das darauffolgende Aufthauen die Zellen der Trennungsschichte zerrissen und die Gefässbündel am Grunde des Blattstieles mechanisch abgebrochen oder abgerissen werden. Schlägt deshalb im Herbst milde Witterung plötzlich so um, dass die Temperatur Nachts unter den Gefrierpunkt herabsinkt, so tritt sofort, oft schon nach einer einzigen kalten Herbstnacht der Blattabfall so plötzlich und allgemein ein, dass die Bäume in kurzer Zeit total entblättert sind.

2. Die Zeit des Blattabfalles.

Gleich wie Blätter im Walde, so sind die Geschlechter
der Menschen,
Blätter verweht zur Erde der Wind nun;
andere treibt dann
Wieder der knospende Wald, wann neu auflebet der
Frühling;
So der Menschen Geschlecht, dies wächst und jenes
verschwindet.
Homer.

Der Laubabfall bietet, wie wir uns überzeugten, durch die verschiedenen Veränderungen, welche die Blätter vor ihrer Ablösung erleiden, reichen Stoff zu den anziehendsten Betrachtungen. Nicht ohne Interesse wird daher der Forstmann an einem schönen frischen Oktober- oder Novembermorgen bei seinem Waldbegaug den Laubfall beobachten. „Ohne von einem Lüftchen gerührt zu sein“, so schildert Berthold Sigismund dieses Schauspiel, „löst sich aus den bunten im goldigen Lichte der Herbstsonne prangenden Baumkronen sanft und leise ein Blatt nach dem andern vom Zweige ab und fällt, oder vielmehr schwebt und tanzt in wunderschönen Ringelreihen zur Erde nieder. Und zwar hat jede Baumart ihren besonderen Blättertanz. Die herzförmigen Blätter der Linde, die sich so früh zur Erde begeben, schwingen sich anders ab, als die lappigen des Ahorns oder die handförmigen Fächer der Rosskastanien. Bei allen beschreibt die Bahn eine graziöse Spirale, aber die Windungen derselben haben je nach den Gesetzen des Gleichgewichts, welches zwischen Stiel und Blattfläche stattfindet, ihre eigene Form. Indess auch von demselben Baume fällt kein Blatt ganz auf gleiche Art, wie seine Genossen, das grössere durchläuft seinen letzten Gang rascher; ein von Reif beschwertes kommt auffallend schneller zur Erde; ein drittes fällt auf einen Zweig, rastet da eine Zeit

lang und biegt sich dann in Gesellschaft mehrerer Gefährten, die es durch sanfte Berührung zum Hingang angeregt zu Boden nieder. Stunden lang könnte man zusehen und würde immer neue schöne Fallbewegungen gewahren.“

Mit dem Abfallen des Laubes haben die Blätter ihre Lebensdauer vollendet. Die Lebensdauer oder das Alter der Blätter ist aber nicht nur nach Holzart sehr verschieden, sondern kann auch durch klimatische Verhältnisse, durch bessere oder schlechtere Ernährung des Baumes verkürzt oder verlängert werden. Selbst an einem und demselben Orte zeigen nicht nur die Blätter verschiedener Holzgewächse, sondern auch derselben Holzart, je nach Beschaffenheit des Standortes eine grosse Verschiedenheit bezüglich der Lebensdauer, ja sogar an einem und demselben Baume treten Differenzen im Lebensalter der Blätter ein, woher es kommt, dass einzelne Zweige und namentlich die Spitzen derselben häufig noch beblättert sind, wenn andere schon kahl stehen; der Laubabfall dauert deshalb an demselben Baume häufig einige Wochen, indem nach und nach die einzelnen Blätter an die Reihe kommen. Unter normalen Verhältnissen erfolgt die Entlaubung an einem Zweige von unten nach oben, d. h. es lösen sich zuerst die untersten, ältesten Blätter ab und so schreitet die Ablösung allmählig nach oben gegen die jüngeren Blätter fort¹⁾.

Wenn der Laubabfall in naturgemässer Weise stattfindet, d. h. nicht durch Frost herbeigeführt wird, so geht demselben stets eine Entfärbung der Blätter und die Bildung der Trennungsschichte (im Blattgelenk) voraus. Je nachdem nun die letztere sich früher oder später erzeugt, tritt auch der Laubabfall früher oder später ein. Bei denjenigen Bäumen, die ihre Blätter erst spät abwerfen, wie z. B. bei der Wintereiche (*Quercus sessiliflora*), und der Hainbuche, an welchen ein grosser Theil des verdorrten Laubes den ganzen Winter über am Zweige hängen bleibt und erst den jungen schwellenden Knospen im Frühjahre weicht, bildet sich auch die Trennungsschichte am spätesten aus.

Bei der Herbstfärbung der Blätter wurde schon Seite 7 hervorgehoben, dass die Blätter einer Pflanze gelb werden, sobald die Zellen aus irgend einem Grunde die Fähigkeit der Assimilation verlieren oder darin geschwächt werden. Eine Verminderung der Assimilation oder Lebensthätigkeit der Blätter erfolgt aber nicht nur durch Temperaturerniedrigung und ver-

¹⁾ In Uebereinstimmung damit fand Wiesner, dass im Herbste der Wassergehalt der Blätter an einem Zweige von oben nach unten stetig abnimmt.

ringerte Lichtmenge im Herbst, sondern tritt auch ein, wenn man Pflanzen ins Finstere stellt, oder wenn sie, wie es in Wäldern oft der Fall ist, durch Oberholz zu stark beschirmt resp. beschattet werden. Auch verschiedene andere, die Ernährung störende Einflüsse, wie anhaltende Trockenheit, Mangel an Nährstoffen bewirken die gleichen Vorgänge. Ebenso ist uns bereits bekannt, dass ein verminderter Wassergehalt der Blätter (ungenügender Saftzufluss) Veranlassung zur Bildung der Trennungsschichte giebt¹⁾.

Die Lebensdauer der Blätter oder die Zeit des Eintrittes der Entlaubung hängt daher nicht nur von der Holzart, sondern auch von verschiedenen anderen Umständen ab. Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass auf die Verkürzung oder Verlängerung der Lebensdauer, also auf den früheren oder späteren Laubfall von Einfluss sind: Die klimatischen Verhältnisse, besonders die Herbstwitterung (die früher oder später eintretende Temperaturniedrigung und die Feuchtigkeitsverhältnisse im Herbst), die Lage des Ortes über der Meeresoberfläche, der Feuchtigkeitsgrad, die Güte des Bodens und die Bodenwärme, die dunklere oder lichtere Stellung der Bäume in den Wäldern, die kräftigere oder schwächere Entwicklung der Pflanzen, die Einwirkung von Frost, starken Winden u. s. w.

Es ist also leicht begreiflich, dass die Zeit der Entlaubung nicht nur nach Holzart verschieden ist, sondern dass sie auch an einer und derselben Holzart in verschiedenen Gegenden früher oder später erfolgen muss; ebenso ist einleuchtend, dass der Laubabfall an einem Orte in den verschiedenen Jahrgängen und in einem und demselben Jahre nicht immer zu derselben Zeit eintreten kann.

Durch unsere phänologischen Beobachtungen in Bayern wurde nachgewiesen, dass der Laubabfall einer Holzart im Allgemeinen um so früher erfolgt, je höher ein Ort über der Meeresoberfläche liegt; im Gebirge und in rauhen Lagen tritt er daher frühzeitiger ein, als in Niederungen oder in warmen, geschützten Lagen (vorausgesetzt, dass die nöthige Bodenfeuchtigkeit nicht fehlt). Ferner wissen wir aus Erfahrung, dass in südlichen milderer Gegenden dieselben Bäume ihr Laub länger behalten, als in nördlichen, kälteren²⁾.

¹⁾ Die Bildung der Trennungsschichte und die durch sie erfolgende Ablösung der Blätter kann auch freiwillig veranlasst werden, wenn man frische, abgebrochene Zweige allmählich vertrocknen lässt.

²⁾ In Unteritalien verlieren nach Tenore (Wiesner) Ahorn, Esche, Nussbaum, Pappeln und Linde ihr Laub erst Ende November; Apfelbaum, Birke und Ulme

Die beschatteten Zweige eines Baumes entblättern sich nach Wiesner früher, als die gut belichteten¹⁾, ebenso verlieren stark beschattete Pflanzen ihre Blätter frühzeitiger, als lichtständige; Unterholz entlaubt sich um so früher, je mehr die Holzgewächse durch Verdämmung schon gelitten haben. Nach Pfeils Beobachtung halten sich dagegen beschattete Pflanzen, besonders Buchen und Hainbuchen, wenn sie vollkommen gesund sind, länger grün, als die stark beleuchteten Exemplare; ebenso pflegen isolirte Bäume ihr Laub früher zu verlieren, als im Bestande stehende. Es erklärt sich diese Wahrnehmung wohl dadurch, dass Bäume in freiem Stande in der Regel weniger Bodenfeuchtigkeit vorfinden, als in geschlossenen Holzbeständen und ebenso ist die nächtliche Wärmeausstrahlung, also die Abkühlung bei den ersteren viel stärker, als bei geschützten Waldpflanzen im Innern der Bestände.

An trockenen Südabhängen stirbt das Laub im Allgemeinen früher ab, als an frischen Nordabhängen; ebenso wird es auf trockenem Sandboden, oder auf Boden, der durch Laubrechen entkräftet ist, früher abgeworfen, als auf frischem kräftigen Boden. Auch tritt die Entlaubung ungewöhnlich früh nach heissem trockenen Sommern ein, oder wenn das Frühjahr zeitig begonnen hat und ein trockener Herbst darauf folgt; sehr trockene und dürre Sommer haben ein erzwungenes Absterben des Laubes zur Folge.

Reichliche Saftzufuhr verlängert das Leben der Blätter; alle Bäume, welche einen kräftigen Wuchs haben und vollkommen gesund sind, behalten daher ihr Laub länger, als diejenigen, welche sich in einem kränklichen Zustande befinden. Wegen Saftfülle bleiben Eichenstockausschläge häufig bis in den November so frisch belaubt, dass man daraus noch Kränze flechten kann (Nördlinger).

Auch äussere mechanische Verletzungen der Blätter bewirken oft ein rasches Absterben und Abfallen derselben; ebenso lösen sich an einem Zweige kleine verkümmerte Blätter stets früher ab, als normal entwickelte.

aber Ende December. Die Stieleiche behält auf Madeira ihre grünen Blätter bis Mitte December; selbst Apfel- und Birnbäume entlauben sich erst im gleichen Monate. Auch unter den Tropen giebt es eine Anzahl von Pflanzen, welche ihre Blätter periodisch abwerfen; dies geschieht dort aber stets während der heissen Jahreszeit, die also in dieser Beziehung unserem Winter analog zu setzen wäre.

¹⁾ Unbesonnte, überhaupt schlecht beleuchtete Blätter transpiriren weit schlechter, als gut belichtete; bei ersteren sinkt die Transpiration rasch, es kommt hier alsbald zu einer Stagnation der Zellflüssigkeit, welche, wie wir oben zeigten, durch vermehrte Bildung organischer Säuren die Ablösung der Blätter herbeiführt.

Wenn man an einem möglichst freistehenden, gesunden und kräftig entwickelten Baume alljährlich den Tag notirt, an welchem derselbe seine Blätter ganz oder doch wenigstens bis auf einzelne verloren hat, und setzt diese Beobachtungen an demselben Baume eine Reihe von Jahren fort, so findet man schliesslich, an welchem Tage durchschnittlich der Laubabfall für den betreffenden Ort stattfindet. Es lässt sich auf diese Weise für jeden Ort ein Kalender der Entlaubung herstellen, wenn man die Beobachtungen auf verschiedene Holzgewächse und Sträucher ausdehnt. Werden derartige Daten an möglichst zahlreichen und verschiedenen Orten gesammelt, so kann man daraus am besten den Einfluss des Standortes auf die Zeit der Entlaubung erkennen ¹⁾.

Solche „phänologische Beobachtungen“, die den Zweck haben, Daten zu sammeln über die verschiedenen periodisch wiederkehrenden Erscheinungen im Pflanzen- und Thierreiche, also auch über Belaubung, Blütenbildung und Fruchtreife, nicht nur an Bäumen und Sträuchern, sondern auch an landwirthschaftlichen Culturpflanzen werden gegenwärtig in verschiedenen Ländern angestellt, insbesondere in Oesterreich, Bayern, der Schweiz u. s. w. ²⁾.

In Bayern werden Aufzeichnungen über die verschiedenen Entwicklungsphasen der Waldbäume und anderer Gewächse seit dem Jahre 1869 an 68 verschiedenen Revieren gemacht ³⁾.

Die Hauptergebnisse, welche sich bezüglich der Zeit des Laubabfalles aus dem vorliegenden Materiale bis jetzt ergeben haben, sind in der nachfolgenden Zusammenstellung enthalten. (Vergl. Tabelle II. im Anhang.)

¹⁾ Da so verschiedenartige Verhältnisse die Entlaubung beschleunigen oder verzögern, so kann dem Vorschlag des Professors Hofmann in Giessen, den er schon bei der Naturforscherversammlung in Wien machte, nur beigestimmt werden, statt der Entlaubung die herbstliche Entfärbung des Laubes zum Gegenstande vergleichender Aufzeichnungen zu machen, indem bei derselben nicht so viele störende Einflüsse in Betracht kommen.

²⁾ Die Ergebnisse neunjähriger Beobachtungen über Belaubung und Entlaubung von 173 verschiedenen Gewächsen, angestellt von H. Fritsch im botanischen Garten zu Wien, finden sich im „Sitzungsberichte der k.k. Akademie der Wissenschaften“ 43. Bd, Januarheft 1861, S. 81. Wien, k. k. Hof- und Staatsdruckerei.

Die schweizer Resultate werden alljährlich publicirt unter dem Titel: „Phänologische Beobachtungen im Canton Bern“, Buchdruckerei von Alleman in Bern. Sie beginnen mit dem Jahre 1869.

³⁾ Vergl. E. Ebermayer „Instruktionen für phänologische und klimatologische Beobachtungen“, Aschaffenburg 1868, Wailandt'sche Druckerei.

Zeit der Entlaubung der wichtigsten Laubhölzer.

Beobachtungs-Gebiet	Datum der vollständigen Entlaubung:			Für je 100 Meter Meereshöhe tritt die Entlaubung früher ein um:
	Frühestes	Spätstes	Normal-Mittel 1)	
Rothbuche (<i>Fagus sylvatica</i>).				
Bayern (4-jähriges Mittel)	6. Okt.	21. Nov.	3. Nov.	4,2 Tage.
Schweiz (4-jähriges Mittel)	19. Okt.	18. Nov.	7. Nov.	2,5 „
Wien (9-jähriges Mittel)	5. Nov.	22. Nov.	13. Nov.	— „
Stieleiche (<i>Quercus pedunculata</i>).				
Bayern (4-jähriges Mittel)	11. Okt.	29. Nov.	8. Nov.	4,5 Tage.
Schweiz (4-jähriges Mittel)	18. Okt.	25. Nov.	7. Nov.	— „
Wien (9-jähriges Mittel)	22. Okt.	10. Nov.	31. Okt.	— „
Gemeiner Ahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>).				
Bayern (4-jähriges Mittel)	5. Okt.	15. Nov.	27. Okt.	4,1 Tage.
Schweiz (4-jähriges Mittel)	5. Okt.	11. Nov.	2. Nov.	2,1 „
Wien (9-jähriges Mittel)	1. Nov.	22. Nov.	11. Nov.	— „
Birke (<i>Betula alba</i>).				
Bayern (4-jähriges Mittel)	4. Okt.	21. Nov.	1. Nov.	3,0 Tage.
Schweiz (4-jähriges Mittel)	14. Okt.	19. Nov.	8. Nov.	1,9 „
Wien (9-jähriges Mittel)	25. Okt.	8. Nov.	30. Okt.	— „
Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>).				
Bayern (4-jähriges Mittel)	14. Okt.	18. Nov.	24. Okt.	3,8 Tage.
Schweiz (4-jähriges Mittel)	10. Okt.	7. Nov.	1. Nov.	2,5 „
Wien (9-jähriges Mittel)	17. Okt.	3. Nov.	28. Okt.	— „
Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>).				
Bayern (4-jähriges Mittel)	7. Okt.	17. Nov.	27. Okt.	3,9 Tage.
Schweiz (4-jähriges Mittel)	14. Okt.	11. Nov.	30. Okt.	2,3 „
Wien (9-jähriges Mittel)	13. Nov.	28. Nov.	23. Nov.	— „
Linde (<i>Tilia parvifolia</i>).				
Bayern (4-jähriges Mittel)	4. Okt.	5. Nov.	24. Okt.	4,3 Tage.
Schweiz (4-jähriges Mittel)	12. Okt.	21. Nov.	7. Nov.	3,2 „
Wien (9-jähriges Mittel)	31. Okt.	17. Nov.	9. Nov.	— „
Lärche (<i>Larix europaea</i>).				
Bayern (4-jähriges Mittel)	13. Okt.	4. Dez.	11. Nov.	4,9 Tage.

1) Für Bayern bezieht sich das Normalmittel auf 350 M. Meereshöhe (Donau-ebene), für die Schweiz auf 450 M. Meereshöhe.

Den Beginn der völligen Entlaubung macht bei uns in Bayern mithin die Linde, Esche, der Ahorn und die Schwarzerle, dann folgen der Reihe nach die Birke, die Rothbuche, Stieleiche und Lärche.

Bei mehreren Laubholzgattungen, wie *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Castanea* findet im Herbst eine vollständige Entlaubung gar nicht statt, sondern das Laub färbt sich braun, wird trocken und bleibt am Baume theilweise hängen, bis kurz vor dem Aufbrechen der Knospen im kommenden Frühjahr.

Die Lebensdauer der Coniferennadeln.

Die Nadeln der Coniferen werden bekanntlich viel älter, als die Blätter der Laubbäume, denn sie erreichen ein Alter von 1—10 Jahren. Nur die Lärche macht davon eine Ausnahme, indem sie, wie bekannt, alljährlich im Herbst ihre Nadeln abwirft und dadurch den Uebergang von den Laubhölzern zu den wintergrünen Nadelhölzern vermittelt. Aber auch fast alle anderen Nadelbäume verlieren einige einjährige Nadeln; die Mehrzahl derselben fällt aber erst in den späteren Jahren, doch bei einer Art früher als bei der andern. Da das Alter der Triebe an einem Nadelholzbäumchen oder am Wipfel eines älteren Baumes leicht zu erkennen ist, so lässt sich auch sofort nachweisen, wie viele Jahre die Nadeln stehen, ehe sie abfallen.

Die Tannennadeln bleiben am längsten sitzen und werden unter allen Nadeln am ältesten, denn die meisten fallen erst vom 7. bis 9. Jahre, in jungen Stangenhölzern findet man aber zuweilen selbst noch an zehn- und elfjährigen Trieben des Stammes einige Nadeln.

Die Fichte verliert ihre meisten Nadeln vom 4. bis 7. Jahre; an der Kiefer fallen die meisten Nadeln im 3., oft auch erst im 4., an stark beschatteten Zweigen aber auch schon im 2. Jahre. An der Schwarzkiefer (österreichischen Kiefer) erfolgt der meiste Nadelabfall zwischen dem 3. bis 6. Jahre, am Eibenbaum (*Tax. baccata*) im 3. und 4. Jahre, und die Weymuthsföhre behält ihre Nadeln nicht einmal zwei Jahre.

Das Abfallen der Nadeln erfolgt nicht nur im Herbst, sondern in allen Jahreszeiten; wir haben uns nur immer zu vergegenwärtigen, dass die ablösenden Nadeln stets 2—3, beziehungsweise schon 4—7 Jahre vorher gebildet wurden.

In der Regel lösen sich an den jüngeren Coniferenzweigen zuerst die unteren oder ältesten Nadeln ab, später folgen dann die jüngeren oberen; an älteren Trieben fallen aber fast ebenso häufig die obersten, von den Seiten-

ästen stark beschatteten Nadeln zuerst ab. An gut belichteten Zweigen halten sich überhaupt die Nadeln länger als an beschatteten.

Aehnlich wie bei den Laubhölzern haben auch bei den Nadelhölzern die klimatischen Verhältnisse, die Beschaffenheit des Bodens, der dichtere oder räumlichere Stand, das Alter der Bäume u. dergl. grossen Einfluss auf die Lebensdauer der Nadeln, oder auf die Zeit ihres Abfalles.

3. Grösse des Blatt- und Nadelabfalles in den Wäldern,

oder

Untersuchungen über die Streumenge in den Wäldern.

Da die abgefallenen Blätter und Nadeln das Hauptmaterial zur Bildung der Streu- und Humusdecke bilden, und die Grösse der Streuproduktion wesentlich von der Menge des Laub- und Nadelabfalles abhängt, so ist es in mehrfacher Beziehung, besonders auch wegen der Ablösung der Streurechte, von hohem Interesse, durch ausgedehnte mehrjährige Untersuchungen den durchschnittlichen Streuertrag einer bestimmten Waldfläche in verschiedenen Holzbeständen und unter verschiedenen forstlichen und Standortsverhältnissen kennen zu lernen.

Solche Streuermittlungsversuche werden im Königreiche Bayern an 87 Versuchsorten und zwar in einzelnen Revieren schon seit 1861 und 1862, an anderen seit 1866 nach der in den „Forstlichen Mittheilungen“, IV. Bd., 2. Heft, veröffentlichten Instruktion ausgeführt.

Ehe wir die bisherigen Ergebnisse einer näheren Betrachtung unterziehen, ist es nothwendig, einige allgemeine Bemerkungen über jene Faktoren voranzuschieken, welche auf die Grösse des jährlichen Blatt- und Nadelabfalles und damit auf den Streuertrag besonderen Einfluss haben,

In erster Linie hängt natürlich die Streuproduktion von der Menge des jährlichen Blatt- und Nadelabfalles, mit anderen Worten von der Zahl und Grösse der abgefallenen Blätter ab.

Der Grad oder die Stärke der Belaubung der Waldbäume.

Der Grad oder die Stärke der Belaubung ist theilweise schon durch die Natur der einzelnen Holzarten bedingt. Die schattenertragenden Bäume (Weisstanne, Fichte, Rothbuche) haben z. B. eine dichtere Krone und sind daher auch stärker belaubt, als die lichtbedürftigen Holzarten (Eiche,

gemeine Kiefer, Aspe, Lärche, Birke). Bei den erstgenannten Holzgewächsen ist die Krone nicht nur an der Peripherie belaubt, sondern es finden sich auch im Innern derselben viele kleine mit Blättern besetzte Zweige, während bei den lichtbedürftigen Bäumen diese letzteren in viel geringerer Anzahl vorhanden sind oder fast gänzlich fehlen, und die Blätter vorzugsweise nur an den Zweigenden der Krone sitzen.

Doch auch bei einer und derselben Holzart ist der Grad der Belaubung nach Standorts- und Wachstumsverhältnissen verschieden. Zu einer reichlichen Blattbildung gehört vor Allem, dass im Boden die nöthigen mineralischen Nährstoffe (insbesondere Phosphorsäure und Kali) in aufnehmbarer Form vorhanden sind; besitzt der Boden noch die genügende Feuchtigkeit und die erforderliche Lockerheit und Tiefgründigkeit behufs Ausbildung möglichst zahlreicher Faserwürzelchen, so ist auch die Bekronung voller und dichter und der Blattabfall grösser, als auf schlechtem, trockenem und seichtgründigem Boden. Da insbesondere ein höherer Feuchtigkeitsgrad des Bodens auf die Blattbildung günstig einwirkt, so ist auch in der Regel auf den frischen nördlichen und östlichen Abhängen die Bekronung und Belaubung dichter, als auf den trockenen südlichen und westlichen Expositionen.

Zur normalen Entwicklung der Blattknospen und Blätter gehört ferner aber auch ein genügendes Maas von Wärme. Wenn deshalb während der Vegetationszeit warme und feuchte Witterung vorherrschend ist, so wird dadurch die Blattknospenbildung im Herbst begünstigt. Folgt darauf eine der Blattentwicklung günstige feuchte Frühjahrswitterung und ist der Sommer nicht zu trocken, so ist der Grad der Belaubung stärker als bei gegentheiligen Verhältnissen. Da jedoch zur Blattknospenbildung und zur Blattentfaltung bekanntlich eine geringere Wärmemenge erforderlich ist, als zur Blüten- und Samenerzeugung, so ist häufiger Regen, also feuchte Witterung, und dadurch bedingte grössere Bodenfeuchtigkeit der Blattbildung viel günstiger als anhaltende Hitze und Trockenheit. Nachdem die Witterungs-, namentlich Regenverhältnisse einen so entschiedenen Einfluss auf die grössere oder geringere Blattentwicklung haben, so müssen wir darin auch die Ursache erkennen, warum unseren Untersuchungen zufolge in einem und demselben Walde die jährliche Streuenge oft mehrere Jahre nach einander abnimmt, plötzlich aber wieder eine bedeutende Zunahme zeigt. Die erstere Erscheinung tritt in trockenen Jahren, die letztere in nassen regenreichen Jahren auf.

Zu den wesentlichsten Bedingungen der Blattentwicklung gehört endlich auch genügende Einwirkung des Lichtes, denn von diesem ist die Bildung der organischen Substanz und mithin die ganze Entwicklung der Pflanze abhängig. Je allseitiger das Licht auf einen Baum einwirken kann, desto ausgedehnter ist seine Kronenbildung und desto grösser seine Blattmenge. Freistehende Bäume, welche der vollen Einwirkung des Lichtes ausgesetzt sind, haben deshalb eine ausgebildete Krone und sind stärker belaubt als im Schluss erwachsene. Werden Buchen, Eichen etc. plötzlich aus dem Schluss in freien Stand gebracht, also dem Lichte allseitig zugänglich gemacht, so entwickeln sich am Stamme eine Menge Wasserreiser (Klebäste oder Schaftlohlen). Die grösstmögliche Blattmenge werden demnach unter günstigen Standortverhältnissen solche Bäume liefern, die sich im freien Stande unbehindert ausbilden können. Je grösser die Zahl solcher stark und dicht bekronter Bäume auf einer bestimmten Bodenfläche ist, desto reichlicher wird der Blattabfall und desto grösser der Streuertrag sein. Da nun in unseren Wäldern die Holzgewächse in der Jugendperiode wegen allzudichtem Schlusse in ihrer Kronenausbildung gehemmt, andererseits aber auch in höherem, haubarem Alter die Bestände so gelichtet sind, dass die Zahl der starkbekronen Bäume häufig zu gering ist, um die Bodenfläche vollständig zu beschirmen, so folgt daraus, dass im Allgemeinen die Laubmasse in dem Stangenholzalter, d. h. in jener Lebensperiode am grössten sein wird, in welcher bei genügend räumigem Stande nicht nur die Kronenausbildung ungehindert stattfinden kann, sondern auch die Stammzahl hinreicht, um den Boden durch das zusammenhängende und in einander greifende Laubdach vollständig zu beschatten. Findet eine solche ununterbrochene Beschirmung auch noch im höheren Alter statt, wie dies bei schattenertragenden Bäumen, z. B. der Buche, Fichte, Tanne oft vorkommt, so ist auch in haubaren Beständen die jährlich abfallende Laub- und Nadelmenge nicht geringer, als im Stangenholz. Der mehrjährige (3-, 6-, 12-jährige) Streu- u. Humusertrag ist dagegen in den haubaren älteren Beständen in der Regel geringer als im Stangenholz, weil in Folge der lichterem Stellung durch vermehrte Wärmeeinwirkung die Verwesung und Zersetzung der Pflanzenabfälle beschleunigt wird, so dass nach einer Reihe von Jahren in solchen Beständen sich nicht so viel Material für die Bodendecke vorfinden kann, als in geschlossenen jüngeren Beständen.

In Wäldern, die nur aus Lichthölzern bestehen, sterben bis zum höheren

Alter alle unterdrückten Individuen ab, so dass dadurch die Beschirmung unterbrochen wird; die jährliche Streumenge ist daher in diesen geringer, als in den aus schattenertragenden und lichtbedürftigen Holzarten gemischten Beständen.

Die Grösse der Blätter.

Die Menge des jährlichen Blatt- und Nadelabfalls, also der Streuertrag, ist aber nicht nur von der Zahl, sondern auch von der Grösse der Blätter abhängig. Kleine und kümmerlich ausgebildete Blätter vermindern die Streumasse.

Die Blätter sind im Frühjahr bezüglich ihrer Grösse schon in den ersten vierzehn Tagen bis drei Wochen nach der Entfaltung der Knospen vollkommen ausgebildet. Offenbar steht bei einer und derselben Holzart die Blattfläche in einer bestimmten Beziehung zu der Menge der Reservestoffe, die im Baume abgelagert ist, und die das Material zu ihrer Ausbildung liefert. Es können daher auch die Blätter und Nadeln einer und derselben Holzart nicht überall von gleicher Grösse sein, weil auf die Menge der Reservestoffe sowohl die Boden-, wie die Wärme- und Licht- (klimatischen) Verhältnisse grossen Einfluss haben. Auf kräftigem (humus-, phosphorsäure-, kali- und kalkreichem), tiefgründigem und namentlich hinlänglich frischem Boden¹⁾ ist nicht nur die Krone der Bäume besser ausgebildet, sondern es sind auch die einzelnen Blätter und Nadeln grösser, als auf schlechtem und trockenem Boden, vorausgesetzt dass der Bestandesschluss nicht zu dicht ist und auf die einzelnen Individuen das erforderliche Licht einwirken kann. An den stark belichteten Zweigen eines Baumes, also an der Peripherie der Krone sind die Blätter grösser, als an den stark beschatteten Zweigen im Innern derselben. Auf einem durch langjähriges Streurechen herabgekommenen Boden ist nicht nur die Kronenausbildung unvollkommener, sondern es sind auch die Blätter kümmerlicher entwickelt und kleiner, als auf geschontem, frischem Boden. Welchen Einfluss der Streuentzug auf die Blattgrösse hat, ergibt sich aus folgenden Thatsachen:

¹⁾ Dass ein grösserer Gehalt des Bodens an Stickstoffnahrung (salpetersauren Salzen oder Ammoniaksalzen) die Blattbildung wesentlich fördert, ist eine in der Landwirtschaft bekannte Thatsache; bei der Waldcultur kommt dieser Umstand insofern in Betracht, als unter sonst gleichen Verhältnissen streubedeckter Waldboden reicher an Stickstoffnahrung ist als strenfreier,

Im Reviere Rothenbuch (Spessart), Abth. I. 8 a, wurde seit fünf Jahren auf einer Probefläche das gefallene Laub alljährlich entfernt und es ergab sich bei einer jüngst vorgenommenen Bestimmung, dass 1000 Blätter dieser Versuchsfläche gegenwärtig einen durchschnittlichen Flächeninhalt von 1,590 Quadratmeter besitzen, während in dem umgebenden geschonten Holzbestand 1000 Blätter durchschnittlich einen Flächeninhalt von 2,530 Quadratmeter haben; im Reviere Hain (Spessart), Abth. XV. 11, beträgt die Gesamtfläche pro 1000 Blätter auf der seit zwölf Jahren alljährlich berechneten Versuchsfläche 1,450 Quadratmeter, auf der geschonten Vergleichsfläche dagegen 2,344 Quadratmeter.

Unsere Beobachtungen zufolge bilden namentlich aber auch die Temperaturverhältnisse einen wichtigen Faktor bei der Grössenentwicklung der Blätter. Schon an den zahlreichen Streuproben, die wir behufs chemischer Untersuchung aus vielen Gegenden Bayerns zugeschiekt erhielten, konnte uns die auffallende Verschiedenheit der Buchenblätter bezüglich ihrer Grösse nicht entgehen. Sorgfältigere Beobachtungen und Untersuchungen führten schliesslich zu dem Ergebniss, dass im grossen Durchschnitt bei gleich günstigen Bodenverhältnissen die Grösse der Buchenblätter in einer gewissen Beziehung zur Lage über der Meeresoberfläche steht, und dass sie durchschnittlich um so kleiner werden, je höher der Ort über der Meeresoberfläche liegt. Im Gebirge sind sie viel kümmerlicher entwickelt, als in der Ebene an tief gelegenen Orten.

Unser Assistent Rudolf Weber sammelte Anfangs August 1873 frische grüne Buchenblätter aus Wäldern verschiedener Höhenlagen und bestimmte den durchschnittlichen Flächeninhalt derselben ¹⁾. Die Ergebnisse dieser Messungen sind aus nachstehender tabellarischer Zusammenstellung zu ersehen:

(Tabelle s. folgende Seite.)

¹⁾ Die Bestimmung des Flächeninhalts der Blätter geschieht am einfachsten in der Weise, dass man einzelne Zweige vom Baume abnimmt und die Umrisse sämtlicher (grossen und kleinen) Blätter auf einen oder mehrere Bogen Papier dicht an einander gereiht aufzeichnet; von jedem Bogen schneidet man zuvor einen Quadrat-Decimeter heraus und wägt denselben. Dann werden die gezeichneten Blätter aus dem Papier ausgeschnitten und zusammen gewogen. Durch Division des erhaltenen Gewichtes mit dem Gewichte der 1 Q.-Dec. grossen Papierfläche ergibt sich dann der Flächeninhalt für die Zahl der ausgeschnittenen Blätter, woraus sich dann durch einfache Proportion der Flächeninhalt von 1000 Blättern berechnen lässt.

Die Abnahme der Blattgrösse mit steigender Meereshöhe.

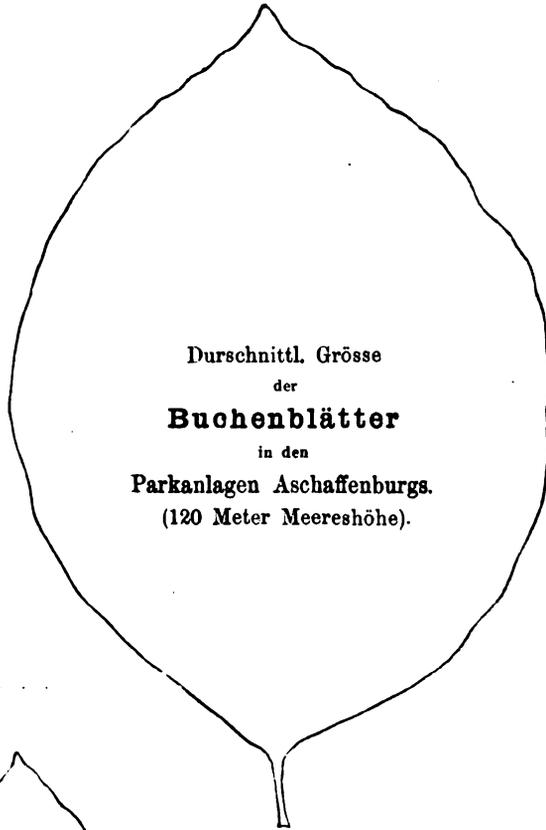
Standort.	Meereshöhe	Die Gesamtfäche von 1000 St. Blätter beträgt folgende Quadr.-Meter:
	in Metern:	
Aschaffenburg (Schönthal)	133	3,414
Anerbacher Schloss (Odenwald)	237	2,128
Revier Irtenberg (Guttenberger Wald bei Würzburg)	324	2,112
do.	438	1,822
Buchberg (im bayer. Wald)	500	1,843
Melibocus (Odenwald)	514	1,674
Revier Hohenau im bayer. Wald (Unter- hüttenwald)	685	1,500
do. (Blassberg)	700	1,472
do. (Hexenriegel)	1043	1,083
do. (Tummelplatz)	1182	1,351 ¹⁾
do. (Buchengrenze am Lusen- gipfel)	1344	0,910

Obleich der Boden in Aschaffenburg schlechter ist als im bayerischen Wald, so sind dennoch die Blätter im Durchschnitt fast viermal grösser, als an der Buchengrenze; die kleinsten Seitenblätter eines Triebes sind fast ebenso entwickelt, wie die grössten Blätter an der Buchengrenze²⁾. Wenn also auch in Gebirgsgegenden die Zahl der Blätter dieselbe sein sollte, als in Tieflagen, so muss doch das Volumen der jährlich abfallenden Laubmenge geringer sein als in der Ebene. Da aber in dem kälteren Gebirge die Verwesung eine langsamere ist, so kann sich dessenungeachtet dort nach einer Reihe von Jahren mehr Streu und Humusmasse ansammeln, als im Tieflande.

Besonders in die Augen springend tritt die verschiedene Grösse der Buchenblätter in nebenstehenden Umrissen hervor, welche die natürliche Grösse derselben in verschiedenen Meereshöhen darstellen:

¹⁾ Die Ausnahme, welche die Blätter dieses Standorts machen, erklärt sich aus dem Umstande, dass der „Tummelplatz“ früher jahrelang als Lagerplatz des Weideviehes benutzt wurde. Der Boden ist in Folge dessen überreichlich gedüngt und diese kräftige Ernährung des Baumes macht sich an den Blättern nicht blos bezüglich der Grösse, sondern auch in Betreff des Kali- und namentlich Phosphorsäuregehalts bemerkbar.

²⁾ Beachtenswerth ist, dass an freistehenden Bäumen, also auf trockenerem Boden, die Blätter in der Regel etwas kleiner, aber dafür fleischiger sind, als im normal geschlossenen Walde; ebenso sind sie in Gebirgslagen an geschützten, frischeren Standorten, z. B. in Thälern, fast immer etwas grösser als an exponirten, trockenen Lagen.



Durchschnittl. Grösse
der
Buchenblätter
in den
Parkanlagen Aschaffenburgs.
(120 Meter Meereshöhe).

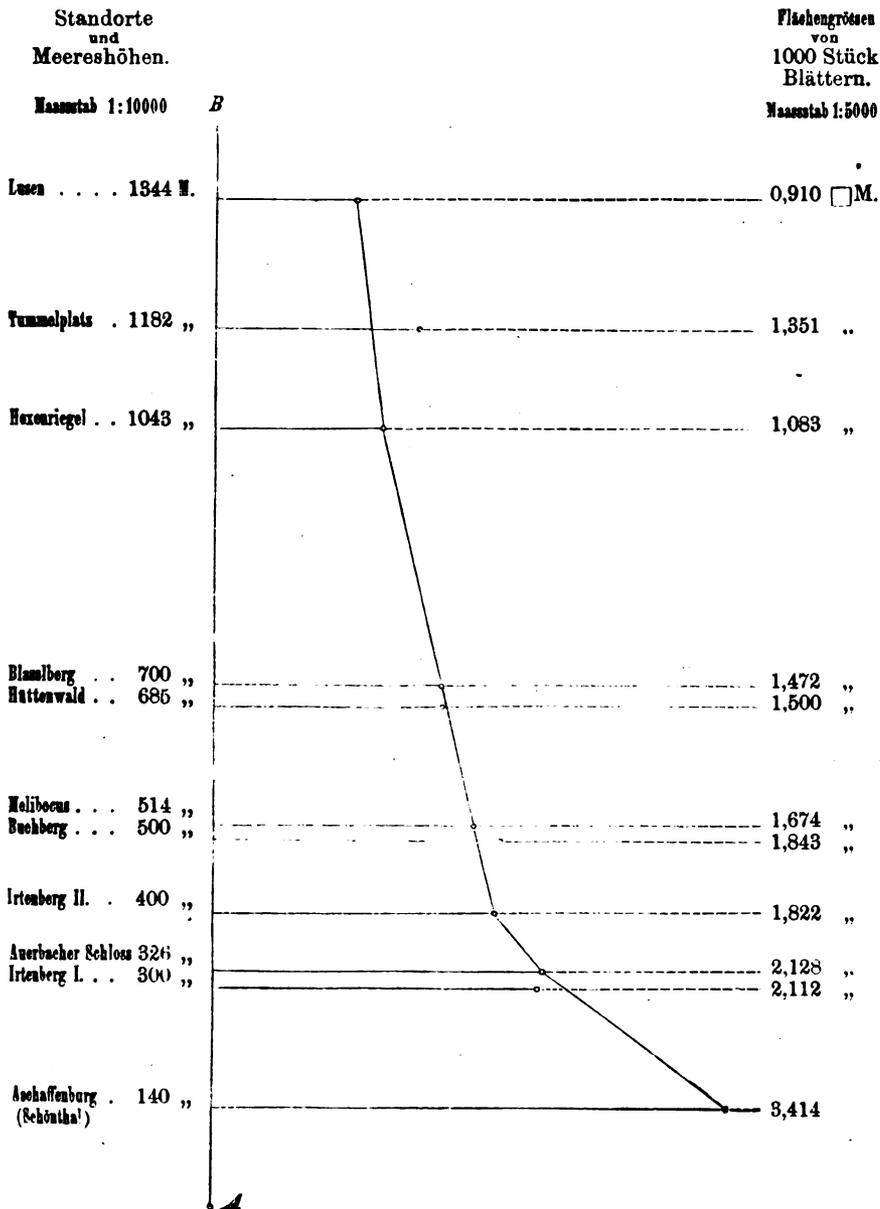


Durchschnittl.
Grösse
der
Buchenblätter
aus 700 Meter
Meereshöhe
im bayer. Wald.



Durchschnittl.
Grösse der Blätter
an der
Buchengrenze
bei 1350 Meter Höhe
im bayer. Wald.

Nachstehende graphische Darstellung ist geeignet, die Abnahme der Grösse der Buchenblätter mit Zunahme der Meereshöhe anschaulich zu machen.



Bildung der Moosstreu in den Nadelhölzern.

Die Streunutzung beschränkt sich bekanntlich nicht bloss auf das abgefallene Laub und die Nadeln der Waldbäume, sondern man benutzt dazu auch in den Nadelholzwäldern die Moosdecke, welche den Boden in grösserer oder geringerer Mächtigkeit nach allen Seiten überzieht. Die den Nadelholzwäldern entnommene Streu besteht demnach vorherrschend aus verschiedenen Moosarten, gemengt mit den abgefallenen Nadeln, Zweigen und Zapfen.

Die üppige Entwicklung und das Gedeihen vieler Moose ist an den frischen, beschatteten Boden des Nadelwaldes geknüpft, und je nach dem Feuchtigkeitsgrade desselben werden auch verschiedene Moosarten hervorgerufen. Auf sehr feuchtem, sumpfigem Boden (z. B. auf Torfmooren) sind es die bleichen Torf- und Sumpfmoose (*Sphagnum*) und die Widerthone (*Polytrichum*), welche vorherrschend die Moosdecke bilden. An nur frischen Stellen gesellen sich zu den *Polytrichum*-arten die Astmoose (*Hypnum splendens*, *triquetrum* und *Schreberi*), unter denen das glänzende Astmoos (*H. splendens*) oft ganz allein grosse Bodenflächen mit seinem bräunlich-grünen Rasen überzieht. Auf mehr mageren Waldplätzen, besonders in lichten Nadelholzbeständen bildet der Gabelzahn (*Dicranum*) oft einen dichten, polsterartigen Rasen.

Im nebelreichen, feuchten Waldgebirge ist die Moosbildung besonders üppig und das Moospolster des Bergwaldes ist oft fussdick. Mit der Seehöhe steigt im Allgemeinen die Dicke des Moosteppichs, so dass auf gleicher Fläche im feuchten Gebirgswalde oft mehr als die doppelte Moosmenge sich findet, als in der trockenen sandigen Ebene. Ebenso ist der Mooswuchs in den frischen Weisstannen- und Fichtenwäldungen in der Regel viel grösser, als in den lichterem und trockeneren Kiefern- und Lärchenbeständen. Ist der Wald zu dicht geschlossen, wie dies im Jugendalter der Fall ist, so kann wegen Lichtmangels sich kein Moos bilden und der Boden ist unter diesen Verhältnissen frei davon; erst wenn nach der Durchforstung einiges Licht auf den Boden gelangen kann (im 30. bis 40 Jahre), siedelt sich allmählich auch Moos an, und die Moosdecke wird mit fortschreitendem Alter immer dicker und höher, wenn der Boden durch Erhaltung des Bestandsschlusses seine Frische beibehält. Ist die Lichtung zu stark, so treten auf kräftigem frischem Boden an die Stelle des Mooses bald verschiedene Grasarten; Farne breiten ihre Wedel aus; üppig entwickeln sich oft Heidelbeeren, Brombeeren, Preiselbeeren; auf

schlechterem, trockenem Boden wuchern bald Ginster, Besenpfriemen, Haidekraut, und ganz verarmter Boden überzieht sich mit Flechten (Hungermoos).

Wird die Moosdecke durch Streunutzung aus den Wäldern entfernt, so findet innerhalb eines gewissen Zeitraumes wieder eine Neubildung derselben statt; je nach günstigeren oder ungünstigeren Boden-, namentlich Feuchtigkeits- und Schlussverhältnissen der Holzbestände ist dazu kürzere oder längere Zeit erforderlich. Nach den in Bayern gemachten Erfahrungen sind auf kräftigem Boden und in nördl. und östl. Lage 5—6 Jahre, auf trockenem, schlechtem Boden und an südlichen Abhängen aber 10, sogar 15 Jahre erforderlich, bis der Boden wieder mit einer zusammenhängenden Moosdecke versehen ist.

Resultate der Untersuchungen über die Grösse des Streuanfalls, oder durchschnittlicher Streuertrag.

Eine nähere Kenntniss über die Grösse der Streuerzeugung in unseren Wäldern unter verschiedenen forstlichen und Bodenverhältnissen hat nicht nur für die Streunutzung und für die Ablösung der Streurechte grossen Werth, sondern ist auch unentbehrlich für die chemische Statik des Waldbaues, überhaupt für die wissenschaftliche Lösung der Waldstreu-Frage.

Nachdem wir uns davon überzeugten, dass der grössere oder geringere Blatt- und Nadelabfall, ebenso die Moosbildung in den Wäldern von dem Zusammenwirken sehr verschiedener Factoren abhängig ist, werden wir es begreiflich finden, dass der absolute Streuertrag der Waldbestände nicht nur nach Holzart, Betriebsart und Standortverhältnissen sehr verschieden sein muss, sondern dass auch in einem und demselben Bestande wegen Witterungs-, namentlich Regenverhältnissen die Streuerzeugung nicht in allen Jahrgängen gleich sein kann.

Bei dieser Mannigfaltigkeit einflussreicher Faktoren lassen sich brauchbare Durchschnittszahlen für die Grösse des Streuertrages nur aus vieljährigen, unter den verschiedensten Verhältnissen vorgenommenen exakten Bestimmungen (durch Wägung) erhalten. Solche Streuermittlungsversuche werden, wie schon erwähnt, im Königreiche Bayern seit 12 und 8 Jahren an 87 Versuchs-orten vorgenommen ¹⁾. Die bis jetzt erzielten Resultate sind im Anhang

¹⁾ Näheres über das Verfahren beim Streusammeln und über die Ermittlung des Gewichtes findet sich in der Instruction (vergl. „Forstl. Mittheilungen“, IV. Bd., 2. Heft, München 1867 bei Finsterling).

Tabelle III. zusammengestellt. Die nähere Standorts- und Bestandsbeschreibung der einzelnen Probeflächen findet sich im Anhang Tab. I.

Als Hauptergebnisse dürften hier folgende hervorzuheben sein:

A. Grösse des jährlichen Blatt- und Nadelabfalles oder jährlicher Streuanfall.

Der durchschnittliche jährliche Streuanfall beträgt unsern Untersuchungen zufolge pro Hektar im lufttrockenen Zustande

I. In Buchenbeständen.

a. in Mittelhölzern von 30 bis 60 Jahren

Forstrevier (Oberförsterei).	Distrikt und Abtheilung.	Alter Jahre	Mischungsverhältnisse der Holzarten.	Durchschnittsertrag in Kilogramm pro Hektar.	Durchschnitts- mittel aus:
Rothenbuch (Spessart)	III. 4. c.	27	Buchen m. eingewachsenen alten Eichen.	4104	13 Jahren
Waldaschaff do.	IX. 3. c.	35	Buchen rein.	3800	10 „
Wiesen do.	XXIV. 5. a.	42	Buchen u. Eichen, einzelne Birken.	4991	5 „
Binsfeld (Gramschatzer Wald)	I. 8.	44	Buchen mit wenig Eichen u. Aspen.	3983	5 „
Hain (Spessart)	XII. 5. c.	44	Buchen rein.	3282	5 „
Schernfeld (Fränk. Jura)	XXIV. 3. a.	46	Buchen mit Birken und Aspen.	6396	7 „
Lohrerstrasse (Spessart)	III. 3.	46	Buchen mit Eichen-Oberständern.	3539	5 „
Höchberg (Guttenberger Wald)	IV. 3.	46	do.	3785	5 „
Gefäll (Rhön)	XXXII. 1.	52	Buchen rein.	5881	7 „
Rohrbrunn (Spessart)	XIII. 8.	54	Eichen mit wenig Buchen.	3840	7 „
Ruppertshütten do.	XVII. 4. d.	56	Buchen rein.	2998	5 „
Gesamtdurchschnitt für Buchenmittelhölzer . . .				4182 Kilo = 83,6 Ctr. ¹⁾	

¹⁾ Herr Prof. Dr. Krutzsch in Tharand stellte mehrjährige Untersuchungen über die Menge der jährlich gefallenen Waldstreu in einen 50—55-jährigen Buchenbestand auf dem Grillenburger Reviere (im Erzgebirge) an. Er fand, dass das Trockengewicht des Laubes, dem nur sehr wenige Aestchen beigemischt waren, pro Hektar betrug:

im Jahre 1849	3732 Kilogramm
„ „ 1861	4175 „
„ „ 1862	4527 „
„ „ 1863	3894 „
„ „ 1864	3402 „

(Fortsetzung der Note auf folgender Seite.)

b. in angehend haubaren Buchenbeständen von 60 bis 90 Jahren.

Forstrevier (Oberförsterei).	Distrikt und Abtheilung.	Alter Jahre	Mischungsverhältnisse der Holzarten.	Durchschnittsertrag in Kilogramm pro Hektar.	Durch- schnitts- mittel aus:
Hundelshausen (Steigerwald)	IV. 4.	60	Buchen mit wenig Eichenheistern.	3539	5 Jahren
Rothenbuch (Spessart)	V. 4. a.	63	do.	4032	5 „
Merzalben (Pfälzerwald)	IX. 13. a.	65	Buchen mit Eichen und Kiefern.	3316	6 „
do. do.	V. 2.	65	Eichen mit Buchen.	3269	6 „
Hain (Spessart)	XV. 11. d.	68	Buchen rein.	5180	13 „
Merzalben (Pfälzerwald)	XIII. 7. a.	76	Buchen mit wenig Eichen.	4279	6 „
Stiftswald do.	XXX. 4.	85	Buchen mit wenig Birken.	5044	6 „
Gesamtdurchschnitt für angeh. haubare Buchenbestände				4094 K. = 81,9 Ctr. ¹⁾	

c. in haubaren Buchenbeständen über 90 Jahre.

Hundelshausen (Steigerwald)	IV. 2. a.	91	Buchen rein.	4482	5 Jahren
Waldaschaff (Spessart)	IX. 6. a.	95	do.	5032	6 „
Breitenfurth (Fränkischer Jura)	V. 1. b.	95	Buchen mit einzelnen Fichten u. Kiefern.	3990	7 „
Kipfenberg do.	VIII. 2.	95	Buchen mit einzelnen Elsbeer. u. Fichten.	2852	7 „
Hain (Spessart)	XIII. 1. b.	104	Buchen rein.	3000	12 „
Waldleiningen (Pfälzerwald)	X. 1.	110	do.	5014	7 „
Rothenbuch (Spessart)	I. 8.	130	Buchen mit einzelnen alten Eichen.	3938	5 „
Gesamtdurchschnitt für haubare Buchenbestände				4044 K. = 80,9 Ctr. ²⁾	

Im Jahre 1865	2656 Kilogramm
„ „ 1866	5510 „
„ „ 1867	5610 „

8-jähriges Gesamtmittel **4188 Kilogr. = 83,7 Ctr.**

(Tharander Jahrbuch, 19. Bd. 1869. S. 202). Die Resultate dieser Untersuchungen stimmen daher mit den bayerischen vollkommen überein.

¹⁾ Mit diesem Ergebnisse stimmen die Untersuchungen, welche Forstdirektor Jaeger in den Jahren 1831 bis 1840 in den Buchenbeständen des Odenwaldes anstellte, vollkommen überein, indem er im 9-jährigen Durchschnitte als jährlichen Streuertrag pro Hektar **4099 Kilo** fand. (Vergl. Jaeger die Land- und Forstwirtschaft des Odenwaldes. Darmstadt 1843, S. 235.)

²⁾ Hartig giebt auf gutem Boden von einem 80-jährigen Buchenbestande ca. 80 Ctr. lufttrockene Laubstreu pro Hektar, von einem 100-jährigen 76 Ctr. und von einem 120-jährigen 72 Ctr. pro Hektar an.

II. In Fichtenbeständen.¹⁾

a. in Fichtenjunghölzern unter 30 Jahren.

Forstrevier (Oberförsterei).	Distrikt und Abtheilung.	Alter Jahre	Mischungsverhältniss der Holzarten.	Durchschnittsertrag in Kilogramm pro Hektar.	Durchschnitts- mittel aus:
Zeyern (Frankenwald)	X. 2. a.	18	Fichtenpflanzung.	6407	6 Jahren
Golderonach (Fichtelgeb.)	XXII. 1. a.	24	Fichten u. Tannen.	4110	6 „
Gesamtdurchschnitt für Fichtenjunghölzer.				5258 K = 105,2 (tr.)	

b. in Fichtenmittelhölzern von 30 bis 60 Jahren.

Bischofswies (bayer. Alpen)	LIX. 2. b.	34	Fichten u. Tannen.	5223	7 Jahren
Krün do.	XX. a.	34	Fichten mit wenig Tannen u. Ahorn.	2592	7 „
Altenbuch (Spessart)	VI. 4. a.	36	Fichten mit einzelnen Lärchen.	3816	7 „
Effelter (Frankenwald)	XII. 4.	37	Tannen u. Fichten.	1157	7 „
Bayersried (schwäbische Hochebene)	VI. 5. b.	40	Fichten rein.	3073	5 „
Partenkirchen (b. Alpen)	VIII. 2. b.	40	do.	1814	6 „
Golderonach (Fichtelgeb.)	XXIII. II. b.	47	do.	6090	6 „
Walchensee (bayer Alpen)	IV. 8. a.	48	Fichten mit einzelnen Tannen.	5407	7 „
Wallenfels (Frankenwald)	I. 12. a.	55	do.	1927	2 „
Bischofsgrün (Fichtelgeb.)	XXV. 9.	55	Fichten u. Tannen.	4789	6 „
Marquartstein (b. Alpen)	VIII. 5. c.	58	do.	5840	7 „
Tussenhausen (schwäbische Hochebene)	II. 7. a.	59	Fichten mit einzelnen Buchen.	5845	7 „
Gesamtdurchschnitt für Fichtenmittelhölzer				3964 K. = 79,3 Ctr.	

¹⁾ Wir machen darauf aufmerksam, dass die nachstehenden Resultate in Fichtenbeständen den Nadelabfall von je einem Jahre ausdrücken, und dass das Gewicht sich auf die reinen Nadeln ohne Moos bezieht.

²⁾ Herr Prof. Dr. Krutzsch stellte Untersuchungen über die jährliche Streuung in einer 45-jährigen Fichtenpflanzung und in einer gleichalterigen Fichtensaam in der Grillenburger Reviere (Erzgebirge) an. Das Trockengewicht der jährlich abgefallenen Fichtennadeln betrug pro Hektar berechnet:

	Fichtenpflanzung.	Fichtensaam.
1862	7698,2 Kilo	3397,0 Kilo
1863	5212,4 „	4481,1 „
1864	4942,0 „	4085,2 „
1865	5118,3 „	4643,1 „

Mittel 5742,7 Kilo = 114 Ctr. Mittel 4151,6 Kilo = 83 Ctr.

In der Fichtenpflanzung war demnach der Nadelabfall weit grösser als in der Fichtensaam, während bei den Kiefern das Umgekehrte der Fall war. (Tharander Jahrbuch 19. Bd. 1869 S. 223 u. 226.)

c. in angehend haubaren Fichtenbeständen
von 60 bis 90 Jahren.

Forstrevier (Oberförsterei).	Distrikt und Abtheilung.	Alter Jahre	Mischungsverhältnis der Holzarten.	Durchschnittsertrag in Kilogramm pro Hektar.	Durchschnitts- mittel aus:
Schliersee (bayer. Alpen)	VIII. 2. a.	60	Fichten u. Tannen.	3372	7 Jahren
Riss do.	IV. 4. a.	65	Fichten, Buchen u. Ahorn.	2549	7 „
Königssee do.	XVI. 1. b.	70	Fichten rein.	3954	4 „
Saalachthal II. (Saalförste)	XXIII. 8. c.	70	do.	2231	7 „
Bayersried (schwäbische Hochebene)	VI. 1. c.	70	do.	2764	5 „
Ottobeuren do.	III. 5. b.	73	do.	1962	7 „
Kirchdorf do.	I. 7. b.	75	Fichten mit wenig Tannen.	5096	7 „
Lauenhain (Frankenwald)	II. 1. a.	80	Fichten rein.	2445	2 „
Bischofsgrün (Fichtelgeb.)	XXV. 9. a.	86	do.	6016	6 „
Gesamtdurchschnitt für angehend haubare Fichten				3376 K.	= 67,5 Ctr.

d. In haubaren Fichtenbeständen über 90 Jahre.

Bayersried (schwäb. Hoch- ebene)	VI. 3. c.	94	Fichten rein.	2964	5 Jahren
Valepp (bayerische Alpen)	XII. 5. a.	100	Fichten mit Buchen, Tannen und Ahorn.	2016	7 „
Rothkirchen (Franken- wald)	II. 5.	104	Fichten mit wenig Tannen.	1685	2 „
Ransau (bayerische Alpen)	XLIII. 3. a.	105	do.	5077	7 „
Oberammergau (bayerische Alpen)	V. 2. a.	105	do.	6864	7 „
Ottobeuren (schwäb. Hoch- ebene)	V. c.	106	Fichten rein.	2406	7 „
Schellenberg (bayer. Alpen)	X. 4. a.	120	Fichten und Tannen.	2589	7 „
Lauenhain (Frankenwald)	II. 4.	120	Fichten rein.	2630	2 „
Jachenau (bayer. Alpen)	VII. 1.	124	Fichten und Tannen.	2729	7 „
Geroldsgrün (Frankenwald)	XVII. 15.	125	Tannen mit wenig Fichten.	3775	2 „
Gesamtdurchschnitt für haubare Fichten				3273 K.	= 65,5 Ctr.

III. In Kiefernbeständen.

a. Kiefernmittelhölzer von 25 bis 50 Jahren.

Waldaschaff (Spessart)	X. 5. b.	25	Kiefern m. einzelnen Lärchen.	3478	4 Jahren
Grafenwöhr I. (Oberpfalz)	XV. 11. a.	27	Kiefern mit Fichten- Unterwuchs.	4003	6 „
Bodenwöhr I. do	XV. 9. 6.	36	Kiefern rein.	3214	7 „

(Fortsetzung der Tabelle s. folgende Seite.)

Forstrevier (Oberförsterei).	Distrikt und Abtheilung.	Alter Jahre	Mischungsverhältniss der Holzarten.	Durchschnittsertrag in Kilo Gramm pro Hektar.	Durch- schnitts- mittel aus:
Lichtenhof (Nünrb. Reichswald)	XXXIII. 5. a.	37	do.	3519	1 „
Hannesreuth (Oberpfalz)	XVI. 9. b.	37	Kiefern mit Fichten- Unterwuchs.	3431	7 „
Erlenbach (Mainthal)	I. 4. a.	40	Kiefern rein.	4230	5 „
Brunnau (Oberpfalz)	I. 1. d.	41	do.	3248	7 „
Pybaum do.	VII. 4. b.	45	Kiefern m. einzelnen Oberständern.	3108	4 „
Brunnau do.	II. 2. b.	46	Kiefern mit Fichten- Unterwuchs.	3584	7 „
Bodenwöhr II. (Oberpfalz)	XII. 3. a.	48	Kiefern rein.	2101	7 „

Gesamtdurchschnitt für Kiefernmittelholzer . . . 3397K. = 67,9 Ct.¹⁾

b. Angehend haubare Kiefernbestände von 50 bis 75 Jahren.

Iggelbach (Pfälzer Wald)	XVIII 3.	51	Kiefern mit wenig Buchen.	4055	6 Jahren
Feucht (Nünrb. Reichswald)	XVIII. 1. e.	56	Kiefern m. einzelnen Fichten.	3550	1 „
Pybaum (Oberpfalz)	XIII. 1. c.	56	Kiefern mit Fichten- Unterwuchs.	3347	4 „
Erlenbach (Mainthal)	I. 6. a.	61	Kiefern mit wenig Buchen.	4031	7 „
Grafenwöhr II. (Oberpfalz)	XIX. 11 a.	62	Kiefern mit Fichten- Unterwuchs.	3222	7 „
Allersberg (Oberpfalz)	V. 2. b.	74	Kiefern m. einz. Fich- ten u. alten Eichen.	2512	6 „

Gesamtdurchschnitt für angehend haubare Kiefern 3491K. = 69,8 Ctr.

¹⁾ Das Trockengewicht der Streunasse, welche alljährlich einer 45-jährigen Kiefernfaat, dann einer gleichalterigen Kiefernfaatpflanzung auf dem Lausnitzer Reviere (in Sachsen) entnommen wurde, betrug nach Krutzsch pro Hektar berechnet:

	Kiefernfaat. Kilo.	Kiefernfaatpflanzung. Kilo.
1862	5876,8	4893,7
1863	4920,0	4451,2
1864	4942,0	4342,5
1865	3370,6	3721,5
1866	2321,4	2382,0
1867	2924,5	2780,2
1868	3038,6	2952,4

Mittel 3913,5 Kilo = 78,2 Ctr. 3646,2 Kilo = 73 Ctr.

Es scheint also die Pflanzung, trotzdem dass in derselben die Pflanzen in

d. Haubare Kiefernbestände von 75 bis 100 Jahren.

Forstrevier (Oberförsterei).	Distrikt und Abtheilung.	Alter Jahre	Mischungsverhältniss der Holzarten.	Durchschnittsertrag in Kilogramm pro Hektar.	Durch- schnitts- mittel aus:
Elmstein (Pfälzer Wald)	IV. 9.	80	Kiefern mit Buchen und wenig Eichen.	6038	6 Jahren
Nittenau (Oberpfalz)	XXXI. II. a	80	Kiefern rein.	3433	7 „
Pyrbaum do.	XII. 1.	85	Kiefern m. einzelnen Fichten.	2787	4 „
Erlenbach (Mainthal)	I. 2. a.	106	Kiefern rein.	2935	3 „
Waldleiningen (Pfälzer Wald)	XI. 2. a.	107	do.	5954	7 „
Gesamtdurchschnitt für haubare Kiefernbestände				4229 Kilo	= 84,6 Ctr.¹⁾

B. Grösse des drei- und sechsjährigen Streuertrages.

Um Wiederholungen zu vermeiden, verweisen wir bezüglich der Details des mehrjährigen Streuertrages der einzelnen Versuchsflächen auf die Beilage Tabelle III. b. und c. im Anhang.

Der Uebersichtlichkeit wegen stellen wir in folgender Tabelle nur die Gesamtdurchschnittszahlen des drei- und sechsjährigen Turnus zusammen und fügen des Vergleichs halber noch jene des einjährigen Streuanfalls bei.

einem räumlicheren Verhältnisse erwachsen sind und in Folge dessen eine grössere Kronenentwicklung haben, weniger Streu zu liefern, als die Saat. (Tharander Jahrb. 19. Bd. 1869. S. 218.

Buro, fürstl. Forstmeister in Trachenberg, stellte im Oktober 1862 in sechs verschiedenen Kiefernbeständen von 30 bis 60 Jahren Untersuchungen über Streuerträge an und fand, dass der jährliche Nadelabfall in genannten Beständen durchschnittlich pro Hektar 3200 Kilo oder 64 Ctr. im lufttrockenen Zustande beträgt. (Verhandlungen des schlesischen Forstvereins 1863. S. 236.)

¹⁾ Der kgl. preussische Oberförster Middeldorpf zu Stobern ermittelte im Jahre 1863 auf 18 verschiedenen Versuchsflächen den jährlichen Streuertrag in Kiefernbeständen verschiedenen Alters und fand einen Durchschnittsertrag von 4670 Kil. pro Hektar (im lufttrockenen Zustande).

Gesamtdurchschnitt des Streuertrages pro Hektar:

Holzbestände.	Jährlicher Ertrag.		Dreijähriger Ertrag.		Sechsjähriger Ertrag.	
	Kilogr.	Ctr.	Kilogr.	Ctr.	Kilogr.	Ctr.
Buchenmittelhölzer von 30 bis 60 Jahren	4182	83,6	9693	193,8	8460	169,2
Angehend haubare Buchenbestände von 60 bis 90 Jahren	4094	81,9	6177	123,5		
Haubare Buchenbestände v. über 90 Jahr.	4044	80,9	8612	172,2		
Fichtenmittelholzer von 30 bis 60 Jahren	3964	79,3	8290	165,8	9390	187,8
Angehend haubare Fichtenbestände von 60—90 Jahren	3376	67,5	7170	143,4		
Haubare Fichten über 90 Jahre	3273	65,5	7314	146,3		
Kiefernmittelhölzer von 25—50 Jahren	3397	67,9	8004	160,1	13729	274,6
Angehend haubare Kiefernbestände von 50—75 Jahren	3491	69,8	8729	174,6		
Haubare Kiefernbestände von 75 bis 100 Jahren	4229	84,6	10228	204,5		

C. Streuvorrath vollständig geschonter oder längere Zeit nicht berechtigter Waldflächen.

Der mehrjährige Streuvorrath, welcher sich in Wäldern, die bisher von jeder Streunutzung verschont waren, ansammelt und durch das übliche Verfahren des Streurechens gewonnen werden kann, ist natürlich viel grösser als die Streumenge in solchen Beständen, die einer öfteren Streunutzung unterliegen. Er besteht nicht bloss aus jenen Blättern und Nadeln, die noch nicht in Humus umgewandelt sind, sondern enthält auch Moos, Heidelbeeren und Heidekraut, Humus, Gras, Reisig u. s. w. beigemischt. Aus Tabelle III. d. ist zu ersehen, wie gross der Streuvorrath pro Hektar in verschiedenen Holzbeständen und unter den verschiedensten Standortverhältnissen war; hier wollen wir uns bloss auf die Angaben der Durchschnittszahlen beschränken.

Es ergab sich, dass der Gesamtvorrath im vollkommen lufttrockenen Zustande pro Hektar betrug:

I. in Buchenmittelhölzern von 30—60 Jahren 11545 Kilo = 230,9 Ctr.

in angehend haubaren Buchenbeständen

von 60—90 Jahren 8965 „ = 179,3 „

in haubaren Buchenbeständen über 90 Jahre 10740 „ = 214,8 „

Mittel 10417 Kilo = 208 Ctr.¹⁾

¹⁾ Dr. Krutzsch fand in einem 50—55-jährigen Buchenbestande im Revier Grillenburg (Erzgebirge) pro Hektar einen Streuvorrath:

(Fortsetzung dieser Note auf folgender Seite.)

II. in Fichtenmittelhölzern von 30—60 Jahren	12618 Kilo ¹⁾	= 272,3 Ctr.
in angehend haubaren Fichtenbeständen		
von 60—90 Jahren	14138 „	= 282,7 „
in haubaren Fichtenbeständen über 90 Jahre	13815 „	= 276,3 „
	<u>Mittel</u>	13857 Kilo = 277,1 Ctr.
III. in Kiefernmittelhölzern von 25—50 Jahren	19409 Kilo	= 388,2 Ctr.
in angehend haubaren Kiefernbeständen		
von 50—75 Jahren	14177 „	= 283,5 „
in haubaren Kiefernbeständen von 75 bis		
100 Jahren	21251 „	= 425,0 „
	<u>Mittel</u>	18279 Kilo = 365,6 Ctr. ²⁾

im Jahre 1849 von . . . 10422 Kilo Trockengewicht,
vom Jahre 1850—1861 von . 10554 „ „ „
im Mittel 10488 Kilo = 208 Ctr.

(Tharander Jahrbuch, 19. Bd., 1869, S. 202.)

¹⁾ In Sachsen wurden durch Krutzsch im J. 1861 in einer 46-jährigen Fichtenpflanzung pro Hektar 13161 Kilo, in einer 46-jährigen Fichtensaat 17632,7 Kilo vollkommen trockener Streumasse (vorwiegend aus Nadeln und kleinen Aestchen bestehend) als Vorrath gefunden. (Tharander Jahrbuch, 19. Bd., 1869, S. 222 und S. 226.)

²⁾ Der Vorrath in Kiefernbeständen (Moos mit Nadeln) ist auf frischem Boden nicht selten grösser, als unsere Durchschnittszahlen angeben. So z. B. fand Krutzsch in einer 45-jährigen

	Kiefernfaat	Kiefernplanzung im Lausnitzer Revier (Sachsen)
pro Hektar 1848	22688,0 Kilo	25026,3 Kilo
1861	20763,6 „	19200,0 „
	<u>Mittel</u>	21726,0 Kilo = 434,5 Ctr.
		Mittel 22113,1 Kilo = 452,2 Ctr.

Aehnliche Angaben finden sich aber auch unter unseren Ergebnissen:

Im Revier Grafenwöhr I. fand sich in einem 27-jähr. Kiefernmittelholz	30980 Kilo
in Bodenwöhr I. in einem 36-jähr. reinen Kiefernbestand	20975 „
in Hannesreuth in einem 37-jährigen Kiefernbestand mit	
Fichtenunterwuchs	23350 „
und auf einer zweiten Versuchsfläche daselbst	18306 „
In Grafenwöhr II. in einem 62-jährigen Kiefernbestand	26738 „
und auf einer zweiten Versuchsfläche daselbst	23962 „

Diese grossen Streuvorräthe dürften wenigstens zum Theil ihren Grund darin haben, dass in der zusammengerechten Streumasse Sand oder andere mineralische Bodentheilchen enthalten waren, wodurch das Gewicht erhöht wurde.

Dass aber die oben angegebenen Durchschnittsmittel dem Streuvorrathe in normalen Kiefernbeständen im Grossen und Ganzen entsprechen, wird auch durch die Jäger'schen Versuche im Odenwald bestätigt, der in einem gut geschlossenen 40-jährigen Kiefernbestand pro Hektar einen Vorrath von 260 Ctr. und in einem andern, weniger vollkommen geschlossenen Bestand 208 Ctr. erhielt.

Rückblick auf die Grösse des Streuertrages.

Wenn auch die in den Wäldern sich vorfindende Streumenge unter verschiedenen Verhältnissen oft beträchtlich von einander abweicht, so ergeben sich doch aus unseren zahlreichen Untersuchungen sehr werthvolle Durchschnittszahlen für die Grösse des Streuertrages der wichtigsten Holzbestände. Den oben mitgetheilten tabellarischen Zusammenstellungen ist zu entnehmen, dass im grossen Durchschnitt:

I. In normalen und gut geschlossenen Buchenbeständen

- a. der jährliche Streuanfall pro Hekt. 4107 Kilo = 82 Ctr. (od. pro bayer. Tagw. 27 Ctr.)
- b. der 3-jährige Streuertrag pro Hekt. 8160 „ = 163 „ („ „ „ „ 54 „)
- c. der 6-jährige „ „ „ 8469 „ = 169 „ („ „ „ „ 56 „)
- d. der Streuvorrath in geschonten

Beständen 10417 „ = 208 „ („ „ „ „ 69 „)
beträgt. Die genannten Zahlen drücken natürlich nur die Grösse der rechenbaren Streu (ohne Humus) aus. Wir sehen, dass in Buchenwäldern nach 3 und 6 Jahren fast genau die doppelte Menge des jährlichen Streuanfalls sich vorfindet. Daraus folgt, dass zur Verwesung des Buchenlaubes oder vielmehr zum Uebergang desselben in Humus durchschnittlich 3 Jahre erforderlich sind. Deshalb kann die rechenbare Streumenge in 6-jährigem Turnus auch nicht viel grösser sein, als im 3-jährigen, denn man findet nach 6 Jahren nur noch den Streuanfall der beiden letzten Jahre vor, die älteren Blätter sind zum grössten Theil schon in Humus übergegangen oder theilweise auch ganz zersetzt.

Erwähnenswerth ist, dass in haubaren Buchenbeständen, wenn sie sich noch in gutem Schluss befinden, der jährliche Streuanfall fast ebenso gross ist, als in angehend haubaren Beständen.

In vollständig geschonten oder längere Zeit nicht berechneten Buchenwäldungen beträgt der Gesamtvorrath durchschnittlich die 2¹/₂-fache Menge des jährlichen Blattabfalls. Man findet in solcher Streu neben den Blättern auch Humus, Reisig u. s. w. Am grössten ist der Vorrath durchschnittlich in Buchenmittelhölzern von 30—60 Jahren (ca. 230 Ctr. pr. Hektar).

II. In normalen und gut geschlossenen Fichtenbeständen beträgt im grossen Durchschnitt

- a. der jährliche Nadelabfall pr. Hekt. 3537 Kilo = 70 Ctr. (od. pro bayer. Tagw. 23 Ctr.)
- b. die 3-jährige Streumenge pr. Hekt. 7591 „ = 152 Ctr. („ „ „ „ 51 „)

c. die 6-jährige Streumenge pr. Hekt. 9390 Kilo = 188 Ctr. (od. probayer. Tagw. 63 Ctr.)

d. der Streuvorrath in geschonten

Beständen 13857 „ = 277 „ („ „ „ „ 92 „)

Der dreijährige Streuertrag ist nach Vorstehendem in den Fichtenwäldern durchschnittlich 2,2 mal, der sechsjährige Ertrag 2,7 mal grösser als der jährliche Nadelabfall. Es folgt daraus, dass die Verwesung der Fichtennadeln fast ebenso schnell stattfindet, als die des Buchenlaubes, und es sollte mithin auch die sechsjährige Streumenge nur doppelt so gross sein, als der jährliche Nadelabfall. Nun beträgt aber im sechsjährigen Turnus die Fichtenstreu fast dreimal mehr als der jährliche Nadelabfall. Dies erklärt sich dadurch, dass in den Fichtenbeständen die Streunutzung in sechsjährigem Turnus sich nicht nur auf die vorhandenen Nadeln beschränkt, sondern sich auch auf das Moos ausdehnt, das sich innerhalb dieses Zeitraums bildete und nicht in Verwesung überging.

Die ein- und dreijährige Streumenge ist in den Fichtenwäldern um ca. 10 Ctr. pro Hektar geringer, als in Buchenbeständen, dagegen ist sie aus den eben erwähnten Ursachen nach 6 Jahren um ca. 20 Ctr. grösser.

Der Streuvorrath in geschonten Fichtenwaldungen ist grösser als der in Buchenwäldern; er beträgt im Grossen und Ganzen fast 4 mal mehr als der jährliche Nadelabfall.

III. In gutwüchsigen, möglichst geschlossenen Kiefernbeständen beträgt im Gesamtdurchschnitt

a. der jährl. Nadelanfall pro Hekt. 3706 Kilo = 74 Ctr.¹⁾ (od. probayer. Tagw. 25 Ctr.)

b. die 3-jährige Streuproduktion

pro Hektar 8987 „ = 180 „ („ „ „ „ 60 „)

c. die 6-jährige Streuproduktion

Hektar 13729 „ = 274²⁾ „ („ „ „ „ 91 „)

¹⁾ In Kiefernmitelhölzern und in angehend haubaren Kiefernbeständen betrug der jährliche Nadelabfall durchschnittlich nur 69 Ctr., war also kaum verschieden von dem Anfall in Fichtenbeständen; dass wir aber im Gesamtdurchschnitt pro Hektar 4 Ctr. mehr erhielten, erklärt sich aus dem ungewöhnlich grossen Nadelabfall der haubaren Kiefernbestände in den Revieren Elmstein und Waldleiningen.

²⁾ Diese Zahl drückt das Durchschnittsgewicht der sechsjährigen Kiefernstreu in Beständen I. Bonität aus; es fehlen uns bis jetzt leider die sechsjährigen Ergebnisse der schlechteren Kiefernbestände, wodurch die Mittelzahl jedenfalls wesentlich herabgedrückt würde.

d. der Streuvorrath in geschonten

Beständen 18279 Kilo = 365,6 Ctr. (od. pro bayer. Tagw. 122 Ctr.)

In den Kiefernbeständen erhält man demnach nach drei Jahren fast die $2\frac{1}{2}$ -fache, nach 6 Jahren (mit Einrechnung der schlechteren Kiefernbestände) wahrscheinlich die 3-fache Menge des jährlichen Nadelabfalls. Die Verwesung der harzreichen Kiefernadeln erfolgt mithin etwas langsamer, als die der Fichtennadeln und des Buchenlaubes; es sammelt sich in Folge dessen in Kiefernbeständen nach drei Jahren nicht die doppelte, sondern die $2\frac{1}{2}$ -fache Menge des jährlichen Abfalls an. Daraus würde sich ergeben, dass die Kiefernadeln durchschnittlich $3\frac{1}{2}$ Jahre brauchen, um in Humus überzugehen.

Der Streuvorrath in geschonten Kiefernbeständen ist im Allgemeinen grösser als in Fichten- und Buchenbeständen und beträgt im Grossen und Ganzen fast die 5-fache Menge des jährlichen Nadelabfalles.¹⁾

4. Das Gewicht der vollkommen lufttrockenen Waldstreu.

Bei der Abgabe der Waldstreu in Fuhren oder in Haufen von bestimmten Dimensionen kommt neben dem Volumen auch das Gewicht derselben in Betracht. Nun herrschen aber gerade über das Gewicht der Waldstreu oft ganz erhebliche Meinungsverschiedenheiten, weshalb wir es für nothwendig fanden, genauere Versuche hierüber anzustellen.

Bei der Beurtheilung des Gewichtes der Waldstreu hat man vorzugsweise den Wassergehalt derselben, die Beschaffenheit der Blätter und Nadeln (die Menge der Trockensubstanz), dann den Verwesungsgrad und die beigemengten fremden Stoffe, wie Aeste, Reisig, Zapfen, Heidelbeer- und Haidekraut, Erde u. dgl. zu berücksichtigen. Dass die Grösse der Blätter in keiner bestimmten Beziehung zum Gewichte derselben steht, wurde durch folgende Untersuchungen nachgewiesen:

¹⁾ Die bisher in Deutschland von verschiedenen Seiten angestellten Versuche über Waldstreu-Erträge wurden von Forstmeister Beling in Seesen zusammengestellt und finden sich in Baur's „Monatschrift für Forst- und Jagdwesen“, XVIII. Jahrg. 1874, September- u. Oktoberheft.

1000 Stück grüner Buchenblätter (Anfangs August gesammelt)

von	hatten eine Gesamtfläche von folgenden □ Metern.	und wogen	
		in lufttrocke- nem Zustande	vollkommen wasserfrei als Trockensubstanz
Gramme.			
Luziberg an der Bergstrasse	1,498	144,0	126,4
Auerbacher Schloss (desgl.)	2,128	101,6	89,6
Melibocus (desgl.)	1,674	129,5	115,1
Irtenberg I. (Guttenberger Wald)	2,112	68,1	59,5
Irtenberg II. (desgl.)	1,822	68,1	58,7
Buchberg	1,843	148,2	128,6
Hüttenwald	1,500	111,2	97,0
Blassberg	1,472	66,6	57,5
Hexenriegel	1,083	80,6	69,4
Tummelplatz	1,351	149,9	129,0
Lusen (oberste Buchengrenze)	0,910	67,9	58,9

Die grösseren Blätter einer Holzart sind demnach im lufttrockenen und wasserfreien Zustande nicht immer schwerer als die kleineren, es folgt daraus, dass ihre Dicke (Trockensubstanz) auf das Gewicht mehr Einfluss hat, als ihre Grösse. Daraus erklärt sich, warum z. B. die fast gleich grossen Buchenblätter von der Buchberger Leite (bayer. Wald) mehr als noch einmal so schwer sind, als die Blätter von Irtenberg II. (Guttenberger Wald), ebenso warum die kleinsten Blätter von der Buchengrenze des Lusen (bayer. Wald), obgleich deren Gesamtfläche nur halb so gross ist, als jene der Blätter von Irtenberg II., sogar etwas schwerer sind, als letztere.

Um möglichst zuverlässige Zahlen für die Ermittlung des Gewichtes der verschiedenen Streumaterialien nach ihrem Volumen zu erhalten, wurde ein Gefäss von 1 bayer. Cubikfuss Inhalt der Reihe nach mit den einzelnen Streusorten in vollständig lufttrockenem Zustande und völlig frei von fremden Beimengungen angefüllt und so fest zusammengedrückt, als es ihre natürliche Elastizität zuließ. Durch Bestimmung des Gewichtes derselben erhielten wir die in Tabelle IV. enthaltenen Kilogramme pro Cubikmeter berechnet. Es sind daraus folgende Hauptergebnisse zu entnehmen:

I. Das Gewicht der vollkommen lufttrockenen Buchenlaubstreu ist nicht nur nach Standortsverhältnissen (nach Beschaffenheit und Dicke der Blätter) verschieden, sondern wird auch vorzugsweise vom Verwesungsgrade

der Blätter beeinflusst. Das unzersetzte Laub, gleich nach dem Abfall im Herbst gesammelt, ist viel elastischer und weniger zusammendrückbar, als das schon theilweise verweste Laub im Frühjahr oder Sommer. Ersteres ist daher dem Volumen nach viel leichter, als letzteres. Unseren Versuchen zufolge wiegt

- a. 1 Cubikmeter vollkommen trockenes Buchenlaub, gleich nach dem Abfall gerecht und fest zusammengedrückt, je nach Standortsverhältnissen zwischen 51 und 73, also im Mittel 62 Kilogramme = 1,2 Zollcentner¹⁾.
- b. 1 Cubikmeter der schon theilweise zersetzten Buchenstreu im Frühjahr oder Sommer gerecht, zeigte im Mittel ein Gewicht von 85 Kilogramm, und das stark verweste ein- und mehrjährige Laub durchschnittlich ein Gewicht von 100 Kilogramm = 2 Zollcentner²⁾.
- c. Als Gesamtmittel sämmtlicher Gewichtsbestimmungen ergab sich pro Cubikmeter ein Gewicht von 77,6 Kilogramm = 1,5 Ctr. bei einem Wassergehalt von 13 %, oder von 81,5 Kilo = 1,6 Ctr. bei einem mittleren Wassergehalt von 18 %.

Stark verweste ein- und mehrjährige Buchenstreu ist demnach fast noch einmal so schwer, als ein gleich grosses Volumen des nicht zersetzten, frisch gefallenen Laubes. Nehmen wir den jährlichen Streuanfall in Buchenwäldern pro Hektar zu 4106 Kilogramm = 82 Ctr. an, so würde diese Streumenge im Herbst, gleich nach dem Abfall zusammengerecht, einen Haufen von 66 Cubikmeter geben.

II. Das Gewicht der reinen Fichtennadeln beträgt durchschnittlich ca. 2,4 mal mehr, als das eines gleichen Volumens Buchenlaubstreu, denn 1 Cubikmeter reine nicht verweste Fichtennadelstreu wiegt ohne Humusbeimengung in vollkommen lufttrockenem Zustande (mit 12 % Wasser) zwischen 148 und 156 Kilogramm, im Mittel also 152 Kilogramm oder 3,0 Ctr.³⁾.

¹⁾ Ausnahmsweise scheint noch leichteres sehr dünnes Laub vorzukommen, denn aus einer Wägung, welche Herr Regierungsrath Arndts in Wiesbaden vornehmen liess, berechnet sich 1 Cubikmeter trockenes Laub aus dem Obertaunuskreis auf nur 35 Kilo (Dankelmanns Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, V. Bd. S. 234).

²⁾ Wie aus Tabelle IV. ersichtlich ist, wurden auch von Seite der kgl. Oberförster zahlreiche Gewichtsbestimmungen über Buchenlaubstreu gemacht; als Durchschnittsmittel sämmtlicher Versuche im Walde ergab sich ein Gewicht von 94 Kilogramm pro Cubikmeter für ein- und mehrjährige Laubstreu in lufttrocknem Zustande.

³⁾ Krutzsch fand als durchschnittliches Gewicht der Fichtennadelstreu im wasserfreien Zustande (bei 100° getrocknet) 135,6 Kilogr. pro Cubikmeter.

Ein Cubikmeter Fichtennadeln mit Humusbeimischung besitzt ein Gewicht zwischen 160 und 175, also im Mittel 168 Kilogr. = 3,3 Ctr. Als Gesamtmittel unserer sämtlichen Gewichtsbestimmungen ergab sich pro Cubikmeter ein Gewicht von 163,5 Kilogr. = 3,2 Ctr. bei einem mittleren Wassergehalt von 12 %, oder 168,4 = 3,3 Ctr. bei einem mittleren Wassergehalt von 15 %.

Die von den kgl. Oberförstern im Walde ausgeführten Versuche ergaben für lufttrockene Fichtennadelstreu (incl. Moosbeimengung) im grossen Durchschnitt ein Gewicht von 137,6 Kilogr. = 2,7 Ctr. pro Cubikmeter.

III. Gewicht der reinen Kiefernnadeln. Reine Kiefernnadelstreu ist um ein Drittheil leichter, als ein gleiches Volumen Fichtennadelstreu, denn 1 Cubikmeter derselben wiegt zwischen 96 und 106, im Mittel also 101 Kilogr. = 2,0 Ctr. Ein Cubikmeter Kiefernnadeln mit Humus und dörren Aestchen vermengt wiegt zwischen 113 und 129, im Mittel also 121 Kilogramm = 2,4 Ctr. Als Gesamtmittel unserer sämtlichen Versuche fanden wir pro Cubikmeter ein Gewicht von 113,9 Kilogr. = 2,2 Ctr. bei einem mittleren Wassergehalt von 11 %, oder 117,3 Kilogr.¹⁾ bei einem mittleren Wassergehalt von 14 %.

Die in den Wäldern gesammelte ein- und mehrjährige Kiefernstreu enthält nicht nur Moos, sondern in der Regel auch mehr oder weniger Haidekraut und Sand beigemischt, deshalb ist auch das Gewicht derselben viel höher, als das der reinen Kiefernstreu; als Mittel der auf den Revieren vorgenommenen zahlreichen Wägungen ergab sich ein Gewicht von 161,8 Kilogr. = 3,2 Ctr.

Da in der Nadelstreu das beigemengte Moos gewöhnlich den Hauptbestandtheil bildet, so ist es auch von Interesse,

IV. das Gewicht der vollkommen lufttrockenen Moosstreu kennen zu lernen. Unseren Ermittlungen zufolge wiegt 1 Cubikmeter reines Moos zwischen 77 und 100 Kilogr., also im Mittel 88 Kilogr. = 1,7 Ctr. Ein Cubikmeter Moos mit Humus vermischt wiegt bis zu 126 Kilogr. Als

¹⁾ Herr Forstmeister Gutte in Oppeln führte im Jahre 1862 ebenfalls Gewichtsbestimmungen über reine Kiefernnadelstreu aus und fand, dass ein Klafter vollkommen lufttrocken 743 Pfd. wiegt; dies entspricht einem Gewichte von 124 Kilogr. pro Cubikmeter. (Verhandlungen d. schles. Forstvereins 1863. S. 234.) Krutzsch dagegen fand als durchschnittliches Gewicht der trocknen Kiefernnadelstreu 150,7 Kilogramm pro Cubikmeter.

Gesamtmittel unserer Versuche ergab sich für reine Moosstreu ein Gewicht von 99,11 Kilogr. = 2 Ctr. bei einem mittleren Wassergehalt von 15 %, oder 104 Kilo ¹⁾ bei einem mittleren Wassergehalt von 20 %.

Reine lufttrockene Moosstreu ist folglich beiläufig um $\frac{1}{3}$ leichter als ein gleiches Volumen reiner Fichtennadeln, aber fast eben so schwer, als reine Kiefernnadeln.

V. Das Gewicht der übrigen Streumaterialien wurde von uns ebenfalls bestimmt und gefunden, dass

1	Cubikmeter lufttrockenes Farnkraut durchschnittl.	59	Kilogr. = 1,2 Ctr.
1	„ Haidekraut mit sehr holzigen Stengeln	60.3	„ = 1,2 „
1	„ Roggenstroh zwischen	58 u. 77	Kilo,
	im Gesamtmittel	70	„ = 1,4 „

wiegt. —

Mit Hilfe dieser ermittelten Zahlen für das Gewicht der verschiedenen Streumaterialien lässt sich nun leicht berechnen, wie viel eine Fuhr oder ein Haufen Waldstreu von bestimmten Dimensionen im lufttrockenen Zustande wiegt.

Das Gewicht einer zweispännigen Fuhr lufttrockener Waldstreu, möglichst fest geladen und zusammengedrückt, würde sich unseren Untersuchungen zufolge berechnen

1) für Laubstreu:

a.	1 Fuhr mit 7,5 Cbntr.	einjähriger (frischgefallener) Laubstreu	(à 1,2 Ctr.) zu 9 Ctr. ²⁾
b.	„ „ 7,5 „	ein- u. mehrjährig. Streu (à 1,6 „)	„ 12 „
c.	1 Fuhr mit 12,5 „	einjähriger Streu	(à 1,2 „) „ 15 „
d.	„ „ 12,5 „	ein- u. mehrjährig. Streu (à 1,6 „)	„ 20 „
e.	1 Fuhr mit 16 „	einjähriger Streu	(à 1,2 „) „ 20 „

Solche aussergewöhnlich grosse Fuhren mit 16 Cubikmeter wurden nur

¹⁾ Damit stimmen auch die Gewichtsermittlungsversuche des Herrn Forstmeisters Gutte in Oppeln überein, welcher fand, dass eine Klafter vollkommen lufttrockene Moosstreu ein Gewicht von 628 Pfd. besitzt, was pro Cubikmeter 104 Kilogramm entspricht.

²⁾ Gelegentlich einer Laubberechtigungsfrage wurde im Obertaunuskreise im September 1872 das Laub eines 450 Cubisfuss (14 Cubikmeter) haltenden zweispännigen Ochsenkarrens im Beisein der Vertreter der Interessenten in Leintücher verpackt gewogen. Diese 450 Cubisfuss Laub im völlig waldtrockenen Zustande ergaben ein Gesamtgewicht von 987 Pfd., mithin enthielt eine der grössten Fuhren nicht volle 10 Ctr. Laub. Dasselbe muss aber ausnehmend leicht und locker aufgeladen gewesen sein, denn unseren Bestimmungen zufolge müsste dasselbe mindestens ca. 15 Ctr. gewogen haben. (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, V. Bd. S. 234.)

aus der Rheinpfalz gemeldet. Im grossen Durchschnitt dürfte sich für eine zweispännige Fuhr Laubstreu im lufttrocknen Zustand das Gewicht von 15 Ctr. annehmen lassen.

2) Für Moos- und Nadelstreu werden fast überall in Bayern Fuhren von 5 Cubikmetern benutzt. Nehmen wir an, ein Cubikmeter wiege 3 Ctr., so ergibt sich pro Fuhr ein Gewicht von 15 Ctr.

Mit Zugrundelegung der auf Seite 52 u. 53 angeführten durchschnittlichen Streumengen lässt sich nun leicht ermitteln, wie viel zweispännige Streufuhren von einem Hektar Wald geliefert werden können. Es ergibt sich, dass man

I. in Buchenwäldern pro Hektar ca. erhält:

- a. von frisch gefallener Laubstreu 9 Fuhren à 7,5 Cubikmeter zu 9 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 3 Fuhren à 300 Cubikfuss),
- b. von 3-jähriger Streu 13,6 Fuhren à 7,5 Cubikmeter zu 12 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 4,5 Fuhren à 300 Cubikfuss),
- c. vom mehrjährigen Streuvorrath in geschonten Beständen 17 Fuhren à 7,5 Cubikmeter zu 12 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 5,8 Fuhren à 300 Cubikfuss).

II. In Fichtenwäldern giebt

- a. der jährliche Nadelabfall 4,7 Fuhren à 5 Cubikmeter zu 15 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 1,5 Fuhren à 200 Cubikfuss),
- b. der 3-jährige Streuertrag 10 Fuhren à 5 Cubikmeter zu 15 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 3,4 Fuhren à 200 Cubikfuss),
- c. der mehrjährige Streuvorrath 12,5 Fuhren à 5 Cubikmeter zu 15 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 4,2 Fuhren à 200 Cubikfuss);

III. In Kiefernwäldern bekommt man beiläufig pro Hektar

- a. vom jährlichen Nadelabfall 5 Fuhren à 5 Cubikmeter zu 15 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 1,7 Fuhren à 200 Cubikfuss),
- b. im 3-jährigen Turnus 12 Fuhren à 5 Cubikmeter zu 15 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 4 Fuhren à 200 Cubikfuss),
- c. vom mehrjährigen Streuvorrath 24 Fuhren à 5 Cubikmeter zu 15 Ctr. (oder pro bayer. Tagw. 8 Fuhren à 200 Cubikfuss)

Bezüglich der Streuanfälle in Nadelholzwaldungen hat Herr Oberförster Taucher in Schwaighausen (Forstamts Regensburg) in seinem Reviere viele Erfahrungen gesammelt, und es wurden von ihm auch in neuester Zeit Ver-

suche darüber angestellt. Einer brieflichen Mittheilung vom 12. August 1874 zufolge gelangte er zu folgenden Ergebnissen:

Streuanfall pro bayer. Tagwerk ($\frac{1}{3}$ Hektar)

I. in Fichtenwäldern:

- a. der jährliche Nadelabfall giebt 1 zweispännige Fuder zu 200 Cubikfuss,
- b. im 3-jährigen Turnus 3 zweispänn. Fuder à 200 Cubikfuss,
- c. der mehrjährige Streuertrag beträgt 4,5 bis 5 zweispännige Fuder à 200 Cbf.

II. in Kiefernwäldern:

- a. jährlicher Nadelabfall 1,5 zweispänn. Fuder à 200 Cubikfuss,
- b. im 3-jährigen Turnus 4 zweispänn. Fuder à 200 Cubikfuss,
- c. an mehrjährigem Streuvorrath 6 zweispänn. Fuder à 200 Cubikfuss.

Bedenkt man, dass unsere Zahlen das Gesamtmittel aller in Bayern unter den verschiedensten Verhältnissen über die Grösse des Streuanfalls angestellten Versuche ausdrücken, während die letzteren Angaben nur Einem Reviere entnommen sind, so ist die fast vollständige Uebereinstimmung beider Resultate (bis auf den mehrjährigen Streuvorrath in Kiefernwäldern) gewiss überraschend.

II.

Die Bestandtheile der Streumaterialien.

Um einen näheren Einblick in die Veränderungen erhalten zu können, welche die Streudecke in den Wäldern bei ihrem Uebergang in Humus erleidet, um ferner den chemischen Werth der Waldstreu oder ihre Bedeutung für die Pflanzenernährung und die Wirkung der Streuentnahme auf den Holzwuchs richtig beurtheilen zu können, ist die Kenntniss der einzelnen Bestandtheile, also die Zusammensetzung der Streumaterialien durchaus nothwendig; es möge daher eine kurze Betrachtung derselben hier folgen.

Wie alle vegetabilischen und thierischen Stoffe bestehen auch die Materialien der Waldstreu aus Wasser, aus verbrennlichen oder organischen und aus unverbrennlichen oder mineralischen Stoffen (Aschenbestandtheilen).

1. Der Wassergehalt der Streumaterialien.

Schon auf Seite 22 wurde erwähnt, dass die ganz jungen Blätter und Nadeln im Frühjahr, also in der ersten Jugendperiode ausnehmend wasserreich sind und dass sie in diesem Entwicklungsstadium beinahe um die Hälfte mehr Wasser enthalten, als in späteren Perioden. So z. B. finden sich in den jungen Eichen- und Buchenblättern, dann in den jungen Lärchen-, Kiefern-, und Fichtennadeln im Mai 70—78 % Wasser¹⁾. Mit dem Aelterwerden vermindert sich ihr Wassergehalt, er bleibt aber vom Juni bis gegen Ende der

¹⁾ Unsere Gemüse sind noch wasserreicher, der Spargel z. B. enthält 92, Blumenkohl 90,8, Rothkraut 90,1, Weisskraut 92,5 % Wasser.

Vegetationsperiode ziemlich constant und bewegt sich im Sommer zwischen 50 und 60 %. Selbst in den abgestorbenen und abgefallenen Blättern und Nadeln finden sich im frischen Zustande immer noch 30 bis 50 % Wasser, beim Liegen an der Luft aber trocknen sie in kurzer Zeit stärker aus und ihr Wassergehalt sinkt bei anhaltend schöner Witterung und in trockener Lage bald auf 20—30 %, endlich werden sie lufttrocken und enthalten dann nur noch 15 bis 20 % hygroskopisches Wasser. Lässt man die Streu dünn ausgebreitet an einem warmen, trockenen und luftigen Orte längere Zeit liegen, so vermindert sich der Wassergehalt noch mehr und sinkt in diesem „vollkommen lufttrockenen“ Zustande auf 12 bis 15 % herab, ganz gleichgültig, ob Laub-, Nadel- oder Moosstreu. Nachstehende Tabelle ist geeignet, uns ein Bild von dem Wassergehalt der einzelnen Streumaterialien in vollkommen lufttrockenem Zustande zu geben. (Vergl. Tabelle V. a.)

Unseren Untersuchungen zufolge enthalten die vollkommen lufttrockenen Streumaterialien folgende Wassermengen:

Namen der Streumaterialien.	Minimum.	Maximum.	Mittel.	Bemerkungen.
	Prozente:			
Buchenlaubstreu . .	11,32	16,88	14,00	Durchschnittszahl aus 74 Analysen.
Eichenlaubstreu . .	12,25	13,37	12,92	„ „ 3 „
Fichtennadelstreu . .	10,40	15,10	12,58	„ „ 83 „
Weisstannenstreu . .	11,53	15,15	12,84	„ „ 25 „
Kiefernnadelstreu . .	10,75	16,17	11,93	„ „ 45 „
Lärchennadelstreu . .	13,65	13,83	13,74	„ „ 2 „
Verschied. Waldmoose	12,10	15,25	14,13	„ „ 15 „
Desgl. (von Rob. Hoffmann untersucht ¹⁾)	12,00	18,83	15,70	„ „ 9 „

Völlig trocken, d. h. wasserfrei kann man die Streu, wie alle andern organischen Substanzen nur erhalten, wenn sie in einem Trockenapparat (Wasser- oder Luftbad) bei 100 ° C., oder besser bei 110—120 ° so lange erhitzt wird, bis sie an Gewicht Nichts mehr verliert.

Der Wassergehalt der Streu ist nicht nur bei der Beurtheilung ihres Gewichtes zu beachten, sondern hat auch Einfluss auf die Streumenge, welche

¹⁾ Landw. Versuchsstationen, I. Bd., S. 269.

nöthig ist, um einen bestimmten Raumtheil z. B. 1 Cubikmeter damit zu füllen, indem sie sich im feuchten Zustande dichter zusammenlegt, als im trocknen, wo sie elastischer ist. Aus unseren angestellten Versuchen geht hervor, dass Buchenlaubstreu, durch vorausgegangenen Regen vollkommen nass, beim Austrocknen ihr Volumen um 10 % vergrösserte; 1 Cubikmeter, der im nassen Zustande 313 Kilogr. wog, hatte lufttrocken nur ein Gewicht von 102 Kilo. Fichtennadeln zeigten nach dem Austrocknen kein grösseres Volumen als im nassen Zustande. Bei Kiefernadeln und bei Moosstreu wurde während des Austrocknens eine Volumenzunahme von 5 % beobachtet.

2. Die organischen oder verbrennlichen Bestandtheile der Streumaterialien.

Hat man die Streumasse durch künstliches Erwärmen in einem Trockenapparat vollkommen wasserfrei gemacht, so enthalten die getrockneten Blätter, Nadeln, Moos u. s. w. nur noch die verbrennlichen oder organischen und die Mineralbestandtheile, die man zusammen auch als „Trockensubstanz“ bezeichnet. Wird dieselbe in einem Platintiegel erhitzt und schliesslich geglüht, so verbrennen alle organischen Stoffe, während nur die Mineralbestandtheile als Asche zurückbleiben. Auf diese Weise lässt sich die Menge der organischen und der mineralischen Bestandtheile leicht quantitativ bestimmen.

Sowohl die lufttrockene, als auch die völlig getrocknete Streumasse besteht vorherrschend aus organischen Stoffen. Bei der Verwesung der Streudecke werden diese organischen Verbindungen zersetzt, gehen nach und nach in den bekannten schwarzen Humus über, der schliesslich in Folge weiterer Zersetzung in Kohlensäure, Ammoniak und Wassergas übergeführt wird, die in Form unsichtbarer Gase entweichen (sog. „Verflüchtigung des Humus“). Die organischen Bestandtheile der Streudecke liefern demnach nicht blos das Material für die Humuserzeugung, sondern bilden auch durch ihre letzten Zersetzungsprodukte (Kohlensäure und Ammoniak) eine nachhaltige und sehr werthvolle Quelle von Pflanzennährmitteln.

Mit den abgestorbenen Blättern und Nadeln gelangt in jedem Jahre ein Theil der vom Baume produzierten organischen Substanz nebst den in den Blättern vorhandenen Mineralbestandtheilen auf die Oberfläche des Waldbodens. Ebenso geben die Bäume eine gewisse Quantität ihrer produzierten

organischen und Mineral-Substanz durch die bei der natürlichen Reinigung der Bestände absterbenden und vom Stamme sich trennenden Aeste und Zweige, dann durch die von der Rinde sich ablösenden Borkentheile, endlich auch durch die abfallenden Zapfen und Samen an den Boden ab.

**Gehalt der Streumaterialien
an organischen Stoffen.**

Aus unseren zahlreichen Analysen (Tabelle V. a.) ergibt sich, dass die Streumaterialien im vollkommen lufttrockenen Zustande an organischen Substanzen in 100 Gewichtstheilen enthalten:

Streumaterialien.	Minimum.	Maximum.	Mittel.	Bemerkungen.
	Prozente:	Prozente:	Prozente:	
				Durchschnittszahlen aus 75 Analysen.
Buchenlaub	76—77	81—82	78—80	„ 3 „
Eichenlaub	81	82	82	„ 82 „
Fichtennadeln	79—80	85—86	82—83	„ 25 „
Weisstannennadeln	78—79	85—86	81—82	„ 45 „
Kiefernadeln	82	87	85—86	„ 2 „
Lärchennadeln	—	—	82	„ 15 „
Verschied. Waldmoose desgl. (nach Rob. Hoff- mann	78	85	81—82	„ 9 „
	78	84	81	

**Gesamtmenge der in den
Wäldern pro Hektar alljähr-
lich produzierten organischen
Substanz.**

Durch unsere Untersuchungen stehen uns nun auch die nöthigen Fundamentalzahlen zu Gebot, um berechnen zu können, wie gross die in den Wäldern alljährlich erzeugte organische Substanz ist, und wie viel von der Gesamtmenge alljährlich durch die verschiedenen Abfälle des Waldes an den Boden abgegeben wird. Wir bekommen auf diese Weise wenigstens annähernd ein Bild von der Produktionsfähigkeit unserer Wälder. Da die gewonnenen Zahlen durch umfangreiche Versuche und Untersuchungen aus dem Walde selbst hervorgegangen sind, also auf Thatsachen sich gründen, so haben sie nicht nur einen idealen, sondern auch einen realen Werth.

Die Grundlagen, deren wir uns bei der Berechnung bedienten, wurden in folgender Weise erhalten: Die jährliche Produktion an Trockensubstanz in den verschiedenen Waldbeständen ergibt sich aus dem jährlichen Zuwachs, sowohl an Hauptnutzung als an Zwischennutzung (Vorerträge), und aus der jährlich

produzierten Blatt- resp. Streumenge. Der Jahreszuwachs an Holz wurde in den verschiedenen Probeflächen der bayerischen Staatswäldungen durch Massenaufnahmen Seitens der kgl. Oberförster ermittelt; der jährliche Streuanfall wurde seit einer Reihe von Jahren durch zahlreiche vorgenommene Wägungen auf denselben Probeflächen bestimmt. (Vergl. Tabelle III. a.) Die gewonnenen Durchschnittszahlen für den Jahreszuwachs des Stammholzes incl. der Astmasse sind aus der Tabelle I. zu ersehen und im Nachstehenden kurz zusammengestellt:

I. Jahreszuwachs in Buchenbeständen:

a. Von 30—60 Jahren (Buchenmittelhölzer)	Cub.- meter pro Hektar	b. Von 60—90 Jahren (angehend haub. Bestände)	Cub.- meter pro Hektar	c. Von 90—120 Jahren (haubare Bestände)	Cub.- meter pro Hektar
Oberförstereien.		Oberförstereien.		Oberförstereien.	
Rothenbuch	5,15	Hundelshausen . . .	2,96	Hundelshausen . . .	4,55
Waldaschaff	2,86	Rothenbuch	5,54	Waldaschaff	3,99
Wiesen	4,76	Merzalben	4,57	Breitenfurth	3,55
Binsfeld	4,60	do. ²⁾	3,72	Kipfenberg	2,98
Hain XII. 5.	3,29	do.	2,75	Hain	3,15
Schernfeld	6,09	Hain	2,22	Waldleiningen . . .	4,80
Lohrerstrasse	3,85	Stiftswald	3,95	Rothenbuch	4,18
Höchberg	4,00	Gesamtdurchschnitt	3,67	Gesamtdurchschnitt	3,89
Gefall ¹⁾	7,60				
Rohrbrunn	4,50				
Ruppertshütten . . .	6,08				
Gesamtdurchschnitt	4,80				

II. Jahreszuwachs in Fichtenbeständen:

a. Von 30—60 Jahren (Fichtenmittelhölzer)	Cub.- meter pro Hektar	b. Von 60—90 Jahren (angehend haubare Fichten)	Cub.- meter pro Hektar	c. Von 90—120 Jahren (haubare Fichtenbestände)	Cub.- meter pro Hektar
Oberförstereien.		Oberförstereien.		Oberförstereien.	
Bischofswies	4,59	Schliersee	6,75	Bayersried VI. 3. . .	6,36
Krün	2,26	Riss	9,57	Valepp	4,95
Altenbuch	5,92	Königssee	9,09	Rothenkirchen . . .	5,90
Effelner	7,27	Saalalpthal	8,20	Ramsau	6,86
Bayersried	8,00	Bayersried	6,53	Oberammerrgau . . .	6,34
Partenkirchen	5,02	Ottobeuren	6,04	Ottobeuren	7,76
Goldcronach	3,87	Kirchdorf	7,51	Schellenberg	6,27
Walchensee	9,96	Lauenhain	4,57	Lauenhain	3,45
Wallenfels	9,45	Bischofsgrün	6,69	Jachenau	6,97
Bischofsgrün	7,60	Gesamtdurchschnitt	7,28	Geroldsgrün	5,33
Marquartstein	8,96			Gesamtdurchschnitt	6,07
Tussenhausen	7,56				
Gesamtdurchschnitt	6,71				

1) Auf Basaltboden. 2) Mit Eichen gemischt.

III. Jahreszuwachs in Kiefernbeständen:

a. Von 25—50 Jahren (Kiefernmittelhölzer)	Cub.- meter pro Hektar	b. Von 50—75 Jahren (angehend haubare Kiefern)	Cub.- meter pro Hektar	c. Von 75—100 Jahren (haubare Kiefernbestände)	Cub.- meter pro Hektar
Oberförstereien.		Oberförstereien.		Oberförstereien.	
Waldaschaff	5,84	Iggelbach	7,39	Elmstein	5,71
Grafenwöhr I.	4,60	Feucht	5,63	Nittenau	2,55
Bodenwöhr I.	3,00	Pyrbaum	5,48	Pyrbaum	4,68
Lichtenhof	2,49	Erlenbach	6,36	Erlenbach	5,28
Hannesreuth	2,62	Grafenwöhr II.	4,48	Waldleiningen	3,48
Erlenbach	5,42	Allersberg	5,17		
Brunnau	6,00			Gesamtdurchschnitt	4,34
Pyrbaum	4,81	Gesamtdurchschnitt	5,75		
Brunnau	4,17				
Bodenwöhr II.	2,21				
Gesamtdurchschnitt	4,12				

Das zur Hauptnutzung gehörige Stock- und Wurzelholz, welches in obigen Zahlen nicht mit inbegriffen ist, wurde für die 30—60-jährigen Bestände zu 5 % für die 60—90-jährigen zu 10 %, für die 90—120-jährigen zu 15 % der oberirdischen Holzmasse veranschlagt; ebenso wurden für die Zwischennutzungen (Vorerträge)

für die 30—60-jährigen Bestände 10 % der Hauptnutzung

„ „ 60—90 „ „ 25 % „ „

„ „ 90—120 „ „ 35 % „ „

in Rechnung gebracht, um den gesammten Jahreszuwachs des Bestandes zu finden.

Behufs Umwandlung des jährlichen Holzertrages aus dem Volumen in das Gewicht wurde als spezifisches Gewicht für lufttrockenes Buchenholz 0,70, für Fichtenholz 0,45, für Kiefernstammholz 0,60¹⁾ angenommen, und um die Holzmasse in wasserfreiem Zustande zu erhalten, wurden 15 % hygroskopisches Wasser in Abrechnung gebracht. Hiernach wiegt

1	Cubikmeter wasserfreies Buchenholz . . .	595	Kilo
1	„ „ Fichtenholz . . .	382	„
1	„ „ Kiefernholz . . .	510	„

¹⁾ Nach Nördlingers Bestimmungen beträgt das spec. Gewicht des lufttrockenen Holzes im Mittel bei der Rothbuche 0,74, bei der Fichte 0,47, bei der Kiefer 0,52; da aber die Grenzen für letztere Holzart zwischen 0,31 und 0,74 liegen, so wählten wir 0,60 als Mittel für älteres Kiefernstammholz.

Diesen Annahmen gemäss berechnet sich die jährliche Produktion der Wälder an Trockensubstanz im grossen Durchschnitt folgendermassen:

Altersklassen	Jährlicher Durchschnittsertrag pro Hektar									
	Hauptnutzung	Stockholz, Wurzelholz	Zwischennutzung (Voreträge)	Summe der ganzen Holzmasse	Gewicht der produzierten			Nach Abzug der Asche ¹⁾ an organischer Substanz		
					Holz- masse	Streu- menge	Summe der produzierten Trockensubst.	Im Holz	In der Streu	Summa
Kubikmeter.				Kilogramme:						

I. Buchenbestände.

in 30—60-jährigen	4,80	0,24	0,48	5,52	3284	3365	6649	3251	3176	6427
„ 60—90 „	3,67	0,37	0,55	4,59	2731	3368	6099	2704	3179	5883
„ 90—120 „	3,89	0,58	1,37	5,84	3474	3270	6744	3439	3087	6526
Mittel	—	—	—	5,32	3163	3331	6497	3131	3147	6278

II. Fichtenbestände.

in 30—60-jährigen	6,71	0,33	1,01	8,05	3075	3369	6444	3044	3217	6261
„ 60—90 „	7,28	0,73	1,82	9,83	3749	2869	6618	3712	2740	6452
„ 90—120 „	6,07	0,91	2,13	9,11	3480	2783	6263	3445	2658	6103
Mittel	—	—	—	8,99	3435	3007	6442	3400	2872	6272

III. Kiefernbestände.

in 25—50-jährigen	4,12	0,21	0,41	4,74	2417	2921	5338	2393	2878	5271
„ 50—75 „	5,75	0,58	1,44	7,77	3963	3002	6965	3923	2958	6881
„ 75—100 „	4,34	0,65	1,52	6,51	3320	3636	6956	3287	3578	6865
Mittel	—	—	—	6,34	3233	3186	6420	3201	3138	6339

Wenn man bedenkt, dass obige Resultate sich aus hunderten, ja tausenden verschiedener Zahlen ergaben, die theils durch Wägungen der Streu an

¹⁾ Unter Asche ist hier die Reinasche verstanden (nach Abzug der Kohle, Sand und Kohlensäure). Für die verschiedenen Holzarten wurde als Aschengehalt durchschnittlich 1% angenommen; das Stammholz ist zwar aschenärmer und enthält etwa nur 0,5%, dafür aber steigt der Aschengehalt wesentlich im Ast- und Reisigholz, wodurch sich obige Annahme von 1% rechtfertigt. Für die Streumaterialien brachte man jene Prozente an Reinasche in Rechnung, welche sich aus unseren zahlreichen analytischen Untersuchungen im Mittel ergaben, nämlich

für Laubstreu	5,60 %
für Fichtenstreu	4,50 %
für Kiefernadelstreu	1,46 %

den verschiedensten Revieren, theils durch zahlreiche Massenaufnahmen, endlich auch durch die Analysen des Streumaterials gewonnen wurden, so muss man gewiss über die auffallende Uebereinstimmung der Zahlen erstaunt sein, welche die Gesamtproduktion der Trockensubstanz und die Menge der erzeugten organischen Stoffe ausdrücken. Darnach würden pro Hektar im grossen Durchschnitt

in Buchenbeständen alljährlich in Sa.	6278 Kilogramm,
„ Fichtenbeständen „ „ „	6272 „
„ Kiefernbeständen „ „ „	6339 „

organische Substanz erzeugt. Es geht daraus hervor, dass dem Gewichte nach in Waldbeständen verschiedener Holzarten im grossen Durchschnitt alljährlich die gleiche Menge organischer Substanz produziert wird.

Von dieser produzierten Gesamtmasse bleibt nur ca. die Hälfte der organischen Stoffe im Holzkörper zurück, die andere Hälfte geht durch die verschiedenen Abfälle (Blätter, Nadeln, Reisig, Borkenschuppen, Zapfen und Samenhüllen) alljährlich an den Boden über. Aus obigen Angaben berechnet sich nämlich, dass die organische Substanz, welche der Wald alljährlich abwirft, in Buchenbeständen im grossen Durchschnitt 50 %, in Fichtenbeständen 45,7 %, in Kiefernbeständen 49,5 % der gesammten erzeugten Masse beträgt. In jenen Altersklassen, in welchen der jährliche Holzzuwachs am grössten ist, vermindert sich natürlich auch relativ die Menge der abgeworfenen organischen Substanz, denn es berechnet sich dieselbe in Prozenten ausgedrückt in den verschiedenen Altersklassen folgendermassen:

	Für Buchenbestände:	Für Fichtenbestände:	Für Kiefernbestände:
in Mittelhölzern	49,4 %	51,3 %	54,6 %
in angehend haub. Beständen	54,0 %	42,5 %	43,0 %
in haubaren Beständen . . .	47,3 %	43,5 %	52,1 %

Wird daher die frische abgefallene Streu aus dem Walde entfernt, so entziehen wir mit derselben dem Gewichte nach so viel organische Substanz, als durchschnittlich im Holzkörper durch den jährlichen Zuwachs sich gebildet hatte.

3. Die einzelnen organischen Bestandtheile der Streumaterialien.

Die verschiedenen organischen Stoffe, welche im Pflanzenkörper vorkommen, werden auch als „nähere Bestandtheile“ desselben bezeichnet (wozu man im weiteren Sinne auch das Wasser und die Aschenbestandtheile rechnet). Nach ihrer Zusammensetzung zerfallen dieselben in zwei Gruppen:

- a. in stickstofffreie und
- b. in stickstoffhaltige.

a. Die stickstofffreien organischen Bestandtheile der Streumaterialien.

Weitaus der grösste Theil der Trockensubstanz der Streu besteht aus organischen Verbindungen, die als entferntere Bestandtheile nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, mithin stickstofffrei sind. Es gehören dazu:

1. Die Rohfaser oder Holzfaser — ein Gemisch von Cellulose und Lignin — ist derjenige Stoff, aus welchem die Wände aller verholzten Pflanzenzellen und Gefässe nebst ihren Verdickungsschichten bestehen. Sie bildet die Grundlage eines jeden Pflanzengewebes und daher auch das Gerippe oder Skelett der Blätter und Nadeln. Aus der Roh- und Holzfaser bilden sich bei der Verwesung der Streu vorzüglich die Humusbestandtheile und sie liefert demgemäss das Hauptmaterial für die Humuserzeugung. Im jugendlichen Zustande, kurz nach dem Aufbrechen der Knospen im Frühjahr bestehen die Zellwände der Blätter nur aus Cellulose (Zellstoff) und Wasser; zwischen die organische Substanz der Zellhaut sind sehr geringe Mengen von Mineralstoffen (Kalk oder Kieselsäure) eingelagert; mit dem Aelterwerden aber verholzen die Zellen, indem die Cellulose-Membran von Lignin und grösseren Mengen Mineralstoffen, namentlich Kieselsäure oder Kalk, durchdrungen und imprägnirt wird.

Das Lignin wird während der Verholzung höchst wahrscheinlich nicht aus dem Zellinhalte abgeschieden und zwischen die Zellstoff-Moleküle abgelagert, sondern entsteht durch chemische Umwandlung (Metamorphose) des Zellstoffes selbst (Sachs). Aus vorliegenden Untersuchungen geht hervor, dass der durchschnittliche Ligningehalt der Hölzer etwa 50 % beträgt.

Da verholzte Pflanzenmassen schwerer verdaulich sind, als nicht verholzte,

so hat auch junges Laubfutter (abgesehen von dem grösseren Proteïnstoffgehalt) einen grösseren Nährwerth als altes.

Der Gehalt an Rohfaser nimmt mit dem Alter der Blätter zu; so enthalten z. B. 1000 Stück junge Buchenblätter im Mai (siehe S. 18) nur 7,69, im Juni aber schon 22,38 und im November 28,62 Gramm Rohfaser. Man kann im Allgemeinen annehmen, dass die völlig trockenen Blätter im Sommer je nach Holzart zwischen 14 und 24 % Rohfaser enthalten, und dass im Herbst die trockene Laubstreu durchschnittlich aus 25—30 %, also zum vierten Theil aus Rohfaser besteht ¹⁾.

Aus den vegetabilischen Stoffen, also auch aus den Streumaterialien, lässt sich die Rohfaser abcheiden, wenn man die betreffenden Pflanzentheile zerkleinert und dann zuerst mit verdünnter (5prozentiger) Kalilauge, hierauf mit verdünnter (5procentiger) Schwefelsäure kocht, den Rückstand mit Wasser auswäscht und denselben schliesslich noch durch Ausziehen mit Aether von allem Fett, Wachs und harzartigen Körpern reinigt. Auf diese Weise wird die Rohfaser quantitativ bestimmt.

2. Fette oder fette Oele. In den Zellen aller Pflanzen und Pflanzentheile kommen in geringer Menge fette Oele in kleinen Tröpfchen vor; reich an vegetabilischem Fett sind die Samen einzelner Pflanzenfamilien, wie z. B. der Cruciferen (Reps, Rübensamen), dann die Bucheckern, der Mohn-, Leinsamen u. s. w. Am fettärmsten sind in der Regel die Wurzeln, nächst dem die Blätter und Stengel der Pflanzen. Aber selbst unsere Baumblätter sind nicht fettfrei, denn Dr. Rissmüller fand in den trockenen jungen Buchenblättern im Mai 2,36 %, im Oktober im abgestorbenen Buchenlaub 5,54 % Fett. 100 Kilogramm (= 2 Ctr.) dürres Buchenlaub enthält also fast 6 Kilogramm Fett.

¹⁾ Das Wiesenheu enthält durchschnittlich 30 %, die Strohsorten 48—54 % Holzfaser, noch reicher daran ist natürlich das Holz. Die reine Cellulose besteht in 100 Theilen aus

44,44 Kohlenstoff,
6,18 Wasserstoff und
49,38 Sauerstoff,

als procentische Zusammensetzung des Lignins (Holzstoffs) berechnet sich:

55,55 Kohlenstoff,
5,83 Wasserstoff,
38,62 Sauerstoff.

Man bestimmt den Fettgehalt durch Extraktion der völlig trockenen Pflanzentheile mit wasserfreiem Aether.

3. Alle andern in den Blättern vorkommenden stickstofffreien organischen Bestandtheile fasst man unter der Collectiv-Bezeichnung „stickstofffreie Extraktivstoffe“ zusammen. Es gehören dazu Kohlenhydrate (Stärke¹⁾, Gummi, Zucker), Bitterstoffe, Pflanzensäuren, Extraktivstoffe u. s. w. Ein in forstlicher Hinsicht besonders beachtenswerther stickstofffreier Bestandtheil sowohl der lebenden als der abgestorbenen Baumblätter ist die Gerbsäure oder Gerbstoff (Tannin). Unter den verschiedenen Laubsorten sind bekanntlich die Eichenblätter am gerbstoffreichsten, doch wechselt der Gerbsäuregehalt in denselben von Monat zu Monat und vermindert sich mit dem Alterwerden derselben. 100 Theile getrocknete Eichenblätter enthielten

am 13. Mai	16,4 %	Gerbsäure,
„ 1. Juni	12,6 „	„
„ 9. Juli	11,2 „	„
„ 28. „	9,4 „	„
„ 5. August	8,7 „	„

(Vergleiche Stöckhardt's Chemischer Ackersmann 1866. S. 161.)²⁾

Die stickstofffreien löslichen Extraktivstoffe bilden in den Blättern und Nadeln stets die Hauptmasse der Trockensubstanz; grünes Baumlaub in luft-

¹⁾ Dass in den grünen, lebenden Baumblättern Stärkmehl (Amylum) stets vorhanden ist, aber im abgestorbenen, abgefallenen Laube fehlt, wurde schon Seite 11 erwähnt.

²⁾ Um ein Bild über den Gerbsäuregehalt der verschiedenen Theile der Eiche zu erhalten, sei erwähnt, dass die vollkommen getrocknete

Spiegelrinde je nach Güte zwischen 9 und 18% Gerbsäure enthält,
 alte Eichenborkenrinde 10–14% (die Aussenschicht 6%,
 die Mittelschicht 12%,
 die inneren Bastlagen 14–18%),

Reiserholz von Eichen im Winter (von Anfang Novbr. bis Ende Februar)
 zwischen 11 u. 15,5%,

„ „ „ im Frühjahr (Anfangs Mai zur Schälzeit) nur zwischen
 4 und 7%,

Junge Triebe u. Blätter, Anfang Mai 24%

„ „ allein, Ende Mai 28%

„ Blätter allein, Ende Mai 14%

Sägespäähne aus Kernholz (einer 160-jähr. Eiche) im Winter 12–14%.

Die jungen Triebe und Blätter im Mai sind demnach am gerbstoffreichsten. In den levantischen Galläpfeln und in den Knoppeln beträgt aber der Gerbstoffgehalt zwischen 50–60 Procent. (Vergl. Th. Hartig, über den Gerbstoff der Eichen. 1869.)

trockenem Zustand enthält durchschnittlich 55,4 % (Minimum 43,8, Maximum 68,2 %), im völlig trockenen Laub finden sich je nach Holzart zwischen 52 und 72 %¹⁾, in der trockenen Buchenlaubstreu ca. 50 %. Man kann also annehmen, dass die stickstofffreien Extraktivstoffe etwa die Hälfte des völlig trockenen Laubes ausmachen.

Es lassen sich dieselben quantitativ in der Weise bestimmen, dass man von einer bestimmten Gewichtsmenge der zu untersuchenden Pflanzensubstanz die Rohfaser, das Fett, die Proteinstoffe und Aschenbestandtheile ermittelt und summirt; das am ursprünglichen Gewichte noch Fehlende bringt man dann als stickstofffreie Extraktivstoffe in Rechnung. Es ergibt sich also ihre Gewichtsmenge aus der Differenz.

b. Die stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile der Streumaterialien.

In allen vegetabilischen Stoffen, mithin auch in den Pflanzenabfällen, finden sich neben den stickstofffreien organischen Substanzen stets noch geringe Mengen stickstoffhaltiger, die man unter den Namen „Proteinstoffe, Eiweissstoffe oder Albuminate“ kennt. Alle zu dieser Gruppe gehörenden Pflanzenbestandtheile sind Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und etwas Schwefel. Die Menge derselben wird dadurch bestimmt, dass man zunächst den Stickstoffgehalt des betreffenden getrockneten Pflanzentheils (mittelst der Elementaranalyse durch Verbrennen mit Natronkalk) ermittelt und daraus die Menge der Proteinstoffe berechnet, indem man den gefundenen Stickstoffgehalt mit 6,25 multiplicirt.

Solche Eiweissstoffe fehlen in keiner lebensfähigen Zelle, sind daher allgemein verbreitete Pflanzenbestandtheile und finden sich entweder im Zellsafte gelöst oder als eine schleimig-körnige Masse abgelagert. Reich an Eiweissstoffen sind die Samen (Eicheln z. B. enthalten geschält 4,84, ungeschält 3,27 %), während sie in allen jenen Organen, in welchen die Lebensthätigkeit und das Wachstum abgeschlossen ist, also im Holzkörper, im Stroh, in den Laub- und Nadelabfällen, nur in geringer Menge vorkommen.

Eine besondere Beachtung verdienen sie schon deshalb, weil man die nährende Kraft eines Futtermittels aus der Menge der Proteinstoffe ableitet,

Chem. Ackersmann 1866. S. 169,

denn je grösser dieselbe ist, einen desto grösseren Werth hat es als blut- und fleischbildendes Nahrungsmittel¹⁾).

Aber auch als Bestandtheile der Streumaterialien spielen die Proteinstoffe eine hervorragende Rolle, weil stickstoffreiche Materialien weit leichter verwesen, also zu Humus zerfallen, als stickstoffarme, und weil der Stickstoff derselben bei ihrer Verwesung in Ammoniak übergeht, das bei Luftzutritt durch Oxydation sich leicht in Salpetersäure resp. salpetersaure Salze umwandelt. Diese beiden Zersetzungsprodukte gehören aber zu den wichtigsten und werthvollsten Pflanzennährmitteln. Ein stickstoffreicher Dünger hat daher stets einen grösseren Werth als stickstoffarmer.

Durch vielfache Untersuchungen ist festgestellt, dass die einzelnen Pflanzentheile, wie Wurzeln, Stengel, Blätter mit fortschreitender Vegetation, also mit zunehmendem Alter, immer ärmer an Proteinstoffen werden und an Nährwerth mehr und mehr verlieren. Diesem allgemeinen Naturgesetze unterliegen auch die Blätter der Bäume; denn sie sind, wie schon früher erwähnt wurde, in ihrer ersten Entwicklungsperiode im Frühjahr am stickstoffreichsten und werden stufenweise bis zu ihrem Abfall im Herbst immer ärmer an Eiweissstoffen. Das junge Laub mit den jungen frischen Trieben, junges Gras u. dergl. ist aber nicht nur stickstoffreich, sondern zugleich auch leicht verdaulich, es haben daher die genannten Pflanzentheile in diesem Entwicklungsstadium den höchsten Futterwerth. Dieser nimmt im Laubfutter gegen den Herbst zu fortwährend ab und ist kurz vor dem Laubabfall am geringsten.

¹⁾ Es hat jedenfalls für den Leser Interesse, den Eiweiss- oder Proteinstoffgehalt unserer wichtigsten vegetabilischen Nahrungsmittel kennen zu lernen.

Nachstehende Gemüsesorten und Getreidekörner enthalten im frischen Zustand an Eiweiss- oder Proteinstoffen durchschnittlich:

Bohnen	24,88 %
Linsen	23,97 %
Erbsen	22,72 %
Roggenkörner	13,81 %
Weizenkörner	12,66 %
Kartoffeln	2,17 %
Spargel	2,26 %
Blumenkohl	2,83 %
Kohlkraut (Winterkohl, Blätter)	2,77 %
Rothkraut	2,14
Weisskraut	1,40 % (Dahlen, Naturforscher 1874, No. 45.)

Unsere frischen und reifen Obstsorten sind sehr arm daran, ihr Eiweissgehalt beträgt nur zwischen 0,1° und 0,9 Procent.

Die Abnahme der Proteinstoffe mit zunehmendem Alter der Blätter geht aus folgendem Beispiel näher hervor:

In 100 Gewichtstheilen vollkommen trockener Blätter wurden an Proteinstoffen gefunden im:

Monat.	Eichenblätter ¹⁾ .	Buchenblätter ²⁾ .	Lärchennadeln ¹⁾ .
Mai	25,9 %	28,2 %	28,7 %
Juni	14,6 %	18,9 %	18,2 %
Juli	14,0 %	19,3 %	10,7 %
August	9,9 %	17,8 %	6,9 %
September	7,0 %	14,3 %	7,1 %
Oktober	6,6 %	12,0 %	5,5 %
November	—	7,8 %	—

Ueber den Proteinstoffgehalt der grünen Blätter oder des Laubfutters (Ende Juli 1864 gesammelt) geben uns nachstehende Untersuchungen Aufschluss, die im Laboratorium zu Tharand ausgeführt wurden (Chem. Ackersmann, 1866, S. 51). Die völlig trockenen Blätter enthielten Proteinstoffe:

Weisserle . 17,76%	Eiche 14,36%	Ulme 11,71%	Rothbuche . 10,64%
Winterlinde 14,86%	Sommerlinde 13,86%	Vogelbeer . 11,34%	Aspe 10,08%
Bergahorn 14,86%	Akazie 12,44%	Esche 11,21%	Schwarzerle 9,13%
Hasel 14,50%	Saalweide . . 12,34%	Birke 10,96%	Weissbuche 7,81%

Im grossen Durchschnitt enthält daher getrocknetes grünes Baumlaub 12,36 % Proteinstoffe. Da im Kleeheu der Proteinstoffgehalt durchschnittlich 13—15 %, in gutem Wiesenheu 10,4 %, im Wiesenheu mittlerer Güte 8,2, im Alpenheu 12,21 % beträgt, so folgt daraus, dass das Laubfutter (für Schaaf, Ziegen, Rindvieh) beträchtliche Mengen von Nährstoffen enthält und gutes Wiesenheu noch übertrifft oder mindestens demselben gleichsteht. Man kann annehmen, dass 1 Ctr. Futterlaub denselben Werth wie 1 Ctr. Wiesenheu habe. Die abgestorbenen und abgefallenen Baumblätter und Nadeln müssen nach obigen Darstellungen stickstoffärmer sein, als die lebenden Blätter, was auch durch nachstehende Untersuchungen von Krutzsch³⁾ über den

¹⁾ „Chem. Ackersmann“, 1866. S. 158.

²⁾ Vergl. S. 19 dieses Buches.

³⁾ Chem. Ackersmann 1866, S. 158 u. 162.

Proteinstoffgehalt verschiedener Streumaterialien ¹⁾

bestätigt ist. Es enthalten 100 Gewichtstheile völlig trockene abgefallene

Buchenblätter	zwischen 5 bis 7,81 %	Proteinstoffe	= 0,80 bis 1,24 %	Stickstoffgehalt,
Eichenblätter	6,62 %	„	= 1,05 %	Stickstoffgehalt,
Fichtennadeln	8,43 %	„	= 1,35 %	„
Kiefernadeln	11,81 % (?)	„	= 1,89 %	„
Lärchennadeln	5,50 %	„	= 0,88 %	„
Fichtenzweige	3,56 %	„	= 0,57 %	„
Fichtenzapfen	2,31 %	„	= 0,37 %	„

Robert Hofmann analysirte verschiedene Waldmoose ²⁾, die als Gemengtheil der Nadelstreu oft vorkommen, und fand in 100 Gewichtstheilen der lufttrockenen Substanz:

Species von Ast- moosen	}	im Hypnum tamariscinum	7,56 %	Proteinstoffe	= 1,21 %	Stickstoff,
		„ „ christianastrensens	9,56 %	„	= 1,53 %	„
		„ „ splendens	6,94 %	„	= 1,11 %	„
		„ „ triquetrum	7,62 %	„	= 1,22 %	„
		„ „ cupressiforme	7,00 %	„	= 1,12 %	„
		„ „ rusciforme	7,68 %	„	= 1,23 %	„
		„ „ silvestre	5,25 %	„	= 0,84 %	„
		Polytrichum commune (Haarmoose)	5,62 %	„	= 0,90 %	„
Climarium dendroides (baumartiges Treppenmoos)		8,94 %	„	= 1,43 %	„	

Die lufttrockenen Waldmoose enthalten demnach im Mittel 7,37 % Proteinstoffe = 1,18 % Stickstoff, sind also stickstoffreicher als die abgefallenen Blätter und Nadeln des Waldes. Vergleicht man den Stickstoffgehalt der Moose und des Streulaubes mit jenen der Stroharten, die lufttrocken im Mittel nur 3,6 % Proteinstoffe = 0,57 % Stickstoff enthalten ³⁾, so ergibt sich, dass die Waldstreu nahezu noch einmal so reich an Proteinstoffen ist, als die zur Einstreu verwendeten Strohsorten. Selbst das Holz, resp. das Sägemehl, das gegenwärtig vielfach als Streumaterial Verwendung findet, ist nicht stickstoffärmer als das Stroh, denn es fanden sich in den Sägespänen von Pappel-

¹⁾ An umfangreicheren Stickstoff- oder Eiweissbestimmungen verschiedener Waldstreuarten fehlt es noch vollständig; wir behielten uns diese Arbeit für später vor.

²⁾ Land. Vers.-Stat. I. Bd. S. 270.

³⁾ Dietrich und König, „Zusammensetzung der Futterstoffe“ S. 16.

C. Schneider machte Mittheilungen über die Vertheilung des Stickstoffgehaltes in einigen Strohsorten und fand im lufttrockenen Gerstenstroh (bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 12,9 %) 0,780 %, im Roggenstroh 1,165 % Stickstoff (Just, botanischer Jahresbericht 1873, S. 292).

holz 4,43 % Proteinstoffe = 0,71 % Stickstoff, von Kiefernholz 3,31 % = 0,53 % Stickstoff, von Fichtenholz 4,19 % = 0,67 % Stickstoff (Chem. Ackersmann 1869, S. 118). In den meisten Holzarten schwankt der Proteinstoffgehalt zwischen 3 u. 5 % = 0,5 bis 0,8 % Stickstoff.

Eine grosse Reihe von Stickstoffbestimmungen, welche im Fichtenholze von Dr. H. Karsten, im Rothenbuchenholze von Dr. Schroeder in Tharand angestellt wurden, ergaben bezüglich des Eiweiss- oder Stickstoffgehaltes des Holzes und verschiedener Holzsortimente folgende Hauptresultate:

- 1) Der gesammte Stickstoff- oder Eiweissgehalt zeigt im Splint- und Kernholz keine wesentlichen Differenzen; ebenso scheint das Stammholz verschiedener Bäume (Buche und Fichte) in dieser Beziehung sich nicht erheblich von einander zu unterscheiden. Der Stickstoffgehalt des Kernholzes ist nicht wesentlich geringer als der des Splintholzes. Dagegen enthält nach Ulbrichts Untersuchungen das Splintholz etwa zweimal so viel in Wasser leicht lösliche und extrahirbare Eiweisskörper als das Kernholz. Am grössten ist der Eiweissgehalt jedenfalls im Cambium und in der Bastschichte.
- 2) Je geringer der Durchmesser der Holzsortimente ist, desto mehr steigert sich ihr Stickstoffgehalt. Die dünnsten Zweige (Reiser) sind daher nach den Blättern am stickstoffreichsten an Eiweissstoffen (Wellenholz), dann folgen die stärkeren Aeste, hierauf das Prügelholz und zuletzt erst das Stammholz. Diesem Gesetze entsprechend haben jüngere Stämmchen einen höheren Stickstoffgehalt als älteres Stammholz ¹⁾.

4. Die elementare Zusammensetzung der organischen Stoffe in den Streumaterialien,

oder

ihre entfernteren Bestandtheile.

Die einzelner Elemente, aus welchen die vegetabilischen und animalischen Stoffe bestehen, also Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, nennt man häufig auch ihre „entfernteren Bestandtheile.“ Wie schon oben erwähnt, herrschen im Pflanzenkörper und in den einzelnen Pflanzentheilen die stickstofffreien Verbindungen weitaus vor, während die stickstoffhaltigen in verhältnissmässig nur geringer Menge auftreten.

¹⁾ Centralbl. für Agriculturchemie 1874, S. 208.

Die Elemente oder Grundstoffe, aus welchen die organischen Pflanzenbestandtheile zusammengesetzt sind, lassen sich leicht durch die gewöhnliche Methode der sog. Elementaranalyse quantitativ bestimmen.

Den charakteristischsten Bestandtheil aller organischen Stoffe bildet der Kohlenstoff, der auch der Quantität nach in trockenem Pflanzenkörper vorherrscht. Denkt man sich mit Ausschluss der Pilze, deren Zusammensetzung noch wenig erforscht ist, die Körper sämtlicher übrigen Pflanzen (Phanerogamen und Kryptogamen) in eine Masse verschmolzen, so würde diese incl. der Asche ungefähr folgende Zusammensetzung haben:

45,0 %	Kohlenstoff,
42,0 %	Sauerstoff,
6,5 %	Wasserstoff,
1,5 %	Stickstoff,
5,0 %	Asche.

Sa. 100.

Von dieser Durchschnittszusammensetzung wird der Kohlenstoff in den verschiedenen einzelnen Organen nicht leicht um mehr als \pm oder $- 3\%$, der Wasserstoff selten um mehr als 2% abweichen, und der Stickstoffgehalt im Allgemeinen von Zehntel Prozenten in verschiedenen Gebilden bis zu $4,5\%$ der Trockensubstanz (z. B. in den Samen der Hülsenfrüchte) steigen¹⁾. Das obige Prozentverhältniss zwischen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff repräsentirt auch annähernd die procentische Zusammensetzung der organischen Substanz unserer Streumaterialien²⁾, nur müssen wir den Stickstoffgehalt auf etwa 1,18 bis 1,25 herabsetzen; bezüglich des Aschengehaltes verweisen wir auf das nächste Kapitel.

Das Holz unserer Bäume ist kohlenstoffreicher, als ihre Blätter und Nadeln, denn es enthalten 100 Gew.-Theile bei 100° C. getrocknet je nach Holzart zwischen 48 und 50% Kohlenstoff, dann zwischen 43 und 44% Sauerstoff, zwischen 6,07 und $6,86\%$ Wasserstoff und in der Regel 0,5 bis 0,8, selten über 1% Stickstoff. Nadelholz ist wegen seines Harzgehaltes um

¹⁾ Knop „Agricurchemie“ I. Bd., S. 328.

²⁾ Sämtliche Organe der Pflanzen, die Wurzeln, Früchte, Zweige, Stämme und Blätter geben bei der Elementaranalyse für Kohlenstoff Zahlen, die nicht sehr weit vom Prozentgehalt der Cellulose = 44,44 liegen (Knop).

1—2 % kohlenstoffreicher (51—52 %) als Laubholz; ebenso übertrifft bezüglich des Kohlenstoffgehaltes Eichenholz das Buchenholz um beinahe 1 %.

Die jährliche Kohlenstoff- Produktion der Wälder

lässt sich in folgender Weise berechnen: Nimmt man für die jährliche Erzeugung organischer Stoffe im Walde pro Hektar die auf Seite 68. abgeleiteten Zahlen als durchschnittliche Grösse an und setzt man den Kohlenstoffgehalt des

wasserfreien Buchenholzes = 50 %, der Buchenstreu = 45 %,

wasserfreien Fichtenholzes = 52 %, der Fichtennadelstreu = 45 %,

wasserfreien Kiefernholzes = 52 %, der Kiefernadelstreu = 45 %,

so ergibt sich, dass der Wald pro Hektar jährlich an Kohlenstoff producirt:

	in Buchen- beständen,	in Fichten- beständen,	in Kiefern- beständen,
in Form von Holz	1566 Kilogr.	1768 Kilogr.	1664 Kilogr.
in Form von Streu	1416 „	1292 „	1410 „
(incl. aller andern Abfälle)			

Gesamtproduktion an .

Kohlenstoff	2982 Kilogr.	3060 Kilogr. ¹⁾	3074 Kilogr.
-------------	--------------	----------------------------	--------------

Da dem Walde der Kohlenstoff zur Bildung der organischen Substanzen durch die Kohlensäure geliefert wird, welche er während seines Wachstums durch die Blätter aus der Luft und theilweise auch durch die Wurzeln aus dem Boden aufnimmt, so lässt sich nun auch leicht ermitteln, wie viel Kohlensäure ein Wald pro Hektar jährlich bedarf, um die angegebenen Kohlenstoffmengen (im Gesamtdurchschnitt 3040 Kilogr.) zu erhalten:

22 Gewichtstheile Kohlensäure liefern stets 6 Gewichtstheile Kohlenstoff, mithin braucht ein Holzbestand zur Gesamtproduktion seiner organischen

¹⁾ Justus v. Liebig berechnete die Menge Kohlenstoff, welche ein Tannenbestand jährlich im Holz ablagert und fand 2014 Kilogr. pro Hektar, der Kohlenstofftrag einer Wiese von gleicher Grösse beträgt nach ihm 2036 Kilogr., die Kohlenstoffproduktion eines Getreidefeldes 2088 Kilogr. (Vergl. dessen Agriculturchemie, VII. Auflage, I. Bd., S. 15.)

Man darf aber nicht übersehen, dass Liebig blos die Kohlenstoffmenge des Holzes berechnete und den Kohlenstoffbetrag der Blätter und Nadeln ganz unberücksichtigt liess; unseren obigen Untersuchungen zufolge kann man in runder Zahl annehmen, dass ein Holzbestand pro Hektar jährl. in Sa. ca. 3000 Kilo Kohlen-

Substanz pro Hektar jährl. ca. 11150 Kilogramm oder 5660 Cubikmeter Kohlensäuregas (bei 0° Temperatur und 760 mm. Barometerstand), die er zwar einzig und allein aus der Atmosphäre unmittelbar durch die Blätter beziehen könnte, wahrscheinlich aber auch zum Theil dem humushaltigen Waldboden entnimmt.

Die atmosphärische Luft enthält bekanntlich durchschnittlich in 10,000 Liter 4 Liter Kohlensäure; um die zur Erzeugung der organischen Substanz erforderliche Kohlenstoffmenge (3040 Kilogr.) sich zu verschaffen, müssten die Blätter eines Hektar Waldes jährlich mit etwas über 14 Millionen Cubikmeter atmosphärischer Luft in Berührung kommen, d. h. es müsste eine 10 m. hohe Luftschichte, die über einem Hektar Bodenfläche schwebt, während der Vegetationsperiode 14 mal erneuert werden.

Jeder erwachsene Mensch erzeugt durch den Athmungsprozess in seinem Körper täglich (in 24 Stunden) im Mittel 800 Gramm Kohlensäure, die er durch Ausathmung an die Luft abgibt; um die Kohlensäuremenge zu liefern, welche der Wald jährlich zur Produktion seiner gesammten organischen Substanz pro Hektar nothwendig hat (11,150 Kilogr.), müsste folglich ein Mensch 38 Jahre lang athmen, oder mit andern Worten: 38 Menschen geben in Folge der Respiration in einem Jahre so viel Kohlensäure an die Luft ab, als der Wald pro Hektar jährlich zu seinem Wachsthum bedarf. Da die Waldfläche Bayerns zusammen 2,597,000 Hektar beträgt, so wäre die Ausathmungsluft von über 98 Millionen Menschen (die $2\frac{1}{3}$ -fache Einwohnerzahl Deutschlands) nöthig, um nur den jährlichen Kohlenstoffbedarf der bayerischen Waldungen zu decken. Es wären deshalb unsere Wälder schlecht bestellt, wenn sie auf diese einzige Kohlensäurequelle angewiesen wären. Bekanntlich aber empfängt die atmosphärische Luft noch auf verschiedene andere Weise beständig Kohlensäure zugeführt: durch die Athmung der Thiere, durch die Verwesung und Fäulniss abgestorbener Pflanzen- und Thierstoffe, durch alle Verbrennungsprozesse, durch die Gährung, durch vulkanische Thätigkeit u. s. w. Aus Berechnungen ergibt sich, dass diese Kohlensäuremengen mehr als hinreichend sind, um den Kohlenstoffbedarf sämtlicher Pflanzen auf der Erdoberfläche zu befriedigen.

stoff abgelagert, also um die Hälfte mehr als eine gleich grosse Wiese oder ein Getreidefeld.

Man kann annehmen, dass alljährlich auf der Erde:

a. durch den Athmungsprozess	17580 Mill. Centner,
b. durch den Verbrennungsprozess	71717 " "
c. durch den Verwesungsprozess	1640000 " "
<hr/>	
in Sa. 1729297 Mill. Centner,	

also über 1,7 Billionen Centner, d. i. der 48,8. Theil der in der Atmosphäre vorhandenen Kohlensäure, erzeugt wird ¹⁾). Die Stadt Paris allein erzeugt täglich etwa 4½ Millionen Cubikmeter Kohlensäure, von denen 1 Million durch das Athmen der Menschen und Thiere entsteht, 3½ Millionen durch das Verbrennen der verschiedensten Stoffe hervorgebracht werden.

Eine Haupt-Kohlensäurequelle für den Wald bilden die Abfälle der Bäume, die in ihrer organischen Substanz viel Kohlenstoff enthalten, der bei der Verwesung der Streuabfälle schliesslich in Kohlensäure übergeht und in dieser Form den Pflanzen wieder zur Ernährung dient. Aus je 6 Gewichtstheilen Kohlenstoff der Streumasse werden 22 Gewichtstheile Kohlensäure gebildet. Da nach Obigem der jährliche Streuanfall pro Hektar

in Buchenbeständen im grossen Durchschnitt 1416 Kilogr.

in Fichtenbeständen „ „ „ 1292 „

in Kiefernbeständen „ „ „ 1410 „ Kohlenstoff ent-

hält, so ist der Wald im Stande, durch die Verwesung seiner Abfälle jährlich pro Hektar zwischen 4800 und 5200 Kilogr. oder 2440 bis 2650 Cubikmeter Kohlensäuregas zu erzeugen, wovon ein Theil in die Waldluft übergeht, ein anderer Theil mit dem fallenden meteorischen Wasser in den Waldboden eindringt.

Der Stickstoffgehalt der Streumaterialien wurde schon bei Besprechung der Proteinstoffmengen abgehandelt und dort zugleich auch ein Vergleich zwischen dem Stickstoffgehalt der Streumaterialien und dem des Holzes, der Stroharten, des Moores u. dgl. angestellt, weshalb hier ein weiteres Eingehen auf diesen Gegenstand nicht mehr nothwendig ist. Es mag nur bemerkt werden, dass bei der Verwesung der Streuabfälle aus je 14 Gewichtstheilen Stickstoff 17 Theile Ammoniakgas gebildet werden.

¹⁾ Diese Berechnung, welche so ausserordentlich hohe Zahlen ergibt, beruht nur auf Minimalätzen. (Vergl. Heiden „Lehrbuch der Düngerlehre“, I. Bd., S. 56.)

5. Die unorganischen, unverbrennlichen oder mineralischen Bestandtheile der Streumaterialien.

Es giebt keinen Pflanzentheil, keine Pflanze, sie mag im Boden oder im Wasser gewachsen sein, die beim Verbrennen nicht Asche zurückliesse. Die Menge der nach dem Verbrennen der Pflanze übrig bleibenden Asche ist bei den verschiedenen Pflanzengattungen eine sehr verschieden grosse; im Allgemeinen können wir einen durchschnittlichen Gehalt von 2 bis 5% Asche in den getrockneten Pflanzen annehmen. Diese verhältnissmässig geringe Aschenmenge wurde früher gar nicht beachtet; man betrachtete sie lange Zeit nur als eine Verunreinigung der Pflanze.

Heutzutage wissen wir aber, dass die Mineralstoffe, welche die Asche zusammensetzen, eine wichtige Rolle bei der Pflanzenernährung spielen, dass sie zur Produktion der organischen Pflanzenbestandtheile, folglich zum Wachsen der Pflanzen durchaus nothwendig sind, und dass die Pflanzen diese Mineralstoffe ausschliesslich mittelst ihrer feinen Faserwürzelchen dem Boden entnehmen. Dadurch ergibt sich von selbst die Bedeutung, welche diese Mineralstoffe für den Wald im Allgemeinen haben.

Unterwerfen wir die Pflanzenaschen einer chemischen Untersuchung, so ergibt sich, dass in allen eine gewisse Summe von Mineralsäuren und Mineralbasen vorkommt, die in der Asche zu Salzen verbunden sind (mit Ausnahme der Kieselsäure, die zum grösseren Theile frei auftritt). Man findet solche Mineralstoffe in allen Theilen der Bäume, von den äussersten Wurzelenden bis hinauf zu den Blattspitzen, jedoch ist die Vertheilung derselben in den verschiedenen Organen des Baumes sehr ungleich.

Vertheilung der Gesamtasche in den einzelnen Organen der Waldbäume.

Am reichsten an Asche sind die Blätter und Nadeln, dann folgt die Rinde, die dünnen jungen Zweige (Reisig), die dickeren Aeste und zuletzt erst das Stammholz, das am aschenärmsten ist¹⁾. Sowohl im Holze, wie in der Rinde des Stammes nimmt der Aschengehalt von unten nach oben, also vom Wurzelstock nach dem Gipfel,

¹⁾ Die saftreichsten Pflanzen- und Pflanzentheile geben im Allgemeinen die meiste Asche, Kräuter grössere Mengen als Sträucher, letztere wieder relativ mehr als Bäume.

zu; es erhöht sich derselbe sowohl mit abnehmender Stärke des Stammes, als auch der Aeste, weshalb die dünnsten Zweige (Wellenholz) aschenreicher sind, als stärkeres Astholz, und letzteres wieder mehr Asche enthält, als Prügelholz oder gar Stammholz.

Sowohl im Stammholz, wie in der Rinde ist aber der Aschengehalt nicht in allen Theilen gleich gross, es findet eine Zunahme desselben beim Stammholz von Innen nach Aussen, bei der Rinde von Aussen nach Innen, also von den älteren nach den jüngeren Holzlagen statt. Deshalb bildet das Kernholz den aschenärmsten Theil des Baumes; eine Zunahme der Asche macht sich schon im Splintholz geltend, und im Cambium (incl. der Bastschichte) findet sich fast ebensoviel Asche, als in den Blättern. Ebenso ist die Borkenrinde aschenärmer als die inneren Rindenschichten¹⁾.

Es müssen mithin auch die Waldbäume im Boden einen gewissen Vorrath aufnahmefähiger (assimilirbarer) Mineralstoffe vorfinden, wenn sie sich kräftig entwickeln und den höchsten Ertrag liefern sollen. Sinkt dieses „assimilirbare Nährstoffkapital des Bodens“ unter ein gewisses Minimum herab, oder ist nur ein wesentlicher Aschenbestandtheil nicht in genügender Menge vorhanden, so kann eine normale, kräftige Entwicklung der Bäume nicht stattfinden; das Ertragsvermögen des Bodens ist in diesem Falle gering.

Kennen wir daher die gesammte Aschenmenge und die einzelnen Mineralbestandtheile, welche eine Pflanze oder ein Baum enthält, so haben wir da-

¹⁾ Dr. Schröder unterwarf die verschiedenen Theile einer 90–100-jährigen Fichte, die in der Nähe von Tharand auf Thonschieferboden gewachsen und im Mai gefällt worden war, einer chemischen Untersuchung und fand, dass die gefällte Fichte, deren Gesamtgewicht ca. 396 Kilo Trockensubstanz betrug, in allen ihren Theilen zusammengenommen ohngefähr 2,8 Kilogr. Asche (entsprechend einem prozentischen Gehalte von 0,71 % Rohasche) enthielt. Von der ganzen Aschenmenge fanden sich

im Stammholze	21,6 %
in der Stammrinde	24,0 %
im Gipfelstück des Stammes	
und zwar im Holze	1,4 %
in der Rinde	2,3 %
in den Aesten über 1 Ctm. mit Rinde	9,3 %
„ „ „ unter 1 Ctm. „ „	9,4 %
in den Nadeln	32,0 %

Der Holzstamm incl. Rinde enthielt demnach 49,3 %, also die Hälfte der im ganzen Baume vorhandenen Aschenmenge, die Astmasse zusammen 18,7 %, und die Nadeln allein 32 %. (Vergl. Tharander Forstl. Jahrbuch 1874. XXIV. Bd. 4. Heft. S. 277.)

durch einen Maasstab für die Beurtheilung der Ansprüche, welche die Holzarten oder andere Culturgewächse an die mineralischen Nährstoffe des Bodens machen. Es gehören deshalb „Aschenanalysen“ zu den wichtigsten und lohnendsten Arbeiten der Agrikulturchemiker. Tausende von Pflanzen, sowohl Unkräuter als auch Culturgewächse, wurden in den letzten Decennien auf ihren Aschengehalt und auf ihre einzelnen Aschenbestandtheile untersucht und dadurch ein wesentlicher Beitrag zur Kenntniss der Ernährungsgesetze der Pflanzen geliefert. Von forstlich wichtigen Gewächsen sind, aber noch immer nur sehr spärliche Aschenanalysen vorhanden¹⁾, obgleich alle Fragen der forstlichen Statik, welche auf die Erschöpfung und Bereicherung des Waldbodens sich beziehen, ihre völlige Lösung erst dann finden können, wenn sowohl der Aschengehalt, als auch die Zusammensetzung der Asche aller Forstprodukte erforscht und festgestellt ist. Erst dann erlangen wir genaue Kenntniss über die Menge der mineralischen Pflanzennährstoffe, welche durch Holz-, Rinden-, Streu- und Grasnutzung dem Waldboden entzogen werden und können daraus auf die Qualität und Quantität des Nährstoffkapitals schliessen, welches in aufnehmbarer Form im Boden vorhanden sein muss, wenn lohnende Erträge erhalten werden sollen. Entziehen wir z. B. durch Holz-, Streu- und Grasnutzung mehr Mineralstoffe als durch die natürliche Verwitterung der Gesteinstrümmel abgeschlossen und gebildet werden können, so vermindern wir das assimilirbare Nährstoff-Kapital und treiben Raubwirthschaft, womit natürlich auch die Ertragsfähigkeit des Bodens mehr und mehr abnehmen muss. Mit jedem Ster Holz entfernen wir an und für sich eine gewisse Summe von Aschen- oder Bodenbestandtheilen, kommt dazu noch die stete Nutzung von Streu und Gras, Materialien, die noch weit aschenreicher sind, als das Holz, so reicht erfahrungsgemäss der durch die Verwitterung der Gesteinstrümmel gelieferte Ersatz nicht hin, um den Waldboden für alle Zeit auf gleicher Stufe der Fruchtbarkeit zu erhalten.

Ganz von selbst werden wir durch diese Betrachtungen auf den Werth der Mineralstoffe des Bodens für den Wald und auf die Bedeutung derselben als Bestandtheile der Streumaterialien hingeführt. Durch die verschiedenen

¹⁾ Eine systematische Zusammenstellung der bisher ausgeführten Aschenanalysen, aus welchen die mittlere Zusammensetzung der Asche der land- und forstwirtschaftlich wichtigen Stoffe ersehen werden kann, findet sich in Dr. E. Wolffs „Aschenanalysen“. Berlin 1871. Verlag von Wiegand u. Hempel.

Abfälle (Blätter, Nadeln, Dürholz, Rindenschuppen, Zapfen, Samenhüllen etc.) geben die Bäume zwar nicht die gesammte Summe, aber doch einen beträchtlichen Theil jener Aschenbestandtheile, welche sie zur Bildung ihrer organischen Substanz bedurften, wieder an den Boden zurück. Dieses periodisch von einem Holzbestande benutzte Nährstoffkapital findet sich nach der Verwesung der Streudecke wieder in den oberen Schichten des Waldbodens in einer für die Pflanzen leicht aufnehmbaren Form und kann aufs Neue zur Ernährung der Bäume benutzt werden.

Hiernach bildet die im Walde durch die Zersetzung der Streudecke sich bildende Humuschichte für die Pflanzen nicht nur eine Kohlensäure- und Ammoniak- (Salpetersäure-) quelle, sondern sie liefert auch leichtassimilirbare Aschenbestandtheile, die entweder vom stehenden Holzbestande wieder verwendet werden können, oder einer kommenden Generation von Pflanzen zur Verfügung stehen. Diese Aschenbestandtheile, welche durch den Laubabfall, beziehungsweise durch den Humus in die oberen Bodenschichten gelangen, wurden vom Baume allen möglichen Stellen des Bodens, bis zu welchen die Enden der Faserwürzelchen vorgedrungen sind, entnommen. Durch die Streudecke kann daher der Waldboden nicht an Mineralstoffen bereichert werden, aber es sammelt sich ein Theil des assimilirbaren Nährstoffkapitals, welches in den tiefer liegenden Bodenschichten enthalten war und durch die Wurzeln denselben entzogen wurde, in den oberen Bodenschichten an. Die Thätigkeit der Baumwurzeln dient also dazu, eine gewisse Summe der im Untergrunde sich findenden mineralischen Pflanzennährstoffe zunächst in die Bäume und von da durch die Abfälle derselben den oberen Bodenschichten zuzuführen. Auf Kosten des Untergrundes wird bei geregelter Waldwirthschaft demnach das assimilirbare Nährstoffkapital der oberen Bodenschichten von Jahr zu Jahr vergrößert. Bedenken wir noch, dass durch dieselben Waldabfälle der Boden auch stetig an kohlenstoffreichen und stickstoffhaltigen organischen Stoffen mehr und mehr bereichert wird, deren Zersetzungsprodukte (Kohlensäure und Ammoniak) in ihrer Wirkung auf die Bäume verglichen werden können mit jenen der verbrennlichen Bestandtheile des Stalldüngers, so ist einleuchtend, dass die Streudecke in der That nichts Anderes als der natürliche Dünger des Waldes ist, und wir begreifen, warum ein in Folge von Bodenarmuth unfruchtbares Terrain durch dauernde Waldkultur zu einer gewissen Fruchtbarkeit gelangen kann.

Bei der hohen Wichtigkeit der Waldstreu für die Waldwirtschaft und der grossen Bedeutung, welche die Mineralstoffe der Streumaterialien unzweifelhaft für die Entwicklung der Waldbäume namentlich auf mineralisch armen Böden haben, liessen wir möglichst zahlreiche Analysen verschiedener, den mannigfaltigsten Standortsverhältnissen Bayerns entnommenen Streuproben vornehmen, um ein möglichst vollständiges Bild über den Mineral- oder Aschengehalt der Streudecke zu erhalten. Es wurden zu diesem Zweck im chemischen Laboratorium zu Aschaffenburg unter unserer Leitung und Aufsicht durch den Assistenten Rudolf Weber im Laufe der letzteren Jahre Hunderte von Aschenanalysen vorgenommen, deren Resultate sich in den Tabellen V. a. und b. im Anhange vorfinden ¹⁾.

Wir benutzen das vorliegende Material zunächst zur Beantwortung der Frage, wie gross der Aschengehalt der Streumaterialien überhaupt ist, und gehen dann erst zur Betrachtung der einzelnen Mineralstoffe derselben über.

Die gesammte Aschenmenge der verschiedenen Streusorten.

Wie schon oben bemerkt wurde, sind von allen Theilen des Baumes die Blätter und Nadeln diejenigen Organe, welche nach dem Verbrennen die meiste Asche hinterlassen. Ihr Aschengehalt ist aber nicht nur nach Holzart verschieden, sondern schwankt auch innerhalb gewisser Grenzen nach dem Alter des Baumes und nach Standortsverhältnissen; ebenso ist die Aschenmenge nicht in jedem Jahre von gleicher Grösse, sondern wechselt in den einzelnen Jahrgängen je nach Witterungsverhältnissen. Ja sogar innerhalb der Vegetationszeit (vom Frühjahr bis zum Herbst) ist der Aschengehalt und die Menge der einzelnen Mineralbestandtheile in den verschiedenen Entwicklungsstadien der Blätter nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen. Gleich nach der Knospenentfaltung im Frühjahre sind die Blätter in der Regel am aschenärmsten, mit ihrer fortschreitenden Entwicklung oder mit dem Aelterwerden derselben steigert sich ihr Aschengehalt und erreicht fast immer sein Maximum im Herbste kurz vor dem Blattabfalle. Diese Vermehrung der Gesamtaschenmenge wird vorzugsweise durch eine bedeutende Zunahme des Kieselsäure- und Kalkgehaltes innerhalb des Spätsommers und Herbstes bedingt, während andere Aschenbestandtheile, wie Kali und Phosphorsäure, die in den Frühlingsblättern in so bedeutender Menge

¹⁾ Ueber die Methode der Analyse siehe Fresenius „Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse“.

vorkommen, sich relativ und absolut successive vermindern. Als Belege für letztere Thatsache mögen die auf Seite 17 angeführten Analysen dienen; die Zunahme der gesammten Aschenmenge vom Frühjahr bis zum Herbst geht aus nachfolgenden Beispielen hervor:

Frische Buchenblätter (aus dem botanischen Garten in München) enthielten nach Zöller

im Mai	im Juli	im Oktober
4,16 %	4,73 %	7,12 %

Reinasche.

Junge Buchenblätter aus dem Forstgarten in Aschaffenburg enthielten

im Mai	im November (das abgefallene Laub)
5,50 %	9,91 %

Reinasche.

Rissmüller fand in Buchenblättern des botan. Gartens in München

im Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
4,67 %	5,20 %	7,45 %	9,03 %	8,90 %	10,80 %	11,41 %

Rohasche!).

Junge Fichtennadeln aus der Fasanerie bei Aschaffenburg enthielten zufolge unserer Untersuchungen Mitte Juni 1,24 %, die abgefallenen Nadeln im Herbst dagegen 10,19 % Reinasche.

Aus diesen Darlegungen geht der Wechsel des Aschengehaltes in den einzelnen Monaten zur Genüge hervor.

Wir wollen nun die Gesamtaschenmenge der verschiedenen als Streumaterialien verwendeten vegetabilischen Stoffe näher kennen lernen und beginnen mit den Ergebnissen unserer zahlreichen Aschenanalysen der in den bayrischen Staatswäldungen gesammelten Streuproben²⁾. (Tabellen V. a. u. b.) Wir beschränken uns darauf, für jede einzelne Streusorte das Minimum, Maximum und das Mittel der gefundenen Aschenmengen hier im Text wiederzugeben.

Gesamtaschenmenge der Waldstreu im wasserfreien Zustande.

Streumaterialien.	Minimum	Maximum	Mittel aus allen Proben	Zahl der Analysen
	Prozentgehalt an Reinasche.			
Buchenlaubstreu	4,03	9,91	5,57	21
Fichtennadelstreu	3,23	10,19	4,52	18

(Fortsetzung d. Tabelle auf folgender Seite.)

¹⁾ Um Reinasche zu erhalten, müssten an diesen angegebenen Aschenprozenten noch der Kohlensäure-, Kohle- und Sandgehalt in Abzug kommen.

²⁾ Wir benutzen im Text bloss den Prozentgehalt der Reinaschen, machen aber darauf aufmerksam, dass jede Zahl den mittleren Aschengehalt mehrerer Streuproben ausdrückt (vergl. Tab. V. a.).

Streumaterialien.	Minimum	Maximum	Mittel aus allen Proben	Zahl der Analysen
Kiefernadelstreu	1,07	2,00	1,46	11
Abgestorbene Kiefernäste (Leseholz)	—	—	1,19	1
Weisstannennadelstreu	1,99	5,27	3,78	5
Lärchennadelstreu	—	—	4,00	1
Lärchennadeln vom Oktober ¹⁾	2,49	6,02	3,52	5
Eichenlaub	—	—	4,39	1
Waldmoose	2,32	3,92	3,09	3
do. nach E. Wolff ²⁾	1,30	3,71	2,56	7
do. nach Hoffmann	1,37	6,30(?)	3,38	9
Hungermoos (<i>Cenomyce rangiferina</i>)	0,62	1,28	0,97	4

Sonstige Streumaterialien (zum Vergleich mit Obigem).
(Nach E. Wolff's Zusammenstellung).

Heide (<i>Calluna vulgaris</i>) und Heidekraut (<i>Erica</i> -Arten) }	0,84	3,32	2,08	11
Farrenkräuter	5,13	7,94	6,76	8
Binsen und Simsen (<i>Juncus</i> -Arten)	3,37	7,12	5,59	5
Rohrschilf (<i>Arundo phragmites</i>)	2,37	4,84	4,10	4
Besenfriemen (<i>Spartium scoparium</i>)	—	—	1,81	1
Riedgräser (saure Gräser, <i>Carex</i> -Arten)	3,40	13,70	7,11 ³⁾	8

Verschiedene Stroharten.

Winterweizenstroh	4,46	7,00	5,37	18
Sommerweizenstroh	2,99	6,09	4,45	7
Winterroggenstroh	3,15	5,86	4,79	10
Gerstenstroh	2,97	6,80	4,80	21
Haferstroh	3,38	5,20	4,70	9

¹⁾ Analysen von R. Weber, Forst- und Jagdzeitung, November 1873, S. 371.

²⁾ *Hypnum tamariscinum* 6,30 % Rohasche.

„ *cristanastrensis* 5,17 % „
 „ *splendens* 3,77 % „
 „ *triquetrum* 5,36 % „
 „ *cupressiforme* 1,40 % „
 „ *rusciforme* 2,32 % „
 „ *silvestre* 1,37 % „
 „ *Polytrichum commune* 2,70 % Rohasche.
 „ *Climarium dendroides* 2,01 % „

(„Landw. Versuchsstat.“, I. Bd., S. 270.)

³⁾ Die Süßgräser (Wiesengräser) enthalten im Mittel aus 65 Analysen 7,01 % Rohasche.

Reihenfolge der verschiedenen Streumaterialien nach ihrem
mittleren Aschengehalt.

Ried- oder saure Gräser	mit 7,11 %	Reinasche.
Farrenkräuter	„ 6,76 %	„
Binsen und Simsen	„ 5,59 %	„
Buchenlaubstreu	„ 5,57 %	„
Winterweizenstroh	„ 5,37 %	„
Winterroggenstroh	„ 4,79 %	„
Gerstenstroh	„ 4,80 %	„
Haferstroh	„ 4,70 %	„
Sommerweizenstroh	„ 4,45 %	„
Fichtennadelstreu	„ 4,52 %	„
Eichenlaubstreu	„ 4,39 %	„
Rohrschilf	„ 4,10 %	„
Lärchennadelstreu	„ 4,00 %	„
Weisstannennadelstreu	„ 3,78 %	„
Waldmoose	„ 3,09 %	„
Heide und Heidekraut	„ 2,08 %	„
Besenfriemen	„ 1,81 %	„
Kiefernadelstreu	„ 1,46 %	„
Hungermoos	„ 0,97 % ¹⁾	„

**Einfluss der Meereshöhe auf
die Aschenmenge.**

Bezüglich der Aschenmenge kommen, wie wir ersehen, bei unseren Waldstreusorten wesentliche Unterschiede vor, was sich aus einem Vergleich der Kiefernadelstreu mit den übrigen Streusorten ergibt. Aber auch in einem und demselben Streumaterial ist der Aschengehalt nach Standortverhältnissen bedeutenden Schwankungen unterworfen. Unsere Untersuchungen weisen nach, dass auf diese Differenzen die Altersklasse des Bestandes von geringem Einfluss ist, sondern dass vielmehr die Ursache derselben in der Bodenbeschaffenheit und in den klimatischen Verhältnissen zu suchen sei. Von welcher Wirkung die Letzteren sein können, ergibt sich aus der Thatsache, dass mit zunehmender Höhe über die Meeresoberfläche der Aschengehalt der abgefallenen Blätter und Nadeln im grossen

¹⁾ Das Hungermoos (Rennthiermoos) ist sonach bezüglich der mineral. Nährstoffe eine der anspruchslosesten Pflanzen.

Durchschnitt stetig abnimmt. Nachstehende Untersuchungs-Ergebnisse weisen dies unzweifelhaft nach; es enthielten:

• Buchenlaubstreu

von Valepp	bei 1040 Mtr. Meereshöhe	4,03	Prozente	Reinasche
„ Jachenau	„ 970 „ „	4,65	„	„
„ Hohenau	„ 810 „ „	4,81	„	„
„ Gefäll	„ 810 „ „	5,15	„	„
„ Schernfeld	„ 520 „ „	5,37	„	„
„ Breitenfurth	„ 520 „ „	5,88	„	„
„ Hundelshausen	„ 457 „ „	6,07	„	„
„ Stiftswald	„ 397 „ „	5,16	„	„
„ Ruppertshütten	„ 420 „ „	5,42	„	„
„ Binsfeld	„ 250 „ „	7,25	„	„
„ do. (von einem andern Jahrgang)		7,08	„	„
„ Aschaffenburg (Forstg.) 130 Mtr. Meereshöhe		9,91	„	„

Diese Zahlen bestätigen die oben erwähnte Abnahme der Gesamtaschenmenge mit steigender Meereshöhe, noch deutlicher würde dieselbe in einer graphischen Darstellung hervortreten, welcher obige Angaben zu Grunde liegen. Auch bei der Fichtennadelstreu lässt sich diese Abnahme nachweisen, doch tritt sie nicht so allgemein und regelmässig hervor, wie bei der Buchenlaubstreu, was aus folgender Zahlenreihe zu ersehen ist. Es enthielt Fichtennadelstreu:

von Saalachthal	bei 1110 Mtr. Meereshöhe	3,58	pCt.	Reinasche
„ Oberammergau	„ 935 „ „	3,75	„	„
„ Krün	„ 893 „ „	5,17	„	„
„ Königssee	„ 915 „ „	5,43	„	„
„ Unkenthal	„ 730 „ „	6,25	„	„
„ Ottobeuren	„ 706 „ „	5,05	„	„
„ Ramsau	„ 750 „ „	4,57	„	„
„ Wallenfels	„ 490 „ „	4,83	„	„
„ Aschaffenburg (Fasanerie)	130 „ „	10,19	„	„

Wenn auch die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens zweifellos Einfluss auf den Gehalt und auf die Zusammensetzung der Asche hat, so ist doch nicht einzusehen, warum der ziemlich sandreiche Boden im

Forstgarten und der mittelmässige Boden der Fasanerie den Bäumen mehr mineralische Nahrung darbieten sollte, als die so humusreichen und frischen Kalk- und Dolomitböden der bayerischen Alpen, oder gar die äusserst kräftigen Basaltböden der Rhön (Revier Gefäll). In der That lässt auch das Wachstum dieser Holzbestände Nichts zu wünschen übrig. Da aber trotzdem die Aschenmenge in den tieferen Lagen durchschnittlich mindestens noch einmal so gross ist, als in den Hochlagen, so lässt sich diese Verschiedenheit nur durch die absolute Höhe des Standortes, also durch klimatische Verhältnisse erklären. Dass übrigens auch bei grünen lebenden Pflanzen dieselbe Erscheinung vorkommt, beweisen die Aschenanalysen der Lärchennadeln, welche Rudolf Weber in der Allg. Forst- und Jagdzeitung (Novemberheft 1873) veröffentlichte. Er fand, dass die grünen zwischen 15. u. 21. Oktober gepflückten Nadeln folgende Reinaschenmengen enthielten:

aus dem Revier S. Zeno in den bayer. Alpen bei	1068 Mtr. Meereshöhe	2,49 pCt.
„ „ „ do. do	880 „ „	2,77 „
„ „ „ Schönau im bayer. Wald	735 „ „	2,75 „
„ „ „ Rothenbuch im Spessart	476 „ „	3,57 „
„ dem Park Schönbusch bei Aschaffenburg	117 „ „	6,02 „

Eine weitere Bestätigung finden wir durch Aschenanalysen grüner Buchenblätter, welche ebenfalls von Rudolf Weber in letzterer Zeit ausgeführt wurden und folgende Aschenmengen ergaben:

vom Auerbacher Schloss an der Bergstrasse bei	237 Mtr. Meereshöhe	6,97 pCt.
„ Revier Irtenberg bei Würzburg	324 „ „	6,70 „
„ Melibocus-Gipfel im Odenwald	514 „ „	4,96 „
„ Revier Hohenau im bayerischen Wald	685 „ „	5,32 „
„ „ „ „ „ „	1043 „ „	2,84 „
„ „ „ „ „ „	1182 „ „	3,63 „
„ „ „ „ „ (Buchengrenze)	1344 „ „	3,94 „

Obleich diese Beispiele genügend sein dürften, den Einfluss der Höhenlage auf die Aschenquantität auszudrücken, sei schliesslich doch noch erwähnt, dass man auch bei der Untersuchung des Wiesengrases zu einem gleichen Resultate gelangte; denn nach E. Wolff's Zusammenstellung enthält Wiesenheu im Mittel 6,02 % Reinasche, während Alpenheu sowohl auf gedüngtem als ungedüngtem Boden nach Dr. Fleischmann's Untersuchungen im Mittel nicht über 2,91 % Reinasche zeigte.

Es kann somit auf Grund unserer Untersuchungen angenommen werden, dass im Grossen und Ganzen der Aschengehalt der Waldstreu an hoch gelegenen Orten, wie im Gebirge, beträchtlich (durchschnittlich um die Hälfte) ge-

ringer ist, als im Tieflande. Durch gleich starke Streunutzung werden demnach dem Walde an letzteren Orten doppelt so viel assimilirbare mineralische Nährstoffe entzogen, als in Gebirgsgegenden. Vom Standpunkte der Bodenerschöpfung aus wäre demnach die Streuentnahme den Waldungen der Ebenen durchschnittlich viel nachtheiliger als den Gebirgsforsten; dagegen ist, wie wir später sehen werden, für die letzteren die physikalische Wirkung der Bodendecke um so bedeutungsvoller.

Aschengehalt der Hölzer.

Wir hätten nun die nöthigen Daten, um berechnen zu können, wie viel mineralische Nährstoffe durch Streunutzung dem Walde entzogen werden. Da es aber auch von besonderem Interesse ist, nachzuweisen, wie gross beiläufig die Ausfuhr mineralischer Stoffe in Form von Holz ist, so wollen wir noch eine kleine Zusammenstellung über den Aschengehalt der wichtigsten Holzarten folgen lassen, aus welcher zugleich die Vertheilung der Asche in den verschiedenen Theilen der Waldbäume ersichtlich ist.

Aus den bis jetzt vorhandenen Untersuchungsergebnissen ergibt sich, dass unsere Waldbäume in völlig trockenem Zustande durchschnittlich in 100 Gewichtstheilen folgende Aschenmengen enthalten:

a. Die Rothbuche.

	Prozente Rohasche	Analytiker.
Im Stammholz ohne Rinde, unten	0,44	Stöckhardt ¹⁾
„ „ „ „ in der Mitte	0,45	„
„ „ „ „ am Gipfel	0,58	„
„ „ mit Rinde, unten	0,66	„
„ „ „ „ in der Mitte	0,67	„
„ „ „ „ am Gipfel	0,88	„
Astholz	1,80	Vonhausen
Mittel für Gipfel- und Astholz	1,34	„
Stammrinde, unten	3,90	Stöckhardt
„ in der Mitte	3,30	„
„ am Gipfel	3,00	„
Reisig ohne Blätter	2,40	Vonhausen

¹⁾ Stöckhardt „Chemischer Ackersmann“, 1863. S. 252.

	Prozente Rohasche	Analytiker.
Ganz junge Blätter im Mai	4,16	Zöller
Abgefallene Blätter im Herbst	5,54	Krutzsch
„ „ im Mittel aus unsern 21 Analysen	5,57	R. Weber

b. Die Birke. ¹⁾

Stammholz (Kernholz)	0,40	Dr. Schröder ²⁾
Astholz ohne Rinde	0,84	„
Rinde der Aeste	5,38	„
Blätter von Ende August	6,39	„

c. Die Fichte.

	Reinasche	
Im Stammholz ohne Rinde, in Brusthöhe (von einem 90- bis 100-jährigen Baume) ,	0,17	Dr. Schröder ³⁾
im Stammholz ohne Rinde, am Gipfel	0,26	„
„ Astholz über 1 Ctm. Durchmesser, ohne Rinde	0,32	„
„ „ „ „ „ mit Rinde	0,97	„
„ „ unter 1 Ctm. Durchmesser, mit Rinde	1,87	„
Stammrinde in Brusthöhe	1,37	„
„ am Gipfel	1,84	„
Stammholz einer 220-jährigen Fichte	0,38	Dr. Wittstein
„ „ 172 „ „	0,46	„
„ „ 135 „ „	0,33	„
Rinde einer 220-jährigen Fichte	0,94	„
„ „ 172 „ „	1,57	„
„ „ 135 „ „	2,02	„
Stammholz einer schnell gewachsenen Fichte, unten	0,32	Handtke ⁴⁾

¹⁾ Brauchbare Analysen der übrigen Laubhölzer fehlen noch gänzlich. Nach einer Analyse von Dr. Neubauer enthalten Eichenblätter (im August gesammelt) in vollkommen trockenem Zustande 4,59% Rohasche. De Saussure fand in den geschälten Aesten der Eiche 29 mal, in der Rinde 30 mal, im Baste 36 mal, in den Blättern 36 mal, im Splinte aber nur 2 mal mehr Asche, als im Kernholze.

²⁾ E. Wolffs „Aschenanalysen“, S. 122.

³⁾ Tharander forstl. Jahrbuch 1874. XXIV. Bd. S. 275 und Stöckhardt' „Chem. Ackersmann“, 1873 S. 198.

⁴⁾ Jahresbericht für Agrikulturchemie 1864 S. 83.

	Prozente Reinasche	Analytiker.
Stammholz einer schnell gewachsenen Fichte, in d. Mitte	0,33	Handke
„ „ „ „ „ am Gipfel	0,41	„
Stammholz einer langsam gewachsenen Fichte unten .	0,35	„
„ „ „ „ „ in der Mitte	0,39	„
„ „ „ „ „ am Gipfel .	0,47	„
Rinde einer schnell gewachsenen Fichte, unten . .	3,66	„
„ „ „ „ „ in der Mitte	3,01	„
„ „ „ „ „ am Gipfel .	2,50	„
„ „ langsam gewachsenen Fichte, unten . .	4,77	„
„ „ „ „ „ in der Mitte	4,29	„
„ „ „ „ „ am Gipfel .	4,53	„
Borkenrinde	1,78	Dr. Schröder ¹⁾
Innere Rindenschichten	2,64	„
Grüne Nadeln	3,59	„
Abgefallene Nadeln (Streu) i. Mittel unserer 18 Analysen	4,52	R. Weber

d. Die Kiefer.

	Rohasche	
Wurzel mit Rinde eines 96-jährigen Baumes . . .	0,44	Schütze ²⁾
Stammholz in Brusthöhe mit Rinde	0,47	„
„ in der Mitte	0,42	„
„ am Gipfel	0,44	„
Astholz zwischen 15—17 mm. Durchmesser . . .	0,91	„
Jüngere Zweige von 10—12 mm. Durchmesser . .	1,24	„
„ „ „ 5—7 mm. „	1,57	„
	Reinasche	
Grüne lebensfähige Kiefernäste	1,38	Dr. Schröder ³⁾
Abgestorbene Kiefernäste (Dürrholz)	1,19	„
Nadeln, einjährige grüne	1,56	„
„ zweijährige grüne	1,89	„
„ dreijährige abgestorbene	1,52	„
Kiefernadelstreu, Mittel aus unseren 11 Analysen .	1,46	R. Weber.

¹⁾ Tharander forstl. Jahrbuch 1875. XXV. Bd. S. 38.

²⁾ Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen 1871. S. 378.

³⁾ Tharander forstl. Jahrbuch 1875. XXV. Bd. S. 30.

e. Die Lärche.

	Prozente Reinasche	Analytiker.
Kernholz eines 40—50-jährigen Baumes	0,10	R. Weber ¹⁾
Splintholz desselben Baumes	0,23	„
Cambium mit Bast desselben Baumes	4,12	„
Stammholz ohne Rinde im Mittel aus 6 Analysen	0,17	„
Lärchenstammholz ohne Rinde, unten	0,27	Handtke ²⁾
„ „ „ in der Mitte	0,30	„
„ „ „ am Gipfel	0,37	„
Lärchenrinde, unten	1,25	„
„ in der Mitte	1,75	„
„ am Gipfel	2,15	„
Grüne Lärchennadeln im Oktbr. (Mittel aus 5 Analysen)	3,52	R. Weber
Abgefallene Lärchennadeln (Streu)	4,00	„
Lärchennadeln im Mai	5,50	Handtke.

Gesamtaschenmenge des jährlichen Holztrages. Die Massenaufnahmen unserer Probeflächen ergaben nach Seite 67, dass der jährliche gesammte Holztrag pro Hektar durchschnittlich beträgt:

- a. in Buchenbeständen bei einer Umtriebszeit bis zu 120 Jahren 5,32 Cbm. = 3163 Kilo,
- b. in Fichtenbeständen bei einer Umtriebszeit bis zu 120 Jahren 8,99 Cbm. = 3435 Kilo,
- c. in Kiefernbeständen bei einer Umtriebszeit bis zu 100 Jahren 6,34 Cbm. = 3233 Kilo.

Nehmen wir nun an, dass von dieser jährlich produzierten Holzmasse

- in Buchenbeständen 75 % auf Scheit- und Stockholz, 15 % auf Prügel- (Kloben-)holz, 10 % auf Reisig,
- in Fichtenbeständen 85 % auf Scheit- und Stockholz, 5 % auf Prügel- (Kloben-)holz, 10 % auf Reisig,
- in Kiefernbeständen 80 % auf Scheit- und Stockholz, 10 % auf Prügel- (Kloben-)holz, 10 % auf Reisig

kommen, so würden sich obige Gewichte auf die einzelnen Sortimente in folgender Weise vertheilen:

¹⁾ Forst- und Jagdzeitung, Novemberheft 1873. S. 374.

²⁾ Jahresbericht für Agrikulturchemie 1864. S. 83.

	in Buchen- beständen:	in Fichten- beständen:	in Kiefern- beständen:
auf Scheit- u. Stockholz	2372 Kilo	2920 Kilo	2587 Kilo
„ Prügelholz (Kloben)	475 „	172 „	323 „
„ Reisigholz	316 „	343 „	323 „
Summa	3163 Kilo	3435 Kilo	3233 Kilo

Aus den Seite 91 angeführten Aschenprozenten der Hölzer berechnet sich der Aschengehalt der einzelnen Holzsortimente

	für Buchen:	für Fichten ¹⁾ :	für Kiefern:
Scheit- u. Stockholz mit Rinde	0,66 %	0,49 %	0,43 %
Prügelholz mit Rinde	1,34 %	0,79 %	0,44 %
Reisigholz „ „	2,40 %	2,01 %	1,24 %

Folglich enthält die jährlich produzierte Holzmasse pro Hektar nachstehende Aschenquantitäten (Reinasche):

	in Buchen- beständen:	in Fichten- beständen:	in Kiefern- beständen:
im Scheit- u. Stockholz	15,65 Kilo	14,31 Kilo	11,12 Kilo
„ Prügelholz (Kloben)	6,36 „	1,36 „	1,42 „
„ Reisigholz	7,59 „	6,89 „	4,00 „
Summa	29,60 Kilo	22,56 Kilo	16,54 Kilo

Aschengehalt der Holzsortimente und Ansprüche, welche dieselben je nach Betriebsart und Umtriebszeit an das Nährstoffkapital des Bodens machen.

Aus Vorstehendem ergibt sich, dass durch Buchenholz-Nutzungen dem Boden die meisten Mineralstoffe entzogen werden, weniger verliert derselbe durch Fichtenholznutzungen und am wenigsten durch Kiefernholznutzungen. Es macht deshalb auch bekanntlich der Buchenwald die grössten Ansprüche an den Boden, geringer sind die eines Fichtenwaldes und am genügsamsten zeigte sich stets der Kiefernwald.

¹⁾ Als Aschengehalt für die verschiedenen Sortimente des Fichtenholzes wurden die durch J. Schröder's Untersuchungen ermittelten oben mitgetheilten Zahlen angenommen. Als Prozentverhältniss der Rinde zum Stammholz wurden beim Scheitholz 13,6 %, beim Prügelholz (Kloben) 23 % in Rechnung gebracht. Als Aschenprozent berechnet sich demzufolge

$$\text{für Scheitholz mit Rinde } \frac{13,6 \times 1,93 + 86,4 \times 0,26}{100} = 0,49 \%$$

$$\text{für Prügelholz mit Rinde } \frac{23 \times 2,12 + 77 \times 0,39}{100} = 0,79 \%$$

Für einen Festmeter (Cubikmeter) nachstehender Holzsortimente berechnen sich folgende Aschenmengen in Grammen:

Holzarten:	Scheitholz:	Prügelholz:	Reisigholz:
Buche	5102	8455	11840 Gramm Reinasche
Fichte	1629	2790	10973 „ „
Lärche	1359	—	— „ „
Kiefer	1100	1411	4675 „ „

Diese Zahlen zeigen, dass die Buche zur Produktion von 1 Festmeter Scheitholz 3 mal mehr Mineralstoffe bedarf als die Fichte, 3,8 mal mehr als die Lärche und 4,6 mal mehr als die Kiefer. Ferner ersehen wir daraus, dass

die Buche zur Erzeugung von 1 Festmeter Prügelholz 1,6 mal

„	„	„	1	„	Reisigholz 2,3	„
die Fichte	„	„	1	„	Prügelholz 1,7	„
„	„	„	1	„	Reisigholz 6,7	„
die Kiefer	„	„	1	„	Prügelholz 1,2	„
„	„	„	1	„	Reisigholz 4,2	„ mehr

Mineralstoffe nothwendig hat, als zur Produktion von 1 Festmeter Scheitholz. Je schwächere, d. h. forstlich weniger werthvolle Holzsortimente demnach aus dem Walde ausgeführt werden, desto mehr Mineralstoffe entnimmt man dem Boden, desto grössere Ansprüche macht man an das Nährstoffkapital desselben. Je grösser der Ertrag an Scheitholz ist, je geringer dagegen an Prügel- und namentlich an Reisig- (oder Wellen-) holz, desto weniger Pflanzennährstoffe werden aus dem Walde entfernt, um so mehr wird der Waldboden geschont. Daraus ergeben sich folgende praktische Folgerungen:

Freistehende Bäume oder solche, die bei mangelhaftem Bestandsschlusse erzogen wurden und an denen die Astentwicklung auf Kosten der Stammildung besonders reichlich stattgefunden hat, vermindern das assimilirbare Nährstoffkapital des Bodens weit mehr, als solche Bestände, welche unter normalem Schlusse erwachsen sind und einen verhältnissmässig hohen Ertrag an Scheitholz, einen geringen dagegen an Reisig- und Prügelholz ergeben. Durch den Hochwaldbetrieb werden demnach dem Boden weniger Mineralstoffe entzogen, als durch den Mittel- und Niederwaldbetrieb; schon aus diesem Grunde allein wird durch erstere Betriebsart der Boden mehr geschont, als durch die beiden letzteren. Ebenso folgt aus Obigem, dass bei niedrigem Umtriebe der Boden mehr Mineralstoffe verlieren muss, als bei hohem Umtriebe, denn in einer glei-

chen Masse Stangenholz sind mehr Mineralstoffe, als im älteren Scheitholz. Deshalb greifen z. B. Eichenschälwäldungen das Nährstoffkapital des Bodens weit mehr an, als Eichenhochwald; ebenso scheint ein Holzbestand in den jüngeren Altersperioden, namentlich in der Jugendperiode pro Jahr grössere Ansprüche an die mineralischen Nährstoffe des Bodens zu machen, als im höheren Alter. Höchst beachtenswerth ist aber, dass bei der natürlichen Reinigung der Holzbestände vor dem Absterben der Aeste und Zweige gerade die werthvollsten Aschenbestandtheile (Kali und Phosphorsäure) zum grösseren Theile in den Stamm zurückkehren, um aufs Neue wieder zur Bildung organischer Stoffe verwendet werden zu können (vergl. Seite 14). Würde diese Wanderung im Reisholz und in den Blättern vor ihrem Absterben nicht stattfinden, so wäre der Streuentzug dem Walde noch weit schädlicher als er es an und für sich schon ist.

Gesamttaschenmenge des jährlichen Streuertrages verglichen mit jener des jährl. Holzertrages.

Unsere Ermittlungen zufolge beträgt im grossen Durchschnitt das Gewicht der jährlich produzierten Streumassen in vollkommen trockenem Zustande

in Buchenbeständen	3331 Kilo,
„ Fichtenbeständen	3007 „
„ Kiefernbeständen	8186 „

Hundert Gewichtstheile dieser Streu enthalten im Mittel:

Buchenlaubstreu	5,57 %	Reinasche,
Fichtennadelstreu	4,52 %	„
Kiefernadelstreu	1,46 %	„

Daraus berechnet sich als Gesamttaschengehalt der jährlich pro Hektar erzeugten Streumengen

in Buchenbeständen:	in Fichtenbeständen:	in Kiefernbeständen:
185,54 Kilogr.	135,92 Kilogr.	46,52 Kilogr.

Rechnen wir zu diesen Aschenquantitäten noch die obigen, welche der Wald zu seiner jährlichen Holzherzeugung nothwendig hat, so erhalten wir ein Bild von der Gesamtmenge der Mineralstoffe, welche er alljährlich dem Boden entzieht, um Holz und Blätter, oder vielmehr seine gesammte organische Substanz zu bilden.

Die Waldwirthschaft beansprucht demnach alljährlich pro Hektar an Mineralstoffen:

	in Buchen- beständen:	in Fichten- beständen:	in Kiefern- beständen:
zur Holzherzeugung	29,60 Kilogr.	22,56 Kilogr.	16,54 Kilogr.
zur Streuproduktion	185,54 „	135,92 „	46,52 „
In Summa	215,14 Kilogr.	158,48 Kilogr.	63,06 Kilogr.

Durch diese Zahlen treten recht deutlich die verschiedenen Ansprüche, welche die Holzarten an die mineralischen Nährstoffe des Bodens machen, vor unsere Augen; wir sehen, dass der durchschnittliche Jahresbedarf eines Hektars Buchenwald 3,4 mal, jener eines gleich grossen Fichtenbestandes 2,5 mal grösser ist, als derjenige eines Kiefernbestandes. Die Genügsamkeit der Kiefer gegenüber den anderen Holzgewächsen giebt sich auch zu erkennen, wenn man die zur Produktion der Blätter und des Holzes erforderlichen Mineralstoffe der verschiedenen Holzarten mit einander vergleicht. Setzt man den Bedarf der Kiefer = 1, so folgt aus Obigem, dass die Fichten zur Hervorbringung ihrer Nadeln die dreifache und die Buchen zur Erzeugung ihrer Blätter die vierfache Menge mineralischer Bodenbestandtheile bedürfen. Viel unbedeutender sind die Differenzen bei der Vergleichung des Jahresbedarfes für die Holzherzeugung; es verhält sich die Grösse desselben zwischen Kiefer, Fichte und Buche wie 1:1,4:1,8. Der geringe Bedarf an mineralischen Nährstoffen für die Holzherzeugung gegenüber der Blatt- (Streu-) Produktion tritt besonders stark hervor, wenn man beide Forstprodukte für jede einzelne Holzart mit einander vergleicht. Es ergiebt sich daraus, dass die Buchen und Fichten alljährlich in den Blättern oder Nadeln 6 mal soviel Mineralstoffe aufspeichern, als im Holze, die Kiefer dagegen kaum 3 mal soviel.

Aus diesen Ermittlungen geht hervor, wie bedeutend die Ausfuhr mineralischer Bodenbestandtheile durch Streunutzung ist gegenüber jener durch Holznutzung. Entnehmen wir einem Fichten- oder Buchenbestande nur einen ein-jährigen Streuanfall, so ist darin pro Hektar so viel assimilirbares Nährstoffkapital enthalten, als zum sechsjährigen Holz-zuwachs nothwendig ist; in Kiefernbeständen entspricht jedoch der einjährige Streuanfall nur einem dreijährigen Holz-zuwachs.

**Ansprüche der Waldbäume
an das mineralische Nähr-
stoffkapital des Bodens im
Vergleich zu den landw.
Culturgewächsen.**

Vergleicht man hinsichtlich des Aschen-
gehaltes die Erträge der Feldwirtschaft mit
der jährlichen Produktion der Forstwirtschaft,
so lassen sich daraus Schlüsse ziehen auf die
Anforderungen, welche die landwirtschaftlichen

Culturpflanzen gegenüber den Forstgewächsen an das assimilierbare Nähr-
stoffkapital des Bodens alljährlich machen.

Eine Durchschnittsernte nachfolgender land- und forstwirtschaftlicher
Culturgewächse entnimmt dem Boden pro Jahr und Hektar in Kilogrammen
annähernd:

Bezeichnung	Ernteertrag (lufttrocken) pro Hektar.	Aschenprozent.	Gesamtaschen- menge pro Hektar.	
	Kilogramm.	Prozente.	Kilogramm.	
a. landwirtschaftliche Erträge¹⁾.				
Weizen	Körner	1840	1,69	31
	Stroh	3640	3,94	143
	Summa	5480	—	174
Kartoffeln	Knollen (frisch)	14640	1,12	164
	Kraut (frisch)	7320	1,38	101
	Summa	21960	—	265
Erbsen	Körner	1840	2,57	47
	Stroh	2940	4,13	122
	Summa	4780	—	169
Wiesenheu	4580	6,54	299	
Kleeheu	5480	5,86	319	
b. Forstwirtschaftliche Jahreserträge.				
Buchenbestände	Holz	3163	(Vgl. S. 95.)	29,6
	Streu	3331	5,57	185,5
	Summa	6494	—	215,1

(Fortsetzung d. Tab. auf folgender Seite

¹⁾ Vergl. Krocker „Agricultur-chemische Analyse“, II. Auflage, S. 100.

Bezeichnung.	Ernteertrag (lufttrocken) pro Hektar.	Aschenprocente.	Gesamtaschen- menge pro Hektar.
	Kilogramm.	Procente.	Kilogramm.
Fichtenbestände } Holz	3435	—	22,6
	Streu	4,52	135,9
	Summa	—	158,5
Kiefernbestände } Holz	3233	—	16,5
	Streu	1,46	46,5
	Summa	—	63,0

Hinsichtlich der Anforderungen, welche die genannten forstlichen und landwirtschaftlichen Kulturgewächse alljährlich an die mineralischen Nährstoffe des Bodens machen, ergibt sich aus diesen Berechnungen nachstehende Reihenfolge.

In Summa bedarf beiläufig

ein Kleefeld	alljährlich pro Hektar	319 Kilo	Mineralstoffe,
„ Wiesenfeld	„ „ „	299	„ „
„ Kartoffelfeld	„ „ „	265	„ „
„ Buchenhochwald	„ „ „	215	„ „
„ Weizenfeld	„ „ „	174	„ „
„ Erbsenfeld	„ „ „	169	„ „
„ Fichtenwald	„ „ „	158	„ „
„ Kiefernwald	„ „ „	63	„ „

Die Anforderungen, welche die Waldbäume im Vergleich zu den landwirtschaftlichen Kulturgewächsen an den Boden stellen, sind dieser Zusammenstellung zufolge im Allgemeinen grösser, als man gewöhnlich anzunehmen pflegte. Die anspruchsvollste Holzart ist jedenfalls die Buche, doch wird sie übertroffen von einem Kartoffel-, Wiesen- und Kleefeld. Die Fichte ist genügsamer als alle landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, macht aber doch $2\frac{1}{2}$ mal grössere Ansprüche als die Kiefer. Ein Hektar Kartoffelfeld entzieht dem Boden pro Jahr über 4 mal, ein Kleefeld 5 mal mehr Mineralstoffe, als ein Kiefernbestand, dagegen erfordert ein Kleefeld kaum um die Hälfte mehr Mineralstoffe als ein Buchenwald.

Es wäre aber ein grosser Irrthum, wenn wir diese Zahlen einzig und allein nur als Maasstab für die Grösse der Ansprüche genannter Culturgewächse betrachten würden, denn es finden sich unter den Aschenbestandtheilen solche, die fast in jedem Boden im Ueberhuss vorkommen und an denen daher nicht leicht Mangel eintritt, während andere (Phosphorsäure, Kali, Kalk) häufig nur in geringer Menge im Boden enthalten sind und demselben durch fortgesetzte Ernten leicht bis zur Erschöpfung entzogen werden können. Es lassen sich daher die Ansprüche der Culturgewächse besser und richtiger beurtheilen, wenn man prüft, wie sich dieselben den letztgenannten Nährstoffen gegenüber verhalten, was in den nächsten Kapiteln geschehen wird.

6. Die einzelnen Aschenbestandtheile der Streumaterialien.

(Siehe Tabelle V. a. und Tab. V. b.)

Bedeutung der Aschenbestandtheile für die Fruchtbarkeit des Waldbodens.

Die Bekanntschaft mit den einzelnen Mineralstoffen der Waldbäume und ihrer verschiedenen Theile ist für den Forstmann von noch grösserer Wichtigkeit, als die Kenntniss der Gesamtaschenmengen; denn will man sich z. B. darüber belehren, welche und wie viel Mineralbestandtheile des Bodens die Forstgewächse zu ihrer Ernährung und Entwicklung oder zu ihrer Holz- und Blattbildung bedürfen, und in welchem relativen Verhältnisse diese Mineralstoffe durch den forstlichen Betrieb dem Waldboden entzogen werden, so kann dies nur dadurch geschehen, dass man durch chemische Analyse der geernteten Forstprodukte (Stammholz, Rinde, Aeste, Blätter etc.) sowohl die qualitative, als quantitative Zusammensetzung der Asche ermittelt. Nur auf diese Weise kann das Nährstoffbedürfniss der einzelnen Waldbäume und die Ansprüche derselben an das Nährstoffkapital des Bodens festgestellt werden, und ebenso ist dies die einzige Methode, um die Quantität von Nährstoffen, welche im Laufe eines Umtriebes in Holz, Rinde, Streu dem Waldboden entzogen werden, näher zu bestimmen. Für die Frage der Bodenerschöpfung und für die richtige Beurtheilung des Streuwertes ist demnach die Kenntniss dieser Aschenbestandtheile absolut nothwendig.

Die Unentbehrlichkeit der Aschenbestandtheile für die Bildung neuer

organischer Pflanzensubstanz, also für das Leben und Wachstum der Pflanze wurde durch die exaktesten Versuche zuerst durch Liebig festgestellt; wir wissen mit aller Bestimmtheit, dass die Gewächse diese „mineralischen Nährstoffe“ aus dem Boden empfangen. Ihrer Natur nach sind die Stoffe, welche die Waldbäume zur Nahrung bedürfen, vollständig dieselben, welche die landwirtschaftlichen Culturgewächse verlangen; denn die Asche aller Landpflanzen hat im Wesentlichen dieselbe qualitative Zusammensetzung. Bei der Untersuchung der Asche des ganzen Pflanzenkörpers und der einzelnen Pflanzentheile finden sich stets folgende Stoffe: Kali, Natron, Kalk, Bittererde (oder Magnesia) und etwas Eisen, dann Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure und Kochsalz (Chlorverbindungen)¹⁾. Diese Aschenbestandtheile bilden zugleich die mineralischen Nährstoffe der Pflanzen und müssen deshalb in jedem fruchtbaren Boden in genügender Menge und in aufnehmbarer Form vorhanden sein.

Sie werden aber von den verschiedenen Pflanzenarten dem Boden nicht in gleicher Menge entzogen, es stellen deshalb auch, wie wir aus unten folgenden Zusammenstellungen näher ersehen werden, die verschiedenen Culturgewächse hinsichtlich der einzelnen Nährstoffe sehr verschiedene Ansprüche an den Boden. Selbstverständlich kann sich aber eine Waldpflanze oder ein Ackergewächs nur dann möglichst vollkommen ausbilden und den höchsten Ertrag liefern, wenn im Boden alle Stoffe, welche sie bedürfen, in genügender Menge und in einer Form vorkommen, welche den Wurzeln gestattet, sie nach Bedarf und in richtigem Verhältnisse aufzunehmen. Von allen Böden, die sich durch üppigen Pflanzenwuchs auszeichnen, können wir voraussetzen, dass sie diese Bedingung erfüllen. Das Erntergebniss und die forstliche Production wird dagegen unseren Erwartungen nicht entsprechen, wenn der Gehalt der mineralischen Nährstoffe im Boden nicht im Verhältnisse steht zu dem Bedarf der betreffenden Pflanzen.

Sinkt der Vorrath assimilirbarer Nährstoffe im Boden auf ein gewisses Minimum herab, so vermindert sich damit zugleich das Ertragsvermögen desselben. Ja man kann (durch die sog. Wasserculturen) direkt beweisen, dass,

¹⁾ Ausser den genannten Verbindungen trifft man in Pflanzenaschen, namentlich Holzaschen, nicht selten auch etwas Thonerde, Mangan, Lithion und Rubidion u. s. w., aber alle diese Stoffe können nur als unwesentliche und zufällige Aschenbestandtheile angesehen werden.

wenn nur ein einziger wesentlicher Nährstoff im Boden fehlt oder nicht in genügender Menge vorhanden ist, alle übrigen werthlos sind.

Im ersteren Falle wird der Boden absolut unfruchtbar, im zweiten Falle kann die Pflanze sich nicht normal entwickeln, mag der Boden sonst beschaffen sein, wie er wolle. Braucht z. B. eine Pflanze viel Kalk und wenig Phosphorsäure, so ist es möglich, dass das Ertragsvermögen mehr durch den grösseren oder geringeren Kalkgehalt, als durch den Phosphorsäuregehalt bedingt wird. Fehlt es im Boden aber an aufnehmbarer Phosphorsäure oder an Kali, so nützt der Pflanze ein Ueberfluss von Kalk oder Kieselsäure nichts.

Man nennt daher einen Boden erschöpft, wenn er entweder an einem einzelnen oder an mehreren aufnehmbaren Nahrungsmitteln Mangel hat. Am leichtesten wird Mangel an jenen mineralischen Nährstoffen eintreten, die an und für sich nur in geringer Menge im Boden enthalten sind. Dazu gehören in erster Linie die phosphorsauren Salze (Phosphate), an welchen selbst die fruchtbaren Böden verhältnissmässig arm sind. Nach der Analyse von Zöllner enthielt z. B. ein guter Weizenboden (bei Weißenstephan) nur 0,219 Prozent, ein anderer (bei Bogenhausen) 0,129 Prozent Phosphorsäure; ein Kiefernboden von Kloster Heilsbrunn bei Ansbach nach der Analyse von L. Rössler 0,261 Prozent. Weit ärmer an Phosphorsäure zeigten sich Kiefernböden (Sandböden) aus der Nähe von Neustadt-Eberswalde, welche W. Schütze untersuchte, denn er fand

	in Kiefernböden erster Bonität	durchschnittlich	nur	0,0501 %,
„	„	zweiter	„	„
„	„	dritter	„	„
„	„	vierter	„	„
„	„	fünfter	„	„
				0,0569 %,
				0,0388 %,
				0,0299 %,
				0,0236 %

Phosphorsäure. Wir sehen also, dass die Böden der besseren Ertragsklassen reicher an Phosphorsäure sind, als die schlechteren, und dass der Gehalt des Kiefernbodens an Phosphorsäure als Maasstab für sein Ertragsvermögen dienen kann ¹⁾. Auch die Ertragsfähigkeit eines Ackerbodens kann man in vielen Fällen nach seinem Phosphorsäuregehalte schätzen.

Nächst Phosphorsäure ist in vielen Acker- und Waldböden (namentlich in allen thonarmen) Mangel an Kalisalzen; das kgl. Landesökonomie-Kollegium

¹⁾ „Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen“, I. Bd., 1869, S. 515.

in Berlin liess im Jahre 1848 die Ackererde von vierzehn verschiedenen Orten des Königreichs einer chemischen Untersuchung unterwerfen. Die Proben wurden von möglichst gleichförmigen Feldern genommen und jede derselben drei verschiedenen Chemikern zur Analyse übergeben. Das Ergebniss dieser Analysen war, dass im Mittel an Phosphorsäure und Kali fünf Felder 0,2 Prozent, sechs zwischen 0,3 und 0,5 Prozent und drei zwischen 0,5 und 0,6 Prozent enthielten. (Liebig „Agriculturchemie“, IX. Aufl., S. 116.)

In den obigen Kiefernböden der Mark fand Schütze als durchschnittlichen Kaligehalt:

in Sandböden erster Bonität	0,0457 %	Kali,
„ „ zweiter „	0,0632 %	„
„ „ dritter „	0,1121 %	„
„ „ vierter „	0,0392 %	„
„ „ fünfter „	0,0241 %	„
„ „ sechster „	0,0215 %	„

Die besseren Böden zeigten sich demnach kalireicher als die schlechteren, und in den ärmsten stand der Kaligehalt mit dem Ertrag in bestimmter Beziehung.

Viel allgemeiner verbreitet und in grösserer Menge kommen in der Regel die übrigen mineralischen Pflanzennährstoffe im Boden vor: Kalk, Bittererde, Eisen, Kieselsäure, Schwefelsäure und Kochsalz finden sich in Vergleich zum Bedarf der Pflanzen oft sogar im Ueberfluss im Boden, doch giebt es auch Bodenarten, namentlich Sandböden, in denen Mangel an Kalk oder Magnesia die Ursache der Unfruchtbarkeit sein kann. Kalkbedürftige Pflanzen, wie Klee, Hülsenfrüchte, Buchen u. s. w. können darauf nicht gedeihen. So fand z. B. Schütze in seiner oben genannten Arbeit, dass in den bezeichneten Kiefernböden, welche sechs verschiedenen Ertragsklassen angehören, nur folgender durchschnittliche Kalkgehalt vorhanden war:

In Sandböden I. Bonität	1,8876 %	Kalk
„ „ II. „	0,1622	„ „
„ „ III. „	0,1224	„ „
„ „ IV. „	0,0963	„ „
„ „ V. „	0,0270	„ „
„ „ VI. „	0,0458	„ „

Der Kalkgehalt sank mithin mit der Bonität und als Resultat ergab sich, dass bei den untersuchten Böden nicht nur der Phosphorsäure-, sondern auch der Kalkgehalt dem Ertragsvermögen proportional war. Aus diesen und zahlreichen anderen Beispielen geht hervor, dass, wenn im Boden nur einzelne Nährstoffe wie Phosphorsäure, Kali oder Kalk nicht in genügender Menge vorhanden sind, ein Ueberfluss an anderen Nährmitteln der Pflanze nichts nützt und dass der Ertrag sich dadurch vermindert. Bei gleichen äusseren physikalischen Verhältnissen ist demnach die Ertragsfähigkeit der Bodenarten abhängig von der Menge des- oder derjenigen Nährstoffe, welche sich in geringster Menge in demselben vorfinden. Daraus folgt, dass ein Wald- oder Ackerboden seine Fruchtbarkeit ungeschwächt auf die Dauer nur dann beibehalten kann, wenn der Vorrath an assimilirbaren mineralischen Nährstoffen auf einer bestimmten Höhe erhalten bleibt und nicht unter ein gewisses Minimum herabsinkt. Der Landwirth kann wenigstens einen Theil oder sogar die ganze Quantität der durch die Ernten entzogenen Mineralstoffe, besonders jener, an welchen im Boden leicht Mangel ist, durch Düngung wieder ersetzen, der Forstmann aber entnimmt dem Boden durch die Holzausfuhr stets eine gewisse Quantität mineralischer Nährstoffe, die er diesem niemals wieder zurückgibt. Um die Nachhaltigkeit des forstlichen Betriebs zu sichern, muss deshalb im Walde das Augenmerk darauf gerichtet sein, die Entnahme anderer Forstprodukte, resp. der darin enthaltenen Mineralstoffe auf das möglichst geringste Maas zu reduzieren. Da der Vorrath an assimilirbaren Nährstoffen in den thon- und lehmreichen Bodenarten im Allgemeinen grösser ist, als in den Sandböden, so liegt bei diesen letzteren die Gefahr der Erschöpfung natürlich viel näher als bei ersteren. —

Die Summe aller im Boden vorhandener mineralischer Pflanzennährstoffe repräsentirt das Nährstoffkapital desselben. Der grössere Theil dieses Kapitals ist aber nicht aufgeschlossen, d. h. den Pflanzen gegenwärtig noch nicht zugänglich, weil alle in den Gesteinstrümmern chemisch gebundenen Nährstoffe unlöslich sind und von den Wurzeln in dieser Form nicht (oder nur in sehr geringer Menge) aufgenommen werden können. Diese in den Gesteinstrümmern des Bodens enthaltenen unaufgeschlossenen Nährmittel bilden das todte Nährstoffkapital. Durch die unter dem Einflusse der Bodenfeuchtigkeit, der Luft und des Temperaturwechsels langsam, aber stetig fortschreitende Verwitterung der Gesteinstrümmen erleiden die unaufgeschlossenen chemisch gebundenen Pflanzennährstoffe eine solche Umsetzung, dass sie mit der Zeit löslich und

zur unmittelbaren Aufnahme in die Pflanze geeignet werden. Diese Umwandlung geht aber so langsam vor sich, dass erst nach einer Reihe von Jahren eine nennenswerthe Zunahme an assimilirbaren Nährstoffen stattfinden kann. Diese „aufgeschlossenen“, den Pflanzen zugänglichen und verwertbaren Mineralsalze des Bodens repräsentiren das Betriebskapital oder das gegenwärtig benutzbare Nährstoffkapital desselben. Alle in den Forstprodukten und in den Ernten enthaltenen Mineralstoffe sind diesem disponiblen Betriebskapital entnommen. Je grösser daher der Vorrath an demselben ist, desto fruchtbarer muss der Boden unter gleichen physikal. und klimat. Verhältnissen sein. Im Laufe einer forstlichen Umtriebszeit kann durch die Verwitterung, namentlich bei leicht verwitterbaren Gesteinen, soviel todtcs Bodenskapital aufgeschlossen, also in verfügbares und wirkungsfähiges Betriebskapital umgesetzt werden, d. h. es können soviel assimilirbare Nährstoffe aus den Gesteinstrümmern gebildet werden, dass sie hinreichen, um jene Mineralstoffe wieder zu ersetzen, welche durch die Holznutzung entfernt wurden. Unter solchen Umständen wird der Waldboden auch auf die Dauer seine Fruchtbarkeit beibehalten, und die Nachhaltigkeit der Erträge ist gesichert. Wenn aber nicht blos Ausfuhr von Holz, sondern auch Streu- und Grasnutzung stattfindet, so kann, wie wir weiter unten nachweisen werden, der Verlust an assimilirbarem Nährstoffkapital sich so steigern, dass die Ertragsfähigkeit des Waldbodens immer mehr abnehmen und schliesslich Erschöpfung eintreten muss. Auf Böden, die an und für sich schon arm an assimilirbaren Nährstoffen sind (Sandböden), werden sich natürlich die Folgen dieser Raubwirthschaft früher geltend machen, als auf thon- oder lehmreichen Böden, in welchen der Vorrath an verfügbarem Nährmaterial in der Regel weit grösser ist. Kein Waldboden kann aber durch die Belassung der Streudecke reicher an mineralischen Nährstoffen werden, als er vorher war, weil die in den abgefallenen Blättern und Nadeln enthaltenen Aschenbestandtheile dem Boden entnommen wurden und zu ihrer Ausbildung dienten. Durch die Verwesung der Streudecke werden diese Mineralstoffe dem Boden schliesslich wieder einverleibt, sie können nach einer Reihe von Jahren abermals von den Bäumen aufgenommen und zur Bildung neuer organischer Substanz benutzt werden. Da die von der Streudecke gelieferten mineralischen Nährstoffe, insbesondere die werthvollsten, wie Phosphorsäure und Kali im Waldboden von oben nach unten jedenfalls nur langsam eindringen und zum grösseren Theil in den oberen Bodenschichten absorbirt werden, so können die

tiefwurzelnden Bäume haubarer und angehend haubarer Waldbestände wohl nur wenig oder gar keinen Gebrauch von ihnen machen, desto wichtiger aber sind sie jedenfalls für eine kräftige Entwicklung der nächsten Generation, weil die Waldpflanzen gerade in ihrer Jugendperiode die meisten Ansprüche an das assimilirbare Nährstoffkapital des Bodens machen.

Charakteristisch für die Waldwirthschaft ist demnach, dass weitaus der grösste Theil des verfügbaren Bodenkapitals von den Bäumen wiederholt benutzt werden kann; nur die verhältnissmässig wenigen Mineralstoffe, die schliesslich im Holzstamm und in den Aesten abgelagert werden, sind als dauernder Verlust des Waldbodens anzusehen. Die Oekonomie des Baumes geht sogar so weit, dass von den zur Bildung der Blätter und der Aeste verwendeten Mineralstoffen ein Theil der werthvollsten (Kali und Phosphorsäure) im Herbst vor dem Laubabfall oder beim Absterben (Dürwerden) der Aeste wieder in den Baumkörper zurückkehrt, um im nächsten Jahre aufs Neue wieder verwendet werden zu können. Durch diese wiederholte Benutzung desselben Bodenkapitals unterscheidet sich der Forstbetrieb wesentlich vom landwirthschaftlichen Betrieb.

Aus diesen Betrachtungen folgt, dass eine Verminderung des Holzzuwachses auch bei den günstigsten sonstigen Wachstumsbedingungen dann eintreten muss, wenn das assimilirbare Nährstoffkapital des Bodens sich so vermindert hat, dass es zur vollkommenen Ausbildung der Blätter und Nadeln nicht mehr hinreicht. Die Folgen der Streunutzung machen sich deshalb auch in der Regel zuerst an der unvollkommenen Ausbildung der Blätter und der Krone bemerkbar. Wie bedeutend der Bedarf an mineralischen Nährstoffen für die Blattbildung gegenüber der Holzerzeugung ist, kann aus folgenden Zusammenstellungen ersehen werden. Ebenso gestatten die nachfolgenden Tabellen leicht einen Vergleich der einzelnen Mineralbestandtheile verschiedener Streusorten.

7. Menge der einzelnen Mineralstoffe, welche durch Streunutzung dem Waldboden entzogen werden,

oder

Gehalt verschiedener Streumaterialien an Aschenbestandtheilen.

(Durchschnittliches Ergebniss unserer Aschenanalysen, siehe Tab. V. b.)

Bezeichnung der Streumaterialien.	Zahl der Analysen.	In einem Kilogr. (1000 Gewichttheilen) der bei 100° C. getrockneten Streumaterialien sind enthalten:								
		Reinasche	Kali	Natron	Kalkerde	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
		KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	KiO ₃	
Gramme:										
Buchenlaubstreu Maximum	—	99,1	8,81	1,78	34,81	6,92	2,28	5,85	2,54	50,80
„ Minimum	—	40,3	0,94	0,15	16,99	2,14	0,66	1,43	0,53	5,95
„ Mittel	21	55,76	2,97	0,60	24,62	3,64	1,54	3,14	1,09	18,16
Fichtennadelstreu Maximum	—	101,9	2,42	1,40	38,50	4,19	1,93	3,84	1,18	57,40
„ Minimum	—	31,1	0,95	0,22	5,36	0,74	0,22	1,26	0,43	3,86
„ Mittel	18	45,27	1,61	0,56	20,27	2,32	0,93	2,14	0,70	16,54
Fichtennadelstreu (n. Schröder)	1	—	0,48	0,07	6,33	0,41	0,55	0,23	0,88	4,61
Weisstannennadeln Max.	—	52,7	4,54	0,68	38,67	3,05	1,70	4,08	1,04	4,97
„ Min.	—	19,9	1,06	0,37	6,23	1,18	0,22	2,19	0,78	0,51
„ Mittel	5	37,85	2,63	0,53	24,28	2,52	1,08	2,80	0,93	2,35
Frische Tannennadeln im Winter (Abstreu)	1	33,1	8,66	2,07	12,73	2,35	1,22	3,48	1,60	0,99
Lärchennadeln, abgefallene	1	40,0	1,83	0,54	8,79	2,76	1,03	1,50	0,65	22,81
Eichenlaub, abgefallenes	1	43,9	4,03	0,76	17,07	6,02	0,95	2,10	0,75	10,85
Eichenblätter, abgestorb. (n. Wolffs Zusammenst.)	1	49,0	1,64	0,30	23,83	1,94	0,30	3,96	2,17	15,17
Kiefernadelstreu Maxim.	—	20,0	2,44	1,03	10,31	2,53	1,10	1,54	0,60	2,30
„ Minim.	—	10,7	0,95	0,19	2,57	0,76	0,13	0,76	0,42	1,39
„ Mittel	11	14,65	1,52	0,64	5,95	1,51	0,49	1,16	0,53	2,06
„ (n. Schroeder)	1	15,25	1,44	0,23	4,37	1,47	0,54	0,60	0,99	2,73
Kiefernäste, abgest. Leseholz (nach Schroeder)	1	11,91	0,43	0,12	3,69	0,45	0,83	0,30	0,30	3,65
Verschiedene Waldmoose										
Maximum	—	39,2	8,72	2,66	8,23	2,92	2,90	6,16	1,81	9,02
Minimum	—	23,2	6,96	0,67	3,34	1,79	0,64	2,87	1,54	2,17
Mittel	3	30,98	7,61	1,42	5,47	2,51	1,82	4,78	1,65	4,88
Verschiedene Waldmoose ¹⁾ (Mittel nach E. Wolffs Zusammenstellung)	7	25,6	3,46	2,15	2,96	1,51	3,03	1,16	1,29	7,37

(Fortsetzung der Tabelle auf folgender Seite.)

¹⁾ Auch R. Hoffmann fand, dass die Aschen aller Moose reich an Phosphorsäure und Kali sind. So enthielt die Asche von Hypn. cupressif. 3,1 Proz., Hypn. sylv. 6,0 Prozent Phosphorsäure.

Bezeichnung der Streumaterialien.	Zahl der Analysen.	In einem Kilogr. (1000 Gewichtsteilen) der bei 100° C. getrockneten Streumaterialien sind enthalten:								
		Reinsäure	Kali	Natron.	Kalkerde	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure
		KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₂	SiO ₂	
Gramme:										
Farnkraut Mittel ¹⁾	—	67,6	24,05	2,73	8,30	4,69	1,11	5,53	2,35	13,74
Haidekraut Mittel	—	20,8	2,68	1,37	4,47	1,95	0,85	1,40	0,85	6,17
Binsen u. Simsen Mittel	—	55,9	22,05	3,65	4,21	3,56	1,99	5,04	1,56	7,86
Rohrschilf Mittel	—	44,7	8,33	0,28	4,06	1,30	0,79	2,76	0,67	24,36
Besenfriemen Mittel	—	18,1	6,45	0,40	2,89	2,13	0,84	1,51	0,59	1,68
Weizenstroh Mittel (Win- terweizen)	18	53,7	7,33	0,74	3,09	1,33	0,33	2,58	1,32	36,35
Roggenstroh Mittel (Win- terroggen)	10	47,9	9,22	1,03	4,11	1,30	0,50	2,46	1,30	27,01
Gerstenstroh Mittel	21	48,0	10,97	1,98	3,73	1,25	0,33	2,15	1,78	24,97
Haferstroh Mittel	9	47,0	10,40	1,36	4,16	1,90	0,68	2,20	1,45	22,83

Reihenfolge der Streumaterialien nach ihrem mittleren Kali-,
Phosphorsäure-, Kalk- und Kieselsäuregehalt.

In 1 Kilogr. vollkommen trockener Substanzen sind enthalten:

a. Kali:

b. Phosphorsäure:

1) Farnkräuter . . .	24,05 Gramme.	1) Farnkräuter. . . .	5,53 Gramme.
2) Binsen u. Simsen . . .	22,05 „	2) Binsen u. Simsen . . .	5,04 „
3) Gerstenstroh . . .	10,97 „	3) Buchenlaubstreu . . .	3,14 „
4) Haferstroh . . .	10,40 „	4) Eichenlaubstreu . . .	3,00 „
5) Roggenstroh . . .	9,22 „	5) Waldmoose . . .	2,97 „
6) Rohrschilf . . .	8,33 „	6) Weisstannennadeln . . .	2,80 „
7) Weizenstroh . . .	7,33 „	7) Rohrschilf	2,76 „
8) Besenfriemen . . .	6,45 „	8) Weizenstroh	2,58 „
9) Waldmoose . . .	5,53 „	9) Roggenstroh	2,46 „
10) Buchenlaubstreu . . .	2,97 „	10) Haferstroh	2,20 „
11) Eichenlaubstreu . . .	2,83 „	11) Gerstenstroh	2,15 „
12) Haide u. Haidekraut	2,68 „	12) Fichtennadeln	2,14 „
13) Weisstannennadeln . . .	2,63 „	13) Besenfriemen	1,51 „
14) Lärchennadelstreu . . .	1,83 „	14) Lärchennadeln	1,50 „
15) Fichtennadelstreu . . .	1,61 „	15) Haide u. Haidekraut . . .	1,40 „
16) Kiefernnadelstreu . . .	1,52 „	16) Kiefernnadelstreu . . .	1,16 „
17) Abgest. dürr. Kiefern- astholz (Leseholz) . . .	0,43 „	17) Abgest. dürr. Kiefern- astholz (Leseholz) . . .	0,30 „
18) Hungermoos . . .	0,84 „	18) Hungermoos	0,32 „

¹⁾ Nachstehende Ergebnisse sind Wolfs Zusammenstellung der „Aschenana-
lysen“ entnommen (Berlin 1871).

c. Kalk:		d. Kieselsäure:	
1) Buchenlaubstreu .	24,62 Gramme.	1) Weizenstroh . . .	36,25 Gramme.
2) Weisstannennadeln .	24,28 „	2) Roggenstroh . . .	27,00 „
3) Eichenlaubstreu .	20,45 „	3) Gerstenstroh . . .	24,97 „
4) Fichtennadelstreu .	20,27 „	4) Rohrschilf . . .	24,36 „
5) Lärchennadeln . . .	8,79 „	5) Haferstroh . . .	22,83 „
6) Farnkräuter . . .	8,30 „	6) Lärchennadeln . . .	22,81 „
7) Kiefernnadelstreu .	5,95 „	7) Buchenlaubstreu .	18,16 „
8) Haide u. Haidekraut	4,47 „	8) Fichtennadelstreu .	16,54 „
9) Waldmoose . . .	4,21 „	9) Farnkraut . . .	13,74 „
10) Binsen u. Simsen .	4,21 „	10) Eichenlaubstreu .	13,01 „
11) Haferstroh . . .	4,16 „	11) Binsen u. Simsen .	7,86 „
12) Roggenstroh . . .	4,11 „	12) Haidekraut . . .	6,17 „
13) Rohrschilf . . .	4,06 „	13) Waldmoose . . .	6,12 „
14) Gerstenstroh . . .	3,73 „	14) Kiefernnadelstreu .	4,39 „
15) Weizenstroh . . .	3,09 „	15) Weisstannenstreu .	2,35 „
16) Besenpfriemen . . .	2,89 „	16) Besenpfriemen . . .	1,38 „
17) Hungermoos . . .	1,25 „		

8. Mineralstoffmengen, welche durch Holznutzungen dem Waldboden entzogen werden,

zugleich

Uebersicht über die Vertheilung der einzelnen Aschenbestandtheile in den verschiedenen Theilen der Waldbäume.

a. Menge der Aschenbestandtheile im Holze der Bäume.

Holzarten:	In 1 Kilogramm (1000 Gewichtstheile) luft-trockenen Holzes sind enthalten:							
	Gesamte Reinasche	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
	KO	NaO	CaO	MgO	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	
Gramme:								
Buche Scheitholz ¹⁾	5,5	0,9	0,2	3,1	0,6	0,3 ²⁾	0,1	0,3
„ Prügelholz	8,9	1,4	0,2	4,1	1,5	1,0	0,1	0,6

¹⁾ Nach E. Wolffs „Zusammensetzung der Asche“. Stuttgart 1865. S. 82.

²⁾ Handtke fand in 1000 Theilen trocknen

Buchenstammholzes ohne Rinde, unten . . . 0,25 Thele. PO₅,
do. mit Rinde „ . . . 0,33 „ „

(Fortsetzung d. Note auf folgender Seite.)

Holzarten:	In 1 Kilogramm (1000 Gewichtstheile) luft-trockenen Holzes sind enthalten:							
	Gesamte Reinasche	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure
	KO	NaO	CaO	MgO	PO ₅	SO ₅	SiO ₅	
Gramme:								
Buche Reisigholz	12,3	1,7	0,3	5,9	1,3	1,5	0,1	1,2
Eiche Stammholz	5,1	0,5	0,2	3,7	0,2	0,3	0,1	0,1
„ Reisigholz	10,2	2,0	—	5,5	0,8	0,9	0,2	0,3
Birke	2,6	0,3	0,2	1,5	0,2	0,2	—	0,1
Fichte ¹⁾ (Stammholz)	1,69	0,34	0,01	0,67	0,16	0,04	0,02	0,05
Stammholz am Gipfel	2,60	0,51	0,05	0,89	0,25	0,12	0,03	0,05
Astholz (ohne Rinde)	3,20	0,63	0,04	1,24	0,36	0,06	0,04	0,05
Dieselben über 1 Cmt. m. Rinde	9,67	1,35	0,36	3,96	0,76	0,38	0,11	1,06
Aeste unter 1 Ctm. Durchmes- ser mit Rinde	18,70	3,38	0,35	4,14	1,30	1,72	0,58	4,56 ²⁾
Fichte, Scheitholz mit Rinde	3,14	0,44	0,04	1,44	0,23	0,11	0,05	0,18
„ Prügelholz „ „	5,48	1,11	0,07	1,96	0,49	0,31	0,08	0,33
„ Rei-igholz „ „	21,55	2,81	0,26	4,21	1,32	1,87	0,74	7,66
Kiefern Stammholz Mittel aus 6 Analysen	2,6	0,3	0,1	1,3	0,2	0,2	0,1	0,4
Kiefernäste frisch und vegeti- rend (wasserfrei)	13,86	3,15	0,42	3,20	1,33	1,42	0,52	1,42
Kiefernäste abgest. (wasserfrei)	11,91	0,43	0,12	3,69	0,45	0,30	0,30	3,65
Lärchen Stammholz ³⁾ ohne Rinde (Mittel aus 6 Analysen)	2,46	0,40	0,04	0,80	0,24	0,13	0,03	0,05
Weisstanne (Mittel aus 2 Anal.)	2,4	0,4	0,2	1,2	0,1	0,1	0,1	0,2

Mit Hilfe dieser Zahlen lassen sich die Mengen der Mineralbestandtheile berechnen, welche in einem Cubikmeter (Festmeter) der gebräuchlichsten Holzsortimente (Scheitholz, Prügelholz, Reisholz) enthalten sind.

Buchenstammholzes ohne Rinde, in der Mitte	0,32 Thle. PO ₅ ,
do. mit Rinde, „ „ „	0,41 „ „
do. ohne Rinde, am Gipfel	0,75 „ „
do. mit Rinde, „ „ „	0,86 „ „

¹⁾ Nach den Untersuchungen von Jul. Schröder; die angegebenen Gewichte der Aschenmengen beziehen sich bei der Fichte auf das wasserfreie Holz, das im lufttrockenen Zustande 12,5 % Wasser enthielt. (Vergl. Tharander forstl. Jahrbuch 1874. 24. Bd. S. 275.)

²⁾ Tharander forstl. Jahrbuch 1875. 25. Bd. S. 37.

³⁾ Nach R. Webers Untersuchungen, Forst- u. Jagdzeitung. Novemberheft 1873. S. 379.

Holzarten.	Durch einen Festmeter nachstehender Hölzer werden dem Waldboden entzogen:										
	Gesamte Reinmasche.	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisenoxyd	Manganoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure	Chlor
	KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₄	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl	
Gramme:											
Buche ¹⁾ , Scheitholz	5102	836	195	2524	640	33	59	385	29	397	4
„ Prügelholz	8455	1282	176	3878	1373	27	110	980	57	566	6
„ Reisigholz	11840	1671	257	5684	1283	84	84	1458	140	1165	14
Fichte ²⁾ , Scheitholz	1629	230	22	750	117	44	285	56	27	95	3
„ Prügelholz	2790	569	36	998	251	51	501	158	42	170	14
„ Reisigholz	10973	1432	135	2146	672	222	1046	956	379	3950	80
Kiefer ¹⁾ , Scheitholz	1100	166	6	682	114	8	5	69	15	43	1
„ Prügelholz	1411	217	40	815	142	13	11	97	27	47	2
„ Reisigholz	4675	793	103	2150	554	53	16	626	91	287	3
Lärche ³⁾ , Scheitholz	1359	318	44	657	107	41	—	112	19	61	—

Die Gesamtaschenmenge eines Cub.-Meters Lärchenstammholz vertheilt sich auf:

das Kernholz . . .	352	44	9	174	47	18	—	13	9	38	—
das Splintholz . .	463	130	10	181	37	21	—	56	5	23	—
das Cambium m. Bast	544	144	25	302	23	2	—	43	5	0	—

¹⁾ Bei Buche und Kiefer liegen dieser Berechnung die Analysen von Vonhausen und Heyer zu Grunde („Annalen der Chemie und Pharmazie.“ Bd. 82. S. 180.)

²⁾ Für die Fichte berechnet von Dr. J. Schröder („Tharander forstl. Jahrbuch.“ 24. Bd. S. 267.)

³⁾ Für die Lärche berechnet von Assistent R. Weber. („Forst- und Jagdztg.“ Novemberheft 1873. S. 380.)

b. Menge der Aschenbestandtheile in der Rinde der Waldbäume.

Holzarten.	Zahl der Analysen.	In 1 Kilogr. (1000 Gewichtstheilen) trockener Substanz sind enthalten:									
		Gesamte Reinsäure.	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure	Chlor	
		KO	NaO	CaO	MgO	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl.		
Gramme:											
Birkenrinde ¹⁾	2	11,3	0,4	0,6	5,2	0,9	0,8	0,2	2,3	0,2	
Fichtenrinde vom Stamm (nach Schröder)	1	13,76	1,16	0,29	7,11	0,72	0,60	0,3	1,15	0,03	
do. vom Gipfelstück	1	18,42	3,84	0,17	6,73	1,56	1,17	0,32	1,62	0,13	
do. Rinde der Aeste über 0,01 M. Fichten-Stammrinde (wasserfrei) in d. äusseren Schichten (Borke)	1	23,15	3,41	1,26	11,72	1,90	1,32	0,32	3,94	0,14	
Fichten-Stammrinde (wasserfrei) in d. inneren Schichten (Borke) ²⁾	—	—	0,48	0,07	6,33	0,41	0,23	0,88	4,61	—	
Fichtenrinde (nach Wittstein) . .	1	23,9	1,3	1,0	14,9	1,1	0,6	0,2	3,8	0,1	
Weisstannenrinde (nach Wittstein)	1	28,1	2,3	0,9	19,6	0,8	0,7	0,5	2,3	0,3	
Kiefernrinde	3	17,1	0,5	0,2	7,5	0,2	1,4	0,1	5,3	—	

c. Menge der Aschenbestandtheile in den grünen vollkommen getrockneten
Blättern und Nadeln der Waldbäume.

Buchenblätter im Sommer . . .	2	48,4	8,8	0,8	17,6	4,4	3,6	1,6	7,2	0,4	
Eichenblätter im Sommer (bei Wiesbaden)	1	46,0	15,3	—	12,0	6,3	5,7	1,3	2,0	—	
Fichtennadeln vom Mai (nach Dr. Schröder)	1	35,91	4,06	0,11	4,51	1,93	3,56	1,51	16,53	0,34	
Kiefernadeln einjährige ²⁾	—	15,62	6,25	0,43	1,89	1,34	2,98	0,65	0,51	—	
do. zweijährige	—	18,94	4,17	0,57	4,93	1,48	2,41	0,84	1,10	—	
do. dreijähr. (abgestorbene)	—	15,25	1,44	0,23	4,37	1,47	0,60	0,99	2,37	—	
Lärchennadeln von Mitte Oktober (nach R. Weber) aus den bayer. Alpen 1068 M. Meereshöhe . . .	—	24,90	5,17	0,34	9,68	3,73	3,41	1,40	1,06	—	
do. do. 880 M. Meereshöhe . . .	—	27,70	4,36	0,17	10,84	4,07	2,37	1,07	4,07	—	
do. Böhmerwald 735 M. Meeresh. do. Spessart 476 M. Meereshöhe do. Mainebene 117 M. Meeresh.	—	27,50	7,95	0,67	4,63	2,08	3,78	0,90	6,62	—	
Mittel der Lärchennadeln	—	35,70	8,41	0,62	5,23	3,04	8,84	1,13	7,73	—	
	—	60,20	14,41	0,79	20,90	5,04	7,24	1,77	8,67	—	
	—	35,23	8,06	0,25	10,26	3,59	5,13	1,25	5,63	—	

¹⁾ Handtke fand in 1000 Gewichtstheilen Buchenstammrinde
unten 1,45 Theile Phosphorsäure,
in der Mitte 1,52 Theile Phosphorsäure,
am Gipfel 1,66 Theile Phosphorsäure.

Im Mai zeigte sich die Rinde am phosphorsäurereichsten, im Juli am ärmsten,
während das Holz im Dezember die meiste, im Mai die wenigste Phosphorsäure
enthält. („Chem. Ackersmann.“ 1863. S. 252.)

²⁾ „Tharander forstl. Jahrb.“ 1875. 25. Bd. S. 39.

Holzarten	In 1 Kilogr. (1000 Gewichtstheilen) trockener Substanz sind enthalten:								
	Gesamte Reinsche.	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
	KO	NaO	CaO	MgO	PO ₅	SO ₈	SiO ₂	Cl.	
Gramme:									

Trockene Buchenblätter in verschiedenen Wachstumsperioden und verschiedenen Jahrgängen.

(Von einer Rothbuche im botan. Garten in München nach Zöller und Rissmüller¹⁾).

vom										
Mai	1861 . . .	57,60	16,7	—	5,5	—	13,5		0,6	
"	1863 . . .	46,70	14,58	1,53	6,78	3,57	9,93		0,87	
Juni	1863 . . .	52,00	11,31	0,68	12,93	5,95	4,39		5,44	
Juli	1861 . . .	75,7	8,0	—	19,7	—	3,80		10,0	
"	1863 . . .	74,50	8,84	0,28	20,81	6,85	3,91		12,13	
August	1863 . . .	90,30	8,86	0,75	28,96	7,59	4,09		17,31	
September	1863 . . .	89,00	9,37	1,03	28,86	7,25	3,77		16,23	
Oktober	1861 . . .	101,5	4,6	—	34,7	—	3,50		20,0	
"	1863 . . .	108,00	8,28	1,70	33,80	7,55	3,47		25,15	
November	1860 . . .	87,0	0,9	—	28,6	—	1,7	Nicht bestimmt.	21,2	Nicht bestimmt.
"	1862 . . .	113,0	3,7	—	30,1	—	2,5		21,0	
"	1863 . . .	114,20	6,60	1,58	37,60	8,20	1,24		26,44	

d. Menge der Aschenbestandtheile in den Samen der Waldbäume (wasserfrei).

(Nach Wolff's Zusammenstellung von „Aschenanalysen“ 1871. S. 169.)

Eicheln	21,8	13,98	0,14	1,51	1,15	3,25	0,91	0,23	0,38
Bucheln	25,4	5,78	2,53	6,21	2,95	5,27	0,56	0,48	0,13
Erlensamen	20,8	7,23	0,30	6,29	1,92	2,77	0,75	0,82	0,03
Kiefern Samen	41,5	9,29	0,52	0,77	6,26	19,07	—	4,33	—
Weisstannensamen	44,7	9,72	3,16	0,69	7,50	17,71	—	5,23	—

Um die Mineralstoffmengen der Waldbäume mit denen der Forstunkräuter vergleichen zu können, folgen im Nachstehenden einige Analysen wildwachsender Pflanzen, die in den Wäldern vorkommen:

¹⁾ „Landwirthsch. Versuchs-Stationen.“ 6. Bd. (1864.) S. 231; „Oekonomische Fortschritte“ 1867. S. 162. „Landwirthschaftliche Versuchs-Stationen.“ 17. Bd. (1874.) S. 17.

e. Menge der Aschenbestandtheile in Waldunkräutern.

Bezeichnung der Pflanzen.	In 1 Kilogr. (1000 Gewichtstheilen) trockener Substanz sind enthalten:								
	Gesamte Reinasche	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure	Chlor
	KO	NaO	CaO	MgO	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl.	
Gramme:									
Süssgräser	70,1	20,80	2,57	5,10	2,04	5,92	2,60	26,41	3,67
Saure (Ried-) Gräser	71,1	20,60	5,74	4,71	3,33	5,33	2,67	23,57	4,52
Heidelbeere (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	34,4	9,7	0,6	9,5	4,3	3,3	1,8	2,3	0,8
Farnkraut (<i>Aspidium filix mas</i>)	79,4	38,4	1,6	7,0	5,9	12,4	3,2	4,8	6,8
Goldnessel (<i>Galeobdolon luteum</i>)	146,7	64,7	1,3	20,6	11,1	14,3	22,7	3,2	10,1
Ranunculus lanuginosus (Hahnenfuss)	94,1	36,5	0,6	13,4	3,6	11,0	13,2	2,1	16,7
Mayanthemum bifolium (Schattenblume)	80,8	45,0	—	6,4	6,7	11,9	2,6	1,5	7,3
Ajuga reptans (Günsel)	102,4	28,8	7,2	20,6	5,5	17,5	10,7	2,3	10,9
Hungermoos (<i>Cenomyce rangiferina</i>)	11,4	0,84	0,09	1,25	0,19	0,32	0,17	8,02	0,02

Der Mineralstoffgehalt der Moose, des Haidekrautes, der Besenpfriemen, der Binsen etc. ist bereits auf Seite 108 u. 109 angeführt.

Vorstehende Uebersichtstabellen gestatten zwar einen Vergleich der Streumaterialien, der Holzgewächse und der Waldunkräuter unter sich, praktisch wichtiger ist aber die Frage, wie gross der Mineralstoff-Bedarf der Waldbäume zur jährlichen Holz- und Blatterzeugung ist und in welchem Verhältniss dieser Bedarf zu jenem steht, welchen die landwirtschaftlichen Culturgewächse zur Produktion ihrer Erntemengen alljährlich auf einer gleich grossen Bodenfläche beanspruchen. Nachstehende tabellarische Zusammenstellungen geben darüber nähere Aufschlüsse; es kann daraus ersehen werden, welche und wie viel Aschenbestandtheile (mineralische Nährstoffe) der Wald und ein landwirtschaftlich

¹⁾ Vom Brombeerstrauche und Himbeerstrauche ist blos die Asche untersucht; in 100 Theilen derselben sind enthalten

im Brombeerstrauch (<i>Rubus fruticosus</i>):	im Himbeerstrauch (<i>Rubus Idäus</i>):
Kali 28,96 %	13,34 %
Natron 0,47 „	0,52 „
Kalk 29,57 „	38,28 „
Bittererde 15,81 „	10,89 „
Phosphorsäure 14,33 „	23,61 „
Schwefelsäure 4,10 „	2,92 „
Kieselsäure 2,70 „	7,23 „
Chlor 1,73 „	1,27 „

8*

benutztes Ackerfeld pro Hektar zur jährlichen Produktion ihrer organischen Substanz annähernd nöthig hat.

9. Mineralstoffmengen, welche der Wald alljährlich zur Produktion seiner gesammten organischen Substanz pro Hektar durchschnittlich bedarf und dem Boden entzieht.

Bezeichnung der einzelnen Forstprodukte. ¹⁾	In einem Jahresertrage sind durchschnittlich enthalten:									
	Gesamte Reinsache	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisen- u. Manganoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kieselsäure	Chlor
	KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl.	
Kilogramme pro Hektar:										

I. Buchenhochwald (bei 120-jähriger Umtriebszeit).

Im Scheit- und Stockholz . . .	15,65	2,60	0,61	7,38	1,99	0,10	1,19	0,09	1,23	0,01
„ Prügelholz	6,36	0,97	0,13	2,92	1,03	0,10	0,74	0,04	0,45	—
„ Reisigholz	7,89	1,08	0,17	3,67	0,83	0,05	0,94	0,09	0,75	0,01
Sa. für jährliche Holzproduktion	29,60	4,65	0,91	14,42	3,85	0,25	2,87	0,22	2,41	0,02
„ für jährliche Streuproduktion	185,54	9,87	1,99	81,92	12,22	5,11	10,45	3,62	60,36	—
Gesamtsumme des Bedarfes .	215,14	14,52	2,90	96,34	16,07	5,36	13,32	3,84	62,77	0,02

II. Fichtenwald (bei 120-jähriger Umtriebszeit).

Im Scheit- und Stockholz . . .	14,31	2,10	0,29	6,60	1,26	5,12	0,52	0,42	— ²⁾	—
„ Prügelholz	1,36	0,31	0,02	0,52	0,13	0,28	0,09	0,01	—	—
„ Reisigholz	6,89	1,65	0,17	2,03	0,64	1,27	0,84	0,29	—	—
Sa. für jährliche Holzproduktion	22,56	4,06	0,48	9,15	2,03	4,67	1,45	0,72	—	—
„ für jährliche Streuproduktion	135,92	4,82	1,68	60,94	6,95	5,42	6,41	2,10	49,60	—
Gesamtsumme des Bedarfes .	158,48	8,88	2,16	70,09	8,98	8,09	7,86	2,82	49,60	—

¹⁾ Der jährliche Durchschnittsertrag an Holz und Streu, welcher diesen Berechnungen zu Grunde liegt, wurde durch direkte Untersuchungen festgestellt und findet sich bereits auf Seite 67 u. 68 angegeben.

Je nachdem die Holzernten höher oder geringer ausfallen, müssen natürlich auch die nachstehenden Mittelzahlen sich erhöhen oder erniedrigen. So z. B. war der Holztertrag eines Buchenbestandes auf Basaltboden in der Nähe von Giessen nach den Ermittlungen von Vonhausen und G. Heyer beträchtlich grösser, als der von uns aus 25 verschiedenen Massen aufnahmen erhaltene Durchschnitts-Ertrag.

Deshalb stellte sich auch der Jahresbedarf der Buche an den einzelnen Mineralstoffen in allen jenen Berechnungen entsprechend höher, welche sich auf die Heyerschen Ermittlungen stützen, (z. B. Mulder „Chemie der Ackerkrume“ III. Bd. S. 251, dann „Chem. Ackersmann“ 1874, No. I., S. 35.)

²⁾ In der betreff. Analyse war der Kieselsäuregehalt des Fichtenholzes nicht an-

III. Kiefernwald (bei 100-jähriger Umtriebszeit).

Bezeichnung der einzelnen Forstprodukte.	In einem Jahresertrage sind durchschnittlich enthalten:									
	Gesamte Reinsäure	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisen- u. Manganoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kieselsäure	Chlor
	KO	NaO	CaO	MgO	FeO ₂	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl.	
Kilogramme pro Hektar:										
Im Scheit- und Stockholz	11,12	1,68	0,06	6,92	1,16	0,08	0,70	0,15	0,37	—
„ Prügelholz	1,42	0,24	0,04	0,82	0,14	—	0,10	0,03	0,05	—
„ Reisigholz	4,00	0,68	0,11	2,30	0,40	0,03	0,27	0,08	0,13	—
Sa. für jährliche Holzproduktion	16,54	2,60	0,21	10,04	1,70	0,11	1,07	0,26	0,55	—
„ für jährliche Streuproduktion	46,52	4,84	2,04	18,87	4,80	4,07	3,68	1,69	6,53	—
Gesamtsumme des Bedarfes	63,06	7,44	2,25	28,91	6,50	4,18	4,75	1,95	7,08	—

10. Jährlicher Mineralstoffbedarf verschiedener landw. Culturgewächse.

Bezeichnung der Ernteprodukte ¹⁾ .	In einem Jahresertrage sind durchschnittlich enthalten:									
	Gesamte Reinsäure	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisen- und Manganoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure	Chlor
	KO	NaO	CaO	MgO	FeO ₂	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl.	
Kilogramme pro Hektar:										
Kartoffeln, Knollen	164	98,50	4,26	4,19	7,66	1,92	28,33	10,61	3,47	5,06
„ „ Kraut	101	21,89	2,32	32,87	16,62	2,87	7,93	6,35	4,34	5,81
Summa des Bedarfs	265	120,39	6,58	37,06	24,28	4,79	36,26	16,96	7,81	10,81
Waizen, Körner	31	9,71	0,70	1,04	3,72	0,41	14,58	0,12	0,65	0,07
„ „ Stroh	143	19,48	1,97	8,21	3,53	0,87	6,85	3,49	96,21	2,39
Summa des Bedarfs	174	29,19	2,67	9,25	7,25	1,28	21,43	3,61	96,86	2,46

gegeben; in einer späteren Veröffentlichung („Tharander Forst-Jahrbuch“, XXIV. Bd., 4. Heft) berechnete Schröder den Kieselsäuregehalt für 1000 Gewichtstheile vollkommen trockenen

Scheitholzes zu 0,183 Gewthle.

Prügelholz „ 0,334 „

Reisigholz „ 7,668 „

¹⁾ Die Grösse der Ernterträge, welche dieser Berechnung zu Grunde liegen, siehe auf Seite 99. Zur Berechnung der Mineralstoffquantitäten dienten die in C. Wolf's „Aschenanalysen“ enthaltenen Mittelzahlen.

Bezeichnung der Ernteprodukte.	In einem Jahresertrage sind durchschnittlich enthalten:									
	Gesamte Reinmasse	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisen- und Manganoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure	Chlor
	KO	NaO	CaO	MgO	FeO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl.	
Kilogramme pro Hektar:										
Erbsen, Körner . . .	47	19,86	0,46	2,37	3,78	0,41	17,30	1,67	0,41	0,74
„ Stroh . . .	122	27,84	4,95	44,77	9,78	2,09	9,80	7,61	8,31	6,85
Summa des Bedarfs	169	47,70	5,41	47,14	13,56	2,50	27,10	9,28	8,72	7,59
Wiesenheu	299	75,58	13,14	49,42	18,66	3,68	23,71	13,52	79,93	21,36
Kleeheu	319	102,05	6,45	111,80	34,56	3,36	31,33	9,56	7,52	12,37

Bezüglich des jährlichen Bedarfs an den wichtigsten Mineralnährstoffen (Kali, Kalk, Phosphorsäure und Kieselsäure), ergibt sich aus vorstehenden Zusammenstellungen nachstehende Reihenfolge der forst- und landwirthschaftlichen Culturgewächse: Einem Hektar Boden wird jährlich entzogen

a) an Kali

1) durch Kartoffeln	120,39 Kilo
2) „ Kleeheu	102,05 „
3) „ Wiesenheu	75,78 „
4) „ Erbsen	47,70 „
5) „ Weizenfeld	29,19 „
6) „ Buchenhochwald	14,52 „
7) „ Fichtenwald	8,88 „
8) „ Kiefernwald	7,44 „

b) an Kalk

1) durch Kleeheu	111,80 Kilo
2) „ Buchenhochwald	96,34 „
3) „ Fichtenwald	70,09 „
4) „ Wiesenheu	49,42 „
5) „ Erbsen	47,14 „
6) „ Kartoffeln	37,06 „
7) „ Kiefernwald	28,91 „
8) „ Weizenfeld	9,25 „

c) an Phosphorsäure

1) durch Kartoffeln	36,26 Kilo
2) „ Kleeheu	31,33 „
3) „ Erbsen	27,10 „
4) „ Wiesenheu	23,71 „
5) „ Weizenfeld	21,43 „
6) „ Buchenhochwald	13,32 „
7) „ Fichtenwald	7,86 „
8) „ Kiefernwald	4,75 „

d) an Kieselsäure

1) durch Waizenfeld	96,86 Kilo
2) „ Wiesenheu	79,93 „
3) „ Buchenhochwald	62,77 „
4) „ Fichtenwald	57,75 „
5) „ Erbsen	8,72 „
6) „ Kartoffeln	7,81 „
7) „ Kleeheu	7,52 „
8) „ Kiefernwald	7,08 „

11. Allgemeine Betrachtungen über die einzelnen Mineralstoffe der Waldbäume und der Streumaterialien.

a. Kali.

Verteilung desselben in den verschiedenen Organen der Bäume.

In den Aschen aller Pflanzen und Pflanzentheile ist Kali in grösserer oder geringerer Menge enthalten, es bildet daher auch einen wesentlichen Bestandtheil sämtlicher Waldbäume, ist aber in den verschiedenen Theilen derselben in ungleicher Menge vertheilt. Am geringsten ist der Kaligehalt im Stamm- oder Scheitholz, grösser im Prügelholz und noch grösser im Reisigholz. Die schwächeren Holzsortimente sind demnach kalireicher als die stärkeren, woraus sich auch erklärt, warum der Kaligehalt im Holzstamm wie in der Rinde von unten nach oben zunimmt, warum er ferner in den dünnen Zweigen grösser ist als in den dickeren Aesten und sein Maximum in den Nadeln erreicht ¹⁾. Die Rinde ist stets kalireicher, als das Holz in gleicher Stammhöhe. In allen jenen Organen des Baumes, in welchen die Lebensvorgänge lebhafter stattfinden, ist auch der Kaligehalt grösser, als in den älteren abgestorbenen Theilen des Baumes ²⁾. Sowohl das Kali als auch die Phosphorsäure (und die Eiweissstoffe) haben ganz entschieden die Tendenz, die älteren Organe der Pflanzen zu verlassen, um sich nach den jüngeren hin zu bewegen. So nimmt z. B. der Kaligehalt vom Kernholz gegen das Splintholz zu, in gleicher Weise vermehrt sich derselbe vom äusseren Theil der Rinde gegen die innere Bast- und Cambiumschicht, weshalb in der letzteren und im Cambium sich viel mehr Kali findet, als in den übrigen Stamm- und Rindentheilen. Ebenso zeichnen sich die jüngeren Blätter und Nadeln durch weit grösseren Kaligehalt aus als die älteren und abgestorbenen Blätter; ferner sind die

¹⁾ Die Buche bedarf zur Produktion von 1 Festmeter Reisigholz 2 mal,
 " " " " " " " " " Prügelholz $1\frac{1}{2}$ mal,
 " Fichte " " " " " " " " " Reisigholz 6,2 mal,
 " " " " " " " " " Prügelholz 2,4 mal,
 " Kiefer " " " " " " " " " Reisigholz fast 5 mal
 " " " " " " " " " Prügelholz 1,3 mal mehr
 Kali als zur Erzeugung von 1 Festmeter Scheitholz.

²⁾ Die gesammte Kalimenge, welche in einer 100-jährigen Fichte enthalten ist,

dürren Zweige und Aeste (das Leseholz), welche einen wesentlichen Theil der Streudecke bilden, viel kaliärmer als die grünen lebenden Zweige, und die äusseren Borkenschuppen der Rinde kaliärmer als die inneren Rindenschichten ¹⁾. Obigem Gesetze entsprechend sind junge Stämmchen kalireicher als ältere Stämme. Je niedriger daher die Umtriebszeit, desto mehr Kali wird durch die Holzernte dem Boden entzogen.

Bedeutung des Kalis für das Pflanzenleben.

Schon aus diesem allgemeinen Vorkommen des Kalis in der Pflanzenwelt lässt sich schliessen, dass dasselbe beim Lebensprocess der Pflanzen eine wichtige Rolle spielen müsse, und in der That ist auch durch zahlreiche exakte Untersuchungen nachgewiesen, dass es zu den absolut unentbehrlichen Nährstoffen sämtlicher Pflanzen gehört und dass eine gewisse Kalimenge zur normalen Entwicklung derselben durchaus nothwendig ist. Es wird von den Faserwürzelchen aus dem Boden in Form verschiedener Salze aufgenommen (als salpetersaures, phosphorsaures, schwefelsaures, kieselsaures Kali, Chlorkalium) und nimmt grossen Antheil nicht nur bei der Bildung und Produktion verschiedener organischer Pflanzenbestandtheile, sondern auch bei der Umbildung und Wanderung gewisser organischer Substanzen von einer Zelle zur andern, oder von einem Organ zum andern. Ohne Kali kann daher eine erhebliche Neubildung und Vermehrung der organischen Substanz, mithin auch ein normales Wachstum nicht stattfinden. Die Pflanze vermag nicht zu assimiliren und zeigt keine Gewichtszunahme. Auf einem Boden, in welchem Kali nicht in genügender Menge oder nicht in aufnehmbarer Form enthalten ist, entwickeln sich die Pflanzen nur kümmerlich, der Ertrag wird gering.

Man findet das Kali im Pflanzenkörper zum grössten Theil an verschiedene organische Säuren (Oxalsäure, Weinsteinsäure, Citronensäure, Aepfel-

vertheilt sich auf die einzelnen Theile prozentisch nach Schröder in folgender Weise:

Vom gesammten Kaligehalt finden sich im berindeten Stammholze	46,7 %
im Gipfelholz mit Rinde . . .	5,4 „
im Astholz mit Rinde . . .	9,2 „
in den schwächeren Aesten . .	12,0 „
in den Nadeln	26,7 „

Sa. 100,0 %

¹⁾ Vergleiche über die Abnahme des Kali- und Phosphorsäuregehaltes in abgestorbenen Blättern, Nadeln, Aesten und der Borkenrinde Seite 11 f. f.

säure) gebunden und zwar in Form saurer Salze, die beim Verbrennen oder Einäschern der Pflanze in kohlen-saures Kali übergehen¹⁾. Dadurch erklärt sich, warum in den Pflanzenaschen das Kali grösstentheils an Kohlen-säure gebunden (als kohlen-saures Kali) vorkommt und nur ein kleiner Theil sich darin als schwefelsaures, phosphorsaures, kieselsaures Kali und als Chlor-kalium findet. Da es keine Pflanze giebt, in welcher organische oder Pflanzen-säuren fehlen und dieselben fast immer an Kali oder Kalkerde (bisweilen auch an Natron und Bittererde) gebunden vorkommen, so hält es Liebig für wahr-scheinlich, dass diese Mineralstoffe bei der Bildung der Pflanzensäuren betheilig-t seien und nimmt an, dass diese Pflanzensäuren durch Desoxydation in Stärkmehl, Zucker und andere Kohlenhydrate umgewandelt würden. Gegen diese Liebig'sche Theorie sprachen sich aber schon verschiedene Pflanzen-physiologen (v. Mohl, Schleiden, Schacht, J. Sachs, Mulder etc.) aus. Dagegen ist durch Vegetationsversuche von Nobbe mit Bestimmtheit nach-gewiesen, dass ohne Mitwirkung des Kalis in den grünen Blättern, resp. in den Chlorophyllkörnern kein Stärkmehl gebildet wird²⁾. Die in den Blättern erzeugte Stärke wird in die übrigen Theile der Pflanze geleitet und häuft sich in gewissen Organen in grösserer Menge an (wie in den Kartoffeln, Getreidesamen, Hülsenfrüchten; ferner vor Eintritt des Winters in den Markstrahlzellen, im Bast, in den Wurzeln der Bäume u. s. w). Zu dieser Wanderung des Stärkmehls und anderer Kohlenhydrate ist Kali eben-falls nothwendig und wir finden es deshalb auch in allen jenen Pflanzen-theilen in grösserer Menge, wo Stärke oder Zucker in beträchtlicher Quantität sich ablagert, wie in den Kartoffeln, Zuckerrüben, Weintrauben.

Es ist sogar wahrscheinlich, dass Kali (phosphorsaures) auch eine Bedin-gung der Erzeugung der Eiweissstoffe ist, denn es treten die in den Pflanzen vorkommenden Eiweissstoffe, wenigstens manche Formen derselben, immer mit Kali verbunden auf. Jedenfalls aber spielt Kali eine wichtige Rolle nicht nur beim Transport der Kohlenhydrate, sondern auch der Eiweissstoffe von einer Zelle zur andern, dieselben werden löslich und damit erst wan-

¹⁾ Welchen Einfluss der grössere oder geringere Kaligehalt auch auf die Qualität der Ernteprodukte haben kann, beweist die Thatsache, dass Tabakblätter, die arm an Kali, aber reich an Kalk sind (beide gebunden an organische Säuren) Cigarren liefern, welches schwer brennen und kohlen, wenn sie auch gut gewickelt sind (Nessler.)

²⁾ Nobbe, Schroeder & Erdmann, „über die organische Leistung des Kalium in der Pflanze.“ Chemnitz, Verlag von Forke. 1871.

derungsfähig durch ihre Vereinigung mit Kali. — Ueberall, wo sich neue Organe lediglich auf Kosten zugewanderter organischer Stoffe ausbilden, findet man deshalb von Mineralstoffen hauptsächlich Kali und Phosphorsäure, während alle jene Theile einer Pflanze kali- und phosphorsäurearm sind, die als abgestorben betrachtet werden müssen, und in welchen keine Lebensvorgänge mehr stattfinden. Dadurch erklärt sich, warum alle jungen Pflanzen und auch die Holzgewächse in ihrer ersten Wachstumsperiode verhältnissmässig viel Kali und Phosphorsäure bedürfen, warum ferner die jungen, eben entwickelten Blätter und Triebe der Bäume im Frühjahr in ihrer Asche vorwiegend Kali und Phosphorsäure enthalten; warum aus dem älteren Kernholz und aus den äussersten abgestorbenen Rindenschichten (Borke) Phosphorsäure und Kali in die jüngeren Holz- und Rinden-Theile übertreten und im Cambium und der Bastschichte sich in grösserer Menge vorfinden. Mit den Kohlenhydraten und Eiweissstoffen kehren ferner diese Mineralbestandtheile aus den dünnen Zweigen und Aesten und gegen den Herbst zu aus den absterbenden Nadeln und Blättern zum grössten Theil in den Stamm zurück, so dass durch den Abfall der Blätter und dünnen Zweige dem Baume verhältnissmässig wenig Kali und Phosphorsäure entzogen wird.

Kalibedarf der forst- und landwirtschaftlichen Culturgewächse.

Ein Blick auf Seite 118, wo sich eine Zusammenstellung der forst- und landwirtschaftlichen Culturgewächse nach ihrem Kalibedarf findet, belehrt uns darüber, dass der Wald zur Produktion seiner gesammten organischen Substanz (Holz und Streu) quantitativ viel geringere Ansprüche an den Kaligehalt des Bodens macht, als die Ackergewächse¹⁾. Keine landwirtschaftliche Nutzpflanze hat pro Jahr

¹⁾ Unsere Culturböden enthalten durchschnittlich viel mehr Kali als Phosphorsäure und Schwefelsäure, die Pflanzen entziehen dem Boden aber auch durchschnittlich mehr Kali als Phosphorsäure und Schwefelsäure.

Die im Boden vorkommenden Kalisalze stammen von verschiedenen Mineralien und Gesteinsarten, aus denen der Boden durch Verwitterung entstanden ist, und welche sich zum Theil noch in grösseren oder kleineren Bruchstücken in demselben vorfinden. Als unversiegbare Kaliquellen sind zu betrachten:

Kaliefeldspath (Orthoklas) mit 10–16 % Kali; Leucit mit 13–18 % Kali
 Kali- und Magnesiagimmer „ 6–13 „ „ ; Zeolithe „ 8–11 „ „
 Granit, Granulit, Porphy, Syenit, Glimmerschiefer, Gneiss, Thonschiefer, Trachyt mit 4–6 % Kali; viele Granite, Gneisse, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Thone mit 2–3 Prozent, Basalt, Dolerit, Thon, Lehm mit 1–2 Prozent.

Am kaliärmsten sind die Sandsteine mit geringem Thongehalt, sowie die thonarmen Kalksteine.

zur Produktion ihrer organischen Substanz so wenig Kali nothwendig, als der Wald; es wird deshalb auch durch die Feldwirthschaft derselben Bodenfläche jährlich viel mehr Kali entzogen als durch die Waldwirthschaft, und die Forstgewächse begnügen sich in Folge dessen auch mit kaliärmerem Boden. In Vergleich zum Kiefernwald, der die geringsten Ansprüche macht und dem Boden pro Hektar jährlich nur c. 7,44 Kilogr. Kali entzieht, ist der jährliche Bedarf

eines Fichtenwaldes	1,2	mal	größer
„ Buchenwaldes	2	„	„
„ Weizenfeldes	4	„	„
„ Erbsenfeldes	6,4	„	„
einer Wiese	10	„	„
eines Kleefeldes	13,5	„	„
„ Kartoffelfeldes	14,8	„	„

Der Buchenwald steht demnach bezüglich seines jährlichen Kalibedarfs nicht so sehr weit hinter dem Weizen zurück, dagegen ist die Kartoffel eine so kalibedürftige Pflanze, dass die Kalimenge, welche dem Boden durch eine Kartoffelernte (incl. des Krautes) entzogen wird, hinreichend wäre, den Kalibedarf eines Hektar Kiefernwaldes auf 14 Jahre, den eines Buchenwaldes aber nur auf 7 Jahre zu decken. Das Gras (speciell Wiesengras) braucht auf gleicher Bodenfläche in einem Jahre so viel Kali, als der Kiefernwald in 10 Jahren und der Buchenwald in 5 Jahren nöthig hat¹⁾. Der jährliche Kalibedarf der Forstgewächse wird noch viel kleiner, wenn man dem Walde die Mineralstoffe, welche in den jährlich abfallenden Blättern und Nadeln enthalten sind, also die Streudecke lässt, und nach jedem Umtrieb nur das Holz ausführt. Nach Seite 116 berechnet sich die Kalimenge, welche der Wald durchschnittlich jährlich zur Holzerzeugung braucht pro Hektar

in Buchenwäldern	auf	4,65	Kilo,	also	Bedarf	in	120	Jahren	=	558	Kilo
„ Fichtenwäldern	„	4,06	„	„	„	„	120	„	=	487	„
„ Kiefernwäldern	„	2,60	„	„	„	„	100	„	=	260	„

¹⁾ Solche landw. Nutzpflanzen, die zu ihrer Entwicklung viel Kali beanspruchen, werden auch als „Kalipflanzen“ bezeichnet (Kartoffeln, die Rübenarten, Weinstock, Kraut, Tabak, Hopfen, Klee, Gras). Von wildwachsenden Pflanzen sind besonders kalireich: Brennesseln, Disteln, Wermuth, Erdrauch, Rainfarren (*Tanacetum vulgare*), Wucherblume (*Chrysanthemum segetum*). Wo diese Pflanzen in grosser Ueppigkeit vorkommen, deuten sie immer auf kalireichen Boden.

Wir sehen, dass im Vergleich zu den Produkten des Ackerfeldes der Boden durch die Holznutzung verhältnissmässig sehr wenig Kali verliert, denn die gesammte Holzmasse, welche z. B. in Buchenbeständen von mittlerer Bonität auf einem Hektar jährlich gebildet wird, erfordert zu ihrer Erzeugung ca. 16 mal weniger Kali als die jährliche Heuernte einer Wiese von gleicher Grösse; ein Kiefernwald bedarf zu seiner Holzerzeugung jährlich sogar 46 mal weniger Kali als ein gleich grosses Kartoffelfeld. Aus diesen geringen Kalimengen, welche zur Holzproduktion nothwendig sind, darf man aber keineswegs auf die Anforderungen schliessen, welche der Wald gegenüber den landwirthschaftlichen Nutzpflanzen an das Nährstoffkapital des Bodens und an die einzelnen Nährstoffe macht, denn da Holz ohne Blätter nicht gebildet werden kann, so ergibt sich die durchschnittliche Jahresforderung eines Holzbestandes immer nur aus den Mineralstoffmengen, die im Holz und in den abgeworfenen Blättern (in der Streu) enthalten sind.

Kaligehalt der Forst- unkräuter.

Weit kalireicher als die Waldbäume sind die meisten wildwachsenden Pflanzen und Gesträucher in den Wäldern, wie z. B. die Goldnessel (*Galeobdolon luteum*) und von den bekannteren, allgemeiner verbreiteten namentlich die Farnkräuter, dann auch der Brombeerstrauch, während die Himbeere und namentlich die Heidelbeere bezüglich des Kaligehaltes schon genügsamer sind. Zu den kalireichen Waldpflanzen ist aber auch das Gras zu rechnen, sowohl die Süssgräser, als sauren Gräser. Wo daher die genannten kalireichen verschiedenen Forstunkräuter in grosser Ueppigkeit vorkommen, lässt sich immer auf einen grösseren Kaligehalt des Bodens schliessen; es ist von diesem werthvollen Pflanzennährmittel jedenfalls dann soviel vorhanden, als zur normalen Entwicklung der Waldbäume erforderlich ist. Niemals wird man auf kaliarmen Sand-, Kies- oder reinen Kalkböden üppigen Graswuchs finden, ebensowenig Farnkräuter und Brombeersträucher. Da alle kalireichen Böden zugleich grössere Quantitäten von Thon enthalten, so kann man aus dem Vorkommen erwähnter Pflanzen auch auf eine gewisse Frische des Bodens schliessen, und mit Recht beurtheilt daher der praktische Forstmann die Güte des Bodens unter Anderm auch nach der Art und Quantität der sich vorfindenden Unkräuter.

Kaligehalt der Streumaterialien.

Nächst Salpetersäure und Phosphorsäure ist Kali derjenige Pflanzennährstoff, der in vielen Böden nicht in genügender Menge vorhanden ist, und der in allen kaliarmen Waldböden bei fortdauerndem Streuentzug in kürzerer oder längerer Zeit eine Abnahme der Ertragsfähigkeit des Bodens mit sich bringt. Kali gehört daher nächst Phosphorsäure zu den werthvollsten Mineral-Bestandtheilen der Streumaterialien (und der Düngemittel).

Trotzdem in den abgefallenen dürrn Blättern und Nadeln weit weniger Kali enthalten ist, als in den jungen grünen Blattorganen, so findet sich doch Kali in der Streudecke in beachtenswerther Menge, wie sich dies aus der Zusammenstellung Seite 109 ergibt. Das Dürr- oder Leseholz und die Rinden- (Borken-) Schuppen, welche Bestandtheile der Waldbodendecke bilden, sind kali- und phosphorsäureärmer als die Blätter und Nadeln, dagegen stehen letztere bezüglich des Kaligehaltes den Waldmoosen nach und werden auch wesentlich übertroffen von den verschiedenen Strohsorten, dann insbesondere von den Farnkräutern, Binsen und Simsen; so z. B. ist in 1 Kilogramm getrockneter Farnkräuter durchschnittlich 24 Gramm, in den verschiedenen Strohsorten im Mittel $9\frac{1}{2}$ Grm., in den Waldmoosen $5\frac{1}{2}$ Grm. Kali enthalten, dagegen im getrockneten Buchenlaub, Eichenlaub und den Weisstannennadeln durchschnittlich 2,8, in den Fichten- und Lärchennadeln 1,7 und in den Kiefernadeln endlich nur 1,5 Gram Kali. Mit einer Fuhr trockner Moosstreu entfernt man mithin aus dem Walde fast noch einmal so viel Kali als in einer gleichen Gewichtsmenge Buchenlaubstreu, beinahe $3\frac{1}{2}$ mal so viel als in einer gleichen Quantität abgefallener Fichtennadeln und 3,7 mal mehr als in derselben Menge Kiefernadeln enthalten ist. Mit jeder zweispännigen Fuhr vollkommen trockener Streu (= 15 Ctr.) nimmt man dem Walde durchschnittlich folgende Kalimengen:

in Form von Waldmoos	4,1 Kilogramm (= 8 Pfd.)
„ „ „ Buchenlaub	2,2 „ (= 4 „)
„ „ „ Fichtennadeln	1,2 „ (= 2 „)
„ „ „ Kiefernadeln	1,1 „ (= 2 „)

Je nach Standortsverhältnissen, namentlich Bodenbeschaffenheit und Lage, zeigt aber ein- und dieselbe Streusorte hinsichtlich ihres Kaligehaltes bedeutende Schwankungen: für Buchenlaubstreu ergab sich als Minimum in 1 Kilogr. 0,94, als Maximum dagegen 8,31 Grm. Kali; geringer sind die Differenzen in den

übrigen Streusorten: in der Fichtennadelstreu z. B. finden sich Schwankungen zwischen 0,95 und 2,42, in Kiefernadelstreu zwischen 0,95 und 2,44.

Hinsichtlich der Frage der Bodenerschöpfung ist es von allgemeinem Interesse, die Kalimengen näher kennen zu lernen, welche durch die Ausfuhr von Holz und Streu dem Waldboden entzogen werden. Oben wurde schon angegeben, dass in dem gesammten Holzquantum, welches nach dem Abtrieb eines Waldbestandes pro Hektar durchschnittlich geerntet wird,

in Buchenwäldern bei 120-jähr. Umtriebszeit	ca. 558 Kilogr. Kali
„ Fichtenwäldern „ 120 „ „	„ 487 „ „
„ Kiefernwäldern „ 100 „ „	„ 260 „ „

enthalten sind.

Ebenso wissen wir aus Früherem (S. 116), dass in der jährlich erzeugten Streumenge im Mittel folgende Kaliquantitäten pro Hektar enthalten sind:

in Buchenlaub	9,87 also in 100 Jahren	987 Kilogr. Kali
„ Fichtenadeln	4,82 „ „ 100 „	482 „ „
„ Kiefernadeln	4,84 „ „ 80 „	387 „ „

Für den Landwirth hat der Kaligehalt der Waldstreu einen sehr geringen Werth, denn die gesammte Kalimenge, welche der jährliche Streuertrag pro Hektar enthält, ist verschwindend klein gegenüber dem jährlichen Kalibedarf der landw. Nutzpflanzen. (S. 117 f.)

So z. B. braucht ein Kartoffelfeld pro Hektar u. Jahr circa 12 mal mehr Kali als das geerntete Buchenlaub einer gleichgrossen Bodenfläche jährlich enthält und 24 mal mehr als in den abgefallenen Fichten- und Kiefernadeln pro Hektar vorkommt. Einen um so grösseren Werth hat der Kaligehalt der Streudecke für den Forstmann, denn das Kaliquantum, welches der Boden alljährlich durch den Blatt- und Nadelabfall erhält, ist mit dem in den Stamm gewanderten hinreichend, um dieselbe Blatt- und Nadelmenge wieder zu erzeugen. Nimmt man an, dass während einer Umtriebszeit nur der vierte Theil¹⁾ der producirten Streumenge aus den Wäldern entfernt wird, so hat der Boden pro Hektar nach einem Turnus folgende Kaliquantitäten verloren:

	in Buchenbeständen:	in Fichtenbeständen:	in Kiefernbeständen:
a) durch Streunutzung	247 Kilo,	120 Kilo,	97 Kilo
b) durch Holznutzung	558 „	487 „	260 „
	in Summa: 805 „	607 „	357 „

¹⁾ In Privat- und Gemeindewaldungen wird mindestens die Hälfte des Streuquantums ausgeführt.

Diese dem Walde entzogenen Kaliquantitäten erhält derselbe niemals wieder zurück, denn das im Brennholze ausgeführte Kali dient nach der Verbrennung in Form von Asche als Material zur Potaschenfabrikation und findet sich später vielleicht als Bestandtheil des Glases, des Blutlaugensalzes und anderer Kalipräparate, oder bildet auch den wirksamen Theil der Wäscherlaugen. Das im Nutzholz enthaltene Kali wird erst wieder frei und dem Erdreich zugeführt nach der Verwesung desselben. Anders verhält es sich mit dem Kali der ausgeführten Streumasse, dieses wird schliesslich dem Ackerboden einverleibt, es hätte aber für den Waldboden einen viel grösseren Werth gehabt; denn wenn man, wie oben angenommen, innerhalb einer Umtriebszeit den vierten Theil der abgefallenen Blätter und Nadeln dem Walde pro Hektar entzieht, so entfernen wir damit so viel Kali, dass dasselbe hinreichend gewesen wäre, den gesammten Kalibedarf des Waldes (zur Holz- und Blattbildung)

in Buchenbeständen	auf 17 Jahre
„ Fichtenbeständen	„ 14 „
„ Kiefernbeständen	„ 13 „

zu decken; dagegen hat das dem Walde entführte Kali für den Ackerbau geringe Bedeutung, indem der gesammte Kaligehalt der gewonnenen Streu nur für folgende Anzahl Durchschnittsernten pro Hektar ausreichend wäre:

im Buchenlaub	in Fichtennadeln	in Kiefernadeln
für 2,0	für 1,0	für 0,8 Kartoffelernten,
„ 2,4	„ 1,2	„ 0,9 Kleeheuernten,
„ 3,2	„ 1,5	„ 1,2 Heuernten,
„ 5,0	„ 2,5	„ 2,0 Erbsenernten (incl. Stroh),
„ 8,5	„ 4,0	„ 3,3 Weizenernten (incl. Stroh),

Wenn man dem Ackerboden Kali zuführen will (z. B. bei der Cultur von Futterpflanzen, Rothklee, Luzerne, Esparsette, Grünwicken etc., dann für Weizen, Tabak, Weinstock, Zuckerrüben und Futterrüben, Kraut, Kartoffeln), so stehen dem Landwirthe verschiedene kalireiche Düngemittel zu Gebot, wie z. B.

Asche von Laubholz mit	10—12 % Kali,
Asche von Nadelholz mit	6—8 % „
Stassfurter Kalisalze und zwar:	
rohes schwefels. Kali mit	10—12 % „
concentrirter Kalidünger mit	25—26 % „
dreifach concentrirter Kalidünger mit	30—34 % „

vierfach concentrirter Kalidünger mit . . .	38—42 % Kali
fünffach " " " . . .	50—55 % „ u. s. w.
1000 Theile mässig verrotteter Stallmist enthalten	6,3 Theile Kali
„ " Mistjauche " " " "	5 " "
Um 1 Ctr. Kali auf das Feld zu bringen, muss man anwenden:	
circa 200 Ctr. Stalldünger, oder	
" 10 " Holzasche,	
" 8—10 " rohes schwefelsaures Kali,	
" 4 " concentr. Stassfurter Kalidünger.	

b. Natron.

In den Aschen der Landpflanzen fehlt Natron wohl niemals vollständig, es ist aber in der Regel darin in viel geringerer Menge enthalten, als Kali, doch ist es bei gewissen Culturpflanzen grossen Schwankungen unterworfen. In grösserer Menge findet sich dieser Aschenbestandtheil in den Pflanzen, welche in der Nähe des Meeres oder im Meere selbst wachsen. Auch in unseren Waldbäumen bildet es einen stets vorkommenden Bestandtheil, tritt aber gegenüber von Kali sehr zurück und ist auch in den einzelnen Theilen des Baumes viel gleichmässiger vertheilt. Obgleich Natron ein Körper ist, der mit Kali sehr grosse Aehnlichkeit hat, so ist es doch nicht im Stande, dasselbe im Pflanzenkörper zu ersetzen und seine physiologischen Funktionen zu übernehmen. Ja es ist sogar wahrscheinlich, dass es zum Lebensprozess der Pflanzen nicht erforderlich ist, als Pflanzennährstoff also keine Rolle spielt, weshalb wir es nur als einen zufälligen Aschenbestandtheil betrachten dürfen, der für die Landpflanzen nutzlos ist. Einzelne Vegetationsversuche sprechen zwar für eine Theilnahme des Natrons am pflanzlichen Ernährungsprozess, aber unter allen Umständen ist der Bedarf der Pflanzen so gering, dass jeder Boden die genügenden Mengen zu liefern im Stande ist. Wir halten deshalb auch eine weitere Betrachtung über das Vorkommen des Natrons in den Streumaterialien und im Holze für überflüssig.

c. Kalkerde oder Kalk.

Vertheilung derselben in den einzelnen Organen der Bäume.

Kalkerde fehlt unter den Mineralbestandtheilen des Pflanzenkörpers niemals und die Gegenwart einer genügenden Menge von Kalksalzen ist zur Entwicklung der Pflanzen

absolut nothwendig. In vielen Gewächsen und namentlich in den Waldbäumen findet sich Kalkerde in so grosser Menge, dass sie alle übrigen Mineralstoffe der Quantität nach übertrifft. Ebenso wie Kali ist aber auch Kalkerde in den einzelnen Organen des Baumes sehr ungleich vertheilt. Am geringsten ist der Kalkgehalt im Stamm- oder Scheitholz, grösser im Prügelholz und noch grösser im Reisigholz (Seite 112). Die schwachen Holzsortimente sind demnach nicht nur kali-, sondern auch kalkreicher als die stärkeren, und ebenso wie der Kali- nimmt auch der Kalkgehalt im Holzstamm von unten nach oben zu und ist in den dünneren Zweigen grösser als in den dickeren Aesten¹⁾. Viel kalkreicher als das Holz ist die Rinde des Stammes und der Aeste, und zwar nimmt ihr Kalkgehalt ebenfalls von unten nach oben zu. Für die Blätter und Nadeln ist charakteristisch, dass sie im Frühjahr, also in der Jugendperiode, sehr kalkarm sind und zu dieser Zeit bezüglich des Kalkgehaltes von der Rinde übertroffen werden; mit ihrem Aelterwerden vermehrt sich aber der Kalkgehalt so bedeutend, dass in den herbstlichen und abgefallenen Blättern und Nadeln sich relativ mehr Kalk anhäuft, als in der Rinde der Bäume²⁾.

Bedeutung des Kalkes für das Pflanzenleben. Ueber die Funktionen der Kalkerde als Pflanzennahrungsmittel weiss man bis jetzt noch wenig. Die Thatsache aber, dass die Blätter der Gewächse stets kalkreicher sind, als die Stengel, und dass die blattreichen Pflanzen, wie z. B. die verschiedenen Kleearten, die Wicken, Erbsen, Bohnen, der Tabak unter allen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen am meisten Kalk be-

¹⁾ Es entnimmt dem Boden zur Produktion von

1 Festmeter Reisigholz die Buche	2,2 mal,
„ Prügelholz „ „	1,5 „
„ Reisigholz die Fichte	2,8 „
„ Prügelholz „ „	1,3 „
„ Reisigholz die Kiefer	3 „
„ Prügelholz „ „	1,2 „

mehr Kalk als zur Produktion von 1 Festmeter Scheitholz.

²⁾ Von der gesammten Kalkmenge, welche eine 100-jährige Fichte Ende Mai enthielt, kamen nach Schröder's Untersuchungen auf die verschiedenen Organe derselben folgende Kalkquantitäten, in Prozenten ausgedrückt: Auf den berindeten Stamm mit Gipfel 69,2%, auf die gesammte Astmasse 18,3% und auf die Nadeln 12,5%. („Tharander forstl. Jahrbuch“. XXIV. Bd. 4. Heft. S. 277.)

ansprechen, während sämtliche Wurzeln und Knollengewächse und ebenso die Getreidearten wenig Kalk erfordern, deutet darauf hin, dass die Kalkerde wahrscheinlich bei der Bildung und Entstehung der Cellulose oder des Zellstoffs theilhaftig sei. Eine massenhafte und reichliche Blattentwicklung findet daher auch bei allen krautartigen Futterpflanzen nur dann statt, wenn ausser genügender Feuchtigkeit, Licht und Wärme, Kalk (besonders in Form von salpetersaurem Kalk¹⁾ in hinreichender Menge zu Gebote steht. Kalk- und Stickstoffnahrung begünstigen wesentlich die Ausbildung der Blätter²⁾.

Jede Zellhaut, so jung oder so alt sie sein mag, hinterlässt beim Verbrennen ein Aschenskelet, welches oft vorzugsweise aus kohlensaurem Kalk (in vielen Fällen auch aus Kieselsäure) besteht; diese Aschenbestandtheile sind so fest an den Zellstoff gebunden, dass es unmöglich ist, diesen ohne Zerstörung seiner Organisation davon zu befreien. Sie sind in die organische Substanz der Zellhaut mehr oder minder gleichmässig eingelagert, so dass wahrscheinlich an jedem sichtbaren Punkte der Zellmembran Mineralstoffe (Kalk oder Kieselsäure) und organische Substanz beisammen sind (Sachs).

Unzweifelhaft theilhaftig sich also Kalk bei der Bildung und Verholzung der Zellen, wobei er sich in die Zellmembran und in die Verdickungsschichten einlagert und dieselben imprägnirt; häufig wird er jedoch bei diesem Vorgange durch Kieselsäure fast ganz oder theilweise vertreten, was sich in den

¹⁾ Dieses Kalksalz bildet sich in grösserer Menge in kalkhaltigem Compostdünger, besonders wenn er von Zeit zu Zeit mit etwas Jauche begossen wird. Ein solcher Dünger dürfte sich deshalb hauptsächlich für Saatbeete und Pflanzschulen eignen. Die Waldböden sind im Allgemeinen sehr arm an salpetersauren Salzen und enthalten von diesem wichtigen Nährmittel viel geringere Mengen als die gedüngten Ackerböden. In Waldböden, die kalkreich sind und viel Humus enthalten, bilden sich jedenfalls mehr salpetersaure Salze, als in kalk- und humusarmen Böden. Es ist daher auf humus- und kalkreichen Böden die Blattbildung und der Holzsertrag grösser als auf humus- und kalkarmen Böden. Mehr als Blätter und Nadeln tragen die Waldmoose zur Bereicherung des Bodens an salpetersauren Salzen bei, weil sie an und für sich schon viel Nitrate enthalten und wahre Salpeteranhäuffer sind. („Centralbl. f. Agrikultur-Chemie“ Juliheft 1874. S. 42.)

²⁾ Zu erinnern ist hier an die von W. Wolf ausgesprochene Thatsache, dass lösliche Kalksalze besonderen Einfluss auf die Ausbildung der Wurzeln haben; man beobachtet eine raschere und reichere Entwicklung von Haupt- und Nebenwurzeln, als in anderen Salzlösungen.

abgefallenen Blättern und Nadeln der verschiedenen Holzarten beim Vergleich ihres Kalk- und Kieselsäuregehaltes sehr deutlich zu erkennen giebt. Je älter die Pflanzen und Pflanzenorgane sind, um so mehr Kalk (und Kieselsäure) enthält ihre Asche. Daraus geht hervor, dass der Kalk nicht wie Kali und Phosphorsäure die Fähigkeit besitzt, aus abgestorbenen Organen auszuwandern, weshalb auch die abfallenden Nadeln, Aeste und Rindentheile dem Baume beträchtliche Kalk- und Kieselsäurequantitäten entziehen. Die Holzpflanzen gehen demnach mit diesen beiden Mineralstoffen nicht so ökonomisch um, wie mit Kali und Phosphorsäure. Es ist dies aber auch nicht notwendig, weil diese beiden Stoffe im Boden in der Regel in viel grösserer Menge vorkommen. Viele Böden, wie z. B. Kalk-, Dolomit-, Mergel-, Lössböden; dann solche, die aus Gebirgsarten entstanden sind, welche kalkhaltige Silikate, wie Oligoklas und Labrador, Zeolithe, Hornblende und Augite enthalten, bilden unerschöpfliche Kalkquellen und haben an diesem Pflanzen-nährstoffe Ueberfluss. Dagegen giebt es auch Böden, die so kalkarm sind, dass die zu kultivirenden Pflanzen häufig Mangel daran haben. Dazu gehören z. B. die Sandböden, Moorböden, ferner die aus Gneiss, Granit, Glimmerschiefer, Porphyren, aus kalkfreien Sandsteinen hervorgegangenen Bodenarten. Die Grösse des Ertrages steht deshalb auf solchen Böden in einer bestimmten Beziehung zu ihrem Kalkgehalt, wie dies von Schütze für Kiefern Böden in der Mark nachgewiesen wurde.

Man findet die Kalkerde im Boden am häufigsten in Form von kohlen-saurem Kalk, dann aber auch als kieselsauren, salpetersauren, schwefelsauren und phosphorsauren Kalk — Salze, die mit Ausnahme des kieselsauren Kalks im kohlen-säurehaltigen Bodenwasser lösbar sind und deshalb auch den Pflanzen zur Ernährung dienen können; kieselsaurer Kalk wird erst lösbar nach voraus-gegangener Zersetzung durch den Einfluss der Kohlensäure des Wassers, wo-durch er sich in kohlen-sauren Kalk umwandelt.

Im Pflanzenkörper ist die Kalkerde ähnlich wie das Kali zum grössten Theile an organische oder Pflanzensäuren, namentlich an Oxalsäure (oder Kleesäure) gebunden, nur ein kleiner Theil findet sich als phosphorsaures und schwefelsaures Salz. Die Rolle, welche Liebig dem Kali als Säurebinder und Säurebilder zuweist, kann auch die Kalkerde übernehmen, worüber schon oben Näheres mitgetheilt wurde.

Kalkbedarf der forst- und landwirthschaftlichen Culturgewächse.

Die kleine Tabelle auf Seite 118 belehrt uns darüber, dass die Waldbäume von allen mineralischen Nährstoffen Kalk weitaus in grösser Menge bedürfen, und dass unter den landwirthschaftlichen Culturgewächsen nur der Klee etwas grössere Ansprüche an Kalk macht, als der Buchen- und Fichtenwald; dagegen wird die Kiefer bezüglich ihres Kalkbedarfs vom Wiesen- gras, Erbsen und Kartoffeln übertroffen, und nur die Getreidearten machen an Kalk geringere Ansprüche als der Kiefernwald.

Vergleicht man den Jahresbedarf an Kalk, welchen die einzelnen Holzbestände pro Hektar zur Produktion ihrer gesammten organischen Substanz (Holz und Streu) nöthig haben, mit den Kalkmengen, welche die landwirthschaftlichen Culturgewächse auf gleicher Bodenfläche jährlich beanspruchen, so ergibt sich, dass

a. der Buchenwald	jährlich 0,86	oder nur $\frac{4}{5}$	so viel Kalk als ein Kleefeld bedarf,
	dagegen 1,4	mal soviel als ein Fichtenwald,	
	2	„ „ „	eine Wiese,
	2	„ „ „	ein Erbsenfeld,
	2,6	„ „ „	„ „ Kartoffelfeld,
	3,3	„ „ „	„ „ Kiefernbestand,
	10	„ „ „	„ „ Weizenfeld;
b. der Fichtenwald	0,6	„ „ „	„ „ Kleefeld,
	0,7	„ „ „	„ „ Buchenbestand,
	dagegen 1,4	„ „ „	„ „ eine Wiese,
	1,5	„ „ „	„ „ ein Erbsenfeld,
	1,9	„ „ „	„ „ Kartoffelfeld,
	2,4	„ „ „	„ „ Kiefernwald,
	7,5	„ „ „	„ „ Weizenfeld;
c. der Kiefernwald	0,26	oder nahezu den vierten Theil eines Kleefeldes,	
	0,30	mal soviel als ein Buchenwald,	
	0,41	„ „ „	„ „ Fichtenwald,
	0,58	„ „ „	„ „ eine Wiese,
	0,61	„ „ „	„ „ ein Erbsenfeld,

c) der Kiefernwald 0,78 mal soviel als ein Kartoffelfeld,
 dagegen 3,1 „ „ „ „ Weizenfeld ¹⁾.

Charakteristisch für den Wald sind demnach die grossen Ansprüche, welche er gegenüber fast allen Ackergewächsen an Kalk macht; ein reichlicher Holzertrag lässt sich daher nur dann erwarten, wenn der Boden im Stande ist, das Kalkbedürfniss der Waldbäume zu decken; deshalb sind kalkreiche Böden im Allgemeinen für die Forstcultur zweckentsprechender, als kalkarme. Auf letzteren kann durch andauernde Streunutzung der Kalkgehalt bald so weit sinken, dass die Blattbildung und damit auch die Holzproduktion von Jahr zu Jahr sich vermindern muss. Befinden sich insbesondere Buchen- und Fichtenbestände, die weit grössere Anforderungen an Kalk machen, als Kiefernbestände, auf einem Boden, der an und für sich wenig Kalk enthält, so müssen sich unter solchen Verhältnissen die Folgen der Streunutzung früher und in höherem Grade geltend machen, als auf kalkreicheren Böden. Die Kalkarmuth der meisten Sandböden ist allein schon hinreichend, um zu begründen, warum Buchen- und Fichtenbestände auf denselben sich nicht normal zu entwickeln vermögen. Die in jeder Beziehung genügsamere Kiefer, deren jährlicher Kalkbedarf $2\frac{1}{2}$ und fast $3\frac{1}{2}$ mal geringer ist als jener der Fichte und Buche, kann lohnende Erträge nur auf solchen Sandböden liefern, die neben Quarz- oder Sandkörnern noch eine gewisse Menge kalkhaltiger Mineralien (wie Hornblende, Augit, Kalkfeldspathe) enthalten, in welchen also der Kalkgehalt (kohlen-saurer oder kieselsaurer Kalk) nicht unter ein gewisses Minimum gesunken ist ²⁾. Je geringer der Kalkgehalt ist, desto grössere Sorge muss der Forstmann auf die Erhaltung der Moos- und Nadeldecke in Kiefernbeständen verwenden. Wie bedeutend die Kalkausfuhr durch Entfernung der Streudecke ist, geht schon daraus hervor, dass in den jährlich abfallenden Kiefernadeln fast die doppelte, in den Fichtennadeln die $6\frac{1}{2}$ -fache, im Buchenlaub die

¹⁾ Das Verhältniss des Kalkbedarfs liesse sich natürlich auch in der Weise ausdrücken, dass man obige Zahlen als Ausdruck für Flächengrössen betrachtet; 1 Hektar Buchenwald bedarf so viel Kalk als 0,8 Hektar Kleefeld oder als 10 Hkt. Weizenfeld, 1 Hektar Kiefernwald soviel als 0,26 Hektar Kleefeld oder 0,30 Hektar Buchenwald oder 3,1 Hektar Weizenfeld u. s. w.

²⁾ Einen Beleg dafür giebt unter Andern eine Waldparzelle des Neudorfer Reviers (im Erzgebirg), auf welcher ein 70-jähriger Kiefernbestand sich befand, der nicht mehr fortwuchs, weil der Kalk im Boden fast ganz verschwunden war und Anhäufungen von Harz in den saftführenden Geweben der Bäume stattgefunden hatten. (Stöckhardt „Chem. Ackersmann“ 1873. No. 4. S. 228.)

6-fache Menge Kalk enthalten ist, als die betreffenden Bäume zu ihrer jährlichen Holzproduktion bedürfen. Berücksichtigen wir noch, dass in Nadelholzbeständen durch die Streunutzung nicht bloß die Nadeln, sondern auch Moos ausgeführt wird, das bezüglich des Kalkgehaltes sich zwar nur den Kiefernadeln nähert, aber verhältnissmässig reich ist an Kali und Phosphorsäure und als ein wahrer Salpeteranhäuer angesehen werden kann¹⁾, endlich auch durch seinen Stickstoffgehalt viel zur Erzeugung von salpetersauren Salzen (Nitrat) beiträgt, so lässt sich bemessen, wie nachtheilig die Streunutzung gerade in Nadelholzbeständen sein muss, wenn sie auf kalkarmem oder überhaupt auf sogenannten magerem Boden stocken. Verbleibt dagegen in einem Walde die Streudecke, so erhält der Boden durch den Abfall der Blätter und Nadeln sämtlichen Kalk wieder zurück, den die Bäume zur Ausbildung ihrer Blätter bedurften und den sie in denselben aufspeicherten. Unter solchen Verhältnissen verliert der Waldboden nur jene Kalkmengen, die zum Jahreszuwuchs der Bäume nothwendig sind und in der Holzmasse abgelagert werden. Dadurch ändert sich aber auch wesentlich der jährliche Kalkbedarf der Waldbäume, denn

1 Hkt. Buchenwald	erfordert zur Holzerzeugung	jährl. nur ca.	14,42 Kilogr. Kalk,
1 „ Fichtenwald	„ „ „ „ „ „	„ „	9,15 „ „
1 „ Kiefernwald	„ „ „ „ „ „	„ „	10,04 „ „

Vergleichen wir diese Kalkmengen mit jenen, welche die landwirtschaftlichen Nutzungspflanzen alljährlich dem Boden entziehen, so ergibt sich, dass bei vollständiger Streuschonung der Wald viel weniger Kalk bedarf, als Klee, Wiesen, Erbsen und Kartoffeln, dass er aber jährlich doch mindestens eben so viel nöthig hat, als ein gleich grosses Getreidefeld; es braucht sogar 1 Hektar Buchenhochwald zur jährl. Holzerzeugung etwa um die Hälfte mehr Kalk als ein Weizenfeld, während 1 Hektar Fichten- und Kiefernwald unter solchen Verhältnissen durchschnittlich dieselben Ansprüche an Kalk macht als ein gleich grosses Weizenfeld.

Kalkgehalt der Streumaterialien.

Unter allen Streusorten, die der Landwirth benutzen kann, stehen bezüglich des Kalkgehaltes die Buchen- und Eichenlaubstreu, dann Weisstannen- und Fichtennadeln

¹⁾ Ueber den Gehalt der Pflanzen an Salpeter siehe „Centralblatt für Agriculturchemie“ 3. Jahrgang (Monat Juli) S. 53.

obenan; wesentlich geringer (fast $\frac{1}{3}$ mal) ist der Kalkgehalt der Lärchennadeln und der Farnkräuter, noch mehr vermindert sich die Kalkmenge in den Kiefernnadeln und in den Waldmoosen, die sich den verschiedenen Strohsorten nähern, die durchschnittlich 6 mal weniger Kalk enthalten, als die Laubstreu.

Mit jeder starken (zweispännigen) Fuhr ganz trockner Streu (ca. 15 Ctr.) entführen wir dem Walde beiläufig folgende Kalkquantitäten:

in Form von Buchenlaub . . .	18,4 Kilogr.	=	36,8 Pfd.
„ „ „ Weisstannennadeln	18,1 „	=	36,2 „
„ „ „ Eichenlaub . . .	15,3 „	=	30,6 „
„ „ „ Fichtennadeln . .	15,1 „	=	30,2 „
„ „ „ Lärchennadeln . .	6,6 „	=	13,2 „
„ „ „ Kiefernnadeln . .	4,5 „	=	9,0 „
„ „ „ Waldmoos . . .	3,1 „	=	6,2 „

In den einzelnen Streusorten schwankt aber der Kalkgehalt nach Bodenbeschaffenheit oft sehr bedeutend, was sich aus der Tabelle V. b. im Anhange ergibt.

Eine eingehendere Prüfung und Vergleichung des Kalkgehaltes der zahlreich untersuchten Streuproben (Tab. V. a. u. Tab. V. b.) führt zu dem wichtigen und interessanten Ergebniss, dass in allen Streusorten ohne Ausnahme der Kalkgehalt auf kalkreichen Böden, z. B. des bayer. Gebirges, stets viel grösser ist, als in jenen Streumaterialien, die von Bäumen stammen, welche auf den kalkarmen Böden der krystallinischen Gesteine (des bayerischen Waldes: Granit, Gneiss) oder auf dem kalkarmen Sandsteinboden des Spessarts gewachsen sind. Für die kalkarmen Streusorten ist dagegen charakteristisch, dass sie sehr kieselsäurereich sind, während der Kieselsäuregehalt in den kalkreichen Sorten sehr zurücktritt. Daraus geht ohne Zweifel hervor, dass eine Vertretung des Kalks durch Kieselsäure bis zu einem gewissen Grade stattfindet¹⁾. Speciell für die Kiefernnadelstreu verdient erwähnt zu werden, dass die Nadeln aller jener Bestände, die sich durch grossen Zuwachs auszeichnen (wie jene von Iggelbach, Waldleiningen und Erlenbach) im Vergleich zu allen übrigen untersuchten Kiefernnadeln sich durch grossen Kalkreichthum auszeichnen, was darauf hinzudeuten scheint, dass der Holztertrag der Kieferbestände in einer gewissen Beziehung zum Kalkgehalte des Bodens

¹⁾ Wir machen darauf aufmerksam, dass sämtliche Streuproben, die zu den Aschenanalysen verwendet wurden, mit grösster Sorgfalt ausgesucht, oft mit der Pincette ausgelesen und von aller anhängenden Mineraltheilen befreit wurden.

steht, und dass kalkreiche Böden auch für Kiefernbestände werthvoller sind, als kalkarme ¹⁾. Der bedeutende Zuwachs, welchen manche Kiefernbestände zeigen, dürfte damit wenigstens zum Theil seine Erklärung finden; eine nähere Untersuchung der betreffenden Standortsverhältnisse wird wohl in solchen Fällen meistens einen grösseren Kalkgehalt des Bodens (oft vielleicht blos im Untergrund) erkennen lassen.

Berechnen wir schliesslich noch das Kalkquantum, was durch die Ausfuhr von Holz und durch Streunutzung dem Walde entzogen werden kann, wobei wir uns auf den Seite 116 angeführten Jahresbedarf der Holzbestände stützen, so ergibt sich, dass durch das gesammte produzierte Holzquantum, welches nach dem Abtrieb eines Bestandes pro Hektar im Mittel gewonnen wird, folgende Kalkmengen aus dem Walde entfernt werden:

in Buchenbeständen bei 120-jährigem Umtrieb	ca. 1730 Kilo,
„ Fichtenbeständen „ „ „ „ „	1098 „
„ Kiefernbeständen „ 100 „ „ „	1000 „

Die gesammte Streumenge, welche während eines solchen Turnus sich bildet, enthält folgende Kalkmengen:

in Buchenbeständen innerhalb 100 Jahren	ca. 8192 Kilo
„ Fichtenbeständen „ 100 „ „	6094 „
„ Kiefernbeständen „ 80 „ „	1509 „

Nehmen wir nun wieder an, dass während einer Umtriebszeit durch Nutzung nur der vierte Theil der produzierten Streumenge dem Walde entzogen wird, so verliert der Boden pro Hektar dadurch nachstehende Kalkquantitäten:

	in Buchen- beständen:	in Fichten- beständen:	in Kiefern- beständen:
a. durch die erwähnte Streunutzung	2048 Kilo	1524 Kilo	377 Kilo
b. durch Holznutzung	1730 „	1098 „	1000 „
Gesamtsumme	3778 Kilo	2622 Kilo	1377 Kilo

Die durch die erwähnte Streunutzung entfernten Kalkmengen wären hinreichend, den gesammten Kalkbedarf des Waldes (zur Holz- und Blattbildung)

in Buchenbeständen auf	21,5 Jahre,
„ Fichtenbeständen „	21,7 „
„ Kiefernbeständen „	13 „ zu decken.

¹⁾ Um Missverständnissen vorzubeugen, muss erwähnt werden, dass reine Kalkböden (ohne Thonbeimischung resp. ohne Kali) ebenso unfruchtbar sind, als Sandböden.

Diese Zahlen dürfen bei der Streufrage namentlich dann nicht unberücksichtigt bleiben, wenn der betreffende Waldboden an und für sich kalkarm ist, was bei den meisten Kiefernböden, dann bei der Mehrzahl der aus Sandsteinen gebildeten Bodenarten (Spessart, Haardtgebirge), bei den Granit- und Gneissböden u. dgl. der Fall ist.

Dem Landwirth dagegen gewährt der Kalkgehalt der Waldstreu wenig Nutzen, denn er kann seinen Boden leicht auf andere Weise kalkreicher machen: Durch Zufuhr von gebranntem und an der Luft zerfallenem Kalk, durch Beimischung von verwittertem Kalkmergel, durch Löss, kalkhaltigen Strassenkoth, durch Benutzung von Bauschutt oder von Kalkschlamm der Flüsse u. s. w.

d. Magnesia, Bittererde oder Talkerde.

Vertheilung der Magnesia in den einzelnen Theilen der Bäume.

Bei der Untersuchung der Asche aller grünen Gewächse und ihrer einzelnen Theile findet man regelmässig auch Magnesia und alle bisherigen Vegetationsversuche haben ergeben, dass die Pflanzen diesen mineralischen Bodenbestandtheil ebenso wenig entbehren können, wie Kali und Kalk. Von den einzelnen Theilen des Baumes sind die Blätter und Nadeln, dann die Samen am magnesiareichsten, hierauf folgt die Rinde und am geringsten ist der Magnesiagehalt im Holze. Mit der Abnahme des Durchmessers tritt im Holze ebenfalls eine Zunahme des Magnesiagehaltes ein, so dass wieder das Scheitholz ärmer ist als Prügelholz und dieses wieder ärmer als Reisigholz. Von der gesammten in einer 100-jährigen Fichte vorhandenen Magnesia kommen nach Schröder

53,7 % auf den berindeten Stamm,

20,7 % „ die Aeste und Zweige.

25,6 % „ die Nadeln.

Im Pflanzenkörper ist die Magnesia wahrscheinlich vorherrschend als phosphorsaures Salz vorhanden, ein Theil wohl auch an Pflanzensäuren gebunden, und es kann daher Magnesia sehr wahrscheinlich auch als Vertreter des Kalks bei der Säurebindung auftreten; die eigentlichen physiologischen Funktionen der Magnesia sind aber bis jetzt gänzlich unbekannt. Da sich dieselbe namentlich in Früchten und Samen in grösserer Menge anhäuft, so ist zu vermuthen, dass sie bei der Samenbildung vieler Pflanzen, z. B. der Halmfrüchte, eine wesent-

liche Rolle spielt. Nach Knop's Beobachtungen wirken Magnesiumsalze, wenn sie nicht reichlich genug von Kalk-, Kali- und Ammoniumsalzen begleitet werden, schädlich auf die Pflanzenwurzeln; dies mag nach der Ansicht des genannten Forschers der Grund sein, dass die eigentlich dolomitischen Gesteine einen schlechten, unfruchtbaren Boden liefern.

Sowohl die landwirthschaftlichen Culturgewächse, als auch die Waldbäume erfordern zu ihrer Ernährung weit weniger Magnesia als Kalkerde; bei der Buche z. B. beträgt der gesammte Jahresbedarf $\frac{1}{6}$, bei der Fichte $\frac{1}{9}$, bei der Kiefer ca. $\frac{1}{3}$ von jenem an Kalkerde. Dieser Bedarf kann von jedem Waldboden geliefert werden, da Magnesiumsalze sehr allgemein verbreitet sind und dem Boden durch verschiedene Gesteinsarten zugeführt werden: durch gewisse Silikate, wie Talk, Chlorit, Magnesiaglimmer, Hornblende, Augit, dann durch Dolomite und Kalksteine, in welchen der kohlen saure Kalk stets von mehr oder weniger kohlen saurer Magnesia begleitet ist. Im Boden kommt die Magnesia als kohlen saure, phosphorsaure Ammonium-Magnesia, in geringer Menge auch als salpetersaure und schwefelsaure Magnesia, dann auch als kieselsaures Salz vor¹⁾. Als Bestandtheil der Waldstreu hat Magnesia einen geringen Werth, weil, wie erwähnt, ein Mangel daran im Boden kaum vorkommt. Wir unterlassen es daher, hier weiter darauf einzugehen.

Eisenoxyd.

Das Metall Eisen ist in allen Theilen der grünen Pflanze und des Baumes enthalten, findet sich aber in der Regel nur in sehr geringen Mengen vor, bisweilen nur spurenweise. Am eisenreichsten ist die Rinde der Bäume, dann folgen die Nadeln und Blätter, am ärmsten daran ist das Holz. In der Asche des Holzes und der Rinde von Bäumen kommt Eisenoxyd oft bis zu einem Betrag von 5 bis 10 % vor, doch wechselt der Gehalt sehr nach Bodenbeschaffenheit.

Durch verschiedene Vegetationsversuche ist nachgewiesen, dass eine geringe Quantität von Eisen zur normalen Ausbildung der Pflanzen absolut unentbehrlich sei; man weiss, dass Pflanzen, welche in eisenfreien Lösungen wachsen, schliesslich Blätter liefern, die nicht grün gefärbt sind, sondern ein bleiches,

¹⁾ Culturversuche haben erwiesen, dass von den löslichen Magnesiumsalzen das Chlor magnesium eine für die Pflanzen durchaus schädliche Form für die Aufnahme sei.

gelbliches Aussehen haben. Durch Zusatz nur einiger Tropfen irgend eines Eisensalzes (Eisenvitriol, Eisenchlorid) zu der Nährstofflösung werden die Blätter schon nach 3 bis 4 Tagen lebhaft grün und nehmen ihre normale Farbe an. Es spielt demnach das Eisen bei der Bildung des grünen Farbstoffes der Blätter oder des Chlorophylls eine wichtige Rolle; beim Fehlen desselben werden die Blätter selbst im vollen Sonnenlichte nicht grün, sondern bleiben blass und bleich (Chlorose). Bei unvollständiger Ausbildung der Chlorophyllkörner hört aber auch die Assimilation in den Blättern oder die Bildung neuer organischer Bestandtheile und damit das weitere Wachstum der Pflanzen auf.

Bei dem so ausserordentlich geringen Bedarf der Pflanze an Eisen und der allgemeinen Verbreitung dieses Metalls im Boden ist diese Krankheitserscheinung bei Culturpflanzen wohl niemals zu befürchten. In jedem Acker- und Waldboden findet sich Eisen als Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat, dann als phosphorsaures Eisenoxyd und als wasserhaltiges Silikat in hinreichender Menge vor; die Aufnahme des Eisens in die Pflanze geschieht wahrscheinlich zum größten Theile in Form von phosphorsaurem Eisenoxyd.

Ein fast treuer Begleiter des Eisens ist das Mangan, ein Metall, das auch in keinem Boden fehlt. Selbst im Pflanzenkörper kommt Mangan neben Eisen zwar oft nur spurenweise, bisweilen aber auch in auffallend grosser Menge vor; so z. B. fand Fresenius in der Asche der Buchenblätter 11,2 Manganoxydoxydul, dafür aber nur 1% Eisenoxyd; in der Asche von Eichenblättern fand Neubauer von ersterem 6,6% von Eisenoxyd nur 1,2%, Böttinger fand in der Holzasche der Lärche 13,5% Manganoxydoxydul und 4,2 Eisenoxyd, in einer Kiefernholzasche 18,2% Manganoxydoxydul und 3,5% Eisenoxyd.

Leclerc fand in der Asche der Tanne	4,50	%	Manganoxyd
„ Eiche	1,48	„	„
„ Buche	5,30	„	„
„ Weissbuche	7,45	„	„
„ Birke	2,98	„	„
„ Linde	3,74	„	„
„ Ahorn	0,38	„	„
„ Erle	1,96	„	„
„ Ulma	0,14	„	„
„ Aspe	0,63	„	„
„ Pin. marit.	0,325	„	„

(Jahresb. d. Agrikulturchem. 13 bis 15. Jahrg. 1. Bd. S. 48).

Schröder hat in der Asche des Holzes einer 100-jährigen Fichte folgende beträchtliche Mengen von Manganoxydoxydul nachgewiesen:

im Stammholz unten	22,4	%	, am Gipfel	25	%
in der Stammrinde unten	12,9	„ „	„	13,4	„
in den stärkeren Aesten mit Rinde	14,7	„			
in den schwächeren Aesten mit Rinde	9,04	„			
in den Nadeln	8,16	„ ¹⁾			

Selbst in Streusorten kommt Mangan oft in nicht unbeträchtlicher Menge vor, wir fanden es bei unseren zahlreichen Untersuchungen vorzugsweise in Fichten- und Kiefernnadeln, während das Buchenlaub oft nur Spuren davon enthielt.

Trotz dieses häufigen und ziemlich reichlichen Vorkommens von Mangan in wohl allen Waldbäumen muss man bis jetzt wenigstens dasselbe zu den unwesentlichen oder zufälligen Pflanzenbestandtheilen rechnen, denn es fehlen noch alle Beweise für die Unentbehrlichkeit dieses Elements im Pflanzenleben. Mangan kann daher nicht zu den nothwendigen Nährstoffen gezählt werden.

f. Phosphorsäure.

Unter den einzelnen Aschenbestandtheilen der Pflanzen verdient die Phosphorsäure unsere Aufmerksamkeit in erster Linie, denn sie nimmt grossen Antheil am Aufbau des Körpers aller Pflanzen und insbesondere an der Bildung gewisser organischer Pflanzenprodukte. Um so beachtenswerther ist, dass sie selbst in den fruchtbarsten Böden verhältnissmässig sehr sparsam vertreten ist, so dass leicht Mangel an diesem wichtigen Pflanzennährstoff eintreten kann. In einem Boden, der Kali, Kalk, Magnesia und alle anderen Pflanzennährmittel enthält, aber frei ist von Phosphorsäure (Phosphaten), ist eine Vegetation unmöglich, und die Ursache der Unfruchtbarkeit vieler Böden liegt darin, dass sie zu arm an Phosphaten sind.

Vertheilung der Phosphorsäure in den einzelnen Organen der Bäume.

Phosphorsäure findet sich im ganzen Pflanzenkörper und bildet sogar einen Bestandtheil jeder Zelle; man kann deshalb auch in den Waldbäumen diesen Mineralstoff von der äussersten Wurzelspitze bis zur äussersten Blattspitze nachweisen, doch ist die

¹⁾ „Tharander forstl. Jahrbuch“. 24. Bd. 4. Heft S. 274.

Vertheilung derselben in den einzelnen Organen derselben sehr ungleich und verschieden. Im Allgemeinen haben wir die Phosphorsäure in grösserer Menge in jenen Organen zu suchen, die sich durch regen Lebensprocess und Stoffwechsel auszeichnen; die jungen noch in voller Entwicklung stehenden Pflanzen und Pflanzentheile (die jüngsten Blätter, junges Gras, junge Saat) sind deshalb stets viel phosphorsäurereicher, als dieselben Pflanzentheile im höheren Alter; ebenso ist in den jüngeren und schwächeren Theilen der Bäume der Phosphorsäuregehalt procentisch viel grösser, als in den älteren und stärkeren Theilen. Am phosphorsäurereichsten sind im Herbste die Samen der Bäume, dann folgen die grünen Blätter und Nadeln, hierauf die Rinde und zuletzt erst das Holz. Für die Blattorgane ist aber charakteristisch, dass ihr Phosphorsäuregehalt in den verschiedenen Altersperioden grossen Schwankungen unterworfen ist. Schon früher wurde erwähnt, dass sie um so mehr Phosphorsäure enthalten, je jünger sie sind und dass der Phosphorsäuregehalt sich um so mehr vermindert, je älter sie werden. Kurz nach ihrer Entwicklung im Frühjahr sind sie phosphorsäurereicher als die Samen, vor ihrem Abfall im Herbst sind sie dagegen phosphorsäurearm. Ebenso wurde früher auf Seite 14 schon nachgewiesen, dass alle anderen von den Waldbäumen zur Streu gelieferten abgestorbenen Materialien (das abgefallene dürre Reisigholz oder Leseholz, die abgelösten Borkenschuppen der Rinde) sogar noch phosphorsäure- und kaliärmer sind, als die Blätter und Nadeln. Entsprechend dem höheren Alter und dem grösseren Durchmesser findet sich im berindeten Stammholz procentisch weniger Phosphorsäure, als im Prügelholz, und in diesem weniger als im Ast- und Reisigholz. Im Stammholze nimmt der Phosphorsäuregehalt vom Kern gegen die jüngeren Theile (Splint und Cambium) zu, ebenso ist in der Rinde eine Zunahme von der älteren Borke nach den inneren, jüngeren Rindenschichten bemerkbar. Entsprechend diesem allgemeinen Gesetze ist auch die Rinde der jüngeren Zweige und Aeste procentisch viel reicher, als die ältere Stammrinde, ebenso enthalten die jungen Baumzweige im Frühjahr weit mehr Phosphorsäure als im Herbst.

Die gesammte Phosphorsäuremenge, welche in einer im Mai gefällten 100-jährigen Fichte enthalten war, vertheilt sich nach den Untersuchungen Schröder's auf die einzelnen Theile des Baumes in folgender Weise:

Auf das Stammholz incl. Gipfel kommen	9,7 %	Phosphors.
„ die Stammrinde incl. Gipfel	19,0	„ „

Auf die stärkeren Aeste über 1 Ctm. mit Rinde kommen	6,0 %	Phosphors.
„ die schwächeren Aeste unter 1 Ctm. mit Rinde kommen	14,0	„ „
„ die Nadeln kommen	51,3	„ „

Bedeutung der Phosphorsäure für das Pflanzenleben.

Unter den mineralischen Nährmitteln der Pflanze ist für den Praktiker keines von so grosser Bedeutung, als die Phosphorsäure, weil sie einerseits von allen Culturgewächsen in grösserer oder geringerer Menge aus dem Boden aufgenommen wird, andererseits aber von allen mineralischen Pflanzennährstoffen im Boden in der Regel in geringster Menge vorkommt. Sowohl die Quantität, als die Qualität der Ernteprodukte, speciell der Getreidekörner, ist bis zu einem gewissen Grade von dem Phosphorsäuregehalte des Bodens abhängig, weshalb im Allgemeinen der Phosphorsäuregehalt als Maassstab für die Fruchtbarkeit des Bodens dienen kann.

Dass die Phosphorsäure auch eine wichtige Rolle in der Forstcultur spielt, beweist einerseits die überaus üppige Baumvegetation auf allen phosphorsäurereichen Böden, z. B. den Basaltböden, andererseits aber auch die Thatsache, dass der Holztertrag in einer gewissen Beziehung zum Phosphorsäuregehalte des Bodens steht, was speziell für die Kiefernandböden von Schütze nachgewiesen wurde.

Den Antheil, welchen die Phosphorsäure an der Bildung der organischen Pflanzenbestandtheile und an dem Aufbau des gesammten Pflanzenkörpers nimmt, kennt man zwar bis jetzt noch nicht vollständig, aber so viel ist gewiss, dass die für die Ernährung des thierischen Körpers so wichtigen stickstoffhaltigen Eiweissstoffe oder Albuminate nur unter Mitwirkung einer gewissen Menge von Phosphorsäure erzeugt werden können. Man findet nämlich die Phosphorsäure im Pflanzenkörper stets in Gesellschaft von Eiweissstoffen und sie häuft sich in jenen Theilen der Pflanzen am reichlichsten an, die sich durch grösseren Stickstoff- oder Proteinstoffgehalt auszeichnen, wie z. B. in den Getreidekörnern, den Hülsenfrüchten und anderen Samen. Dieses constante Beisammensein der Phosphorsäure und der Eiweissstoffe erklärt sich aus neueren Untersuchungen von Ritthausen, der nachgewiesen hat, dass die Eiweisskörper oder Albuminate in den Pflanzen als Verbindungen mit Phosphorsäure zu betrachten sind, dass also die Phosphorsäure zu ihrer Zusammensetzung gehört. Phosphorsäure (wahrscheinlich in Verbindung mit Kali) begleitet auch die Eiweissstoffe auf ihren Wanderungen von einer Zelle zur andern, beide Stoffe sind überhaupt so unzer trennlich, dass in der Regel mit der Zu- oder Abnahme des einen auch der

andere steigt oder fällt. Aus allen älteren, abgestorbenen Pflanzengeweben wandern die Proteinstoffe mit der Phosphorsäure (und dem Kali) zum grössten Theile aus und gehen in die jüngeren Theile über; so z. B. treten sie aus den älteren Holzlagen und aus den äussersten abgestorbenen Rindenschichten in die jüngeren Holz- und Rindenschichten über, aus den absterbenden Blättern, Aesten und Zweigen gehen sie zum grössten Theile in den Stamm zurück, ein Vorgang, der schon in einem früheren Kapitel näher besprochen wurde. Die jungen Pflanzen geben immer Aschen, die reich sind an Phosphorsäure. Beim Reifen der Samen oder Früchte, zu deren Bildung die Phosphorsäure vorzugsweise verwendet wird, geht ein grosser Theil der Phosphorsäure und der Proteinstoffe aus dem Stengel, aus den Blättern in die Samen über. Dadurch erklärt sich, warum die Getreidehalme, das Wiesengras, der Klee etc. vor der Blüthe und Samenreife viel phosphorsäure- und proteinstoffreicher sind, also auch einen grösseren Futterwerth haben, als nach der Blüthe ¹⁾. Obgleich unsere Kenntnisse über die physiologischen Funktionen der Phosphorsäure in den Pflanzen noch immer mangelhaft sind, so geht doch aus dem Gesagten hervor, dass sowohl die landwirtschaftlichen Culturpflanzen, als auch die Wald-bäume nur dann kräftig sich entwickeln können, wenn der Phosphorsäuregehalt des Bodens ihrem Bedarfe entspricht und dass namentlich ein reichlicher Samen-ertrag, eine üppige Blattbildung und Holzerzeugung nur dann erwartet werden kann, wenn der Boden nicht zu arm an Phosphorsäure ist ²⁾.

¹⁾ Die Pflanzen versehen auch die Thiere und Menschen mit phosphorsauren Salzen, die zum Aufbau ihres Körpers ebenso nothwendig sind, wie zum Wachsthum des Pflanzenkörpers, indem sie einen wesentlichen Bestandtheil der Knochen, der Zähne, des Blutes, der Milch, des Muskelsaftes u. s. w. bilden. Die Knochen der Menschen u. Thiere enthalten ca. 25 % Phosphorsäure, und ein erwachsener Mensch hat in seinem etwa 9 bis 12 Pfd. betragenden Knochengerüste $2\frac{1}{4}$ bis 3 Pfd. Phosphorsäure, die an Kalkerde gebunden ist. In letzter Linie stammt diese Phosphorsäure immer von den vegetabilischen Stoffen, die den Menschen und Thieren zur Ernährung dienen. Fehlt es im Futter eines Thieres an dem nöthigen Quantum Phosphorsäure, so muss nothwendigerweise die Ausbildung des Knochengerüsts zurückbleiben. Da nun das Geweih der Hirsche, Rehe aus denselben Bestandtheilen besteht, wie die Knochen, so braucht ein Hirsch zur Bildung seines 12 bis 14 Pfd. schweren Geweihes von Monat März an bis zum Juni oder Juli fast noch mehr Phosphorsäure als in einem Menschenskelett enthalten ist. Die Liebhaberei, welche diese Thiere für phosphorsäurereiche vegetabilische Stoffe (wie junge Saaten, junge Triebe, junge Blätter, für Getreidekörner) haben, ist sonach sehr natürlich.

²⁾ Aus einem reichlichen Samen-ertrag können wir immer auf einen grösseren Phosphorsäuregehalt des Bodens schliessen.

Phosphorsäuregehalt des Acker- und Waldbodens.

Weder in der Pflanze, noch im Acker- und Waldboden findet sich die Phosphorsäure in freiem Zustande, sondern sie kommt stets in der Natur in Verbindung mit Basen, also in Form phosphorsaurer Salze oder Phosphate vor. Im Boden ist die Phosphorsäure wohl zum grössten Theil an Thonerde und Eisenoxyd gebunden, ein Theil auch an Magnesia und Ammoniak, oder an Kalkerde. Alle diese Verbindungen (Phosphate) sind in reinem Wasser unlöslich oder sehr schwer löslich und gehen im Boden nur mit Hülfe der Humussubstanzen und der aus ihnen erzeugten Kohlensäure, oder durch Einwirkung gewisser Salze, wie salpeters. Salze, Ammoniaksalze, Kochsalz in Lösung über. — Im Vergleich zu den anderen mineralischen Pflanzennährstoffen kommt Phosphorsäure nur in sehr geringer Menge im Boden vor, denn selbst die allerfruchtbarsten Bodenarten Deutschlands enthalten kaum $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ ‰; bei Böden von mittlerer Fruchtbarkeit sinkt der Phosphorsäuregehalt bis auf $\frac{1}{10}$ ‰ (in 1000 Gewichtstheilen Erde also nur 1 Gewichtstheil Phosphorsäure), häufig finden sich in den Böden aber nur 0,05 ‰ Phosphorsäure (also in 2000 Gewichtstheilen Erde nur 1 Gewichtstheil Phosphorsäure), und der Haidesand in Norddeutschland, Dänemark, Belgien beherbergt sogar nur auf 10000 Gewichtstheilen Erde 1 Gewichtstheil Phosphorsäure oder 0,01 ‰. Ein guter normaler Weizenboden sollte ein Minimum von 0,1 bis 0,2 ‰ Phosphorsäure besitzen¹⁾. Nach den Analysen von Beyer wechselte in 8 verschiedenen Bodenarten Württembergs der Phosphorsäuregehalt von 0,043 ‰ (Kiesalkalkboden) bis 0,309 ‰ (Muschelkalkboden); Prof. Wolff fand in den Verwitterungsprodukten des oberen dolomitischen Muschelkalks, wie des grobsandigen Liaskalkes von Ellwangen die sehr bedeutenden Phosphorsäuremengen von 0,418—0,511 ‰; die guten Weinbergsböden Unterfrankens enthalten nach A. Hilger 0,32 bis 0,72 ‰ Phosphorsäure; Bretschneider untersuchte 37 verschiedene Böden von Schlesien und fand im Mittel einen Phosphorsäuregehalt von 0,1 ‰, die Schwankungen bewegten sich zwischen 0,026 und 0,262 ‰²⁾.

¹⁾ Die thonreichen Bodenarten sind in der Regel phosphorsäurereicher als die thonarmen; ebenso ist mit der Zunahme des Thongehaltes meistens auch eine Zunahme an Kali (also grössere Fruchtbarkeit) zu erwarten.

²⁾ Selbst wenn der Phosphorsäuregehalt eines Bodens nur $\frac{1}{10}$ ‰ beträgt, berechnen sich doch pro Morgen bis zur Tiefe von 1 Fuss schon beträchtliche Quantitäten. Nimmt man das Gewicht eines preuss. Cubikfusses Boden zu 100 Pfd. an,

Schütze analysirte sechs verschiedene Waldböden (Sandböden der Mark) und fand

in den Kiefernböden	I. Klasse	durchschnittlich	0,050 %	Phosphorsäure,
„ „ „	II. „	„	0,057	„
„ „ „	III. „	„	0,046	„
„ „ „	IV. „	„	0,039	„
„ „ „	V. „	„	0,030	„
„ „ „	VI. „	„	0,024	„

Wir sehen aus dieser Zusammenstellung, dass die Böden der besseren Ertragsklassen reicher an Phosphorsäure sind als die der schlechteren, und es bestätigt sich durch diese Untersuchungen, dass auch in der Forstwirthschaft das Ertragsvermögen eines Bodens bis zu einem gewissen Grade von dem Gehalt desselben an Phosphaten abhängt. Bedeutend reicher an Phosphorsäure zeigte sich ein Kiefernboden aus dem Forstbezirk Kloster Heilsbronn bei Ansbach, in welchem L. Rössler 0,261 % Phosphorsäure fand; ein guter Weizenboden bei Weihestephan enthielt nach Zöllner 0,290 %, ein anderer bei Bogenhausen 0,129 % Phosphorsäure.

Vergleicht man den Phosphorsäuregehalt unserer meisten Culturböden mit den Anforderungen, welche die landwirthschaftlichen Nutzpflanzen an diesen Mineralnährstoff machen, so gelangt man zu dem Resultate, dass dieselben im Grossen und Ganzen zu wenig Phosphorsäure enthalten, um den höchsten Ertrag liefern zu können. Dem entsprechend lehrt auch die Erfahrung, dass sich in den meisten Böden bei ungenügendem Ersatz unter allen Aschenbestandtheilen zuerst ein Mangel an Phosphorsäure fühlbar macht. Dadurch erklärt sich, warum selbst der beste Ackerboden in der Regel sich sehr dankbar erweist für eine Zufuhr von phosphorsäurereichem Dünger: es werden die Ernten nicht nur grösser, sondern es gewinnen in den meisten Fällen die Produkte auch an Qualität, das Getreide wird schwerer, die Kartoffeln stärkmehltreicher u. s. w. Der Werth des Düngers hängt deshalb nicht bloss von seinem Stickstoff- oder

so berechnet sich für die 12 Zoll tiefe, gelockerte Krume eines Morgens ein Gewicht von 2,292,000 Pfunden. Der Phosphorsäuregehalt eines Morgens würde hiernach betragen:

bei einem Minimalgehalt von	0,026 %	673 Pfd. Phosphorsäure,
„ „ Maximalgehalt	„ 0,262 %	6791 „ „
„ „ Mittelgehalt	„ 0,10 %	2682 „ „

(„Jahresbericht für Agrikulturchemie.“ XIII – XV. Jahrg. I. Bd. S. 46.)

Ammoniakgehalt, sondern namentlich auch vom Phosphorsäure- und Kaligehalt ab und zwar kann man den Düngerwerth eines Pfundes löslicher Phosphorsäure zu 40 Pfennigen annehmen.

Ohne Zweifel geht die Phosphorsäure aus dem Boden in Form verschiedener phosphorsaurer Salze in die Pflanze über, die in der Feinerde absorbiert, d. h. in sehr fein zertheiltem Zustande enthalten sind und erst in Berührung mit den feinen Wurzelenden in Lösung übergehen und von den Pflanzen aufgenommen werden. Die sogenannte Absorptionsfähigkeit des Bodens verhindert nämlich, dass Phosphate im Bodenwasser in grösserer Menge gelöst vorkommen können, denn sobald dieselben durch Vermittlung der Kohlensäure (oder salpetersaurer Salze, Ammoniaksalze u. s. w.) in der Bodenflüssigkeit gelöst sind, bindet oder absorbiert die Feinerde des Bodens den grössten Theil der gelösten Phosphorsäure. Diese „absorbierte Phosphorsäure“ kann durch die Thätigkeit der Wurzeln unmittelbar von den Pflanzen aufgenommen werden und ist für sich so schwer in Wasser löslich, dass selbst heftige Regengüsse nicht im Stande sind, dieselbe aus dem Boden auszuwaschen.

Phosphorsäuregehalt der Gebirgsarten.

Die Thatsache, dass keine Ackererde, aber auch kein Waldboden absolut frei von Phosphaten ist, erklärt sich aus dem Umstande, dass alle Gesteins- und Felsarten, welche das Material zur Bodenbildung liefern, geringe Quantitäten von phosphorsaurem Kalk enthalten, doch wechselt der Phosphorsäuregehalt nach der Natur des Gesteins sehr bedeutend. Das phosphorsäurereichste in der Natur vorkommende Mineral ist der Apatit, der 89—92 % phosphorsauren Kalk enthält und an manchen Orten, wie z. B. bei Amberg, im Lahnthale u. s. w., in so grosser Menge vorkommt, dass er sogar bergmännisch gewonnen und unter dem Namen Phosphorit als Düngemittel in den Handel gebracht wird. Ganz allgemein kommt aber auch Apatit als Gemengtheil der verschiedensten Felsmassen in grösserer oder geringerer Menge vor. Seitdem namentlich das Mikroskop zur Untersuchung der Felsarten und zur Ermittlung ihrer Bestandtheile Anwendung findet, hat man erkannt, dass Apatit ein sehr verbreiteter Gemengtheil der Eruptivgesteine (des Granits, Syenits, Diorits, Diabas, Melaphyrs, dann namentlich des Basalts, der Laven etc.) ist. Ebenso hat man aber auch Phosphorsäure in den krystallinischen Schiefergesteinen, wie im Gneiss, Glimmerschiefer, dann in den Sedimentär-

gesteinen, wie in den Kalksteinen, Mergelarten, Dolomiten, Sandsteinen, Thonschiefern u. s. w. nachgewiesen, allerdings oft nur spurenweise ¹⁾. Folgende Zusammenstellung gewährt einen Ueberblick über den Phosphorsäuregehalt der wichtigsten Gesteinsarten:

Der Phosphorsäuregehalt beträgt:

- 30—40 % im Apatit, Phosphorit, Bakerguano, Sombroguano,
- 15—30 % in gewissen Koprolithen (versteinerten Excrementen urweltlicher Reptilien),
- 10—20 % in der Blau eisenerde aus Moorlagern in Oldenburg und Ostpreussen, in gewissen Mergelschichten aus der Kreide,
- 4—9 % in verschiedenen Gesteinen des von Gaultschichten durchsetzten Gebirges im West-Allgäu (Fleischmann),
- 3—7 % in Koprolithen aus Böhmen, Grünsandstein aus England und Westphalen, Augit des Kaiserstuhls,
- 1,5—3 % in bituminösen Schiefen aus Böhmen, im Granulit, gewissen Feldspathen, Laven vom Vesuv,
- 1,0—1,5 % im Melaphyr, Schalstein, Mergel, Zechstein,
- 0,5—1,0 % in vielen Graniten, Granuliten, im Gneiss, Basalt, Dolerit, Porphy, in Kalksteinen, Kreide, Mergel, Thonen, Sandsteinen, im Röth aus der Buntsandsteinformation in Unterfranken (Hilger, Nies),
- 0,2—0,3 % in den Lösablagerungen Unterfrankens (Hilger), in einzelnen Gesteinen aus dem Allgäu.

Phosphorsäurebedarf der forst- und landwirthschaftlichen Culturgewächse.

Da phosphorsaure Salze im Boden in der Regel ohnehin nur in geringer Menge enthalten sind, und sowohl durch die Forstprodukte, als auch mit den Ernten des Landwirthes eine bestimmte Quantität von Phosphaten dem Boden entzogen wird, so kann durch die Ausfuhr dieser Produkte bei schlechter Wirthschaftsführung in Folge des

¹⁾ Dass im Boden die Phosphorsäure nicht nur an Kalk, sondern vorzugsweise an Thonerde, Eisenoxyd, Magnesia und Ammoniak gebunden ist, rührt davon her, dass der phosphorsaure Kalk (Apatit), sobald er im kohlensäurehaltigen Bodenwasser gelöst ist, durch Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat zersetzt und in die betreffenden phosphorsauren Salze umgewandelt wird.

Phosphorsäureverlustes sehr leicht eine Bodenverarmung eintreten. Es ist daher für den praktischen Forst- und Landwirth von besonderem Interesse, die Phosphorsäurequantitäten wenigstens annähernd kennen zu lernen, welche die verschiedenen Culturpflanzen zu ihrer Entwicklung jährlich nothwendig haben, weil der Wirthschafter damit zugleich auch erfährt, wie viel Phosphorsäure der Boden durch den Anbau von Culturpflanzen alljährlich verliert, und weil er daraus schliessen kann, welche Maasregeln zu ergreifen sind, um einer allmählichen Erschöpfung des Bodens an Phosphaten vorzubeugen. Wie verschieden der Phosphorsäuregehalt der landwirthschaftlichen Ernteprodukte ist, kann aus folgender Zusammenstellung entnommen werden:

In 1000 Gewichtstheilen (= 1 Kilogramm) der nachstehenden vollkommen trockenen Pflanzen und Pflanzentheile sind im Mittel enthalten Gramm Phosphorsäure:

Wiesenheu	4,82 Grm.	Stroh von Winterweizen .	2,58 Grm.
Alpenheu	3,28 "	" " Winterroggen .	2,46 "
Süssgräser überhaupt . .	5,92 "	" " Winterdinkel .	2,99 "
Saure oder Riedgräser .	5,33 "	" " Gerste	2,15 "
Ganz junger Rothklee .	12,11 "	" " Hafer	2,20 "
Rothklee in der Blüthe .	6,74 "	Kartoffelknollen	6,53 "
Rothklee in der Reife .	5,17 "	do. Kraut	6,77 "
Luzerne in der Blüthe .	6,57 "	Erbsenkörner	9,95 "
Esparsette	5,47 "	do. Stroh	4,13 "
Körner von Winterweizen	9,26 "	Gartenbohnen (Körner) .	11,44 "
" " Winterroggen	9,81 "	do. Stroh	4,57 "
" " Dinkel mit		Zuckerrüben	4,24 "
Spelzen .	8,86 "	do. Kraut	12,13 "
" " Sommergerste	9,02 "	Hopfen, ganze Pflanze .	8,69 "
" " Hafer	7,23 "	do. Dolden	12,70 "
" " Weizenkleie .	31,59 "	Tabaksblätter	5,82 "
" " Roggenkleie .	39,39 "		

Der Phosphorsäuregehalt des Holzes, der Rinde, der Blätter und Samen unserer verschiedenen Waldbäume ist aus den Tabellen pag. 110 f. f. zu ersehen.

Eine richtigere und bessere Anschauung über den Phosphorsäurebedarf der Culturgewächse erhalten wir aus der Tab. pag. 118, in welcher die Phos-

phosphorsäurequantitäten berechnet wurden, die unsere verbreitetsten Holzarten und die wichtigsten landwirtschaftlichen Culturgewächse pro Hektar zu ihrem Wachsthum alljährlich nothwendig haben. Es geht daraus hervor, dass die verschiedenen Holzbestände an die Phosphate des Bodens weit geringere Ansprüche machen, als die Culturpflanzen des Landwirths und dass deshalb auch der Wald mit phosphorsäureärmerem Boden vorlieb nimmt. Unter den verschiedenen Holzbeständen braucht der Buchenwald zur Produktion seiner gesammten organischen Substanz (Holz und Blätter) am meisten Phosphorsäure; der Bedarf an diesem Nährmittel ist fast eben so gross, wie der Kalibedarf. Die Ansprüche des Fichtenwaldes sind dagegen ca. 1,7 mal und die des Kiefernwaldes sogar 2,8 mal geringer, als jene des Buchenwaldes. Wesentlich kleiner wird der alljährliche Phosphorsäureverlust des Bodens, wenn man dem Walde die abfallenden Blätter und Nadeln (die Streudecke) nicht entzieht, also nur jene Phosphorsäuremengen in Rechnung bringt, welche der Wald zu seiner jährlichen Holzproduktion nöthig hat. Durch den jährlichen Streuanfall wird dem Waldboden so viel Phosphorsäure zurückgegeben, dass in Folge dessen der Bedarf

eines Buchenwaldes 3,6 mal
 eines Fichtenwaldes 4,4 mal
 eines Kiefernwaldes 3,4 mal

geringer wird.

Vergleicht man bezüglich des Phosphorsäurebedarfes die Ansprüche der Wälder mit jenen der Ackergewächse, so ergibt sich, dass

a. der Buchenhochwald pro Hektar jährlich zu seinem Wachsthum (Holz- und Streuproduktion) ca. 2,7 mal weniger Phosphorsäure bedarf als ein gleich grosses Kartoffelfeld,

2,3 mal weniger als ein Kleefeld,
 2,0 " " " " Erbsenfeld,
 1,8 " " " eine Wiesenfläche,
 1,6 " " " ein Weizenfeld.

b. Der Fichtenwald braucht alljährlich pr. Hektar

4,6 mal weniger als ein Kartoffelfeld von gleicher Grösse,
 4,0 " " " " Kleefeld " " "
 3,4 " " " " Erbsenfeld " " "
 3,0 " " " eine Wiesenfläche " " "
 2,7 " " " ein Weizenfeld " " "

c. Der Kiefernwald braucht alljährlich pr. Hektar

7,6	mal weniger als ein Kartoffelfeld von gleicher Grösse,
6,6	„ „ „ „ Kleefeld „ „ „
5,7	„ „ „ „ Erbsenfeld „ „ „
5,0	„ „ „ „ eine Wiesenfläche „ „ „
4,5	„ „ „ „ ein Weizenfeld „ „ „

Wir ersehen daraus, dass durch den forstlichen Betrieb dem Boden selbst dann weniger Phosphorsäure entzogen wird, als durch die Ernten des Landwirths, wenn man dem Walde alle seine jährlichen Abfälle entziehen würde; aber zugleich geht aus dieser Zusammenstellung hervor, dass bei einer derartigen Wirthschaft der Forstmann ebenso wie der Landwirth gezwungen wäre, den Boden von Zeit zu Zeit zu düngen, um ihm wieder die Phosphorsäure zurückzugeben, welche durch die Forstprodukte demselben entzogen wurden. Geschähe dieser Ersatz nicht; so müsste der Waldboden ähnlich wie der Ackerboden nach verhältnissmässig kurzer Zeit an Phosphaten erschöpft sein.

Für die Erhaltung der Fruchtbarkeit der Waldböden ist es aber viel besser, wenn ein Entzug der Phosphorsäure durch die Streunutzung nicht stattfindet, der Boden also nur jene Phosphorsäuremengen verliert, welche zur jährlichen Holzproduktion erforderlich sind. In diesem Falle ist der jährliche Phosphorsäure-Verlust des Waldbodens viel kleiner als der des Ackerbodens und zwar

im Buchenhochwald	im Fichtenwald	im Kiefernwald	
12,6	25,0	33,9	mal geringer als beim Kartoffelfeld,
10,9	21,6	29,2	„ „ „ „ Kleefeld,
9,5	18,7	25,3	„ „ „ „ Erbsenfeld,
8,3	16,3	22,1	„ „ „ „ bei einer Wiesenfläche,
7,5	14,8	20,0	„ „ „ „ beim Weizenfeld.

Durch diese Zahlen drückt sich der Werth der Streudecke für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit deutlicher aus, als durch umfangreiche Erörterungen. Dieser verhältnissmässig geringe Phosphorsäureverlust des Waldbodens, welchen er durch die Holzproduktion erleidet, kann wieder ersetzt werden durch die fortschreitende Verwitterung und Aufschliessung der mineralischen Bodenbestandtheile, um so mehr, als die Bäume mit ihren weitverzweigten und tiefgehenden Wurzeln auch die geringsten Phosphorsäurequantitäten in den verschiedensten Theilen des Bodens zu sammeln vermögen.

Welchen Einfluss die Beschaffenheit der Holzsortimente auf den Phosphorsäureverlust des Bodens haben, geht daraus hervor, dass

durch einen Festmeter	Buchenscheitholz	385	Grm. Phosphorsäure.
„ „ „	Buchenprügelholz	980	„ „
„ „ „	Buchenreisigholz	1458	„ „
„ „ „	Lärchenscheitholz	112	„ „
„ „ „	Fichtenscheitholz	56	„ „
„ „ „	Fichtenprügelholz	158	„ „
„ „ „	Fichtenreisigholz	956	„ „
„ „ „	Kieferscheitholz	69	„ „
„ „ „	Kiefernprügelholz	97	„ „
„ „ „	Kiefernreisigholz	626	„ „

entzogen werden.

Je mehr Prügel- und insbesondere Reisholz gegenüber von Scheitholz gewonnen und ausgeführt wird, desto grösser ist demnach der Phosphorsäureverlust des Bodens. Es folgt daraus, dass durch den Hochwaldbetrieb der Boden mehr geschont wird, als durch den Mittelwaldbetrieb, und dass durch den Niederwaldbetrieb eine Bodenverarmung viel leichter herbeigeführt wird, als durch irgend eine andere forstliche Betriebsart.

Phosphorsäuregehalt der Streumaterialien.

Phosphorsäure ist jedenfalls der werthvollste mineralische Bestandtheil der Streumaterialien und bedingt neben dem Stickstoffgehalt vorzugsweise den Düngerwerth derselben; erst in zweiter

Linie folgt das Kali. Wir haben auf den Rückersatz der Phosphorsäure durch den Streuanfall um so grösseres Gewicht zu legen, als die meisten Waldböden an und für sich arm an Phosphorsäure sind und dieselbe in der Regel den in geringster Menge im Boden vorhandenen Nährstoff bildet, der Holztrag aber, wie nachgewiesen wurde, in einer bestimmten Beziehung zum Phosphorsäuregehalt des Bodens steht. Ebenso ist uns aus früheren Darstellungen bekannt, dass insbesondere die jungen Waldpflanzen zu ihrer kräftigen Entwicklung verhältnissmässig viel Phosphorsäure (und Kali) bedürfen. Findet keine Streunutzung statt, so wird der grösste Theil der Phosphorsäure und des Kali's, welche die Waldbäume vermittelst ihrer tiefstreichenden Wurzeln aus dem Untergrunde geschöpft haben, mit den Abfällen auf den Boden gestreut und

dadurch die obere Bodenschichte auf Kosten des Untergrundes gedüngt. In einem solchen vorbereiteten Boden werden die Pflanzen einer verjüngten Waldfläche hinreichende Nahrung in aufnehmbarer Form vorfinden, während dagegen bei steter Ausfuhr von Streu und damit auch von Phosphaten, namentlich in an Phosphorsäure armen Böden, leicht eine Erschöpfung eintritt und jedenfalls der Holzertrag geschmälert wird.

Dass der Wald durch Streunutzung mehr Phosphorsäure verliert, als man häufig annimmt, geht aus unseren zahlreichen Untersuchungen hervor (vergl. Tabelle V. im Anhang und die Zusammenstellung des Phosphorsäuregehaltes der Streumaterialien auf Seite 109). Wenn auch für die Blätter und Nadeln charakteristisch ist, dass ihr Phosphorsäuregehalt mit dem Alter sich mehr und mehr vermindert, indem die Phosphorsäure gegen den Herbst in den Stamm zurückkehrt, so bleiben häufig dennoch sehr bemerkenswerthe Quantitäten in den abgestorbenen und abgefallenen Blättern und Nadeln zurück. Je frühzeitiger im Herbst, z. B. durch plötzlich eingetretenen Frost, der Laubabfall stattfindet, desto phosphorsäurereicher sind im Allgemeinen die Abfälle. So fand z. B. Zöllner, dass das im November gefallene, trockene Buchenlaub in 1000 Theilen 1,24 Theile Phosphorsäure enthielt, während es im Oktober noch 3,47 Theile Phosphorsäure besass. Auch scheint bezüglich des Phosphorsäure-Gehaltes der Laubabfälle eine Verschiedenheit nach Jahrgängen resp. Witterungsverhältnissen stattzufinden. Von viel grösserem Einfluss sind aber jedenfalls die Standortverhältnisse, namentlich die Beschaffenheit des Bodens (sein Phosphorsäuregehalt), das Klima und die Lage über der Meeresoberfläche. Dadurch erklären sich die grossen Schwankungen des Phosphorsäuregehaltes der Streudecke, die bei einer und derselben Holzart vorkommen. Die grössten Differenzen fanden wir im Buchenlaub, das z. B. im Reviere Kipfenberg bei Eichstätt in 1000 Theilen nur 1,43 Theile Phosphorsäure enthielt, während im Buchenlaub des botanischen Gartens zu Aschaffenburg in derselben Quantität 5,83 Theile Phosphorsäure nachgewiesen wurden. Unbedeutender sind die Schwankungen in den übrigen Streusorten und am geringsten in den Kiefernnadeln, bei welchen sich als Minimum 0,76 Grm. und als Maximum 1,54 Grm. fanden.

Schon bei der Betrachtung des gesammten Aschengehaltes der Streumaterialien haben wir nachgewiesen, dass die Lage über der Meeresoberfläche darauf von Einfluss ist; unverkennbar tritt dieselbe Erscheinung auch bei dem Phosphorsäuregehalt auf, was aus folgender kleinen Zusammenstellung sich ergibt:

In 1000 Gewichtstheilen wasserfreier **Buohenlaubstreu** sind enthalten:

Revier (Oberförsterei).	Meereshöhe in Metern.	Phosphorsäure ¹⁾ Gramme.
Valepp	1040	1,77
Hohenau	810	1,85
Gefäll I.	810	1,89
Gefäll II.	„	2,01
Schernfeld	520	1,88
Breitenfurth	520	3,00
Rothenschuch	470	3,92
Ruppertshütten	420	4,53
Höchberg	315	3,32
Binsfeld	250	5,65
Achaffenburg (botanischer Garten)	130	5,85

In 1000 Gewichtstheilen wasserfreier **Fichtennadeln** sind enthalten:

Revier (Oberförsterei).	Meereshöhe in Metern.	Phosphorsäure Gramme.
Königssee	1110	1,35
Oberammergau	935	1,81
Krün	893	1,76
Hohenau	810	1,84
Ramsau	750	1,62
Unkenthal	730	1,89
Ottobeuren	715	1,94
Tussenhausen	670	2,27
Bischofsgrün	650	2,43
Rothkirchen	585	2,70
Altenbuch	550	3,19
Wallenfels	490	3,84

Rudolf Weber gelangte bei seinen Untersuchungen über grüne Lärchennadeln, die Mitte Oktober gesammelt waren, zu ähnlichen Resultaten.

¹⁾ Die Zahlen, durch welche der Phosphorsäuregehalt ausgedrückt ist, repräsentiren den Durchschnitt mehrerer Jahrgänge.

taten¹⁾, denn er fand, dass in 1000 Theilen wasserfreier Nadeln enthalten waren aus der Oberförsterei

St. Zeno (bayerische Alpen)	1068 Mtr. Meereshöhe	3,41 Grm.
do. II.	880 „ „	2,37 „
Schönau (bayerischer Wald)	735 „ „	3,78 „
Rothenbuch (Spessart)	476 „ „	8,84 „
Schönbusch (bei Aschaffenburg)	117 „ „	7,24 „

Aus diesen Angaben geht hervor, dass im grossen Durchschnitt der Phosphorsäuregehalt der Streumaterialien im Gebirge resp. in Hochlagen auch auf mineralisch kräftigem Boden im Allgemeinen geringer ist, als in Tieflagen²⁾; da wir früher schon nachgewiesen haben, dass ein ähnliches Verhältniss auch bei der Gesamtaschenmenge stattfindet, so dürfte darin vorzugsweise der Grund gesucht werden, warum z. B. die Grösse der Buchenblätter mit der Meereshöhe im Allgemeinen abnimmt (Vergl. S. 39), und warum demzufolge auch der Holzzuwachs mit der Erhebung über das Meer sich vermindert. Diese geringe Aufnahme von Phosphorsäure und anderen Mineralstoffen scheint also in direkter Beziehung zur Wärmeabnahme zu stehen. Hinsichtlich der Streufrage ist dieser Umstand insofern bemerkenswerth, als sich daraus ergibt, dass die Waldstreu im Hochgebirge im Allgemeinen einen geringeren Düngewerth haben muss, als an tief gelegenen Orten. Die Streunutzung wird daher in wärmeren und tieferen Lagen leichter eine allmähliche Bodenerschöpfung an Mineralstoffen und namentlich an Phosphorsäure herbeiführen, als an den kälteren hoch gelegenen Standorten.

Sehen wir von den Schwankungen des Phosphorsäuregehaltes ab und vergleichen die mittlere Phosphorsäuremenge der verschiedenen Streumaterialien unter sich, so weisen unsere Untersuchungen nach, dass von den gewöhnlichen Streusorten Buchen- und Eichenlaub am phosphorsäurereichsten sind, dann folgen die Waldmoose und Weisstannennadeln, hierauf die Fichtennadeln, dann die Lärchennadeln, zuletzt die Kiefernnadeln. Uebertroffen wird Buchen- und Eichenlaub hinsichtlich des Phosphorsäuregehaltes von den Farnkräutern und

¹⁾ Vergl. „Forst- und Jagdzeitung“. Novemberheft 1873. S. 372.

²⁾ Auch bei anderen Pflanzen, z. B. dem Wiesengras, kann man dieselbe Erscheinung wahrnehmen; denn nach Wolff's Zusammenstellung von Aschenanalysen (S. 167) sind in 1000 Theilen wasserfreiem Wiesenheu im Mittel 4,62 Gramm, im Alpenheu nur 3,28 Theile Phosphorsäure enthalten.

Binsen; dagegen ist das Stroh unserer Getreidearten etwas phosphorsäureärmer als Buchen-, Eichenlaub, Waldmoose und Weisstannennadeln, aber etwas phosphorsäurereicher als Fichten-, Lärchen- und Kiefernadeln; die Haide und das Haidekraut sind phosphorsäurearm und nähern sich den Kiefernadeln.

Nehmen wir das Gewicht einer starken zweispännigen Streufuhr zu durchschnittlich 15 Centner oder 750 Kilogramm an, so werden mit je einer Fuhr Streu folgende Phosphorsäuremengen dem Walde entzogen:

durch Buchenlaub	2,36 Kilo
„ Eichenlaub	2,25 „
„ Waldmoose	2,23 „
„ Weisstannennadeln	2,10 „
„ Fichtennadeln	1,61 „
„ Lärchennadeln	1,13 „
„ Kiefernadeln	0,87 „
„ Haide und Haidekraut	1,05 „

Diese Phosphorsäuremengen würden durchschnittlich für einen einjährigen Holzwuchs pro Hektar in den betreffenden Waldbeständen ausreichend sein, denn es sind dazu in Buchenbeständen . . . 2,87 Kilogr. Phosphorsäure

„ Fichtenbeständen	1,45 „	„
„ Kiefernbeständen	1,07 „	„

nothwendig. (Vergl. Seite 116.)

Die gesammte Phosphorsäuremenge, welche beim Abtriebe eines Waldes im geernteten Holzquantum enthalten ist, berechnet sich

in Buchenwäldern bei 120-jähriger Umtriebszeit auf ca. 345 Kilogramm	
„ Fichtenwäldern „ „ „ „ „ „ 174 „	
„ Kiefernwäldern „ 100 „ „ „ „ „ 107 „	

In der gesammten Streumenge, welche während eines solchen Turnus¹⁾ sich pro Hektar bildete, waren dagegen folgende Phosphorsäurequantitäten enthalten:

in Buchenbeständen	1045 Kilogr.
„ Fichtenbeständen	641 „
„ Kiefernbeständen	294 „

¹⁾ Bei dieser Berechnung wurden für jeden Turnus die ersten 20 Jahre, während deren die Streuproduktion eine verhältnissmässig geringe ist, nicht in Betracht gezogen.

Nehmen wir nun wieder an, dass während einer Umtriebszeit nur der vierte Theil der produzierten Streumenge aus den Wäldern entfernt wurde, so würden dadurch dem Boden pro Hektar folgende Phosphorsäurequantitäten entzogen worden sein:

in Buchenbeständen	261 Kilogr.
„ Fichtenbeständen	160 „
„ Kiefernbeständen	73 „

Diese Phosphorsäurequantitäten wären hinreichend gewesen, den gesammten Phosphorsäurebedarf des Waldes (zur Holz- und Blattbildung)

in Buchenbeständen auf	19,6 Jahre
„ Fichtenbeständen „	20,4 „
„ Kiefernbeständen „	15,4 „ zu decken.

Diese durch die angegebene Streunutzung dem Walde entzogenen Phosphorsäuremengen haben dagegen für den Ackerbau geringe Bedeutung, denn sie wären nur für folgende Anzahl von Durchschnittsernten pro Hektar ausreichend:

im Buchenlaub,	in Fichtennadeln,	in Kiefernadeln.	
für 7,2	für 4,4	für 2,0	Kartoffelernten
„ 8,3	„ 5,1	„ 2,3	Kleeheuernten
„ 9,6	„ 5,9	„ 2,7	Erbsenernten incl. Stroh
„ 11,0	„ 6,7	„ 3,1	Heuernten
„ 12,2	„ 7,4	„ 3,4	Weizenernten incl. Stroh.

Die Waldstreu ist demnach für den Landwirth ein schlechtes Ersatzmittel für die dem Ackerboden durch die Ernten entzogenen Phosphorsäuremengen; es stehen ihm zu diesem Zweck verschiedene Düngungsmittel zu Gebote, welche er mit viel grösserem Vortheil benutzen kann. Obenan steht:

Knochenmehl mit	20—25 %	Phosphorsäure	} am besten als Superphosphate mit Stalldünger angewandt.
Bakerguano ¹⁾ mit	34,8	„	
Sombrerogüano ²⁾ mit	35,0	„	
Nassauer Phosphorit mit	24	„	
Koprolithen (Excremente urweltlicher Thiere)	26	„	
Perugüano mit	13	„	, dann folgen
Gewöhnl. Stallmist (frisch) mit	0,21	„	(also $\frac{1}{4}$ %)
Gewöhnl. Stallmist (mässig verrottet) mit	0,26	„	

¹⁾ Guano, den man auf den Baker-Inseln findet.

²⁾ Phosphorit von der Insel Sombrero.

Menschliche feste Excremente (frisch)	1,09 %
Ausgelaugte Holzasche	6,0 „
Asche von Laubholz	6,5 „
„ „ Nadelholz	4,5 „

Wiesen, welche künstlich bewässert werden können oder natürlicher Ueberschwemmungen ausgesetzt sind, erhalten durch das Wasser, namentlich aber durch den Schlamm der Flüsse, Phosphorsäure zugeführt; je nach Beschaffenheit der Gebirge, in welchen die Flüsse ihren Ursprung haben oder welche von den Flüssen durchzogen werden, ist der Schlamm ärmer oder reicher an Phosphorsäure; so enthält nach vorliegenden Untersuchungen z. B. trockner Saalschlamm 0,27 % (Reichardt), lufttrockner Altmühlschlamm, 0,32 % (Bühler), der der Amper an der Mündung in den Ammersee 0,0223 %, lufttrockner Schlamm aus dem Fluss Chemnitz 0,19 %, Schlamm aus einem Teiche in Ostpreussen (Heiden) 1,45 %, trockener Isarschlamm bei München 0,08—0,16% Phosphorsäure (Hebberling).

Um 1 Centner Phosphorsäure auf das Feld zu bringen, müssten wir also entweder 4—5 Ctr. Knochenmehl oder 550 Ctr. frischen Stalldünger anwenden; wollte man dem Felde dieselbe Menge Phosphorsäure durch Waldstreu zuführen, so müsste man

318 Ctr. trockenes Buchenlaub	oder ca. 20	zweispännige Fuhren
466 „ „ Fichtennadeln	„ „ 30	„ „
861 „ „ Kiefernadeln	„ „ 57	„ „
837 „ „ Waldmoose	„ „ 22	„ „

verwenden.

g) Schwefelsäure.

Schwefelsäure gehört mit Natron, Eisen und Chlor zu jenen Mineralstoffen, welche in der Pflanze meistens nur in sehr geringer Menge vorkommen, aber in allen Pflanzenaschen nachgewiesen werden können. Fehlt es einem Boden an den nöthigen schwefelsauren Salzen oder Sulfaten, so kann das Wachstum einer Pflanze niemals normal sein, weil zur Produktion der organischen Substanzen eine gewisse Menge schwefelsaurer Salze durchaus nöthig ist.

Vertheilung derselben in den Waldbäumen.

Die grösste Anhäufung von Schwefelsäure resp. schwefelsauren Salzen findet in den Blättern und Nadeln statt, dann folgt die Rinde und am ärmsten daran ist das Holz. Bei seinen schon erwähnten Untersuchungen über die grünen Lärchennadeln im Herbst fand R. Weber, dass in den Nadeln der Hochgebirgslärchen der Schwefelsäuregehalt relativ am grössten sei und dass er constant mit der Meereshöhe abnimmt; ein ähnliches Resultat ergab sich für das Lärchenholz, in welchem zugleich eine Abnahme der Schwefelsäure vom Cambium aus gegen die Stammaxe nachgewiesen wurde.

In einer 100-jährigen Fichte vertheilte sich die gesammte Schwefelsäuremenge auf die einzelnen Theile in folgender Weisse (Schröder):

Auf das Stammholz kamen	9,4 %
„ das Gipfelstück desselben	0,7 „
„ die Stammrinde	20,3 „
„ die Rinde des Gipfelstückes	1,5 „
„ die Aeste über 1 Ctmtr. Durchm. mit Rinde	4,3 „
„ die Aeste unter 1 Ctmtr. Durchm. mit Rinde	11,4 „
„ die Nadeln	52,4 „

Bedeutung der Schwefelsäure für das Pflanzenleben.

Eine gewisse Quantität schwefelsaurer Salze ist für das Leben und das Wachsthum der Pflanze schon deshalb unentbehrlich, weil Schwefel einen integrirenden Bestandtheil der so wichtigen stickstoffhaltigen Eiweissstoffe, somit auch des Protoplasmas, bildet, und den Pflanzen aus den schwefelsauren Salzen geliefert wird, welche sie mit ihren Wurzeln aus dem Boden aufnehmen. Auch gibt es noch einige andere schwefelhaltige organische Verbindungen, die in gewissen Pflanzen vorkommen, wie z. B. die scharfen flüchtigen Oele in den Zwiebeln, im Senf, im Meerrettig, im Knoblauch, zu deren Bildung ebenfalls schwefelsaure Salze nothwendig sind. Uebrigens nehmen die Pflanzen mehr schwefelsaure Salze auf, als sie zur Bildung ihrer Eiweissstoffe nöthig haben; ob und welchen Antheil diese Salze bei anderen physiologischen Vorgängen im Pflanzenkörper nehmen, ist bis jetzt noch unbekannt.

Die Aufnahme der Schwefelsäure aus dem Boden geschieht in Form verschiedener schwefelsaurer Salze, wie schwefelsaures Kali und Ammoniak, schwe-

felsaure Magnesia, schwefelsaurer Kalk. Schwefelsaure Salze (Sulfate) sind aber in den meisten Böden (mit Ausnahme der Gypsböden) nur in sehr geringen Mengen vorhanden. Es sind jedoch die Ansprüche der Waldbäume an Schwefelsäure verhältnissmässig so gering, dass sie ohne Zweifel in jedem Boden genügende Quantitäten vorfinden. Die Anforderungen der landwirthschaftlichen Culturgewächse sind weit grösser und wohl mit Recht macht Hermann v. Liebig in der Zeitschrift des landwirthschaftl. Vereins für Bayern (Jahrgang 1872 S. 167) darauf aufmerksam, dass namentlich beim Anbau der Futtergewächse die schwefelsauren Salze im Allgemeinen mehr berücksichtigt werden sollten, indem sie in der Mehrzahl der Fälle in geringster Menge sich im Boden finden. Nach ihm ist es vorzugsweise die Schwefelsäure und erst in zweiter Linie der Kalk, welche, wo der Gyps überhaupt eine Wirkung auf Klee, Esparsette oder Luzerne ausübt, wirkt. Die schnelle Wirkung des Gypses auf den Klee versteht man erst, wenn man die Thatsache in's Auge fast, wie leicht der gelöste Gyps im Untergrund zu den tiefsten Wurzelspitzen gelangen kann¹⁾.

Schwefelsäuregehalt der Streumaterialien.

Als Bestandtheil der Streumaterialien hat die Schwefelsäure einen ganz untergeordneten Werth, weil sie in verhältnissmässig sehr geringer Menge vorkommt, so dass ihr Düngerwerth = 0 ist. Am reichsten daran ist Buchenlaub, das jedoch in 1000 Theilen im Mittel nur 1,09 Thl. Schwefelsäure enthält. In den Weisstannennadeln finden sich in dergleichen

Menge nur	0,93
in Fichtennadeln . .	0,70
„ Lärchennadeln . .	0,65
„ Kiefernadeln . .	0,53, dagegen in den
Waldmoosen im Mittel	1,65 Theile Schwefelsäure

Auf eine weitere Erörterung dieses Mineralbestandtheiles einzugehen ist unnöthig.

¹⁾ Die in vielen Fällen beobachtete Steigerung der Erträge an Klee beruht aber nicht blos auf den Bestandtheilen des Gypses, sondern auch darauf, dass der Gyps bis zu einer gewissen Tiefe auf die Ackerde eine chemische Wirkung ausübt, die darin besteht, dass gewisse Nährstoffe der Kleepflanze (absorbirtes Kali) löslich und verbreitbar gemacht werden, so dass die Wurzeln derselben auf einem gegypsten Felde mehr oder in leichter aufnehmbarem Zustande vorfinden, als in einem ungegypsten. (Vergl. Liebig, „Agriculturchemie“, IX. Aufl.)

h) Kieselsäure (Kieselerde).

Die Kieselsäure ist nach dem Sauerstoff auf der Erde der in grösster Menge vorhandene Körper. Bei dieser so überaus grossen Verbreitung der Kieselsäure im Boden kann es nicht auffallend sein, dass sie im gesammten Pflanzenreiche ganz allgemein verbreitet vorkommt und die Asche gewisser Pflanzen häufig sogar zum grössten Theil daraus besteht. Der Kieselsäuregehalt in den verschiedenen Pflanzenaschen wechselt zwischen 1 und 70 Procenten. Von den niedersten chlorophyllhaltigen Pflanzen, die sehr kieselsäurereich sind, wählen wir als Beispiel jene einzelligen Algen, die als Diatomeen bekannt sind, deren mikroskopisch kleine, aber sehr mannigfaltige Formen sich fast in allen süssen und salzigen Gewässern finden und die in ihren Zellhäuten so viel Kieselsäure eingelagert enthalten, dass die Zellen, wenn ihre organische Substanz durch Einäschern zerstört wird, ein Aschenskelett zurücklassen, dass fast ganz aus Kieselsäure besteht und unter dem Mikroskop noch vollkommen die Form der zerstörten Zellen zeigt ¹⁾.

Von höheren Pflanzen zeichnen sich durch besonderen Reichthum an Kieselsäure die Gräser, die Binsen und Schilfarten, das Bambusrohr, das spanische Rohr, dann namentlich die Schachtelhalme (Equisetaceen) aus, die man wegen ihres grossen Kieselsäuregehaltes und der dadurch bedingten Härte zum Glattschleifen von Holz oder auch als „Zinnkraut“ zum Scheuern metallener Gegenstände benutzt. In den Halmen unserer Getreidearten (im Stroh) findet man besonders in der Oberhaut so viel Kieselsäure abgelagert, dass beim Verbrennen derselben ihre Form unversehrt zurückbleibt ²⁾. H. v. Mohl und Professor Wicke in Göttingen untersuchten noch viele andere Pflanzen auf ihren Kieselsäuregehalt und fanden unter Anderem, dass die Brennhaare der Nesseln, des Hanfs, dann die harten und scharfen Haare der Blätter des Maulbeerbaumes, der gemeinen Ulme, des Hopfens und anderer rauhlättriger Pflanzen stark mit

¹⁾ Da sich diese Organismen durch Theilung in ganz ungeheurer Menge vermehren, so sammeln sich die mikroskopisch kleinen Kieselskelette bisweilen zu Schichten von mehreren Fuss Dicke an und bilden eine magere, weisse oder gelbliche Erde, die man als Kieselguhr oder Infusorienerde bezeichnet. Solche Ablagerungen finden sich z. B. bei Franzensbad in Böhmen, in der Umgegend von Berlin, auf der Lüneburger Haide u. a. a. Orten. Auch der Polierschiefer von Bilin, der Tripel, besteht im Wesentlichen aus den unverweslichen Theilen von Diatomeen (aus Kieselsäure), welche früher als Infusorienpanzer bezeichnet wurden.

²⁾ 100 Pfund Gerstenstroh enthalten 4 Pfund Kieselsäure, 100 Pfund Waizen = Roggen = und Haferstroh 6 Pfund Kieselsäure.

Kieselsäure imprägnirt sind. Aeschert man z. B. die Blätter von Brennesseln vorsichtig ein, zieht dann aus der Asche die löslichen Mineralstoffe mit Salzsäure aus, so bleibt ein vollständiges Kieselskelett zurück¹⁾.

Obleich Kieselsäure in allen Theilen der Pflanze gefunden wird, so hat sich doch als allgemeine Regel durch zahlreiche Versuche herausgestellt, dass in den Pflanzen der Gehalt an Kieselsäure gegen die Oberfläche hin zunimmt, und dass deshalb grössere Ablagerungen von Kieselsäure vorzugsweise an der Oberfläche (Peripherie²⁾), mithin in der Oberhaut der Blätter, der Stengel, im äusseren Theile der Rinde stattfinden, oder auch in solchen Geweben, die mehr zum Schutz von anderen Organen dienen, wie in den Spelzen und Grannen der Getreidearten, in den Schalen der Körner u. s. w. Entgegengesetzt von Phosphorsäure und Kali findet sich Kieselsäure hauptsächlich in solchen Pflanzengeweben, welche dem Stoffwechsel ferner stehen. Sie häuft sich demnach in den älteren und weniger thätigen Organen in viel grösserer Menge an, als in den jüngeren, in lebhaftem Wachstum begriffenen Theilen.

Bezeichnend für das Vorkommen der Kieselsäure ist ferner, dass sie sich nur selten und ausnahmsweise im Innern der Zellen findet, sondern in der Regel in den älteren, verholzten Geweben in die Substanz der Zellhäute, in die Zellmembran, eingelagert ist; sie durchdringt dieselbe und bildet einen integrierenden Theil dieser verkieselten Zellhäute, ist also nicht, wie man häufig glaubt, in Form einer Haut oder Schale auf denselben abgelagert, was Mohl durch mikroskopische Untersuchungen nachgewiesen hat.

Vertheilung der Kieselsäure in den Waldbäumen.

Auch in allen Bäumen und Sträuchern kann Kieselsäure nachgewiesen werden, sie ist aber, was sich schon aus dem Vorstehenden ergibt, in den einzelnen Theilen der Bäume in sehr ungleicher Menge vertheilt.

¹⁾ Eben wegen diesen reichen Gehaltes an Kieselsäure sind die Brennesselhaare scharf, sehr spröde und zerbrechlich wie Glas. Es erklärt sich hierdurch das leichte Eindringen der harten Spitze in die Haut beim unvorsichtigen Berühren der Nesseln und die grosse Sprödigkeit der Haare, vermöge welcher sie leicht in der Wunde abbrechen, so dass dann der in diesen Organen enthaltene scharfe Saft (Ameisensäure) in die verwundete Stelle quillt und das Brennen und Jucken verursacht.

²⁾ Auch im Thierreiche zeigt das Vorkommen der Kieselsäure eine Neigung gegen die Oberfläche hin; wir finden sie in den Federn der Vögel, in welchen sie bei den Körnerfressern oft gegen 40 Procent der Asche ausmacht, dann vorzugsweise in den Haaren, in den Flügeldecken der Insekten u. s. w. In den übrigen Geweben und im Blute der Thiere kommt sie nur in äusserst geringen Mengen vor.

Weitaus am kieselsäurereichsten sind die abgefallenen Blätter und Nadeln im Herbst, sehr reich daran ist ferner die Rinde des Stammes und der Zweige, insbesondere der äussere Theil derselben; am kieselsäureärmsten zeigt sich stets das Holz, an welchem sich aber ebenfalls wieder das Gesetz bestätigt findet, dass der ältere Theil, also das Kernholz, mehr Kieselsäure enthält, als das jüngere Splintholz und das Cambium mit der Bast-schichte, welches entweder ganz frei von Kieselsäure ist, oder nur sehr geringe Mengen davon enthält. Wittstein¹⁾ erhielt bei der Aschenanalyse der Fichte Resultate, welche darauf hindeuten, dass das Alter der Bäume grossen Einfluss auf den Kieselsäuregehalt hat; er fand in der

Holz-asche einer 220-jährig. Fichte	36,18 %	in der Rinden-asche desselben Baumes	39,20 %
„ „ 172 „ „	18,03 „ „	„ „ „ „	30,45 „
„ „ 135 „ „	15,41 „ „	„ „ „ „	21,83 „

Die in einer 100-jährigen Fichte enthaltene Kieselsäuremenge vertheilt sich auf die verschiedenen Theile des Baumes nach Schröder in folgender Weise:

Auf das Stammholz kommen	3,1 %
„ das Gipfelstück des Holzes	0,1 „
„ die Stammrinde	9,6 „
„ das Gypfelstück der Rinde	0,9 „
„ die berindeten Aeste über 1 Ctm. Durchm.	4,9 „
„ die berindeten Aeste unter 1 Ctm. Durchm.	11,0 „
„ die Nadeln	70,4 „

Für die Blätter der Bäume und Sträucher ist bezeichnend, dass sie im jugendlichen Zustande, also im Frühjahr, äusserst arm an Kieselsäure sind, dass dagegen mit dem Aelterwerden ihr Kieselsäuregehalt sich von Monat zu Monat vergrössert und kurz vor dem Absterben derselben im Herbst sein Maximum erreicht. Die Epidermiszellen der alten, welken und abgestorbenen Blätter und Nadeln, wie z. B. der Buchen und Eichen, der Hainbuche, der gemeinen Ulme, der Platane, der Pappel, der Linde, des Maulbeerbaumes, dann der Tannen, Fichten, Lärchen und Kiefern sind oft so stark mit Kieselsäure incrustirt, dass nach dem Behandeln der Blätter mit Salzsäure die incrustirte Epidermis fast unversehrt zurückbleibt. Ist die Oberfläche eines Blattes behaart, so sind gerade diese Organe besonders zur Verkieselung geneigt. Mohl hat ferner nachgewiesen, dass die beiden Seiten eines Blattes nicht gleich

¹⁾ E. Wolff's Zusammenstellung von Aschenanalysen 1871. S. 125.

stark verkieselt sind, sondern die obere stets mehr, als die untere — gewiss eine zweckmässige Einrichtung, da die obere Seite weit mehr den Fährlichkeiten von aussen ausgesetzt ist und durch die stärkere Verkieselung grössere Widerstandsfähigkeit erlangt. Die grosse Festigkeit vieler welker Blätter, namentlich der Buchen- und Eichenblätter, und ihre schnellere oder langsamere Verwesung hängt wahrscheinlich mit dem kleineren oder grösseren Kieselsäuregehalt zusammen.

Nicht weniger interessant, als die Verkieselung der welken Blätter ist die der Rinde mehrerer einheimischer Bäume. Zuerst wurde die Incrustation der Rinde von Professor Wicke bei der Rothbuche beobachtet. Es ist ein sehr einfaches Verfahren, durch welches man sich von der überaus hübschen Erscheinung überzeugen kann, dass der ganze Baum, wenn man so sagen darf, in einer Haut von Kieselsäure steckt. Mag man die Rinde eines jungen Zweiges oder die Stammrinde untersuchen, das Resultat ist stets dasselbe. Bei der älteren Rinde gelingt der Versuch am leichtesten und fällt am deutlichsten in die Augen. Legt man ein Stück Buchenrinde auf ein Platinblech und erhitzt so lange, bis alle organischen Substanzen vollständig verbrannt sind, so gelingt es bei einiger Vorsicht leicht, von der Asche ein oberes, weisses Blatt abzuheben, ohne dass es auseinander fällt. Bringt man das Blättchen unter ein Mikroskop, so sieht man das vollständig erhaltene Zellgewebe und zwar so deutlich und schön, dass man glauben sollte, man habe es hier mit der frischen Rinde zu thun. Diese Beobachtung ist so überraschend, dass man diesen Versuch sicher öfters bloß zum Vergnügen wiederholen wird. Höchst wahrscheinlich hängt die glatte, fast polirte Beschaffenheit der Buchenrinde mit diesem Ueberzuge von Kieselsäure zusammen. Durch die Kieselsäure-Incrustation ist die Rinde gegen das Eindringen der Feuchtigkeit ausserordentlich geschützt, der ganze Baum steckt ja gewissermassen in einem Panzer von Kieselsäure. Auf der Stammrinde der Buche wächst häufig ein langes grünes Moos (*Hypnum curvatum*), das sehr viel Kieselsäure enthält und seinen Bedarf aus der Rinde bezieht.

Der Ahorn, besonders *Acer pseudoplatanus*, liefert ein der Buche verwandtes Beispiel, doch scheint die Kieselsäure-Incrustation der Rinde nicht so stark zu sein, wie bei der Buche. Selbst die Rinde von ganz jungen Zweigen hat schon eine vollständige Verkieselung erfahren. Beim Maulbeerbaum, bei der Ulme (*Ulmus campestris*) liefern die äussersten Rindenschichten ausgezeichnete Präparate eines verkieselten Gewebes. Bei der Hainbuche, beim Haselstrauch,

bei der Eiche und edeln Kastanie gelang es Wicke nicht, zusammenhängende, ein Ganzes bildende Incrustationen zu finden. Ebenso gewahrt man bei der Rinde von Weiden, Pappeln, Akazien, Linden, Birken und Apfelbäumen unter dem Mikroskop nur strukturlose, aus Kieselsäure bestehende Blättchen von unregelmässiger Form. Bei der Rinde der Platane sind eine Menge Zellen verkieselt, aber sie bilden kein zusammenhängendes Gewebe an der Oberfläche¹⁾.

Bedeutung der Kieselsäure für das Pflanzenleben.

Seitdem es gelang, durch Culturversuche sehr kieselsäurereiche Pflanzen, wie Mais, Weizen, Gerste, Hafer, vollkommen normal bis zur Samenreife in wässerigen Lösungen zu erziehen, die nur Spuren von Kieselsäure enthielten, weiss man, dass die Kieselsäure an der Bildung von organischen Pflanzenbestandtheilen, wie Stärke, Zucker, Proteinstoffe, Pflanzensäuren, nicht betheiligt ist, also an den chemischen Vorgängen der Assimilation keinen Antheil nimmt. Sie kann deshalb für die höheren Pflanzen nicht als ein Nährstoff in demselben Sinne wie das Kali, die Phosphorsäure u. s. w. betrachtet werden und wird vielmehr im Pflanzenreiche nur als Incrustationsmittel verwendet; es scheint, dass sie von der Pflanze unmittelbar in die Substanz der Zellhäute eingelagert wird, in ganz ähnlicher Weise, wie die Zellstoffmoleküle selbst eingelagert werden, dass sie also wie ein fertiger, bildungsfähiger plastischer Stoff von der Pflanze benutzt wird, ohne dass man sagen könnte, die Pflanze sei absolut an diese Mitwirkung gebunden; sie scheint vielmehr nur als ein begünstigendes Moment sich an der Vollendung des molekularen Baues der Zellhäute zu betheiligen. (Sachs²⁾.

¹⁾ Selbst die Bastfasern vieler Pflanzen, z. B. die Flachsfaser, Nesselfaser, Hanffaser geben beim Einäschern ein Kieselskelett mit vollständig erhaltenen Prosenchymzellen, während die Baumwollenfaser nicht verkieselt ist. Alte Leinwand und Druckpapier hinterlassen ebenfalls beim Einäschern ein Kieselskelett, wie die frische Bastfaser. (Vergl. die Zeitschrift „Aus der Natur“ XIX. Bd. S. 285.)

²⁾ Früher war man der Meinung, dass die Kieselsäure wesentlich den Zweck habe, die Festigkeit der Pflanzengewebe (zunal die der Getreidehalme) zu erhöhen, und man glaubte deshalb, dass das leichte „Lagern“ des Getreides auf einem Kieselsäuremangel des Bodens und somit der Pflanze beruhe. Auf Grund verschiedener Culturversuche in wässerigen Lösungen wissen wir aber nun, dass dies nicht der Fall ist und dass die Hauptursache des Lagerns, abgesehen von den Witterungseinflüssen, darin gesucht werden müsse, dass die Halmfrüchte einerseits auf einem

Wenn also die Kieselsäure auch nicht zu den eigentlichen Pflanzennährstoffen gehört, so folgt daraus noch keineswegs, dass sie ganz nutzlos sei, es ist vielmehr wahrscheinlicher, dass sie sogar eine nothwendige Bedingung des normalen Gedeihens der Pflanzen und insbesondere der Waldbäume bilde, indem die verkieselten Pflanzengewebe gegenüber den nicht verkieselten das Vermögen erlangen, äusseren Schädlichkeiten grösseren Widerstand entgegenzusetzen, als z. B. Schutz gegen das Eindringen von Pilzen und anderen Schmarotzern, von Insekten und dergleichen zu gewähren¹⁾. Knop machte in der That die Beobachtung, dass Gräser, welche er mit kieselsäurefreien Lösungen ernährte, häufig so sehr von Brandpilzen heimgesucht wurden, dass sie trotz wiederholten Entfernens der befallenen Blätter kaum zu erhalten waren. Wir halten es für nicht unwahrscheinlich, dass sogar die Dauerhaftigkeit der Hölzer in einem gewissen Zusammenhange mit der grösseren oder geringeren Verkieselung derselben stehe²⁾. Bei dieser Gelegenheit muss darauf

zu „mastigen“, also stark gedüngten Boden stehen, andererseits zu dicht angebaut sind und sich gegenseitig zu stark beschatten. Unter solchen Verhältnissen erlangen die Halme nicht die nöthige Festigkeit und Elastizität und bleiben weich wegen zu geringer Verholzung; daher erklärt es sich, warum das sog. „Schröpfen“ dünner Saat oder Drillkultur dem Uebel entgegenwirken, und warum das Lagern in feuchten Jahren bei schwacher Beleuchtung und bei üppigem Wachstum häufiger eintritt, als in trockenen Jahren bei stärkerer Beleuchtung.

¹⁾ Allem Anschein nach fördert auch die Kieselsäure das für die Cultur im Grossen so wichtige gleichförmige und rechtzeitige Ausreifen der Pflanze und damit die vollkommene Ausbildung der Samenkörner, welche namentlich bei den Halmfrüchten einen so grossen Gewichtstheil der ganzen Pflanze ausmachen. Man erklärt sich diese Wirkung der Kieselsäure auf die Weise, dass dieselbe, wenn sie in grosser Menge nach und nach in den Blättern sich ansammelt, die Lebensthätigkeit in diesen Organen ziemlich frühzeitig vermindert und dadurch den Pflanzensaft bestimmt, mit um so grösserer Kraft den rasch sich ausbildenden Körnern zuzuströmen und letzteren alle zu ihrer vollkommenen Ausbildung nöthigen Stoffe zuzuführen. In der That findet auch der Uebergang der Kieselsäure in die grasartigen Gewächse gerade in der Periode zwischen Blüthe und Reife vorzugsweise statt, zu einer Zeit, wo die meisten übrigen Aschenbestandtheile in verhältnissmässig geringer Menge aufgenommen werden. (E. Wolff)

²⁾ Legt man einen Baumstamm in Wasser, das reich an Kieselsäure ist, so wird diese mit dem Wasser nach und nach in das Holz eingeführt und in demselben abgelagert werden, und es kann geschehen, dass der ganze Stamm allmählig von der Flüssigkeit durchdrungen wird. Mit der Länge der Zeit lagert sich nun in jeder Zelle eine Menge Kieselsäure an den Wänden ab, die den Hohlraum immer mehr ausfüllt und so ein genaues Bild der Zelle giebt. Wird nun auch durch Fäulniss die Holzfaser endlich zerstört und weggeführt, so bleibt in den Kieselzellbildern

hingewiesen werden, dass die Kieselsäure in ihrer Funktion als Incrustationsmaterial bis zu einem gewissen Grade vertreten werden kann durch Kalk, was sich aus unseren zahlreichen Untersuchungen der Waldstreu mit Bestimmtheit ergibt. In allen Holzarten, die auf kalkreichen Böden sich befinden, ist der Kieselsäuregehalt der abgefallenen Blätter und Nadeln viel geringer, der Kalkgehalt dagegen grösser, als auf den kalkarmen Silikat- und Sandsteinböden.

Es liegen einzelne Untersuchungen vor, aus welchen sich schliessen lässt, dass auch beim Holz eine ähnliche Erscheinung vorkommt, so z. B. fand Wittstein in der Asche der oben erwähnten

	220-jährigen Fichte	39,20 %	Kieselsäure u.	27,44	Kalkerde,
	in einer 172	„	„	30,45 %	„ u. 45,91 „
	„ „ 135	„	„	21,83 %	„ u. 60,38 „

Je jünger demnach ein Holzsortiment ist, desto mehr Kieselsäure ist durch Kalkerde vertreten, um so geringer ist aber bekanntlich auch die Dauerhaftigkeit des betreffenden Holzes. Es ist zu vermuthen und sogar sehr wahrscheinlich, dass auf kalkreichen Böden nicht nur die abgefallenen Blätter und Nadeln, sondern auch das Holz kalkreicher und dafür kieselärmer wird, als auf kalkarmen Böden.

Da aber Kalk bekanntlich die Verwesung und Zersetzung organischer Stoffe sehr beschleunigt, so kann es für die Dauerhaftigkeit der Hölzer nicht gleichgiltig sein, ob bei der Incrustation der verholzten Zellen sich neben Kalk auch mehr oder weniger Kieselsäure betheiligt. Es möchte vielleicht darin hauptsächlich der Grund liegen, warum Fichtenholz, auf kalkreichen Böden

doch eine so genaue Wiedergabe des ehemaligen Holzkörpers, dass sich selbst das mikroskopische Gewebe desselben darin erkennen lässt. Auf diese Art sind die „versteinerten Hölzer und Wälder“ entstanden, welche man in manchen Gegenden, z. B. in Böhmen (zwischen Elbogen und Altsattel, in der Umgebung von Prag), theils in der Braunkohlenformation, theils im Keuper oder im Todtliegenden und in der Steinkohlenformation findet und die in den genannten geologischen Perioden an Ort und Stelle gewachsen sind. Im vorigen Jahrhundert fand man Eichenpfähle einer römischen Brücke, welche einst Kaiser Trajan unterhalb Belgrad über die Donau schlagen liess, nachdem sie etwa 1700 Jahre im Wasser gestanden waren, einen halben Zoll stark versteinert. Auch hat man an hölzernen Wasserleitungsröhren, durch welche ein stark kalkhaltiges Wasser floss, oft gefunden, dass sie von innen aus verkalkten und versteinerten.

erwachsen, im Allgemeinen geringere Dauerhaftigkeit besitzt, als auf kieselsäurereichen Böden. Für die warmen Lagen in den Tiefebenen dürfte die angedeutete Erscheinung beachtenswerther sein, als für Hochlagen im Gebirge, weil dort an und für sich die Aufnahme von mineralischen Nährstoffen geringer ist. Wir sehen, dass den forstlichen Versuchsstationen ein grosses Feld der Forschung dargeboten ist.

**Kieselsäurebedarf der forst-
und landwirtschaftlichen
Culturgewächse.**

Schon aus vorstehenden Betrachtungen geht hervor, dass unsere Waldbäume in ihrer Rinde und in den abgefallenen Nadeln viel Kieselsäure aufspeichern und deshalb auch dem Boden beträchtliche Quantitäten entziehen. Vergleicht man ihren Kieselsäurebedarf mit dem der landwirtschaftlichen Culturgewächse (pag. 118), so ersieht man sofort, dass der Buchen- und Fichtenwald übertroffen wird von unseren Halmfrüchten und den Wiesengräsern, dass dagegen der Kiefernwald viel geringere Ansprüche macht und sogar noch hinter den Kartoffeln und dem Klee zurückbleibt. Während 1 Hektar Kiefernwald jährlich bei-
läufig 7 Kilogr. Kieselsäure aufnimmt, bedarf

eine gleiche Fläche Buchenwald die	9-fache Menge (62,7 Kilogr.),
„ „ „ Fichtenwald die	7-fache Menge (49,6 „)
dagegen ein Weizenfeld die	14-fache Menge (96,8 „)

Weitaus der grösste Theil der von den Waldbäumen aufgenommenen Kieselsäure findet sich aber wieder in ihren Abfällen. Denn von den 62,7 Kilogr., welche der Buchenhochwald durchschnittlich jährlich dem Boden pro Hektar entzieht, finden sich im abgefallenen Buchenlaub 60,36 Kilogr.; von den 7 Kilogr., welche der Kiefernwald erfordert, trifft man sogar durchschnittlich wieder 6,53 Kilogr. in den abgefallenen Nadeln, also ein Beweis, dass zum jährlichen Holzwachsthum sehr wenig verwendet wird.

Mit je einem Festmeter nachstehender Holzsortimente verliert der Waldboden folgende Quantitäten Kieselsäure in Grammen ausgedrückt:

durch Buchenscheitholz	397 Grm.
„ Fichtenscheitholz	95 „
„ Lärchenscheitholz	61 „
„ Kieferscheitholz	43 „
„ Buchenprügelholz	566 „

durch Fichtenprügelholz	170 Grm.
„ Kiefernprügelholz	57 „
„ Buchenreisigholz	1165 „
„ Fichtenreisigholz	3950 „
„ Kiefernreisigholz	287 „

Wir sehen aus dieser Zusammenstellung, dass nicht nur durch die Blätter, sondern auch durch das Reisig- oder Wellenholz dem Waldboden grosse Quantitäten von Kieselsäure entzogen werden.

Kieselsäuregehalt des Acker- und Waldbodens.

Der bedeutende Kieselsäureentzug durch Reisigholz und durch die Waldstreu ist für den praktischen Forstmann von geringem Belang, weil Kieselsäure zu denjenigen Mineralstoffen gehört, welche in den meisten Bodenarten, mit Ausnahme der thonarmen Kalk- und Dolomitböden, in überwiegender Menge vorhanden sind. Allerdings kommt der grösste Theil der Kieselsäure im Boden als Quarzsand (krystallisirt) vor und ist in dieser Form unlöslich; die lösliche Kieselsäure, welche für das Pflanzenleben allein in Betracht kommen kann, findet sich zwar in viel geringerer Menge im Boden, aber dennoch sind die zahlreichen Silikate des Bodens unerschöpfliche Quellen dieser löslichen Modifikation, weil bei der Verwitterung derselben die darin enthaltene Kieselsäure aufgeschlossen und löslich gemacht wird. Alle in der Bodenfeuchtigkeit gelöste Kieselsäure, die von den Pflanzenwurzeln aufgenommen wird, stammt von diesen verwitterten Silikaten her. Der kiesel-saure Kalk, das kiesel-saure Kali und Natron, welche Bestandtheile gewisser Silikate im Boden bilden, werden nämlich durch das kohlen-säurehaltige Boden-wasser in der Weise zersetzt, dass die Basen sich mit der Kohlen-säure verbinden, die Kieselsäure aber frei wird und sich als Hydrat in Wasser auflöst. Ein Theil der Kieselsäure gelangt wahrscheinlich auch in Form von kiesel-saurem Kali in die Pflanze. Dass aber auch die unlöslich krystallisirte Kiesel-säure, wie sie im Quarz, Bergkrystall und dergl. enthalten ist, nöthigenfalls den Pflanzen zur Nahrung dienen kann, geht aus Versuchen von Aug. Vogel¹⁾ hervor, welcher zeigte, dass dünne, aus den genannten Mineralien geschliffene

¹⁾ Aug. Vogel „Die Aufnahme der Kieselsäure durch Vegetabilien“, eine gekrönte Preisschrift. München 1866.

Platten durch die Wurzeln der Pflanzen mit der Zeit angegriffen wurden. Es lässt sich dies nur dadurch erklären, dass durch die Wurzelausscheidungen die krystallisirte Kieselsäure im Boden eine Umwandlung erleidet und dabei in die lösliche, aufnehmbare (amorphe) Form übergeht. Diese Umwandlung sowohl, wie auch die Aufschliessung der Silikate wird im Boden jedenfalls durch Humus, resp. Humussäuren, befördert. Es erklärt sich hiernach, warum Pflanzen, welche auf einem kieselssäurereichen, aber humusarmen Boden gewachsen sind, weit weniger Kieselsäure in ihrer Asche enthalten, als die Pflanzen eines verhältnissmässig an Kieselsäure armen, aber an Humus reichen Bodens. Ohne Gegenwart von Humus ist die Aufnahme der Kieselsäure den Pflanzenwurzeln in hohem Grade erschwert. Wird daher in irgend einer Pflanzenasche Kieselsäure in reichlicher Menge angetroffen, so kann nach A. Vogel wohl mit Bestimmtheit angenommen werden, dass die Pflanze auf einem an Humus reichen Boden gewachsen ist. So finden wir ungewöhnliche Mengen von Kieselsäure in den sog. sauren Gräsern der an organischen Stoffen so überreichen Torfmoore, obgleich der Moorboden keineswegs als ein Kieselboden zu betrachten ist.

Kieselsäuregehalt der Streumaterialien.

Obgleich die Kieselsäure einen Hauptbestandtheil der Streumaterialien bildet, so hat dies doch für die Praxis geringe Bedeutung, weil wir auf die Zufuhr derselben in den meisten Fällen (etwa mit Ausnahme kieselssäurearmer Kalk- und Dolomitböden) keine Rücksicht zu nehmen brauchen, denn die Natur hat für diesen Stoff in hinreichender Menge gesorgt.

Auf keinen anderen Mineralbestandtheil der Streumaterialien haben die Standorts- und namentlich Bodenverhältnisse so grossen Einfluss als auf die Kieselsäure, es ist daher auch der Kieselsäuregehalt bei einem und demselben Streumaterial den grössten Schwankungen unterworfen. So z. B. konnten wir in 1000 Theilen Buchenlaubstreu über 50 Theile Kieselsäure, in einer anderen Sorte aber nur 5,95 Theile nachweisen; bei den Fichtennadeln kamen Schwankungen vor zwischen 3,86 und 57,40; viel geringer sind die Differenzen in der Kiefernadelstreu, wo nur Schwankungen von 1,39 bis 2,30 vorkamen. Es erklärt sich diese letztere Erscheinung wohl dadurch, dass fast alle unsere Kiefernbestände auf Sandböden vorkommen, also nicht auf Böden von so verschiedener Beschaffenheit, als die übrigen Holzarten. Um so bemerkenswerther

ist aber der geringe Kieselsäuregehalt der Kiefernadelstreu (durchschnittlich 2,06 Gramm in 1 Kilogr.); nicht viel reicher daran sind die abgefallenen Weisstannennadeln (im Mittel 2,35 Gramm in 1000 Theilen oder 1 Kilogr.). Dass die Bodenbeschaffenheit, insbesondere der grössere oder geringere Kalk- oder Kieselsäuregehalt die oben erwähnten bedeutenden Schwankungen veranlasst, können wir daraus schliessen, dass sowohl bei Buchenlaub, als bei der Fichtenstreu gerade jene Sorten am kieselsäureärmsten, dafür aber am kalkreichsten sind, welche vom Kalkgebirge der bayerischen Alpen oder vom fränkischen Jura stammen, während jene des bayerischen Waldes, des Spessarts, des Haardtgebirges, also von kalkarmen Böden, sich durch grossen Kieselsäure-, aber geringen Kalkgehalt auszeichnen. Es kann daher keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die Kieselsäure, in den Blättern und Nadeln der Bäume in ihrer Eigenschaft als Incrustationsmittel der Epidermiszellen durch Kalk vertreten werden kann. Diese Wahrnehmung ist unter Anderem auch in sofern beachtenswerth, als die Verwesung oder Zersetzung einer und derselben Streusorte unter sonst gleichen Verhältnissen um so schneller erfolgen wird, je kalkreicher und kieselsäureärmer dieselbe ist, und umgekehrt.

Welchen grossen Einfluss übrigens auch die Zeit des Blätter- und Nadelabfalls auf den Kieselsäuregehalt derselben hat, kann aus den Analysen der Buchenblätter ersehen werden, ebenso ergibt sich dies aus den von R. Weber untersuchten Lärchennadeln, deren Asche am 15. Oktober gepflückt 21,66 % Kieselsäure, am 25. November nach dem Abfall gesammelt aber 57,02 % Kieselsäure enthielt.

Ordnet man die Streumaterialien nach ihrem Kieselsäuregehalt, so ergibt sich folgende Reihenfolge:

Am reichsten daran sind unsere Strohsorten, die in 1000 Gewichtstheilen 22—36 Theile Kieselsäure enthalten; dann folgt

Rohrschilf	mit	24,36	Gewichtstheilen	Kieselsäure,
Lärchennadelstreu	„	22,81	„	„
Buchenlaubstreu	„	18,16	„	„
Fichtennadelstreu	„	16,54	„	„
Eichenlaubstreu	„	10—15	„	„
Farnkraut	„	13,74	„	„
Binsen	„	7,8	„	„
Verschiedene Waldmoose	„	5—7	„	„

Heidekraut	mit	6,17	Gewichtstheilen	Kieselsäure,
Weisstannennadelstreu	„	2,35	„	„
Kiefernadelstreu	„	2,06	„	„
Besenspfriemen	„	1,68	„	„

Beachtenswerth ist der geringe Kieselsäuregehalt der abgefallenen Kiefern- und Tannennadeln gegenüber dem abgefallenen Buchenlaub, den Lärchen- und Fichtennadeln.

i. Chlor.

Bei der Ernährung der Pflanze gehen auch geringe Mengen gewisser Chlormetalle, wie Chlornatrium (Kochsalz), Chlorkalium u. s. w., aus dem Boden in den Organismus der Pflanze über. Man findet deshalb in der Asche der forst- und landwirthschaftlichen Gewächse stets auch eine gewisse Quantität von Chlormetallen, in der Regel aber in äusserst geringer Menge. Manche Pflanzen, wie z. B. die Futterkräuter, Knollen- und Wurzelgewächse, sind etwas kochsalzreicher, als andere. In den Waldbäumen finden sich stets verhältnissmässig sehr geringe Mengen und es vertheilt sich das Chlor in denselben gleichmässig auf die einzelnen Organe. Der Chlorgehalt der Blätter und des Holzes ist häufig so gering, dass er von Seite der Analytiker gar nicht beachtet wurde.

Ueber die Bedeutung des Chlors, resp. gewisser Chlormetalle, für das Pflanzenleben sind die Ansichten der Naturforscher auf Grund der vorliegenden Culturversuche noch getheilt. Vegetationsversuche in wässrigen Lösungen führten Nobbe und Siegert zu dem Resultate, dass Chlor zur Samenbildung gewisser Pflanzen, z. B. des Buchweizens, nothwendig sei; von Beyer wurde nachgewiesen, dass Chlorkalium in einer ähnlichen Beziehung zur Samenbildung bei Erbsen und Hafer stehe. In Nährstofflösungen, welche keine Chlorverbindungen enthielten, entwickelten die Pflanzen keine Früchte, oder doch nur wenige und geringe (Hafer). Professor Knop dagegen hat auf Grund seiner Versuche das Chlor aus der Liste der Pflanzennährstoffe ganz gestrichen; er zweifelt an dessen Nothwendigkeit sogar für Buchweizen. Jedenfalls gehört Chlor nicht zu jenen Nährstoffen, welche für alle Pflanzenarten unentbehrlich sind, es scheint nur zur Samenausbildung gewisser Pflanzenarten in einer bestimmten Beziehung zu stehen.

Eine Steigerung des Samenertrages durch Kochsalzdüngung wurde schon

mehrfach beobachtet, was sich aber auch aus einer indirekten Wirkung des Kochsalzes dadurch erklären lässt, dass es die Eigenschaft hat, ähnlich wie salpetersaure Salze (Nitrate) und wie Ammoniaksalze auf andere pflanzenernährende Stoffe des Bodens, namentlich auf Phosphate oder phosphorsaure Salze lösend zu wirken und dieselben für die Pflanzenernährung aufnehmbar zu machen.

Gewisse Chlormetalle, wie Chlorcalcium und Chlormagnesium, sind in grösserer Menge den Pflanzen sogar schädlich¹⁾.

Sollte Chlor in gewissen Pflanzen wirklich die Rolle eines Nährstoffes spielen, oder unter Umständen auch gewissen Pflanzen nützlich sein, so brauchen wir trotzdem keinem Boden Kochsalz oder andere Chlormetalle absichtlich zuzusetzen, weil jeder Boden von Natur aus schon so viel enthält, als dazu nothwendig ist; es kommen nämlich in jedem Acker- und Waldboden Kochsalz und andere leicht lösliche Chlormetalle in geringer Menge vor und werden demselben selbst durch das Regenwasser zugeführt, auch durch Stalldünger hineingebracht.

Da aus den verschiedenen angegebenen Gründen das Chlor als Bestandtheil der Streumaterialien keine beachtenswerthe Bedeutung hat, so unterliessen wir auch die quantitative Bestimmung desselben und können nun unsere Betrachtungen über die Mineralbestandtheile der Waldstreu als abgeschlossen ansehen.

¹⁾ Eine Tabakspflanze, die in einem an Chlorcalcium reichen Boden gewachsen ist, erzeugt fast immer Blätter, die beim Rauchen (der Cigarren) schwer verbrennen und kohlen. Erklärt wird diese unangenehme Folge des hohen Chlorgehalts durch die leichte Schmelzbarkeit des Chlorcalciums und Chlormagnesiums, welche Salze man sich in den Blättern vorhanden denkt, und die im geschmolzenen Zustande die Kohletheilchen umhüllen und an der vollständigen Verbrennung verhindern sollen. (Nessler, „der Tabak“. 1867. pag. 41.)

III.

Die physikalischen Eigenschaften der Streudecke

und ihr

Einfluss auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens.

Durch die Streudecke erleidet der Waldboden mannigfaltige und tiefgreifende physikalische und chemische Veränderungen, die direkt oder indirekt von grösster Einwirkung auf die Entwicklung des Waldes sind. Schon aus dem vorigen Abschnitt ist uns bekannt, dass durch die Abfälle der Bäume dem Boden gewisse organische und unorganische Stoffe einverleibt werden, die den natürlichen Dünger des Waldes bilden. Wir haben bis jetzt speciell die Bedeutung der einzelnen unorganischen oder Mineralbestandtheile der Streudecke für das Leben der Waldbäume näher kennen gelernt und wissen auch, wie viel Mineralstoffe dem Boden durch Ausfuhr von Holz und Streu entzogen werden. Weitere chemische Veränderungen, welche der Waldboden durch die Zersetzungsprodukte der organischen Bestandtheile der Streudecke erleidet, werden in einem späteren Abschnitte bei der Betrachtung des Humus näher in's Auge gefasst werden. Hier haben wir uns zunächst eingehender mit der Frage zu beschäftigen, welchen günstigen Einfluss die Streudecke auf den Waldboden in Folge ihrer physikalischen Beschaffenheit ausübt, und welche physikalische Veränderungen des Bodens damit verbunden sind.

In normal geschlossenen Wäldern bildet bekanntlich entweder das abgefallene Laub oder die Nadeln mit Moos und dürren Reisern gemengt, eine mehr oder minder hohe, lockere Schichte, welche die Bodenoberfläche ziemlich

gleichmässig bedeckt. Die frisch abgefallenen Blätter und Nadeln liegen im Herbste locker auf einander, mit der Zeit aber kleben die Laubblätter durch starke, öfters wiederholte Regen und durch den Druck des Schnees allmählig an einander und bilden dann einzelne, fest mit einander verbundene Schichten. Betrachtet man die Waldbodendecke etwas näher, so findet man von oben nach unten vegetabilische Ueberreste in verschiedenen Verwesungsstadien, und die unterste Lage der Bodendecke besteht in der Regel aus schwarzer, pulverförmiger Erde, die sich durch Zersetzung der Abfälle gebildet hat und unter dem Namen „Humus“ bekannt ist. In den unteren, theilweise schon zersetzten Schichten finden sich öfters Schimmelbildungen und nicht selten zahlreiche niedere Thiere, wie Insektenlarven, Regenwürmer etc., die sich von den vegetabilischen Ueberresten ernähren.

Diese lockere Bodendecke besitzt verschiedene bemerkenswerthe physikalische Eigenschaften:

- 1) finden sich in derselben eine Menge capillarer Räume, welche wie Haarröhrchen wirken und das Vermögen besitzen, ähnlich wie ein Schwamm, viel Wasser in sich aufzunehmen und dasselbe längere Zeit zurückzuhalten; auch ist die organische Substanz als solche hygroskopisch und besitzt auch die Fähigkeit, durch Imbibition eine gewisse Quantität Wasser aufzusaugen. Man bezeichnet diese Eigenschaft der Streudecke häufig kurzweg als ihre wasserfassende und wasserhaltende Kraft.
2. Durch die schützende Decke wird der Luftzutritt und die Luftbewegung im Boden vermindert und damit die Bodenfeuchtigkeit vor rascher Verdunstung geschützt.
3. Die mit Luft erfüllte Streudecke ist endlich ähnlich wie Schnee ein schlechter Wärmeleiter, vermindert also einerseits die Ausstrahlung der Bodenwärme, andererseits auch das rasche Eindringen starker Hitze und Kälte.

Wir brauchen uns nur einigermassen in der praktischen Forstwirtschaft umzusehen, um zu erkennen, dass auf diesen physikalischen Eigenschaften der Streudecke die verschiedenen wohlthätigen Wirkungen beruhen, welche sie in physikalischer Beziehung auf den Boden ausübt.

**Einfluss der Waldbodendecke
auf den Abfluss des Wassers
und auf das Abschwemmen
der Erde an Gebirgs-
abhängen.**

Der wichtigste Schutz, den der Wald in Gebirgsgegenden gewährt, ist bekanntlich darin zu suchen, dass er den raschen Abfluss des Wassers bei heftigen Gewitter- oder Platzregen, bei Wolkenbrüchen und dergl. und damit auch das Abschwemmen der Bodenkrume in die Thäler vermindert. In dieser Wirkung wird er durch die Streudecke sehr wesentlich unterstützt; denn obgleich die Macht des niederstürzenden Regens schon durch die Baumkronen sehr vermindert wird, würde dennoch das fallende Wasser zum grösseren Theil an Gebirgsabhängen in die Thäler abfließen, wenn nicht durch die Streudecke eine grosse Quantität aufgesaugt und theilweise auch auf mechanische Weise vor dem Abfließen gehindert würde. Ist daher im Walde der Boden mit der schützenden Decke versehen, so sehen wir selbst bei stärkstem Regen an Gebirgsabhängen immer weniger Wasser abfließen als dort, wo diese Bodendecke fehlt oder sehr schwach ist.

„Wer mit beobachtendem Blicke im Walde geht, kann schon aus der Häufigkeit und der mehr oder minder bedeutenden Tiefe und Breite der Wasser- risse beurtheilen, ob und wie stark der Wald mit Streunutzung heimgesucht ist; natürlich immer mit Rücksicht auf die Neigung der Gehänge“¹⁾.

Durch diese Wirkung der Wälder und ihrer Streudecke werden in Gebirgs- gegenden die Thäler vor heftigen Ueberschwemmungen und vor mächtigen Ab- lagerungen unfruchtbaren Schuttes geschützt, — eine Thatsache, die in allen Schilderungen über die Folgen von Entwaldungen und starken Streunutzungen schon genugsam hervorgehoben wurde.

**Grösse der wasserfassenden
und wasserhaltenden Kraft
der Streudecke und ihr
Einfluss auf die Boden-
feuchtigkeit.**

Die oben erwähnten physikalischen Eigen- schaften, welche der Waldbodendecke ihre wasserfassende und wasserhaltende Kraft ver- leihen, sind für den Forstmann in mehrfacher Beziehung höchst beachtenswerth. Für's erste kommt diese Eigenschaft in Betracht, wenn man die Waldbodendecke, wie es oft geschieht, mit einem Wasserbehälter vergleicht, der die Aufgabe hat, bei Regenwetter, Schneeschmelze n. s. w. ein gewisses Quantum Wasser aufzusaugen

¹⁾ Heiss „der Wald und seine Gesetzgebung.“ 1875. Berlin. Springer.

und den Ueberschuss desselben langsam und allmählig an den Boden abzugeben, sobald er damit gesättigt ist. Diese Wirkung der Streudecke ist natürlich für die Gebirgsgegenden von viel grösserer Bedeutung, als für das ebene Land, weil dadurch dem Boden auf geneigtem Terrain grosse Wassermengen einverleibt werden, die ausserdem den Bächen und Strömen zugeströmt wären. Diese Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit kommt unmittelbar dem Holzbestande zu gut, ist aber indirekt auch von Einfluss auf die Speisung der Quellen und auf den gleichmässigen Wasserstand der Bäche und Flüsse.

Die aufsaugende Kraft der Waldstreu kommt ferner in Betracht bei der Verwendung derselben als Einstreumaterial in den Stallungen, wo die Jauche von ihr aufgenommen wird; denn ein Streumaterial ist um so werthvoller, je mehr Flüssigkeit es aufzusaugen vermag.

Um uns von der Grösse der wasserfassenden und wasseranhaltenden Kraft der verschiedenen Streusorten näher zu unterrichten, stellten wir verschiedene Versuche an, die zu folgenden Ergebnissen führten (Vergl. Tabelle VI. a.¹).

a. In Bezug auf die wasserfassende Kraft. Ordnen wir die verschiedenen Streumaterialien nach ihrem Vermögen, Wasser aufzusaugen, so erhält man zufolge unserer Untersuchungen nachstehende Reihenfolge:

1 Cubikmeter Moosstreu	absorbirt durchschnittlich 279,5 Kilogr. oder 282,74 Gewichts %	Wasser
1 „ Roggenstroh	203,3 „ „	274,6 „ „ „ ²⁾

¹⁾ Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass man zunächst einen Behälter von genau 1 bayer. Cubikfuss Inhalt mit den lufttrockenen vollkommen reinen und humusfreien Streumaterialien durch Eindrücken anfüllte und das Gewicht desselben ermittelte. Hierauf wurde der Inhalt in einen weitmaschigen Sack gebracht, derselbe in ein Wasserfass eingesenkt und bei den Hauptversuchen 2 Tage darin liegen gelassen, sodass die Streu Zeit hatte, sich mit Wasser vollständig zu sättigen. Nach dieser Zeit wurde der Sack wieder herausgenommen und so lange an der Luft aufgehängt (ca. $\frac{1}{2}$ Stunde), bis das überschüssige Wasser abgetropft war. Die vollgesaugte Streu kam dann wieder in obigen Behälter und wurde abermals gewogen. Aus der Gewichtszunahme ergab sich unmittelbar die Menge des aufgesaugten Wassers. Durch diese Art der Bestimmung war es auch möglich, die Volumänderung kennen zu lernen, welche die Streusorten durch Sättigung mit Wasser erleiden.

²⁾ Von Heiden liegen ebenfalls einige Untersuchungen über die wasserfassende Kraft verschiedener Strohsorten vor, er fand, dass in 24 Stunden Weizenstroh 226 %, Roggenstroh 241 %, Haferstroh 214 %, Erbenstroh 281 % Wasser aufgenommen hatten. (Heiden „Düngerlehre“ II. Bd. S. 248).

Die von Kreutzsch für die Waldstreu gefundenen Zahlen sind wesentlich höher, als die unserigen, denn er fand im Buchenlaub 442 %, in den Fichtennadeln 309 %, in Kiefernnadeln 221 % absorbirtes Wasser. („Chem. Ackersmann“ 1863 pag. 16).

1 Cubikmeter Buchenlaubstreu	absorbirt	durchschnittlich	176,7 Kilogr.	oder	232,7	Gewichts	%	Wasser
1 „ Farnkraut	„	„	153,8	„	259,1	„	„	„
1 „ Fichtennadelstreu	„	„	247,8	„	150,3	„	„	„
1 „ Kiefernadelstreu	„	„	160,0	„	142,6	„	„	„
1 „ Heidestreu	„	„	78,8	„	130,7	„	„	„

Betrachten wir im Anhang die Tabellen etwas näher, so ist zu ersehen, dass bei einer und derselben Streusorte je nach ihrer Beschaffenheit nicht unbedeutende Schwankungen vorkommen. So z. B. fanden sich in den 7 verschiedenen Proben der Buchenlaubstreu Differenzen von 195 bis zu 252 %

bei „ Fichtennadelstreu	„	„	128	„	190	„	„
„ „ Kiefernadelstreu	„	„	121	„	167	„	„
„ „ Moosstreu	„	„	237	„	334	„	„

Wie gewaltig die Wasseraufnahmefähigkeit des Waldmooses ist und welchen wesentlichen Antheil dasselbe in Folge dieser Eigenschaft an der Wasservertheilung namentlich in Gebirgsgegenden nimmt, geht auch aus den Untersuchungen hervor, welche der badische Baurath Gerbig zu Karlsruhe mit Moosrasen anstellte und die in Försters „Allgemeiner Bauzeitung“ Jahrgang 1862 veröffentlicht wurden. Das Ergebniss dieser Untersuchungen ist kurz folgendes: 1 Q.-Mtr. nasser Moosrasen wog 3,3 bis 6 Kilogr., im Durchschnitt von 11 Versuchen 5,66 Kilogr. Nach Verlauf von 24 Stunden verlor diese Moosdecke durch Verdunstung 13 %, nach 4 Tagen 42 % und nach 12 Tagen 79 % ihres Gewichtes an Wasser, so dass die mittlere Verdunstung pro Q.-Meter 4,466 Kilogr. betrug.

Getrocknetes Moos nahm in einer Minute unter Wasser das 6-fache seines Gewichtes an Wasser auf, nach weiteren 10 Minuten kaum mehr als im ersten Fall.

Die in 1 Q.-Meter Moosrasen enthaltene Wassermenge kommt darnach einer Schichte von durchschnittlich 4,466 mm. Höhe gleich. Im Gebirge, wo das Moospolster oft fussdick ist, kommen auf die gleiche Fläche jedenfalls viel grössere Wassermengen, und Gerwig nimmt an, dass das Wasserquantum unter solchen Verhältnissen mindestens einer Höhe von 10 mm. = 1 Ctm. entspricht. Nehmen wir an, dass ein gewöhnlicher, theilweise bemooster Waldboden, wie er in den tieferen Gebirgsregionen vorkommt, im Mittel nur eine Wasserschichte von 4,466 mm. Höhe zurückzuhalten vermag, so würde das Moos-

polster eines Hektar Fichtenwaldes bei starken Regengüssen im Stande sein, in Sa. 44,66 Cubikmeter Wasser aufzusaugen.

Unseren Bestimmungen zufolge kann 1 Cubikmeter Buchenlaubstreu bis zur vollständigen Sättigung fast 2 Hektoliter Wasser,

1 Cubm. Fichtennadelstreu ca.	2 $\frac{1}{2}$	„	„	
1 „ Kiefernwaldstreu „	1 $\frac{1}{2}$	„	„	
1 „ Moos	fast 3	„	„	aufnehmen. Rechnet

man nun in Buchenwäldern den jährlichen Laubabfall pro Hektar zu durchschnittlich 4000 Kilogramm = 64,5 Cubikmeter,

in Fichtenwäldern den Nadelabfall zu	3300	„	=	21,7	„
in Kiefernwäldern den Nadelabfall zu	3300	„	=	32,6	„

so würde schon der einjährige Streuanfall pro Hektar im Stande sein,

im Buchenwald	129 Hektoliter	oder	12,9 Cubikmeter	Regenwasser,
im Fichtenwald	54,2	„	„	5,42 „ „
im Kiefernwald	48,9	„	„	4,89 „ „

in sich aufzuspeichern.

Dieses grosse Aufsaugungsvermögen der Waldbodendecke wird sich natürlich bei jedem starken und ausgiebigen Regen, namentlich aber bei der Schneeschmelze am Ende des Winters bemerkbar machen und ganz besonderen Werth für Gebirgsabhänge haben. Dagegen sehen wir auch aus diesen Zahlen, dass starke und anhaltende Regen nothwendig sind, bis die Streumasse durchweicht und so gesättigt ist, dass sie das überschüssige Wasser an den Boden abgeben kann. Vergewärtigen wir uns nun, dass im geschlossenen Hochwalde auf der Krone der Bäume von der gefallenen Regenmenge unseren Messungen zufolge 25—32 %, also $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ der Niederschläge hängen bleibt, so ist einleuchtend, dass schwache Regen dem Waldboden nicht zu Gute kommen können, indem das wenige auf den Boden gelangende Wasser von der Streudecke aufgesaugt und durch Verdunstung wieder an die Luft abgegeben wird¹⁾. Für höhere Gebirgslagen, wo der Boden in Folge

¹⁾ Aus diesem Grunde sollte die seit Jahrzehnten geschonte dicke Moosschichte der Fichten-, Tannen- und Kiefernbestände an solchen Orten, wo sie sich zu mächtig (über fushhoch) entwickelt hat, theilweise entfernt werden. Sie bildet auch ein Hinderniss der natürlichen Verjüngung. Entweder keimt der Same gar nicht an, oder es vertrocknet das mit seinen Wurzeln fast nur in der dicken Moosschichte, statt im mineralischen Boden haftende Pflänzchen bei etwas anhaltend trockener Witterung.

häufigerer und stärkerer Niederschläge selbst in trockenen Sommern durch stete gleichmässige Frische sich auszeichnet, kommt dieses Verhalten kaum in Betracht, dagegen um so mehr für die Waldungen in den Ebenen und Vorbergen. Wir können daraus schliessen, dass der Waldboden in anhaltend trockenen Sommern, wo entweder gar kein Regen oder nur von Zeit zu Zeit schwache vorübergehende Niederschläge stattfinden, bezüglich der Wasserzufuhr dem vegetationslosen unbedeckten Boden gegenüber im Nachtheile sein muss¹⁾. Dazu kommt noch, dass die Wurzeln der Bäume dem Boden viel Wasser entziehen, und dass sich im Innern des Waldes während kühler Sommernächte auch keine Thaubildung bilden können. Je mehr der Boden an und für sich zum Austrocknen geneigt ist, um so mehr werden sich diese Uebelstände in den Ebenen und Mittelgebirgen geltend machen. Damit in Uebereinstimmung steht die schon mehrfach gemachte Erfahrung, dass in dürren Jahren gegen den Spätsommer zu oder im Herbst der Boden in geschlossenen Holzbeständen, insbesondere in Kiefernwaldungen, oft trockener ist und weniger Feuchtigkeit enthält, als der gelockerte Ackerboden. — Da schon jeder einzelne Baum durch seine Bekronung die Thaubildung verhindert und von schwachen Regen nur wenig oder gar kein Wasser auf den Boden gelangen lässt, so hat man in Niederungen und im Mittelgebirge auf trockenen, flachgründigen Böden zur Zeit grosser Dürre schon mehrfach beobachtet, dass bei Vorverjüngungen jene Pflanzen, welche unter dem Schutze der Mutterbäume standen (wie Kiefern, Fichten) von der Dürre oft weit mehr gelitten haben, als auf Kahlschlägen, wo diese Schutzbäume fehlten. Ebenso gediehen in trockenen Jahren Buchen auf ganz unbeschirmtem Ackerboden gesät vortrefflich, während sie in einem Samenschlage auf ähnlichem Boden gesät vertrockneten. Kiefern in verrasteten Boden gepflanzt wurden dürr, während sie auf grasfreiem Boden meist die anhaltende Dürre ertrugen und freudig fortwuchsen (Forstmeister Wiese).

Wir können bei dieser Gelegenheit nicht unerwähnt lassen, dass in trockenen Jahren jeder andere Bodenüberzug, z. B. eine Grasnarbe, Heidefilz und dergl. auf die Bodenfeuchtigkeit ebenfalls nachtheilig wirken muss, nicht nur, weil dadurch das Eindringen des Regenwassers und des Thaues erschwert

¹⁾ Uebrigens dringt im Sommer auch auf nacktem, vegetationslosem Boden von schwachem Regen nichts in grössere Tiefen, sondern wird in den obersten Schichten durch Verdunstung vollständig verbraucht.

wird, sondern auch, weil die Wiesengräser etc. durch ihre Wurzeln noch grössere Wassermengen consumiren und durch Transpiration abgeben, als die Waldpflanzen¹⁾. Obstbäume, Waldbäume, welche auf einem mit Pflanzen dicht bedeckten Boden stehen, leiden häufig Wassermangel, was schon der schlechte Holzbestand in lichten Wäldern anzeigt, die einen stark graswüchsigen Boden haben. Auf umgebrochenem bearbeitetem Boden können die Pflanzen der Dürre leichter widerstehen, als auf Böden, die mit einer Rasennarbe, Heidedecke und dergl. versehen sind. Bekanntlich gedeihen auch die landwirthschaftlichen Culturgewächse in trockenen Jahren auf gut bearbeitetem Ackerboden weit besser und finden mehr Feuchtigkeit vor, als auf unbearbeitetem Felde.

Alle diese erwähnten Uebelstände, welche der bewaldete Boden gegenüber einem vegetationslosen, kahlen Boden besitzt, machen sich nur in regenlosen, heissen Sommermonaten bei anhaltender Dürre bemerkbar; wir können jedoch daraus ersehen, dass unsere Wälder ein trauriges Bild darbieten würden, wenn sie auf die Sommerregen allein angewiesen wären. Im Tieflande hätten wir es dann jedenfalls in der Regel nur mit Krüppelbeständen zu thun.

Die anhaltenden Landregen, die sich in den kühleren Jahreszeiten bilden, geben an den Boden weit mehr Wasser ab, als die Sommerregen, welche schon in den oberen Schichten des erwärmten Bodens zum grössten Theil wieder verdunsten, oder, wenn sie in heftigen Güssen herabfallen, mehr die Flüsse als den Boden mit Wasser versorgen. Am wirksamsten und werthvollsten für den Wald sind die Winterregen oder noch besser Schneemassen, die im Frühjahr langsam schmelzen und den Boden bis in grössere Tiefen mit Wasser tränken. Die permanente Schneedecke, welche sich im Winter in Russland und Schweden findet, ist die Hauptursache der starken Bewaldung dieser Länder, denn die jährliche Gesamtmenge der Regenniederschläge ist dort viel kleiner, als im westlichen Europa. Geringe Winterfeuchtigkeit ist demnach für den Wald viel nachtheiliger, als ein regenarmer Sommer. Wir sehen dies recht deutlich in Südeuropa, wo die Wälder

¹⁾ Siehe „Verhalten des atmosphärischen Wassers zu dem mit einer Grasvegetation bedeckten Boden“ in unserem Werke „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“ S. 217 und 232.

trotz heisser Sommer recht gut gedeihen, wenn nur die Niederschläge im Herbst und Winter reichlich sind. Darüber kann also kein Zweifel sein, dass die Winterfeuchtigkeit für den Wald eine viel grössere Bedeutung hat, als der Sommerregen. Diese Winterfeuchtigkeit dem Waldboden durch Bestandesschluss und durch Schonung der Streudecke möglichst lange zu erhalten, ist eine der wichtigsten Aufgaben des Forstmannes.

Um bemessen zu können, wie lange die verschiedenen Streumaterialien das aufgesaugte Wasser zurückhalten können und wie viele Tage nothwendig sind, bis die nasse Streudecke wieder vollkommen lufttrocken wird, stellten wir

b) bezüglich der wasseranhaltenden Kraft der Streumaterialien mehrere Versuche an, deren Resultate sich im Anhange in der Tab. VI. b. finden. Nach dreitägigem starken Regen liessen wir die zu den Untersuchungen verwendeten, ganz durchnässten Streuproben aus der nahegelegenen Fasanerie holen, bestimmten ihr Gewicht pro bayr. Cubikfuss, liessen sie dann ausgebreitet in einem luftigen Zimmer fast drei Wochen lang liegen und ermittelten täglich ihren Gewichtsverlust, also die verdunstete Wassermenge.

Aus diesen Untersuchungen ist zu entnehmen, dass nasse Buchenlaubstreu (mit 175 % Wasser)

in den ersten 5 Tagen bei einer mittleren Temperatur von	13,6 °R.	103,7 %
nach weiteren 5 " " " " " "	15,9 °R.	65,2 "
" " 5 " " " " " "	18,7 °R.	4,6 "
" " 5 " " " " " "	15,7 °R.	1,5 "
<hr/>		in Sa. 175 %

Wasser verdunstete. Die nach dieser Zeit vollständig lufttrocken gewordene Streu enthielt noch 18 % hygroscopisches Wasser gebunden.

Nasse Fichtennadelstreu (mit 94 % Wassergehalt) verdunstete folgende Wassermengen:

in den ersten 5 Tagen bei einer mittleren Temperatur von	13,6 °R.	53,9 %
nach weiteren 5 " " " " " "	15,9 °R.	36,8 %
" " 5 " " " " " "	18,7 °R.	3,1 %
" " 5 " " " " " "	15,7 °R.	0,0 %
<hr/>		in Sa. 93,8 %

Die lufttrockenen Nadeln enthielten schliesslich noch 15,1 % hygroskopisches Wasser.

Nasse Kiefernadelstreu (mit 144 % Wassergehalt) verdunstete							
in den ersten 5 Tagen bei einer mittleren Temperatur von 13,6 °R.							97,3 %
nach weiteren 5	"	"	"	"	"	15,9 °R.	42,4 "
"	"	5	"	"	"	"	18,7 °R. 4,1 "
"	"	5	"	"	"	"	15,7 °R. 0,0 "
							Sa. 143,8 %

Die lufttrockenen Kiefernadeln hatten 12,2 % hygroskopisches Wasser.

Nasse Moosstreu (mit 234 % Wassergehalt) verdunstete							
in den ersten 5 Tagen bei einer mittleren Temperatur von 13,6 °R.							150,0 %
nach weiteren 5	"	"	"	"	"	15,9 °R.	70,5 "
"	"	5	"	"	"	"	18,7 °R. 11,7 "
"	"	5	"	"	"	"	15,7 °R. 1,8 "
							Sa. 234,0 %

Das lufttrockene Moos enthielt zuletzt noch 14,5 % hygroskopisches Wasser.

Man sieht aus diesen Zahlenreihen, dass Waldmoos am langsamsten austrocknet, während Buchenlaub, Fichten- und Kiefern-Nadelstreu ziemlich gleiches Austrocknungsvermögen besitzen. Im grossen Durchschnitt kann man annehmen, dass im Sommer bei trockenem Wetter und einer mittleren Temperatur von 15—16 °R. nasse Waldstreu an einem mässig luftigen Orte schon nach 10 Tagen den grössten Theil des Wassers verloren hat, und dass sie circa 15—16 Tage braucht, um lufttrocken zu werden; das Moos trocknet etwas langsamer aus und bedarf dazu etwa 3 Wochen.

Einfluss der Streudecke auf die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit.

Da die Existenz des Waldes und der grössere oder geringere Zuwachs der Bäume in erster Linie von der Bodenfeuchtigkeit abhängt, so muss der Forstmann alle Sorgfalt darauf verwenden, den Waldboden vor dem Austrocknen zu schützen und demselben die nöthige Frische zu erhalten. Bekanntlich wird die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit durch jeden geschlossenen Holzbestand sehr wesentlich vermindert, weil innerhalb desselben die Luftbewegung viel schwächer ist, als auf freiem

Felde, und weil in Folge der Beschattung während der wärmeren Jahreszeit die Luft- und Bodentemperatur im Walde bedeutend geringer ist, als auf nichtbewaldetem Terrain. In dieser Wirkung wird aber der Holzbestand noch wesentlich unterstützt durch die Streudecke, welche den Luftzutritt und die Luftbewegung im Boden vermindert und dadurch ebenfalls die Verdunstung mässigt, also zur Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit beiträgt.

Um den Einfluss, welchen der Wald durch seine Beschattung und durch die verminderte Luftbewegung auf die Verdunstung des Bodenwassers ausübt, näher kennen zu lernen und denselben ziffermässig ausdrücken zu können, lassen wir schon seit dem Jahre 1869 an den forstlich-meteorologischen Stationen Bayerns direkte Beobachtungen und Untersuchungen darüber anstellen. Die hierzu verwendeten Evaporationsapparate und die Untersuchungsmethode sind schon in unserem im Jahre 1873 erschienenen Werke über „die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“ S. 169 u. f. näher beschrieben. In einem mit Wasser capillarisch gesättigten Boden von 1 Par. Q.-Fuss Fläche und $\frac{1}{2}$ Fuss Tiefe wurde vom Monat April bis zum September an 6 Stationen die verdunstete Wassermenge sowohl im Freien auf nicht bewaldetem Terrain, als auch innerhalb eines geschlossenen Waldes, und zwar in letzterem mit streubedeckter und mit streufreier Erde bestimmt.

Die Resultate unserer 5-jährigen Untersuchungen finden sich im Anhange in der Tabelle VII.a für jeden einzelnen Monat zusammengestellt. Wir entnehmen derselben folgende bemerkenswerthe Ergebnisse:

a. Einfluss des Waldes (ohne Streudecke) auf die Verdunstung des Bodenwassers.

Bei Boden von gleichem Sättigungsgrad und sonstiger gleicher physischer Beschaffenheit war im fünfjährigen Mittel (1869—1873) die Verdunstung im Walde pro Pariser Q.-Fuss um folgende Cubikzolle geringer, als auf freiem, nicht bewaldetem Felde:

Stationen.	April.	Mal.	Juni.	Juli.	August.	September.
Duschelberg . . .	83	103	110	124	104	141
Seeshaupt . . .	—	217	123	170	179	196
Rohrbrunn . . .	214	271	248	306	246	252
Johanneskreuz . .	104	148	192	184	134	172
Ebrach . . .	125	166	188	248	188	263
Altenfurth . . .	42	157	147	111	102	116
5-jähriges Gesamtmittel	114	177	168	190	159	190
5-jähriges Mittel sämmtlicher Beobachtungen	166 Par. C.-Zoll pro Par. Q.-Fuss.					

Um die Einwirkung des streufreien Waldes auf die Verdunstung des Bodenwassers auch prozentisch ausdrücken zu können, berechneten wir aus den absoluten Zahlen nachstehende Prozente für die einzelnen Stationen. Es wurde dabei die Verdunstungsgrösse auf freiem, nicht bewaldetem Felde = 100 angenommen:

Stationen.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.
Duschelberg . .	60 %	55 %	52 %	50 %	42 %	44 %
Seeshaupt . . .	— „	47 „	54 „	48 „	37 „	39 „
Rohrbrunn . . .	47 „	35 „	31 „	31 „	40 „	29 „
Johanneskreuz .	67 „	57 „	42 „	48 „	52 „	40 „
Ebrach	55 „	47 „	38 „	38 „	33 „	28 „
Altenfurth . . .	81 „	53 „	47 „	65 „	49 „	43 „
5-jähr. Gesamtmittel	62 %	49 %	44 %	46 %	42 %	37 %
5-jähriges Mittel sämtlicher Beobachtungen	47 %					

Diesen direkten Bestimmungen zufolge kann man also im grossen Durchschnitt annehmen, dass bei gleichem Sättigungsgrade die Verdunstung des Bodenwassers im Walde ohne Streudecke ca. um die Hälfte geringer ist, als auf nicht bewaldetem Terrain von gleicher Bodenbeschaffenheit.

b. Einfluss des Bestandsschlusses und der Streudecke auf die Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit.

(Vergl. Tabelle No. VII. a. im Anhang).

Der Einfluss des Waldes, resp. seines Kronenschlusses auf die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit wird noch bedeutend (um die Hälfte) vermehrt durch die Mitwirkung der Streudecke, was sich aus folgender Zusammenstellung ergibt.

Im 5-jährigen Durchschnitt war die Verdunstung im streubedeckten Waldboden während der wärmeren Monate pro Pariser Q.-Fuss um folgende Cubikzolle geringer als auf freiem Felde:

Stationen.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.
Duschelberg . .	112	110	143	162	125	171
Seeshaupt . . .	—	314	189	227	236	289
Rohrbrunn . . .	320	347	304	385	333	312
Johanneskreuz .	264	288	289	306	248	263
Ebrach	188	254	248	350	247	329
Altenfurth . . .	110	265	231	253	163	164
5-jähr. Gesamtmittel	219	263	217	277	225	254
5-jähriges Mittel sämtlicher Beobachtungen	248 Par. C.-Zoll pro Par. Q.-Fuss.					

Nehmen wir wieder die Verdunstungsgrösse des Bodens auf freiem Felde = 100 an, so erhalten wir als Verdunstungsgrösse für den streubedeckten Waldboden gegenüber von freiem Felde folgende Prozentzahlen:

Stationen.	April.	Mal.	Juni.	Juli.	August.	September.
Duschelberg . . .	47 0/0	52 0/0	37 0/0	34 0/0	30 0/0	32 0/0
Seeshaupt . . .	— „	24 „	29 „	30 „	17 „	10 „
Rohrbrunn . . .	20 „	16 „	19 „	14 „	19 „	13 „
Johanneskreuz . . .	18 „	17 „	13 „	14 „	12 „	9 „
Ebrach . . .	33 „	19 „	18 „	12 „	11 „	10 „
Altenfurth . . .	50 „	21 „	17 „	19 „	18 „	19 „
5-jähr. Gesamtmittel	34 0/0	25 0/0	22 0/0	20 0/0	18 0/0	15 0/0 1)
5-jähriges Mittel sämmtlicher Beobachtungen	22 0/0					

Vergleichen wir diese letzte gewonnene Prozentzahl mit jener, die den Einfluss des Waldes als solchen ausdrückt, so tritt die Bedeutung der Streudecke als Erhalterin der Bodenfeuchtigkeit recht deutlich hervor; denn während gegenüber einer nicht bewaldeten Fläche im streufreien Waldboden die Verdunstung des Wassers im grossen Durchschnitt 47 0/0 beträgt, ist die Verdunstung im streubedeckten Waldboden nur 22 0/0 von jener auf freiem Felde. Ist daher streubedeckter Waldboden und vegetationsloser Boden im Freien mit Wasser gleich stark gesättigt, so verliert ersterer in derselben Zeit durch Verdunstung nur den vierten bis fünften Theil, also durchschnittlich 4—5 mal weniger Wasser als letzterer. Wenn demnach der Boden, z. B. nach der Schneeschmelze, bis in grössere Tiefen mit Winterfeuchtigkeit möglichst gesättigt ist, so verdunstet aus dem streubedeckten Waldboden in der darauf folgenden wärmeren Jahreszeit um 78 0/0 weniger Wasser 2), als aus nicht bewaldetem kahlem Boden; davon kommen auf Rechnung der Streudecke 25 0/0

1) Die von Monat zu Monat stattgefundenene regelmässige Verminderung der Verdunstung und dadurch herbeigeführte grössere relative Wirkung der Streudecke erklärt sich durch den Umstand, dass immer im April die Evaporationsapparate mit Erde frisch gefüllt und mit der betreffenden Streudecke versehen wurden. Sowohl Erde, als Streumaterial setzten sich mit der Zeit mehr und mehr zusammen, wodurch der Zutritt der Luft erschwert und damit die Verdunstung vermindert wurde.

2) Jene enormen Wassermengen, welche dem Waldboden durch die Bäume entzogen und durch die Transpiration der Blätter wieder an die Luft abgegeben werden, sind natürlich in diesen Zahlen nicht enthalten, weil sie sich vorläufig noch der Rechnung entziehen.

und auf den Wald 53 %¹⁾. Allgemein bekannt ist daher auch, dass sich die Winterfeuchtigkeit im Walde viel länger erhält, als auf freiem Felde, und dass der Boden unter der Streudecke viel frischer ist, als ohne Decke. Ebenso weiss der Forstmann aus Erfahrung, wie schnell der Waldboden bis in grössere Tiefen austrocknet, wenn starke Streunutzung stattfindet, oder wenn der Holzbestand sehr gelichtet, der Bestandsschluss unterbrochen wird und freie Blössen sich vorfinden.

Die beschriebene Einwirkung des Waldes und der Streudecke auf die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit ist für die Existenz desselben von der höchsten Wichtigkeit; er zieht namentlich im Frühjahr und in den ersten Sommermonaten grossen Nutzen daraus. Im Hochsommer hingegen muss bei anhaltend trockenem Wetter selbst der Waldboden trotz seines Schutzes nach und nach austrocknen, denn wenn auch durch die Beschattung des Waldes und durch die Wirkung der Streudecke die Verdunstung des Bodenwassers viel langsamer stattfindet als auf kahlem Felde, so wird ihm dagegen durch die Wurzeln der Bäume so viel Wasser entzogen, dass es uns bei anhaltender Dürre nicht befremden kann, wenn selbst im geschlossenen Holzbestande und unter der Streudecke der Boden mehr oder weniger trocken erscheint. Dieses Austrocknen des Waldbodens wird um so früher und um so schneller eintreten, je sand- oder kalkreicher er ist, je stärkere Streunutzung stattfindet, und je lichter der Holzbestand ist. Wenn also im Sommer nicht durch zeitweise starke Regen das verdunstete und durch die Vegetation verbrauchte Wasser wieder ersetzt wird, so kann unter solchen abnormen Verhältnissen von einer Wirkung des Waldes und der Streudecke auf die Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit keine Rede mehr sein; es befindet sich im Gegentheil dann der kahle nicht bewachsene Boden im Freien unter günstigeren Verhältnissen als der Waldboden, indem er nicht nur schwache Regen und die nächtlichen Thauiederschläge in sich aufnehmen kann, sondern auch keine Feuchtigkeit durch die beim Wachstum unserer Pflanzen statthabende, sehr starke Wasserverdunstung verliert. Ein kahler,

¹⁾ Dieses mittlere fünfjährige Resultat weicht nicht bedeutend von dem zwei-jährigen Ergebniss ab, das in dem oben bezeichneten Werke bereits früher publicirt wurde. Wir fanden damals, dass der streubedeckte Wald gegenüber einer unbewaldeten Fläche 85 % Bodenfeuchtigkeit erspart, wovon 63 % auf den Wald und 22 % auf die Streudecke kamen.

unbedeckter Boden verliert im Sommer bei anhaltender Hitze zwar auch enorme Wassermengen, doch ist diese Wasserverdunstung des unbedeckten Bodens nicht so bedeutend, als die durch das Pflanzenwachsthum bedingte Transpiration (Wollny).

Dadurch erklären sich die oben erwähnten vielfach gemachten Erfahrungen, dass bei anhaltender Dürre der Waldboden nicht selten trockener ist, als der unbewachsene Boden auf freiem Felde, und dass auf Kahlschlägen, namentlich auf grasfreiem bearbeitetem Boden, die jungen Culturpflanzen der Dürre oft leichter widerstehen, als unter dem Schutz der Mutterbäume.

Wir hielten es für nothwendig, auf diese Verhältnisse aufmerksam zu machen, um einer falschen Deutung obiger Zahlen, die die Wirkung des Waldes und der Streudecke auf die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit ausdrücken, vorzubeugen.

Einfluss der Streudecke auf die durch den Boden gesickerten Wassermengen.

Jener Theil der in den Boden eingesickerten Niederschläge, welcher in den Poren desselben zurückgehalten und capillarisch gebunden wird, wird theils von den Wurzeln der Bäume aufgenommen, theils verdunstet er wieder und geht auf diese Weise dem Boden nach und nach verloren. Sind bei stattfindendem Regen die oberen Bodenschichten einmal mit Wasser capillarisch gesättigt, so folgt der Ueberschuss der Niederschläge dem Gesetze der Schwere, dringt in grössere Tiefen ein und dient zur Speisung des Grundwassers, der Quellen und Flüsse. Alle grösseren Zwischenräume des Bodens, welche nicht capillarisch wirken können, also auch die zahlreichen kleinen Kanäle, Risse und Sprünge, von welchen der Boden durchzogen ist, bilden vorzugsweise die vielfach verzweigten Wege, welche das überschüssige tropfbar flüssige Wasser dem Untergrunde und grösseren Tiefen zuführen.

Wenn daher in trockenen Sommern von Zeit zu Zeit wieder ergiebige Regen eintreten, so sättigt sich im Walde zunächst die Streudecke und dann auch die obere Schichte des Bodens mit Wasser. Ist dieses geschehen, so dringt allmählig das Wasser immer tiefer ein, der Ueberschuss sickert durch den Boden hindurch und wird den Quellen zugeführt. Da nun im Walde unter der Streudecke die Verdunstung 4—5 mal geringer ist, als auf dem stark erwärmten Boden im Freien, da ferner an Gebirgsabhängen das rasche

Abfliessen des Regenwassers durch den Wald und seine Streudecke vermindert wird, so muss im Sommer von der gleichen Niederschlagsmenge in den Waldboden mehr Wasser eindringen, als in den kahlen Boden des freien Landes ¹⁾. Es sind deshalb auch im grossen Durchschnitt die durch den Waldboden gesickerten Wassermengen grösser, als jene auf freiem Felde. Dies wird durch unsere direkten Untersuchungen, welche mit Lysimetern seit 1868 an den forstlich-meteorologischen Stationen in Bayern angestellt werden, bestätigt ²⁾.

Zu gleichem Resultate gelangten die Beobachter an den forstlich-meteorologischen Stationen im Canton Bern (vergl. die veröffentlichten Ergebnisse derselben).

Uebrigens kann diese höchst wichtige Frage noch lange nicht als abgeschlossen betrachtet werden, da die dazu verwendeten Apparate (Lysimeter) keine zuverlässigen und den natürlichen Verhältnissen entsprechenden Resultate liefern können. Es müssen daher entweder andere Vorrichtungen getroffen werden, um die durch den Boden gesickerten Wassermengen kennen zu lernen, oder es muss von Monat zu Monat der Wassergehalt bewachsener und unbewachsener Böden in verschiedenen Tiefen, sowohl in trockenem als in nassen Jahren, quantitativ bestimmt werden, um feststellen zu können, welchen Einfluss die Vegetation, vor Allem der Wald, dann das Wiesengras und die Ackergewächse auf den Feuchtigkeitsgrad des Bodens haben. Es wäre dies eine sehr verdienstvolle und dankbare Aufgabe der forstlichen Versuchsstationen.

Einfluss des Waldes und der Streudecke auf die Bodenwärme.

Aus den sechsjährigen regelmässigen Temperaturmessungen, welche an den 7 forstlich-meteorologischen Stationen Bayerns ausgeführt wurden, ergibt sich, dass der streubedeckte Waldboden nach dem Gesamtdurchschnitt sämtlicher 6-jähriger Beobachtungen

a) im Jahresmittel um folgende Reaumur'sche Grade kälter war, als nicht bewaldeter Rasenboden:

¹⁾ Da auf dem Kronenschirme des Waldes 25—30 % Wasser zurückgehalten wird, so empfängt der Ackerboden durch Regen entsprechend mehr Wasser als der Waldboden.

²⁾ Vgl. E. Ebermayer, „die physik. Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden.“ S. 218.

An der Oberfläche	in $\frac{1}{2}$ Fuss	in 1 Fuss	in 2 Fuss	in 3 Fuss	in 4 Fuss	
um	1,35	1,35 °	1,45 °	1,52 °	1,57 °	1,51 °

b) während der Sommermonate (Juni, Juli, August) war der Waldboden um folgende Grade kälter als nicht bewaldeter Boden:

An der Oberfläche	in $\frac{1}{2}$ Fuss	in 1 Fuss	in 2 Fuss	in 3 Fuss	in 4 Fuss	
um	2,72 °	2,89 °	3,10 °	3,24 °	3,19 °	3,03 °

c) während der Wintermonate (Dezember, Januar, Februar) ist die Differenz viel geringer, der Waldboden ist sogar theils wärmer (+), theils kälter (—) als nicht bewaldeter Boden:

An der Oberfläche	in $\frac{1}{2}$ Fuss	in 1 Fuss	in 2 Fuss	in 3 Fuss	in 4 Fuss	
und zwar um	— 0,09 °	+ 0,18 °	+ 0,10 °	+ 0,13 °	+ 0,01 °	— 0,08 °

d) die höchste im Sommer beobachtete Temperatur war im Waldboden um folgende Grade geringer, als auf nicht bewaldetem Felde:

An der Oberfläche	in $\frac{1}{2}$ Fuss	in 1 Fuss	in 2 Fuss	in 3 Fuss	in 4 Fuss	
um	5,35 °	4,79 °	3,31 °	4,18 °	3,24 °	3,11 °

e) die niedrigste im Winter beobachtete Temperatur sank im Waldboden niemals so tief, als im nicht bewaldeten Boden; ersterer war um folgende Grade wärmer als letzterer:

An der Oberfläche	in $\frac{1}{2}$ Fuss	in 1 Fuss	in 2 Fuss	in 3 Fuss	in 4 Fuss	
um	0,65 °	0,43 °	0,39 °	0,19 °	0,08 °	0,01 °

f) das Temperatur-Minimum betrug im sechsjährigen Durchschnitt:

An der Oberfläche	in $\frac{1}{2}$ Fuss	in 1 Fuss	in 2 Fuss	in 3 Fuss	in 4 Fuss	
im nicht bewaldeten Boden:	— 5,06	— 2,73	— 0,93	0,49	1,37	1,91
im Waldboden	— 4,41	— 2,30	— 0,54	0,68	1,45	1,90

Aus diesen Beobachtungen lassen sich bezüglich des Einflusses des Waldes und der Streudecke auf die Bodenwärme folgende Hauptresultate ableiten:

1. Im Sommer und bei grosser Hitze ist der Einfluss des Waldes auf die Bodentemperatur weitaus grösser als zu jeder anderen Jahreszeit. Im grossen Durchschnitt ist im Waldboden die mittlere Temperatur von der Oberfläche bis zu 4 Fuss Tiefe um 3° geringer, als auf unbewaldetem Felde; das Temperatur-Maximum ist durchschnittlich von der Oberfläche bis zu $\frac{1}{2}$ Fuss sogar um 5°, von 1 bis 4 Fuss über 3° geringer.
2. Ganz unbedeutend, fast gleich 0, ist dagegen die Einwirkung des Waldes und der Streudecke auf die Bodenwärme im Winter, — eine Thatsache, die sich jedenfalls aus der vorhandenen Schneedecke erklären lässt. Selbst die niedrigsten Temperaturen sind im Waldboden bis zu 1 Fuss

durchschnittlich höchstens um $\frac{1}{2}^{\circ}$ geringer als auf nicht bewaldetem Rasenboden; von 2 Fuss an ist fast gar kein Unterschied mehr bemerkbar.

3. Der Waldboden gefriert zwar bis zu derselben Tiefe wie ein Wiesenboden, aber der höchste Kältegrad ist in jenem etwas geringer als in letzterem. Durchschnittlich dringt der Winterfrost in bewaldetem und nicht bewaldetem Boden nur bis zu 1 Fuss Tiefe ein; sehr selten und nur ausnahmsweise gefriert der Boden bis zu 2 Fuss Tiefe.
4. Bezüglich der mittleren Jahrestemperatur kann man im Grossen und Ganzen annehmen, dass bis zu $\frac{1}{2}$ Fuss der Waldboden um $1,3^{\circ}$, von 1 bis 4 Fuss dagegen um $1,5^{\circ}$ kälter ist, als eine nicht bewaldete Fläche¹⁾.

Dass der Waldboden im Sommer beträchtlich kühler ist, als ein gleicher anderer, nicht bewaldeter Boden erklärt sich durch die Beschattung, d. h. durch die Abhaltung der direkten Sonnenstrahlen, dann durch die Gegenwart der Streudecke, welche als schlechter Wärmeleiter wirkt, und durch den grossen Wärmeverbrauch, der durch Wasserverdunstung und durch die Pflanzenvegetation herbeigeführt wird. Auffallend ist die geringe Einwirkung des Waldes und der Streudecke auf die Bodentemperatur während der Wintermonate; man sollte glauben, dass durch die verminderte Wärmeausstrahlung, welche der vorhandene Holzbestand und die Bodendecke veranlasst, der Waldboden beträchtlich wärmer sein müsste, als das nicht bewaldete freie Feld. Das Ergebniss, zu welchem unsere direkten 6-jährigen Beobachtungen führten, erklärt sich aber durch den Umstand, dass die Schneedecke als schlechter Wärmeleiter auf freiem Felde und im Walde gleiche Wirkung äussert und die Einwirkung des Waldes paralytirt, resp. aufhebt. Doch gewährt die Laub- oder Moosdecke in Ermangelung von Schnee ebenfalls Schutz gegen das rasche und tiefe Eindringen des Frostes und gegen schroffen Temperaturwechsel (plötzliches Gefrieren und schnelles Aufthauen); die Praxis macht davon oft Gebrauch in Pflanzgärten, um junge Pflanzen durch Bedeckung mit Laub, Moos u. s. w. gegen das Ausfrieren im Winter oder gegen Spätfröste zu schützen. Ebenso ist in unseren Gärten eine winterliche Laubbedeckung für manche Gewächse ein unentbehrliches

¹⁾ Es würde uns hier zu weit führen, die näheren Details der angestellten Beobachtungen an den verschiedenen Stationen ziffermässig darzustellen; wir verweisen in dieser Beziehung auf die demnächst erfolgenden Publikationen der sechs-jährigen Ergebnisse aller an den forstl.-meteorologischen Stationen Bayerns angestellten Untersuchungen.

Schutzmittel. Doppelt wohlthuend und erwünscht muss der Schutz, den die natürliche Bodendecke gewährt, für den Wald sein, weil flach unter derselben viele feine Wurzelfasern der Holzgewächse hinlaufen, die dadurch im Winter vor dem Erfrieren und im Sommer vor dem Austrocknen bewahrt werden.

In welchem Grade die Bäume durch ihre Krone den Wärmeverlust durch Ausstrahlung vermindern, ergibt sich aus der Thatsache, dass im Frühjahr oder Herbst weder in einem Holzbestande noch unter den Mutterbäumen eines Schlags junge Pflanzen erfrieren, ja dass unter denselben nicht einmal Thau-niederschläge sich bilden können.

**Einfluss der Streudecke auf
die Lockerheit des
Waldbodens.**

Durch Regen, insbesondere durch Platzregen, setzt sich jeder lockere Boden in kurzer Zeit fest zusammen und erlangt eine grosse Dichtigkeit. Ist der Boden einiger-massen thonreich, so wird er durch die mechanische Wirkung der fallenden Regentropfen auf seiner Oberfläche alsbald wasserdicht gemacht, es dringt dann das Regenwasser nur schwer in denselben ein und läuft oberflächlich ab. Bei trockenem Wetter bildet sich auf der Oberfläche solcher Böden bald eine harte Kruste, die sowohl dem Zutritt der Luft, als dem Eindringen des Wassers und der Verbreitung der Pflanzenwurzeln grossen Widerstand entgegengesetzt. Auf mehr sandreichem Boden werden durch den fallenden Regen die feineren Boden-theilchen in die tieferen Erdschichten eingewaschen, während die gröbereren (Sand, Steine) an der Oberfläche zurückbleiben.

Diese nachtheilige Wirkung, welche der fallende Regen auf die Lockerheit des Bodens ausübt, wird im Walde durch die vorhandene natürliche Boden-decke verhindert, und jedem Forstmann ist bekannt, dass durch Streu-nutzung die für die Pflanzenentwicklung so wohlthätige Lockerung des Bodens in hohem Grade beeinträchtigt wird. Bedenken wir weiter, dass unter sonst gleichen Verhältnissen in einem festen Boden vermöge der zahl-reichen Capillarröhrchen das in den tieferen Schichten vorhandene Wasser schneller nach oben geführt wird, als in einem lockeren Boden mit grösseren Zwischenräumen, und dass deshalb auch ein festgedrückter Boden an seiner Oberfläche durch Verdunstung bei weitem mehr Wasser verliert, als ein

geloockerter Boden, so erkennen wir daraus, dass ein der Streu beraubter Waldboden auch aus diesem Grunde schneller und bis in grössere Tiefen austrocknen muss, als streubedeckter Boden ¹⁾.

Nachdem es keinem Zweifel mehr unterliegt, dass durch Bearbeitung und Lockerung des Bodens zwar die oberste Schichte leicht austrocknet, aber die Verdunstung des Wassers in den unteren Bodenschichten dadurch geschwächt wird, so können wir uns nun auch erklären, warum bei anhaltender Trockenheit junge Culturpflanzen mit möglichst langen Wurzeln auf einem bearbeiteten und von Unkraut befreitem Boden der Dürre leichter widerstehen, als auf festem, zusammengedrücktem Boden. Sogar in den Steppen, wie im südlichen Russland, hat sich deshalb die Bearbeitung des Bodens und die Beseitigung des Bodenüberzuges als das beste Mittel bewährt, um solche trockene Böden aufzuforsten ²⁾.

Selbst wenn die obere Krume des Bodens nur durch Eggen tüchtig gelockert ist, verlieren die tieferen nicht bearbeiteten Bodenschichten weniger Wasser als auf unbearbeitetem festem Boden, weil durch die Lockerung die Capillarität und damit das rasche Aufsteigen des Wassers bis an die Bodenoberfläche unterbrochen, mithin auch die Verdunstung vermindert wird. (Wohlthätige Wirkung des Behackens der Reihensaat bei trockenem und geschlossenem Boden).

¹⁾ Das Verhalten des lockeren und festen Bodens zur Aufsaugung und Verdunstung des Wassers wurde schon früher durch Untersuchungen von Nessler, in neuester Zeit durch ausgedehnte Versuche von Arthur Schlegel nachgewiesen. (Siehe Centralblatt für Agriculturchemie, Februarheft 1875. S. 84.)

²⁾ Dass in einem bearbeiteten und gelockerten Boden auch die Thau Niederschläge stärker sind, und das Regenwasser leichter eindringt, als in festem Boden, ist bekannt und braucht kaum erwähnt zu werden.

IV.

Die chemischen Veränderungen der Streudecke in den Wäldern

und ihre

chemische Einwirkung auf den Boden.

1. Die Bildung des Waldhumus.

Nachdem wir im vorigen Abschnitt die physikalischen Einwirkungen der Waldstreu auf den Boden und in früheren Kapiteln die Veränderungen kennen gelernt haben, welche die Blattorgane und die Aeste der Bäume vor ihrem Absterben und ihrer Ablösung vom Baume erleiden, müssen wir nun noch die verschiedenen chemischen Zersetzungen näher ins Auge fassen, welchen die vegetabilischen Reste der Waldbodendecke beim Liegen an feuchter Luft mit der Zeit unterworfen sind.

Täglich können wir in gut geschlossenen Wäldern beobachten, dass die vegetabilischen Ueberreste, welche das Material zur Humusbildung liefern (die abgefallenen Blätter und Nadeln, das Dürholz, die Rindenschuppen, Zapfen- und Samenhüllen, das absterbende Moos, Gras und andere Unkräuter, die im Boden befindlichen Wurzelstöcke und Wurzeln), durch Einwirkung feuchter Luft in kürzerer oder längerer Zeit mürbe und locker werden, dass sie ihren Zusammenhang und ihre Form mehr und mehr verlieren, sich dabei immer dunkler färben und endlich in eine braunschwarze bis schwarze pulverförmige Erde umwandeln, die man Humus nennt. Aber auch diese schwarze Feinerde zersetzt sich mehr und mehr und verschwindet schliesslich ganz, indem

sie in unsichtbare Gase (Kohlensäure, Wassergas, Ammoniak) übergeht, die vom Boden zurückgehalten werden, theilweise auch in die Luft entweichen. Von der vegetabilischen Substanz bleibt schliesslich im Boden nichts weiter zurück, als die Asche oder die Mineralstoffe derselben.

Diese Veränderungen und Zersetzungen lassen sich an der Bodendecke eines jeden geschlossenen Waldes leicht verfolgen. Zu oberst besteht dieselbe aus den frisch abgefallenen Blättern und Nadeln, die mit der Zeit durch den Druck des Schnees und durch den Regen schichtenweise zusammengedrückt werden; in den tieferen Lagen sind die Waldabfälle schon mürbe und faserig und in den tiefsten Schichten werden sie pulverig und schwarz und gehen in den eigentlichen Humus über, der den Boden in mehr oder minder mächtigen Schichten bedeckt und durch das Regenwasser auch in die obersten Bodenschichten einige Centimeter tief eingewaschen wird ¹⁾.

Mit dieser Umwandlung vegetabilischer oder thierischer Stoffe in Humus ist stets eine Gewichts- und Volumverminderung derselben verbunden ²⁾. Ein im Freien liegender Streu- oder Misthaufen wird deshalb von Jahr zu Jahr kleiner und verschwindet endlich ganz, wenn nicht neues Material dazu gebracht wird. Dieselbe Erfahrung können wir in jedem Wald- oder Ackerboden machen; findet keine neue Zufuhr organischer Stoffe in Form von Blättern, Dünger etc. statt, so ist bald sämmtlicher Humus aus dem Boden verschwunden.

Diese Zersetzung pflanzlicher oder thierischer Stoffe, welche, wie wir weiter unten sehen werden, unter Vermittlung eines Ferments (winzig kleiner Pilze) bei Ueberschuss an Luft resp. Sauerstoff, also bei ungehindertem Luftzutritt, dann bei einem gewissen Wärme- und Feuchtigkeitsgrade stattfindet, bezeichnet man als „Verwesung.“ Alle abgestorbenen Pflanzen- und Thierstoffe werden durch die Verwesung in flüchtige, unsichtbare Gase und in feste Produkte (Humus) umgewandelt, die sich zuletzt gleichfalls bis auf einen kleinen Rückstand (Asche) in gasförmige Stoffe auflösen. Sowohl die gasförmigen Verwesungsprodukte als auch die zurückbleibenden Mineralstoffe dienen den grünen

¹⁾ Im Ackerboden ist der aus dem untergepflügten Dünger, aus Stoppeln, Gras- und Kleeschwarten, aus Wurzelrückständen entstandene Humus mit der Ackerkrume innig vermischt.

²⁾ Senft hat wiederholt beobachtet, dass aus einer 1 Fuss mächtigen Buchenlaubablagerung nur eine kaum 1 Linie dicke Humusdecke entsteht. (Senft, „die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen,“ Leipzig 1862 bei Engelmann.)

Pflanzen wieder zur Ernährung und zum Aufbau ihrer Organe. Da aber die vollständige Zersetzung der Streumaterialien im Walde nicht so rasch stattfindet, als sie durch Blatt- und Nadelabfall etc. erneuert werden, so muss sich an der Oberfläche des Waldbodens eine mehr oder weniger mächtige Humusschichte anhäufen.

Jede Verwesung beruht auf einer langsamen Verbrennung oder Oxydation organischer Stoffe an der Luft; wie alle brennenden Körper nehmen auch verwesende Substanzen unausgesetzt Sauerstoff aus der Atmosphäre auf und geben dafür Kohlensäure und Wasser ab. Ebenso ist die Wärmequantität, welche bei der Verwesung organischer Stoffe gebildet wird, ganz genau eben so gross, als jene, die sich bei der Verbrennung einer gleichen Gewichtsmenge der betreffenden Substanz entwickelt. Ob ein Stück Holz im Ofen verbrennt, oder ob es im Walde verwest, ist bezüglich der erzeugten Wärmequantität ganz gleich. Da aber die langsame Verbrennung oder Verwesung viel langsamer stattfindet, als die lebhaftere Verbrennung, so wird auch die erzeugte Wärmemenge auf viel längere Zeit vertheilt; es muss mithin die Wärmeintensität oder der Temperaturgrad, welchen verwesende Körper hervorbringen, viel geringer sein, als derjenige ist, welcher bei der Verbrennung entsteht. Von der bei der Verwesung erzeugten Wärme kann man sich leicht an jedem Misthaufen überzeugen. Im Innern ist derselbe so warm, dass er raucht, d. h. sichtbare Wasserdämpfe entweichen.

Bedingungen der Verwesung und Humusbildung.

Bei der Humusbildung oder Verwesung organischer Stoffe sind verschiedene Faktoren thätig, die vorhanden sein müssen, wenn die chemischen Vorgänge ihren normalen Verlauf nehmen sollen.

Betheiligung gewisser Pilze bei der Verwesung und Fäulniss organischer Substanzen.

Bisher hat man die Verwesung organischer Stoffe blos der Einwirkung von Luft, Wärme und Feuchtigkeit zugeschrieben; durch jahrelange fortgesetzte sorgfältige experimentelle Untersuchungen und Beobachtungen wurde, aber von hervorragenden Naturforschern (de Barry, Schwann, Schroeter, Pasteur, Cohn, Hofmann u. s. w.) nachgewiesen, dass diese Agentien allein weder Verwesung noch Fäulniss veranlassen können. Sowie der Zucker bei der Gährung

geistiger Getränke (Alkoholgährung) niemals von selbst in Weingeist und Kohlensäure und einige andere Produkte (Glycerin und Bernsteinsäure) zerfällt, sondern immer nur durch ein organisirtes Ferment (durch Hefepilze, deren Keime in der Luft vorhanden sind) zur Gährung veranlasst wird, ebensowenig können abgestorbene vegetabilische oder thierische Stoffe von selbst sich zersetzen; ihre Verwesung und Fäulniss beginnt nur dann, wenn zu denselben gewisse lebende mikroskopisch kleine pflanzliche Organismen (Bakterien oder andere Pilze ¹⁾ von Aussen zutreten können ²⁾). Selbst Stoffe, die sehr leicht zur Fäulniss geneigt sind, wie Blut, Fleisch, Speichel, Harn, Eiweiss, Eigelb,

¹⁾ Bakterien (*βακτηρίον*, Stäbchen) sind die kleinsten Organismen, die wir bis jetzt kennen. Sie bestehen aus chlorophyllosen Zellen und bilden eine besondere Abtheilung der Pilze. Ihre Vermehrung findet durch fortgesetzte Zweitheilung statt; sie haben entweder eine kugelige, oblonge oder cylindrische, mitunter gedrehte oder gekrümmte Gestalt. Unter günstigen Verhältnissen (10—40° Wärme, reichliche Nahrung und Anwesenheit von Sauerstoff) bewegen sie sich meist sehr lebhaft, weshalb sie früher auch für Thiere (Infusorien) gehalten wurden; unter weniger günstigen Verhältnissen sind sie bewegungslos. Es giebt verschiedene Gattungen: Kugelbakterien, Stäbchenbakterien, Fadenbakterien und Schraubengebakterien. Die Fäulniss wird durch gewisse Stäbchenbakterien (*Bacterium Termo*) erregt und veranlasst. Wer sich über diese höchst interessanten mikroskopischen Organismen gründlicher belehren will, dem empfehlen wir zum Studium: Cohn's „Beiträge zur Biologie der Pflanzen“, II. Heft. Breslau 1872, Kern's Verlag.

²⁾ Gährung, Fäulniss und Verwesung sind Zersetzungsprozesse organischer Stoffe, die sehr viel Aehnlichkeit mit einander haben und durch mikroskopisch kleine Organismen veranlasst werden. Unter Gährung versteht man chemische Zersetzungen gelöster stickstofffreier organischer Substanzen (z. B. des Zuckers im Traubensaft, in der Bierwürze), die durch die Lebensthätigkeit gewisser chlorophyllfreier Organismen (Pilze) erregt und hervorgebracht werden. Die Gährung kann auch bei Abwesenheit von Sauerstoff (Luft) vor sich gehen. Unter Fäulniss versteht man chemische Zersetzungen stickstoffreicher organischer Stoffe (Eiweissstoffe), die ausschliesslich durch Bakterien auch bei mangelhaftem Luftzutritt bewirkt werden. Der Fäulniss unterliegen sehr leicht thierische Stoffe, wie Fleisch, Blut, Urin, oder stickstoffreiche Pflanzentheile, wie Samen, wenn überschüssiges Wasser vorhanden ist. Verwesung ist ein durch niedrige Organismen (Schimmelpilze) vermittelter Oxydationsprozess organischer Stoffe, der nur bei vollem Luft- oder Sauerstoffzutritt stattfindet und dem namentlich abgestorbene Pflanzentheile unterworfen sind, die aus Cellulose und anderen Kohlenhydraten bestehen und nur wenig Eiweissstoffe enthalten. Diese organischen Verbindungen werden dabei in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak umgewandelt. In einer Mischung von Cellulose, Zucker und Eiweissstoffen können Gährung, Fäulniss und Verwesung gleichzeitig vor sich gehen, wie z. B. in Aepfeln und anderen Obstsorten. Der Verwesung am nächsten steht die sogenannte Essiggährung, bei welcher gleichfalls durch Oxydation der Alkohol weingeisthaltiger Flüssigkeiten in Essigsäure verwandelt wird.

Milch u. s. w. gehen auch bei Zutritt der Luft oder des Sauerstoffs nicht in Fäulniss über, wenn man die etwa schon vorhandenen Bakterienkeime durch Kochen (Siedehitze) tödtet und dann Sorge trägt, dass mit denselben keine Bakterienkeime mehr in Berührung kommen¹⁾. Wären nicht in der Luft und in jedem Wasser (Regen-, Schnee- und Brunnenwasser u. s. w.) Bakterien- und andere Pilzkeime enthalten, dann könnten vegetabilische und thierische Stoffe weder faulen noch verwesen. Durch den Staub, der aus der Luft herabfällt und an der Oberfläche aller Gegenstände haftet, dann aber insbesondere durch die meteorischen Niederschläge werden den abgestorbenen Pflanzen- und Thiertheilen die zu ihrer Fäulniss und Verwesung nothwendigen Bakterien- und Pilzkeime in grosser Menge zugeführt. Unter Mitwirkung von Luft (Sauerstoff), Wärme und Feuchtigkeit entwickeln sich dann die Bakterienkeime in der faulenden organischen Substanz in kurzer Zeit massenhaft; sie ernähren sich vorzugsweise auf Kosten der stickstoffhaltigen Eiweissstoffe derselben und erhalten dadurch das Material zu ihrer Zellenbildung²⁾. So lange die Fäul-

¹⁾ Es kann dies dadurch geschehen, dass man die betreffende Substanz in einem Glaskölbchen so lange kocht, bis man annehmen kann, dass sie 100° C. angenommen hat, und dann egtweder den Hals des Kölbchens zuschmilzt, oder mit Baumwolle verstopft, oder auch mit einer hackenförmig abwärts gebogenen engen Röhre verschliesst, um das Eindringen von Bakterienkeimen in die Versuchsflüssigkeit zu hindern. Durch die Baumwolle werden die in der Luft enthaltenen Bakterienkeime abfiltrirt. — Auch die bekannte Appert'sche Aufbewahrungsmethode aller Arten von Nahrungsmitteln beruht auf dem Principe, dass durch Siedehitze die Fäulnissbakterien getödtet werden, und dass keine Fäulniss oder Gährung eintreten kann, wenn dann der zu conservirende Stoff in luftdicht verschlossenen Gefässen aufbewahrt, d. h. Sorge getragen wird, dass keine Luft und damit keine Pilz- oder Bakterienkeime dazu treten können.

²⁾ Es lassen sich leicht Myriaden von Fäulnissbakterien züchten, wenn man thierische oder vegetabilische Stoffe z. B. Heu, Erbsen, Bohnen und andere Pflanzensamen in einem Glase mit Wasser faulen lässt. Die trübe, milchige, stinkende Flüssigkeit, welche sich nach kurzer Zeit bildet, ist von unzähligen Bakterien dicht erfüllt. In diesen „Aufgüssen“, wie überhaupt in faulenden Stoffen entwickeln sich zwar gewöhnlich noch verschiedene andere Pilze, auch Infusorien, aber constant nur Fäulnissbakterien (Bakterium Termo). Die weisse milchige Trübung, welche faulendes Wasser, faulender Urin etc. zeigt, rührt von den zahlreichen Bakterien her, die sich beim Faulen entwickelten. Bei der Verdunstung faulender Flüssigkeiten und anderer Stoffe werden mit dem Wasserdampf zahllose Bakterien in die Luft fortgerissen. Auch das Sauerwerden der Milch, des Bieres wird durch gewisse Bakterien veranlasst. Da vorzugsweise die stickstoffhaltigen Eiweissstoffe den Bakterien zur Ernährung und zum Wachsthum dienen, so können sie sich auch in stickstoff-

niss und Verwesung fortschreitet, findet eine Vermehrung der Bakterien und Pilze statt, sobald aber die Stoffe verfault und verwest sind, hört auch die Thätigkeit und Vermehrung derselben auf. Verlangsamt wird die Verwesung und Fäulniss, wenn die betreffenden Pilze und Bakterien durch niedrigere Temperatur geringere Lebensthätigkeit entwickeln; die Zersetzungen werden ganz verhindert und zum Stillstand gebracht durch Agentien, welche die Vermehrung der Bakterien und Verwesungspilze hemmen oder dieselben tödten, wie z. B. Siedehitze, Glühhitze, u. s. w. Es giebt aber auch chemische Stoffe, die antiseptisch (fäulnisswidrig) wirken und deshalb als Desinfektionsmittel vielfache Anwendung finden, wie z. B. concentrirte Carbolsäure, Chlor, übermangansaures Kali, verbrannter Schwefel (schweflige Säure) etc. Nach den neuesten Erfahrungen, die Professor Kolbe in Leipzig machte, übertrifft aber die Salicylsäure alle bisher bekannten Desinfektionsmittel, indem sie die Eigenschaft hat, gährungs- und fäulniserregende Substanzen, also Bakterien und andere Pilzkeime, unwirksam zu machen; sie ist daher das beste Mittel, die Gährung, Verwesung und Fäulniss organischer Stoffe, dann die Pilz- und Schimmelbildungen zu verhindern ¹⁾.

Diese mikroskopisch kleinen Organismen leiten die chemischen Prozesse bei der Gährung, Fäulniss und Verwesung ein; durch ihre Lebensthätigkeit (Vegetation) werden die organischen Bestandtheile der faulenden und verwesenden Substanzen chemisch zersetzt, wodurch sich verschiedene neue Produkte bilden. Die Fäulnissbakterien scheinen vor Allem chemisch verändernd auf die Eiweissstoffe wirken zu können und die Fähigkeit zu besitzen, dieselben in

reichen thierischen Stoffen viel leichter und in grösseren Mengen entwickeln, als in stickstoffarmen Pflanzenstoffen. Deshalb gehen aber auch erstere viel schneller und leichter in Zersetzung über, als letztere. Je reiner die Pflanzensubstanz, d. h. je weniger Eiweissstoffe sie enthält, desto weniger ist sie zur Verwesung geneigt. Holz widersteht daher um so mehr der Verwesung und Vermoderung, je ärmer es an Eiweiss (stickstoffhaltigen Stoffen) ist. Kernholz verwest aus diesem Grunde schwieriger als Splintholz.

¹⁾ Diese eminenten antiseptischen Eigenschaften der Salicylsäure sind von höchster Wichtigkeit für die Medicin (bei allen Blutkrankheiten, welche durch Contagien erzeugt werden), für chirurgische Operationen (zur Desinfektion schwerer Wunden und Geschwüre), für die Hygiene, dann für die Conservirung unserer Nahrungsmittel und Getränke. Milch mit einer Spur Salicylsäure versetzt wird im Sommer nicht sauer, eingemachtes Obst, Gemüse, Gurken etc. werden nicht schimmelig, Fleisch damit übergossen fault nicht.

Ammoniak, Schwefelwasserstoff und andere Verbindungen, welche als Produkte der Fäulniss entstehen, zu spalten¹⁾.

Betheiligung des atmosphärischen Sauerstoffs bei der Verwesung und Humusbildung.

Wie alle Pilze während ihrer Entwicklung Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden, so bedürfen auch die Verwesungspilze des Sauerstoffs der Luft; sie vermehren sich deshalb am stärksten, wenn sie möglichst reichlich mit Luft in Berührung kommen. Der atmosphärische Sauerstoff ist aber auch bei der Bildung der Verwesungsprodukte in hohem Grade theiligt, weshalb möglichst ungehinderter Luftzutritt ein wesentliches Erforderniss der Verwesung und damit auch der Humusbildung ist. Wo der Luftzutritt gehindert ist, z. B. unter Wasser oder im Untergrunde des Bodens, wenn vege-

¹⁾ Da die Bakterien als Fermente wirken und chemische Zersetzungen organischer Stoffe herbeiführen, so ist auch verständlich, dass jene Bakterien, die sich im lebenden Organismus vermehren können (die sog. contagiösen oder pathologischen, welche grösstentheils zu den Kugelbakterien gehören) verschiedene Krankheiten veranlassen können, sobald sie auf irgend eine Weise z. B. durch Einathmen in den menschlichen oder thierischen Körper gelangen und sich dort entwickeln. Es ist nachgewiesen, dass die Blattern, die Pyämie, Scharlach, Masern, Diphtheritis, Typhus, Wechselfieber, wahrscheinlich auch Cholera, dann Rotz, Lungenseuche, Milzbrand und andere Krankheiten lediglich durch gewisse Pilze verursacht werden. Die Fäulnissbakterien, deren Keime wir durch den Luftstaub massenhaft einathmen, sind unschädlich, weil sie höchst wahrscheinlich durch den ozonisirten Sauerstoff des Blutes vernichtet und unwirksam gemacht werden. (Dingler's „Polytechnisches Journal“ Bd. 212. 1874. S. 353).

Von den zahlreichen, durch Pilze bewirkten Krankheiten der Culturgewächse sollen hier nur erwähnt werden: der Getreidebrand, die Kartoffelkrankheit und die Traubenkrankheit. Dass gewisse Pilze auch die Ursache der Krankheiten vieler Waldbäume sind, ist bekannt; vergl. Rob. Hartig „Krankheiten der Waldbäume“ und M. Willkomm „die mikroskopischen Feinde des Waldes“; sogar das Leuchten faulen Holzes wird durch die Lebensthätigkeit eines Pilzes hervorgebracht, es hört deshalb dieses Phänomen sogleich auf, wenn der Pilz getödtet oder ihm der nöthige Grad von Feuchtigkeit entzogen wird. Bemerkenswerth ist endlich noch, dass gewisse Kugelbakterien sog. Pigmentbakterien, welche sich in feuchter Luft auf Fleisch, Brod, auf gekochten und rohen Kartoffelscheiben, auf Kleister, Mehlbrei, auf Eiter u. dergl. oft massenhaft entwickeln, schleimige Massen bilden und in Folge ihrer Lebensthätigkeit sehr verschiedene Farbstoffe, rothe, gelbe, orange, grüne, blaue, violette, braune erzeugen. Es gehört hieher das „blutende Brod“ (Hostien), das „Rothwerden der Speisen“, der sog. grüne Eiter u. s. w. („Beiträge zur Biologie der Pflanzen“. Von F. Cohn II. Heft.)

tabilische Stoffe von Thon, Sand- oder Geröllschichten bedeckt sind, geht die Zersetzung viel langsamer vor sich, es werden auch theilweise andere Produkte gebildet (hauptsächlich Kohlenwasserstoff oder Sumpfgas), als bei voller Luft-einwirkung. Man bezeichnet diesen von der Verwesung etwas verschiedenen Zersetzungsprocess vegetabilischer Stoffe bei beschränktem Luftzutritt auch als „Vermoderung“¹⁾. Beide Prozesse (Verwesung und Vermoderung) verlaufen häufig in einer und derselben Substanz neben einander: Aussen, wo die Luft Zutritt hat, ist vorherrschend Verwesung, im Innern vorherrschend Vermoderung oder auch Fäulniss.

Dass bei ergiebigem Luftzutritt die Verwesung sehr rasch vor sich geht, können wir in unsern Wäldern oft genug beobachten. Auf Kahlschlägen, in lichten, schlecht geschlossenen Waldbeständen, auf Blössen, kurz überall dort, wo der Luftzug vermehrt ist (und zugleich durch Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen die Wärme erhöht wird), verschwindet bekanntlich der Humus in kurzer Zeit aus dem Waldboden. Ebenso ist bekannt, dass in lockeren Bodenarten, in denen die Luftbewegung stark ist, z. B. in lockerem Sand-, Kies-, Geröllboden die Verwesung und Zersetzung organischer Stoffe viel schneller erfolgt, als in bindendem Lehm- oder Thonboden, in welche der Luftzutritt viel mehr gehemmt ist²⁾. In schweren thonreichen Böden bleiben deshalb organische Ueberreste und Düngstoffe lange conservirt, während sie in lockerem

¹⁾ Was sich bei der Vermoderung und Fäulniss, welche Liebig mit der trockenen Destillation oder Verkohlung in Parallele gestellt hat, als übelriechende Kohlenwasserstoffe entbindet, erscheint bei der Verwesung, analog der Verbrennung, als geruchlose Kohlensäure und Wassergas. Faulende Stoffe erzeugen daher stets einen mehr oder weniger unangenehmen Geruch, verwesende Körper zersetzen sich dagegen ohne Geruch.

Durch die unter Leitung des Herrn Hoppe-Seiler jüngst von Leo Popoff geführten Untersuchungen („Naturforscher“ 1875, S. 15) wurde nachgewiesen, dass die bei Abschluss der Luft unter Wasser stattfindende Zersetzung pflanzlicher Stoffe eine Gährungserscheinung ist und ebenfalls durch mikroskopische Organismen (rothe, gelbe, grüne Kugellakterien) veranlasst wird. Als Zersetzungsprodukte der Cellulose werden u. A. Kohlenwasserstoffgas (Sumpfgas) und etwas Kohlensäure gebildet, die namentlich im Sommer aus dem Schlamm stehender Gewässer in zahlreichen Gasblasen in die Höhe steigen.

²⁾ Welchen grossen Einfluss die Bodenbeschaffenheit auf die schnellere oder langsamere Zersetzung organischer Stoffe hat, ersehen wir am besten daraus, dass die Zeit, welche eine Leiche zu ihrer vollständigen Verwesung braucht, nach Bodenbeschaffenheit sehr verschieden ist. Es gibt Begräbnisplätze, in welchen eine Leiche binnen 6 bis 7 Jahren vollständig verwest, und andere, in welchen sie 25 bis 30 Jahre braucht, so dass der Boden eine Differenz von 6 bis zu 30 Jahren

leichten Boden rasch verschwinden („zehrende“ oder „hungrige“ Böden). Durch Lockerung und Bearbeitung des Bodens kann daher auch die Humusbildung und dessen weitere Zersetzung wesentlich beschleunigt werden. Im unberührten mit einer doppelten Laubschichte bedeckten Waldboden sehen wir die Zersetzung der Streu zu Humus langsamer vorschreiten, als im aufgelockerten bearbeiteten Boden. Ist die Laubdecke zu dick und besteht sie aus fest zusammenklebenden Schichten, so gehen die unteren, von der Luft mehr oder minder abgeschlossenen Lagen nicht in Verwesung, sondern in Vermoderung über, es bildet sich eine Humusmasse, die blaues Lakmus röthet (sauer reagirt) und von Schimmel- und anderen Pilzen durchzogen ist. Wird diese „Moder-schichte“ tüchtig aufgelockert, so wandelt sie sich in kurzer Zeit in normalen guten Humus um. Ebenso verwesen Pflanzenreste (wie Wurzeln) in den oberen Schichten und in einem lockeren Boden schneller als im Untergrund oder in schwerem Boden.

Betheiligung des Wassers bei der Verwesung und Humusbildung.

Für alle Pilze ist Wasser eine Lebensbedingung, denn es ist zu ihrem Wachsthum und ihrer Entwicklung nothwendig. Ausser Luftzutritt ist daher auch ein gewisser Grad von Feuchtigkeit für die Verwesung und Humusbildung unentbehrlich, aber sowohl zuviel als zu wenig Wasser wirkt der Verwesung entgegen. Im ersten Falle ist die Verwesung wegen mangelhaften Luftzutritts gehindert und geht in Vermoderung über, im letzteren Falle wird sie ganz unterbrochen. Wo in Folge mangelnder zeitweiser Befeuchtung vegetabilische Stoffe, wie Blätter, Holz etc. ganz austrocknen, hört selbst bei beträchtlichem Luftzutritt die Verwesung auf und es tritt höchstens der langsame Trockenmoder an ihre Stelle. Getrocknetes Gemüse, dann trockene Blätter, trockenes Holz, trockene Streu verändern

im Begräbnissturnus bedingen kann. Die Zersetzung erfolgt in jenen Bodenarten am schnellsten, welche der Luft den grössten Zutritt gestatten. Sehr schlagende Erfahrungen hat man darüber im Jahre 1871 auf den französischen Schlachtfeldern namentlich bei Sedan gemacht, wo ein belgischer Chemiker, Louis Creteur, im Auftrage seiner Regierung die dort befindlichen Massengräber zu desinficiren hatte. Die Leichen der Gefallenen lagen bald in Kalkboden, bald in Geröll-, bald in Sand-, bald in Schiefer-, Mergel- oder Lehmboden, die traurige Arbeit dauerte vom 10. März bis 29. Mai. So oft man ein Grab im Geröllboden öffnete, war die Verwesung schon weit fortgeschritten, im Lehmboden waren die Leichen stets noch auffallend conservirt, so dass alle Gesichtszüge noch zu erkennen waren. (Pettenkofer, „Beziehungen der Luft zur Kleidung, Wohnung und Boden.“ Braunschweig, Vieweg 1872.)

sich an der Luft nicht oder nur sehr langsam, dagegen verwesen sie sehr schnell im feuchten Zustande. An allen jenen Oertlichkeiten des Waldes, die den direkten Zutritt der Sonnenwärme gestatten, trocknet im Sommer die Bodenstreudecke und der Humus oft so stark aus, dass ihre weitere Zersetzung auf längere Zeit unterbrochen wird. Es hat daher auch auf die Zeit, während welcher die Waldstreu in Humus übergeht, der Feuchtigkeitsgrad des Bodens, auf welchen das Laub oder die Nadeln fallen, wesentlichen Einfluss. Ist der Boden feucht und hält er sich auch in der wärmeren Jahreszeit in Folge der Beschattung, wie es bei geschlossenen Beständen der Fall ist, frisch, so geht die Verwesung viel schneller vor sich, als auf trockenem Boden.

Am günstigsten für die Verwesung ist jedenfalls ein mässiger Feuchtigkeitsgrad bei gleichzeitiger Einwirkung von Luft, — eine Bedingung, welche wir in gut geschlossenen und beschatteten Holzbeständen an der Streudecke erfüllt finden. Dadurch erklärt sich auch, warum Holz, welches an der Luft liegt, und bald nass, bald trocken wird, in wenigen Jahren morsch oder ganz zersetzt ist, warum ferner eine Holzstange, die man theilweise in den Boden steckt und theilweise in die Luft ragen lässt, gerade an der Stelle, wo sich Luft und Erde berühren, am schnellsten verwest und brüchig wird¹⁾. Seitdem wir durch Schönbein's Untersuchungen wissen, dass bei der lebhaften Verdunstung von Wasser stets etwas Ozon gebildet wird²⁾, und dass Ozon viel kräftiger oxydirend wirkt, als gewöhnlicher atmosphärischer Sauerstoff, ist auch wissenschaftlich erklärt und weiter begründet, warum gerade mässige Feuchtigkeit die Verwesung so sehr begünstigt.

Betheiligung der Wärme bei der Verwesung und Humusbildung.

Bekanntlich hört unter 0° jede Fäulniss, Verwesung und Gährung auf, wie man dies genugsam im Winter an den gefrorenen Leichen kleiner Thiere beobachten kann. Sobald aber höhere Temperatur eintritt, beginnt wieder die Lebensthätigkeit der Fäulnissbakterien und Verwesungspilze und damit auch ihre chemische Thätigkeit. Jedermann

¹⁾ Holz immer unter Wasser gehalten, zersetzt sich bekanntlich nicht, wie uns die Dauer der Pfahlroste aus den ältesten Zeiten genugsam beweist.

²⁾ Von der Ozonbildung durch Verdunstung kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man ein Ozonpapier mit Aether befeuchtet und denselben verdunsten lässt. Nach dem Befeuchten mit etwas Wasser ist das Ozonpapier dunkelblau bis fast schwarz gefärbt (v. Pettenkofer.)

weiss, dass im Winter Fleisch langsamer fault, Milch langsamer gerinnt, Bier später sauer wird, als im Sommer. Ebenso ist bekannt, dass Eis und Frost im Winter die besten Conservierungsmittel unserer Speisen sind. Mammuth-Leichen, welche mit Haut und Haar sich im sibirischen Eise Jahrtausende lang unverändert erhielten, werden in kürzester Zeit durch Fäulniss zerstört, sobald sie durch Schmelzen des Eises einer etwas höheren Temperatur ausgesetzt werden. Ebenso ist bekannt, dass in der Ebene heisser Länder (unter den Tropen) keine Torfmoore existiren, weil die rasche Zersetzung der organischen Stoffe ihre Bildung verhindert; Anhäufungen von Torf findet man dort nur auf hohen (kälteren und nässerem) Gebirgen.

Aus allen diesen Thatsachen folgt, dass ein gewisser Temperaturgrad zur Verwesung und Fäulniss unumgänglich nothwendig ist. Wie sehr die Verwesung durch erhöhte Temperatur beschleunigt wird, lehren uns ausser obigen Beispielen noch verschiedene andere landwirthschaftliche und forstliche Erfahrungen. So z. B. können wir wahrnehmen, dass sich der eingeeckerte Dünger im Sommer bei weitem schneller zersetzt als im Winter; dass der Laubabfall in den Wäldern vom Herbst bis zum Frühjahr kaum eine Veränderung erleidet, während im Sommer die Umwandlung der Streumaterialien in Humus und die weitere gänzliche Zersetzung desselben viel rascher stattfindet, als in der kälteren Jahreszeit. Unter gleichen Verhältnissen wird demnach im wärmeren Boden und in warmen Klimaten die Ansammlung von Humusstoffen wegen beschleunigter Zersetzung eine geringere sein als in kälteren Gegenden. Die durchschnittlich niedrigere Temperatur in grösseren Höhen ist auch die Ursache, warum dort die Verwesung und Zersetzung der Pflanzenabfälle langsamer fortschreitet, und weshalb sich im Hochgebirge in den Wäldern im Allgemeinen weit mehr Pflanzenreste und Humus ansammeln, als in den niederen, wärmeren Lagen. Aus der niederen Temperatur erklärt sich ferner, warum die Nordabhänge humusreicher sind, als die Südabhänge. Ebenso wissen wir, dass im nicht-beschatteten warmen Ackerboden die Zersetzung von Humus viel schneller vor sich geht, als in dem beschatteten kühleren Waldboden, auf dem sich deshalb auch eine grössere Humusmenge anhäufen kann. Sobald aber in den Wäldern die Beschattung unterbrochen und durch Insolation der Boden stärker erwärmt wird, trocknet derselbe nicht nur bald aus, sondern es vermindert sich auch der vorhandene Humus und er verschwindet in Folge der eingetretenen raschen Zersetzung in kurzer Zeit gänzlich. Diese Wahrnehmung kann man nicht

blos auf Kahlschlägen und auf freien Waldblößen, sondern auch in allen schlecht geschlossenen Holzbeständen, dann in allen jenen Waldungen machen, die nur aus lichtbedürftigen Holzarten bestehen, z. B. in reinen Eichen-, Birken-, Lärchen- und Kiefernbeständen, weil sich dieselben im späteren Alter von selbst licht stellen. Desshalb tragen die schattenerzeugenden und schattenertragenden Holzarten, wie Rothbuchen, Tannen, Fichten zur Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit und zur Humusbildung weit mehr bei, als die lichtbedürftigen Holzarten; ebenso erklärt sich aus Obigem der Werth des Bodenschutzholzes und der gemischten Bestände für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit¹⁾.

Beförderungsmittel der Verwesung und Humusbildung.

Ueberall, wo es sich darum handelt, vegetabilische oder thierische Stoffe in möglichst kurzer Zeit in Humus umzuwandeln und eine rasche Zersetzung des letzteren herbeizuführen, muss man für ungehinderten Luftzutritt, für mässige Feuchtigkeit und Wärme Sorge tragen. Es soll daher z. B. Compostdünger in der trockenen Jahreszeit zuweilen mit Wasser oder noch besser mit Jauche begossen und von Zeit zu Zeit umgestochen werden. Wir haben aber auch künstliche Mittel, um die Verwesung von Pflanzenstoffen zu beschleunigen. Dazu gehört vor Allem die Beimischung stickstoffreicher thierischer Substanzen, wie Excremente, Urin, Abfälle in Gerbereien, Schlächtereien u. s. w. Wie sehr dadurch die Zersetzung vegetabilischer Stoffe beschleunigt wird, können wir auf jeder Dungstätte sehen; das Einstreumaterial, nämlich das Stroh, was zum Dachdecken verwendet, jahrelang der Zersetzung widersteht, geht schon binnen wenigen Wochen in Verwesung über, sobald es mit den thierischen Excrementen vermenget ist. Ebenso verwandeln sich feuchte Sägespähne, mit Mistjauche begossen, bald in eine humusartige Masse.

Ein chemisch wirkendes Förderungsmittel der Verwesung ist ferner Asche und kohlensaurer Kalk, den man entweder in Form von Kalkschlamm, Strassen-

¹⁾ Im Ackerboden kann der Humusgehalt erhalten und erhöht werden durch rechtzeitiges Düngen mit Stallmist, durch Gründüngung (mit Lupinen, Wicken etc.), durch den Anbau solcher Pflanzen, die den Boden beschatten, also vor dem Austrocknen schützen und nach der Ernte viel organische Substanz in den Wurzelrückständen zurücklassen, die im Boden später humificirt wird (Rothklee, Luzerne, Esparsette, Erbse, Raps, Lupine, Buchweizen, Wicke u. s. w.).

koth, oder auch als Mergel, als gebrannten Kalk, welchen man vorher durch Liegen an der Luft zerfallen liess, beimischt.

Wie sehr der Kalk die Verwesung befördert, lehrt die bekannte Erfahrung, dass auf kalkreichen Böden die Zersetzung des Düngers weit schneller erfolgt, als auf kalkarmen lehm- und thonreichen Bodenarten; es sammelt sich deshalb auch auf Kalk- und Mergelböden weniger Humus an, als auf kalkfreien Böden.

Verzögert wird die Verwesung und Zersetzung vegetabilischer Stoffe durch Uebermass oder Mangel an Feuchtigkeit, durch Kälte und durch verminderten Luftzutritt.

Unter welchen Standorts- und Bestandsverhältnissen sammeln sich im Walde grössere oder kleinere Humusmengen an?

Jedem Forstmann ist bekannt, dass der Waldboden in dem Maasse fruchtbarer wird, in welchem durch Beschattung, Schonung und Erhaltung der Bodendecke dessen Humusgehalt zunimmt. Es ist daher von Bedeutung alle jene

Verhältnisse zu kennen, von welchen die Menge des Humus in den Wäldern abhängt. Nachdem wir im Vorhergehenden schon mit den Bedingungen und mit den Förderungsmitteln der Verwesung und Humusbildung bekannt gemacht wurden, können wir nun von selbst bemessen, unter welchen Verhältnissen im Walde eine grössere oder geringere Anhäufung von Humus stattfinden wird. Alle darauf bezüglichen forstlichen Erfahrungen lassen sich mit Hilfe dieser allgemeinen Gesetze leicht in ihren Ursachen erklären. So ist es selbstverständlich, dass sich in gut geschlossenen mittelfährigen Beständen mehr Humus ansammelt, als in schlecht geschlossenen oder in alten rückgängigen Beständen. Ebenso wird man in solchen mit dichter Belaubung, wie in Buchen-, Fichten- und Tannenbeständen grössere Quantitäten vorfinden, als in solchen mit dünner Belaubung, wie in Eichen-, Kiefern-, Lärchenbeständen. Der Hochwaldbetrieb mit lang erhaltenem Bestandsschluss muss der Humusbildung günstiger sein, als der Mittelwaldbetrieb und dieser ist wieder besser, als der Niederwaldbetrieb, bei welchem der Boden öfter und in kürzeren Zwischenräumen blossgelegt wird. Hochwaldbetrieb ist desshalb auch am geeignetsten, den Waldboden zu verbessern. Wenn innerhalb einer Hochwaldperiode (100—120 Jahren) keine Streunutzung stattgefunden hat, so kann man sicher darauf rechnen, dass auch schlechter Boden in einen kräftigen Waldboden umgewandelt ist. Gebirgslagen sind der Humusanhäufung günstiger, als das Tiefland; Nord- und Ostseiten,

Mulden und Vertiefungen müssen im Allgemeinen reicher an Waldhumus sein, als Süd- und Westseiten und die dem Winde exponirten Oertlichkeiten, an welchen zugleich auch das Laub weggeweht wird. Auf Blößen, auf Kahlschlägen, in zu stark gelichteten Beständen, dann bei kurzer Umtriebszeit oder Ueberständigkeit der Holzbestände wird bald Humusarmuth eintreten. Unter sonst gleichen Verhältnissen muss endlich thonreicher Boden humusreicher sein, als Kalk- und Sandboden.

Dem Forstmann stehen demnach verschiedene Mittel zu Gebote, um den Humusgehalt des Waldbodens zu erhalten, zu erhöhen oder wirksamer zu machen. Abgesehen von der Erhaltung der Streudecke kann er durch die Wahl geeigneter Holzarten, durch Betriebsart und Umtriebszeit, durch angemessene nicht übertriebene Durchforstung, durch regelrechte Verjüngungsweise, durch Herstellung von Bodenschutzholz, durch Erhaltung des Bestandsschlusses, überhaupt durch Beschattung des Bodens, dann durch Anlage von Schutzstreifen und Waldmänteln in mannigfacher Weise auf vermehrte Humuserzeugung und damit auf Erhöhung der Fruchtbarkeit hinwirken.

**Wie viele Jahre braucht die
Waldstreu zur Humus-
bildung?**

Je mehr Material zur Humuserzeugung aus den Wäldern durch Streurechen entfernt wird, oder je mehr man der austrocknenden Sonne und dem Winde Zutritt in die Wälder gestattet, desto mehr wird zum grössten Nachtheile des Waldes die Humuserzeugung beeinträchtigt, um so schneller nimmt die Fruchtbarkeit des Waldbodens ab, um so mangelhafter wird die Ernährung der Holzgewächse, um so geringer die jährliche Holzerzeugung, und um so schwieriger die naturgemässe Nachzucht der Waldungen. Wir haben schon nachgewiesen, dass nach Witterungs-, Bestands- und Standortsverhältnissen (Bodenbeschaffenheit, Klima, Lage) die Humifikation abgestorbener Pflanzen und Pflanzentheile in kürzerer oder längerer Zeit erfolgt; aber wenn auch alle äusseren Verhältnisse vollkommen gleich sind, so kann man doch oft beobachten, dass die Pflanzenreste nicht gleich schnell verwesen, dass die einen früher, die anderen später in Humus umgewandelt werden. Diese Erscheinung ist leicht erklärbar, wenn wir erwägen, dass auf die raschere oder langsamere Zersetzung der vegetabilischen Stoffe auch ihre Zusammensetzung und ihre sonstige Beschaffenheit wesentlichen Einfluss hat. Es lässt sich darüber im Allgemeinen Folgendes sagen:

- 1) Leicht verwesbar sind alle weichen, saftreichen Pflanzentheile von zarter Struktur, während alle trockenen, harten und holzigen Substanzen der Zersetzung einen grösseren Widerstand entgegensetzen. Grüne lebende Blätter verwesen deshalb schneller, als abgestorbene Blattorgane; diese sowie Stroh, Schilf, Rohr schneller als Holz; bei den weichen Lärchennadeln und dem Moos geht die Humifikation rascher vor sich, als bei den Fichten- und Kiefernadeln; schwer zersetzbar ist das hartstengelige Heidekraut.
- 2) Stickstoffreiche organische Stoffe gehen schneller in Zersetzung über, als stickstoffarme.
- 3) Harz- oder wachsreiche Pflanzentheile erfordern längere Zeit zur Humusbildung, als harzfreie, denn der harzige Ueberzug der Zellmembran erschwert den Zutritt des Sauerstoffs zur organischen Substanz. Die harzreichen Kiefern-, Fichten- und Tannennadeln verwesen deshalb langsamer, als die Laubstreu. Harzreiches Nadelholz widersteht der Verwesung länger, als harzarmes.
- 4) Gerbstoffreiche Substanzen erfordern viel Sauerstoff zu ihrer Zersetzung, weil die Gerbsäure mit grosser Begierde Sauerstoff absorbiert; befinden sich folglich gerbstoffreiche Materialien, wie Eichenblätter, Heidekraut u. dgl. an Orten, zu denen die Luft nicht in hinreichender Menge gelangen kann, wie z. B. im Untergrunde eines nassen Bodens oder unter Wasser, so nimmt der Gerbstoff allein den vorhandenen Sauerstoff in Anspruch und verhindert so die Oxydation oder Verwesung der Pflanzenfaser und den normalen Verwesungsprozess. Bei vollem Luftzutritt und bei Gegenwart einer angemessenen Wärme zersetzt sich die Gerbsäure sehr leicht und schnell. Im gerbstoffhaltigen Eichen-, Birken-, Erlenlaub ist deshalb der Gerbstoff verschwunden, sobald die Blätter einmal in Humus übergegangen sind.
- 5) Kalk- und kalireiche Pflanzen und Pflanzentheile humificiren sich unter sonst gleichen Verhältnissen schneller, als kalk- und kaliarme; sind die Pflanzengewebe stark verkieselt, also von viel Kieselsäure durchsetzt, so verwesen sie langsamer, als bei geringem Kieselsäuregehalt, indem die Kieselsäure den Zutritt des Sauerstoffs zur organischen Substanz verhindert oder erschwert. Im Allgemeinen werden deshalb auch die auf Silikat- (kieselsäurereichen) Böden gewachsenen Blätter und Nadeln langsamer

sich zersetzen, als die auf kalkreichen Böden gewachsenen; ebenso gewesen die kieselsäurearmen Kiefernadeln schneller als die kieselsäurereichen Fichtennadeln.

Wir sehen, dass nach lokalen Verhältnissen ein und dasselbe Streumaterial kürzere oder längere Zeit brauchen wird, um sich in Humus umzuwandeln. Dadurch erklärt sich auch, warum die Angaben über die Zeit, welche die Waldstreu zur Humusbildung braucht, oft bedeutend von einander abweichen. So z. B. gelangte Krutzsch zu dem Resultate, dass Buchenlaubstreu sich innerhalb $2\frac{1}{2}$ Jahren vollständig zersetzt habe, während Jäger für diese Zersetzung einen vierjährigen Zeitraum, Hundeshagen dagegen nicht ganz volle zwei Jahre für nöthig erachtete, und Bartels fand, dass in der Regel schon nach einem Jahre kein beachtenswerther Theil der Laubdecke mehr von der Zersetzung verschont geblieben sei, und dass die unmittelbar unter dem frischen Laubabfalle vorhandene Laubmenge, welche ohne Verletzung der Humusschichte mittelst hölzerner Rechen weggenommen werden könne, in der Regel nur von der letztjährigen Laubproduktion herrühre, dass wenigstens das darunter befindliche ältere Laub einen kaum nennenswerthen Theil der ganzen Masse ausmache ¹⁾. (Vergleiche Seite 52 und 54.)

Nach den Erfahrungen der bayrischen Oberförster, in deren Revieren Streuversuchsflächen angelegt sind, braucht die Laubstreu je nach Bestands- und Standortsverhältnissen in der Regel 2 bis 3, an manchen Orten aber auch 4 bis 5 Jahre,

die Nadelstreu meistens 3 bis 4, unter gewissen Verhältnissen aber auch 5 bis 8 Jahre, bis sie in Humus zersetzt ist.

Die verschiedenen Humusarten.

Durch langjährige Erfahrung der Forst- und Landwirthe wurde nachgewiesen, dass nicht jeder Humus auf die Pflanzen eine gleiche günstige Wirkung ausübt, dass mithin nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität des Humus im Boden verschieden ist. Schon die vielen in der Praxis für die verschiedenen Humusarten gebräuchlichen Benennungen, wie milder, guter, fruchtbarer, saurer, unfruchtbarer, schlechter Humus; kohliger, harziger,

¹⁾ Vergleiche Baur's „Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen“, Oktoberheft 1874. S. 442.

adstringirender, wilder Humus, Rohhumus, Hagerhumus, Heide-, Staub-, Torf-, Sumpf-, Moorhumus u. a. m. deuten darauf hin, dass bezüglich der Qualität oder Güte des Humus grosse Unterschiede gemacht werden. Wissenschaftlich ist darüber noch wenig Sicheres festgestellt. Die Ursache der Verschiedenheit des Humus haben wir zunächst jedenfalls darin zu suchen, dass sowohl die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Materialien, aus welchen der Humus sich erzeugt hat, als auch die äusseren Verhältnisse, unter welchen die Verwesung derselben stattfand, ebenso das Alter oder der Zersetzungsgrad des Humus nicht ohne Einfluss auf seine Eigenschaften sind.

Aus unseren früheren Betrachtungen geht hervor, dass z. B. die pflanzenernährende Kraft des Humus verschieden sein muss, je nachdem die Stoffe, aus welchen er sich bildete, stickstoffreich oder stickstoffarm (thierischen oder vegetabilischen Ursprungs¹⁾ sind, je nachdem sie mehr oder weniger Mineralstoffe (Aschenbestandtheile), namentlich Kali und Phosphorsäure enthalten, schneller oder langsamer verwesen u. s. w. Die Beschaffenheit oder Güte des Humus ändert sich aber auch, wenn die Verwesung nicht unter normalen Verhältnissen stattfindet, und ist mithin auch davon abhängig, ob die Zersetzung bei ungehindertem, bei gehemmttem oder abgeschlossenem Luftzutritt, bei höherer oder niederer Temperatur, auf trockenem, mässig feuchtem, nassem Boden oder unter Wasser vor sich geht; selbst die Zusammensetzung und Cultur des Bodens, in welchem die Humusbildung stattfindet, die Bewirthschaftungsart, die Holzart, die Stärke der Durchforstung, der grössere oder geringere Bestandschluss, die Schlagführung, die Umtriebszeit haben nicht blos Einfluss auf die Quantität, sondern auch auf die Qualität des Waldhumus.

Wie schon oben bemerkt, sind unsere Kenntnisse über die verschiedenen Humusarten noch sehr lückenhaft; für praktische Zwecke dürfte es genügen, folgende Arten zu unterscheiden:

1. Milder oder fruchtbarer Humus, der sowohl den Holzgewächsen am zuträglichsten ist, als auch auf das Wachstum der landwirthschaftlichen Culturpflanzen am günstigsten einwirkt. Er bildet sich, wenn die Verwesung

¹⁾ Stickstoffreiche thierische Substanzen gehen nicht nur schneller in Humus über, als stickstoffarme Pflanzenstoffe, wie Stroh, Sägespäne etc., sondern liefern auch einen Humus, der wegen seines grösseren Ammoniakgehalts (beziehungsweise Salpetersäuregehalts) die Pflanzen zu einem kräftigeren Wachstum antreibt, als der stickstoffarme Humus pflanzlichen Ursprungs.

der Pflanzenabfälle bei mässiger Feuchtigkeit, Gegenwart einer gewissen Wärme, bei vollem Luftzutritt und bei Vorhandensein genügender basischer Mineralstoffe (Kalk, Kali, Ammoniak), welche die sich bildenden Humussäuren neutralisieren, stattfindet.

Man findet ihn daher am reichlichsten und vollkommensten in allen grösseren Waldcomplexen, welche der Streunutzung nicht unterworfen sind und welche durch angemessenen Bestandsschluss sowohl gegen die Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen, als auch gegen Winde geschützt und in einem stets frischen Bodenzustande erhalten werden. Je vollständiger die Humusbildung vorgeschritten ist, desto günstiger wirkt er auf die Holzgewächse ein.

In Gebirgswäldern, besonders in höheren ebenen Lagen, wo wegen der durchschnittlich niederen Temperatur die Verwesung langsam stattfindet, sammelt sich bisweilen eine mächtige halbverweste Bodendecke (sog. Rohhumus) an, die noch nicht den gehörigen Grad der Zersetzung erlitten hat und welche der Anwurzelung junger Holzpflanzen hinderlich werden kann, oder in der eingefallene Samen leicht in Fäulniss übergehen. Bei stattfindender Verjüngung wird in solchen Fällen am besten ein Theil der oberflächlichen rohen Humusmasse beseitigt.

Die normale Humuserzeugung wird in den Wäldern stets gestört, sobald die Holzbestände zu stark gelichtet sind oder plötzlich zu licht gestellt werden, so dass Sonne und Wind freien Zutritt erhalten. Die verwesenden Pflanzenstoffe und der Humus troeknen dann leicht aus und ihre Zersetzung wird dadurch unterbrochen; oder es wird bei Gegenwart von hinreichender Feuchtigkeit durch die gesteigerte Wärme und den vermehrten Luftzutritt die Verwesung so beschleunigt, dass in kurzer Zeit der Humus von der Bodenoberfläche verschwindet. In beiden Fällen wird die nachhaltige günstige Wirkung des Humus geschwächt und das Holzwachsthum beeinträchtigt. Um wieder eine normale Zersetzung der Pflanzenabfälle und damit die Bildung von fruchtbarem mildem Waldhumus herbeizuführen, hat man für möglichst baldige Herstellung des Bestandsschlusses Sorge zu tragen, um damit die so wohlthätig wirkende Beschattung des Bodens zu erzielen.

2. Staubhumus, Heidehumus oder kohligter Humus¹⁾ entsteht

¹⁾ Manche Schriftsteller, wie Senft, rechnen zum „kohligten Humus“ die festen Zersetzungsprodukte vegetabilischer Stoffe, welche sich bei ungenügendem Luft-

vorzugsweise dann, wenn die Zersetzung der abgestorbenen Pflanzentoffe zwar bei vollem Luftzutritte, aber an sehr trockenen Orten, also bei Ueberschuss an Wärme und Mangel an Feuchtigkeit vor sich geht. Man findet deshalb diese Humusart auf trockenen armen Sandböden, dann auf heissem, steinigem Kalkboden (im Kalkgebirge) sehr verbreitet. Hauptsächlich sind es abgestorbene Heide und Heidekraut (*Erica* und *Calluna*), dann Gräser, bisweilen auch die Hungerflechte (*Cladonia rangiferina*), welche das Material zur Bildung des Staubhumus liefern. Es ist ein staubartiger, lockerer, in der Regel sehr trockener Humus von schwarzer oder schwarzbrauner Farbe, der sich schwer zersetzt, in Folge dessen sehr unthätig (taub) und dem Gedeihen der Holzgewächse nicht förderlich ist. Erst durch gehöriges Unterbringen in den frischen Mineralboden, oder durch Herstellung des Bestandsschlusses wird er unter dem Einfluss steter Feuchtigkeit der weiteren Zersetzung zugänglich und allmählig in normalen Humus umgewandelt. Durch Beimischung von Kalk oder Asche kann diese Zersetzung beschleunigt werden.

3. Saurer Humus erzeugt sich leicht an nassen Orten unter dem Einflusse von stagnirendem Wasser, also bei gehemmtem oder abgeschlossenem Luftzutritte. Unter diesen Umständen geht die Zersetzung der abgestorbenen Pflanzenreste sehr langsam und unvollständig von statten, sie können nicht verwesen, sondern unterliegen der Vermoderung. Man findet deshalb sauren Humus vorzugsweise auf versumpftem Boden, z. B. auf nassen Wiesen, dann in Sümpfen und Teichen, in Moor- und Torflagern. Die landwirtschaftliche Erfahrung, dass in bindendem schwerem Boden zu tief untergebrachter Stallmist „vertorft“, deutet darauf hin, dass die organischen Bestandtheile des letzteren bei ungenügendem Luftwechsel nicht in der gewünschten, günstigen Weise zersetzt werden.

Bei unzulänglichem Vorhandensein basischer Mineralstoffe im Boden bleiben die bei dieser unvollkommenen Zersetzung sich bildenden Humussäuren zum grösseren Theile ungebunden, weshalb sog. saurer Humus in der Regel reich ist an freien Humussäuren und in Folge dessen sauer reagirt, d. h. blaues Lackmus röthet, wenn man es zwischen die zu prüfende feuchte Erde bringt¹⁾.

zutritt, wie z. B. in hohlen Bäumen, im Untergrunde bindender Bodenarten, im Torfmoor unter Wasser bilden.

¹⁾ Da im Humus nur dann freie Säuren vorhanden sein können, wenn es an

Sauer reagirender Humus kann sich aber nicht nur in nassem Boden, sondern auch in lockeren, trockenen Sandböden bilden, wenn die zur Bindung der Humussäuren nöthigen Mengen basischer Mineralstoffe (Kalk, Magnesia, Kali, Natron) fehlen, so dass keine humussauren Salze entstehen können. Der Staub- oder Heidehumus gehört deshalb seiner Natur nach in der Regel zu den sauren Humusarten.

Alle stickstoffreichen organischen Stoffe, also auch die thierischen Auswurfstoffe, wie Pferde- oder Schafmist liefern einen neutral oder alkalisch reagirenden Humus, weil sich bei der Zersetzung derselben viel Ammoniak entwickelt, das die Humussäuren bindet. Alle stickstoffarmen Stoffe, wie z. B. das Holz, liefern dagegen stets sauer reagirenden Humus, wenn nicht basische Mineralstoffe wie Kalk, Asche und dgl. zugemischt werden.

Allgemein wird in der Praxis angenommen, dass saurer Humus dem Wachstum unserer Culturpflanzen, aber auch den meisten Holzgewächsen schädlich sei; nur Erle, Birke können auf sauren Böden gedeihen. Als Beispiel der nachtheiligen Wirkung von saurem Humus führt man in der Regel die sauren Wiesen an, auf denen alle besseren, werthvolleren Futterpflanzen verschwinden und nur sog. saure Gräser (*Carex* und *Juncus*-Arten) und gewisse Moose (Torfmoose) sich entwickeln. Die Unfruchtbarkeit eines solchen Bodens rührt aber jedenfalls zum grössten Theil von der übergrossen Nässe her und wird nicht ausschliesslich durch die Gegenwart der freien Humussäuren bedingt.

Es giebt aber auch Gewächse, welche im Boden sauren Humus verlangen, wenn sie gedeihen sollen; so ist z. B. bekannt, dass zur Cultur der Camilien, der Erica-, Rhododendron- und Azalienarten saure Wald-, Heide- oder Moorerde nothwendig ist.

Ist ein Boden sauer und zugleich nass, so muss man behufs seiner Verbesserung zunächst das überschüssige Wasser durch Drainiren, durch offene oder gedeckte Gräben ableiten, dann durch Aufstreuen von Holzasche, zerfallenem Kalk oder Kalkmergel die freien Säuren binden (neutralisiren) und unschädlich machen. Auch durch Verbrennen der obersten Schichten lässt

Basen fehlt, sie zu neutralisiren, so ist begreiflich, dass in einem kalkhaltigen Boden oder in einem solchen, der aus Kali- oder Kalksilikaten (Feldspath, Hornblende, Augit, Labrador) entstanden ist, der Humus nicht sauer reagiren kann.

sich saurer Boden verbessern, indem die im Aschenrückstande enthaltenen basischen Mineralstoffe (Kalk, Kali) sich mit den freien Humussäuren verbinden und humussaure Salze bilden.

4. Adstringirender Humus. Mit diesem Ausdruck bezeichnet der Praktiker jene Humusarten, die aus gerbstoffhaltigen Pflanzenstoffen, z. B. aus abgefallenen Eichen-, Erlen-, Birkenlaub, Heidekraut entstanden sind und Gerbsäure oder Gerbstoff enthalten sollen. Jedenfalls aber kommen adstringirende Humusarten viel seltener vor, als man gewöhnlich glaubt, weil die Gerbsäure (Gerbstoff oder Tannin) eine organische Verbindung ist, die bei Zutritt von atmosphärischem Sauerstoff, bei genügender Wärme und Feuchtigkeit unter dem Einflusse von Alkalien (Kali, Natron, Ammoniak) oder alkalischen Erden (Kalk, Magnesia) durch Oxydation sich sehr leicht zersetzt. Bei der Verwesung gerbstoffhaltiger Pflanzenstoffe verschwindet deshalb der Gerbstoffgehalt schon nach einiger Zeit, er wird theilweise auch durch Wasser ausgewaschen, so dass der daraus erzeugte Humus selten gerbstoffhaltig sein dürfte ¹⁾. Viel länger erhält sich die Gerbsäure, wenn die genannten vegetabilischen Stoffe bei gehemmtem Luftzutritt im Untergrunde eines bindenden Bodens oder bei Abschluss der Luft unter Wasser sich langsam zersetzen.

Durch Lockerung des Bodens oder durch Beimischung von Kalk, Mergel, Asche wird die Zersetzung des Gerbstoffs beschleunigt und adstringirender Humus verbessert.

Chemische Vorgänge bei der Verwesung und Humusbildung.

(Verwesungsprodukte).

Um die chemischen Vorgänge verstehen zu können, auf welchen die Veränderung der Waldbodendecke und ihr allmählicher Uebergang in Humus beruht, müssen wir uns zunächst daran erinnern, dass die vegetabilischen Reste, welche die Streudecke bilden, aus organischen oder verbrennlichen und aus mineralischen oder unverbrennlichen Stoffen bestehen, und dass nur die ersteren bei der Verwesung chemische Zersetzungen erleiden, also das

¹⁾ Eine nachtheilige Einwirkung der Gerbsäure auf junge Holzpflanzen macht sich geltend, wenn der Boden in Eichenwaldungen mit grösseren Quantitäten von Eichenholzspähnen oder Sägemehl bedeckt ist. Werden dieselben nicht entfernt, so sterben erfahrungsgemäss vorhandene junge Pflanzen leicht ab.

eigentliche Material für die Humusbildung liefern. Ausserdem ist noch hervorzuheben, dass in den vegetabilischen Stoffen stickstofffreie Verbindungen (Rohfaser) weitaus vorherrschen und nur eine geringe Quantität stickstoffhaltiger Eiweissstoffe oder Proteinstoffe sich vorfinden.

Bisher hat man die Zersetzung der abgestorbenen organischen Körper für einen rein chemischen Vorgang gehalten, der hauptsächlich durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft und durch die leicht zersetzbaren stickstoffhaltigen Eiweissstoffe veranlasst werde. Jetzt wissen wir aber, wie oben erwähnt wurde, dass nicht der Sauerstoff die Verwesung und Zersetzung einleitet, sondern dass dieselbe durch die Lebensthätigkeit winzig kleiner niedriger Organismen (Schimmelpilze) herbeigeführt wird, welche bei Gegenwart von Wärme und Feuchtigkeit den atmosphärischen Sauerstoff auf die stickstofffreien organischen Substanzen übertragen, die dadurch schliesslich zu Kohlensäure und Wasser verbrennen, während die stickstoffhaltigen Eiweissstoffe noch Ammoniak erzeugen, das durch Sauerstoffaufnahme zu Salpetersäure verbrannt oder oxydirt wird.

Diese chemischen Vorgänge beginnen in den Wäldern gleich nach dem Abfall der Blätter und nach dem Absterben der übrigen vegetabilischen Reste unter beständiger Sauerstoffaufnahme und Entwicklung von Kohlensäure, Wasser und etwas Ammoniakgas. Den Beginn der Verwesung erkennt man leicht daran, dass die betreffenden organischen Substanzen sich braun färben und mürbe werden. Durch den absorbirten Sauerstoff wird ein Wasserstoffatom nach dem andern zu Wasser, ein Kohlenstoffatom nach dem andern zu Kohlensäure oxydirt, während sich der Stickstoff der verwesenden Substanzen zum grössten Theile mit dem Wasserstoff derselben zu Ammoniak verbindet, das wieder mit Kohlensäure zu kohlensaurem Ammoniak sich vereinigt; ein Theil des Stickstoffs entweicht bei Gegenwart von überschüssigem Sauerstoff in freiem Zustande. Da aber der Kohlenstoff der vegetabilischen Substanzen langsamer oxydirt wird, als ihr Wasserstoff, so tritt bei der Humifikation derselben mehr Wasserstoff und Sauerstoff aus, als Kohlenstoff entführt wird. In Folge dessen muss mit fortschreitender Zersetzung die verwesende Substanz immer reicher an Kohlenstoff, aber ärmer an Wasserstoff und Sauerstoff werden. Diese Thatsache tritt sofort hervor, wenn man die procentische Zusammensetzung der Holzfaser mit der des Humus vergleicht, oder wenn man die Zusammensetzung

der Cellulose der der Huminsäure und des Humins gegenüberstellt. Während vollkommen trockenes Holz durchschnittlich:

50 % Kohlenstoff, 6 % Wasserstoff, 44 % Sauerstoff
enthält, besteht Humus aus

60 % Kohlenstoff, 4—5 % Wasserstoff, 30—34 % Sauerstoff;
Cellulose enthält

44,44 % Kohlenstoff, 6,17 % Wasserstoff, 49,38 % Sauerstoff,
Huminsäure und Humin dagegen

59,74 % Kohlenstoff, 4,48 % Wasserstoff, 35,78 % Sauerstoff.

Wir sehen also, dass der Humus (die Huminsäure und das Humin) absolut ärmer an Wasserstoff und Sauerstoff ist, als die Cellulose oder das Holz und dass der Kohlenstoff im Humus relativ (im Vergleich zur Cellulose) sich vermehrt hat. In dieser relativen Zunahme an Kohlenstoff liegt zugleich die Ursache der immer dunkler werdenden Farbe des Humus bei fortschreitender Zersetzung.

Tritt aus Holz oder aus der Rohfaser der Blätter durch Oxydation mehr und mehr Wasserstoff und Kohlenstoff aus, so wird dadurch ihre Zusammensetzung geändert, und es bilden sich durch die fortschreitende Zersetzung derselben eine Reihe neuer fester organischer Stoffe als Verwesungsprodukte, die den Humus zusammensetzen. Da aber auch diese neugebildeten organischen Verbindungen ohne Unterbrechung durch Oxydation eine weitere langsame Verbrennung erleiden (wenn die Verwesungsbedingungen erfüllt sind), so müssen alle organischen Substanzen, folglich auch der Humus, mit der Zeit in die letzten Verwesungsprodukte: Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, also in unsichtbare Gase zerfallen, so dass schliesslich nur die Mineralstoffe derselben als Asche zurückbleiben.

Salpetersäurebildung bei der Verwesung des Humus.

Zahlreiche exakte Untersuchungen haben ergeben, dass das bei der Verwesung aus den stickstoffhaltigen Eiweissstoffen sich bildende Ammoniak in den obersten Bodenschichten, wo die Luft freien Zutritt hat, in verhältnissmässig kurzer Zeit eine Umwandlung erleidet und in Salpetersäure übergeht, wenn der Boden feucht und die Temperatur nicht zu niedrig ist. Die gebildete Salpetersäure verbindet sich mit vorhandenen Basen, wie Kalk, Kali, Magnesia, Ammoniak zu salpetersauren Salzen (Nitraten), welche

ebenso wie die Ammoniakverbindungen äusserst werthvolle Pflanzennährmittel sind, von den Wurzeln mit der Bodenfeuchtigkeit aufgenommen werden und den Stickstoff liefern zur Neubildung stickstoffhaltiger Eiweiss- oder Proteinstoffe.

Diese Umwandlung des Ammoniaks in salpetersaure Salze oder Nitrate beruht auf einer Verbrennung oder Oxydation des Ammoniaks, indem der Wasserstoff desselben durch Vereinigung mit atmosphärischem Sauerstoff in Wasser, und der Stickstoff durch Sauerstoffaufnahme in Salpetersäure übergeht¹⁾. Den hierzu erforderlichen Sauerstoff findet das Ammoniak in den oberen porösen Erdtheilchen, die bekanntlich die Fähigkeit besitzen, Luft und andere Gase zu absorbiren; wahrscheinlich aber trägt zur Oxydation oder Verbrennung des Ammoniaks der ozonisirte Sauerstoff oder das Ozon wesentlich bei, das an der Bodenoberfläche durch Verdunstung der Feuchtigkeit in geringer Menge erzeugt wird und ein viel kräftigeres Oxydationsvermögen besitzt, als der gewöhnliche atmosphärische Sauerstoff. Die Nitrification (Bildung von Nitraten) wird begünstigt und beschleunigt durch grössere Feuchtigkeit und Lockerheit des Bodens, durch erhöhte Temperatur und durch Gegenwart von Kalk- oder Kaliverbindungen (also auch durch Kalk- und Aschendüngung). Im Sommer, überhaupt bei warmem Wetter und in heissen Klimaten, ist deshalb die Salpetersäurebildung im Boden eine viel lebhaftere, als in den kühleren Monaten; im Spätherbst hört sie gewöhnlich schon gänzlich auf²⁾.

Je mehr verwesende stickstoffreiche, also Ammoniak entwickelnde Substanzen ein Boden enthält, desto mehr Nitrate werden unter sonst gleichen Verhältnissen gebildet; die Ackerböden, welche mit den Excrementen der Thiere und Menschen gedüngt werden, sind deshalb auch viel reicher an salpetersauren Salzen, als die Waldböden. In den letzteren tragen jedenfalls die Waldmoose zur Bildung salpetersaurer Salze mehr bei als die Laubstreu, weil die ersteren ziemlich stickstoffreich sind und an und für sich schon verhältnissmässig viel salpetersaure Salze enthalten. Durch die Entfernung der Moose vermindern wir jedenfalls den Stickstoff-Gehalt des Waldbodens mehr, als durch den Entzug der Laubstreu.

¹⁾ Die Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure kann durch folgende Formelgleichung ausgedrückt werden:

a. Nach der bisherigen dualistischen Schreibweise: $2 \text{NH}_3 + 6\text{O} = \text{NH}_4\text{O}, \text{NO}_5 + 2\text{HO}$ oder
b. nach der neueren atomistischen Schreibweise: $2 \text{NH}_3 + 4\text{O} = \text{NH}_4 \text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

²⁾ Bei mangelhaftem Luftzutritt (im Untergrunde) wird durch die reducirende Wirkung der organ. Stoffe die Salpetersäure wieder in Ammoniak umgewandelt.

2. Die Bestandtheile des Humus.

Die organischen Bestandtheile des Humus.

Gelegentlich der Besprechung der chemischen Vorgänge, welche bei der Humusbildung stattfinden, wurde schon darauf hingewiesen, dass sich bei der Verwesung der Pflanzenreste nach einander eine Reihe verschiedener fester organischer Verbindungen bilden, bevor sie sich ganz und gar in Wasser, Kohlensäure und Ammoniak auflösen. Diese Zersetzungs- oder Verwesungs-Produkte stammen zum grössten Theile von der verholzten Pflanzenfaser (Cellulose-Lignin-Membran) und anderen stickstofffreien Stoffen und nur zum kleinen Theile von den stickstoffhaltigen Eiweissstoffen der Pflanzenabfälle. Wir können demnach den Humus betrachten als ein Gemenge verschiedener organischer Substanzen (Verwesungsprodukte), die selbst wieder in fortwährender Zersetzung begriffen sind, unausgesetzt aus der Luft Sauerstoff aufnehmen und dafür beständig Kohlensäure, Wasser und etwas Ammoniak abgeben, also täglich Veränderungen erleiden und immer wieder eine andere Zusammensetzung haben müssen. Unsere Kenntnisse über die einzelnen Humusbestandtheile sind aber noch sehr unvollständig, weil es sehr schwer ist, die verschiedenen Humuskörper zu isoliren und aus dem Humus in reinem Zustande abzuscheiden¹⁾.

Die ersten festen Produkte, welche sich aus der verwesenden Pflanzensubstanz durch Oxydation bilden, sind Ulmin und Ulminsäure, welche die charakteristischen Bestandtheile des braungefärbten Humus bilden und die an allen Orten entstehen, zu welchen der atmosphärische Sauerstoff nur spärlich gelangen kann. Sie finden sich deshalb vorzugsweise im Moder hohler Bäume (unter Anderem auch der Ulme, daher ihr Name), dann im braunen Torf, in den Wurzelresten abgestorbener Bäume und Stücke etc. Bleibt brauner Humus feucht, so zersetzt er sich weiter, d. h. das Ulmin und die Ulminsäure nehmen Sauerstoff aus der Luft auf und gehen durch Oxydation und unter Abgabe von Kohlensäure und Wassergas in Humin und Huminsäure über, zwei organische Verbindungen, die schwarz gefärbt sind und die Hauptbestandtheile des schwarzen Humus bilden, der mit der Zeit aus dem

¹⁾ Grosses Verdienst um die Erforschung der Humuskörper hat sich Professor Mulder in Utrecht erworben; vergl. dessen „Chemie der Ackerkrume“ Berlin 1861.

braunen Humus und aus allen bei vollem Luftzutritt sich zersetzenden Pflanzenstoffen gebildet wird¹⁾.

Durch weitere Oxydation wird das schwarze Humin und die Huminsäure allmählig in die farblose Quellsäure (von Mulder auch Krensäure genannt) und diese in die braun gefärbte Quellsatzsäure (auch Apokrensäure) umgewandelt²⁾.

Die Hauptmasse des Humus besteht hiernach aus organischen Verbindungen, die den Charakter von Säuren besitzen³⁾; nur Ulmin und Humin sind zwei neutrale oder indifferente Körper.

Quell- und Quellsatzsäure sind die letzten festen organischen Verwesungsprodukte; durch weitere Oxydation zerfallen auch diese schliesslich unter

¹⁾ Dr. Dettmer hat neuerdings nachgewiesen, dass die aus schwarzem (altem) und aus braunem (weniger humificirtem) Torf abgeschiedenen organischen Säuren in ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften so vollkommen übereinstimmen, dass man sie unbedingt als identische Körper betrachten kann. Er macht daher zwischen Ulminsäure und Huminsäure keinen Unterschied und bezeichnet auch die im braunen Humus vorkommende Säure als Huminsäure. In analoger Weise verhalten sich nach ihm Ulmin und Humin fast vollkommen gleich, weshalb er beide Körper als Humin bezeichnet, mögen sie aus braunem oder schwarzem Humus dargestellt sein. (Landw. Ver.-Stat. XIV. Bd. 1871. S. 248.)

²⁾ Auf dem Grunde stehender Gewässer, in Sümpfen und Morästen, oder in den tieferen Schichten thonreicher, nasser Bodenarten, wo die Luft abgeschlossen ist, bildet sich aus der Huminsäure eine organische Verbindung, die unter dem Namen „Gëinsäure“ bekannt ist.

Der Humus enthält in sehr geringer Menge sicher noch manche andere Körper, die bei der Verwesung, Vermoderung und Fäulniss vegetabilischer oder animalischer Reste entstehen; so hat man in demselben zuweilen schon einige flüchtige organische Säuren nachgewiesen, wie Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure-etc., die aber nur vorübergehend vorkommen können.

Den natürlichen Humusstoffen sehr ähnliche Substanzen lassen sich auch künstlich darstellen durch Kochen von Kohlenhydraten (Stärke, Cellulose, Zucker) mit Kali- oder Natronlauge oder durch Behandeln des Zuckers mit Schwefelsäure und anderen Mineralsäuren; es scheinen aber diese stickstofffreien „künstlich erzeugten Humusstoffe“ hinsichtlich ihrer Eigenschaften und ihrer Zusammensetzung nicht vollkommen identisch zu sein mit den natürlichen Humusstoffen, welche sich im Boden durch Verwesung organischer Stoffe bilden. Quellsäure und Quellsatzsäure entstehen beim Erhitzen des Humus oder der Huminsäure mit Salpetersäure.

³⁾ Finden sich im Boden die erforderlichen basischen Körper (Kalk, Kali, Ammoniak) zur Neutralisation der freien Humussäuren, so reagiren die humosen Stoffe nicht sauer, sondern neutral oder bisweilen sogar alkalisch (wenn der Humus aus thierischen Substanzen entstand und ammoniakreich ist).

vollkommener Zersetzung ebenfalls in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak. Sie kommen aber weder im Boden, noch im Wasser in freiem Zustande, sondern stets mit Basen, vorzüglich mit Ammoniak verbunden vor. Durch Sauerstoffaufnahme zerfallen diese Salze alsbald in kohlen-saure Verbindungen. Sobald die letzte Spur der Quell- und Quellsatzsäure sich vollständig zersetzt hat, ist von der ehemaligen Pflanzensubstanz Nichts mehr übrig, als die Asche, d. h. die Mineralstoffe, welche die betreffenden Pflanzen oder Pflanzentheile während ihres Lebens dem Boden entzogen hatten und die wieder dem Boden zurück-erstattet werden. Ebenso hat sich die organische Materie wieder in jene Stoffe verwandelt, mit deren Hülfe sie einstens entstand. Dies ist der be-ständige Kreislauf alles Organischen auf der Erde.

Verhalten der organischen Humusbestandtheile oder der Humussubstanzen zu Wasser.

Von den oben genannten Humuskörpern sind nur die Quell- und Quellsatzsäure für sich in Wasser mit gelblicher Farbe löslich; die Humin-säure ist in kaltem Wasser sehr schwer, in heissem etwas leichter löslich, Ulmin und Humin sind soviel wie unlöslich. Behandelt man deshalb Humus mit kaltem Wasser, so lösen sich nur Spuren desselben auf, weitaus der grösste Theil des Humus bleibt ungelöst zurück. Das Wasser wird davon in der Regel gar nicht oder nur schwach gelblich gefärbt; erst wenn man dasselbe durch Abdampfen con-centrirt, tritt die gelbe Farbe deutlicher hervor.

Aus diesem Verhalten des Humus zum Wasser können wir schliessen, dass das durch humusreichen Boden sickernde Wasser stets Humussäuren gelöst enthält, aber nur in sehr geringer Menge. Befördert wird die Löslich-keit der Humussäuren durch Alkalien, wie z. B. durch Ammoniak, weil sich leicht lösliches humussaures Ammoniak bildet. Ist daher Torf, Waldhumus oder irgend eine andere Humusart verhältnissmässig reich an Ammoniak, das von der Verwesung stickstoffhaltiger Körper herrührt, so zieht das Wasser das humussaure Ammoniak aus und färbt sich gelb bis braun.

Die Quellsäure und Quellsatzsäure im Humus ist stets an Ammoniak ge-bunden; solche Salzlösungen findet man nicht selten in den Wasserpflützen tho-niger und lehmiger humushaltiger Aecker, sowie auch bisweilen in Quellen, deren Wasser dann von ihnen gelblich gefärbt ist (daher der Name Quellsäure).

Verhalten der Humussubstanzen zu Alkalien und anderen Basen (humussaure Salze).

Wie alle organischen Säuren, so können auch die Humussäuren sich mit verschiedenen Basen chemisch verbinden, wodurch „humussaure Salze“ erzeugt werden. Mit den Alkalien (Kali, Natron, Ammoniak) gehen sie Verbindungen ein, die in Wasser leicht mit brauner Farbe löslich sind, während ihre Verbindungen mit Kalkerde, Bittererde (Magnesia), mit Thonerde, Eisenoxyd u. dergl. sich in Wasser nicht oder nur sehr schwer auflösen.

In jedem humosen Acker- oder Waldboden kommen solche humussaure Salze (humussaure Alkalien und alkalische Erden) in grösserer oder geringerer Menge vor; dieselben oxydiren sich aber im feuchten Zustande an der Luft viel leichter und rascher als die freien Humussäuren für sich und verwandeln sich unter Sauerstoffaufnahme sehr bald in kohlen-saure Salze, die dann den Pflanzen direkt oder indirekt (nach vorausgegangener Zersetzung) zur Ernährung dienen.

Alkalien (Kali, Natron, Ammoniak) sind sehr gute Lösungsmittel für die Humussäuren; schüttelt man daher Humus mit wässrigem Ammoniak (Salmiakgeist) oder kocht man ihn mit verdünnter Kali- oder Natronlauge (oder auch mit Soda- oder Pottaschenlösung), so lösen sich sämtliche Humussäuren, also ein grosser Theil des Humus auf und man erhält eine dunkelbraune Flüssigkeit, welche ihre Farbe dem huminsäuren Alkali verdankt¹⁾. Aus dieser Lösung kann man durch Zusatz von überschüssiger Salzsäure (bis zur sauren Reaktion) die Huminsäure in Form brauner Flocken wieder abscheiden²⁾.

In der sauren Flüssigkeit, aus welcher die Huminsäure (beziehungsweise Ulminsäure) ausgeschieden wurde, ist noch Quellsäure (Krensäure) und Quell-

¹⁾ Finden sich im Boden kohlen-saure Alkalien (kohlen-saures Kali, Natron oder Ammoniak), so werden die Humussäuren löslich, gehen in das Bodenwasser über und färben dasselbe braun bis gelb.

²⁾ Man kann dieses Verhalten des Humus zu Kalilauge benutzen, um die Gegenwart von Humus im Boden nachzuweisen. Kocht man eine Probe desselben mit Kalilauge und filtrirt, so erhält man eine dunkelbraune bis schwarze Flüssigkeit, wenn auch nur wenig Humus vorhanden ist.

Ebenso ist dies ein einfaches Mittel, um Stein- und Braunkohlen von einander zu unterscheiden. Wird Steinkohlenpulver mit Kalilauge gekocht und filtrirt, so ist die Lauge nur schwach gelb gefärbt, während die Braunkohlen bei gleicher Behandlung eine dunkelbraune bis schwarze Flüssigkeit geben.

satzsäure (Aprokrensäure) gelöst enthalten. Auf chemischem Wege kann man auch diese beiden Säuren (an Kupferoxyd gebunden) daraus niederschlagen¹⁾.

Aber nicht alle Humusbestandtheile sind in Alkalien löslich; es bleibt daher nach der Behandlung des Humus mit Ammoniak, oder mit Kali- und Natronlauge ein Theil desselben ungelöst zurück; dieser Rückstand besteht bei braunem Humus aus Ulmin, bei schwarzem aus Humin²⁾, zwei Verbindungen, die sich indifferent verhalten und weder von Wasser, noch von Alkalien, Weingeist oder Säuren gelöst werden. Kocht man dieselben aber längere Zeit mit caustischer Kali- oder Natronlauge, so oxydiren sie sich allmählig und gehen zum grössten Theil in die betreffenden Säuren: Ulmin- und Huminsäure über, die sich in der Lauge mit brauner Farbe auflösen.

Durch diese successive Behandlung des Humus mit Wasser, dann mit Kalilauge oder Ammoniak kann man demnach die wichtigsten Humussubstanzen von einander trennen und aus dem Humus abscheiden. —

Eine sehr bemerkenswerthe und interessante Eigenschaft der löslichen humussaurer Alkalien (Kali, Natron, Ammoniak) ist, dass sie ihre Löslichkeit in Wasser verlieren, wenn andere lösliche Salze, z. B. Kalk- oder Magnesiumsalze, salpetersaure oder schwefelsaure Salze, im Boden oder im Wasser enthalten sind³⁾. Eine Ausnahme von dieser Regel machen die phosphorsauren Alkalien, insbesondere das phosphorsaure Ammoniak, dessen Lösung sich mit allen humosen Körpern braun färbt; ähnlich, doch im geringeren Grade verhält sich das phosphorsaure Kali und Natron, welche mit humosen Körpern gelblich gefärbte Flüssigkeiten geben.

Von dieser Eigenschaft der humussaurer Alkalien, ihre Löslichkeit in Wasser zu verlieren, sobald gelöste Mineralsalze (mit Ausnahme von phosphorsaurem Ammoniak und phosphorsauren Alkalien) zugegen sind, kann man sich leicht durch einen Versuch überzeugen. Schüttelt man nämlich Humus mit wässrigem Ammoniak (Salmiakgeist) oder mit verdünnter Natronlauge, so erhält man eine dunkel gefärbte Flüssigkeit; versetzt man aber den Humus

¹⁾ Vergleiche hierüber Mulder's „Chemie der Ackerkrume“, I. Bd., S. 266.

²⁾ Dettmer nennt den in Alkalien unlöslichen Stoff, „Humin“, mag er aus braunem oder schwarzem Humus dargestellt sein.

³⁾ Die humussaurer Alkalien verhalten sich also ähnlich wie die Seife zur Kochsalzlösung. Ist Seife in Wasser gelöst, so kann man dieselbe durch Zusatz von Kochsalzlauge wieder abscheiden.

zuvor mit der Auflösung eines Alkali- oder Kalksalzes (z. B. schwefelsaurem Kali, Chlorkalium, Chlorcalcium, oder mit salpetersaurem Kalk) und fügt dann Ammoniak hinzu, so erhält man eine farblose ammoniakalische Flüssigkeit¹⁾. Knop liess eine humusreiche Heideerde ein halbes Jahr lang mit den Lösungen von salpetersaurem Kalk, salpetersaurem Kali, schwefelsaurem Kali, phosphorsaurem Ammoniak und phosphorsaurem Kali stehen, und fand, dass bei den ersten drei Salzen die Flüssigkeit fast farblos blieb, beim vierten sich tiefbraun und beim fünften deutlich gelb färbte²⁾.

Aus diesem Verhalten der Humussäuren zu gelösten Salzen erklärt sich, warum alle harten Wässer, die Kalksalze gelöst enthalten, wie die meisten Quell- und Brunnenwässer, aus den Bodenschichten, durch welche sie sickern, keine Humussubstanzen auflösen können und deshalb farblos erscheinen³⁾. Jene „weichen Wässer“ dagegen, welche einem Boden entspringen, der relativ kalireich, aber sehr kalk- und magnesiaarm ist (was bei manchen Granit-, Gneiss-, Porphyrböden der Fall ist), wirken lösend auf die Humussäuren und färben sich in Folge dessen mehr oder weniger braun. Ein schönes Beispiel dafür liefern die Gewässer des bayerischen Waldes: sowohl die Seen als auch die Quellen zeichnen sich dort bekanntlich durch auffallend dunkle Farbe aus; wir erinnern nur an den „schwarzen Regen“ und an die Ilz, die sich in die Donau ergiessen. Ebenso sind die stagnirenden Moorwässer kalkarmer Gegenden bekanntlich braun gefärbt. Den Gegensatz dazu bilden unsere bayrischen Alpenseen, die alle kalkreich sind, in Folge dessen aber auch keine Humussubstanzen zu lösen vermögen und deshalb farblos oder in grösseren Tiefen grün erscheinen.

¹⁾ Dieses eigenthümliche Verhalten der löslichen humussäuren Alkalien empfiehlt Schütze als chemisches Hilfsmittel beim Bonitiren des Waldbodens, um annähernd ermitteln zu können, ob ein Boden arm oder reich an löslichen mineralischen Nährstoffen (Phosphorsäure, Kali und Kalk) sei. Es genügt zu diesem Zweck, den zu prüfenden humosen Waldboden mit Ammoniakflüssigkeit oder verdünnter Natronlauge zu schütteln und absitzen zu lassen. Je farbloser dann nach dem Absitzen die über dem Boden stehende Flüssigkeit ist, um so reicher, je dunkler dieselbe ist, um so ärmer an mineralischen Nährstoffen ist der Boden. Diese Prüfung dürfte vorzugsweise für die Kiefern sandböden zu empfehlen sein, für Kalkböden dagegen wird sie kaum anwendbar sein. („Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen“, I. Bd., S. 523.)

²⁾ Vergl. Knop: „Agrikulturrechemie“, S. 305.

³⁾ Behandelt man humushaltige Erde, namentlich humosen kalkhaltigen Boden mit destillirtem Wasser, so erhält man Anfangs eine farblose Flüssigkeit; erst wenn die löslichen Bodensalze durch Auslaugen entfernt sind, wird das Wasser braun gefärbt.

Von den allgemeinen Eigenschaften der Humussäuren ist für uns noch das Verhalten der humussauren Alkalien, besonders des humussauren Ammoniaks zu Silikaten und anderen unlöslichen Mineralsalzen von Wichtigkeit, worauf Senft¹⁾ zuerst aufmerksam machte. Nach Senft's Versuchen vermag das humussaure Ammoniak die unlöslichen sauren Silikate der Alkalien, des Kalks und der Magnesia, dann die Phosphate des Kalks und Eisenoxyduls aufzulösen. Lässt man kali-, natron-, kalk-, magnesiahaltige Silikate längere Zeit mit einer Lösung von humussaurem Ammoniak in Berührung, so werden sie zersetzt und die genannten basischen Körper gehen in Lösung über. Durch die Anwesenheit von Humussäuren wird demnach die Verwitterung der Silikate und anderer Gesteinstrümmen im Boden befördert, es werden wichtige Pflanzennährstoffe aufgeschlossen und in lösliche, aufnehmbare Form umgewandelt. Diese Wirkung der humussauren Alkalien ist natürlich für die Ernährung der Pflanzen von grosser Bedeutung.

Die elementare Zusammensetzung oder die entfernteren Bestandtheile der Humussubstanzen.

Die verschiedenen Humusstoffe enthalten dieselben Elemente oder Grundstoffe, wie die Pflanzen und Pflanzentheile, aus welchen sie entstanden sind, nämlich Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Da sie aber in fortwährender Umwandlung begriffen sind, so kann das Mengenverhältniss der mit einander verbundenen Elemente kein constantes sein, sondern muss vielmehr fortwährendem Wechsel unterliegen. Um eine Vorstellung von der ungefähren Zusammensetzung der Humuskörper zu erhalten, mögen einige Resultate vorhandener Analysen hier Platz finden.

Für die wichtigsten Humussubstanzen können wir folgende durchschnittliche quantitative Zusammensetzung annehmen:

¹⁾ Dr. Senft: „Der Steinschutt und Erdboden.“ Berlin 1867, pag. 309.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
Quellsäure (aus Ackererden dargestellt) enthält	44 bis 46 ‰	5 bis 5,5 ‰	46,6 bis 39,2 ‰	1 bis 3,9 ‰
Quellsäure (a. Ackererden) enthält . . .	47,2 bis 49,8 „	4,0 bis 4,2 „	41,9 bis 47,3 „	1,5 bis 4,1 „
Natürliches Ulmin aus braunem Torf enthält	52,14 „	7,03 „	40,19 „	0,64 „
Ulmin und Ulminsäure (aus Zuckerkünstl. dargestellt) enthalten . .	63,4 bis 67,1 „	4,2 bis 4,8 „	28,7 bis 31,8 „	0
Natürliche Ulminsäure aus braunem Torf (nach Dr. Dettmer) enthält .	59,61 „	4,71 „	35,68 „	0
Humin und Huminsäure (a. Zucker dargestellt) enthalten	63,4 bis 64,4 „	4,3 „	31,3 bis 32,3 „	0
Natürliches Humin aus schwarzem Torf (Dr. Dettmer) enthält . .	55,23 „	6,31 „	37,45 „	1,01 „
Natürliche Huminsäure (aus Ackererde) enthält	56,3 „	4,4 „	36,0 „	3,3 „
Natürliche Huminsäure aus schwarzem Torf, möglichst rein (nach Dr. Dettmer) enthält .	59,74 „	4,48 „	35,78 „	0

Den gesammten Kohlenstoffgehalt des Humus kann man zu 58 bis 60 ‰ annehmen (reine Cellulose enthält bekanntlich 44,4 ‰, bei 100° getrocknetes Holz durchschnittlich 50 ‰). Beachtenswerth ist, dass alle natürlichen Humusstoffe stickstoffhaltig sind (durchschnittlich enthält der Humus etwa 3,6 ‰ Stickstoff), während die künstlich erzeugten keinen Stickstoff enthalten¹⁾.

Dieser Stickstoff, den man bisher im Humus und in den natürlichen Humuskörpern fand, gehört aber nicht zur Constitution der Humuskörper, sondern rührt wohl zum Theil von Ammoniak, das an Humussäuren gebunden ist²⁾, zum Theil aber auch von der Gegenwart eines stickstoffhaltigen organischen Stoffes her, der sich aus den stickstoffhaltigen Eiweissstoffen (Protoplasma) der Pflanzenabfälle bei ihrer Humification bildet und dem Humus beigemischt ist. Dieser an eine organische Substanz gebundene Stickstoff ist im Humus in einer für die Pflanzen ausserordentlich schwer zugänglichen Form enthalten,

¹⁾ Nach Dr. Dettmer's neueren Untersuchungen soll auch die natürliche Huminsäure stickstofffrei sein, wenn sie möglichst rein aus Humus abgeschieden wird. („Landw. Versuchs-Stationen“ XIV. Bd., S. 255).

²⁾ Durch längeres Kochen mit gebrannter Magnesia und Wasser kann man alles Ammoniak aus dem Humus entfernen und dasselbe quantitativ bestimmen.

vermuthlich ähnlich, wie der Stickstoff in den Steinkohlen und Braunkohlen. Die Verwesungs- und Vermoderungsprodukte (Humus, Torf) werden bei fortschreitender Zersetzung immer stickstoffreicher, indem die stickstoffhaltigen Körper, die sich bilden, sehr schwer zerstörbar sind. Wir müssen deshalb im Humus den für Pflanzen leicht verfügbaren Stickstoff, der in Form von Ammoniak oder salpetersauren Verbindungen vorkommt, trennen von dem zur Zeit un verfügbaren Stickstoff, der ein Bestandtheil von sehr schwer veränderlichen organischen Substanzen ist ¹⁾.

Die Mineral- oder Aschenbestandtheile des Humus.

Neben den organischen oder verbrennlichen Stoffen enthält jeder Humus noch eine gewisse Menge unverbrennlicher oder mineralischer Stoffe, die von den Pflanzentheilen herrühren, aus welchen der Humus entstanden ist. Da bei der fortschreitenden Zersetzung der Pflanzenabfälle dieselben mehr und mehr organische Stoffe in Form von Wasser und Kohlensäure verlieren, so müssen die festen Verwesungsprodukte (Humus) um so reicher an Asche werden, je weiter ihre Zersetzung vorschreitet. Durch Einverleibung des Humus werden diese Aschenbestandtheile, welche einstens zur Ausbildung der abgefallenen Pflanzentheile (Blätter, Nadeln) verwendet wurden, dem Boden wieder zurückgegeben und können auf's Neue zur Ernährung der Pflanzen dienen. (Näheres darüber siehe S. 81 ff.)

Praktisch wichtig ist die Frage, ob sich im Humus alle Aschenbestandtheile noch in derselben Menge vorfinden, wie sie ursprünglich in den frisch abgefallenen Blattorganen enthalten waren, oder ob vielleicht während der Zeit, welche zur Humuserzeugung nothwendig war, durch Regen, Schneewasser und andere meteorische Niederschläge ein Theil der Aschenbestandtheile aus der Waldbodendecke ausgelaugt und dem Boden schon vor der Humusbildung zugeführt wurde. Für die Streunutzung und für die Beurtheilung des Werthes der Waldstreu als Düngungsmittel ist die Entscheidung dieser Frage von grosser Wichtigkeit.

¹⁾ A. Mayer: „Lehrbuch der Agriculturchemie“, II. Theil, pag. 69.

Die Auslaugung frischer Waldstreu durch Regen und Schneewasser.

Schröder behandelte abgestorbenes Buchenlaub und Fichtenästchen mit reinem, destillirtem Wasser und suchte auf diese Weise zu bestimmen, welche und wie viel Mineralstoffe durch das Wasser extrahirt oder ausgezogen werden können. Er fand, dass es einer totalen Zersetzung der Waldstreu und des Humus nicht bedarf, um sämtliche Mineralstoffe dem Waldboden zuzuführen, sondern dass vielmehr schon vorher eine erhebliche Menge der letzteren durch den Einfluss der meteorischen Niederschläge gelöst wird. Von den gesammten im Buchenlaub und in den Fichtenästchen vorhandenen Mineralstoffen wurden nämlich durch das Wasser gelöst und ausgewaschen:

Baumabfälle:	Kali	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure
	KO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃
Procente:						
Aus Buchenlaub	52,6	4,5	19,6	1,5	19,7	55,3
Aus berindeten Fichtenästchen . . .	47,8	7,9	20,3	5,0	37,9	86,2

Aus diesen Versuchen ist ersichtlich, dass durch Wasser von den Aschenbestandtheilen der Waldstreu Kali und Schwefelsäure am leichtesten und in grösserer Menge ausgelaugt werden, in viel geringerer Quantität Phosphorsäure und Magnesia, in kleinster Menge Kalk und Eisen. Für die Praxis des Streurechens würde aus diesen Versuchen folgen, dass es im Hinblick auf die Schonung des Waldbodens am zweckmässigsten wäre, die Abgabe der Stren erst nach einem Jahre kurz vor dem neuen Laubabfalle zu gestatten¹⁾.

¹⁾ Auch das Holz giebt bei längerem Liegen unter Wasser nach Schröders Untersuchungen den grössten Theil seines Kaligehaltes ab, woraus folgt, dass das im Holze vorhandene Kali jedenfalls zum grösseren Theile in einer in Wasser leicht löslichen Form sich findet, während die übrigen Mineralstoffe von Wasser schwer gelöst werden. Schröder schliesst daraus, dass gefösstes Holz nicht nur deshalb eine grössere Dauerhaftigkeit besitze, weil es durch die Wirkung des Wassers die leicht zersetzbaren eiweissartigen Stoffe zum Theil verliere, sondern weil daraus auch das Kali fast total ausgewaschen werde. Diese allmähliche Extraktion des Kali's aus

Unsere vergleichenden Aschenanalysen, die mit frischem und einjährigem Buchenlaub, dann mit zweijährigem Laub und mit Humus aus dem Spessart (Revier Rothenbuch) ausgeführt wurden, weisen aber nach, dass im Walde das meteorische Wasser, welches die Bodendecke nur von Zeit zu Zeit durchfeuchtet, viel weniger Mineralstoffe aus der Streu auslaugt, als das Wasser, mit welchem Schröder die Blätter digerirt hatte. Es enthielt nämlich die Asche:

Baumabfälle:	Kali	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
	KO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂
Prozente:							
Von frisch gefallenem und einjährigem Buchenlaub	5,64	36,71	9,94	3,73	9,14	1,82	32,34
Von zweijähriger Buchenlaubstreu (bereits hell gefärbt)	6,21	39,24	8,87	3,63	9,07	2,83	29,32
Von Buchenlaub-Humus	3,52	23,67	5,88	9,20	6,47	4,30	46,37

dem Holze durch Einfluss von Wasser ist jedenfalls auch die Ursache, warum in der Asche der Stein- und Braunkohlen, des Torfs keine Kalisalze sich vorfinden. —

Geflösstes Holz besitzt zwar nach vielfach gemachten Erfahrungen eine etwas grössere Dauerhaftigkeit, als ungeflösstes, dagegen hat es eine geringere Heizkraft. Um z. B. den Heizeffekt von 100 Ster ungeflösstem Fichtenholz hervorzubringen, braucht man erfahrungsgemäss durchschnittlich 112 Ster geflösstes Fichtenholz. Den Grund dieser Erscheinung suchte Dr. G. Wunder durch Untersuchungen des geflöststen und nicht geflöststen Holzes festzustellen. Hiernach verliert Holz durch Einwirkung des Wassers so äusserst wenige organische Stoffe, dass dadurch die prozentische Zusammensetzung des Holzes, d. h. sein Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt fast gar nicht geändert wird; es kann deshalb auch der geringere Heizeffekt des geflöststen Holzes nicht auf einer Veränderung seiner verbrennlichen Bestandtheile beruhen. Dagegen erleidet das Holz durch das Flössen eine physikalische Veränderung, es wird poröser, weniger dicht, also specifisch leichter. Geflösstes Fichtenholz hat im Mittel ein specifisches Gewicht von 0.409, ungeflösstes von 0.446. Hiernach verhalten sich die Gewichte gleicher Volumina des ungeflöststen und geflöststen Holzes wie 100:91,7. Um gleiche Gewichtsmengen zu erhalten, braucht man also von ungeflösstem Holze 100 Volumtheile, von geflösstem aber 109 Volumtheile; es hätten daher diesen Untersuchungen zufolge 109 Ster geflösstes Fichtenholz in vollkommen trockenem Zustande durchschnittlich dasselbe Gewicht und die gleiche Heizkraft wie 100 Ster ungeflöststen Holzes. Wohl zu beachten ist aber, dass eine bestimmte Gewichtsmenge geflöststen Holzes beim Verbrennen nicht eine geringere, sondern die gleiche Wärmemenge entwickelt, als dieselbe Gewichtsmenge ungeflöststen Holzes. (Land.-Vers.-Stat. VI. Bd. S. 9.)

Die Asche der zweijährigen Buchenlaubstreu weicht demnach in ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich von der der frischen und einjährigen Laubstreu ab (der Unterschied kann durch die Witterungsverhältnisse der beiden Vegetationsjahre veranlasst worden sein), dagegen ist ein merklicher Unterschied zwischen dem Humus und der frisch gefallenen Streu ersichtlich. Durch allmähliges Auslaugen mit Wasser wurde im Humus der Kali- und Magnesiumgehalt nahezu um die Hälfte, der Kalk- und Phosphorsäure-Gehalt etwa um $\frac{1}{3}$ vermindert, während Eisenoxyd, Schwefelsäure und Kieselsäure sich relativ vermehrten. Es scheint also die Auslaugung der Streudecke in den Wäldern viel langsamer stattzufinden, als die Schröder'schen Versuche vermuthen liessen. Unter allen Verhältnissen ist der Gesamtschengehalt in der mehrjährigen Streu relativ grösser, als in der frischen, was sich durch die fortschreitende Zersetzung und Verminderung der organischen Bestandtheile der Streumaterialien erklärt. Am leichtesten wird unter den Aschenbestandtheilen der Streudecke das Kali am ausgelaugt; selbst der fertige Humus verliert beim Behandeln mit Wasser immer noch beträchtliche Mengen dieses Stoffes.

3. Die Eigenschaften des Humus, seine Einwirkung auf den Boden und die Bedeutung desselben für die Pflanzen.

Jedem Forstwirth ist bekannt, dass ein gewisser Humusvorrath im Boden von dem mächtigsten und günstigsten Einflusse auf das Wachsthum des Waldes ist; ebenso ist es eine allseitig constatirte forstliche Erfahrung, dass in humusarmen Böden nur ein dürrtiges Wachsthum der Saaten und Pflanzungen stattfindet, dass dieses aber in dem Maasse kräftiger wird, als durch den eintretenden Schluss des Holzbestandes der Boden mehr und mehr beschattet und durch die Abfälle der Bäume der Humusgehalt desselben vermehrt wird. Es ist ganz unzweifelhaft, dass durch den Waldbau arme Böden physikalisch und chemisch verbessert werden, wenn durch Beschattung, Schonung und Erhaltung der Waldstreu der Humusgehalt derselben erhöht wird¹⁾. Ebenso ist durch den landwirthschaftlichen Betrieb erwiesen, dass der Humus einen überaus werthvollen und unentbehrlichen Bestandtheil des Acker-

¹⁾ Nur der geschlossene Wald, der die Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen verhindert und den Boden vollständig beschattet, wirkt bodenverbessernd; in allen

bodens bildet und die Fruchtbarkeit desselben in hohem Grade vermehrt. Die Ursache der wohlthätigen Wirkung, welche der Humus auf das Wachstum des Holzbestandes und der landwirthschaftlichen Culturgewächse ausübt, erklärte man sich noch vor vierzig Jahren dadurch, dass man annahm, er und das Wasser seien die alleinigen Nährstoffe der Pflanzen. Demzufolge sah man auch den Humus als die Quintessenz aller Bodenkraft an. (Humustheorie). — Der um die Land- und Forstwirthschaft so hoch verdiente Liebig hat aber im Jahre 1840 in seinem bekannten Werke „die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ zuerst nachgewiesen, dass der Humus, d. h. seine organischen Bestandtheile keine Nahrungsmittel für die Pflanzen bilden, sondern dass als Nährmittel der chlorophyllführenden grünen Pflanzen ausschliesslich nur anorganische Stoffe verwendet werden, die theils aus der Luft, theils aus dem Boden stammen. Wir wissen durch ihn, dass der Kohlenstoff, welchen die Pflanzen zur Bildung ihrer organischen Bestandtheile bedürfen, aus der Kohlensäure (die durch die Luft den Blättern dargeboten wird), der Wasserstoff und Sauerstoff aus dem aufgenommenen Wasser, der Stickstoff (zur Bildung der Eiweissstoffe und anderer stickstoffhaltiger Pflanzenkörper) aus Ammoniak- oder salpetersauren Salzen, der Schwefel der Proteinstoffe aus schwefelsauren Salzen, und die Aschenbestandtheile oder unverbrennlichen Stoffe der Pflanze von verschiedenen Mineralsalzen stammen, welche während des Wachstums dem Boden durch die Wurzeln entzogen werden. Wenn aber auch der Humus als direktes Nahrungsmittel keine oder doch nur eine sehr untergeordnete Bedeutung hat, so ist damit keineswegs gesagt, dass er als Bodenbestandtheil werthlos sei; wir wissen vielmehr, dass er durch seine physikalischen und chemischen Eigenschaften direkt und indirekt den wohlthätigsten Einfluss auf das Pflanzenwachstum ausübt. Seine Wirkung ist nur nicht so einfach, als man früher glaubte, sondern er hat eine Reihe höchst wichtiger Funktionen zu erfüllen.

Aber nur ein gewisser Vorrath an Humus wirkt im Boden vortheilhaft, ein Uebermass desselben ist nachtheilig und macht den Boden zu nass (Moorboden, Torfboden). Von welchen Umständen der Humusgehalt des Waldbodens abhängig ist, wurde schon S. 205 besprochen. In einem fruchtbaren Acker-

lückenhaften, nicht geschlossenen Wäldern, welche der Sonne und dem Winde freien Zutritt gestatten, tritt zwar langsam, aber um so sicherer eine Verschlechterung und Verarmung des Bodens ein.

boden steigt der Humusgehalt selten über 15 %; die meisten Culturböden enthalten nur 2 bis 5 %¹⁾.

Um uns eine klare Vorstellung von der Wirksamkeit des Humus und über die Rolle, welche er im Boden spielt, machen zu können, wollen wir der Reihe nach die physikalischen und chemischen Funktionen desselben näher betrachten:

a. Die physikalischen Funktionen des Humus.

Einfluss des Humus auf die Bindigkeit oder Consistenz des Bodens.

Humus ist eine lockere, sehr poröse Substanz und trägt in Folge dessen zur Lockerung bindenden Bodens wesentlich bei. Für den Waldboden, der in der Regel einer künstlichen Bearbeitung nicht unterworfen ist, muss die natürliche Lockerung, welche in den

¹⁾ Knop theilt die Böden nach ihrem Humusgehalt folgendermassen ein:

Böden bis zu 3 %	bezeichnet er als humusarme,
„ von 3— 5 %	„ „ „ humushaltige,
„ „ 5—10 %	„ „ „ humose,
„ „ 10—15 %	„ „ „ humusreiche,
„ „ 15 % und darüber	als humusüberreiche.

Die quantitative Bestimmung des Humusgehaltes geschah früher einfach durch Glühen des vorher bei 125° C. vollständig getrockneten Bodens. Der Humus als organischer Bestandtheil des Bodens verbrannte durch Glühen und man hatte nach mehrmaliger Behandlung der geglühten Erde mit kohlenurem Ammoniak einfach nur den Glühverlust in Rechnung zu bringen. Da aber durch das Glühen nicht allein die im Boden enthaltenen organ. Stoffe verbrennen, sondern auch eine grössere oder geringere Menge von chemisch oder überhaupt fest gebundenem Wasser, welches bei 125° C. nicht vollständig aus dem Boden entfernt wird, mit entweicht, so kann diese Bestimmungsmethode keine richtigen Resultate liefern. Gegenwärtig bestimmt man daher die Humusmenge durch Ueberführung des Kohlenstoffs der organischen humusartigen Substanz in Kohlensäure. Zu diesem Zweck wird der Boden mit einer Mischung von doppelt chromsaurem Kali und Schwefelsäure behandelt, worauf man dann die Kohlensäure nach dem Trocknen im Liebig'schen Kaliapparat aufhängt, und aus der erhaltenen Kohlensäuremenge den Kohlenstoffgehalt und daraus die Humusmenge berechnet. E. Wolff („Anleitung zur chemischen Untersuchung landwirthschaftlich wichtiger Stoffe“) nimmt im Humus durchschnittlich 58 % Kohlenstoff an; man braucht also die gefundene Kohlenstoffmenge nur mit 1,724 oder die gefundene Kohlensäuremenge mit 0,471 zu multipliciren, um den Gehalt des Bodens an wasserfreien Humus zu finden. Bei einem Boden, dessen organische Substanz gut humificirt ist, kann man auch 60 % Kohlenstoff im Humus annehmen, woraus sich die Zahl 1,667 als Multiplicator ergeben würde. — Die Menge des dem Waldboden beigemengten Humus wird gewöhnlich durch An-

oberen Bodenschichten theils durch die Beschattung der Bäume, theils durch die Streu- und Humusdecke hervorgebracht wird, um so wichtiger sein, als gerade in diesen Bodenschichten ein grosser Theil der Faserwürzelchen sich ausbildet und ausbreitet. Man muss aber auch schon deshalb mit aller Sorgfalt darauf bedacht sein, die Bodenkrume mürbe und locker zu erhalten, weil durch die Poren des Bodens das Eindringen der Luft von oben und das Aus-treten der Luft aus dem Boden (der Luftwechsel) stattfindet, und diese Poren gewissermassen die Schleussen bilden, durch welche die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre in den Boden eindringt¹⁾.

Durch das Regenwasser werden von den auf dem Waldboden lagernden Humussubstanzen die feineren Theilchen in den Mineralboden geschlämmt, es sind deshalb auch die oberen Schichten desselben mit mehr oder weniger Humus gemengt. Auf leichtem Sandboden hat diese Humusbeimischung grossen Werth, weil dadurch der lockere Sand bindender und in Folge dessen auch feuchter gemacht wird. Schwerer, bindender Thonboden wird durch diese Humusbeimischung mürber und durchlässiger für Wasser, auch geeigneter für die Wurzelausbreitung und Wurzelausbildung. Ein von Streu- und Humusdecke entblösster Waldboden wird durch den fallenden Regen zusammengedrückt und verschlämmt²⁾; es bildet sich bei thonreichem Boden bald eine feste, dicht geschlossene Kruste, welche die Luftzuführungskanäle vermindert, den Zutritt der Luft in den Boden hemmt, das Eindringen des Regenwassers erschwert, so dass es an Abhängen rasch abfliesst, und der Anwurzelung junger Keimpflanzen, überhaupt der Wurzelausbreitung hinderlich ist. Alle diese Nachtheile werden vermieden, wenn dem Boden seine Decke erhalten bleibt und die Wirthschaft so geführt wird, dass durch den Bestandschluss der Boden beschattet und die Kraft des fallenden Regenwassers vermindert wird.

gabe der Höhe der oberen humusgefärbten Bodenschichten in Centimetern ausgedrückt.

¹⁾ Zur Lockerung des Waldbodens tragen ausserdem die Würmer und andere kleine Thiere, dann die allmählig zu Humus zerfallenden Wurzeln abgestorbener Bäume und Pflanzen und die aus dem Humus sich entwickelnde Kohlensäure bei.

²⁾ In ähnlicher Weise wie durch das Begiessen eines Gartenbeetes die Poren des Bodens an der Oberfläche zugeschlämmt und die Bildung einer Kruste befördert wird.

Einfluss des Humus auf den Feuchtigkeitszustand des Bodens.

Wir wissen, dass ein kräftiger Holzwuchs vor Allem von einem angemessenen Feuchtigkeitsgrade des Bodens bedingt wird und dass die Dicke des während der Vegetationszeit gebildeten Jahrringes (der jährliche Holzzuwachs) vorzugsweise von der Bodenfeuchtigkeit abhängt, weshalb die Bäume in trockenen Jahren an Stärke weit weniger zuwachsen, als in nassen Jahren (Vonhausen). Darum müssen alle jene Gemengtheile des Bodens, welche den Feuchtigkeitsgrad erhöhen und alle jene Manipulationen, durch welche auf denselben eingewirkt wird, dem Holzwachstum äusserst förderlich sein; sie verdienen daher die Beachtung der Forstwirthe in erster Linie.

Der Humus kann den Wassergehalt des Bodens schon dadurch erhöhen, dass er in Folge seiner porösen Beschaffenheit durch Flächenattraktion das Vermögen besitzt, aus der atmosphärischen Luft eine bestimmte Menge Wassergas zu absorbiren und dasselbe in den tieferen kühleren Bodenschichten oder während der Nacht in der erkalteten Oberkrume zu tropfbar flüssigem Wasser zu verdichten ¹⁾; er ist also wie Kochsalz oder wie Pottasche hygroscopisch, wenn auch in geringerem Grade. Bringt man 1000 Theile (1 Kilogramm) getrockneten Humus in eine Atmosphäre, die nahezu mit Wasserdampf gesättigt ist, so vermag er nach den Untersuchungen von Schübler

	in 12 Stunden	80	Gewichtstheile (Gramm),		
„	24	„	97	„	„
„	48	„	110	„	„
„	72	„	120	„	„

Wasser anziehen.

Durch die Knop'schen Versuche ²⁾ ist nachgewiesen, dass das Quantum Wassergas, welches irgend ein poröser Körper zu absorbiren und zu condensiren vermag, unabhängig ist von der relativen Sättigung der Luft mit Wasserdampf und nur abhängt

- a. von der Beschaffenheit und Natur des porösen Körpers und
- b. von der jeweiligen Temperatur.

Bei niederer Temperatur nehmen die porösen Körper mehr Wasserdampf als bei höheren Temperaturgraden auf. Ein durch den Holzbestand

¹⁾ Aehnlich wie sich an einer kalten Fensterscheibe Wasser condensirt.

²⁾ „Landw. Versuchsstationen“ V. Bd. S. 110.

dicht beschatteter Boden, dessen mittlere Temperatur unseren Beobachtungen zufolge während der Sommermonate durchschnittlich um 3° R. niedriger ist, als ein nicht oder mangelhaft beschatteter Boden, muss demnach während der trockenen Jahreszeit mehr Wasserdampf (und damit Ammoniak und Kohlensäure) aus der Luft absorbieren und den Wurzeln zuführen, als ein nackter, kahler Boden. Durch Beschattung wird demnach ein Boden nicht nur deshalb fruchtbarer, weil er mürber und lockerer wird, den Humus länger erhält, das vorhandene flüssige Wasser im Boden langsamer verdunsten lässt, sondern auch, weil er in Folge der niederen Temperatur ein stärkeres Condensationsvermögen für Wasserdampf besitzt, als ein solcher von höherer Temperatur. Diese Wirkung des Humus muss besonders für jüngere Holzpflanzen von Bedeutung sein, deren Bewurzelung noch nicht bis zu jener Bodentiefe hinabreicht, in der ihnen die nöthige Feuchtigkeit auch in trockenen Jahren gesichert ist. Selbst bei völligem Mangel an Regen wird humusreicher Boden durch sein Absorptionsvermögen in dem Maasse mehr Wasser aus der Luft anziehen und verdichten, als die Temperatur während der Nacht mehr und mehr sinkt¹⁾.

Der Boden wird durch den Humus aber auch feuchter durch die Fähigkeit desselben, ähnlich wie ein Schwamm, eine grosse Quantität Wasser in tropfbarflüssiger Gestalt aufnehmen und festhalten zu können. Diese sogenannte wasserfassende Kraft des Humus steht in innigem Zusammenhang mit seiner grossen Porosität. Wenn daher der Regen den Boden durchnässt, so bewirkt ein grosser Humusgehalt stets ein längeres Verweilen des Wassers in

¹⁾ Nicht unerwähnt darf gelassen werden, dass Dr. R. Heinrich aus seinen neuerdings angestellten experimentellen Versuchen schliesst, die Hygroscopicität der verschiedenen Bodenarten sei nicht im Stande, für die Pflanzen nutzbares Wasser zu liefern; das letztere müsse vielmehr dem Boden stets in tropfbar flüssiger Form zugeführt werden und die Bedeutung, welche man häufig in der Praxis der Fähigkeit der Bodenarten, Wasserdampf aus der Luft zu absorbieren, zuschreibt, scheint hiernach der Begründung zu entbehren. („Landwirthschaftliches Centralblatt“ XXIII. Jahrgang. 1875. 1. Heft. S. 57.) Gegen diese Ansicht sprechen die Beobachtungen von Sachs, dem es gelang, ohne Begiessen der Erde den welkenden Blättern einer jungen Bohnenpflanze ihr früheres frisches Ansehen dadurch wiederzugeben, dass er den Topf mit Erde in einen oben geschlossenen Glaszylinder brachte, in dem sich Luft befand, die beständig völlig oder beinahe mit Wasserdampf gesättigt war, während die Blätter vollkommen der freien Luft ausgesetzt waren. Die thonreiche Erde absorbirte aus der Luft soviel hygroscopische Feuchtigkeit, dass die welken Blätter bald wieder ihr frisches, strotzendes Ansehen erhielten.

den oberen Schichten, — eine Eigenschaft, die in regenarmen Gegenden oder während der trockenen Jahreszeit für die Fruchtbarkeit des Bodens von höchster Wichtigkeit ist. Es ist klar, dass ein Boden, der das Wasser lange festhält, auch seine wasseranziehende Kraft beim Verdunsten (Austrocknen) geltend macht, weshalb humusreiche Erde bei anhaltender Trockenheit sich länger feucht erhält und dem Wachstum der Pflanzen viel günstiger ist, als ein Boden, der wenig oder gar keine organischen Stoffe enthält.

Humus besitzt unter allen Bodenbestandtheilen nicht bloß das grösste Absorptionsvermögen für Wasserdampf, sondern nimmt auch unter allen am meisten Wasser auf; nach ihm folgt der Thon und Kalkschlamm, während dem Quarzsand diese werthvollen Eigenschaften fast gänzlich abgehen.

Man kann die wasserhaltende Kraft einer Erde leicht bestimmen, wenn man dieselbe in einen Trichter bringt, mit Wasser begiesst, und nachdem das überschüssige Wasser abgelaufen ist, durch Wägen die Wassermenge bestimmt, welche davon zurückgehalten wurde. Bei einem derartigen Versuche absorbiren z. B.

100 Gewichtstheile Sand nur . . .	12,2 Gramm,
100 „ Torf (Humus). . .	114,4 „

Wasser.

Einfluss des Humus auf die Erwärmung des Bodens.

Die Bodenwärme ist ein ebenso wichtiger Vegetationsfaktor, als die Luftwärme; denn die grössere oder geringere Wurzelthätigkeit, mithin auch die Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanzen, dann die Ausbildung und Verzweigung der Wurzeln, der raschere oder langsamere Verwitterungs- und Verwesungsprocess im Boden u. s. w. hängt wesentlich von der Bodentemperatur ab. Einen mächtigen Einfluss auf die Erwärmung des Bodens hat die Farbe desselben, indem nach einem allgemeinen physikalischen Gesetze alle dunkel gefärbten Körper mit rauher Oberfläche viel mehr Wärmestrahlen der Sonne absorbiren, sich also schneller und stärker erwärmen, als hell gefärbte Substanzen mit glatter Oberfläche, welche die meisten auf sie fallenden Sonnenstrahlen wieder zurückwerfen¹⁾. In Folge seiner schwarzen Farbe

¹⁾ Streut man schwarze Stoffe, z. B. Basaltpulver, dunklen Thonschiefer, Russ u. dgl. auf Schnee, so bringt man ihn dadurch schneller zum Schmelzen.

wird somit Humus die meisten Bodenarten in dem Maasse wärmer machen, als sie mit zunehmendem Humusgehalte dunkler gefärbt werden. Durch Zuführung von Torf- und Moorerde, von Teichschlamm kann man helle Bodenarten für die Wärmeabsorption geneigter machen. Am wohlthätigsten wirkt diese Temperaturerhöhung in sog. kalten, nassen Bodenarten, die vorherrschend aus Thon bestehen. Da aber der Waldboden durch den Bestandsschluss beschattet und nicht wie der Acker- und Gartenboden den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, so wird die erwähnte physikalische Wirkung des Humus in den letzteren Fällen weit mehr zur Geltung kommen, als im Waldboden.

Wärmeerzeugend wirkt Humus im Boden auch dadurch, dass bei seiner allmählichen Zersetzung oder Verwesung Wärme frei wird, doch findet dieser Prozess so langsam statt, dass diese Wärmemengen wohl ohne besonderen Einfluss auf das Pflanzenleben sein werden. Dasselbe gilt für jene Wärme, die im Humus, wie überhaupt im porösen Boden durch die Absorption und Verdichtung von Wasserdämpfen (Kohlensäure und Ammoniak) gebildet wird.

Einfluss des Humus auf das Wärme-Ausstrahlungsvermögen oder auf die Abkühlung des Bodens.

Das Erkalten eines Bodens geht immer von der Oberfläche aus, indem hier unausgesetzt eine gewisse Wärmemenge durch Ausstrahlung abgegeben wird. Je grösser daher das Ausstrahlungsvermögen der Bodengemengtheile ist, desto grösser ist dieser Wärmeverlust, desto schneller und stärker kühlt sich der Boden ab. Nach Sonnenuntergang geht natürlich die Wärmeausstrahlung schneller von Statten als am Tage.

Bei der Betrachtung des Wärme-Ausstrahlungsvermögens hat man zwei physikalische Gesetze in Erwägung zu ziehen, welche lauten: „Je dunkler die Farbe eines Körpers ist, desto stärker ist auch seine Fähigkeit, Wärme ausstrahlen“, und ferner: „je grösser die spezifische Wärme eines Körpers ist, desto geringer ist sein Ausstrahlungsvermögen.“

Um über die Ausstrahlungsfähigkeit der wichtigsten Bodengemengtheile feste Zahlen zu erlangen, stellte im vorigen Jahre Dr. Paul Oemler Versuche an, die zu folgenden Resultaten führten:

Erdarten.	Zeit, welche die Erde brauchte, um sich von 50° bis auf 15° abzukühlen.	Wärmehaltungsvermögen, procentlich berechnet.
Grober Sand	192 Minuten	100
Feiner Sand	175 „	91,14
Lehm	166 „	86,45
Reiner Thon	161 „	83,85
Reiner Kalk	158 „	82,29
Feiner Humus	127 „	66,14
Gröberer Humus (Moorerde)	120 „	62,50

Diesen Bestimmungen zufolge erkaltet Humus schneller als alle anderen bodenbildenden Stoffe, Sand hält nach diesen Versuchen die Wärme am längsten zurück, hat also die grösste wärmehaltende Kraft. Auf humusreichem Boden müssen daher auch Thauiederschläge grösser sein, als auf humusarmem Boden¹⁾.

Einfluss des Humus auf die Wärmecapazität des Bodens.

Gleiche Gewichtsmengen verschiedener Körper bedürfen bekanntlich sehr ungleicher Wärmemengen, um auf einen bestimmten Temperaturgrad erwärmt zu werden. Diejenige Wärmemenge, welche nöthig ist, um die Temperatur einer Gewichtseinheit (1 Grm.) eines Körpers um 1° Cels. zu erhöhen, bezeichnet man als „specifische Wärme“ oder „Wärmecapazität“. Je grösser die specifische Wärme eines Körpers ist, um so langsamer wird er sich erwärmen; setzen wir also zwei Körper von verschiedener Wärmecapazität, z. B. Humus und Sand, gleichen Wärmestrahlen aus, so wird sich derjenige mit hoher specifischer Wärme (Humus) weit langsamer auf die gleiche Temperatur bringen lassen, als derjenige mit geringer specifischer Wärme (Sand). Je grösser ferner die Wärmecapazität eines Körpers ist, desto langsamer giebt er die einmal aufgenommene Wärme wieder ab, desto schwieriger erkaltet er, desto geringer ist also sein Ausstrahlungsvermögen.

Unter allen bekannten Körpern besitzt das Wasser die grösste Wärmecapazität, es dient daher bei der Vergleichung der Wärmecapacitäten verschiedener Körper als Einheit. Pfaundler in Innsbruck hat die Wärmecapazität nachstehender Erden (bei 100° getrocknet) bestimmt. Setzt man die specifische Wärme des Wassers = 1, so besitzt nach diesen Untersuchungen:

¹⁾ „Centralblatt für Agrikulturohemie“, III. Jahrgang (1874), S. 245.

humusfreier Flugsand	eine spec. Wärme von	0,1912
„ Alluvialsand	„ „ „ „	0,2140
Quarzsandige Wiesenmoorerde	„ „ „ „	0,2507
fruchtbarer Weizenboden	„ „ „ „	0,2847
leichte humose Erde	„ „ „ „	0,4149
Torf	„ „ „ „	0,5079

Die Wärmecapacität des Humus nähert sich der des Torfes, ist also etwa um die Hälfte geringer als die des Wassers; die übrigen Bodenbestandtheile: Sand, Kalk, Thon haben im trockenem Zustande eine spezifische Wärme von 0,20 bis 0,25 ¹⁾. Zur Erwärmung einer bestimmten Menge Sand ist mithin nur der fünfte Theil Wärme nothwendig, als zur Erwärmung einer gleichen Quantität Wasser auf dieselbe Temperatur. Die spezifische Wärme des Wassers überragt alle übrigen Bodenbestandtheile so bedeutend, dass darin die Hauptursache liegt, warum nasser Boden viel kälter ist als trockener. Da auch Humus eine verhältnissmässig hohe spezifische Wärme besitzt, so werden humusreiche Böden sich durch höhere Wärmecapacität auszeichnen, als humusarme, und zwar um so mehr, als Humus die Wärmecapacität eines Bodens auch noch durch seine grosse wasserzurückhaltende Kraft vermehrt. Damit stimmen auch die Resultate überein, welche Hugo Platter bei der Untersuchung der Wärmecapacität verschiedener Bodenarten aus der Umgegend Innsbrucks erhielt; jene Bodenarten, die zwischen 8 und 16 % Humus enthielten, hatten eine Wärmecapacität von 0,22 bis 0,24, die humusarmen (von 3,5 bis 7 % Humus) zeigten nur eine spec. Wärme von 0,20 bis 0,22 ²⁾. Jene Erden, deren Wärmecapacität zwischen 0,26 und 0,22 lag, waren fruchtbar, die Erden mit geringerer Wärmecapacität als 0,22 waren beinahe oder ganz unfruchtbar. Je mehr Sand ein Boden enthält, desto geringer ist seine Wärmecapacität; Thon erhöht dieselbe, ebenso Kalk oder Mergel. Um die spezifische Wärme einer Bodenart zu vermehren, ist es am zweckmässigsten, Humus beizumischen, weil die Wärmecapacität desselben grösser ist, als die aller anderen bodenbildenden Gemengtheile, und weil dadurch auch zugleich der Wassergehalt des Bodens gesteigert wird.

¹⁾ Dr. Paul Oemler hat für die spezifische Wärme der wichtigsten Bodenbestandtheile folgende Werthe gefunden: Wasser = 1,000, Humus 0,208, reiner Kalk 0,184, Lehm 0,149, Thon 0,187, Sand 0,09. („Centralblatt für Agrikulturchemie“, III. Jahrgang, S. 245.

²⁾ „Jahresbericht der Agrikulturchemie“, 13—15. Jahrg., S. 104.

Einfluss des Humus auf die Wärmeleitung des Bodens.

Eine unter gewissen Umständen werthvolle Eigenschaft des Humus ist, dass er zu den schlechten Wärmeleitern gehört und deshalb als Bodendecke das rasche Eindringen von Hitze und Kälte, also schroffen Temperaturwechsel vermindert. Es gehört daher auch Humusbedeckung zu den Mitteln, um das Ausfrieren der Pflanzen zu verhindern. Auf seichtgründigen und lockeren Böden, die Humus beigemischt enthalten, befördert er aber das Auffrieren des Bodens wegen seiner bedeutenden wasserfassenden Kraft.

Ist Humus mit dem Mineralboden innig gemengt, so verringert er die Leitung oder Fortpflanzung der Wärme von den oberen nach den tieferen Schichten; im nassen Zustande leitet er aber die Wärme besser, als im trockenem, weil dann in seinen Zwischenräumen die Luft durch den besseren Leiter „Wasser“ ersetzt ist. Nach den jüngsten Untersuchungen von Dr. v. Littrow leiten überhaupt alle nassen Bodenarten die Wärme besser als trockene. Mit dem Gehalte des Bodens an Feinerde nimmt seine Wärmeleitungs-fähigkeit ab.

Einfluss des Humus auf die Absorptionsfähigkeit des Bodens.

Bereits vor 40 Jahren wurde durch Bronner in Heidelberg beobachtet, dass, wenn man gelb gefärbte und übelriechende Mistjauche durch eine hinreichend dicke Schicht irgend eines feinerdigen Bodens hindurchsickern lässt, das abfließende Wasser alsdann klar, farblos und ohne allen Geruch erscheint, indem gewisse, in der Mistjauche gelöste Stoffe (Farbstoffe, Ammoniak, Kali) von dem Boden absorbiert und zurückgehalten werden. Etwa 12 Jahre später (1848) wurde diese gänzlich in Vergessenheit gerathene Beobachtung von Huxtable und H. S. Thompson zum zweiten Male gemacht und von Th. Way eingehender studirt. Liebig endlich hat einige Jahre später nachgewiesen, dass dieses Absorptionsvermögen eine ganz allgemeine Eigenschaft des Culturbodens sei und dass die Pflanzen mittelst ihrer Wurzeln nicht bloss gelöste, sondern auch solche „absorbirte Nährstoffe“ aufzunehmen im Stande seien. Seitdem diese Forschungen gemacht wurden, wissen wir, dass alle feinerdigen Bodentheilchen, Thon und Humus, die höchst merkwürdige Eigenschaft haben, gelöste Stoffe sehr verschiedener Art, darunter eine Anzahl gerade der wichtigsten Pflanzennährstoffe, wie Kali, Phosphorsäure, Ammoniak aus ihren Lösungen zu absorbiren und so fest zurückzuhalten, dass

sie nicht durch Wasser allein, sondern nur unter Mitwirkung der Wurzeln in die Pflanzen übergeben können. Lässt man Lösungen von Ammoniak-, Kali- oder phosphorsauren Salzen durch Humus oder durch eine thonreiche Acker- oder Walderde filtriren, so sickern diese Lösungen nicht unverändert durch die Erde hindurch, was leicht daran zu erkennen ist, dass die abfliessenden Flüssigkeiten viel ärmer an Kali, Ammoniak und Phosphorsäure sind, als die ursprünglichen Lösungen waren. Gewisse andere Stoffe (Kalk-, Magnesiasalze) gehen dafür aus dem Boden in das abfliessende Wasser über. Durch Berührung mit Humus und den übrigen feinerdigen Bodentheilchen (Thon, Lehm etc.) werden diese Stoffe der Lösung entzogen (absorbirt) und von den Erdtheilchen so fest zurückgehalten und gebunden, dass sie überaus schwer löslich sind und nur durch fortdauernden Einfluss von Wasser sich allmählich wieder lösen und auswaschen lassen. Ausser den genannten Nährstoffen vermag der Boden noch Kieselsäure und Magnesia leicht zu absorbiren, während Kalk und Natron nur in sehr geringer Menge, Chlor, Schwefelsäure und Salpetersäure so gut wie gar nicht aus Lösungen gebunden und zurückgehalten werden. Diese für das Pflanzenleben so höchst wichtige Eigenschaft des Humus und der Feinerde beruht auf chemischen Vorgängen und nur zum geringsten Theil auf Flächenattraktion.

In diesem absorbirten Zustande sind die genannten Nährstoffe in den Erdtheilchen sehr fein vertheilt enthalten, in Wasser sehr schwer löslich, aber dennoch für die Pflanzen aufnahmefähig. Kommen nämlich die Faserwürzelchen derselben im Boden in unmittelbare Berührung mit Erdtheilchen, die absorbirte Nährstoffe enthalten, so gehen die letzteren durch die Einwirkung der Wurzeln (und zwar durch den sauren Saft der Wurzelhaare und durch die aus den Wurzeln sich ausscheidende Kohlensäure) in Lösung über, werden von denselben aufgenommen und dienen der Pflanze zur Ernährung. Das grössere oder geringere Absorptionsvermögen eines Bodens steht mit dessen Gehalt an lehmigen und humusartigen Substanzen in nahem Zusammenhange. Je bedeutender aber das Absorptionsvermögen eines Culturbodens für Pflanzennährstoffe ist, eine desto grössere Fruchtbarkeit besitzt er. Würde dem Boden diese absorbirende Kraft abgehen, so wären alle Pflanzennährmittel im Bodenwasser gelöst enthalten, jeder starke Regenguss müsste eine entsprechende Menge auswaschen, dem Untergrund und von da den Quellen, Flüssen und schliesslich dem Meere zuführen. Auf diese Weise ginge dem

Boden und den Pflanzen eine grosse Menge von Pflanzennährstoffen verloren. Dass aber eine solche Auswaschung werthvoller Pflanzennährstoffe nicht stattfindet, geht aus den vielfachen Untersuchungen hervor, welche mit Sickerwasser oder Drainwasser, mit Quellwasser etc. ausgeführt wurden. Höchstens Spuren von Phosphorsäure, Kali und Ammoniak kommen in diesen dem Boden entstammenden Wässern vor, also ein Beweis, dass diese Nährstoffe vom Boden mit grosser Kraft zurückgehalten und für die Pflanzenernährung reservirt werden. Es besitzt jedoch, wie schon oben bemerkt wurde, nicht jeder Boden dieses Absorptionsvermögen in gleichem Grade; den Sandböden z. B. geht die Fähigkeit, Pflanzennährstoffe zu absorbiren, fast gänzlich ab, es versickern daher diese Stoffe in solchen Böden leicht mit dem Wasser in grössere Tiefen; humus-, thon- und lehmreiche Böden zeichnen sich dagegen durch starke absorbirende Kraft aus, vermitteln auf diese Weise eine sparsame Verwendung der wichtigsten Nährstoffe und gewähren Schutz gegen das Auswaschen derselben aus dem Boden.

Die erwähnte Wirkung des Humus muss besonders hohe Bedeutung für solche Bodenarten haben, welche arm an Thon und Lehm sind, also für sandige leichte Böden, denen das Absorptionsvermögen fast gänzlich abgeht. Humusreiche Sandböden sind schon aus diesem Grunde fruchtbarer als humusarme oder gar humusfreie ¹⁾.

Durch diese höchst merkwürdige Eigenschaft des Bodens erklärt sich auch die Erscheinung, dass in der Oberkrume des Waldbodens die unter dem Einfluss des Humus und des Verwitterungsprocesses gebildeten und zugeführten Pflanzen-

¹⁾ Wie Humus, so kann auch Torfklein (Torfabfälle in Pulverform) die oben genannten Nährstoffe aus Lösungen absorbiren, und wird dadurch sogar in die fruchtbarste Erde verwandelt. Dies beweisen die Vegetationsversuche, welche Nägeli und Zöllner in München ausführten. Ein Liter Torf, dessen Gewicht 324 Grm. betrug, absorbirte in einigen Stunden bei Berührung mit Lösungen von kohlen-saurem Kali, kohlen-saurem Ammoniak, kohlen-saurem Natron, saurem phosphorsäurem Kalk:

	1,45	Grm. Kali,
	1,22	„ Ammoniak,
	0,20	„ Natron,
	0,41	„ Phosphorsäure.

Damit war aber der Torf noch keineswegs mit diesen Nährstoffen gesättigt, sondern hätte noch mehr davon aufnehmen können; er erlangte aber eine so ausserordentliche Fruchtbarkeit, dass sich darin Zwergbohnen mit grösster Ueppigkeit entwickelten. (Vergl. Liebig „die Naturgesetze des Feldbaues“ 1862. S. 111.)

nährmittel nicht ausgewaschen, sondern in reichlicherer Menge sich ansammeln können.

b. Die chemischen Funktionen des Humus.

Im Innern eines jeden Mineralbodens finden durch die Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit, der Luft und der Wärme beständig verschiedene chemische Veränderungen statt. Die Gesteinstrümmer verwittern, sie werden aufgeschlossen, und die in denselben enthaltenen unlöslichen mineralischen Pflanzennährstoffe (Kali, Kalk, Bittererde, Kieselsäure etc.) in lösliche Verbindungen übergeführt, also für die Pflanzen aufnahmefähig gemacht. Gewisse andere Mineralstoffe, die den Pflanzen zur Ernährung dienen, werden vom Bodenwasser direkt gelöst, und wieder andere durch die Feinerde aus dem Bodenwasser absorbiert, fest gebunden und vor dem Auswaschen geschützt.

Durch diese verschiedenen chemischen Vorgänge wird der Boden mit der Zeit an aufnahmefähigen mineralischen Nährstoffen bereichert, ein Theil des todtten Bodenkapitals also in assimilirbares Nährstoffkapital umgewandelt. Je lebhafter die chemische Bodenthätigkeit ist, desto mehr mineralische Nährstoffe werden in einer bestimmten Zeit aufgeschlossen und gelöst, eine um so grössere Menge wird den Pflanzen zur Verfügung gestellt.

Aber alle diese chemischen Umwandlungen finden in einem reinen Mineralboden äusserst langsam statt, seine chemische Thätigkeit ist eine sehr geringe. Befördert wird dieselbe durch öftere Bearbeitung und Lockerung, insbesondere aber durch einen gewissen Humusgehalt. Letzterer betheiligt sich nämlich direkt und indirekt an den chemischen Vorgängen im Boden, er befördert die Aufschliessung und Auflösung der mineralischen Bodenbestandtheile sehr wesentlich und veranlasst eine erhöhte chemische Bodenthätigkeit. Durch diese Wirkungen des Humus wird die Ertragsfähigkeit des Bodens (die sog. Bodenkraft) gesteigert, und es kann mithin der Humus den Boden nicht nur physikalisch, sondern auch chemisch verbessern.

Um ein klares Bild über die chemischen Wirkungen des Humus zu erhalten, wollen wir im Folgenden die verschiedenen chemischen Funktionen desselben näher ins Auge fassen.

Humus als direktes Lösungsmittel und Aufschliessungsmittel mineralischer Bodenbestandtheile.

Die Humussubstanzen und zwar speciell die verschiedenen Humussäuren haben für die Pflanzenentwicklung schon insofern eine grosse Bedeutung, als sie nach den Versuchen von Riesler und nach den Beobachtungen von Senft die Fähigkeit besitzen, chemisch zersetzend oder aufschliessend auf gewisse Mineralgemengtheile, insbesondere auf Silikate und Phosphate, einzuwirken und dadurch zur Löslichmachung verschiedener mineralischer Pflanzennährstoffe wesentlich beizutragen. Humussaures Ammoniak (oder Kali) vermag kali-, natron-, kalk- oder magnesiahaltige Silikate und die Phosphate des Kalkes und Eisenoxyduls in längerer Berührung zu zersetzen und zu lösen. Aus fein gepulvertem Feldspath, aus gepulvertem phosphorsaurem Kalk (Phosphorit), aus Gyps und kohlenurem Kalk löst feuchte Humussäure nicht unbedeutliche Quantitäten von Kali, Kieselsäure, Phosphorsäure, Kalk auf, wenn sie einige Wochen oder Monate damit in Berührung gelassen wird. Die Humusstoffe an sich befördern also die Verwitterung, Aufschliessung und Löslichmachung der Mineralsubstanzen des Bodens und führen sie in einen assimilirbaren Zustand über. Dadurch allein schon trägt humusreicher Boden zur Erhöhung des assimilirbaren Nährstoffkapitals bei und befördert indirekt das Pflanzenwachsthum. Professor Aug. Vogel in München machte schon früher darauf aufmerksam, dass die organischen Bestandtheile des Humus (das huminsäure Ammoniak) die Kieselsäureaufnahme vermitteln¹⁾ und dass ohne Gegenwart von Humus die Aufnahme der Kieselsäure den Pflanzenwurzeln in hohem Grade erschwert sei. (Vergl. S. 169.)

Nach Simon's neuesten Untersuchungen²⁾ geht die Humussäure mit gewissen Mineralstoffen des Bodens, vor Allem der Phosphorsäure, Verbindungen ein. Setzt man zu Humussäure etwas phosphorsauren Kalk, so bildet sich eine gelbbraune Lösung, welche Humussäure und Phosphorsäure mit Kalk enthält. Dadurch erklärt sich die bekannte starke Absorbirbarkeit der gelösten phosphorsauren Salze durch humusreiche Erden. Ebenso kam L. Grandeau durch Untersuchung der russischen Schwarzerde zu der Ansicht, dass ein Boden seine Fruchtbarkeit wahrscheinlich einer eigenthümlichen

¹⁾ Nach P. Thenard geht das huminsäure Ammoniak in der That mit Kieselsäure eine Verbindung ein.

²⁾ „Naturforscher“ VIII. Jahrg. 1875. S. 203.

Verbindung der organischen Humussäure mit Kieselsäure, Phosphorsäure, Kali, Kalk, Magnesia, Eisen verdanke, welche sich in kohlenurem Ammoniak auflösen und von den Pflanzenwurzeln direkt assimilirbar seien¹⁾).

Wenn auch diese Untersuchungen noch keineswegs als abgeschlossen zu betrachten sind, so verdienen sie doch unsere Aufmerksamkeit, weil sich daraus sehr wichtige und neue Aufschlüsse über die Pflanzenernährung und über die Wirkung des Humus ergeben können.

Die Verwesungsprodukte des Humus als Lösung- und Aufschliessungsmittel der Mineralbestandtheile des Bodens.

Die in fortwährender allmählicher Zersetzung begriffenen organischen Stoffe der Streudecke bilden sowohl bei dem Uebergang der letzteren in Humus, als auch bei der fortschreitenden Verwesung desselben eine langsame, aber andauernde Quelle von Kohlensäure; um jedes

Humustheilchen bildet sich eine Atmosphäre von Kohlensäure. Das in den Boden eindringende meteorische Wasser absorbiert einen Theil dieser Kohlensäure, wodurch das Bodenwasser weit kohlenureicher wird, als das Regenwasser, das von oben in den Boden eindringt. In gleicher Weise trägt die Verwesung organischer Stoffe dazu bei, dass die Luft im Boden weit mehr Kohlensäure enthält, als die atmosphärische normale Luft²⁾.

Durch diesen Kohlensäure-Reichthum der Bodenfeuchtigkeit und Bodenluft wird die Verwitterung oder Aufschliessung und die Lösung gerade solcher

¹⁾ „Jahresbericht der Agrikulturohemie“ XIII. bis XV. Jahrgang. 1. Bd. S. 74.

²⁾ Der grosse Kohlensäuregehalt der Boden- oder Grundluft im Vergleich zur atmosphärischen Luft wurde durch Analysen von Boussingault, dann aber vorzugsweise von Prof. Pettenkofer in München und von Prof. Fleck in Dresden nachgewiesen. Während die freie atmosphärische Luft in 1000 Theilen nur 0,3 bis 0,5 Thle. Kohlensäure enthält, fanden sich in der Bodenluft des mit organischen Stoffen reichlich versehenen Kiesbodens des botanischen Gartens auf dem linken Elbufer in Dresden bei 2 Meter Tiefe in 1000 Theilen im Mittel folgende Kohlensäuremengen:

	im Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Decbr.	Mittel
1872	7,9	5,2	10,8	20,2	28,1	30,6	35,9	47,4	39,7	33,1	22,0	7,9	24,0
1873	7,1	7,0	8,7	14,5	18,8	28,4	44,3	43,5	41,4	39,8	20,1	19,3	24,4

Mit zunehmender Bodentiefe steigert sich der Kohlensäuregehalt noch mehr, denn in 6 Meter Tiefe fanden sich im Mittel pro Mille 1872: 43,7, 1873: 61,6 Kohlensäure. („Dritter Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden“, herausgegeben von Hofrath Dr. Fleck. 1874.)

Gesteinstrümmen, die Pflanzennahrungsmittel enthalten, in noch höherem Grade befördert, als durch die Humussäuren. Wir sehen also, dass der Humus auf diese Weise indirekt dazu beiträgt, mineralische Pflanzennährstoffe löslich und aufnahmefähig zu machen und das assimilirbare Nährstoffkapital des Bodens zu erhöhen.

Wichtige Pflanzennährstoffe, die in reinem Wasser fast unlöslich sind, lösen sich im kohlensäurehaltigen Bodenwasser ziemlich leicht auf, wie z. B. kohlen-saurer Kalk, kohlensaure Magnesia, die dadurch in lösliche doppelt kohlen-saure Salze (Bicarbonate) umgewandelt werden. (Entstehung von hartem Quell-wasser¹⁾). Ebenso vermittelt die Kohlensäure des Bodenwassers die Lösung von Phosphaten (phosphorsaurem Kalk, phosphorsaurer Magnesia²⁾, von Kieselsäurehydrat u. s. w. Alle diese Mineralstoffe werden um so leichter und um so schneller gelöst werden, je humus- und kohlensäurereicher der Boden ist.

Die Kohlensäure, welche durch das Bodenwasser im ganzen Erdreich vertheilt wird, beschleunigt aber auch die Verwitterung, Aufschliessung und Lösung aller jener Mineralien, die kieselsauren Kalk, kieselsaures Kali, -Natron, -Eisen-oxydul, -Magnesia enthalten, wozu die Feldspathe, Hornblendes, Augite, Glimmer, Zeolithe etc. gehören. Diese Silikate werden durch die Einwirkung der kohlensäurehaltigen Bodenfeuchtigkeit zwar sehr langsam, aber doch all-mählig in der Weise zersetzt, dass daraus kohlensaure Salze (Carbonate) unter Abscheidung von Kieselsäurehydrat gebildet werden, — Verbindungen, die sich dann in Wasser lösen und den Pflanzen zur Ernährung dienen. So lösten nach Stöckhard („Chem. Ackersmann“ 1873, S 230) aus 10,000 Theilen Gesteinpulvers

	reines Wasser	kohlensäurehaltiges Wasser
von Porphyrr	10 Thle.	20 Thle.
„ Basalt	8 „	149 „
„ geglühtem Lehm	42 „	85 „

und zwar vornehmlich Kali, Natron und Kalk auf³⁾.

¹⁾ Kommt eine Quelle aus einem Kalkgebirge, das nicht bewaldet ist, so können mitten im Kalk Quellen mit weichem Wasser entspringen, wie z. B. der Fürstenbrunnen am Untersberge ist, mit dessen äusserst weichem Wasser gegenwärtig die Stadt Salzburg versorgt wird.

²⁾ Zur Lösung der Phosphate tragen im Boden auch Ammoniaksalze, salpetersaure Salze, Kochsalz bei. Die gelöste Phosphorsäure wird sowohl durch kohlen-sauren Kalk, kohlensaure Magnesia, als auch durch Eisenoxydhydrat, Thonerdehydrat, durch Humus wieder absorbirt.

³⁾ Durch Brennen (Ausglühen) wird in allen Bodenarten eine gewisse Menge der vorher fest gebundenen Pflanzennährstoffe leichter löslich und den Pflanzen zu-

Nach Haushofer's Versuchen kann gewöhnliches Wasser aus 1 Million Gewichtstheilen Granitpulver 30—40 Theile, kohlensaures Wasser aber das Doppelte an Alkalien ausziehen.

Durch die beschleunigte Verwitterung der Silikatgesteine in kohlensäure- oder humusreichem Boden wird den Pflanzen in einer gegebenen Zeit ein grösserer Zuschuss an pflanzenernährenden Mineralstoffen gegeben, als in einem humusarmen oder humusfreien Boden, was erheblich zur Erhaltung der Fruchtbarkeit der Waldböden beiträgt.

Die oben genannten Silikate hinterlassen nach der Auslaugung jener Mineralstoffe, die als Pflanzennahrungsmittel dienen (Kali, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Kieselsäure), als unlösliches Verwitterungsprodukt mehr oder weniger Thon, dem noch Kieselsäure innig beigemischt ist. Eine weitere günstige Folge des lebhafteren Verwitterungsprocesses in humusreichem Boden dürfte deshalb auch eine Erhöhung des Thon- oder Feinerdegehaltes sein, wodurch wieder die physikalische Beschaffenheit des Bodens verbessert wird.

Humus als direktes Nahrungsmittel der Pflanzen.

Die Frage, ob die organischen Bestandtheile des Humus den Pflanzen direkt zur Ernährung dienen und von den Wurzeln aufgenommen werden, ist schon von hervorragenden Naturforschern einer näheren Untersuchung unterworfen worden, aber noch immer konnte dieser Gegenstand zu keinem endgültigen Abschlusse gebracht werden.

Zur Zeit der Humustheorie nahm man an, dass die organischen Humusbestandtheile in gelöstem Zustande ein direktes Nahrungsmittel für die Pflanzen seien und hauptsächlich den zum Aufbau des Pflanzenkörpers erforderlichen Kohlenstoff zu liefern hätten. Liebig dagegen und seine zahlreichen Anhänger sprechen dem Humus jeden direkten Ernährungswerth ab und betrachten ausschliesslich nur die letzten Verwesungsprodukte des Humus, nämlich: Kohlensäure, Wasser und Ammoniak (Salpetersäure) als Nahrungsmittel der Pflanzen.

gänglich. Man kann aus einem schwach geglühten Boden durch Wasser, namentlich durch kohlensäurehaltiges, in der Regel eine beträchtlich grössere Menge von mineralischen Pflanzennährstoffen ausziehen, als aus demselben Boden in dessen ungeglühtem Zustande. Je thonreicher der Boden ist, desto grösser ist meistens die Differenz in der Löslichkeit der Bodennahrung vor und nach dem Glühen. (Das Ueberlandbrennen in der Hackwaldwirtschaft.)

Die Möglichkeit einer geringen Humusaufnahme liegt aber allerdings vor, denn wenn auch die Humuskörper an und für sich sehr schwer löslich sind, so findet man doch in jedem humusreichen Boden schwache Lösungen von humussaurem Kali, Ammoniak und humussaurem Kalk, — Salze, von denen wir früher schon gehört haben, dass sie durch Zersetzung der Humussäure leicht in Kohlensäure Salze übergehen. Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, experimentell zu ermitteln, ob der Humus fähig ist, direkt Pflanzen zu ernähren. (Hartig, Saussure, Wiegmann, Polstorff, Mulder u. A.) In jüngster Zeit hat aber Dr. Dettmer durch mehrfache Versuche nachgewiesen, dass weder Lösungen der Huminsäure, noch des huminsauren Ammoniaks in die Pflanzenwurzel übergehen können, indem ihnen das Diffusionsvermögen abgeht (sie verhalten sich als Colloidsubstanzen), und deshalb nicht durch die Membran in die Wurzelzellen eindringen können; selbst nach 72 Stunden war von den Versuchspflanzen keine Spur davon aufgenommen¹⁾. Aus späteren Versuchen, die Dettmer anstellte, geht aber hervor, dass die Quellsatzsäure (Apokrensäure), die wir früher als Oxydationsprodukt der Huminsäure und des Humins kennen lernten, von den Pflanzen aufgenommen werden kann und zwar sowohl im freien Zustande, als in Verbindung mit Ammoniak²⁾; in beiden Formen zeigte sich dieser Körper diffusionsfähig. Nach Simon's Angaben, der, wie oben erwähnt, nachgewiesen hat, dass die Humussäure mit Mineralstoffen, namentlich mit Phosphorsäure Verbindungen eingehen kann, zeichnet sich diese eigenthümliche Humus-Phosphorsäureverbindung durch ihre Durchgangsfähigkeit (Diffusion) durch Membranen aus, während sonst die Humusstoffe (mit Ausnahme der Quellsatzsäure) sich wie Colloide verhalten³⁾. Es muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, zu ermitteln, ob nicht vielleicht auf diese Weise eine direkte Ernährung der Pflanzen durch Humus möglich sei.

Bekanntlich giebt es einige Pflanzen, die gleich den Thieren sich von organischen Stoffen ernähren; dazu gehören die chlorophyllfreien, nicht grünen Pflanzen, wie die Pilze (Schwämme), die auf toden oder im Absterben begriffenen organischen Körpern leben, dann die Schmarotzerpflanzen (Parasiten),

¹⁾ „Landw. Versuchsstationen“ XIII. Bd. S. 295.

²⁾ „ „ „ „ XV. Bd. S. 284.

³⁾ „Naturforscher“, VIII. Jahrg. 1875. S. 203.

die ihre Nahrung aus den Säften anderer Pflanzen saugen (Mistel, Fichtenspargel, Flachsseide, Lathraca, Orobanche und mehrere Orchideen-Arten). Ebenso wissen wir aus den Untersuchungen von Knop, W. Wolff, Wagner, dass selbst landwirtschaftliche Culturpflanzen im Stande sind, gewisse organische Verbindungen, wie Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, Glycocoll, Leucin, Tyrosin, Creatin u. A. aufzunehmen und zur Ernährung zu verwenden, wenn man ihnen Lösungen derselben darbietet.

Sollte übrigens auch einmal mit Bestimmtheit erwiesen werden, dass die Culturpflanzen geringe Mengen von Humussäuren oder löslichen humussauren Salzen aufnehmen, so hätte diess immerhin mehr theoretische als praktische Bedeutung, weil der Humus als direktes Nahrungsmittel stets nur eine ganz untergeordnete Rolle spielen wird. Durch zahlreiche Culturversuche in wässrigen Lösungen und in ganz humusfreiem Quarzsand ist nämlich experimentell mit aller Bestimmtheit nachgewiesen, dass die grünen Pflanzen durch die Blattorgane ihren ganzen Kohlenstoffbedarf in Form von Kohlensäure aus der Atmosphäre entnehmen können und dass sie keineswegs auf den Kohlenstoff der Humussubstanzen angewiesen sind¹⁾. Man kann ja selbst Waldpflanzen, wie Eichen, Buchen in wässrigen Nährstofflösungen, sogar in gewöhnlichem Brunnenwasser ohne Mitwirkung von Humus oder einer anderen organischen Substanz erziehen. Einen weiteren Beleg liefert die bekannte Thatsache, dass reiner Mineralboden aufgefördert werden kann, und dass auf Sandboden, der frei ist von Humus, aber doch die wenigen mineralischen Nährstoffe enthält, Kiefernbestände erzogen werden können, die in ihrer Holzmasse viel Kohlenstoff aufspeichern. Dieser Kohlenstoff kann nicht aus dem Boden stammen, weil derselbe beim Beginn der Cultur keinen Kohlenstoff (Humus) enthielt, sondern nur aus der Luft, in der er in Form von Kohlensäure vorkommt. Es ist daher unzweifelhaft, dass Humus als direktes Pflanzennährmittel keine oder nur ganz geringe Bedeutung haben kann. Dadurch verliert der Humus aber nicht das Geringste an seinem Werth, denn um so wichtiger sind seine zahlreichen anderen Funktionen.

¹⁾ Die in den Blattorganen enthaltenen Chlorophyllkörner zersetzen die aufgesaugte Kohlensäure im Sonnenlicht und im zerstreuten Tageslicht unter theilweiser Ausscheidung von Sauerstoff; den Kohlenstoff verwenden die Pflanzen zur Ausbildung der Blätter, Blüten, Samen, Wurzeln, Stamm u. s. w., resp. zur Produktion der organischen Bestandtheile derselben, den Sauerstoff der Kohlensäure geben sie an die Atmosphäre zurück.

Die Verwesungsprodukte des Humus (Kohlensäure, Ammoniak) als Pflanzennährmittel.

Durch die Abfälle der Bäume wird der Waldboden alljährlich mit einer gewissen Menge organischer Stoffe bereichert (S. 67), die, wie alle organischen Bestandtheile der Pflanzen, unmittelbar oder mittelbar aus der Atmosphäre stammen¹⁾. Dieselben betheiligen sich an der Ernährung der Pflanzen insofern, als sie sowohl beim Uebergang und ihrer Umwandlung in Humus, als auch bei der weiteren Zersetzung desselben Kohlensäure, Wasser, Ammoniak (Salpetersäure) erzeugen, die zu den werthvollsten Pflanzennährmitteln gehören.

Sämmtlicher Kohlenstoff der Streumaterialien geht durch die stetig fortschreitende Verwesung derselben nach und nach in Kohlensäure über. Je mehr Abfälle und Humus sich daher im Walde ansammeln, desto kohlenstoffreicher wird der Boden. Ein Theil der Kohlensäure geht aber jedenfalls auch in die Waldluft über. Wie bedeutend die Kohlensäuremenge ist, welche aus dem jährlichen Streuanfall pro Hektar erzeugt werden kann, ist schon auf Seite 80 nachgewiesen; es ergab sich ein Quantum von 4800 bis 5200 Kilogramm oder 2440 bis 2650 Cubikmeter. Da unseren Untersuchungen zufolge ein Holzbestand zur Gesamtproduktion seiner organischen Substanz (zur Holz- und Blattbildung) pro Hektar jährlich ca. 11,150 Kilogramm oder 5660 Cubikmeter Kohlensäuregas bedarf (Seite 79), so ersehen wir, dass durch die jährlichen Abfälle fast die Hälfte des Kohlensäurebedarfs der Waldbäume gedeckt werden könnte. Berücksichtigen wir ferner, dass unseren Ermittlungen zufolge ein Holzbestand pro Hektar jährlich zu seiner Blatt- und Holzbildung circa 3000 Kilogramm Kohlenstoff bedarf, also um die Hälfte mehr als eine gleich grosse Wiese oder ein Getreidefeld, so werden wir nicht mehr darüber in Zweifel sein können, dass der Kohlensäurezuschuss, welchen der Waldboden durch den Streuanfall, vielmehr durch den Humus erhält, für die Ernährung der Holzgewächse sehr werthvoll sein muss. Denn wenn auch erwiesen ist, dass der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre den gesammten Kohlenstoffbedarf der Pflanzenwelt decken kann und dass sonach freie Kohlensäure als **Nahrungsmittel** im Culturboden nicht absolut nöthig ist, so ist doch einleuchtend,

¹⁾ Die Pflanzen beziehen bekanntlich jene Nahrungsstoffe, welche den Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff zur Bildung ihrer organischen Bestandtheile liefern, nämlich Kohlensäure, Wasser und Ammoniak (Salpetersäure) direkt oder indirekt aus der Atmosphäre.

dass unter sonst gleichen Verhältnissen das Wachstum der Holzgewächse und der Holzertrag gesteigert werden wird, wenn die Bäume nicht nur durch ihre Blätter aus der Atmosphäre, sondern gleichzeitig auch durch ihre Wurzeln aus dem Boden dieses nächst dem Wasser wichtigste Nahrungsmittel aufnehmen können¹⁾). Einen besonderen Werth wird die freie Kohlensäure des Bodens für die jungen Holzpflanzen haben, so lange dieselben noch wenige Blätter besitzen und daher auch verhältnissmässig wenig Kohlensäure der Luft entziehen können.

Ein gut geschlossener Holzbestand bereichert den Boden durch seine Abfälle aber nicht nur an Kohlenstoff, sondern auch an Stickstoff, der einen wesentlichen Bestandtheil ihrer Eiweissstoffe bildet und bei der Verwesung derselben allmählich in Ammoniak und durch weitere Oxydation in salpetersaure Salze umgewandelt wird. Diese beiden Verbindungen sind zur Produktion der stickstoffhaltigen Eiweissstoffe, mithin zum Wachstum der Waldpflanzen durchaus nothwendig, und es verdienen daher auch die stickstoffhaltigen Verwesungsprodukte des Humus unsere Beachtung²⁾). Obgleich dem Boden durch Regen-, Schnee- und Thauwasser stets etwas Ammoniak und Salpetersäure zugeführt wird und derselbe auch vermöge seiner Porosität etwas Ammoniak aus der Luft direkt zu absorbiren vermag, so ist doch der Stickstoff resp. Ammoniak- und Salpetersäuregehalt des Mineralbodens in der Regel äusserst gering, namentlich in sandreichen Bodenarten. Eine angemessene Bereicherung des Bodens an Stickstoffnahrung (Ammoniak- oder salpetersauren Salzen) muss deshalb auf die Entwicklung der Waldpflanzen äusserst günstig einwirken, selbst wenn sie das Vermögen besitzen, einen kleinen Theil des erforderlichen Ammoniaks durch ihre Blätter aus der Luft aufzunehmen.

Die landwirthschaftlichen Ernteprodukte (Samen) sind viel reicher an Stickstoff, als die Forstprodukte, es erfordert daher auch der landwirthschaftliche

¹⁾ Die aus dem Waldhumus gelieferte Kohlensäure kommt nicht nur den Wurzeln, sondern auch den Blättern der Holzgewächse zu Gute; letzteren dadurch, dass ein Theil derselben aus dem Boden in die Waldluft übertritt und mit den Blättern in Berührung kommt, deren untere Fläche in der Regel leichter Kohlensäure aufnimmt als die obere. In einem dicht bestandenen Walde, in welchem die Luft sich seltener erneuert als in der waldlosen Ebene, ist diese Zufuhr von Kohlensäure jedenfalls nicht ohne Bedeutung.

²⁾ Der aus thierischen Stoffen (z. B. Rindviehmist) hervorgehende Humus ist viel stickstoffreicher und bildet daher auch eine kräftigere Ammoniakquelle als die vegetabilischen Stoffe,

Betrieb weit mehr Stickstoffnahrung als der forstwirtschaftliche. Zur Erzielung reicher Ernten ist deshalb der Landwirth gezwungen, von Zeit zu Zeit dem Ackerboden durch Düngung (mit Stallmist, Jauche, Guano) eine hinreichende Quantität Stickstoffnahrung künstlich zuzuführen. Für den Forstbetrieb ist eine solche künstliche Bereicherung des Bodens an stickstoffhaltigen Stoffen vollständig entbehrlich, wenn man aus dem Walde nur das äusserst stickstoffarme Holz entfernt, die stickstoffreicheren Blatt- und Nadelabfälle aber dem Boden belässt und durch Beschattung desselben für Erhaltung des Humus sorgt. Denn nach ihrem Uebergang in Humus tragen die Abfälle der Bäume zur Vermehrung der Stickstoffnahrung soviel bei, dass den Waldpflanzen auch zur kräftigsten Entwicklung hinreichende Mengen zur Verfügung stehen dürften. Durch den Humus wird nämlich die Stickstoffnahrung im Boden auf verschiedene Weise erhöht: In Folge der Verwesung seiner stickstoffhaltigen Bestandtheile bildet er an und für sich eine Ammoniakquelle; ferner hat er vermöge seiner Porosität die Eigenschaft, im feuchten Zustande mit grosser Begierde Ammoniakgas aus der Luft einzusaugen. Prof. Dr. Bretschneider (Vorstand der landwirtschaftlichen Versuchsstation Idamarienhütte) folgert aus seinen Versuchen, dass der Humus aus dem Luftmeere solche Ammoniakmengen zu absorbiren vermag, dass dieselben, obgleich an und für sich gering, doch die Beachtung der Praktiker verdienen¹⁾.

Eine für die Vegetation höchst beachtenswerthe und wichtige Betheiligung des Humus an der Bildung von Ammoniak hat kürzlich durch mehrfache experimentelle Versuche E. Simon (Vorstand der landw. Versuchsstation zu Gent) nachgewiesen²⁾. Er fand, dass Humussäure im feuchten Zustande die merkwürdige Eigenschaft besitzt, in Berührung mit der atmosphärischen Luft freien Stickstoff zu absorbiren und Ammoniak (oder Nitrate) zu bilden unter gleichzeitiger Ausscheidung von Kohlensäuregas³⁾.

¹⁾ Die Absorption des Ammoniaks durch den Humus kann man auch benutzen, um auf Düngstätten, in Viehställen die Verflüchtigung des Ammoniaks zu verhindern. Bestreut man den Dünger mit humushaltiger Erde oder auch mit Torf- und Moorerde, so wird das flüchtige Ammoniak gebunden und dem Dünger erhalten. — Nach dem Humus hat der Thon die stärkste Saugkraft für Ammoniak, während sie dem Sand ganz abgeht.

²⁾ „Naturforscher“ VIII. Jahrg. 1875, S. 186.

³⁾ Es ist möglich, dass bei diesem Vorgang Wasser zersetzt wird und der Wasserstoff desselben sich mit dem Stickstoff zu Ammoniak, der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff der Huminsäure zu Kohlensäure verbindet.

Boussingault und Dehérain haben schon früher verschiedene Versuche

Bestätigt sich diese unter Vermittlung des Humus stattfindende Bildung des Ammoniaks aus dem atmosphärischen Stickstoff durch weitere Beobachtungen, so käme zu den vielen anderen günstigen Wirkungen des Humus auf die Vegetation noch eine neue, die für die Bodencultur von höchster Bedeutung wäre. Alle Pflanzenreste, die in Verwesung übergehen, würden Veranlassung zu einer mehr oder weniger bedeutenden Bindung von Stickstoff und zur Bildung von Ammoniak geben. Zu den Stickstoffverbindungen, welche Humus an und für sich (durch die Zersetzung seiner Eiweissstoffe) bildet, kämen dann noch jene Stickstoffmengen, welche der Atmosphäre entnommen und in Ammoniak übergeführt wurden¹⁾. Es wäre dies eine neue, sowohl für die Feld- als Waldwirtschaft höchst bedeutungsvolle Quelle von Stickstoffnahrung. Da diese Stickstoffverbindungen aus dem Boden in die Pflanze und von der Pflanze mit dem Futter in das Thier übergehen, so wäre damit auch eine indirekte Bethheiligung des atmosphärischen Stickstoffs am Aufbau des Pflanzen- und Thierkörpers nachgewiesen.

**Die Mineralstoffe des Humus
als Nahrungsmittel der
Pflanzen.**

Die wohlthätigen Einwirkungen des Humus auf den Boden und die Vegetation, welche wir bis jetzt kennen zu lernen Gelegenheit hatten, werden unmittelbar oder mittelbar von den verbrennlichen oder organischen Bestandtheilen desselben hervorgebracht. Nun wissen wir aber aus unseren früheren Erörterungen, dass die verschiedenen mineralischen oder unorganischen Stoffe, die in der Streudecke enthalten sind, fast unverändert mit in den Humus übergehen und dass dieselben nach voll-

ausgeführt, um festzustellen, ob der freie Stickstoff der Luft Theil nehme an der Bildung der Nitate im Boden. Boussingault gelangte zu einem negativen Resultate; dagegen fand Dehérain, dass bei der langsamen Verbrennung (Oxydation) von Kohlenhydraten und bei der Verwesung von Humus atmosphärischer Stickstoff absorbiert werde, der sich nach seiner Annahme mit dem absorbierten Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure verbinde („Naturforscher“ V. Jahrgang, S. 54 und VI. Jahrg., S. 268, 312).

¹⁾ Es dürfte sich dadurch erklären, warum der Humus mit fortschreitendem Alter immer stickstoffreicher wird, und warum die natürliche Humussäure, obgleich sie aus der Umwandlung der stickstofffreien Cellulose entsteht, stets stickstoffhaltig ist. Ebenso liesse sich dann die von Boussingault nachgewiesene Thatsache erklären, warum die Menge des in den geernteten Pflanzen enthaltenen Stickstoffs grösser ist, als die, welche dem Felde durch Düngung geliefert wird.

ständiger Verwesung der organischen Substanz schliesslich der Oberkrume des Waldbodens einverleibt werden. Die einzelnen Mineralbestandtheile, welche die Asche der Streumaterialien zusammensetzen, ebenso ihre Bedeutung als Pflanzennährmittel haben wir schon früher (S. 119 ff.) ausführlich besprochen.

Es fällt uns hier nur noch die Aufgabe zu, näher zu untersuchen, welchen Einfluss die Mineralstoffe, welche durch die Schonung der Streudecke dem Boden bewahrt bleiben, auf die nachhaltige Fruchtbarkeit desselben haben.

Zunächst müssen wir uns daran erinnern, dass diese Mineralstoffe durch die tiefgehenden Wurzeln der Bäume vorzugsweise den unteren Bodenschichten entnommen sind und dass sie zum Theil sogar aus Gesteinstrümmern stammen können, auf welche die Baumwurzeln aufschliessend und lösend eingewirkt haben ¹⁾. Diese Nährstoffe, welche die Bäume aus der Tiefe des Bodens heraufholen und zur Bildung der Blätter und des Holzes verwenden, geben sie durch ihre Abfälle zum grössten Theil wieder an die oberen Bodenschichten ab und zwar in einem Zustande, in welchem sie von den Wurzeln leicht aufgenommen werden können. Während aber durch die organischen Bestandtheile der Streu- oder Humusdecke der Waldboden an Kohlenstoff- und Stickstoffnahrung absolut bereichert wird, kann durch die Mineralstoffe derselben eine direkte Vermehrung nicht stattfinden. Dagegen wird alljährlich durch die Einverleibung derselben die Oberkrume des Waldbodens gedüngt und auf Kosten des Untergrundes chemisch verbessert. Es muss mithin durch diesen Vorgang der Vorrath an assimilirbaren Nährstoffen in den oberen Schichten des Waldbodens erhöht werden.

¹⁾ Die Waldbäume sind nämlich mehr oder minder wahre Steinbrecher, indem sie mit ihren Wurzeln häufig in Gesteine eindringen und dieselben mit Gewalt zersprengen, dann aber auch durch die Thätigkeit ihrer Faserwürzelchen aufschliessend auf dieselben einwirken und daraus unmittelbar einen Theil ihrer Mineralnahrung schöpfen. Durch ihr weit verbreitetes und verzweigtes Wurzelwerk begünstigen sie demnach die Verwitterung der Gesteinstrümmern des Bodens. Beweise ihrer Thätigkeit sind die Furchen, Linien, Löcher, Risse, welche Wurzelfasern häufig auf Steinen zurücklassen. Eine besonders starke mineralaufschliessende Kraft besitzt die Kiefer (gemeine und Schwarzföhre) und der Wachholder; dann dürften der Reihe nach folgen: Akazien, Birken, Eichen, Buchen, Eschen, Fichte, Linde; die geringste bodenaufschliessende Kraft besitzen wohl die Weiden, Pappeln und Erlen, welche es lieben, ihre Mineralnahrung schon zubereitet (in Wasser gelöst) vorzufinden. Auch Besenpfriemen, Ginster, Heidekraut, dann Rothklee, Luzerne, Esparsette, Lupinen und andere Hülsenfrüchte zeichnen sich durch starke aufschliessende Kraft aus. (Vergl. Fraas, „das Wurzelleben der Culturpflanzen.“ Berlin 1872. Verlag von Wiegand, Hempel und Parey.)

Vielfach wurde schon die Ansicht ausgesprochen, dass die Aschenbestandtheile, welche durch den Waldhumus in den Boden kommen, keine besondere Bedeutung für die Produktionskraft des Bodens haben könnten, weil sie verhältnissmässig arm an Kali und Phosphorsäure seien, und weil der Wald überhaupt in Vergleich zu den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen äusserst geringe Ansprüche an die mineralischen Nährstoffe des Bodens mache. Diese letztere Ansicht wurde immer durch Hinweis auf die wenigen Mineralstoffe begründet, welche im geernteten Holze enthalten sind. Man übersah dabei aber, dass die Ansprüche der Waldbäume an das mineralische Nährstoffkapital des Bodens sich nicht allein aus den Mineralstoffmengen ableiten lassen, welche zur Holzproduktion nothwendig sind, sondern dass auch jene Mineralstoffe herbeigezogen werden müssen, welche die Bäume zu ihrer jährlichen Blatt- und Nadlbildung nothwendig haben. Reicht der Vorrath an Mineralnährstoffen im Boden nicht hin, den Bedarf zur reichlichen Blattbildung zu decken, so muss er schon für erschöpft angesehen werden, weil ohne genügende Blattbildung auch die Holzproduktion nur gering sein kann.

Unseren Ermittlungen zufolge (Seite 98) beansprucht aber der Wald alljährlich pro Hektar folgende Mineralstoffmengen:

	In Buchenbeständen ;	in Fichtenbeständen :	in Kiefernbeständen :
Zur Holzerzeugung . . .	29,60 Kilogr.	22,56 Kilogr.	16,54 Kilogr.
Dagegen z. Blattproduktion (resp. Streubildung) . .	185,54 „	135,92 „	46,52 „
Sa.	215,14 Kilogr.	158,48 Kilogr.	63,06 Kilogr.

Vergleicht man diesen Bedarf mit jenem der landwirtschaftlichen Culturgewächse, wie es auf S. 100 geschah, so sehen wir, dass der Buchenhochwald zu seiner jährlichen Gesamtproduktion mehr bedarf, als ein Getreide- oder Erbsenfeld von gleicher Grösse, dass dagegen der Fichten- und namentlich der Kiefernwald geringere Ansprüche macht, als die landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Ein total anderes Verhältniss stellt sich aber heraus, wenn man den Mineralstoffbedarf der Ackergewächse mit jenem vergleicht, welchen die Waldbäume ausschliesslich nur zu ihrer Holzproduktion nothwendig haben. Es ergibt sich, dass in diesem Falle jährlich pro Hektar an Mineralstoffen beanspruchen:

Ein Weizenfeld ca. 6 mal mehr als ein Buchenwald, ca. $7\frac{1}{2}$ mal mehr als ein Fichten-, ca. $10\frac{1}{2}$ mal mehr als ein Kiefernwald,
 ein Erbsenfeld ca. $5\frac{1}{2}$ mal mehr als ein Buchenwald, ca. $7\frac{1}{2}$ mal mehr als ein Fichten-, ca. 10 mal mehr als ein Kiefernwald,
 ein Kartoffelfeld ca. 9 mal mehr als ein Buchenwald, ca. 12 mal mehr als ein Fichten-, ca. 16 mal mehr als ein Kiefernwald,
 eine Wiese ca. 10 mal mehr als ein Buchenwald, ca. 13 mal mehr als ein Fichten-, ca. 18 mal mehr als ein Kiefernwald,
 ein Kleefeld ca. 11 mal mehr als ein Buchenwald, ca. 14 mal mehr als ein Fichten-, ca. 19 mal mehr als ein Kiefernwald.

Diese geringen Ansprüche an die mineralischen Nährstoffe des Bodens machen die Holzgewächse nur dann, wenn der Wald seine jährlichen Abfälle behält, also keine Streunutzung stattfindet. In diesem Falle ist der Bedarf des Waldes an mineralischen Nährstoffen ein so kleiner, dass der Waldboden stets auf gleicher Stufe der Fruchtbarkeit bleibt, wenn ihm auch das Holz ohne Ersatz entzogen wird. Die genügsame Kiefer liefert unter diesen Verhältnissen selbst auf schlechtem Sandboden noch befriedigende Holzerträge. Nehmen wir dem Walde aber seine düngende Bodendecke, so erhöhen sich die Anforderungen desselben so bedeutend, dass er den Ackergewächsen wenig nachsteht. Der jährliche Bedarf des Buchenwaldes (und wahrscheinlich der meisten anderen Laubhölzer) ist sogar dann grösser als der eines Getreidefeldes. Bei einer derartigen Wirtschaft wären wir gezwungen, den Waldboden ähnlich wie den Ackerboden von Zeit zu Zeit zu düngen, wenn sein Ertrag auf gleicher Höhe erhalten werden soll.

Nur unter der Voraussetzung, dass der Waldboden geschont wird, können der Forstcultur die geringeren Bodenklassen angewiesen werden. Wird ein solcher Boden regelrecht bewirtschaftet, so steigert sich sogar mit der Zeit seine Fruchtbarkeit, während dieselbe in höchstem Grade geschwächt wird, wenn starke Streunutzung stattfindet. Das Nährstoffkapital vermindert sich dann mit jedem Jahre und die Produktionskraft des Bodens nimmt mehr und mehr ab. Für diese wissenschaftlich begründeten Sätze kann die Praxis Hunderte von Belegen beibringen.

Ein wesentlicher Unterschied bezüglich des Mineralstoffbedarfes der forstlichen und landwirthschaftlichen Gewächse liegt jedoch darin, dass die ersteren

gerade an jene mineralischen Nährstoffe, welche im Boden in der Regel in geringster Menge vorkommen und deshalb zu den werthvollsten gehören, nämlich an Kali und Phosphorsäure, viel geringere Ansprüche machen, als die letzteren. Selbst der Buchenhochwald braucht zur jährlichen Holz- und Blattbildung von diesen beiden Nährstoffen beträchtlich weniger, als die Ackergewächse (Seite 118). Dagegen verlangen die Waldbäume zu ihrem kräftigen Wachstum verhältnissmässig sehr viel Kalk, also einen Bodenbestandtheil, der zwar viel häufiger und in grösserer Menge vorkommt, als die erstgenannten, aber doch auch in vielen Böden nur in sehr geringer Menge enthalten ist. Unter sonst gleichen Verhältnissen müssen sich deshalb die nachtheiligen Folgen des Streuentzuges auf kalkarmen Böden früher geltend machen, als auf kalkreichen ¹⁾.

Diese charakteristische Eigenthümlichkeit der Holzgewächse, dass sie im Vergleich zu den landwirthschaftlichen Nutzpflanzen wenig Kali und Phosphorsäure beanspruchen, und ihr Vermögen, durch die weit verzweigten Wurzeln auch Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten beziehen zu können, ist jedenfalls die Ursache, warum ein der Streunutzung unterworfenen Waldboden seine Produktionskraft nicht so schnell verliert, als ein Ackerboden, der keinen Dünger empfängt. Aus demselben Grunde machen sich die schädlichen Folgen des Streurechens am Wachstum der Bäume oft erst nach Jahren geltend, aber desto gründlicher ist dann der Wald ruiniert.

Humus als Beförderungsmittel der Bodengahre.

Unter Bodengahre ²⁾ versteht man jenen eigenthümlichen, mürben, aufgequollenen Zustand des Bodens, der auf das Gedeihen der Culturpflanzen einen so ungemein günstigen Einfluss ausübt, und den man bei allen Böden vorfindet, die sich durch grosse Produktionsfähigkeit auszeichnen. Ein Boden, der die richtige Gahre erlangt hat, besitzt den für die kräftige Entwicklung der Culturpflanzen erforderlichen Grad der Lockerheit, ist mürbe und krümelig, mehr oder weniger elastisch, fühlt sich in der Hand fein an, ist porös und von zahlreichen kleinen Luftkanälchen und Hohlräumen durchsetzt; er befördert den so wohlthätigen Luftwechsel, zeichnet sich durch

¹⁾ Kalksandboden ohne Thonbeimischung, der arm an Nährstoffen ist und auch leicht Mangel an Wasser hat, kann natürlich darunter nicht verstanden sein.

²⁾ Das Wort „Gahre“ ist jedenfalls von Gährung (Verwesung) abgeleitet.

gleichmässige Frische aus, ist reich an aufnehmbaren mineralischen Nährstoffen und bedeckt sich oft mit einem feinen grünen Moose (ähnlich dem Moose, das man an Pumpen und Brunnen, auf halbfaulem Holze nicht selten findet).

Ein derartiger gahrer Boden bietet dem Saatkorn ein gutes Bett, begünstigt die Wurzelausbildung und die kräftige Entwicklung der Pflanzen.

Die Gahre des Bodens kann aber nur herbeigeführt werden, wenn Feuchtigkeit, Luft und Wärme in genügender Menge auf ihn einwirken können und wenn er einen gewissen Vorrath an Humus enthält¹⁾. Lockerheit und Frische, ebenso die angemessene Humusmenge erhält der Waldboden durch die Beschattung, welche ein genügend geschlossener Holzbestand hervorbringt. Zum Eintritt der normalen Gahre des Waldbodens ist deshalb die Beschattung desselben ein Hauptforderniss. Auf dem Ackerfelde wird dieselbe hervorgebracht durch den Anbau blattreicher Gewächse, wie Rothklee, Luzerne, Esparsette, Lupinen, Wicken u. dgl., die schon längst als bodenverbessernde und humusbereichernde Pflanzen bekannt sind²⁾. Je vollkommener und besser die Beschattung des Bodens ist, um so leichter tritt die Gahre ein; deshalb sind dicht belaubte und schattenerzeugende Bäume, wie Buchen, Tannen, Fichten zur physikalischen und chemischen Verbesserung des Bodens und zur Herstellung der Bodengahre viel werthvoller als schwach belaubte, wenig beschattende Holzarten, wie Eichen, Kiefern, Lärchen, Birken u. dgl. Mit Recht werden daher in der Praxis die ersteren als die eigentlich bodenverbessernden Holzarten geschätzt.

Durch die unter dem Schatten der Bäume stattfindende Gahre des Bodens erlangt derselbe eine grössere Thätigkeit und Fruchtbarkeit; die locker erhaltene Oberfläche gestattet der Luft leichteren Zutritt in das Innere der Bodenkrume, der Humus befindet sich in dem beschatteten frischen Boden in fortwährender gleichmässiger, langsamer Gährung (Verwesung), die sich entwickelnde Kohlensäure bildet im Boden ähnlich wie in einem Brodteig viele kleine Hohlräume, welche das Erdreich porös und elastisch machen. Gleichzeitig wirken die Kohlensäure und die organischen Humusstoffe in Verbindung mit der Bodenfeuchtigkeit aufschliessend auf die unlöslichen mineralischen

¹⁾ Ein kräftiges Förderungsmittel der Gahre ist die Bearbeitung des Bodens, weil dadurch der Zutritt der Luft, der Wärme und Feuchtigkeit erleichtert wird.

²⁾ Selbst unter einem Stein-, Laub-, Strohhaufen, oder unter einem Brette erlangt der Boden leichter die Gahre als im unbedeckten Zustande.

Nährstoffe, machen dieselben löslich und für die Aufnahme der Pflanzenwurzeln geeignet¹⁾. Die Gegenwart einer bestimmten Humusmenge gehört deshalb zu den Hauptbedingungen des Eintritts der Bodengahre. Ein Boden, der arm an Humus ist, erlangt schwer die Gahre. —

Eintretende Verschlechterung und Vermagerung des Waldbodens durch Humusverlust oder durch zu starke Lichtung der Holzbestände.

Durch unsere bisherigen Betrachtungen wurde nachgewiesen, dass ein gewisser Vorrath des Bodens an Humus von dem mächtigsten und günstigsten Einflusse auf das Wachstum des Waldes und der landw. Nutzpflanzen ist, dass dagegen mit der Abnahme und Verarmung des Bodens an organischen Stoffen die Ertragsfähigkeit desselben mehr und mehr sinken muss. Unsere Wälder, Felder und Gärten liefern den besten Beweis, dass das freudige Gedeihen der Pflanzen bis zu einer gewissen Grenze in geradem Verhältnisse zu dem Humusgehalte des Bodens steht. Diesen zu erhalten und zu vermehren, muss eine Hauptaufgabe des Forst- und Landwirthes sein. Eine Verarmung des Waldbodens an organischen Stoffen tritt aber nicht allein durch Streurechen, sondern auch dann ein, wenn durch Unterbrechung des Bestandsschlusses die vollständige Beschattung des Bodens aufgehoben und der Sonne und dem Wind freier Zutritt gestattet wird. Wegen beschleunigter Verwesung verschwindet dann in kurzer Zeit der vorhandene Humus, die Bodenkrume verliert ihre lockere und mürbe Beschaffenheit, sie wird mehr oder weniger fest, verkrustet, trocknet bald bis in grössere Tiefen aus, es vermindert sich mit einem Wort die Bodengahre, womit eine Verschlechterung des Bodens verbunden ist. Mit der Abnahme des Humusgehaltes wird sehr licht gestellter Boden aber auch viel ärmer an atmosphärischen Nährmitteln: noch vorhandene freie Kohlensäure verflüchtigt sich, in Folge dessen werden weniger mineralische Nährstoffe

¹⁾ Je nachdem das atmosphärische Wasser beim Durchsickern durch den Boden durch Schichten dringt, welche mehr oder weniger organische in Verwesung begriffene Substanzen enthalten, ist ein Kohlensäuregehalt sehr verschieden. Bewaldete Gebirge liefern kohlen säurereichere Quellen als nicht bewaldete. In dem Masse, als in feuchtem Kalkboden Kohlensäure entsteht, wird die Kohlensäure auch sofort vom kohlen sauren Kalke des feuchten Bodens gebunden und geht in die Quelle nicht als freie Kohlensäure, sondern als doppelt kohlen saurer Kalk über. Das harte kalkhaltige Trinkwasser enthält daher keine freie, sondern nur gebundene Kohlensäure. (Pettenkofer, Zeitschrift f. Biologie, XI. Bd., S. 308.)

löslich und aufnahmefähig gemacht, und es vermindert sich deshalb auch das assimilirbare Nährstoffkapital im Boden.

Zu diesen nachtheiligen Veränderungen tritt noch der Umstand hinzu, dass sich an allen gelichteten Stellen der Boden bald mit einer Grasnarbe, mit verschiedenen Forstunkräutern, mit Heidelbeeren, Heide u. s. w. überzieht, die zur Verschlechterung des Bodens in dreifacher Weise beitragen, indem sie

- a. zu ihrem Wachsthum noch mehr Wasser bedürfen als die Waldpflanzen, dem Boden also sehr viel Wasser entziehen und zur Verminderung des Feuchtigkeitsgehaltes wesentlich beitragen;
- b. das Eindringen der atmosphärischen Niederschläge in den Boden erschweren, was namentlich bei der Grasnarbe und dem Heidekrautfilz in hohem Grade der Fall ist;
- c. behufs ihrer Entwicklung dem Boden eine beträchtliche Quantität mineralischer Nährstoffe entziehen. Welche bedeutenden Ansprüche in dieser Beziehung das Gras gegenüber den Waldbäumen macht, ist aus Seite 118 zu ersehen. Heide, Gras sind dem Gedeihen der Holzpflanzen oft auch durch Ueberwucherung nachtheilig.

Durch Herstellung und Erhaltung des Bestandsschlusses, d. h. durch gleichmässige und genügende Beschattung des Waldbodens werden alle diese Nachtheile beseitigt¹⁾. Je sandreicher und ärmer eine Bodenart ist, desto mehr bedarf sie der Beschattung.

In der That wird nach übereinstimmenden forstlichen Erfahrungen eine Schwächung der Bodenkraft und eine Abnahme der Bodenfruchtbarkeit nicht nur durch Streurechen, sondern auch durch fehlerhafte schlechte Wirtschaft herbeigeführt, wenn der Boden gar nicht oder nur unvollständig beschattet ist und die Sonnenstrahlen denselben direkt treffen können. Dies ist der Fall

- 1) wenn der Waldboden nach erfolgtem Kahlhiebe längere Zeit unbebaut liegen bleibt. Pflanz man nach dem Abtriebe die Bodenfläche nicht sofort wieder an, so wird die Aufforstung immer schwerer. Wie viel Mühe kostet es, nackte Berge wieder zu bewalden!
- 2) wenn die Holzbestände nur aus lichtbedürftigen Holzarten (Eichen, Kiefern, Birken, Lärchen) bestehen, die an und für sich eine schwache

¹⁾ Der Bestandsschluss darf aber andererseits auch nicht zu stark sein, weil sonst wegen Lichtmangels der Holzzuwachs sehr gering wäre.

Beschattung hervorbringen und im höheren Alter sich so licht stellen, dass der Boden zu sehr von der Sonne getroffen wird¹⁾;

- 3) wenn die Durchforstungen und Auslichtungen junger Bestände so weit getrieben werden, dass Lücken oder gar Blößen im Walde entstehen;
- 4) wenn in lichten Holzbeständen nicht durch Bodenschutzholz eine Beschattung herbeigeführt wird;
- 5) wenn an Waldrändern, die der Sonne und dem Winde Zutritt gestatten, keine Waldmäntel angelegt werden;
- 6) wenn beim Hochwaldbetrieb zu hohe und beim Niederwaldbetrieb zu niedere Umtriebszeit eingeführt ist. Im letzteren Falle wird der Boden zu oft blossgelegt.

In allen diesen Fällen verliert der Boden zwar nur seine organischen Bestandtheile und keine mineralischen Nährstoffe, aber dennoch muss aus obigen Gründen eine allmähliche Verarmung desselben eintreten. Welche Wirthschaftsmassregeln der Forstwirth zu ergreifen hat, um den Humus zu erhalten und einem Verluste desselben entgegenzutreten, geht aus diesen Darlegungen von selbst hervor. —

¹⁾ Unter den blattarmen Halmfrüchten, die sich von der Blüthe an licht stellen, verarmt der Ackerboden an Humus ähnlich wie der Waldboden unter lichtbedürftigen Holzarten.

V.

Die Folgen der Streuentnahme aus dem Walde.

Nachdem wir in den vorstehenden Abschnitten eine klare Erkenntniss von den mannigfaltigen und tiefeingreifenden Veränderungen erhalten haben, welche der Waldboden durch den Einfluss der Laub-, Nadel- und Moosdecke und des daraus hervorgehenden Humus sowohl in physikalischer wie chemischer Beziehung erfährt, sind wir nun auch in der Lage, wissenschaftlich begründen zu können, welchen direkten und indirekten Nutzen die Bodendecke für den Wald hat. Auf Grund wissenschaftlicher Forschung und praktischer Erfahrung können wir keinen Zweifel mehr darüber haben, dass durch fortgesetztes Streurechen der Waldboden sowohl äusserlich wie innerlich (physikalisch als chemisch) sich allmählich so verschlechtern muss, dass die normale Entwicklung und das Wachstum der Bäume gestört, der Holzertrag beeinträchtigt, ja sogar die Existenz des Waldes gefährdet wird.

1. Die schädlichen Wirkungen der Streuentnahme auf den Boden.

Verluste des Waldbodens an organischen und mineralischen Stoffen durch die Ausfuhr der Streudecke pro Cubikmeter und 100 Kilogr.

Durch die Abfälle der Bäume wird der Boden alljährlich mit einer gewissen Menge organischer Stoffe bereichert, die aus der Luft stammen, zugleich wird demselben aber auch der grösste Theil jener Mineralstoffe wieder zurückgegeben, welche die Waldbäume zu ihrem Wachstum bedurften und demselben entzogen hatten. Nehmen wir dem Walde seine schützende Decke im lufttrockenen Zustande, so verliert er unsere Untersuchungen zufolge im grossen Durchschnitt nachstehende organische und unorganische Stoffe:

Streumaterialien	Wasser	Organische Stoffe	Darin:		Mineralstoffe (Reinmasse)	Darin:				
			Kohlenstoff	Stickstoff		Kali	Kalkerde	Magnesia	Phosphor- säure	Kieselsäure
a. pro Cubikmeter = 1 Ster¹).										
Im Buchenlaub . . .	14,6	63,2	28,5	0,67	3,73	0,20	1,65	0,24	0,21	1,21
In Fichtennadeln . . .	25,1	136,8	61,5	1,88	6,49	0,23	2,91	0,33	0,31	2,37
In Kiefernnadeln . . .	16,3	99,5	44,9	1,52	1,48	0,15	0,60	0,15	0,12	0,21
Im Moos	20,8	80,6	36,3	1,00	2,58	0,64	0,46	0,21	0,40	0,41
b. pro 100 Kilogramm = 2 Centner.										
Im Buchenlaub . . .	18,0	77,42	36,9	0,8	4,58	0,25	2,02	0,30	0,25	1,49
In Fichtennadeln . . .	15,0	81,15	38,2	1,1	3,85	0,14	1,70	0,20	0,19	1,40
In Kiefernnadeln . . .	14,0	84,74	38,7	1,3	1,26	0,13	0,52	0,13	0,10	0,17
Im Moos	20,0	77,53	36,0	1,0	2,47	0,61	0,44	0,20	0,38	0,39
c. pro Rektar in einem Jahresanfall.										
Im Buchenlaub . . .	722	3147 ²⁾	1498	33	185,5 ³⁾	9,87	81,92	12,22	10,45	60,36
In Fichtennadeln . . .	522	2872	1358	39	135,9	4,82	60,94	6,95	6,41	49,60
In Kiefernnadeln . . .	515	3138	1435	38	46,5	4,84	18,87	4,80	3,68	6,53

¹⁾ Zur Berechnung dieser tabellarischen Zusammenstellungen wurden folgende Mittelzahlen benutzt:

Für das Gewicht 1 Cubikmeters lufttr. Buchenlaub wurde als Mittel 81,5 Kilo
 „ 1 Cubikmeter lufttr. Fichtennadeln wurde als Mittel . . . 168,4 „
 „ 1 „ „ Kiefernnadeln „ „ „ . . . 117,3 „
 „ 1 „ „ Moos „ „ „ . . . 104,0 „
 angenommen (S. 56 ff.);

für den Wassergehalt des waldtrockenen Buchenlaubs 18 %
 „ „ „ der Fichtennadeln 15 %
 „ „ „ „ Kiefernnadeln 14 %
 „ „ „ „ Moosstreu 20 %;
 als Aschenmenge für vollkomm. trockn. Buchenlaub 5,58 %
 „ „ „ für Fichtennadeln 4,52 %
 „ „ „ Kiefernnadeln 1,46 %
 „ „ „ Moosstreu 3,09 %

Zur Berechnung der einzelnen Mineralbestandtheile wurden die S. 108 angegebenen Zahlen verwendet. Als Kohlenstoffgehalt wurde bei sämtlichen Streumaterialien 45 % der Trockensubstanz, als Stickstoffgehalt bei Buchenlaub 1 %, bei Fichtennadeln 1,3 %, bei Kiefernnadeln 1,5 %, bei Moosstreu 1,2 % zu Grunde gelegt.

²⁾ Vergl. S. 67.

³⁾ Vergl. S. 116.

Die Grösse des Streuanfalls pro Hektar, in Kilogrammen ausgedrückt, haben wir schon Seite 43 ff. kennen gelernt. Da aber die Streuabgabe in der Regel nicht nach dem Gewichte, sondern nach dem Volumen geschieht, so unterlassen wir nicht, darauf aufmerksam zu machen, dass das Gewicht eines Cubikmeters Waldstreu selbst im vollkommen lufttrockenen Zustande je nach dem geringeren oder stärkeren Zersetzungsgrade, der Reinheit des Materials, des lockeren oder festeren Aufsetzens u. s. w. sehr verschieden ist. (vergl. S. 54 ff.).

Mit Rücksicht auf diese Verhältnisse berechneten wir die Grösse des Streuertrages aus den S. 52 angegebenen Gewichtsmengen in Cubikmetern oder Steren.

Darnach kann man

I. in normalen, gut geschlossenen Buchenbeständen pro Hektar im grossen Durchschnitt gewinnen

- a. vom jährlichen Streuanfall 43 bis 50 Cubikmeter (Ster), von frisch gefallener Laubstreu bis zu 66 Cubikmeter,
- b. von 3-jährigem Laubanfall 87 bis 100 Cubikmeter,
- c. als Streuvorrath in geschonten Beständen 111 bis 128 Cubm.

II. In gut geschlossenen Fichtenbeständen giebt

- a. der jährliche Nadelanfall 23 bis 26 Cubikmeter,
- b. der 3-jährige Streuertrag 50 bis 55 Cubikmeter,
- c. der Streuvorrath in geschonten Beständen 91 bis 101 Cubm.

III. In möglichst geschlossenen Kiefernbeständen erhält man

- a. als jährlichen Nadelanfall 23 bis 32 Cubikmeter,
- b. als 3-jährigen Nadelanfall 55 bis 77 Cubikmeter,
- c. als Streuvorrath in geschonten Beständen 113 bis 156 Cubm.

Ist uns die Anzahl der Cubikmeter bekannt, welche auf einer bestimmten Fläche durch Streurechen gewonnen wird, so lässt sich mit Hilfe obiger Tabelle wenigstens annähernd berechnen, welchen Verlust der Wald durch die Ausfuhr der Bodendecke erleidet, d. h. wie viel organische und Mineralstoffe demselben dadurch entzogen werden.

Die Verschlechterung und Verarmung des Bodens durch Streuentnahme.

Aus den früher beschriebenen günstigen Einwirkungen, welche die Laub- und Moosdecke direkt und indirekt auf den Boden ausübt, lassen sich die Ursachen der allmählig eintretenden Bodenverschlechterung und Bodenverarmung durch Streurechen von selbst ableiten. Es wären nur weitschweifige Wiederholungen, wenn wir nochmals den Werth und die Bedeutung der Streudecke eingehend besprechen, oder das Verderbliche der Streunutzung näher begründen wollten. Wir beschränken uns deshalb darauf, hier nur noch einen kurzen Rückblick auf die eintretenden nachtheiligen Veränderungen des Waldbodens zu werfen und die Nachtheile des Streurechens für den Boden übersichtlich zusammenzustellen.

Durch die Ausfuhr der Waldstreu wird dem Boden

I. seine schützende Decke entzogen. In Folge dessen muss

- a. in Gebirgswaldungen auf den nackten Bergabhängen das Wasser bei heftigen Regengüssen rasch in die Tiefe abfließen und zahlreiche Wasserrinnen und Wildbäche bilden, welche Alles, was im Wege liegt, mit sich fortführen: fruchtbare Erde abschwemmen, Bäche und Flüsse versanden, Ueberschwemmungen verursachen und den Boden im Tiefland mit Schutt, Gerölle, Kies, Sand und Schlamm bedecken. Die unbeschreiblichen Verheerungen, welche Ueberschwemmungen hervorbringen, können nicht nur durch Bewaldung der Gebirge, sondern auch durch Erhaltung der Bodendecke sehr wesentlich gemindert werden.
- b. Ein von seiner Decke entblösster Waldboden verliert aber auch in kurzer Zeit seine Lockerheit und Porosität, indem durch die Gewalt des fallenden Regens die Mineraltheilchen desselben sich fest zusammensetzen, die Poren des Erdreichs sich verschlammten und die Bodenoberfläche oft tennenartig hart wird, wodurch nicht bloß das Eindringen des atmosphärischen Wassers erschwert, sondern auch der so nothwendige Luftwechsel im Boden vermindert, die Bodengahre und Bodenthätigkeit unterbrochen, das Anwurzeln der jungen Culturpflanzen und die Ausbreitung der feinen Faserwürzelchen gehemmt wird.
- c. Durch die Entfernung der wasseraufsaugenden und wasserzurückhaltenden Walddecke wird ferner die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit, mithin das Austrocknen des Bodens in hohem Grade befördert, indem einer-

seits die austrocknenden Winde und die heissen Sonnenstrahlen besseren Zutritt zum Boden erhalten und anderseits in dem festgewordenen Boden das Wasser aus den unteren, tieferen Schichten capillarisch leicht bis an die Oberfläche steigt und dort rasch verdunstet. Es trocknet deshalb entblösster, nackter Waldboden nicht nur viel schneller, sondern auch bis zu grösserer Tiefe aus, als geschonter und gelockerter Waldboden. Insbesondere erhält sich im bedeckten Boden die für den Wald so wichtige Winterfeuchtigkeit viel länger, als in unbedecktem Boden.

- d. Mit der Laub- und Moosdecke wird zugleich der grosse natürliche Wasserbehälter entfernt, der dazu berufen ist, das aufgesangte atmosphärische Wasser langsam dem Boden und den Quellen zuzuführen und dem Walde sein Lebenselement, d. i. seine nachhaltige Feuchtigkeit zu sichern.
- e. Mit der Beseitigung der Bodendecke verliert der Boden auch sein Schutzmittel gegen rasches und tiefes Eindringen von Kälte und Hitze, also gegen schroffe Temperaturübergänge; die in den obersten Bodenschichten befindlichen Wurzeln werden vielen Beschädigungen ausgesetzt; die abfallenden Samen der Bäume, wie Eicheln, Bucheln etc., finden kein entsprechendes Keimbett vor und verlieren den erforderlichen Schutz gegen das Erfrieren.

II. Durch die Ausfuhr der Moos- und Laubdecke rauben wir dem Walde auch das Material für die Humusbildung und veranlassen eine fortwährende Abnahme des Humusgehaltes des Bodens. Da aber derselbe für die Fruchtbarkeit des Waldbodens eine ganz ausserordentliche Bedeutung hat, so lässt sich bemessen, welcher grosse Schaden damit dem Walde zugefügt wird. Denn mit der Abnahme des Humusgehaltes vermindert sich die Lockerheit und Porosität des Bodens, seine wasserfassende und wasserzurückhaltende Kraft, sein Feuchtigkeitsgehalt, die Bodengahre, dann seine Fähigkeit, die in der atmosphärischen Luft enthaltenen Pflanzennährmittel (Ammoniak, Kohlensäure, Wasserdampf) einzusaugen und sein Vermögen, aus dem Bodenwasser die werthvollsten gelösten Pflanzennährstoffe (Kali, Phosphorsäure, Ammoniak) zu absorbieren und vor dem Auswaschen in den Untergrund zu schützen.

Durch Verminderung des Humusgehaltes wird aber der Boden nicht nur

physikalisch verschlechtert, sondern er verliert damit zugleich seinen Dünger, der von der Natur dazu bestimmt ist, das assimilirbare Nährstoffkapital im Waldboden trotz Holzentzug andauernd auf jener Höhe zu erhalten, welche zur reichlichen Blatt- und Holzproduction, also zur Erzielung möglichst hoher Erträge nothwendig ist. Je häufiger und stärker die Streunutzung stattfindet, desto mehr vermindert sich im Boden die Menge der aufnehmbaren Pflanzennährstoffe, desto weniger Feuchtigkeit findet sich im Boden, desto geringer wird das Material zur Bildung der atmosphärischen Nährstoffe, d. h. desto schwächer wird wegen Mangels an organischen Stoffen die Quelle für Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure), — Stoffe, die selbst zur Ernährung der Pflanzen dienen, in Verbindung mit der Bodenfeuchtigkeit und den Humussäuren aber auch mächtig dazu beitragen, die Verwitterung der Gesteintheilchen zu beschleunigen, die mineralischen Pflanzennährstoffe aufzuschliessen, aufzulösen und den Wurzeln zugänglich zu machen. Mit dem verzögerten Aufschliessungs- und Verwitterungsprocess der Bodenmineralien (Silicate) steht der ungleich geringere Gehalt des nicht geschonten Bodens an löslichen mineralischen Pflanzennährstoffen und wohl auch an Feinerde in Verbindung.

Die beträchtlichste Abnahme erleidet aber das assimilirbare Bodenkapital durch den Entzug der Aschenbestandtheile, welche in der Laub- und Moosdecke enthalten sind. Wir haben schon früher nachgewiesen, dass die Buchen und Fichten alljährlich zur Bildung ihrer Blattoorgane $6\frac{1}{2}$ bis 6 mal, die Kiefern 3 mal mehr Mineralstoffe nothwendig haben, als zur Holzproduction; dass ferner das Jahresbedürfniss eines Buchenwaldes sogar grösser ist, als das eines Getreide- oder Erbsenfeldes von gleicher Grösse, und dass selbst der Fichtenwald bezüglich seiner Ansprüche an die Mineral-Nährstoffe des Bodens nicht weit hinter den landwirthschaftlichen Culturgewächsen zurücksteht. Nur der Kiefernwald zeichnet sich durch grosse Genügsamkeit aus (Seite 100). Nimmt man dem Walde die Laub- und Nadeldecke, so müssen die Bäume ihre mineralischen Nährstoffe, welche sie sowohl zur Holz-, als auch zur Blattbildung bedürfen, aus dem disponiblen Vorrath beziehen, der sich noch im Boden vorfindet. Wiederholen sich diese grossen Ansprüche jahrelang, wie es bei übermässiger Streunutzung der Fall ist, so muss das assimilirbare Bodenkapital in kürzerer oder längerer Zeit so weit sinken, dass es nicht mehr im Stande ist, das Bedürfniss der Waldbäume zu decken. Ohne Belassung der Bodendecke, d. h. ohne Rückersatz der in den Blattoorganen enthaltenen Mineralstoffe ist das im Wald-

boden vorhandene assimilirbare und verfügbare Bodenkapital unzureichend, um auf die Dauer die jährlichen Ansprüche der Waldbäume befriedigen zu können; es muss durch eine derartige Raubwirthschaft selbst der beste Waldboden mit der Zeit in gleicher Weise erschöpft werden, als ein Ackerboden, dem man immer nur die Ernten entzieht, aber durch Düngung keinen Ersatz für die ausgeführten Mineralstoffe giebt.

Schont man dagegen den Wald, so bedarf der Boden keinen Ersatz für die wenigen ihm im Holze entzogenen Aschenbestandtheile. Dieser Verlust wird durch Verwitterung der Gesteinstrümmel gedeckt, sobald die lösenden und aufschliessenden Agentien (Humus, Kohlensäure und Wasser) in genügender Menge vorhanden sind.

Ebenso lässt sich ein durch Streurechen herabgekommener und verarmter Boden durch Schonung mit der Zeit wieder verbessern und fruchtbar machen. Beispiele solcher Bodenverbesserung liefert uns der Wald selbst. Im Revier Lichtenhof (im Nürnberger Reichswald) sind zur Zeit „angehend haubare“ Kiefernbestände vorhanden, in welchen früher sehr starke Streunutzung stattfand. Seit dem Jahre 1849 sind aber diese Bestände von jener Nutzung ganz ausgeschlossen, und sie haben sich in Folge dessen so erholt, dass sie ihren krüppelhaften Habitus verloren und nun im freudigsten, gesündesten Zuwachse auf einem von üppigen grünen Moose überzogenen Boden stehen und zu schönen Hoffnungen berechtigen¹⁾.

Dass ein pfleglich behandelter Wald den Boden zu bessern vermag, sehen wir auch im Spessart. Der dortige sandreiche arme Boden (Buntsandstein) hätte niemals die herrlichen Buchen und Eichen hervorbringen können, wenn er durch Streurechen misshandelt worden wäre. Man sieht dies recht deutlich an seinen Vorbergen, die in Folge der Streuentnahme nicht mehr mit Laubholz bestockt sind, sondern in Nadelholzwälder umgewandelt werden mussten.

Faktoren, welche auf die frühere oder spätere Erschöpfung des Waldbodens durch Streunutzung Einfluss haben.

Nach allgemeiner Erfahrung der Forstwirthe machen sich die verderblichen Folgen der Streunutzung nicht plötzlich, sondern nach örtlichen Verhältnissen früher oder später geltend. Es ist dies leicht erklärbar, denn es haben darauf

¹⁾ Freiherr von Loeffelholz, die Bedeutung und Wichtigkeit des Waldes. Leipzig 1872, S. 185.

sehr verschiedene Faktoren Einfluss: die Beschaffenheit des Streumaterials und des Bodens, die Lage, das Klima, die Betriebs- und Holzart, der Bestandschluss, das Alter des Bestandes u. s. w.

Aus der Zusammensetzung der Streumaterialien ist zu entnehmen, dass die Laubstreu, insbesondere das Buchenlaub, an Mineralstoffen und speciell an Kali und Phosphorsäure weit reicher ist als die Nadelstreu. Daraus würde folgen, dass die Laubstreunutzung unter sonst gleichen Verhältnissen weit nachtheiliger sein müsste, als die Nadelstreunutzung. Wenn wir aber berücksichtigen, dass der Nadelwald durch Streuausfuhr nicht bloss die Abfälle der Bäume, sondern auch das vorhandene Moos verliert, so kann der Verlust, den der Boden erfährt, nicht wesentlich geringer sein, als bei Laubstreunutzung; denn wenn auch die Waldmoose hinsichtlich ihres Aschengehaltes durchschnittlich den Fichtennadeln etwas nachstehen, so sind sie dafür kalireicher als sogar das Buchenlaub und phosphorsäurereicher als Fichten- und Kiefernnadeln. In Anbetracht, dass durch die Entfernung der Waldmoose der Boden mehr Stickstoffnahrung verliert, als durch Beseitigung der Laubstreu, und dass gerade das Moospolster so enorme Wassermengen aufzusaugen vermag, ist sogar wahrscheinlich, dass die Moosnutzung noch nachtheiliger wirkt, als die Laubnutzung, um so mehr, als dem Nadelwald ohnehin Bodenarten von geringerer Bonität angewiesen werden.

Da durch Einwirkung des meteorischen Wassers mit der Zeit einzelne Mineralstoffe, wie z. B. Kalisalze, aus der Bodendecke ausgelaugt und dem Boden zugeführt werden, so dürfte sich empfehlen, die Zeit des Streurechens in die Periode kurz vor dem Laubabfalle zu verlegen. Selbstverständlich müssen die Nachtheile der Streunutzung um so grösser sein, in je kürzeren Zwischenräumen dieselbe erfolgt und je intensiver sie stattfindet.

Am frühesten werden sich die schädlichen Folgen auf allen jenen Bodenarten bemerkbar machen, die an und für sich arm an mineralischen Nährstoffen sind, wenig Feinerde (Thon u. s. w.) enthalten und zur Trocknuiss geneigt sind (sandreiche Böden, thonarme Kalksandböden, Geröllböden). Da die Waldbäume besonders grosse Ansprüche an Kalk machen und gerade die Abfälle derselben sich durch grossen Kalkgehalt auszeichnen, so müssen auch alle kalkarmen Böden in kürzerer Zeit erschöpft werden, als die kalkreichen. Daraus folgt, dass die kalkarmen Granit-, Gneiss-, Porphy-, Thonschiefer- und Sandstein-

böden früher unterliegen werden, als die kalkreicheren Basalt-, Grünstein-, Mergel-, Löss- und die thonreichen Kalk- und Dolomitmöden.

Alle Bodenarten, die sich durch grossen Feuchtigkeitsgehalt auszeichnen, können einen Theil der Decke leichter entbehren, als die trocknen Böden. Dies gilt namentlich auch für jene sandreichen Böden, die in der Nähe grösserer Seen oder Flussgebiete liegen und in denen sich schon in geringer Tiefe Grundwasser findet, das zugleich die Holzgewächse mit mineralischen Nährstoffen versorgt.

Seichtgründigem Boden muss endlich der Streuentzug weit nachtheiliger sein, als tiefgründigem.

Auch die Lage des Bodens spielt bei der Waldstreufage eine wichtige Rolle, indem sowohl die Mesoserhebung, als auch die Exposition und der Neigungsgrad der Bergabhänge nicht ohne Einfluss auf die Wirkung der Streunutzung ist. Schon in einem früheren Kapitel wurde nachgewiesen, dass in den wärmeren, tieferen Lagen der Aschen- und Phosphorsäuregehalt der Streumaterialien in der Regel weit grösser ist, als in den höheren, kälteren Gebirgslagen, und dass sich in den wärmeren Ländern und Gegenden weniger Humus ansammelt, als im Gebirge. Unter sonst gleichen Verhältnissen muss deshalb auch in den warmen Tiefen und in südlichen Ländern die Verarmung und Erschöpfung des Bodens frühzeitiger eintreten, als in den feuchteren nördlichen Ländern oder in Gebirgsgegenden. Dagegen ist im Gebirge die Erhaltung der Bodendecke wegen ihrer mechanischen Einwirkung auf das abfliessende Wasser von besonderer Wichtigkeit.

Auf südlichen, warmen und trockenen Abhängen, die an und für sich arm an Humus sind, muss die Streunutzung schädlicher wirken, als auf den frischen, humusreicheren Nord- und Ostabhängen.

Hinsichtlich der Bestandsbeschaffenheit ergibt sich schon aus den früheren Betrachtungen, dass in allen schlecht geschlossenen Holzbeständen, insbesondere in jenen, die nur aus lichtbedürftigen Holzarten bestehen und im späteren Alter unvollkommenen Schluss zeigen, die Streuerhaltung von ganz besonderer Bedeutung sein muss. Dasselbe gilt auch für die schattenertragenden Holzarten im hohen Alter. In Junghölzern, überhaupt in jener Altersperiode, wo die Bäume zu ihrem Wachsthum besonders viel Feuchtigkeit und grosse Quantitäten von Mineralnährstoffen bedürfen, muss Streuentzug weit nachtheiliger wirken, als im Stangenholzalter, wenn das Längenwachsthum vollendet ist.

Besondere Beachtung verdient endlich noch die Betriebsart, denn es ist uns aus den früheren Darlegungen bekannt, dass der Waldboden um so mehr Mineralstoffe, namentlich Kali und Phosphorsäure verliert, je schwächere Holzsortimente dem Walde entzogen werden. Da man nun beim Niederwald- und Mittelwaldbetrieb besonders viel Wellen-, Ast- und Prügelholz im Vergleich zu Stammholz erhält, so muss schon aus diesem Grunde der Boden bei diesen Betriebsmethoden mehr geschont werden als beim Hochwaldbetrieb. Berücksichtigen wir noch, dass bei diesen Wirtschaftsmethoden auch die Umtriebszeit eine viel kürzere ist, als beim Hochwaldbetrieb, dass in Folge dessen der Boden viel häufiger freigelegt wird, und dass beim Hochwaldbetrieb das in den Bäumen angesammelte Bodenkapital viel länger und wiederholt benutzt wird, so ergibt sich, dass starke Streunutzung dem Mittel- und Niederwald viel nachtheiliger sein muss, als dem Hochwald. —

Die Bodenverarmung durch Streurechen, nachgewiesen durch Bodenuntersuchung.

Die allmählig eintretende Verschlechterung und Verarmung des Waldbodens durch Streurechen lässt sich auch durch vergleichende Bodenuntersuchungen näher feststellen und nachweisen. Auf Anordnung des kgl. sächsischen Finanzministeriums wurde zu diesem Zwecke im Jahre 1861 von Herrn Hofrath Dr. Stöckhardt in Tharand eine vergleichende chemische Untersuchung geschonten und nicht geschonten Waldbodens vorgenommen. Da diese Analysen einen direkten Beleg für die nachtheilige Einwirkung der Streuentnahme auf den Waldboden liefern, so können wir nicht unterlassen, die Hauptergebnisse derselben kurz mitzuthemen ¹⁾:

Die zur Untersuchung ausgewählten Probeflächen liegen im Forstrevier Reudnitz (an der sächs. Landesgrenze) unmittelbar neben einander und sind bezüglich der Bodenbeschaffenheit und Lage vollkommen gleich. Beide Wald-distrikte bestehen aus Sandboden (Heidesand); zur Zeit der Probeentnahme war die geschonte Parzelle mit 50-jährigen Kiefern bestockt, der Holzbestand aber nicht ganz geschlossen. Die 3 Zoll mächtige Bodendecke bestand aus Astmoosen mit einzelner Heide- und Heidelbeerkraut und wenig Nadeln. Streuentnahme hatte in diesem Bestande nicht stattgefunden. Unmittelbar daran grenzte die nicht geschonte Probefläche, die früher auch mit 50-jährigen

¹⁾ Land.-Vers.-Stat. VII. Bd. 1865. S. 235.

Kiefern bestockt war, zur Zeit der Probeentnahme aber eine Blöße bildete mit einzelnen 5- bis 6-jährigen Kiefern. Die Bodenoberfläche war grösstentheils nackt, nur an vereinzelten Stellen fand sich eine ärmliche Bedeckung von Flechten, Heidekraut und Haargras; Streuentnahme hatte auf dieser Probe- fläche längere Zeit periodisch stattgefunden.

Die chemische Untersuchung erstreckte sich auf die Bodendecke, auf den Ober- und den Untergrund. Die Ergebnisse derselben finden sich in den folgenden Tabellen (auf 1 Hektar und für 47 Centimeter [20 Zoll] Bodentiefe berechnet) übersichtlich zusammengestellt.

a. An mineralischen Pflanzennährstoffen fanden sich in geschontem und nicht geschontem Waldboden
pro Hektar bis zu 47 Ctmtr. Tiefe.

Bodenschichten	In Salzsäure lösliche Mineralstoffe						In Wasser lösliche Mineralstoffe
	Kali	Kalkerde	Bittererde	Kiesel-säure	Phosphor-säure	Schwefel-säure	
Kilogramm pro Hektar							
Geschonter Boden:							
Bodendecke (50600 Kilo)	113	181	126	101	185	72	—
Obergrund (16 Millionen Kilo)	813	451	163	451	682	439	1300
Untergrund (8 „ „)	4550	3578	975	811	4550	1709	3420
Summa	5476	4210	1264	1363	5417	2220	4720
Nicht geschonter Boden:							
Bodendecke (9940 Kilo)	7	56	28	36	33	8	—
Obergrund (1,6 Millionen Kilo)	553	521	65	780	569	260	586
Untergrund (8 „ „)	3250	2280	244	650	4230	1360	2280
Summa	3810	2857	337	1466	4832	1648	2865
Mehrgehalt des geschonten Bodens:							
in der Bodendecke	106	125	98	65	152	64	—
in dem Obergrunde	260	— 70	96	— 329	113	179	715
in dem Untergrunde	1300	1298	731	161	320	329	1140
Summa	1666	1353	927	— 103	585	572	1855

b. An organischen Stoffen (Humus) und Stickstoff enthielt der Waldboden pro Hektar bis zu 47 Ctm. Tiefe:

Bodenschichten.	Organische Stoffe (Humusgehalt). Kilogramm pro Hektar.	Stickstoff- gehalt.
Geschonter Boden		
Bodendecke (50600 Kilo)	16970	242
Obergrund (1,6 Millionen Kilo)	45500	2110
Untergrund (8 Millionen Kilo)	77200	6002
Summa:	139670	8354
Nicht geschonter Boden.		
Bodendecke (9940 Kilo)	1718	26
Obergrund (1,6 Millionen Kilo)	16420	1073
Untergrund (8 Millionen Kilo)	42300	3660
Summa:	60438	4759
Mehrgehalt des geschonten Bodens.		
in der Bodendecke	15252	216
in dem Obergrunde	29080	1037
in dem Untergrunde	34900	2342
Summa:	79232	3595

c. An feinerdigen, abschlämmbaren Theilen (Feinerde) fanden sich

im geschonten Boden pro Hektar 1315000 Kilo

im ungeschonten Waldboden „ „ 576600 „

Mehrbetrag im ersteren „ „ 739000 „

d. Die wasserhaltende Kraft betrug in Procenten:

im Obergrunde des geschonten Waldbodens 47 Proc.

„ Untergrunde des „ „ 38 „

„ Obergrunde des nicht geschonten Waldbodens 34 „

„ Untergrunde des „ „ 31 „

Man ersieht aus diesen Zahlen, welche bedeutende Verminderung der Waldboden an den so nothwendigen löslichen mineralischen Nährstoffen, an organischen und stickstoffhaltigen Körpern und an abschlämmbarer Feinerde durch Streurechen erfahren hat. In Folge des höheren Humus- und Feinerdegehaltes war auch die wasserfassende Kraft im geschonten Boden viel bedeutender, als im nicht geschonten. Rechnet man den Obergrund und Untergrund zusammen, so ergeben sich zwischen geschontem und nicht geschontem Boden folgende Differenzen pro Hektar in Kilogrammen:

	Lösliches Kali	Kalkerde	Bittererde	Phosphor- säure	Schwefel- säure	In Wasser lösliche Mineralst.
Geschonter Boden	5363	4029	1138	5232	2148	4720
Nicht geschonter Boden	3803	2801	309	4799	1640	2865
Mehr im geschonten Boden	1560	1228	829	433	508	1855

Aus dieser Tabelle tritt die Einwirkung der Bodendecke auf die vermehrte Bildung löslicher mineralischer Pflanzennährstoffe in armem Sandboden in besonders starker Weise hervor. Erwägen wir noch, dass in der geschonten Waldparcette auch reichlich doppelt so viel organische (humose) Stoffe enthalten waren, als auf der nicht geschonten Probefläche, und dass der Mehrgehalt an Stickstoff in der geschonten Parcellen 75 % betrug, so müssen diese Zahlen, auch wenn man sie nur als approximative Schätzungswerthe ansieht, doch bei Jedem die Ueberzeugung hervorrufen, dass ein Waldbesitzer ächte und intensive Raubwirthschaft treibt, wenn er seinem Walde in übermässiger Weise Streu entzieht.

2. Die schädlichen Folgen der Streuentnahme für die Holzgewächse.

Im Vorstehenden wurde nachgewiesen, dass nachhaltiger Streuentzug unaufhaltsam zur Bodenverschlechterung und schliesslich zur Bodenerschöpfung führen muss. Diese stetig abnehmende Bodenfruchtbarkeit kann natürlich nicht ohne Einfluss auf das Leben der Bäume bleiben; denn wie soll ein Wald, der auf den Hungeretat gesetzt ist, noch freudig gedeihen können! Es fehlt ihm vor allen Dingen am nöthigen Wasser, das die Bäume an sich in ganz enormen Quantitäten bedürfen und das ausserdem den Uebergang aller im Boden vorhandenen Nährstoffe in die Wurzeln vermittelt; dann hat er Mangel an dem einen oder andern unentbehrlichen mineralischen Nährmittel, entweder an Phosphorsäure, an Kali oder an Kalkerde, oft auch an mehreren zugleich; ferner ist ihm zur kräftigen Entwicklung zu wenig atmosphärische Nahrung (Kohlensäure, Ammoniak oder Salpetersäure) geboten, und endlich fehlt dem Boden, aus welchem die Bäume ihre meiste Nahrung beziehen, jene günstige physikalische und chemische Beschaffenheit, die zur reichlichen Ausbildung und Verzweigung der dünnen Faserwurzeln nothwendig ist, jener Organe, mit denen sie allein im Stande sind, ihre Nahrung aus dem Boden aufzunehmen. Sind diese letzteren kümmerlich ausgebildet und in ungenügender Zahl vorhanden, und ist der Pflanze gleichzeitig unzureichende Nahrung geboten, so ist

auch unter den günstigsten übrigen Wachstumsbedingungen (Wärme und Licht) eine normale Entwicklung der Holzpflanzen und der Bäume unmöglich. Unter solchen Verhältnissen vermindert sich zunächst die Zahl und Grösse der Blätter, der Belaubungsgrad der Zweige und Aeste wird mit zunehmender Bodenverarmung immer schwächer, und in innigem Zusammenhange damit steht eine geringere Produktion neuer organischer Pflanzenbestandtheile. Hand in Hand damit geht eine erhebliche Abnahme des Höhen- und Dickenwachsthum der Holzbestände, die Bäume bleiben auffallend kurz, der Holzzuwachs vermindert sich von Jahr zu Jahr, die Qualität des Holzes wird schlechter, die Streuproduktion nimmt stetig ab, die Bäume bekommen ein krankhaftes Aussehen, schon frühzeitig werden Zweige und Aeste dürr, die Stämme überziehen sich mit Flechten oder Moos, der Samenertrag wird geschwächt, ein Baum stirbt nach dem andern ab, der Bestandsschluss wird unterbrochen, die Lichtung nimm mehr und mehr zu, die Beschattung des Bodens wird immer geringer, Sonne und Wind erhalten Zutritt, etwa noch vorhandener Humus verschwindet bald gänzlich, die Austrocknung des Bodens wird gesteigert, die Bodenoberfläche bedeckt sich an noch etwas frischeren Stellen mit Gras, Heidelbeeren etc. und auf trockenen sandreichen Bodenarten wuchert die Besenpfrieme, die Haide¹⁾ und zuletzt die Hungerflechte. Solche rückgängige und abständige Wälder unterliegen auch den Verheerungen von Insekten und Stürmen weit leichter als pfleglich behandelte Holzbestände.

Diese charakteristischen Merkmale nicht geschonter Wälder treten besonders grell vor unsere Augen, wenn wir derartige verkümmerte Holzbestände mit benachbarten Beständen vergleichen, in denen keine Streuabgabe stattfand. Für den Forstmann, dem das Wohl und Gedeihen des Waldes am Herzen liegt, ist das traurige Bild solcher herabgekommenen Holzbestände doppelt empfindlich, weil er weiss, dass in Folge dieser Wirthschaft selbst ursprünglich guter Boden in der Regel so vermagert ist, dass seine Bemühungen, später darauf Laubholz zu erziehen, erfolglos sind und dass er gezwungen ist, genügsamere Nadelhölzer, namentlich die Kiefer, an ihre Stelle treten zu lassen. Solche Umwandlungen von Laubholzbeständen in Nadelholz können überall

¹⁾ Im Untergrunde des Haidebodens entsteht häufig der für die Wurzeln undurchdringliche und der Entwicklung der Kiefernpflanzen so sehr hinderliche Ortstein (Lüneburger Haide), während in völlig bewaldeten Landstrichen sich keine solche Ortsteinschichte bildet.

nachgewiesen werden, wo der Boden durch Streunutzung verarmt ist. Wird aber auch dann noch mit der Misshandlung des Bodens fortgefahren, so wird der disponible, aufnehmbare Nährstoffvorrath in dem Maasse vermindert, dass selbst die genügsame Kiefer langsam verhungert und verdurstet und gänzliche Verödung eintritt.

Die schlimmen Folgen rücksichtsloser und andauernder Streuentnahme machen sich aber nicht nur an den Wäldern unserer Zeit geltend, sondern werden auch auf unsere Nachkommen übertragen. Denn wird auf solchen herabgekommenen Böden später auch mit Aufwand höherer Culturkosten natürliche oder künstliche Verjüngung vorgenommen, so können die jungen Pflanzen, welche an die Nährstoffe des Bodens noch weit grössere Ansprüche machen als die älteren Bäume, wegen unzureichender Nahrung sich stets nur kümmerlich entwickeln und wenn sie in stetem Kampfe mit vielen Forstunkräutern mühselig ihr Leben gefristet haben, schliesslich doch nur Krüppelbestände hervorbringen. Wird die Raubwirthschaft auch in diesen schonungslos fortgesetzt, so ist vollständige Devastation unvermeidlich.

Selbst wenn die exakte wissenschaftliche Forschung nicht im Stande gewesen wäre, die Ursachen der schädlichen Wirkung der Waldstreuentnahme näher zu begründen, müssten diese schlagenden Beobachtungen und Erfahrungen den unumstösslichen Beweis liefern, dass die Erhaltung der Bodendecke eine Lebensbedingung des Waldes ist und dass schonungslose, zu oft wiederkehrende Entfernung derselben nicht nur eine verminderte Holzproduktion veranlasst, sondern zuletzt auch zur Entwaldung und damit zur Zerstörung der Fruchtbarkeit der Länder führt. Die grosse Gefahr, welche durch übermässiges Streurechen den Wäldern droht, macht sich freilich nicht plötzlich, in der Regel sogar nicht einmal in den ersten Jahren, desto sicherer aber nach einer Reihe von Jahren bemerkbar. Ob dies aber nach 5, 10 oder 20 Jahren der Fall ist, lässt sich unmöglich vorausbestimmen, denn wir haben schon auf Seite 266 nachgewiesen, dass die schnellere oder langsamere Abnahme der Bodenfruchtbarkeit von gar vielen Umständen abhängt. Einen sehr erheblichen Einfluss darauf haben die Witterungsverhältnisse; in feuchten nassen Jahrgängen ist die Streuentnahme bei weitem nicht so nachtheilig, als in trockenen Jahren.

Ebenso schwankend und verschieden muss unter verschiedenen Verhältnissen der Holzzuwachs-Verlust sein, der durch Streunutzung in einer bestimmten Zeit hervorgebracht wird. Vereinzelte kleinere Versuche wurden darüber

schon öfters angestellt, aber es fehlt noch vollständig an Durchschnittsergebnissen im Grossen. Nach einer Durchschnittszahl aus den Angaben von Hundeshagen, Pagenstecher, Jäger, Plieninger und der nassauischen Regierung verursachen 35 Ctr. waldtrockener Streu einen Zuwachsverlust von 1 Klafter Holz¹⁾. In gut geschlossenen Hochwaldbeständen, in denen die Streunutzung erst gegen und mit dem Ende des vorherrschenden Längenwuchstums vorgenommen wurde, ergaben sich selbst unter diesen günstigen Verhältnissen Ertragsverluste von 17 bis 50 % des gesammten Holzmassenertrages.

Professor Baur in Hohenheim²⁾ kann in Württemberg Orte in Menge namhaft machen, wo jährlich recht gut eine Klafter Holz pro Morgen zuwachsen könnte, wo aber wegen Entfernung der Bodendecke der Zuwachs bereits auf $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{10}$ herabgesunken ist.

Forstmeister Heiss („der Wald und die Gesetzgebung“) berechnet den jährlichen Zuwachsverlust, welchen die bayerischen Staatswaldungen durch Streurechen erfahren, auf 1 Million Gulden und mehr. In der „Forstverwaltung Bayerns“ dagegen findet man die Angabe, dass nur in den Waldungen von Ober- und Mittelfranken und der Oberpfalz der jährliche Zuwachsverlust in Folge fortgesetzten Laub- und Moosentzuges sich zu 2,262,900 Gulden berechne. Nach derselben Quelle ist der Holzertrag in den belasteten Waldungen des Königreichs im grossen Durchschnitt um 11 % geringer als in den unbelasteten, was vorzugsweise den Streunutzungen zuzuschreiben ist.

Sicherere Grundlagen für derartige Berechnungen, überhaupt werthvollere und genauere Durchschnittszahlen über den Einfluss der Streunutzung auf den Wuchs der Holzbestände und speciell auf die verminderte Holzproduktion werden wir erst aus den vielen, nach einem gemeinschaftlichen Plane ausgeführten Versuchen erhalten, welche gegenwärtig an den zahlreichen forstlichen Versuchstationen Deutschlands angestellt werden. Wir müssen uns aber jedenfalls 20 bis 30 Jahre gedulden, bis brauchbare Resultate erzielt sein werden. Da in Bayern solche Versuchsflächen bereits seit 10 Jahren angelegt sind, hoffen wir schon nach Verlauf eines weiteren Decenniums die Ergebnisse dieser zweiten Aufgabe der Streuversuchsflächen publiciren zu können³⁾.

¹⁾ Vonhausen, die Raubwirthschaft in den Waldungen.

²⁾ Baur, der Wald und seine Bodendecke. Stuttgart 1869.

³⁾ Ein Rückgang der Holzbestände und ein Kränkeln der Bäume ist auf mehreren Versuchsflächen jetzt schon deutlich zu erkennen.

2. Werth der Waldstreu für die Landwirtschaft.

Wir leben in einer Zeit, welche an jede Gewerbs- und Fabrikthätigkeit die Forderung stellt, mit entsprechendem Kraftaufwande auf die andauernd einträglichste Weise möglichst vollkommene Produkte zu erzielen. Dieser ersten volkwirtschaftlichen Anforderung kann aber das forstliche Gewerbe nicht nachkommen, so lange es gezwungen ist, seinen werthvollsten Produktionsfaktor, ja sein unentbehrlichstes Werkzeug auf Grund bestehender Rechte zum grösseren Theil an die Landwirtschaft abzugeben. In welcher höchst schwierigen und unangenehmen Lage die Forstwirtschaft allen anderen Gewerben gegenüber sich befindet, ergibt sich schon aus den widersprechenden Thatsachen, dass auf der einen Seite die Abgabe von Laub- und Moosstreu mit einem rationellen Waldbau absolut unvereinbar ist, dass aber anderseits noch in vielen Gegenden Deutschlands die kleineren Landwirthe glauben, ohne Waldstreu nicht bestehen zu können. Alle intelligenten und einsichtsvollen Oekonomen geben aber zu, dass zu einem rationellen Betriebe der Landwirtschaft nichts weniger als Waldstreu gehört, und dass eine Feldwirtschaft, welche auf regelmässigen Bezug von Waldstreu angewiesen ist, nicht auf gesunder Grundlage beruht; es haben deshalb auch die besseren Landwirthe das Streurechen schon längst aufgegeben.

Bekanntlich wird die Waldbodendecke in Viehställen vielfach zum Einstreuen als Surrogat für Stroh zur Aufnahme der festen und flüssigen Excremente benutzt.

Um uns ein Urtheil über den landwirtschaftlichen Werth der Waldstreu bilden zu können, wollen wir den Streuwerth (oder das Aufsaugungsvermögen) und den Düngerwerth der verschiedenen Streumaterialien etwas näher prüfen.

Das Aufsaugungsvermögen der Streumaterialien.

Ein Streumaterial ist bekanntlich um so werthvoller, je mehr Jauche es aufzusaugen vermag. Die Grösse der wasseraufsaugenden Kraft verschiedener zum Einstreuen verwendeten Materialien wurde von uns durch mehrfache Untersuchungen ermittelt. Die Ergebnisse derselben finden sich bereits auf Seite 176 zusammengestellt. Darnach besitzt unter allen Streusorten Waldmoos das grösste Aufsaugungs- oder Absorptionsvermögen, dann folgen der Reihe nach das Getreidestroh, Buchenlaub, Farnkraut, Fichtennadeln,

Kiefernadeln und zuletzt **Haidekraut**. Das **Moos** vermag also mehr **Jauche** zu absorbiren und zurückzuhalten, als das **Stroh**; dem letzteren am nächsten steht die **Laubstreu** und das **Farnkraut**, viel geringeren Werth haben die **Fichten-** und **Kiefernadeln**, und den geringsten die **Haide**.

Die **Laubstreu** steht dem **Stroh** gegenüber aber auch insofern zurück, als sie bei ausschliesslicher oder vorherrschender Anwendung einen sich fest zusammensetzenden, klumpigen, zur Bildung von saurem Humus geneigten, langsam verwesenden, also kalten Mist liefert; sie kann nur als Nothbehelf und als mangelhaftes Surrogat für **Stroh** betrachtet werden. Nur in dem Falle ist unter Mitwirkung der **Laubstreu** die Produktion eines untadelhaften Stallmistes zu erwarten, wenn dem letzteren gleichzeitig eine hinreichende Menge von guter, möglichst humoser Erde beigemischt und das Ganze also zu einem kräftigen Compostdünger verarbeitet wird ¹⁾.

Preisbestimmung des Düngerwerthes der Streumaterialien.

Der Düngerwerth d. h. der Werth, den die Streumaterialien als Ersatzmittel für die durch Ausfuhr und Verkauf der landwirthschaftlichen Produkte dem Boden entzogenen Nährstoffe haben, hängt von dem Gehalt derselben an pflanzennährenden Stoffen ab, und zwar hat man bei der Feststellung des Düngerwerthes nur die selteneren und deshalb werthvolleren Bestandtheile, nämlich den Stickstoff-, Kali- und Phosphorsäuregehalt zu berücksichtigen.

Aus der schon früher (Seite 75) mitgetheilten Tabelle über den Stickstoffgehalt verschiedener Streumaterialien ersicht man, dass dieselben durchgehends stickstoffreicher sind, als das **Stroh**. Im grossen Durchschnitt kann man annehmen, dass in vollkommen trockenem Zustande

Stroh	0,5 %	
Buchen- u. Eichenblätter	1,0 „	
Waldmoose	1,2 bis 1,5 %	
Fichtennadeln	1,3 %	
Kiefernadeln	1,5 „	Stickstoff ²⁾ enthalten

¹⁾ E. Wolff, Praktische Düngerlehre, V. Auflage. Berlin, Verlag von Wiegand, Hempel & Parey, 1874.

²⁾ Da es noch an zahlreicheren und in grösserem Maasstabe ausgeführten Stickstoffbestimmungen fehlt, so darf man obigen Zahlen vorläufig nur einen approximativen Werth beilegen.

Der Kali- und Phosphorsäuregehalt der verschiedenen Streusorten ist aus der Tabelle Seite 109 zu entnehmen.

Für den Werth der einzelnen Pflanzennährstoffe lassen sich nach E. Wolff („Praktische Düngerlehre“, S. 202) folgende Preise annehmen:

für 1 Kilogramm Stickstoff (in Form von Stalldünger)	1,20	Mark,
„ 1 „ Phosphorsäure do. do.	0,40	„
„ 1 „ Kali do do.	0,30	„

Bei Zugrundlegung dieser Preise und des oben erwähnten Gehaltes an Pflanzennährstoffen berechnet sich für die verschiedenen Streumaterialien folgender Düngerwerth in Reichsmark:

In einem Cubikmeter beträgt im grossen Durchschnitt

	im Stroh ¹⁾	Buchenlaub	Moos	Fichtennadeln	Kiefernadeln
der Stickstoffwerth	0,46	0,80	1,20	2,26	1,83 Mark,
der Phosphorsäurewerth	0,06	0,08	0,16	0,12	0,05 „
der Kaliwerth	0,17	0,05	0,16	0,05	0,04 „
Summa	0,69	0,93	1,52	2,43	1,92 Mark

Werth der Mineralstoffe
(ohne Stickstoff) 0,23 0,13 0,32 0,17 0,09 Mark

In 100 Kilogramm lufttrockener Streumaterialien²⁾ beträgt dagegen

	im Stroh	Buchenlaub	Moos	Fichtennadeln	Kiefernadeln
der Stickstoffwerth	0,66	0,99	1,15	1,32	1,56 Mark
der Phosphorsäurewerth	0,09	0,10	0,15	0,07	0,04 „
der Kaliwerth	0,25	0,08	0,18	0,04	0,04 „
Summa	1,00	1,17	1,48	1,43	1,64 Mark

Werth der Mineralstoffe
(ohne Stickstoff) 0,34 0,18 0,33 0,11 0,08 Mark

Die Preise der Waldstreu gestalten sich, wie wir sehen, sehr verschieden, je nachdem man bei der Feststellung derselben nur die werthvollsten Mineralstoffe berücksichtigt, oder zugleich auch ihren Stickstoffgehalt mit in Rechnung bringt.

¹⁾ Als Mittelzahlen für lufttrockenes Stroh wurden angenommen: Wasser 13,5 %, Stickstoffgehalt 0,54 %, Phosphorsäuregehalt 0,23 %, Kaligehalt 0,82 %.

²⁾ Für lufttrockenes Buchenlaub wurden 18 %,
 „ Moos „ 20 %,
 „ Fichtennadeln „ 15 %,
 „ Kiefernadeln „ 14 % Wasser in Abzug gebracht.

Bei der Abgabe nach Raummassen, d. h. nach Haufen von bestimmten Dimensionen, darf nicht übersehen werden, dass auf den Preis vor Allem das verschiedene Gewicht der Streumaterialien grossen Einfluss hat. Nur durch den etwas grösseren Stickstoffgehalt und durch den Umstand, dass reine Nadelstreu viel schwerer ist, als ein gleiches Volumen Laub- oder Moosstreu (vergl. S. 56) stellt sich der Preis derselben pro Cubikmeter viel höher, als der der Laub- und Strohstreu.

Der gesammte Düngerwerth einer Fuhr Waldstreu zu 5 Cubikmeter (oder Ster) berechnet sich obigen Angaben zufolge

	für Stroh	Laubstreu	Moosstreu	Fichtennadelstreu	Kiefernadelstreu
auf	3,45	4,65	7,60	12,15	9,60 Mark,
der Mineralstoffwerth dagegen nur					
auf	1,15	0,65	1,60	0,85	0,45 „

Im Regierungsbezirk Mittelfranken ist die Taxe für 1 Fuder = 5 Cubikmeter Laub-, Nadel- und Moosstreu 7 Gulden oder 12 Mark, im Forstamt Laurenzi und Sebaldi (Nürnberg) 8 fl. oder 13,70 Mark.

Viel geringer sind die Preisdifferenzen der verschiedenen Streumaterialien bei gleichem Gewicht. Doch hat auch in diesem Falle die Moosstreu (vermengt mit Nadeln) einen grösseren Düngerwerth, als die Laubstreu und das Stroh, die so ziemlich gleichwerthig sind. Viel niedrigere Preise ergeben sich, wenn man, wie es bisher üblich war, nur den Mineralstoffwerth in Anschlag bringt. Es stehen dann zwar auch Stroh und Moos oben an, einen fast um die Hälfte geringeren Werth hat aber das Buchenlaub, und die reine Nadelstreu ist so arm, dass sie etwa nur den vierten Theil soviel werth ist, als eine gleiche Gewichtsmenge Stroh.

Für die Streutaxation ergeben sich aus vorstehenden Untersuchungen folgende bemerkenswerthe Thatsachen:

1. Die Moosstreu für sich und mit Nadeln gemengt hat ohne Zweifel einen grösseren Werth für den Landwirth als die Laubstreu.
2. Die Moosstreu hat sogar einen grösseren landwirthschaftlichen Werth als das Stroh, und selbst die Laubstreu steht dem letzteren nur bezüglich des Aufsaugungsvermögens nach, übertrifft dasselbe aber hinsichtlich des Düngerwerthes oder steht demselben mindestens gleich.
3. An wichtigen mineralischen Pflanzennährstoffen (Kali und Phosphorsäure) sind alle Waldstreusorten so arm, dass sie für die Landwirthschaft kaum

in Betracht kommen können. Stroh und Moos stehen sich auch in dieser Hinsicht ziemlich nahe; viel werthloser ist die Laubstreu und den geringsten Werth hat die reine Nadelstreu ¹⁾.

Wie bedeutungslos die Mineralstoffe der Waldstreu als Ersatzmittel für entzogene Pflanzennährstoffe sind, kann auch aus folgender Zusammenstellung entnommen werden: Um einen Centner = 50 Kilogr. Kali auf das Feld zu bringen, braucht man beiläufig:

3 Centner dreifach concentrirten Stassfurter Kalidünger		
10	„	Laubholzasche,
16	„	Nadelholzasche,
112	„	Roggenstroh (trocken),
180	„	Waldmoos „
330	„	Buchen- und Eichenlaub (trocken),
620	„	Fichtennadeln (trocken),
660	„	Kiefernnadeln „

Um 1 Centner (= 50 Kilo) Phosphorsäure auf das Feld zu bringen, sind beiläufig erforderlich:

4—5 Centner Knochenmehl ²⁾ , dagegen		
318	„	trockene Laubstreu,
337	„	trockenes Waldmoos,
416	„	„ Roggenstroh,
466	„	trockene Fichtennadeln,
861	„	„ Kiefernnadeln.

Berechnet man die Arbeitslöhne und die Gewinnungskosten der Waldstreu, so kommt sie jedenfalls theurer zu stehen, als ihr Werth an Mineralstoffen beträgt, selbst wenn man sie unentgeltlich erhält. Kali und Phosphorsäure lassen sich viel vortheilhafter durch künstliche Düngemittel, als durch die Waldstreu ersetzen. In Anbetracht dieses Umstandes und der unschätzbaren Bedeutung, welche die Bodendecke für den Wald und die Holzproduktion hat, ist es gewiss nicht zu rechtfertigen, wenn man dem Walde immer wieder das entzieht, was er sich mühsam erworben hat, um damit das Feld unzureichend zu

¹⁾ Ueber den Kali- und Phosphorsäuregehalt verschiedener anderer Streumaterialien siehe S. 109.

²⁾ Knochenmehl und dreifach concentrirtes Stassfurter Kalisalz sind Düngemittel, welche in den meisten Gegenden Deutschlands mit etwa 7½ bis 9 Mark gekauft werden.

düngen. Es ist erwiesen, dass bei der üblichen Wirthschaftsweise mit ärmlicher Waldstreu düngung Feld und Wald den Krebsgang gehen müssen; deshalb wird es auch nicht leicht einen Landwirth geben, der durch Bezug von Waldstreu seine Verhältnisse wesentlich gebessert hätte. Umgekehrt ist es immer ein Zeichen zunehmenden Wohlstandes, wenn Landwirthe sich von der Waldstreu unabhängig machen.

Welche Mittel hat der Landwirth zu ergreifen, um die Waldstreu entbehren zu können?

Es würde die Aufgabe dieses Werkes bedeutend übersteigen, wenn wir in ausführlicher Weise alle die verschiedenen Massregeln besprechen wollten, durch welche sich der Ackerbau von der Waldstreu unabhängig machen könnte. Dieser Gegenstand wurde schon so oft in verschiedenen anderen Schriften behandelt¹⁾, dass wir uns hier auf kurze Andeutungen beschränken können. Das Grundübel der Waldstreunutzung wurzelt darin, dass dem mittleren und kleineren Landwirth in der Regel das naturgemässeste Material, nämlich das Stroh, zum Einstreuen fehlt; er verfüttert dasselbe oder verkauft es sogar theilweise, wenn er weiss, dass seine Anforderungen an Waldstreu doch befriedigt werden. Alle Mittel, welche zur Beseitigung dieses Missstandes empfohlen werden können, müssen deshalb darauf hinausgehen, entweder eine Ersparniss an Stroh herbeizuführen, oder durch bessere Bewirthschaftung die Ertragsfähigkeit des Bodens so zu erhöhen, dass mehr Stroh und Futter gewonnen werden kann.

Der erstgenannte Zweck kann durch bessere Stall Einrichtung, durch Anwendung anderer Streusurrogate, dann durch entsprechende Verminderung des Viehstandes auf das rationell zulässige Maas erreicht werden.

Fast immer ist beim kleinen Landwirth der Viehstand im Verhältniss zum Ackerfeld zu gross; er beachtet viel zu wenig die allbekannte Regel: „Lieber weniger Vieh gut zu füttern und zu pflegen, als viele Stücke schlecht zu halten.“ In jenen Bezirken, in welchen die Waldstreunutzung stark betrieben wird, findet man aber in der Regel auch schlecht eingerichtete Ställe.

Ein praktisch sehr brauchbares Mittel, um das Streumaterial auf ein Minimum zu reduciren, besteht in der Anwendung der Erdstreu. Man mache zu diesem Zweck die Stallsohle etwas geneigt, bringe gleich hinter den Thieren eine etwa 60 Ctm. breite und entsprechend tiefe Abflussrinne an, damit die Ex-

¹⁾ Vergl. Walz, „Ueber den Dünger und die Waldstreu.“ 2. Auflage. 1870.

cremente der Thiere zum grössten Theil in diese Rinne oder nahe hinter dieselbe fallen, von wo sie leicht mit einer Krücke hineingezogen werden können. Die ziemlich geräumige Rinne fülle man mit lockerer Erde oder noch besser mit Torfpulver aus, welche zunächst die flüssigen thierischen Auswurfstoffe aufsaugen. Es braucht alsdann nur wenig Stroh eingestreu zu werden und die Streu wird, so lange sie noch ziemlich trocken ist, jedesmal früh Morgens nach dem Kopf des Thieres zusammengezogen, um am Abend wieder unter dem Thiere ausgebreitet zu werden. Wenn die Streu nicht mehr geeignet ist, dem Thiere ein hinreichend trockenes und bequemes Lager für die Nacht zu gewähren, wird sie mit der in der Rinne befindlichen und mit den thierischen Auswürfen gesättigten Erde gemischt, das Gauze aus dem Stalle geschafft und die Erde nebst der Streu durch frische Materialien ersetzt. — Als weitere Streusurrogate können benutzt werden: Die Spreu des Spelzes oder Dinkels, Sägemehl, Sumpfpflanzen, wie Rohrschilf, Binsen, auch Besenpfriemen, Farnkräuter, Heidekraut, Schneidelstreu von gefällten Bäumen u. s. w.

Der Düngerproduktion sehr hinderlich ist die Waldweide, die man vorzugsweise in jenen Gegenden findet, in denen übermässige Streunutzung getrieben wird.

Meistens hat die Streuoth im Futtermangel ihren Grund.

Um einen höheren Futter- und Strohertrag herbeizuführen, ist es nothwendig, den Stalldünger sorgfältig zu behandeln; es ist aber eine bekannte Thatsache, dass gerade Diejenigen, welche am dringendsten nach Waldstreu verlangen, in der Regel die schlechtesten Dungstätten haben, den Dünger am fahrlässigsten behandeln und die Jauche über die Strasse laufen lassen.

Eine Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit kann ferner herbeigeführt werden durch rationelle tiefe Bearbeitung des Bodens, durch sorgfältige Sammlung und Verwendung aller in der Hauswirthschaft sich ergebender Düngemittel (Knochen, Asche, pflanzliche und thierische Abfälle aller Art), durch Anwendung von Kloakendünger, künstlichen Düngemitteln, Anlegung und Verwendung von Compostdünger u. s. w. Dem Futtermangel ist endlich abzuhelpen durch bessere Wiesenpflege, durch Anbau von Futtergewächsen, Klee, Luzerne, Rüben, Gemengfutter (Wicken und Hafer).

Es sind hiernach dem Landwirthe verschiedene Mittel geboten, einen besseren und rationelleren Betrieb herbeizuführen; würde er davon Gebrauch machen, so liesse sich die Streuabgabe selbst in den für Ackerbau ungünstigen

Gebirgsgegenden sehr ansehnlich verringern; aber gerade in jenen Gegenden und Bezirken, wo die Waldstreuverwendung eingebürgert ist, finden diese Verbesserungen am schwierigsten Eingang.

Es schliesst deshalb auch die Waldstreunutzung den staatswirthschaftlichen Nachtheil in sich, dass sie den Fortschritt des landwirthschaftlichen Betriebes hemmt.

Grundsätze, welche bei der Ausübung der Streunutzung zu beachten sind.

Wenn auch starkes, oft wiederholtes Streurechen unter allen Verhältnissen einen Rückgang der Wälder herbeiführen muss, so giebt es doch Oertlichkeiten und Bestände, welche schonungsbedürftiger sind, als andere. Vom forstlichen Standpunkte aus hat man aber sorgfältigst alle Verhältnisse zu beachten und zu prüfen, durch welche die Streunutzung für den Wald so unschädlich als möglich gemacht werden kann.

Welche verschiedene Modalitäten dabei in's Auge zu fassen sind, wird in der Forstbenutzung gelehrt¹⁾; wir beschränken uns deshalb nur auf eine kurze Zusammenstellung darauf bezüglicher allgemeiner Regeln und Grundsätze, welche sich aus unseren früheren Darlegungen über den Einfluss der Streuentnahme auf den Boden und auf die Holzgewächse von selbst ableiten lassen.

Besonderer Schonung bedürfen alle trockenen, mineralisch armen und schlechten Böden, also vorzugsweise die Quarzsand- und Kalksand-, die Kies- und Geröllböden; dann aber auch die seichtgründigen und alle jene Bodenarten, die sich durch grosse Kalkarmuth auszeichnen. Weniger fühlbar machen sich die Nachtheile des Streuentzuges auf guten, frischen und feuchten Böden, auf kalkhaltigen Lehmböden, in frischen und feuchten Fluss- und Seegebieten, in Tief- lagern, Einbengungen, Schluchten und engen Thälern. Die Nord- und Ostseiten der Gehänge und die schwach geneigten Flächen sind nicht so schonungsbedürftig als die Süd- und Westseiten und als die steilen Gebirgsabdachungen, freiliegenden Gebirgsrücken und Gebirgskämme.

In Folge des geringeren Bedarfs der Bäume an Mineralnährstoffen und der durchgängig herrschenden grösseren Luft- und Bodenfeuchtigkeit wirkt überhaupt die Abgabe der Waldstreu in Hochlagen nicht so verderblich, als im Mittelgebirge, im Hügellande und in den warmen Tieflagen. Aus demselben Grunde

¹⁾ Siehe Gayer, Die Forstbenutzung. Aschaffenburg 1873.

machen sich in den nördlichen, kälteren und feuchteren Ländern die Folgen des Streuentzuges unter sonst gleichen Verhältnissen später bemerkbar, als in den südlichen, warmen und trockenen Ländern.

Ausser der Bodenbeschaffenheit, Lage und den Terrainverhältnissen hat man bei der Ausübung der Streunutzung aber auch die Bestandsbeschaffenheit in Betracht zu ziehen. Herabgekommene Holzbestände, die schlechten Schluss zeigen oder aus irgend welcher Ursache sich stark gelichtet haben, sollen so viel als möglich von Streuentzug verschont bleiben; leichter ertragen ihn die gesunden, vollkommen geschlossenen Bestände, welche dem Boden die erforderliche Beschattung gewähren. Selbstverständlich bedürfen die Holzbestände in jenen Altersperioden, in welchen ihre Entwicklung und ihr Längenwachsthum stattfindet, dann im höheren Alter, wo sie sich zu lichten beginnen, der Erhaltung der Bodendecke weit mehr, als in den anderen Perioden.

Demgemäss müssen alle Junghölzer, ebenso alle haubaren Bestände mehrere Jahre vor dem Angriff von der Streunutzung ausgeschlossen bleiben; wo möglich sollte das Streurechen in den Holzbeständen nur vom mittleren Alter an bis mehrere Jahre vor dem Angriff (Vorhege) geschehen. Am meisten Schonung bedarf der Niederwald, dann der Mittelwald, am zugänglichsten ist noch der Hochwald.

Zur Rechstreugewinnung suche man vor Allem jene Oertlichkeiten auf, welche durch den Wind Laub in grösserer Menge zugeführt erhalten, wie Schluchten, Einbeugungen, Thäler, Gräben, Waldwege u. drgl., in Nadelholzwäldern wähle man womöglich solche Bestände, welche sich durch besonders mächtige Moosdecke auszeichnen, und in gelichteten haubaren Kiefernbeständen suche man zunächst das der Verjüngung hinderliche und dem Boden nachtheilige Haidekraut und die Besenpfriemen soviel als möglich zu entfernen. Die Gewinnung der Rechstreu geschieht im Interesse des Waldes am vortheilhaftesten kurz vor dem Abfalle des neuen Laubes, indem dann schon gewisse Aschenbestandtheile, namentlich Kali und auch Phosphorsäure theilweise ausgelaugt sind, das neue abfallende Laub den Boden deckt und ihn gegen Austrocknen und schroffen Temperaturwechsel schützt. Zum Sammeln bediene man sich nur hölzerner Rechen, beschränke dasselbe auf die obersten, noch nicht zersetzten Laubschichten und gestatte niemals, dass auch die Humusdecke beseitigt wird. In Nadelholzbeständen sollte nicht die gesammte Moosdecke, sondern nur ein Theil derselben streifenweise oder durch Ausrupfen zur Verwendung kommen. Je

änger der Streurnus ist, d. h. je seltener das Streuscharren sich wiederholt, desto geringer ist natürlich der damit verbundene Nachtheil; unter 3-jährigen Turnus sollte niemals herabgegangen werden.

Durch die bestehenden Streunutzungspläne ist die Streuabgabe in den Gemeinde- und Staatswaldungen ohnehin geregelt, es ist daher nicht nothwendig, noch länger bei diesem Gegenstand zu verweilen. Die nähere Prüfung der örtlichen Verhältnisse muss an und für sich den betreffenden Forstbeamten überlassen werden.

**Thunlichste Beschränkung
der Waldstreuutzung liegt
im Interesse der Volks-
wohlfahrt.**

Der Bezug von Streumaterial aus dem Walde hat schon im vorigen Jahrhundert stattgefunden¹⁾; bei dem damaligen geringen Verbrauch, dann bei der grossen Ausdehnung der Wälder und den niederen Holzpreisen hatte aber die Streu-

nutzung damals lange nicht den volkswirtschaftlichen Nachtheil, als heutzutage. Der Bedarf und die Nachfrage nach Waldstreu steigerte sich mit der Einschränkung der Weidewirtschaft und der Einführung der Stallfütterung, mit dem Anbau und der Ausbreitung der Hackfrüchte und der Handelsgewächse, mit der Vermehrung des Viehstandes, mit der Zunahme der Bevölkerung und der Güterzerstückelung. Jetzt finden wir die Streunutzung vorzugsweise verbreitet in den für den Ackerbau ungünstigen Gebirgsgegenden bei starker Viehzucht und wenig Ackerland, dann in Gegenden mit ausgedehnten schlechten Sandflächen und in solchen Bezirken, wo viel Handelsgewächse wie Wein, Tabak, Hopfen, Zuckerrüben, Raps, Hanf u. s. w. gebaut werden, wie in der Rheinthalebene, im Haardtgebirge. Durch diese wirtschaftlichen Verhältnisse hat sich mit der Zeit der Streuverbrauch immer mehr gesteigert und die Folge davon war, dass in vielen Gegenden Deutschlands nicht nur viele Laubholzwaldungen in Nadelholz umgewandelt werden mussten, sondern dass sich auch viele höchst beklagenswerthe, traurige Bilder der Waldverwüstung vorfinden. Wird die Streunutzung im bisherigen Umfang auch in Zukunft fortgetrieben, so muss der Ruin und der Untergang eines grossen Theiles unserer deutschen Wälder unausbleiblich erfolgen. Damit drohen aber dem Lande und der Volkswohlfahrt so ernste Gefahren, dass es nicht blos Aufgabe der Forstwirthe, sondern auch Pflicht der Regierung ist, Maasregeln zu ergreifen, durch welche die Waldstreu-

¹⁾ Vergl. Roscher, „System der Volkswirtschaft.“

nutzung in thunlichster Weise beschränkt wird. Es giebt aber in dieser Beziehung bekanntlich nur ein einziges radikales Heilmittel, nämlich die Ablösung der noch bestehenden Streurechte¹⁾. In Sachsen erfolgte diese Ablösung schon im Jahre 1832, in Hannover 1863, in anderen Ländern, wie in Württemberg, Preussen sind bereits Einleitungen dazu getroffen. Fortgesetzten, rastlosen Bemühungen wird es endlich gelingen, dass auch in den übrigen deutschen Staaten und insbesondere in Bayern der Wald von seinen Servituten befreit wird. Denn je mehr wir erkennen, dass der Wald ein mächtiges Glied im Reiche der Natur ist, und dass gut gepflegte und im richtigen Verhältniss zur Gesamtfläche stehende Waldungen eine wesentliche Bedingung der Fruchtbarkeit eines Landes sind, desto mehr tritt an uns die Pflicht heran, dem Lande einen genügenden gut gepflegten Waldbestand zu erhalten²⁾. Abgesehen von dem bedeutenden finanziellen Nutzen, welchen der Wald dem Staate, den Gemeinden und Privaten gewährt, ist auch die Blüthe der Industrie, des Handels und der Gewerbe, der Landwirtschaft bis zu einem gewissen Grade an das gute Gedeihen des Waldes und an den intensiven Betrieb der Forstwirtschaft geknüpft. Nicht weniger bekannt ist der hervorragende Einfluss, den die Wälder auf Luft und Boden, auf das Klima, auf den Wasserreichthum der Länder, auf die Regulirung des Wasserstandes der Bäche und Flüsse, auf die Schönheit der Landschaft, auf die Gesundheitsverhältnisse und das Gemüthsleben der Menschen ausübt.

Wie fühlen wir uns im Sommer gestärkt und verjüngt im schönen grünen Walde! Und wer hätte nicht schon den gewaltigen Eindruck empfunden, den der Wald in seiner ganzen Fülle auf das Gefühl und auf das Herz des Menschen ausübt? Contzen³⁾ schildert diesen Eindruck sehr warm mit folgenden Worten:

„Wo fühlen wir uns höher und wärmer gehoben zu einer frommen Andacht, als im grünen Dom der Natur? Wo ist die Allmacht des Schöpfers, das geheimnissvolle Wehen des Gottessauches, unergreifbar, unerforschbar sich schlin-

¹⁾ Wer sich über die verschiedenen Waldservitute und über die Reform der Forstgesetzgebung weiter orientiren will, dem empfehlen wir das populäre Heftchen von Heiss „Der Wald und die Gesetzgebung“, Berlin Verlag von J. Springer 1875.

²⁾ Von der Gesamtfläche Bayerns sind 34 % bewaldet, beinahe die Hälfte der ganzen Waldfläche ist aber Eigenthum der Privaten. Diese Bewaldung dürfte für die geographische Lage und für die Terrainverhältnisse Bayerns zureichend sein.

³⁾ Contzen, Der Einfluss des Waldes. Leipzig 1868.

gend durch die Kette alles Erschaffenen, deutlicher zu erkennen als da, wo Er aus unscheinbaren Samenkörnchen hohe Waldmassen entstehen liess?

Das Angenehme des Schattens, die Kühlung, das wechselnde Hell und Dunkel zieht den durch die Kämpfe des Lebens Ermüdeten an, und fern von dem Treiben der Welt wird das Herz in der Waldeinsamkeit wieder frisch und frei vom Drucke des Lebens.

Wenn Kummer dich befallen,
Geh hin zum grünen Wald,
Da triffst du Tempelhallen
In ihrer Urgestalt.

Da waltet Gottes Segen
In stiller Einsamkeit;
Kannst an sein Herz dort legen
Den Kummer und dein Leid.

Dort kann dein Herz gesunden:
Gott wohnt im grünen Hain,
Hast Frieden dann gefunden,
Kehrst neugestärkt du heim.

Darum pfl eget und schützt den Wald im Interesse des materiellen und geistigen Wohles des Volkes und des Vaterlandes!

Nachträge.

Kurz vor Beendigung dieses Werkes wurden einige unseren Gegenstand berührende Arbeiten veröffentlicht, die der Vollständigkeit wegen hier nachträglich mitgetheilt werden sollen.

Ansprüche junger Waldpflanzen an die mineralischen Nährstoffe des Bodens im Vergleich zu den älteren Waldbäumen.

Um den Mineralstoffbedarf junger Waldpflanzen kennen zu lernen, untersuchte Herr Dr. Dulk im chemischen Laboratorium zu Hohenheim einjährige Buchen und Kiefern, ferner einjährige, zweijährige und vierjährige Fichtenzpflanzen, die der Saatschule des Hohenheimer Reviere entnommen wurden und unter gleichen Bodenverhältnissen (sandige Liasschichten) aufgewachsen waren.

Ein übersichtliches Bild über die durch die verschiedenen Pflanzen erfolgte Aufnahme von Bodenbestandtheilen geben nachstehende Tabellen¹⁾:

1000 Gramm Trockensubstanz enthielten:

Mineralstoffe	1-jährige	2-jährige	4-jährige	1-jährige	1-jährige
	Fichten			Kiefern.	Buchen
Reinasche	30,7 ²⁾	25,38	25,83	24,41	26,12
Kali	6,58	5,55	4,94	6,38	5,29
Kalk	11,04	7,31	7,91	4,50	9,04
Magnesia	1,71	1,59	1,41	1,48	1,72
Eisenoxyd	1,50	1,25	1,33	2,29	1,43
Manganoxydoxydul	0,24	0,41	0,90	0,40	0,43
Phosphorsäure	5,71	3,92	4,15	4,67	3,23
Schwefelsäure	2,37	1,45	1,56	1,68	2,06
Kieselsäure	1,54	2,96	2,82	3,02	2,09

¹⁾ Landwirthschaftliche Versuchs-Stationen. 18. Band. (Jahrg. 1875). S. 173.

²⁾ Die 1-jährigen Fichten waren nicht normal, hatten ein krankhaftes Aussehen und waren schlecht aufgegangen; es erklärt sich dadurch, warum sie den 2-jährigen Fichten gegenüber so reich an Asche und insbesondere an Kalk waren.

Der Gesamtaschengehalt der Trockensubstanz ist somit bei diesen Pflanzen ziemlich gleich und schwankt (mit Ausnahme der kränklichen einjährigen Fichtenpflanzen) zwischen 2,44 und 2,61 %.

In je 1000 Stück der verschiedenen Pflanzen waren enthalten:

Bestandtheile	1-jährige	2-jährige	4-jährige	1-jährige	1-jährige
	Fichten			Kiefern	Buchen
	G r a m m				
Trockensubstanz	102,6	471,2	4314,0	176,4	1155,0
Reinasche	3,15	11,96	111,47	4,32	30,21
Kali	0,67	2,62	21,33	1,13	6,11
Kalk	1,13	3,45	34,11	0,79	10,44
Magnesia	0,17	0,75	6,11	0,26	1,99
Eisenoxyd	0,15	0,59	5,76	0,40	1,65
Manganoxydoxydul	0,03	0,19	3,89	0,07	0,50
Phosphorsäure	0,59	1,85	17,91	0,84	3,73
Schwefelsäure	0,24	0,69	6,74	0,30	2,38
Kieselsäure	0,16	1,39	12,17	0,53	2,43

Bei mitteldichter Reihensaat standen in der Saatschule durchschnittlich auf 1 Quadratmeter 3000 Stück 1-jährige Fichten, 2500 Stück 2-jährige Fichten, 100 Stück 4-jährige Fichten (verschult), 2500 Stück 1-jährige Kiefern und 500 Stück 1-jährige Buchen.

Daraus berechnet sich, dass dem Boden jährlich pro Hektar in Kilogramm entzogen wurden:

Mineralstoffe	1-jährige	2-jährige	4-jährige	1-jährige	1-jährige
	Fichten			Kiefern	Buchen
	K i l o g r a m m m				
Kali	15,6	30,4	10,6	23,5	30,5
Kalk	33,5 ¹⁾	42,8	17,0	19,5	52,1
Magnesia	2,1	7,8	3,0	3,4	9,9
Phosphorsäure	8,0	18,3	8,9	11,1	18,7

Vergleicht man die Menge der mineralischen Nährstoffe, welche junge Waldpflanzen jährlich dem Boden pro Hektar entziehen, mit denjenigen, welche

¹⁾ Die hier berechnete Kalkmenge für 1-jährige Fichten ist aus oben erwähnter Ursache wahrscheinlich viel zu hoch und dürfte für normale Verhältnisse etwa die Hälfte betragen.

durch die Waldbäume jährlich pro Hektar aufgenommen werden (vergl. S. 116), so erhält man nachstehende Uebersichtstabelle:

Jährlicher Mineralstoffbedarf	des Buchenwaldes			der Fichtenpflanzen			des Fichtenwaldes		des Kiefernwaldes		
	1-jähr. Buchenpflanzen	zur Holz- u. Strennbildung	zur Holzproduction	1-jährigen	2-jährigen	4-jährigen	zur Holz- u. Nadelbildung	zur Holzproduction	1-jähr. Kiefern	zur Holz- u. Nadelbildung	zur Holzproduction
Kilogramm pro Hektar											
Kali	30,5	14,5	4,6	15,6	30,4	10,6	8,9	4,1	23,5	7,4	2,6
Kalk	52,1	96,3	14,4	33,5	42,8	17,0	70,0	9,1	19,5	29,0	10,0
Phosphorsäure	18,7	13,3	2,9	8,0	18,3	8,9	7,9	1,5	11,1	4,7	1,0

Diese Zahlen geben uns wenigstens annähernd ein Bild über die Grösse der durch verschiedene Culturen stattfindenden Ausfuhr an Mineralstoffen und führen zu folgenden Ergebnissen:

- a) Der jährliche Kali- und Phosphorsäurebedarf der jungen Waldpflanzen ist viel bedeutender, als der der älteren Waldbäume; entsprechend den Blattorganen nimmt auch bei den Pflanzen der Kali- und Phosphorsäurebedarf mit dem Alter ab. Buchen- und Fichtenpflanzen beanspruchen pro Hektar mehr Mineralstoffe, als Kiefernpflanzen.
- b) Der Kalkbedarf junger Waldpflanzen ist dagegen weit geringer, als jener der älteren Bäume, was mit der allgemeinen Erfahrung, dass die Pflanzen und Pflanzentheile in ihrer Jugend weniger Kalk nothwendig haben als in späteren Entwicklungsstadien, im Einklang steht.
- c) Die Mineralstoffmengen, welche die Bäume zur jährlichen Holzproduction bedürfen, sind verschwindend klein gegenüber den Ansprüchen, welche die jungen Waldpflanzen an das Nährstoffkapital des Bodens machen.
- d) Um kräftige junge Waldpflanzen zu erhalten, muss der Boden in den Saatkämpen nicht nur tüchtig bearbeitet und humusreich sein, sondern er darf auch nicht zu wenig Phosphorsäure, Kali und Kalk enthalten. Die Saatkämpen sind bald erschöpft, wenn denselben die durch die Saatschulpflanzen entführten Bodenbestandtheile nicht wieder durch Einverleibung von Dungstoffen ersetzt werden. Sollen daher in Saat und Pflanzschulen nachhaltig kräftige Pflanzen erzogen werden, so muss der Boden ähnlich wie beim landwirthschaftlichen Betrieb gedüngt werden. Enthält

die Erde die erforderliche Humusmenge, so wird kali- und phosphorsäurereicher Dünger besonders wohlthätig wirken (Holzasche, Knochenmehl zu Compostdünger gesetzt).

Vergleicht man die Bedürfnisse der jungen Waldpflanzen mit den Ansprüchen, welche die landwirthschaftlichen Culturgewächse an den Boden machen (Seite 118), so ergibt sich, dass durch einjährige Buchen- und zwei-jährige Fichtenpflanzen pro Hektar dem Boden in einem Jahre ebensoviel Kalisalze entzogen werden, als durch eine mittlere Getreideernte, ja selbst bezüglich des Phosphorsäurebedarfs stehen diese Pflanzen den Halmfrüchten wenig nach. Mit zunehmendem Alter vermindern sich aber die Ansprüche der Forstgewächse an diese beiden mineralischen Nährstoffe bedeutend.

Wenn daher verschulte, kräftig entwickelte Pflanzen später auch auf einen Boden kommen, der ärmer an Phosphaten und Kalisalzen ist, als die Erde in den Saatschulen war, so können sie sich dennoch kräftig weiter entwickeln, wenn die sonstigen Bedingungen erfüllt sind und der Boden bis zum eintretenden Schluss der Pflanzen von Unkraut möglichst rein gehalten und zeitweise gelockert wird (vergl. Seite 179 und 258).

Obleich die jungen Waldpflanzen im Verhältniss zu den älteren Waldbäumen wenig Kalk bedürfen, so entziehen die Buchenpflanzen dem Boden pro Hektar jährlich doch mehr Kalk als die meisten landwirthschaftlichen Nutzpflanzen, nur der Klee übertrifft dieselben. Die Fichtenpflanzen stehen bezüglich ihres Kalkbedarfs etwa auf gleicher Stufe mit Erbsen und Kartoffeln, während die jungen Kiefernpflanzen so geringen Anspruch an Kalk machen, dass sie nur die Halmfrüchte übertreffen.

Jährliche Mineralstoff-Ausfuhr durch den Weinbau im Vergleich zum Waldbau.

Prof. C. Neubauer in Wiesbaden hat durch Untersuchung der einzelnen Bestandtheile des Weinstockes und der daraus gewonnenen Produkte (Rebholz, Rebengipfel, Trester, Weinhefe und Wein) die nöthigen analytischen Daten geliefert, um den jährlichen Bedarf an Mineralstoffen für 1 Hektar Weinberg ermitteln zu können¹⁾.

Diesen Untersuchungen zufolge liefert 1 Hektar Weinberg mit 9600 Stücken Riesling durchschnittlich pro Jahr:

¹⁾ Biedermann's Centralblatt für Agriculturchemie, 4. Jahrgang (1875), Juliheft, S. 35.

Theile des Weinstocks und Produkte.	Kilo	Darin Mineral- stoffe Kilo	Entspre- chend Reinasche Kilo	Darin:			
				Kali	Kalk	Magne- sia	Phosphor- säure
				Kilo	Kilo	Kilo	Kilo
Holz	4238,4	71,80	53,92	18,276	16,368	3,876	7,092
Gipfeln	7944,0	118,76	90,96	36,488	23,284	9,336	10,644
Trester	2400,0	77,04	60,40	26,664	4,340	3,276	6,408
Hefe	101,6	6,36	4,84	3,412	0,412	0,040	0,372
Wein	4800,0	17,68	14,32	8,760	1,080	0,400	2,640
In Summa	—	291,64	224,44	93,600	45,484	16,928	27,156

Nach diesen Bestimmungen entzieht man mit der jährlichen Ernte pro Hektar Weinberg durchschnittlich in Summa etwa 224 Kilo Mineralstoffe und damit 94 Kilo Kali, 45 Kilo Kalk, 17 Kilo Magnesia und 27 Kilo Phosphorsäure. Diese mineralischen Nährstoffe müssen alljährlich dem Weinberge durch Düngung wieder zugeführt werden, wenn nicht mit der Zeit eine Verminderung der Erträge eintreten soll.

Vergleicht man den Mineralstoffbedarf eines Weinberges mit dem unserer Wälder (S. 116), so gelangt man zu dem interessanten Ergebnis, dass ein Buchenhochwald zur Produktion seiner gesammten organischen Substanz jährlich pro Hektar fast ebensoviel Mineralstoffe nöthig hat, als ein Weinberg von gleicher Grösse; ein wesentlicher und höchst beachtenswerther Unterschied besteht aber darin, dass der Weinstock dem Boden innerhalb eines Jahres $6\frac{1}{2}$ -mal mehr Kali und die doppelte Menge Phosphorsäure entzieht als ein Buchenhochwald, dass dagegen letzterer noch einmal soviel Kalk bedarf als der Weinstock.

Lässt man aber dem Buchenwalde die Streudecke, so beansprucht er zur Holzproduktion pro Hektar jährlich nur

- den achten Theil an Mineralstoffen,
- den neunzehnten Theil an Kali,
- den neunten Theil an Phosphorsäure,
- den dritten Theil an Kalk,

als ein Weinberg, mit anderen Worten: Die Kalimengen, welche der Weinstock pro Hektar alljährlich nöthig hat, wären für einen Buchenwald zur Holzproduktion auf 19 Jahre, die Phosphorsäuremengen auf 9 Jahre und die Kalkmengen auf 3 Jahre hinreichend.

Untersuchung jüngerer und älterer Kiefernadeln ¹⁾.

Die zur Untersuchung verwendete Kiefer steht im Hohenheimer Revier, ist etwa 17 Jahre alt und normal entwickelt. Von diesem Baume wurden am 5. Juli 1873 drei Aeste, und am 27. Oktober desselben Jahres vier Aeste abgenommen, von diesen die einjährigen, zweijährigen, dreijährigen und vierjährigen Nadeln abgepflückt, gewogen, getrocknet und eingäschert. Die Resultate der von Dr. Dulk ausgeführten Analysen sind in folgenden Tabellen enthalten:

100 Theile frische Kiefernadeln enthielten:

Bestandtheile:	Kiefernadeln vom 5. Juli von drei Aesten:				Kiefernadeln vom 27. Oktober von 4 Aesten:	
	1-jährige	2-jährige	3-jährige	4-jährige	1-jährige	2-jährige
Wasser	70,73	51,65	51,61	50,69	62,99	59,56
Trockensubstanz	29,27	48,35	48,39	49,31	37,01	40,44

1000 Grm. Trockensubstanz enthalten:

Reinasche	20,83	15,58	18,47	20,82	24,13	23,14
Kali	8,038	3,917	3,997	3,742	9,377	7,141
Kalk	2,883	4,093	5,892	7,608	3,972	5,600
Magnesia	0,765	0,966	1,788	—	1,397	1,170
Eisenoxyd	1,035	1,966	1,566	1,687	1,807	2,031
Manganoxydoxydul	1,342	1,714	1,474	2,661	1,653	2,015
Phosphorsäure	5,170	2,143	2,267	1,921	4,589	3,383
Schwefelsäure	1,349	0,819	0,762	—	1,076	0,865
Kieselsäure	0,192	0,343	0,530	1,111	0,405	0,909

100 Grm. Reinasche enthielten:

Kali	38,59	25,14	21,64	17,97	38,87	30,86
Kalk	13,84	26,27	31,90	36,54	16,46	24,19
Magnesia	3,76	6,20	9,68	—	5,79	5,05
Eisenoxyd	4,97	12,62	8,48	8,10	7,48	8,78
Manganoxydoxydul	6,44	7,15	7,98	12,78	6,85	8,71
Phosphorsäure	24,82	13,75	12,27	9,23	19,02	14,62
Schwefelsäure	6,47	5,26	4,12	—	4,46	3,76
Kieselsäure	0,92	2,20	2,87	5,33	1,68	3,93

Eine nähere Betrachtung dieser Tabellen zeigt wiederum, dass die jüngsten Nadeln am meisten Phosphorsäure, Kali und Schwefelsäure enthalten, dagegen arm sind an Kieselsäure, Kalk, Magnesia, Eisen und Mangan, und dass

¹⁾ Landwirth. Versuchsstationen. 18. Bd. 1875.

mit steigendem Alter Phosphorsäure, Kali und Schwefelsäure abnehmen, dagegen Kieselsäure, Kalk, Magnesia, Eisen und Mangan zunehmen. Es fällt jedoch auf, dass in den zweijährigen und dreijährigen noch vollständig grünen am 5. Juni abgenommenen Nadeln der Phosphorsäure- und Kaligehalt der Trockensubstanz nur sehr wenig verschieden war von den schon abgestorbenen braunen vierjährigen Nadeln.

Eine Vergleichung der hier gefundenen Aschenquantitäten mit denjenigen der Buchenblätter bestätigt wieder die von uns schon früher nachgewiesene Thatsache, dass die Nadeln gegenüber den Blättern der Laubbölzer viel ärmer an Mineralstoffen sind; es erklären sich dadurch die geringeren Ansprüche, welche die Nadelhölzer an den Boden machen.

Untersuchung der Buchenblätter in ihren verschiedenen Wachstumszeiten.

Die betreffenden Blätter sind einer Buche entnommen, welche sich im Hohenheimer botanischen Garten auf einem aufgefüllten Boden der Liasformation befindet, etwa 20 Jahre alt ist, aber im Schatten größerer Bäume steht. Die Entnahme der Blätter geschah zum ersten Male am 26. Mai 1873 und dann von Monat zu Monat bis zum 7. Novbr. 1873. Die Blätter der ersten vier Monate waren normal entwickelt; die Septemberblätter zeigten sich aber schlaff, und statt dass sie im November eine braune Farbe annahmen, begannen sie graugelb bis braun abzufallen; sie waren also nicht normal entwickelt. Zum Vergleich wurden noch von einer anderen in der Nähe befindlichen freistehenden etwa eben so alten Buche eine Probe der abgestorbenen normalen Herbstblätter von Dr. L. Dulk der Untersuchung unterworfen¹⁾. Die Analysen ergaben folgende Resultate:

100 Theile frischer Blätter enthielten:

Bestandtheile:	26. Mai	26. Juni	26. Juli	26. Aug.	26. Sept.	26. Oct.	7. Nov.	Abgestorbene Herbstblätter der selben Buche.
Wasser	79,24	65,68	64,00	62,34	63,68	62,85	66,37	—
Trockensubstanz	20,76	34,32	36,00	37,66	36,32	37,15	33,63	—

¹⁾ Landw. Versuchsstationen. 18. Bd. 1875.

1000 Theile Trockensubstanz gaben:

Bestandtheile:	26. Mai	26. Juni	26. Juli	26. Aug.	26. Sept.	26. Okt.	7. Nov.	Abgestorbene Herbstblätter der zweiten Buche
Rohfaser	—	219,3	238,2	243,0	230,2	237,7	269,1	—
Proteinkörper	—	178,6	164,9	153,2	163,2	119,4	73,3	—
Extractstoffe	—	207,3	228,3	226,9	226,3	247,8	264,3	—
Gerbsäure	—	11,64	18,04	23,95	29,3	23,02	35,76	—
In Wasser lösliche Salze .	—	34,80	38,8	40,65	51,7	46,41	43,4	—
Reinasche	46,80	39,51	47,80	55,2	55,8	59,09	63,88	57,9
Kali	15,17	12,07	11,62	13,66	13,82	14,55	13,16	10,00
Kalk	12,47	11,97	15,92	17,33	17,83	18,38	22,20	23,58
Magnesia	3,11	2,74	3,61	3,17	2,77	2,76	2,83	1,91
Eisenoxyd	0,84	0,58	0,74	0,62	0,77	0,79	0,72	0,92
Manganoxydoxydul	0,46	0,62	0,81	0,81	0,83	0,51	0,46	0,49
Phosphorsäure	9,66	4,62	5,32	6,05	6,30	8,17	7,73	4,39
Schwefelsäure	3,32	2,35	1,78	1,93	1,72	1,42	1,41	1,02
Kieselsäure	2,53	4,51	8,31	11,60	12,15	11,90	15,08	15,65

100 Theile Reinasche gaben:

Kali	32,41	30,56	24,27	24,75	24,76	35,14	20,61	17,35
Kalk	26,55	30,30	33,28	31,39	31,29	31,10	34,76	40,91
Magnesia	6,64	6,95	7,55	5,72	4,96	4,68	4,44	3,31
Eisenoxyd	1,80	1,48	1,54	1,12	1,38	1,33	1,13	1,59
Manganoxydoxydul	0,98	1,57	1,70	1,47	1,48	0,86	0,73	0,84
Phosphorsäure	20,65	11,71	11,13	10,96	11,28	13,83	12,10	7,61
Schwefelsäure	7,09	5,94	3,72	3,50	3,08	2,40	2,21	1,77
Kieselsäure	5,40	11,41	17,37	21,02	21,76	20,12	23,61	27,15

1000 Stück frischer Buchenblätter enthielten in Gramm:

Bestandtheile	26. Mai.	26. Juni	26. Juli	26. Aug.	26. Sept.	26. Okt.	7. Nov.
Trockensubstanz	33,95	49,13	55,15	63,98	50,67	54,02	42,46
Rohfaser	—	10,77	13,14	15,54	11,66	12,84	11,42
Proteinkörper	—	8,77	9,09	9,80	8,27	6,45	3,11
Extractivstoffe	—	10,18	12,59	14,52	11,47	13,39	11,22
Gerbsäure	—	0,57	1,00	1,53	1,48	1,51	1,52
Reinasche	1,61	1,94	2,65	3,53	2,85	3,17	2,70
Kali	0,51	0,59	0,64	0,87	0,70	0,80	0,56
Kalk	0,42	0,59	0,87	1,11	0,90	0,99	0,94
Magnesia	0,10	0,13	0,20	0,20	0,14	0,15	0,12
Eisenoxyd	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
Manganoxydoxydul	0,01	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02
Phosphorsäure	0,33	0,23	0,29	0,39	0,32	0,44	0,33
Schwefelsäure	0,11	0,11	0,10	0,12	0,09	0,08	0,06
Kieselsäure	0,09	0,22	0,46	0,74	0,61	0,64	0,64

Der Wassergehalt der frischen Buchenblätter war demnach im Mai kurz nach ihrer Entwicklung am grössten, er verminderte sich bedeutend (um 13 %) bis Ende Juni, schwankte dann bis Ende Oktober unbedeutend, stieg aber wieder im November. Am ärmsten an Trockensubstanz waren die Blätter im Mai, sie vermehrte sich aber bedeutend bis Ende Juni, steigerte sich noch bis Ende August, wo sie ihr Maximum erreichte, blieb im September und Oktober ziemlich constant, verminderte sich aber wieder beträchtlich im November vor dem Abfall der Blätter.

Die Tabelle, welche die Zusammensetzung der Aschen angiebt, zeigt uns, dass der Kieselsäuregehalt bis zum August stetig bedeutend zunahm; dasselbe gilt in den drei ersten Monaten für Kalk und Magnesia. Von August an schwankte der Kieselsäuregehalt innerhalb geringer Grenzen, nahm zu Ende der Vegetationszeit wieder zu und erreichte sein Maximum in den abgefallenen November-Blättern; dasselbe finden wir für Kalk; die Magnesia nahm von Ende Juli bis zum November stetig ab. Der Schwefelsäuregehalt der Asche fällt langsam und regelmässig mit steigendem Alter der Blätter; die Phosphorsäure verminderte sich vom Mai bis Ende Juni fast um die Hälfte und veränderte sich dann nur noch innerhalb geringer Grenzen bis zum November. Der Kaligehalt nahm vom Mai bis zum Juli ab, blieb hierauf ziemlich konstant, steigerte sich im Oktober, verminderte sich aber wieder im November und erreichte vor dem Abfall der Blätter sein Minimum.

Einen ähnlichen Gang der Mineralstoffe finden wir auch bei den von Rissmüller untersuchten Aschen (Seite 19); beide Analysen weichen aber bezüglich des Kali- und Phosphorsäuregehaltes insofern wesentlich von einander ab, als in der Asche der Münchener Buchenblätter diese beiden Mineralstoffe vom Juni bis zum Laubabfall beständig und regelmässig abnahmen und in den abgestorbenen Blättern in viel geringeren Mengen vorhanden waren als in der hier untersuchten Blätterasche. Diese grosse Verschiedenheit lässt sich weder allein durch die Bodenbeschaffenheit noch durch die Witterungsverhältnisse erklären, sondern steht höchst wahrscheinlich mit dem mangelhaften Vegetationsgang der Hohenheimer Buche in Zusammenhang, welche durch die Beschattung des Baumes herbeigeführt wurde. Zu diesem Schluss ist man um so mehr berechtigt, als die abgestorbenen November-Blätter einer zweiten Buche, welche auf demselben Boden stand, aber dem Lichte vollständig ausgesetzt war, viel weniger Kali und Phosphorsäure enthielten, als das Laub der beschatteten Buche.

Der Stickstoffgehalt der Blätter oder die Menge der Proteinstoffe verminderte sich in der Trockensubstanz vom Juni an fortwährend bis zum Abfall

derselben im November; nur im September fand nochmals eine Steigerung, von da an aber wieder eine beträchtliche Abnahme statt.

Aus diesen Untersuchungen und aus den früher mitgetheilten analytischen Resultaten dürfte sich im Allgemeinen schliessen lassen, dass, abgesehen von dem ersten Monat (Juni), in welchem der grösste Zuwachs an organischer Substanz und eine starke Verminderung der ursprünglichen Phosphorsäure und des Kali stattfindet, die Buchenblätter noch an Gewicht zunehmen bis zum Juli oder August, je nachdem der Standort des Baumes und die Witterungsverhältnisse eine schnellere und vollkommene, oder eine langsamere Entwicklung derselben bedingen; dass dabei eine Vermehrung eintritt: der Rohfaser (Cellulose), der stickstofffreien Extraktivstoffe, in geringerem Maasse der Proteinkörper und sämtlicher Aschenbestandtheile. Von diesem Zeitpunkt ab verlieren die Blätter im Allgemeinen an Gewicht, indem der Stickstoff- oder Proteinstoffgehalt, die löslichen Kohlenhydrate, ferner die Phosphorsäure und das Kali bis zum Blattabfall sich vermindern, während dafür der Kalk- und Kieselsäuregehalt zunimmt. Bei trockenem und warmem Wetter scheinen sich jedoch innerhalb gewisser Grenzen die Phosphorsäure mit den übrigen Mineralstoffen, ebenso die Rohfaser und einige stickstofffreie Extraktivstoffe wieder vermehren zu können.

Analysen einiger Waldstreu- proben.

Von der württembergischen forstl. Versuchstation zu Hohenheim wurden kürzlich einige Analysen verschiedener Waldstreu-
proben ver-

öffentlicht¹⁾, die hier kurz zusammengestellt sind:

100 Gramm Reinasche ergaben:

Mineralstoffe	I.	II.	III.	IV.	V.
	Buchenlaubstreu			Eichen- laubstreu	Moos
Kali	2,436	1,476	5,16	5,74	8,47
Natron	0,316	0,164	1,73	3,83	2,81
Kalk	35,120	45,301	37,50	35,42	24,94
Magnesia	3,813	3,364	4,87	4,74	3,31
Eisenoxyd	10,510	3,262	1,37	2,55	1,09
Manganoxydoxydul	6,323	5,843	4,87	3,83	4,23
Phosphorsäure	2,456	2,277	2,75	3,83	6,11
Schwefelsäure	2,215	2,185	2,75	2,23	5,63
Kieselsäure	36,668	35,710	41,74	42,00	44,39

¹⁾ Landw. Versuchsstat. XVIII. Bd. Jahrg. 1875. S. 204.

No. I. ist Buchenlaubstreu, welche von einer Fläche, die im Jahre 1872 berecht worden war, im Juli 1873 gesammelt wurde, somit als einjährig anzusehen ist; sie betrug, an der Sonne getrocknet (mit 12,14 % Wasser) pro Hektar 3266 Kilogramm. Zur Analyse wurden daraus Blätter ausgesucht, welche von brauner Farbe und noch vollständig erhalten waren.

No. II., gesammelt im Juli 1873, stammte von einer Fläche, welche seit 1869 geschont worden war. Von dieser Probe wurden zur Analyse Blattreste verwendet, welche von weisser Farbe und durchscheinend waren und als die ältesten Theile der 3-jährigen Laubstreu angesehen werden konnten.

Die Proben III., IV. und V. stammen von einem Orte, wo seit vielen Jahren nicht mehr Streu gereicht worden ist. Die Analysen dieser 3 Proben wurden von Hrn. Gantter ausgeführt.

Die Zusammensetzung der Trockensubstanz der Proben I. und II. war folgende:

1000 Gramm Trockensubstanz enthielten:

	I.	II.
Kali	1,268	0,909
Natron	0,164	0,101
Kalk	18,280	27,900
Magnesia	1,984	2,072
Eisenoxyd	5,469	2,009
Manganoxydoxydul	3,290	3,598
Phosphorsäure	1,278	1,403
Schwefelsäure	1,153	1,345
Kieselsäure	19,080	21,988

Die Aschen der ein- und dreijährigen Laubstreu (No. I. u. II.) weichen bezüglich des Phosphorsäuregehaltes nicht wesentlich von einander ab, dagegen war in der 3-jährigen schon ein Theil Kali ausgewaschen. Vergleicht man aber die hier gefundene Zusammensetzung der Trockensubstanz in Probe I. u. II. mit derjenigen der noch am Baume befindlichen abgestorbenen Buchenblätter aus dem botanischen Garten in Hohenheim (Seite 295), so fällt der geringe Phosphorsäure- und Kaligehalt der älteren Buchenlaubstreu gegenüber der frischabgefallenen Laubstreu besonders auf. Die Ursache dieser bedeutenden Differenz haben wir jedenfalls in den verschiedenen Standorts- und Witterungsverhältnissen zu suchen, denn aus unseren mitgetheilten umfangreichen

Untersuchungen geht hervor, wie verschieden die Zusammensetzung des herbstlichen Laubes nach Boden, Lage, Klima sein kann. Keineswegs dürfen wir aus der verschiedenen Zusammensetzung der Aschen den Schluss ziehen, dass der grössere Theil des Kalis und der Phosphorsäure schon während des Winters durch Auswaschen entfernt worden sei; denn wie es scheint findet die Auslaugung der Streudecke durch Wasser viel langsamer statt (Siehe Seite 226).

Kohlensäuregehalt der Bodenluft (ad Seite 243).

Zu den Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Grundluft, welche seit einigen Jahren systematisch in München von Hrn. Obermedizinalrath v. Pettenkofer und in Dresden von Hrn. Hofrath Fleck ausgeführt werden, hat sich in jüngster Zeit eine neue angereiht, die in Klausenburg von Hrn. J. v. Fodor seit nicht ganz einem Jahr an 4 verschiedenen Stationen angestellt wurde¹⁾. Dieselben führten zu folgenden bemerkenswerthen Resultaten:

Zunächst ist nachgewiesen, dass die Zusammensetzung der Bodenluft an verschiedenen Orten eine sehr verschiedene sein kann. In Klausenburg z. B. ist in 4 Meter Tiefe die Bodenluft weit kohlensäurereicher, als in Dresden und in München; in 1000 Theilen trifft man dort im Durchschnitt 107,5 Theile Kohlensäure, während in Dresden nur die Hälfte und in München nur der vierte Theil der Kohlensäure in gleicher Tiefe angetroffen wurde. Aber auch an den verschiedenen Stationen einer und derselben Stadt zeigten sich bedeutende Verschiedenheiten des Kohlensäuregehaltes. Nur das eine Resultat war allen Messungen gemeinsam, dass mit wenigen Ausnahmen die Kohlensäuremenge der Bodenluft mit der Tiefe zunimmt.

Obgleich die Kohlensäure im Boden durch Oxydation der organischen Stoffe gebildet wird, so zeigte gleichwohl die Vergleichung des Kohlensäuregehaltes an den einzelnen Stationen mit der Zusammensetzung des Bodens, dass der Kohlensäuregehalt der Bodenluft nicht immer proportional ist dem Gehalt des Bodens an organischen Stoffen, sondern dass darauf auch die Permeabilität oder Durchlässigkeit und die Temperatur des Bodens grossen Einfluss haben. Dichter und schwererer Boden hatte eine kohlensäurereichere Luft, als lockerer Boden. Ausserdem fand Fodor, dass in ein und derselben Tiefe und an ein und demselben Orte der Kohlensäuregehalt der Bodenluft

¹⁾ Naturforscher. VIII. Jahrgang (1875). S. 225.

oft schon in kurzen Intervallen sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen ist. Ein Vergleich mit meteorologischen Erscheinungen führte zu dem Ergebniss, dass der Luftdruck und die Richtung des Windes dabei eine wichtige Rolle spielen; das Fallen des Barometers war gewöhnlich von einer Vermehrung, das Steigen desselben von einer Verminderung des Kohlensäuregehaltes begleitet. Der Beobachter erklärt dies dadurch, dass beim Fallen des Barometers, also bei der Abnahme des Luftdruckes aus den tieferen Bodenschichten kohlenstoffreichere Luftmassen in die oberen Schichten des Bodens aufsteigen, während beim Steigen des Barometers, oder bei der Zunahme des Luftdrucks sich die Bodenluft nach unten bewege und kohlenstoffärmere Luft von den oberen in die tieferen Schichten gelange. Ferner steigerte sich nach Fodor der Kohlensäuregehalt, wenn die Winde durch ihre Richtung aspirierend auf die Bodenluft wirkten, während in den Fällen, wo der Wind auf den Boden einen Druck ausübte, die Kohlensäure der Bodenluft abnahm.

Um zu prüfen, ob die Bodenluft bei ihren Schwankungen auch an die Oberfläche des Bodens steige, hat Fodor eine Reihe von Kohlensäuremessungen der atmosphärischen Luft in 2 Meter Höhe und 2 Centimeter über dem Boden ausgeführt und gefunden, dass die Menge der Kohlensäure der freien Luft in 2 Meter Höhe ziemlich konstant war und im Durchschnitt 0,038 % betrug, während die Luft unmittelbar über dem Boden einen viel grösseren und sehr schwankenden Gehalt an Kohlensäure zeigte; namentlich waren sehr deutliche Unterschiede zwischen Tag und Nacht zu erkennen: des Nachts war die Kohlensäure viel reichlicher vorhanden, als am Tage. Dies spricht dafür, dass die Luft des Bodens mit ihrer Kohlensäure an die Oberfläche dringt und so der Atmosphäre dieselbe zuführt. Herr v. Fodor vermuthet, dass dies sogar die hauptsächlichste Quelle der atmosphärischen Kohlensäure sei.

In forstlicher Beziehung haben diese Beobachtungen deshalb Interesse, weil daraus hervorgeht, dass humusreicher Waldboden jedenfalls viel Kohlensäuregas an die Waldluft abgibt, und dass unter sonst gleichen Verhältnissen thonreicher, bindender Boden kohlenstoffreicher sein muss, als lockerer Sandboden. Auch lässt sich aus diesen Beobachtungen der Schluss ziehen, dass sehr licht gestellter Boden weit mehr Kohlensäure durch Verflüchtigung verlieren muss, als beschatteter Waldboden, weil durch den freieren Zutritt der Sonne und des Windes eine stärkere Aspiration der Bodenluft herbeigeführt wird. —

Anhang.

Tabelle I.

Beschreibung der Streuversuchsflächen

in den

Staatsforsten Bayerns.

Beschreibung der Streuversuchsfächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera).	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchsfächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
Unkenthal XLIII. 2. a.	730	Nordwestliches Gehänge.	Fast gleichmässig unter 11° Neigungswinkel verlaufend.	Untere Partie eines vorspringenden Bergrückens, gegen Osten und Nord geschützt.	Etwa 75 Mtr. über dem Unkenbache, der in tief eingeschnittenem Thale v. SW. nach NO. verläuft. Ringsum Wald.	Oberer Lias der Alpen (Allgäu-Schichten).	Kreis Thonmergel mit kleinem Kalkgerölle
Saalachthal XXIII. 8. c.	1110	Nördliches Gehänge.	Breiter Berg Rücken mit 16° Neigungswinkel, von muldenförmigen Einsenkungen durchzogen.	Die Versuchsfächen liegen am unteren Theil des vom Hochkranz z. Weissbach abdachenden Gebirgsstocks, gegen N. und O geschützt.	Seitenthal des Weissbachs von hohen Gebirgen umschlossen; Umgebung: Waldungen.	Oberer Lias der Alpen (Allgäu-Schichten).	Thonmergel mit Sand und kleinen Kalksteinchen
Königssee XVI. 1. b.	1110	Nordwestliches Gehänge.	6 bis 10°, unterhalb der Versuchsfächestärker.	Die Versuchsfächen liegen unmittelbar unter dem Alpengürtel d. Jä n n e r s.	Oberhalb Alpenland, ringsum Waldung mit Ausnahme der westlich thalabwärts liegenden Felswände.	Obere Jura-Kalkschiefer der Alpen. Aptychen u. Hornstein führende schräge Schichten, tief zerklüftet.	Kalkboden mit Mergelbeimischung. Verwitterungsboden
Ramsau XLIII. 3. a.	750	Nördl. sanfte Abdachung	8 bis 10°	Fortlaufendes Gehänge der 1950 M. hohen Schärten spitze, unterer Theil desselben ca. 75 M. über d. Thalsohle; gegen Norden frei, nach allen andern Richtungen geschützt.	In 1stündiger Entfernung vom Hintersee, von allen Seiten mit Wald umgeben.	Die Schärten spitze besteht in den oberen Partien aus Keuperkalk („Dachsteinkalk“), in d. untern Theil, wo die Versuchstationen liegen, Oberer Lias d. Alpen.	Lehmiger Kalkboden, steinig; theils durch Verwitterung der Kalk- u. Nagelfluhe-Felsen entstanden, theils von den höheren Gebirgslagen herabgeschwemmt.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand					
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Hu- musschichte, b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestand-salter		Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar		Jahrl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen).
	Jahre					Cubikmeter.				
Ober-Bayern.										
Moosdecke v. 8—9 Cmtr. Dicke, m. ein- zelnen Kalkfel- sen überwor- fen, ohne Forstunkräu- ter.	a. und b. zusammen 0,25 Meter c. 0,60 bis 0,80 Meter.	frisch	mässig fest	Bindiger Mer- gel mit Kalk- stücken von circa 2 Mtr. Tiefgründig- keit.	Fichten und Tannen in gleicher Mi- schung.	105	A *) B	579 562	} 5,44	
Moosdecke (Hypnum-Arten) bis 9 Ctm. dick, theil- weise Farren- kräuter.	a. u. b. 0,20 M. c. durchschn. 0,90—1,00 M.	frisch	mittel- mässig fest.	Mergel mit Kalkstein- geröll; sehr tiefgründig.	Fichten, rein v. vollkomm- nem Schluss und gutem Wuchs.	70	A B C	530 605 586	} 8,20	
Moosdecke 4—6 Ctm. dick, wenig Steine an der Oberfläche.	a. u. b. 0,05 c. sehr wech- selnd je nach der Zerkluf- tung des Un- tergrundes.	frisch	locker	Felsen von verschiede- nem Grad der Verwitterung.	Fichten-Mit- telholz, gut geschlossen u. wüchsig.	68	A B C	566 642 645	} 9,09	
Moosüberzug (Hypnum-Arten) mit einzelmem Graswuchs, die Oberfläche vielfach mit Kalksteinen bedeckt.	a. 0,08 bis 0,14 b. 0,40 im All- gemeinen sehr humus- reich. c. 1,25 bis 1,75 Lehm mit Steinen.	frisch	mässig fest	Kalk- und Na- gelfluhe-Fel- sen, theils als anstehendes Gestein, theils als Geschiebe u. Geröll.	Fichten mit einzelnen Tannen, Schluss und Wuchs gut.	105	A B C	679 751 733	} 6,86	

*) A bezeichnet die Versuchsfläche für jährliche Berechnung, B für 3-jährigen Turnus, C für 6-jährigen, D für 12-jährigen Turnus, eventuell die Vergleichsfläche. Die Grösse der einzelnen Versuchsflächen beträgt in der Regel 1 bayr. Tagwerk = 0,34072 Hectar.

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abthei- lung u. Litera.)	Meereshöhe. Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheilen.
Bischofswies LIX. 2. b.	680	Nord- östliche Thal- öffnung.	Eben.	Terrasse am Eingang eines engen zwi- schen Un- tersberg und Latten- berg sich abwärts zie- henden Thal- einschnittes.	Von Ost und West durch steile Gebirgshängen begrenzt; von allen Seiten mit Wald umgeben.	Unterer Keu- perkalk (Hall- stätter Schichten), welcher stre- ckenweis v. Unterm Mu- schelkeuper und Keuper- dolomit über- lagert ist.	Lehmiger Kalkboden durch Ver- witterung der Kalkfelsen u. Ansammlung von Humus zwischen den Felsenriffen entstanden.
Schellenberg X. 4. a.	750	NNW.	Ziemlich steiles Ge- hänge von 22° Neigung.	Mittlere Partie eines Bergabhanges im Vorge- birge.	Rings von Waldungen umgeben: in der Entfer- nung von 150 M. ist eine Schlag- fläche.	Oberer Jura- gebilde der Alpen; Aptychen- u. Hornstein führende Kalkschich- ten.	Kalkhaltiger humoser Lehmboden, etwas steinig.
Marquart- stein VIII. 5. c.	630	Nördl. Ab- dachung des Ge- birges gegen die bay. Hoch- ebene.	Ziemlich steiles Ge- hänge von 30° Neigung.	Untere Par- tie eines von Ost nach West verlau- fenden Ge- hanges der Vorberge.	Gegen O., S. u. W. mit dem Gebirge zu- sammenhän- gend nörd- lich gegen die Wiesen und Filze der Ebene an- grenzend. Nächste Um- gebung rings- um Wald.	Oberer Lias der Alpen (Allgäu- Schichten), stellenweise auch Schich- ten des un- teren Lias anstehend.	Lehmboden mit Ueber- gängen in Thonboden, wenig steinig und sehr humos.
Valepp XII. 5. a.	1040	Südl. Ab- dachung in ge- schütz- ter Lage.	25°	Gehänge des „Duschber- ges“ gegen die Tyroler Grenze hin, im Südosten vom Kreuz- berg geschützt	Umgebung ringsum Wald von gleicher Be- schaffenheit, wie die Ver- suchsflächen.	Hauptdolo- mit des Keupers.	Dolomit- boden durch Verwitterung der anstehen- den Felsart entstanden.

in den Staatsforsten Bayerns.

Boden				Holzbestand					
Bekleidung der Boden-Oberfläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums. Meter.	Feuchtigkeitsgrad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungsverhältniss.	Durchschnitt. Bestandalter.	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar.		Jahrl. Durchschnittszuwachs pro Hectar (excl. Zwischennutzungen.)
	Jahre					Cubikmeter.			
Moosdecke Raum-Arten von 3 bis Ctm. Dicke.	a. 0,06 bis 0,09. b. 0,24 bis 0,30. c. 0,45 bis 0,60.	frisch	mässig fest.	Kalkfelstrümmner und Geschiebe, welches vom Untersberg herabgestürzt ist, von unbekannter Tiefe.	Fichten und Tannen in ziemlich gleicher Mischung gut geschlossen.	34	A 156 B 156	} 4,59	
Nadeln und Tanne.	a. 0,12. b. 0,12. c. 0,36.	frisch	etwas bindend	Letten mit grobkörnigem Sand u. Gries von 0,36 M. Tiefe.	Fichten mit untergeordnet beigemischten Tannen.	120	A 716 B 802 C 740	} 6,27	
Moosdecke 0,05 M. dicke, nur spärliches Moos	a. u. b. 0,15. c. 0,45	frisch	größtentheils mässig fest, nur stellenweise sehr bindend	Bis auf 3,5 M. ein röthlich gefärbter thoniger Lehmboden.	Fichten mit wenigen Tannen.	58	A 542 B 499	} 8,96	
Nadeln, Laub Moos, Reisig verwandeltes Holz; mit Steinen überworfen.	a. u. b. 0,04 bis 0,10. c. 0,18.	frisch	locker.	Geröll und Gesteinstrümmner von herabgestürztem Gebirgsschutt in ziemlicher Mächtigkeit.	Fichten und Buchen in fast gleicher Mischung mit Tannen, Ahorn und Ulmen durchstellt.	75 bis 120 Wittel 97	A 402 B 431 C 479 D 544 E 542	} 4,95	

Beschreibung der Streuversuchsfächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Littera.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchsfächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheilen.
Schliersee VIII. 2. a	780	Sanfte nord- westl. Abda- chung.	4° •	Thalsole eines ziemlich engen von W. nach O. zie- henden Tha- les am Fuss d. „Hagenber- ges“ u. $\frac{1}{4}$ St. vom Schlier- see entfernt.	Ringsum Wald, auf der NW-Seite ein mit Leg- föhren be- wachsener Fitz.	Alluvial- Bildungen, Anschwen- nungen aus dem Gebiete des „Keuper- dolomits“.	Kalkmergel- boden theils ange- schwemmt, theils durch Verwitterung des unterlie- genden Ger- ölls entstan- den.
Riss IV. 4. a.	788	Nördl. vom Gram- mers- berg liegende Fläche.	eben.	Thalebene der sog. Gram- mersau, ge- gen S. u. O. von Bergen geschützt, ge- gen W. an den Rissbach angrenzend.	Auf allen Seiten von geschlosse- nen Waldun- gen umgeben.	Quartäre Bildungen: Anschwen- nungen aus dem Gebiete des „Keuper- dolomites“.	Kalk- u. Do- lomitboden durch Verwitterung des Kalkge- rölls ent- standen.
Walchensee IV. 8. a.	900	Nördl. sanft ab- dachend	5°	Ebene am Fuss des At- lachberges, Thalöffnung gegen den eine Viertel- stunde ent- fernten Walchensee.	Gegen S. u. W. vom Ge- birge ge- schützt. Auf der Nordseite vom geschlos- senen Holz- bestande ge- deckt. In den Untergrund kommt Was- ser des Wal- chensees durch Capillari- tät.	do., in einiger Tiefe steht aber Keuper- dolomit als Grundgestein an.	Kalk- und Dolomit- boden.
Jachenau VII. 1.	970	Nord- westl. Abda- chung.	Durchschnitt- lich 5°, aber in oberen Theile steiler.	Abhang im zusammenhängen- den Gebirge, am Fuss einer steilen ca. 120 M. ansteigen- den Felswand. Unterhalb d. Versuchsfä- chen ist die Sohle des Jachenauer Thales.	Nach allen Richtungen durch vorlie- gendes Ge- birge geschützter Wald.	Verwitte- rungsboden des Keuper- dolomits.	Sehr steiniger Dolomit- boden. •

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums. Meter.	Feuchtigkeitsgrad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältnisse.	Durchschnittl. Bestandsalter Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar		Jährl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen)
	Cubikmeter.								
Moosdecke (Hypnum- Arten) von 0,06 M. Mächtigkeit.	a. 7 mm. b. 0,15 M. c. mit Kies gemengte Bodenkrume 0,45 M.	frisch	Die obere Erd- schichte ziemlich locker, unter- halb fester Boden.	Kiesabla- gerungen von grosser Mäch- tigkeit, gröss- tentheils aus Kalkstein- chen be- stehend.	Fichten mit Tannen, erstere 80 % der Mischung, ziemlich voll- kommen ge- schlossen und wüchsig.	60	A 368 B 439 C 425 D 386 E 408	6,75	
Moosdecke.	a. u. b. 0,05 M. c. 0,18 bis 0,24 M.	frisch	locker	Kieslager von bedeutender Mächtigkeit, aus Kalkstein- en u. Dolo- mit be- stehend.	Fichten mit ca. 6 % Buchen und Ahorn.	45	A 627 B 631 C 698 D 666 E 490	9,57	
Moosdecke von 3—4 Ctm. Dicke.	a. 0,15 M. b. 0,09 „ c. feinkörniger Kalksand mit schwachen Lett- schichten von ca. 1 M. Tiefe.	frisch	mässig fest	Unter der 1 M. tiefen Kalksand- schichte folgen Verwitterungs- Produkte des Keuper- dolomits.	Fichten mit einigen Tannen.	48	A 392 B 563 C 567 D 453 E 516	9,96	
Moosdecke von 3—6 Ctm. Dicke, auf der Oberfläche stark mit Steinen über- worfen.	a. u. b. in den tiefer liegen- den Theilen der Fläche 0,30—0,35 M. tief, gegen den Berghang seichter. c. Kalkmergel mit kleinen Gesteinstrümmern von wechseln- der Tiefe ($\frac{1}{2}$ bis 1 $\frac{1}{2}$ M.)	frisch gegen die Thal- sohle feucht.	locker.	Gebirgs- schutt von wechselnder Tiefe, jenach- dem die schräg ge- schichteten Felsen des Grundgebirges zu Tage treten.	Fichten mit wenig Tannen und Buchen.	118 bis 130. Mittel 124	A 849 B 891 C 856	6,97	

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe. Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheilen.
Krün XX. a. b.	893	Thal- Ebene in ge- schütz- ter Lage.	Fast eben.	Rings von Bergen ein- geschlossenes Thal.	Gegen O. S. u. W. Wald- ung, auf der Nordseite trockene Wiesen.	Quartäre Bildungen: Hochgebirgs- schotter aus den Ge- bieten des Muschel- kalks und Keuperdolo- mits.	Kalkboden mit Kies und Gerölle von Kalk und Do- lomit unter- mischt.
Parten- kirchen VIII. 2. b.	935	Nördl. Abdachung	30°	Die Ver- suchsfläche liegt im zu- sammenhän- genden Ge- birge im Ge- hänge eines gegen NO. ab- fallenden Grabens.	Von allen Seiten Wald, daher gegen Winde ge- schützte Lage.	Verwitte- rungsboden des Oberen Muschel- keupers (Kössner Schichten.)	sehr steinig Kalkboden
Ober- ammergau V. 2. a.	935	Nord- westl.	Nahezu eben, nur 2° Nei- gung.	Ebene zwischen d. Grauwang- und Elmau- Thale, nur etwa 10 Mtr. über d. Thal- sohle u. sehr mässig an- steigend.	Rings vom Gebirge um- gebene Wald- parzelle von 136 Hektar in geschütz- ter Lage.	Diluvial-Bil- dungen.	Lehmiger Kiesboden
Ottobeuron III. 5. b.	706	NNW.	8°	Südöstliche sanfte Abdachung eines i. Hügellande liegenden von SW. nach NO. ziehenden Höhen- rückens.	Rings vom Wald um- geben und gegen Winde geschützt.	Tertiär-Bil- dungen:	Kreis Sandiger Lehmboden.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandsalter.	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar.		Jährl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Jahre					Cubikmeter.			
Moosdecke von 3 bis 9 Ctm. Dicke, stellenweise Gras- überzug.	a. 0,03. b. 0,18. c. 0,45.	trocken.	mässig fest.	durchschnitt- lich 0,45 M. tiefe Schich- ten von Kalk- geröll.	Fichten mit wenig Tan- nen und Ahornen.	34	A 79 B 76	} 2,26	
Moosdecke von 9 Ctm. Tiefe.	a. 0,06. b. 0,18. c. 0,45.	frisch	mässig fest.	Unter dem Wurzel- bodenraum ein mehr od. weniger ver- witterter Kalkfels.	Fichten von gutem Schluss und Wuchs.	40	A 182 B 220	} 5,02	
Moosdecke von 8 bis 11 Ctm. Dicke.	a. u. b. 0,12 bis 0,15 M. c. 0,25.	frisch	mässig fest.	Kies- ablagerungen von bede- utender Mäch- tigkeit.	Fichten mit einzelnen Tannen.	105	A 681 B 638 C 681	} 6,34	
Moosdecke von 5 Ctm. Dicke.	a. 0,06. b. 0,06. c. 0,60.	frisch	mässig fest	Unter d. Wur- zelboden- raum 0,18 M. sandig. Lehm, hierauf 0,30 M. roth. Sand, hierauf eine mächtigere Thonschichte (Tertiär-Thon).	Fichten, rein, von vollkomme- nem Schluss und gutem Wuchs.	73	A 426 B 464 C 433	} 6,01	

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
Ottobeuren V. c.	715	WNW.	Beinahe eben.	Gegen W. mässig abfallende Hänge am Auslaufe eines im Hügellande von SW. nach NO. ziehenden Höhenrückens.	Die Versuchflächen sind ganz vom Wald umgeben, ausserdem gegen Süden durch eine steile bewaldete Höhe geschützt.	Tertiär-Bildungen.	Sandiger Lehmboden.
Kirchdorf I. 7. b.	584	eben.	do.	Flachland, Theil der bayerischen Hochebene zwischen Alpen und Donau.	Ringsum von geschlossenen Beständen geschützt.	do.	Sandiger Lehmboden ohne Stein.
Tussenhausen II. 7. a.	670	Hochebene nach keiner Seite geneigt.	do.	Flacher Hochrücken eines von SO. nach NW. ziehenden Höhenzuges.	Rings von Wald umgeben, meist Mittelhölzern von gutem Schluss. In der Entfernung von $\frac{3}{4}$ Stunden ein grösseres Torfmoor.	Diluvialbildungen.	Sandiger Lehmboden.
Bayersried VI. 3. c.	760	SSW.	Fast ganz eben, 1° bis 3°.	Ebene auf einem von Süd nach Nord sich hinziehenden Höhenrücken im Hügellande.	Rings von gleichalterigen Beständen umgeben.	Diluvialboden.	Sandiger Lehmboden mit Flügel Quarzstück gemengt.
Bayersried VI. 1. e. und VI. 5. b.	Diese beiden Versuchflächen haben ganz gleiche Lage und Bodenbeschaffenheit verschiedenen Altersklassen an.						

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Hu- musschichte, b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnitt, Bestandsalter	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar		Jährl. Durchschnitte- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Jahre					Cubikmeter.			
Moosdecke von 5 Ctm. Dicke.	a. 0,09. b. 0,12. c. 0,70.	frisch	mässig fest.	Unter dem Wurzel- bodenraum 0,18 M. san- diger Lehm, dann 0,24 M. Lehm, unter diesem Thon- lager.	Fichten, rein, gut ge- schlossen und wüchsig.	106	A B C	824 821 824	7,76
Moosdecke, 12 bis 15 Ctm. dick, nur sel- ten Gras.	a. u. b. 0,08 bis 0,12. c. 0,60 bis 1.	do.	bindig.	Schwerer Thonboden in grösserer Mächtigkeit.	Fichten mit einzelnen Tannen.	75	A B C D E	526 542 577 621 550	7,51
Moosdecke von 6 bis 10 Ctm. Dicke u. einzelnes Buchenlaub.	a. 0,08 bis 0,05. b. 0,15 bis 0,24. c. 0,60.	do.	mässig fest.	ca. 1 M. tiefe Schichte san- digen Lehms, darunter eine tiefe Thon- schichte.	Fichten mit einzelnen Buchen und Birken	59	A B C D E	427 460 487 377 478	7,56
Moosdecke von 3 bis 7 Ctm. Dicke, stellenweise mit Sauer- klee (Oxalis acetosella).	a. 0,02 bis 0,05. b. 0,06. c. 0,75 bis 1,00.	do.	do.	Thonlager von 0,45 M. Tiefe.	Fichten, rein, von voll- kommenem Schluss und gutem Wuchs.	94	A	645	6,86
wie vorstehende, nur die Holzbestände gehören					in 1. e. Fichten.	70	A	457	6,53
					in 5. b. Fichten.	40	A	320	8,00

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe. Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abartung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
Hohenau XXXVI. 2. a.	810	Nördl.	Gleichmässig unter $7\frac{1}{2}^{\circ}$ geneigt.	Im zusammenhängenden Gebirge des bayer. Waldes auf einem vom „Lusen“ auslaufenden Höhenrücken.	Gegen O. u. S. aus sumpfigen Plätzen („Auen“) und Junghölzern bestehend; nach den übrigen Richtungen haubare Bestände, welche die N.- und W.-Winde abhalten.	Stockgranit, aus welchem die ganze Lusen-Gruppe besteht; meist grobkörniger Granit mit grossen Feldspathkrystallen u. kleinen Glimmerblättchen.	Kreis Humusreicher sandiger Lehmboden, Verwitterungs-Produkt des Granits.
Finsterau XVII. 2. a.	1040	Süd-östlich.	Sanft geneigt.	Im mittleren Theile des Gehänges eines Ausläufers der Lusen-Gruppe.	Rings vom Wald umschlossen, nur gegen NO. längs der böhmischen Grenze ein unbewaldeter Berg- rücken.	Wie vor- stehend.	Feinsandiger Lehmboden mit be- gemengten Quarz- körnchen.
Finsterau XIX. 5. c.	970	Südlich	Fast eben.	Im zusammenhängenden Gebirg am unteren Theil eines Gehänges der Lusen-Gruppe bis in das Reschwasser- Thal reichend.	Rings vom Gebirge eingeschlossen, daher nach allen Seiten geschützt. Umgebung Wald mit Ausnahme der Südseite, wo Wiesen anstossen.	Wie vor- stehend.	Wie vor- stehend.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humus- schichte, b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandster. Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar. Cubikmeter.		Jährl. Durchschnitte- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Niederbayern.								
Vorherr- schend Na- dstreu nur vereinzelt Moos- und Lauhstreu.	a. u. b. 0,15. c. 0,45 tiefe Schichten rothgelben Lehms.	frisch	locker	Unter dem Wurzel- bodenraum folgt eine Schichte Granitgrus v. wechsell- der Tiefe, unter wel- cher das Grundgestein auftritt.	Fichten mit beigemisch- ten Tannen und Buchen, gutgeschlos- sen und von schöner Kronenbil- dung.	50	A B C	296 244 251	} 4,83.
Moosdecke mit wenig Felsen von geringer Dicke.	a. u. b 0,30. c. 0,55 sand- iger Lehm.	frisch	mässig fest.	Gerölle von verwitterm- dem Granit mit lehmigen u. sandigen Verwitter- ungs-Pro- ducten ge- mengt 0,45 M. tief; darunter die Felsen des Grund- gebirges.	Fichten- jungholz mit selten beige- mischten Tannen und Buchen, von freudigem Wuchs und dichtem Schluss.	36	A B C D E	158 185 166 199 168	} 4,86
Ärliche Moosdecke 2 Ctm. dicke, hin- wieder Feldbeer- kraut.	a. 0,03. b. u. c 0,55	trocken	fest	0,60 M. tiefe Lage von Sand u. Thon, darunter Granitgrus u. Steine.	Fichten 50% Tannen 30% Buchen 20% gutgeschlos- sen und von günstigem Wachsthum.	75	A B C D E	358 391 407 394 399	} 5,20

Beschreibung der Streuversuchsfächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchsfächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
Brunnau II. 2. b.	400	Südlich.	eben	Flachland.	Rings von Wald umgeben, nur südlich auf $\frac{1}{8}$ Stunde Entfernung Wiesgründe.	Verwitterungsboden des Keuper-sandsteines.	Kreis Sandboden m. Sandstein-Brocken.
Brunnau I. 1. c.	400	Nord-östlich.	schwach gegen WSW. geneigt.	Flachland.	Ganz von geschlossenen Beständen umgeben, gegen Winde geschützt, auf der NO.-Seite in $\frac{1}{8}$ St. Entfernung Wiesgründe.	Wie vorstehend.	Sandiger Moorboden ohne Stein.
Pyrbaum XII. 1.	404	Nord-westlich	5°	Am Fusse des nord-westlich abdachenden Hügellandes in der Ebene gelegen.	Von haubarem Bestände umgeben, nur an der Westseite Jungholz. Gegen Winde geschützt.	Wie vorstehend.	Feinkörnige röthlich-gelber Sandboden.
Pyrbaum XIII. 1. c.	406	Nord-westl.	3°	Wie vorstehend.	Von stehendem Holze rings umgeben, in nordwestlicher Richtung stossen Kulturen und Wiesflächen an die Staatswaldgrenze an.	Verwitterungsboden des Keuper-sandsteins.	Wie vorstehend.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens				Holzbestand					
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums Meter.	Feuchtigkeitsgrad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandsalter Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar		Jährl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen).
	Cubikmeter.								
Oberpfalz. Moosdecke von 4 Ctm. Dicke und Heidelbeer- kraut.	a. u. b. 0,06. c. wechselnd von 0,15 bis 0,75 M.	trocken	locker	In der Tiefe von 0,75 M. grobkörniger Quarzsand mit Quarz- stücken.	Kiefern, rein, mit spärlichem Fichten- unterwuchs.	46	A B C	184 196 196	} 4,17
Moosdecke von 4 Ctm. und nur sehr vereinzelt Heidelbeer- kraut.	a. und b. 0,12 bis 0,15. c. die Wurzeln dringen bis 1,15 M. ein.	sehr frisch	mässig fest	Feuchter Sand, in den tieferen La- gen nass; von bedeutender Mächtigkeit.	Kiefern reinf.	41	A B C	256 236 245	} 6,00
A. d. grösseren Theil der Fläche eine dünne Nadel- u. Moosdecke (8 bis 12 mm.), stellenweise Flechten: (Hungermoos); auf 4. kleinen bes- seren Theile eine 4 C. dicke Moosdecke (Hypnum-Arten).	Auf dem grössten Theil ist eine Hu- musschichte erst in der Bildung be- griffen b. 0,008 M., c. 1,15 M., davon die tie- ferere Schichte grobkörniger Sand.	trocken	locker	Unter dem Wurzel- bodenraum eine 0,30 M. tiefe Schichte rauh fleischfar- benen Sandes.	Kiefern mit einzelnen Fichten und vereinzelt Fichten- unterwuchs.	85	A B C D E	410 426 414 385 356	} 4,68
Moosdecke (Laubmoose) von 2—3 Ctm. mit Preisel- beeren (Vac- cinium vitis Idäa) durch- wachsen.	a. 0,02 b. 0,06. c. 0,85 bis 1,00.	trocken	locker	0,15 bis 0,30 M. tiefes Lager grob- körnigen Sandes mit Sandstein- brocken. Unmittel- bar darunter Sand- steinfels.	Kiefern mit einzelnen Fichten, dann Fichten- unterwuchs in ungleicher Vertheilung.	56	A B C D	324 305 283 315	} 5,48

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Liters.)	Meereshöhe. Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheilen.
Pyrbaum VII. 4 b.	408	Südlich.	3° Unterhalb der Versuchs- flächen stärker geneigt	Hügeliges Flachland.	Von Wald rings umgeben. Südlich stosen in geringer Entfernung Wiesgründe an.	Wie vorstehend.	Feinkörniger gelblicher Sandboden, stellenweise auch grobkörniger weisser Sand
Allersberg V. 2. a.	380	Westlich.	eben.	Hügelland, v. O nach W. verlaufend.	Von allen Seiten mit Wald umgeben; meist gleichalterige Bestände, nur gegen Westen ein haubarer Bestand.	Wie vorstehend.	Sandboden mit starkem Lehm- beimischung feinkörnig, von hellröthlicher Farbe
Allersberg V. 3. c.	Lage und Bodenbeschaffenheit ist ganz der vorstehenden gleich,						
Bodenwöhr I. XV. 9. d.	385	SW.	Eben mit kaum bemerkbarer Neigung nach SW.	Flachland.	Ganz von Wald umgeben, geschützt; gegen SO. liegen in der Entfernung von ca. 300 M. einige kleine Weiher.	Verwitterung des Keuper- sandsteins.	Etwas steiniger Sandboden.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandalter.	Holzvorrath der Versuchsfäche pro Hectar.		Jährl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen).
	a. der reinen Humusschichte. b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums. Meter.			Untergrundes.			Jahre	Cubikmeter.	
Moosdecke (Laubmoose) von 5 Ctm. Dicke, mit Haide und Vacciniumarten durchwachsen.	a. 15 mm. b. 0,06 M. c. 0,80 M., nämlich 0,50 feinkörniger gelber Sand 0,30 weisse Sandschichte mit Kieselsteinen.	trocken	locker	Unter dem Wurzelbodenraum eine Schichte unverwitterter Sandsteinbrocken mit Quarzstücken, darunter dann der Sandsteinfels.	Kiefern mit einzelnen Oberständern und mit Fichtenunterwuchs.	45	A 224 B 206 C 186 D 192	} 4,81	
Walddecke mit stellenweisem Überzug von Laubmoosen, bis 5 Ctm. dick, wenig Heidelbeere (Vaccinium myrtillus).	a. 0,09 M. b. 0,12 bis 0,15 M. c. 1,00 M. Die unterste 0,30 M. starke Schichte ist sehr grobkörniger Sand.	im Sommer frisch, in den übrigen Jahreszeiten feucht.	ziemlich bündig	Lehmiger grobkörniger Sand, darunter dann d. Sandsteinfels.	Kiefern mit ganz vereinzelt Fichten und wenigen alten Eichen, nicht gut geschlossen, aber von gutem und langschäftigem Wuchs.	74	A 366 B 417 C 365		} 5,17
Für der Holzbestand ist verschieden.					Kiefern mit etwas Fichten-Unterwuchs und einzelnen Eichen.	22	A 116 B 76 C 120	} 4,7	
Moosdecke (Pflanzm-Art), 10 bis 15 Ctm. tief, dahn und Heidelbeere, an einzelnen Stellen Polypodium.	a. 0,03 M. b. 0,18 bis 0,24 M. c. 0,75 M., weisser, dann röthlicher Sand mit sehr wenig Thonbeimischung.	frisch	mässig fest.	Mächtige Sandschichte von unbekannter Tiefe.	Kiefern, rein, gut geschlossen und wüchsig.	36	A 113 B 104 C 108		} 3,00

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Literra.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchsflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheilen.
Bodenwöhr I. XVI. 10. e.	388	NO.	Ebener mit sanfter, nord- östlicher Ab- dachung un- terhalb der Versuchs- flächen.	Flachland.	Ringsum von Wald umgeben, nördlich an einem 2 M. breiten Was- sergraben an- grenzend.	Wie vor- stehend.	Sandboden ohne Steine.
Boden- wöhr II. XII. 5. c.	388	—	Eben.	Flachland.	Waldungen.	Wie vor- stehend.	Lehmiger Sandboden.
Boden- wöhr II. XII. 3. a.	385	—	Eben.	Flachland.	Waldungen, auf 700 M. Entfernung ein grösserer Teich.	Wie vor- stehend.	Sandboden, etwas kiesig.
Nittenau XXXI. 11. a.	390	Südlich.	Sanft geneigt.	Flachland.	Kiefernstan- genhölzer.	Diluvial- Sandboden.	Feinkörniger Sandboden, von ober u. unten weise weisser Farbe.
Hannesreuth XVI. 9. b.	440	SSO.	theils eben, theils sanft nach Süden abdachend unter 2,5°.	Anhöhe im Hügellande.	Gegen S. ein älterer Kie- fernbestand, auf den übrigen Sei- ten ringsum gleichalterige Bestände.	Sandstein des braunen Jura.	Lehmiger Sandboden.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens				Holzbestand					
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Hu- musschichte, b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandalter.	Holzrath der Vorrathfläche pro Hectar.		Jährl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (nach Zwischen- messungen.)
							Jahre	Cubikmeter.	
Moosdecke bis 10 Ctm. Dicke mit Nadeln und Vaccinien, sehr vereinzel- telt Cladonia rangiferina (Spermoceae).	a. 0,03 M. b. 0,45 M. c. röthlicher Sand ohne Lehm und ohne Steine 0,75 M. tief.	trocken	locker	Kieslager unter einer mässig tiefen Sandschichte.	Kiefern rein, von gutem Schluss und Wuchs.	51	A B C	210 214 159	3,80
Moosdecke von Baum- Arten mit wenig Nadeln, stellen- weise Calluna u. Cladonia rangif. (Spermoceae).	a. 14 mm. b. 0,24 M. c. 0,90 M.	frisch	locker	Bis 2 M. Tiefe lockerer Sand, der in den tieferen Schichten fester wird.	Kiefern rein.	33	A B C	80 73 65	2,21
Moosdecke vor- stehend.	a. 12 mm. b. 0,18 M. c. 1,00 M.	trocken	locker	Wie vor- stehend.	Kiefern, rein.	48	A B C	141 119 134	2,73
Moosdecke von Nadeln mit Heide- kraut (Spermoceae), stellenweise auch Heide (Calluna).	a. 0,02 M. b. 0,05 M. c. 0,35 M.	trocken	locker	0,20 M. tiefe Sandschichte, darunter eine Schichte von festem weis- sem Quarz- sand mit fei- nem Korn.	Kiefern rein, von mit- telmässigem Wachsthum und ziemlich gutem Schluss.	80	A B C	195 200 216	2,55
Moosdecke von Nadeln mit Vaccinien und Heide (Calluna).	a. 0,03 M. b. 0,12 M. c. 0,90 M.	ziemlich frisch	mässig fest	Grobkörniger lockerer Sand, dar- unter Jura- Sandsteinfel- sen von schrä- ger Schich- tung und nicht zer- klüftet.	Kiefern mit etwas Fichten- Unterwuchs, ziemlich gut geschlossen, regelmässige Bekronung.	37	A B C	96 88 107	2,62

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheilen.
Grafen- wöhr I. XV. 11. a.	375	Nord- östlich.	fast eben.	Flachland, sehr flacher Thalgrund.	Von allen Seiten gleich- alterige Kie- fernbestände; in geringer Entfernung, aber viel tie- fer, ein grö- serer Weiher sog. „Grün- hunderweiher“.	Keuper- sandstein.	Lehmiger Sand mit Sandunter- lage.
Grafen- wöhr II. XIX. 11. a.	380	Südl.	Sanft geneigt. 3°.	Flachland, sehr flaches Thal.	Ringsum der zusam- menhängende grosse „Grün- hunderforst“.	Wie vorstehend.	Sand mit sehr geringe Lehm- beimischung und wenig Quarzstein- chen.
Feucht XVIII. I. c.	342	Süd- westl.	Sehr sanft geneigt. 3°.	Flachland, etwas wellen- förmig.	Von W., N. u. O. gleich- alterige Kie- fernbestände, nur in süd- licher Rich- tung Jung- hölzer.	Verwit- terungsboden des Keuper- sandsteins.	Kreis Feinkörniger Sandboden von gelblich röthlicher Farbe.
Fischbach XLV. 6. b.	348	—	Eben.	Im Flachland liegende Niederung.	Rings von Wald umgeben.	Diluvial- bildungen, Anschwem- mungen von Kies und Sand.	Lehmiger Sandboden.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums. Meter.	Feuchtigkeitsgrad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungsverhältniss.	Durchschnittl. Bestandsalter	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar		Jahrl. Durchschnittszuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Jahre					Cubikmeter.			
5 Ctm. dicke Moosdecke mit Vaccinien und theilweise mit Calluna.	a. u. b. 0,10 c. 0,45 M. tiefe Schichte lockeren frischen Sandes, dann eine 0,15 M. mächtige Kies-schichte.	frisch	locker	Bis 2 M. trockenen Sand, darunter feuchtere Lagen.	Kiefern mit wenig Fichtenunterwuchs, gut geschlossen: Zur Hälfte Pflanzung in weitem Verband, daher sperrigen Wuchs.	27	A. 134 B. 121 C. 116	} 4,60	
Nadeln und Moosdecke von 10 Ctm. Dicke, stellenweise Vaccinien und Farnkräuter, auch Calluna vereinzelt.	a. 0,03, b. 0,10, c. 1,10 M. tiefer quarziger Sand von geringem Lehmgehalte.	ziemlich frisch	locker	Grobkörniger Quarzsand.	Kiefern mit vereinzelt Fichtenunterwuchs.	62	A 271 B 275 C 281 D 286	} 4,48	
Mittelfranken.									
Moos- und Nadeldecke mit vereinzelt Vaccinien (myrtillus u. vitis Idäa).	a. 6—8 mm. b. 0,10 bis 0,15 M. c. 0,75 M. feiner lockerer Sand, die tieferen Schichten grobkörniger und fest.	trocken	ziemlich locker	Grobkörniger fester Sand von wechselnder Tiefe, darunter Sandsteinfels.	Kiefern mit sehr wenig Fichtenunterwuchs, gut geschlossen.	56	A 318 B 311 C 315	} 5,63	
Moosdecke, stellenweise Heidelbeerkraut (Vacc. myrt.)	a. 0,03, b. 0,05, c. 1,20 M. gelblicher Sand mit Lehmbeimischung, darunter weisser Quarzsand.	frisch, im Untergrunde nass.	Die oberen Schichten locker, in der Tiefe fest.	Rother grobkörniger Kies.	Kiefern rein, gut geschlossen und wüchsig.	45	A 225 B 235 C 247 D 280	} 5,49	

Beschreibung der Streuversuchsfächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchsfächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheilen.
Lichtenhof XXXIII. 5. a	342	NW.	Sehr schwach geneigt.	Flachland mit wellen- förmigen Er- hebungen; am Fusse einer solchen liegen die Versuchs- flächen.	Ringsum Wald von gleichen Verhältnis- sen, wie die Versuchs- flächen.	Diluvial- boden.	Sandboden mit sehr klei- nen weissen Quarztheil- chen, frei von Steinen.
Breitenfurth V. 1. b.	520	Nord- östlich.	2° bis 4°, unterhalb der Versuchs- flächen viel stärker bis zu 30°.	Hochebene mit sanfter nordöstl. Nei- gung, be- grenzt durch steil abfallen- de Thälrän- der des „Alt- mühlthales“.	Rings von Wald um- schlossen, nur gegen NO. in ca. 300 M. Ent- fernung das Flüsschen Altmühl mit den dasselbe umgebenden Wiesgräben.	Jurakalk.	Lehmiger Kalkboden, steinig.
Kipfenberg VIII. 2.	530	NNW.	4°; unter- halb (etwa 20 M. ent- fernt) beginnt ein steilerer Abfall von 25° Neigung.	Nordwest- liche sanfte Abdachung eines Berg- rückens, der das umlie- gende Ge- birge über- ragt.	Ganz von Wald umge- ben, in der Entfernung von 220 M. beginnen Feldmarkun- gen. Lage geschützt.	Dichter Jurakalk- schiefer.	Sehr steinig lehmiger Kalkboden.
Schernfeld XXIV. 3. a.	520	SO.	Gleichmässig unter 9° abdachend.	Aus dem Plateau des Jura gegen das Altmühl- thal vor- springende Bergkuppe.	ca. 150 M. von dem tiefer gelegenen Altmühlthal entfernt; von W., S. u. O. Waldungen von ziemlich gleichem Alter und Zustand.	Jurakalk.	Lehmiger Kalksandbo- den, mit 20% Lehm, wenig steinig.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humus- schichte, b. der mit Humus- gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnitt. Bestandsalter Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar Cubikmeter.		Jahr. Durchschnitt- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	A			B					
theils Flechten (Cladonia rangiferina), theils Caluna ulg. (Heide) und Beerkräuter (Vaccinien).	a. u. b. 0,02 also sehr humusarm. c. 0,25 — 0,30 stellenweise m. „Orstein“-Bildungen, feinkörniger Quarzsand, an manchen Stellen eisenschüssig.	trocken	locker, im Untergrunde fest.	Reiner gelber Sand von bedeutender Tiefe.	Kiefern rein von ziemlich gutem Wachstum.	37	A 55 B 128 C 128 D 59	2,49	
Laubdecke von ca. 2 bis 6 Ctm. Dicke.	a. 9,03 M. b. 0,30 bis 0,45, c. tiefe Schichte lehmigen Mergels mit sehr vielen Kalksteinen.	frisch	mässig fest.	Sehr tief gehender lehmiger Kalkboden. Mit der Tiefe wird der Kalkstein immer mehr vorherrschend, dann treten Kalkschiefer auf.	Buchen fast rein; nur sehr vereinzelt Kiefern und Fichten.	95	A 346 B 350 C 315	3,55	
Buchenlaubreue in einer Dicke von bis 5 Ctm., theilweise mit Kalkschieferstücken überworfen.	a. 0,02 M. b. wechselnd von 0,12 bis 0,48 M. Tiefe. c. ebenfalls nach der Lage am Gebänge sehr verschieden, in maximo 0,35 M.	frisch	mässig fest.	Jurakalkschiefer von 0,10 — 0,30 M. Dicke der Schieferplatten. Diese Schieferablagerung geht bis auf grosse Tiefen hinab.	Buchen mit einzelnen eingeprengten Elsbeerbäumen und Fichten.	95	A 266 B 273 C 311	2,98	
Buchenlaubdecke von — 6 Ctm. Dicke. Stellenweise gehen kleinere Partien Kalkgeröll zu Tage.	a. 15 mm. b. von sehr verschiedener Tiefe, im Allgemeinen ist der Boden humusarm. c. 1,50 — 1,80 M. tief. Oben lockerer Kalksand, dann Lehm mit Kalksand und in der Tiefe bindender fetter Lehm.	trocken	locker.	Körniger rauher Sandkalk mit Hornsteinkiesel und Kalkstein.	Buchen mit 6% Aspen und 5% Birken vollkommen geschlossen und wüchsig; einzelne alte Buchen eingewachsen.	46 mit 80-jähr. Oberständern.	A 266 B 294 C 280	6,09	

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abthei- lung u. Litera.)	Meereshöhe. Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheilen.
Golderonach XXII. 1. a.	570	NW.	12°, in den tiefen liegenden Theilen bis 18°.	Im unteren Gehänge eines von O. nach W. auslaufenden Gebirgs- rückens des Fichtelgebir- ges.	Ringsum Waldungen, durch welche die Lage der Versuchs- flächen ge- schützt ist.	Verwitte- rungsprodukt von grobkör- nigem, talk- reichem Gneis (Talkgneis).	Kreis Sandiger mit kleinen Gneisstück- chen ge- mengter Lehmboden. ziemlich steinig.
Golderonach XXIII. 11. b.	650	SSO.	In den oberen Thei- len 5°, gegen den Tbal- grund zu all- mählig bis 15°.	Unterer Theil einer langen von O. nach W. auslau- fenden Berg- wand im Fichtel- gebirge.	Von O., N. u. W. Wal- dungen, auf der Südseite in ca. 10 M. Entfernung Wiesgründe.	Verwitterung eines glim- merarmen Gneises.	Sandiger Lehm mit wenig Gesteins- brocken.
Bischofsgrün XXV. 9. a.	650	N.	Fast gleich- mässig unter 6° geneigt.	Im zusam- menhängen- den Gebirge (Fichtelge- birg) u. zwar im mittleren Theil eines sanft nach N. abdachen- den Gehän- ges.	Nach allen Seiten von gleichartigen Holzbestän- den einge- schlossen, da- her geschützt.	Wie vor- stehend.	Ziemlich steiniger sand- diger Lehm- boden.
Bischofsgrün XXV. 9. a.	Eine zweite Reihe Versuchflächen befindet sich in ganz gleicher Lage wie sied.						

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandessalter.	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar.		Jährl. Durchschnitt- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen).
	a. der reinen Hu- musschichte, b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.						Jahre	Cubikmeter.	
Oberfranken.									
theils Nadel- decke, theils Moose (Hypnum) von ca. 3 Ctm. Dicke.	a. 0,06 M. b. 0,12, c. wechselnd je nach der Lage am Gebänge bis zu 1 M.	frisch	locker	Grobkörniger sandiger Lehm mit sehr vielen Gesteins- trümmern des Talkgnei- ses, darunter Felsen.	Fichten mit 25% Tannen.	24	A B C D E	37 46 46 39 27	1,62
Auf dem grösseren Theil eine 3 Ctm. tiefe Nadel- schichte, aus- serdem Moos- decke von Hypnum- Arten.	a. 0,03 M. b. 0,45 „ also sehr humusreich, c. 0,60 M. sandiger Lehm, fast steinfrei.	frisch	locker	Gerölle von Gneis, das bei 0,60 M. schon sehr fest und undurch- dringlich ist.	Fichten mit vereinzelt Buchen, Tannen und Kiefern.	47	A B C D E	233 180 161 153 183	3,57
Moosdecke (Hypnum- Arten) von 3—4 Ctm. Dicke mit vereinzelt Leerkräutern (Vaccinien).	a. 0,02 M. b. 0,05 „ c. 0,90 „ sandiger Lehm mit kleinen Steinchen.	frisch	mässig fest	Wenig verwitterter Gesteins- schutt von Gneis.	Fichten rein, von mässigem Schluss und gutem Wuchs.	86	A B C D E	581 588 546 612 548	6,69
vorstehende, nur im Holzbestande ist einiger Unter-					Fichten rein, gutwüchsig und vollkom- men geschlos- sen.	55	A B C D E	418 441 435 373 425	7,60

Beschreibung der Streuversuchsfächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litora.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchsfächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
Zeyern X. 2 a.	680	NO.	15°	Ausläufer des fränkischen Waldes.	Ganz von Wald umgeben.	Verwitterungs-Produkte des Grauwacken-Thonschiefers.	Sandiger Lehm Boden mit Thonschieferblätchen gemengt.
Wallenfels I. 12. a.	490	SO.	Gleichmässig unter 15 $\frac{1}{3}$ ° geneigt.	Im oberen Theile des Gehänges eines flachen Bergrückens im fränkischen Walde.	Von Wald umgeben und nach allen Seiten geschützt.	Wie vorstehend.	Lehm Boden
Geroldsgrün II. XVII. 15.	650	SO.	sanft abhängend, 4°	Im höheren Theile des zusammenhängenden Gebirges im fränkischen Wald; auf einer zur „Waldsteinkette“ parallel hinziehenden Bergreihe.	Rings von Wald umgeben, von N. und NW. durch das Gebirge geschützt.	Wie vorstehend.	Sandiger Lehm Boden mit Thonschieferblätchen gemengt.
Rothenkirchen II. 5. a.	585	SW.	3° sanft abdachend.	Hochebene auf einem von N. nach S. laufenden Bergrücken i. zusammenhängenden Gebirge des fränkischen Waldes.	Von O. und W. durch haubare Bestände, von N. unregelmässige Privatwaldungen eingeschlossen; gegen S. eine von Waldungen umgrenzte Feldfläche.	Wie vorstehend.	Sandiger Lehm Boden mit vielen Thonschieferplatten und Steinen gemengt.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums. Meter.	Feuchtigkeitsgrad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnitt, Bestandsalter Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar		Jahrl. Durchschnittszuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Cubikmeter.								
Moosdecke (Typnum-Arten).	a. 0,12 M. b. 0,06 M. c. 0,60 M.	frisch	mässig fest	1,15 M. tiefe Schichte von Verwitterungs-Produkten, darunter Thonschieferfels.	Fichten, rein; Pflanzung in regelmässigem Verband; 1,45 M. Reihenabstand, 0,88 M. Pflanzen-Entfernung. Wuchs sehr gut.	18 Tannenpflanzung	A 132 B 47 E 141 C 40 D 36	} 5,94 } 2,11	
Moos- und Nadeldecke mit einzelnen Vaccinien.	a. 0,04 M. b. 0,12 M. c. wechselnd je nach der Lage am Gehänge 0,35 bis 0,80 M.	trocken	fest	Theils wenig verwittertes Gestein, theils fester, bläulicher Thonschieferfels mit schräger Schichtung, wenig zerklüftet.	Fichten mit einzelnen Tannen von ausgezeichnetem Längenzuwachs und gutem Schluss.	55	A 543 B 548 C 520 D 487 E 504	} 9,45	
Moosdecke (Typnum-Arten) v. 5 Ctm. Dicke, mit Verkräutern (accin. Myrtyllus).	a. 0,03 M. b. 0,12 M. c. bis 1 M. tief, nämlich 0,70 M. sandiger Lehm ohne Steine, darunter Letten mit Gesteinsbrocken.	frisch	locker	Letten mit Gesteinsbrocken.	Tannen mit einzelnen Fichten und Buchen, von bedeutendem Längenzuwachs und vollkommenem Schluss.	125	A 717 B 643 C 745 D 659 E 573	} 5,33	
Moosdecke (4-5 Ctm. mit vieler Nadelstreu, stellenweise Nadelbeerkräuter).	a. 0,04 M. b. 0,20 M. c. 0,88 Lehm-boden mit vielen Steinen.	frisch	mässig fest	Verwitterter Thonschiefer von geringer Tiefe, darunter der kompakte Fels.	Fichten mit wenig Tannen.	104	A 661 B 670 C 629 D 579 E 531	} 5,90	

Beschreibung der Streuversuchsfächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe. Meter.	Lage der Versuchsfächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Standtheilen.
Effelter XII. 4.	600	SSW.	4 $\frac{1}{3}$ ° sanft ab- hängig.	Hochebene auf einem Bergrücken des fränkischen Waldes.	Ringsum von Wald umgeben und gegen Winde geschützt.	Verwite- rungsprodukt des Grauwacken- Thon- schiefers.	Lehmboden mit kleinen Steinen und Schiefer- blättchen ge- mengt.
Langenbach III. 6. a.	690	SO.	9°, unterhalb der Versuchs- flächen steiler.	Bergrücken i. zusamen- hängenden Gebirge des Franken- waldes.	Wald- bestände von gleicher Beschaffen- heit.	Wie vor- stehend.	Lehmiger Sandboden, sehr steinig, besonders in den tieferen Schichten.
Lauenhain II. 1. a.	650	W.	3° sanft ab- dachend.	Wie vor- stehend.	Von allen Seiten durch Wald- bestände und durch Höhen- züge ge- schützt.	Wie vor- stehend.	Sandiger Lehmboden.
Lauenhain II. 4.	720	NW.	4°	Ein isolirt stehender Bergkopf, der nach allen Seiten sanft abdacht.	Rings von Waldungen umgeben, je- doch wegen d. hohen Lage gegen Winde nicht ge- schützt.	Wie vor- stehend.	Sandiger Lehmboden mit kleinen Steinchen ge- mischt.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums. Meter.	Feuchtigkeitsgrad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnitt, Bestandalter. Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar.		Jährl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Cubikmeter.								
Moos- und Nadeldecke von 6—8 Ctm. Dicke.	a. 0,06 M. b. 0,30 M. c. 0,60 bis 0,70 M. leh- mige Erd- schichte.	frisch	in den oberen Lagen locker, in der Tiefe immer fester werdend.	Unter dem Wurzelbo- denraum ist eine Stein- schichte, die mit einem lehmigen Bindemittel so fest zu- sammenge- halten ist, dass sie nur mittelst Spitz- hauen bear- beitet wer- den kann.	Tannen und Fichten, theils horst- weise, theils gleich- artig ge- mischt.	37	A 288 B 260 C 274 D 238 E 288	7,27	
Moosdecke von 3 Ctm. Dicke.	a. 0,09 M. b. 0,25 bis 0,30 M., daher sehr humus- reich. c. 0,88 M.	frisch	locker	Unter dem Wurzel- bodenraum 0,30 M. stei- nige Lehm- schichte, dar- unter dann derschräg ge- schicht. wenig zerklüftete Thonschieferfels.	Fichten, rein, von mässigem Schluss und gutem Wuchs.	75	A 695 B 728 C 616 D 575 E 656	8,72	
Moosdecke von 6 Ctm. Dicke ohne Forst- unkräuter.	a. 0,04 M. darunter eine sehr humusreiche Erd- schichte von wechselnder Tiefe, c. gelber sandi- ger Lehmboden von 0,60 M. Tiefe.	frisch	locker	Gerölle von Grauwacken- schiefer, un- ter welchem der kompakte Schieferfels ansteht.	Reiner Fich- tenbestand von sehr gu- tem Wuchs und vollkom- menem Schluss.	80	A 361 B 367 C 376 D 357 E 370	4,57	
Moosdecke von 4 Ctm. Dicke und etwas Laub.	a. 0,04 M. b. 0,03 M. c. 0,42 M. sandig. Lehm, dann 0,60 M. verwitterter Thonschiefer.	frisch	mässig fest.	Thonschiefer von mehr od. weniger vor- geschrittener Verwitte- rung.	Fichten und Tannen mit vereinzelten Buchen von mittelmässig- em Wuchs, gut ge- schlossen.	120	A 272 B 430 C 509 D 500 E 360	3,45	

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litora).	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Be- standtheile.
Hundels- hausen IV. 2. a.	457	NO.	5°	Auf dem sanft geneigten Plateau eines Bergrückens im Steigerwalde.	Rings von Hochwaldbeständen umgeben, daher gegen Winde geschützt.	Keuperletten, unterstes Glied d. Keuperformation.	Kreis Sandiger Lehm Boden, etwas steinig
Hundels- hausen IV. 4.	470	—	eben	Hochebene des Steigerwaldes.	do.	do.	do.
Höchberg IV. 3.	315	N.	fast eben 2°	Hochebene im Hügellande der Umgebung Würzburgs (Guttenberger Wald).	Wald von ziemlich gleichartiger Bestockung wie die Versuchflächen. Gegen Winde geschützt.	Verwitterungsprodukt des Muschelkalkes.	Kalkiger kräftiger Lehm Boden, wenig steinig
Binafeld I. 8	250	SW.	Sanft unter 2° ab- dachend.	In der Mitte eines Abhanges im Hügelland. (Gramschatzer Wald).	Ganz von geschlossenen Beständen umgeben und gegen Winde geschützt.	Verwitterungsprodukt des Muschelkalkes	Kalkboden mit Lehm- beimischung, wenig steinig

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humus- schichte, b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandsalter. Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar.		Fabr. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Cubikmeter.								
Unterfranken.									
Laubdecke von 4 Ctm. Dicke, nur die und da- her Gräs- wuchs und Krautkräuter.	a. 0,04 M. b. 0,18 „ c. 0,70 „ Sand und Lehm mit vielen kleinen Sandsteinen ge- mengt, darunter eine reine Thon- schichte.	frisch	mässig fest	0,60 M., zer- fallender Keupersand- stein mit viel thonigem Bindemittel.	Rothbuchen, rein, von voll- kommenem Schluss und gutem Wuchs.	91	A 418 B 440 C 391 D 401 E 420	4,55	
Laubdecke von 2 Ctm. Dicke mit einzelnen Moos- polstern.	a. 0,01 M. b. 0,06 „ c. 0,60 „ lehmiger Sand mit vielen Ge- steinsbrocken u. Steinchen, dann reine Thon- schichte von 0,03 M. Dicke.	do.	do.	do.	Buchen mit einigen Ei- chenheistern und Stangen.	60	A 200 B 169 C 180 D 176 E 168	2,96	
Laubdecke ca. 3 Ctm. Dicke.	a. 0,03 M. b. 0,06 „ c. 1,00 „ nämlich 0,50 lehmiger Kalk, 0,20 rother Thon, darunter 0,30 Lehm.	do.	do.	1,23 M. tiefe Lehmschicht, unter welcher der unverwit- terte, zerklüf- tete Kalk- stein in hori- zontaler Schichtung liegt; Zwi- schenlager von Mergel- und Sand- schichten.	Buchen mit einigen gleichalteri- gen Eichen und einzelnen Eichenober- ständern.	46, die überge- haltenen Eichen ca. 200- jährig. Diese Eichen „	A 174 B 194 A 74 B 173	4,00 Oberholz	
Laubdecke ca. 3 Ctm. Dicke.	a. 5—8 mm. b. 0,02 M. c. 1,15 „ nämlich 0,20 lockerer Kalk- boden, 0,25 Lettschichte, 0,70 Schichte von verwittertem Muschelkalk mit vielen Gesteins- brocken.	do.	do.	Mehr oder weniger ver- wittertes Steinlager von Muschel- kalk, darun- ter der stark zerklüftete Kalkfels.	Buchen mit wenig Eichen, Aspen und Birken gleichmässig durchstellt.	44	A 178 B 226	4,60	

Beschreibung der Streuversuchsfächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe. Meter.	Lage der Versuchsfächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den verharrten mineralischen Bestandtheilen.
Altenbuch VI. 4. a.	550	S. u. SW.	5°	Auf einem sanft ab- dachenden Bergücken des zusam- menhängen- den Spes- sarts.	Rings von Waldungen umgeben, nämlich Fichtenbe- stände glei- chen Alters.	Durch Ver- witterung des Buntsand- steins ent- standen.	Thonreicher Sandboden.
Rohrbrunn XIII. 8.	520	SW.	4°	Auf einem Bergücken des Haupt- zuges im Spessart, nahe bei Rohrbrunn.	Ganz von zusammen- hängenden Waldmassen umgeben.	do.	Lehmiger Sandboden.
Lohrerstrasse III. 3.	520	NW.	Gleichmässig unter 10°	Sanft ab- hängende Bergwand auf der öst- lichen Ab- dachung des Spessarts.	Nach allen Seiten hin auf grosse Entfernungen von Wald umgeben.	do.	Lehmiger Sandboden steinig.
Rupperts- hütten XVII. 4. d.	420	NO.	12°	Im mittleren Theil einer Bergwand des Spessarts.	Von allen Seiten Wald, erst in grö- serer Ent- fernung Feld- gründe.	Verwitte- rungspro- ducte des Buntsand- steins.	Sandboden wenig steinig, aber mit ein- zelnen grö- seren Ge- steinsbrocken gemengt.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandssalter. Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar.		Jährl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen).
	a. der reinen Humus- schichte. b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.			Cubikmeter.					
Fichten- nadeln von 1 Ctm. Dicke, selten eine leichte Moos- decke.	a. 0,01 M. b. 0,24 bis 0,30 M. c. 0,65 „	frisch	locker	Gesteins- trümmer von Buntsand- steinfels, die in verschiede- nen Graden der Ver- witterung sind.	Fichten mit einzelnen Lärchen, gut geschlossen und wüchsig. Durch Saat erzogen.	36	A 196 B 193 C 210 D 254	} 5,92	
3 bis 5 Ctm. dicke Lage von Eichen- u. Buchen- aub, hie und da lichter Graswuchs.	a. u. b. 0,40 M. c. 0,64 M.	trocken, in der Tiefe frisch	locker	Sandiger Lehm mit verwitterten Gesteins- brocken von Buntsand- stein.	Eichen mit einzelnen bei- gemischten Buchen.	54	A 241 B 245	} 4,50	
Reine Laub- decke, 3 bis 4 Ctm. dick.	a. 0,06 M. b. 0,12 „ c. 0,90 bis 1,00 M.	ziem- lich frisch	locker	Von wechselnder Tiefe (0,70 bis 1,15 M.), ziem- lich fester Thon mit Sand u. klei- nen Steinen gemengt.	Buchen- stangenholz mit einzelnen schlankwüch- sigen Eichen von 150 bis 180 Jahren.	46	A 169 B 186	} 3,85	
					Eichen „		A 218 B 189	} Oberholz	
Reine Laub- decke, hie und da mit steinen über- worfen.	a. 0,06 M. b. 0,35 „ c. 0,80 bis 0,90 M. von gleichartiger Beschaffen- heit.	frisch	locker	Sand, der stark mit Kies u. klei- nen Steinen gemischt ist.	Reiner Buchen- bestand, voll- kommen ge- schlossen.	56	A 330 B 349 C 342 D 338	} 6,08	

Beschreibung der Streuversuchsfächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe.	Lage der Versuchsfächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
	Meter.						
Wiesen XXIV. 5. a.	455	N.	15°, nach unten sanfter verlaufend.	Terrasse im mittleren Theile eines Gehänges, im Haupt- zuge des Spessarts.	Ringsum ausgedehnte Waldungen.	Verwitter- produkte des Bunt- sandsteins.	Lehmiger Sandboden mit geringer Stein- beimischung.
Erlenbach I. 2. a.	205		eben	Hochebene auf einem gegen das Mainthal vor- springenden Ausläufer des Spessarts, von 100 M. relativer Höhe über der Thal- sohle.	Diese Hoch- ebene bildet eine isolirte Kuppe, ist aber durch Wald von allen Seiten bedeckt, so dass die Ver- suchsfächen vor Winden geschützt sind.	do.	Grobkörniger Sand mit wenig Sandsteinen.
Erlenbach I. 4. a.	163	SW.	Unter 12° gleichmässig abdachend.	Gehänge des im Vor- stehenden erwähnten Berges, die Versuch- fächen liegen im oberen Theile des Abhangs.	Rings von nahezu gleichal- terigen Stän- genhölzern umgeben.	do.	Sehr locker- Sandboden.
Erlenbach I. 6. a.	176	NW.	4°	Sanft ab- dachender Hochrücken des im Vor- stehenden erwähnten Berges.	Die Ver- suchsfäche liegt fast in Mitten eines 408 Hectar grossen Wald-Com- plexes, daher vor Wind geschützt.	Wie vorstehend.	Feinkörniger Sandboden.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandalter, Jahre	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar.		Jährl. Durchschnittl. Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Cubikmeter.								
Laubdecke, von circa 3 Ctm. Dicke, theil- weise mit Steinen über- lagert.	a. 0,01 M. b. 0,06 „ c. 0,80 „ mit Stein- brocken mä- sig gemisch- ter Sand.	frisch	mässig fest.	Unter dem Wurzel- bodenraum noch eine 0,70 M. tiefe Schichte ver- witternder Sandsteinbrocken.	Buchen mit Eichen und einzelnen Birken und Aspen.	42	A 201 B 200	4,76	
Moos und Nadeldecke von ca. 2 Ctm. Dicke.	a. 0,01 M. b. 0,15 „ c. sehr tief- gründig, 1,50 bis 1,75 M., theils Sand, theils Schichten von Sand- steinbrocken und Kies.	sehr tro- cken.	locker.	Sehr lockerer trockener Sand, mit Buntsand- steingerölle u. Kiesadern abwechselnd, von bedeu- tender Tiefe.	Kiefern rein.	106	A 563 B 557 C 549 D 586 E 546	5,28	
Moos und Nadeldecke von 9 Ctm. Dicke.	a. 0,01 M. b. 0,12 „ c. 0,60 bis 0,80, wo sich Adern von festem Kies u. Gerölle fin- den, die auf den Feuchtig- keitsgrad günstig ein- wirken.	tro- cken.	locker.	Grobkörniger Quarzsand m. Buntsand- steinkies und einzelnen Felsbrocken gemengt.	do.	40	A 230 B 206 C 217 D 223 E 210	5,42	
Moos und Nadeldecke von 2 bis 3 Ctm. Dicke.	a. 0,01 M. b. 0,14 „ c. 0,60 „ Sand mit wenig Sandstein- brocken.	tro- cken.	mässig fest.	Unter dem Wurzel- bodenraum eine feste, dichte Unter- lage von Steingeröll, welche das Tiefergehen der Wurzeln verhindert.	Kiefern mit wenig Buchen unterstellt.	61	A 391 B 380 C 380 D 385 E 408	6,36	

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Lötter).	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
Rothenbuch I. 8.	450 bis 470	N.	15° ziemlich gleichmässig stark abdachend.	Im Haupt- zuge des Spessarts, auf dem nördl. Ge- hänge eines vorspringen- den Rückens.	In Mitten ziemlich gleichartiger Bestände, daher vor Wind ge- schützt.	Verwitte- rungsboden des Bunt- sandsteins.	Lehmiger Sandboden mit ca. 20% Thon.
Rothenbuch III. 4. c.	390	NW.	12°.	Einbeugung des Gehänges eines Berg- rückens im Hauptzuge des Spessarts.	Nach drei Seiten gleich- alterige Holz- bestände, nach Unten gegen NW. ein jüngeres Buchen- stangenholz.	do.	do.
Rothenbuch V. 4. a.	490	SO.	8°.	Hochrücken im Hauptzuge des Spessarts.	Ganz von gleichartigen Beständen umgeben.	do.	do.
Waldaschaff IX. 6. a.	490	N.	Im oberen Theil des Gehänges nur 5°, dann in den Ver- suchsflächen bis 15° über- gehend; un- terhalb der- selben noch steiler bis 25°.	Im mittleren Theil eines Abhanges des zusam- menhängen- den Spessart- gebirges.	Ganz von gleichartigen Beständen umgeben und vor Wind ge- schützt.	Verwit- terungsboden des Bunt- sandsteins.	Sandiger Lehmboden mit Geröl- brocken.
Waldaschaff IX. 3. c.	570	S.	3°, allmählig nach unten bis 10° zu- nehmend.	Sanft ge- neigte Hoch- ebene auf einem Berg- rücken des Spessarts.	do.	do.	Sandiger Lehmboden, wenig steinig.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens				Holzbestand					
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humusschichte, b. der mit Humus gemengten Erdschichte, c. des Wurzelbodenraums Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandsalter	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar		Jahrl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen).
	Jahre						Cubikmeter.		
Mässige Laubdecke von ca. 3 Ctm. Dicke.	a. 0,02 M. b. 0,05 „ c. 0,60 bis 0,75.	frisch	locker.	Lehmiger Sand mit einzelnen beigemeng- ten Bunt- sandstein- brocken.	Buchen mit einzelnen eingewachse- nen alten Eichen von 350 Jahren.	130 Eichen „ „	A 615 B 560 C 455	95 120 102	} 4,18 } Ober- holz
do.	a. 0,01 M. b. 0,06 „ c. 0,60 „	frisch	locker	Buntsand- stein, Ge- steinstrüm- mer in ver- schiedenen Graden der Verwite- rung.	Buchen- stangenholz mit einzelnen Eichen- oberstän- dern.	27	A 154 B 134 C 129		} 5,15
Dichte Laub- decke von 7 Ctm. Dicke.	a. 0,04 M. b. 0,12 „ c. 0,75 „	do.	do.	Lehmiger Sand mit Ge- steinstrüm- mern von Sandsteinfels gemengt.	Buchen fast rein, nur ein- zelne jüngere und alte Eichen ein- gesprengt.	63	A 384 B 334 C 330		} 5,54
Laubdecke von 6 Ctm. Dicke.	a. 0,03 M. b. 0,35 „ sehr humus- reich, c. 1,15 M., daher sehr tiefgründig.	frisch	ziemlich locker.	0,70 M. tiefe Schichte ver- witternder Sandstein- brocken mit Lehm- beimischung.	Buchen rein, vollkommen geschlossen und wüchsig.	95	A 374 B 384		} 3,99
do.	a. 0,04 M. b. 0,40 „ b. 1,10 „	frisch	locker.	do.	Buchen rein.	35	A 103 B 89 C 107		} 2,86

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und. Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe. Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
Waldaschaff X. 5. b.	420	S.	Steiles Gehänge, oberhalb 15°, unten bis 30°.	Unterer Theil eines ziemlich steilen Abhangs im Spessart.	Ganz von gleichartigen Beständen umgeben und vor Wind geschützt.	Verwitterungsboden des Buntsandsteins.	Lehmiger Sandboden, sehr steinig.
Hain XIII. 1. b.	475	N.	6°, sanft abhängig.	Oberes Gehänge eines Bergrückens im Spessart.	Ringsum von Buchenhochwald umgeben, der durch gegenüberliegende Bergrücken geschützt ist.	do.	Lehmiger Sandboden.
Hain XV. 11. d.	455	O.	7°.	Im oberen Theil einer zusammenhängenden Bergwand im Spessart.	Vollkommen geschlossener Buchenhochwald.	do.	do.
Hain XII. 5. c.	292	ONO.	12°.	Im mittleren Theile eines Gehänges im Spessart.	Durch gegenüberliegende Bergrücken vor N. u. O. Wind geschützt und rings von geschlossenem Buchenhochwald eingeschlossen.	Verwitterungsboden des Buntsandsteins.	Lehmiger Sandboden.
Gefäll XXXII. 1.	810	O.	Fast eben; unterhalb der Versuchflächen steil abfallend.	Terrasse in der Mitte einer Bergwand im zusammenhängenden Rhöngebirge.	Ganz von gleichaltem Buchenhochwald umgeben. Auf d. Plateau des Berges Wiesgründe, die meistens aufgeforsct sind. Von W. u. N. durch d. Gebirge geschützt, gegen Osten frei.	Verwitterungsboden von Basalt.	Humusreicher Thonboden von vorzüglicher Produktivität.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humus- schichte, b. der mit Humus- gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandalter Jahre	Holzrorrah der Versuchsfläche pro Hectar Cubikmeter.		Jahrl. Durchschnittl. Zuwachs pro Hectar (einkl. Zwischen- auszünne.)
	A						B	C	
Moos und Nadeldecke von 5 Ctm. Dicke.	a. 0,03 b. 0,04 humusarm, c. 0,80.	trocken.	mässig fest.	0,45 M. tiefe Sandschichte mit Lehm- und Stein- beimischung.	Kiefern mit einzelnen Lärchen.	25	A B C	150 146 143	} 5,84
Reine Laubdecke von 2 Ctm. Dicke.	a. 0,01 b. 0,09 c. 0,70	frisch	locker.	Zerklüfteter Sandsteinfels in verschie- denen Gra- den der Ver- witterung.	Buchen rein.	104	A B C	316 325 338	} 3,15
Laubdecke von 3 Ctm. Dicke.	a. 0,02 b. 0,09 c. 0,80	do.	do.	ca. 0,80 M. tiefe Sand- und Thon- schichten wechsellagerad.	Buchen.	68	A B C	152 166 186	} 2,22
Vollständige Laubdecke, 2—3 Ctm. dick, mit einzelnen zu Tage liegen- den Steinen.	a. 0,08 M. b. 0,09 „ c. 0,90 „	frisch	locker	Von wech- selnder Tiefe: ca. 0,80 M. Sandschich- ten m. Thon- schichten ab- wechselnd, da- zwischen kleinere u. grössere Fels- stücke oder auch anstehend. Bunt- sandsteinfels.	Buchen rein, vollkommen geschlossen von sehr ge- deihlichem Wachstum.	44	A B	143 148	} 3,29
Reine Laub- decke von 3—5 Ctm. Dicke.	a. 0,09 bis 0,12 M. b. 0,06 bis 0,09 M. c. durchschn. 0,35 M.	frisch	mässig fest, in den oberen Schich- ten locker.	Wenig ver- witterter Basaltfels von geringer Zerklüftung.	Buchen rein, vollkommen geschlossen, von ausge- zeichnetem Wachstum.	53	A B C	393 436 381	} 7,60

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abfammung.	Benennung nach den vorherrschenden mineralischen Bestandtheilen.
Merzalben V. 2.	350	S.	9°	Im oberen Theile d. Gehänges eines Bergrückens i. zusammenhängenden Gebirge des Haardt-waldes.	Gegen NO. und S. ganz geschützt, nur gegen W. etwas frei.	Verwitterungsboden des Buntsandsteins.	Kreis Feinkörniger Sandboden mit sehr geringer Lehmbeimischung und plattenförmigen Sandsteinen.
Merzalben IX. 13. a.	394	N.	9°, allmählig bis 15° ansteigend.	Oberer Theil eines Bergrückens im Haardtgebirge.	Nach S. u. W. durch einen vorliegenden Bergkopf, nach allen anderen Richtungen durch vorliegende Bestände geschützt.	do.	Feinkörniger Sandboden mit wenig Lehmbeimischung, in der Tiefe mit kleinen Steinen gemengt.
Merzalben XIII. 7.	262	S. mit ganz geringer Neigung gegen O.	Fast gleichmässig unter 5° abdachend.	Im unteren Theile eines Abhanges von ca. 40 M. relativer Höhe, im Haardtgebirge.	Von allen Seiten durch Höhenrücken und Wald geschützt.	do.	Sandboden übergehend in lehmigen Sand.
Iggelbach XVIII. 3.	260	S.	12°, unterhalb, der Versuchflächen steiler.	Terrasse im mittleren Theile eines Gehänges im Haardtgebirge.	Wald, ringsum vom Gebirge eingeschlossen, gegen Wind geschützt.	do.	Lehmiger Sandboden, steinig durch grössere und kleinere Sandsteinbrocken.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Hu- musschichte, b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandalter	Holzvorrath der Versuchsfläche pro Hectar		Jährl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Jahre					Cubikmeter.			
Pfalz									
Laubdecke von 6 Ctm. Dicke.	a. 0,04 M. b. 0,55 „ also sehr hu- musreich. c. 1,15 M. sehr tief- gründig.	frisch	mässig fest	1,75 M. tiefe Lage v. Sand mit zerfallen- dem platten- förmig. Sand- stein durch- setzt, der meistens hor- izontal liegt.	Eichen mit beigemisch- ten Buchen von starker Astverbrei- tung. Die Eiche sehr wüchsig.	65	A 214 B 247 C 283 D 226	3,72	
Laubdecke von 7 Ctm. Dicke.	a. 0,06 M. b. 0,60 „ sehr humus- reich, c. 1,15 M.	do.	do.	ca. 2 M. tief Sand mit klei- nen Steinen und Brocken von Bunt- sandstein.	Buchen mit sehr geringer Beimischung von Eichen und Kiefern.	65	A 326 B 241 C 302 D 318	4,57	
Laubdecke von 7 Ctm. Dicke.	a. 0,06 M. b. 0,52 „ c. 1,15 „	do.	mässig fest.	Sandschich- ten von über 2 M. Mäch- tigkeit.	Buchen mit sehr geringer Beimischung von Eichen.	76	A 259 B 180 C 215 D 185	2,75	
Moos und Kiefern- adeln, hie und da Gras und Heidel- beerkraut (accin. myr- tillus).	a. 0,08 M. b. 0,09 „ c. 0,88 „	do.	locker	0,60 M. tiefe Sandschichte mit zerfallen- den Sand- steinbrocken, darunter der Buntsand- steinfels.	Kiefern mit sehr wenig Buchen.	51	A 373 B 363 C 416 D 352	7,39	

Beschreibung der Streuversuchflächen

Oberförsterei und Waldort (Distrikt, Abtheilung u. Litera.)	Meereshöhe Meter.	Lage der Versuchflächen				Beschreibung	
		Exposition.	Neigung.	Terrain.	Umgebung.	Geognostische Abstammung.	Benennung nach den verbreiteten mineralischen Be- standtheilen.
Elmstein IV. 9.	455	S.	4°, im tiefer ge- legenen Theil bis 8°.	Hochebene auf einem Bergrücken im Haardt- gebirge.	Ganz von Wald umge- ben; die Lage selbst ist frei und nicht ge- schützt durch vorliegendes Gebirge.	Verwit- terungsboden des Bunt- sandsteins.	Sandboden, der bis zu 0,60 M. frei von Steinen, tiefer aber mit Gesteins- trümmern von Bunt- sandstein vermischt ist
Stiftswald XXX. 4.	397	NW.	7°, unterhalb der Versuchs- flächen steiler.	Plateau eines von NO. nach SW. ziehen- den lang- gestreckten Bergrückens; Ausläufer des Haardtgebir- ges.	Ringsum von Waldungen umgeben.	do.	Lehmiger Sandboden (19% Lehm- steinig, mit Gerölle von Buntsand- stein ge- mengt.
Waldleinin- gen XI. 2. a	470	W.	7°, in den tiefer gelegenen Theilen steiler.	Am oberen Theile einer Bergwand im zusammen- hängenden Gebirge der Haardt.	Rings von bewaldeten Höhen umge- ben und durch vorlie- gende Berg- rücken vor Winden geschützt.	do.	Sandboden mit 8% Thon.
Waldleinin- gen XI. 1.	470	N.O	8°, unterhalb steiler.	Wie oben.	Wie oben.	Verwit- terungsboden des Bunt- sandsteins.	Sandboden mit 5% Thon.

in den Staatsforsten Bayerns.

des Bodens					Holzbestand				
Bekleidung der Boden-Ober- fläche.	Tiefe a. der reinen Humus- schichte, b. der mit Humus gemengten Erd- schichte, c. des Wurzel- bodenraums. Meter.	Feuchtigkeits- grad.	Consistenz.	Tiefe und Beschaffenheit des Untergrundes.	Holzarten und deren Mischungs- Verhältniss.	Durchschnitt, Restandsalter.	Holzrorrath der Versuchsfläche pro Hectar.		Jahrl. Durchschnitts- Zuwachs pro Hectar (excl. Zwischen- nutzungen.)
	Jahre					Cubikmeter.			
Nadel- und Laubdecke mit einzelem Moos, ohne Forst- unkräuter.	a. u. b. 0,10 M. c. 1,15 M.	trocken	locker	Ueber 2 M. tiefe Schichte verwittern- den und zer- fallenden Buntsand- steins, unter welcher der compakte Fels auftritt.	Kiefern mit wenig Buchen und Eichen.	80	A 440 B 501 C 451 D 436	} 5,71.	
Laubdecke; nur auf ein- zelnen zu Tage gehen- den Steinen Moosdecke.	a. 0,03 M. b. 0,35 „ humusreich, c. 0,50 M.	frisch	locker	1,50 M. tiefe Schichte von Sand und Ge- rölle ver- witternden Buntsand- steins.	Buchen mit wenigen Birken und einzelnen Kiefern.	85	A 321 B 319 C 316 D 388		} 3,95
Moos- und Nadeldecke von 6 bis 9 Ctm. Dicke, mit etwas Vaccinien (myrtillus u. vitis Idäa).	a. 0,06 M. saurer Hu- mus, b. 0,23 M., sehr humus- reich, c. 0,75 M. Gerölle von Sandstein, gemengt mit Sand.	do.	In den ober- sten Schich- ten (bis 0,30 M.) locker, dann all- mählig immer fester.	Geröll- schichte von faustgrossen Buntsand- steinbrocken, deren Grösse u. Festigkeit mit der Tiefe immer zu- nimmt.	Kiefern rein.	108	A 394 B 373 C 368 D 371	} 3,48	
Laubdecke von 4 – 6 Ctm.	a. 0,03 M. b. 0,06 „ c. 0,75 „	frisch	Locker, in den tieferen Schich- ten fest.	Wie oben.	Buchen, auf der Ver- gleichsfläche einige Eichen.	110	A 470 B 492 C 494 D 463		} 4,80

Tabelle II.

Beobachtungen über die Zeit des Blattabfalls,

angestellt an den

phänologischen Stationen Bayerns.

Zeit der Entlaubung der wichtigsten Waldbäume

nach den

Angaben der phänologischen Beobachtungen in Bayern, der Schweiz und in Wien (bot. Garten).

Beobachtungs-Bezirke.	Jahrgänge.	Datum der Entlaubung.		Normal-Mittel für 350 M. Meereshöhe.	Bemerkungen für je 100 M. Meereshöhe früher um
		Frühestes	Spätestes		
Rothbuche (<i>Fagus sylvatica</i>).					
Bayern (Mittel aus 62 Stationen)	1869	30. Sept.	1. Dec.	10. Nov.	5,5 Tage
"	1870	3. Okt.	22. Nov.	28. Okt.	4,5 ..
"	1871	7. Okt.	22. Nov.	11. Nov.	3,8 ..
"	1872	16. Okt.	8. Nov.	26. Okt.	3,0 ..
Mittel für Bayern		6. Okt.	21. Nov.	3. Nov.	4,2 Tage
Schweiz (Canton Bern*)	1869	25. Okt.	28. Nov.	7. Nov.	..
"	1870	10. Okt.	20. Nov.	1. Nov.	2,9 Tage
"	1871	25. Okt.	28. Nov.	12. Nov.	2,0 ..
"	1872	15. Okt.	25. Nov.	7. Nov.	2,7 ..
Mittel für die Schweiz		19. Okt.	18. Nov.	7. Nov.	2,5 Tage
Wien, 9-jähriges Mittel		5. Nov.	22. Nov.	13. Nov.	
Stieleiche (<i>Quercus pedunculata</i>).					
Bayern	1869	19. Okt.	6. Dez.	11. Nov.	4,8 Tage
"	1870	6. Okt.	20. Nov.	4. Nov.	4,6 ..
"	1871	14. Okt.	29. Nov.	14. Nov.	3,2 ..
"	1872	5. Okt.	30. Nov.	3. Nov.	5,6 ..
Mittel für Bayern		11. Okt.	29. Nov.	8. Nov.	4,5 Tage
Schweiz (Canton Bern)	1869	2. Nov.	23. Nov.	8. Nov.	
"	1870	7. Okt.	27. Nov.	2. Nov.	
"	1871	20. Okt.	28. Nov.	14. Nov.	
"	1872	11. Okt.	23. Nov.	5. Nov.	
Mittel für die Schweiz		18. Okt.	25. Nov.	7. Nov.	
Wien, 9-jähriges Mittel		22. Okt.	10. Nov.	31. Okt.	

*) Die Beobachtungen in der Schweiz beziehen sich auf eine durchschnittliche Höhe von 450 Meter.

Beobachtungen über die Zeit des Blattabfalls etc.

Beobachtungs-Bezirke.	Jahr- gänge.	Datum der Entlaubung.		Normal- Mittel für 350 M. Meereshöhe.	Bemerkungen. für je 100 M. Meereshöhe früher um
		Frühestes	Spätestes		
Gemeiner Ahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>).					
Bayern	1869	12. Okt.	10. Nov.	28. Okt.	4,5 Tage
"	1870	28. Sept.	14. Nov.	23. Okt.	5,8 "
"	1871	11. Okt.	27. Nov.	6. Nov.	3,4 "
"	1872	1. Okt.	11. Nov.	22. Okt.	2,9 "
Mittel für Bayern		5. Okt.	15. Nov.	27. Okt.	4,1 Tage
Schweiz (Canton Bern)	1869	5. Okt.	20. Nov.	6. Nov.	2,5 Tage
"	1870	1. Okt.	4. Nov.	24. Okt.	2,2 "
"	1871	15. Okt.	15. Nov.	10. Nov.	1,6 "
"	1872	1. Okt.	4. Nov.	28. Okt.	2,0 "
Mittel für die Schweiz		5. Okt.	11. Nov.	2. Nov.	2,1 Tage
Wien, 9-jähriges Mittel		1. Nov.	22. Nov.	11. Nov.	
Birke (<i>Betula alba</i>).					
Bayern	1869	7. Okt.	21. Nov.	6. Nov.	3,3 Tage
"	1870	10. Okt.	23. Nov.	29. Okt.	4,0 "
"	1871	11. Okt.	19. Nov.	1. Nov.	2,5 "
"	1872	20. Sept.	20. Nov.	27. Okt.	2,3 "
Mittel für Bayern		4. Okt.	21. Nov.	1. Nov.	3,0 Tage
Schweiz (Canton Bern)	1869	25. Okt.	12. Nov.	4. Nov.	—
"	1870	29. Sept.	15. Nov.	5. Nov.	2,5 Tage
"	1871	15. Okt.	20. Nov.	10. Nov.	2,3 "
"	1872	19. Okt.	23. Nov.	14. Nov.	1,0 "
Mittel für die Schweiz		14. Okt.	19. Nov.	8. Nov.	1,9 Tage
Wien, 9-jähriges Mittel		25. Okt.	8. Nov.	30. Okt.	
Eiche (<i>Fraxinus excelsior</i>).					
Bayern	1869	29. Sept.	11. Nov.	19. Okt.	4,2 Tage
"	1870	1. Okt.	10. Nov.	20. Okt.	4,2 "
"	1871	19. Okt.	7. Nov.	4. Nov.	3,5 "
"	1872	10. Okt.	4. Nov.	21. Okt.	3,4 "
Mittel für Bayern		14. Okt.	8. Nov.	24. Okt.	3,8 Tage
Schweiz (Canton Bern)	1869	10. Okt.	12. Nov.	3. Nov.	1,6 Tage
"	1870	—	30. Okt.	20. Okt.	1,8 "
"	1871	10. Okt.	12. Nov.	7. Nov.	3,1 "
"	1872	11. Okt.	6. Nov.	2. Nov.	3,7 "
Mittel für die Schweiz		10. Okt.	7. Nov.	1. Nov.	2,5 Tage
Wien, 9-jährig. Mittel		11. Okt.	3. Nov.	28. Okt.	

Beobachtungen über die Zeit des Blattabfalls etc.

Beobachtungs-Bezirke.	Jahr- gänge.	Datum der Entlaubung.		Normal- Mittel für 350 M. Meereshöhe.	Bemerkungen. für je 100 M. Meereshöhe früher um
		Frühestes	Spätestes		
Schwarzzerle (<i>Alnus glutinosa</i>).					
Bayern	1869	14. Okt.	15. Nov.	1. Nov.	3,5 Tage
„	1870	10. Okt.	22. Nov.	25. Okt.	3,7 „
„	1871	4. Okt.	13. Nov.	24. Okt.	4,3 „
„	1872	1. Okt.	18. Nov.	29. Okt.	4,0 „
Mittel für Bayern		7. Okt.	17. Nov.	27. Okt.	3,9 Tage
Schweiz (Canton Bern)	1869	26. Okt.	2. Nov.	31. Okt.	—
„	1870	7. Okt.	12. Nov.	17. Okt.	2,0 Tage
„	1871	10. Okt.	16. Nov.	7. Nov.	2,2 „
„	1872	15. Okt.	15. Nov.	3. Nov.	2,8 „
Mittel für die Schweiz		14. Okt.	11. Nov.	30. Okt.	2,3 Tage
Wien, 9-jähr. Mittel		13. Nov.	28. Nov.	23. Nov.	
Linde (<i>Tilia parvifolia</i>).					
Bayern	1869	2. Okt.	12. Nov.	25. Okt.	3,6 Tage
„	1870	29. Sept.	27. Okt.	23. Okt.	5,4 „
„	1871	6. Okt.	10. Nov.	2. Nov.	3,2 „
„	1872	11. Okt.	4. Nov.	17. Okt.	5,0 „
Mittel für Bayern		4. Okt.	5. Nov.	24. Okt.	4,3 Tage
Schweiz	1869	20. Okt.	20. Nov.	14. Nov.	—
„	1870	25. Sept.	15. Nov.	2. Nov.	3,3 Tage
„	1871	22. Okt.	1. Dez.	6. Nov.	2,6 „
„	1872	10. Okt.	18. Nov.	5. Nov.	3,7 „
Mittel für die Schweiz		12. Okt.	21. Nov.	7. Nov.	3,2 Tage
Wien, 9-jähr. Mittel		31. Okt.	17. Nov.	9. Nov.	
Lärche (<i>Larix europaea</i>).					
Bayern	1869	16. Okt.	9. Dez.	14. Nov.	5,5 Tage
„	1870	15. Okt.	7. Dez.	7. Nov.	5,7 „
„	1871	10. Okt.	5. Dez.	21. Nov.	4,4 „
„	1872	12. Okt.	26. Nov.	4. Nov.	4,2 „
Mittel für Bayern		13. Okt.	4. Dez.	11. Nov.	4,9 Tage

Tabelle III.

Untersuchungen

**über die Grösse der Streuproduktion in den
Staatsforsten Bayerns,**

angestellt

von den betreffenden königlichen Oberförstern.

Tabelle III a. Grösse des jährlichen Blatt-

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittliches Bestandesalter.	Zuwachsklasse (nach Prenter).	Jährlicher Blatt-			
					Erstes Jahr.	Zweites Jahr.	Drittes Jahr.	Viertes Jahr.
					Ergebniss pro Hectar			
I. Buchenbestände,								
Rothenbuch . . .	III. 4. c.	Buchen m. eingewachsenen alten Eichen.	27	I.	3249	5272	5759	3571
Waldaschaff . . .	IX. 3. c.	Buchen rein.	35	III.	2308	2400	2334	2432
Wiesen	XXIV. 5. a.	Buchen u. Eichen, einzelne Birken.	42	I.	4863*	4865	4906	3519
Binsfeld	I. 8.	Buchen mit wenig Eichen u. Aspen.	44	I.	3696*	3696	4477	4101
Hain	XII. 5. c.	Buchen rein.	44	II.	3158	2444	4223	3502
Schernfeld	XXIV. 3. a.	Buchen mit Birk-n und Aspen.	46	I.	9302	7735	5773	5447
Lohrerstrass . . .	III. 3.	Buchen u. Eichen m. Eichenoberständern.	46	II.	1953*	1953	4921	4584
Höchberg	IV. 3.	do.	46	II.	4895*	4895	3489	3257
Gefäll	XXXII. 1.	Buchen rein.	52	I.	5029	6738	6410	5817
Rohrbrunn	XIII. 8.	Eichen mit wenig Buchen.	54	I.	3912	4272	3499	3271
Ruppertshütten . .	XVII. 4. d.	Buchen rein.	56	I.	2326*	2326	4116	3227
Durchschnitt für Buchenmittelhölzer					4063	4236	4537	3814
II. Buchenbestände,								
Hundelshausen . .	IV. 4.	Buchen mit wenig Eichenheistern.	60	III.	3789*	3789	3695	2708
Rothenbuch	V. 4. a.	do.	63	I.	4928	3710	4484	3891
Merzalben	IX. 13. a.	Buchen mit Eichen und Kiefern.	65	IV.	4901	3205	3620	2418
Merzalben	V. 2.	Eichen mit Buchen.	65	III.	2744	4813	2836	3014
Hain	XV. 11. d.	Buchen rein.	68	IV.	5591	5391	4753	4701
Merzalben	XIII. 7. a.	Buchen mit wenig Eichen.	76	II.	4784	6090	4250	3848
Stiftswald	XXX. 4.	Buchen mit wenig Birken.	85	III.	5547	5224	5632	4847
Durchschnitt für angehend haubare Buchen					4612	4603	4086	3678

Anmerkung. In einzelnen Jahrgängen konnte auf manchen Versuchsflächen die Entfernung und Wäzung nicht vorgenommen werden. In der Tabelle wurde in diesem Falle je die Hälfte des Ergebnisses für jeden der beiden Jahrgänge gewogen.

und Nadelabfalls pro Hectar.

oder Nadelabfall.				Jahrgang und Datum der einzelnen Berechnungen und Wägungen.						
Fünftes Jahr.	Sechstes Jahr	Siebentes Jahr	Durch- schnitt.							
in Kilogr. lufttrockener Streu.				I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Mittelholzkasse von 30 bis 60 Jahren.										
4336	2894*	2894	4039	1861	1862	1864	1865	1866	—	1868
2564	4338	4701	3011	24. Sept. 1863	22. Nov. 1864	24. März 1865	2. Juni 1866	25. Juli 1867	1868	19. Sept. 1870
3800	—	—	4391	Novbr. —	Novbr. 1870	Dezbr. 1871	Novbr. 1872	Novbr. 1873	7. Dezbr. —	2. März —
3947	—	—	3983	—	7. April 1870	17. Juli 1871	12. Juli 1872	23. Juli 1873	—	—
—	—	—	3282	1870	22. April 1871	19. Mai 1872	22. April 1873	5. Juni —	—	—
5018	5104	—	6396	20. Juni 1867	7. Juli 1869	5. Juli 1870	5. Juni 1871	1872	1873	—
4282	—	—	3539	11. Nov. —	12. Juni 1870	8. Juli 1871	2. Juni 1872	4. Mai 1873	5. Juni —	—
2357	—	—	3785	—	22. Juni 1870	13. Mai 1870	20. Juni 1872	21. Juni 1873	—	—
6287	6779	4109	5881	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
3978	4253	3695	3840	14. Aug. 1867	21. Juli 1868	8. Juni 1869	17. Juni 1870	30. Mai 1871	6. Juli 1872	26. Juli 1873
3895	—	—	2998	2. Juni —	6. April 1870	7. Juni 1871	21. Mai 1872	9. März 1873	18. Juni —	10. Juli —
4046	4674	3849	4104	oder 3365 Kilo bei 100° C. getrocknet (18% Verlust).						
angehend haubare Klasse von 60 bis 90 Jahren.										
3654	—	—	3539	—	1870	1871	1872	1873	—	—
3046	—	—	4032	1869	19. Mai 1870	24. Mai 1871	19. Juni 1872	9. Juni 1873	—	—
3096	3214	—	3316	24. Juli 1868	23. Mai 1869	19. Juni 1870	27. Juni 1871	23. Juli 1872	1873	—
2949	3258	—	3269	4. April 1867	14. Juli 1869	3. Juni 1870	18. Juli 1871	2. Juli 1872	4. Juli 1873	—
5536	5427*	5427	5261	15. Nov. 1862	15. Juli 1863	31. Mai 1864	20. Juli 1865	4. Juli 1866	11. Juli —	1867
3419	3302	—	4279	4. Juli 1862	9. Juli 1869	17. Juli 1870	3. Aug. 1871	11. Juni 1872	—	19. Nov. —
5949	2926	—	5044	13. Nov. 1862	13. Juli 1869	11. Juni 1870	21. Juli 1871	3. Juli 1872	25. Juli 1873	—
3950	3625	—	4106	oder 3368 Kilo bei 100° C. getrocknet (18% Verlust).						

Jährlicher Streuanfall nicht mehr rechtzeitig geschehen, so dass dann der Anfall von zwei Jahrgängen zusammen eingesetzt und die erste Zahl mit einem * versehen.

Tabelle III a. Grösse des jährlichen Blatt-

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittliches Bestandesalter.	Zuwachsklasse. (nach Presaler).	Jährlicher Blatt-				
					Erstes Jahr.	Zweites Jahr.	Drittes Jahr.	Viertes Jahr.	
					Ergebniss pro Hectar				
III. Buchenbestände,									
Handelshausen	IV. 2. a.	Buchen rein.	91	III. 4431*	4434	4906	3880		
Waldaschaff	IX. 6. a.	do.	95	III. 5095	5111	5095	4898		
Breitenfurth	V. 1. b.	Buchen m. einzelnen Fichten u. Kiefern.	95	III. 4132	3895	4878	4744		
Kipfenberg	VIII. 2.	Buchen m. einzelnen Elsbeer u. Fichten.	95	IV. 2040*	2040	2930	3963		
Hain	XIII. 1. b.	Buchen rein.	104	IV. 2087	2367	2301	2696		
Waldleiningen	XI. 1.	do.	110	III. 3815	6228	6084	6234		
Rothenbuch	I. 8.	Buchen m. einzelnen alten Eichen.	130	III. 4300	2096	4947	4300		
Durchschnitt für haubare Buchen					3700	3739	4449	4388	
IV. Fichtenbestände,									
Zeyern	X. 2. a.	Fichtenpflanzung.	18	I. 787	3506	6328	8736		
Golderonach	XXII. 1. a.	Fichten u. Tannen.	24	IV. 4899	3659	5415	3297		
Durchschnitt für Fichtenjunghölzer					2813	3583	5871	6016	
V. Fichtenbestände,									
Bischofswies	LIX. 2. b.	Fichten und Tannen.	34	III. 5754	5788	4720	5734		
Krün	XX. a.	Fichten mit wenig Tannen u. Ahornen.	34	IV. 1259	1551	3570	3625		
Altenbuch	VI. 4. a.	Fichten m. einzelnen Lärchen.	36	II. 3643	2811	6214	3399		
Effelter	XII. 4.	Tannen u. Fichten.	37	II. 411	863	1602	1643*		
Bayersried	VI. 5. b.	Fichten rein.	40	I. 3780	3123	2548	2818		
Partenkirchen	VIII. 2. b.	do.	40	III. 2085	1742	2128	1584		
Golderonach	XXIII. 11. b.	do.	47	IV. 7943	7953	5667	3936		
Walchensee	IV. 8. a.	Fichten m. einzelnen Tannen.	48	I. 4619	8093	4213	7289		
Wallenfels	I. 12. a.	do.	55	I. 2319	1535	—	—		
Bischofsgrün	XXV. 9.	Fichten u. Tannen.	55	II. 4894	4810	4797	3745		
Marquartstein	VIII. 5. c.	do.	58	II. 4175	4619	7661	6930		
Tussenhausen	II. 7. a.	Fichten m. einzelnen Buchen.	59	II. 8744	6214	6119	6463		
Durchschnitt für Fichtenmittelhölzer					4135	4092	4477	4988	

und Nadelabfalls pro Hectar.

oder Nadelabfall.				Jahrgang und Datum der einzelnen Berechnungen und Wägungen.						
Fünftes Fahr.	Sechstes Jahr	Siebentes Jahr	Durch- schnitt.	I.	II.	III.	VI.	V.	VI.	VII.
in Kilogr. lufttrockener Streu.										
haubare Klasse über 90 Jahren.										
4755	—	—	4482	—	1870	1871	1872	1873	—	—
					27. Mai	25. Mai	20. Juni	30. Juni		
5032	4931	—	5032	1862	1863	1864	1865	1866	1867	—
4852	2497	2935	3990	1867	1867	1869	1870	1871	1872	1873
				23. Juli	5. Nov.	11. Juni	22. Juni	10. Juli	17. Juli	5. Juni
2996	3114	2882	2852	—	1868	1869	1870	1871	1872	1873
					20. Mai	12. Juli	23. Mai	23. Aug.	12. Juli	7. Aug.
3254	2766*	2766	2605	1862	1863	1864	1865	1866	—	1867
				3. Juli	7. Juli	11. Juli	31. Juli	26. Aug.	—	18. Nov.
3513*	3513	5714	5014	1867	1868	1869	1870	—	1872	1873
				16. Okt.	16. März	15. Juli	8. Juli	—	9. Aug.	21. Juli
4050	—	—	3938	1869	1870	1871	1872	1873	—	—
				24. Juli	24. Mai	16. Juni	26. Juni	22. Juli		
4069	3364	3574	3988	oder 3270 Kilo bei 100° C. getrocknet (18% Verlust).						
Junghölzer unter 30 Jahren.										
6579 }	11050	—	6407	1867	1868	1869	1870	1871	1872	—
1458 }				23. Juli	19. Mai	10. Juni	28. Mai	^{24. Mai} 18. Novbr	25. Sept.	—
3253	4140	—	4110	1867	1868	1869	1870	1871	1872	—
				18. Okt.	12. Okt.	20. Okt.	26. Sept.	13. Okt.	19. Okt.	—
5645	7595	—	5258	oder 4469 Kilo bei 100° C. getrocknet (15% Verlust).						
Mittelholzkasse von 30 bis 60 Jahren.										
4932	4841	4790	5223	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
				22. Juli	16. Juli	12. Juli	8. Juli	7. Juli	19. Juni	17. Juni
3287	2260	—	2592	1868	1869	1870	1871	1872	1873	—
				20. Juli	6. Juli	15. Juni	30. Juni	22. Juli	17. Juli	—
3535	3096	4012	3816	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
				10. Okt.	22. Juni	10. Juli	19. Juli	16. Juni	21. Juni	11. Juli
1643	1088	866	1157	1867	1868	1869	—	1871	1871	1873
				26. Okt.	8. Juli	5. Juni	—	27. März	13. Okt.	11. Okt.
3096	—	—	3073	1869	1870	1871	1872	1873	—	—
				19. Juli	18. Juli	6. Juli	19. Juni	28. Juni	—	—
1681	1664	—	1814	1868	1869	1870	1871	1872	1873	—
				21. Juli	28. Juli	20. Mai	26. Mai	3. Aug.	7. Juli	—
4280	6764	—	6090	1867	1868	1869	1870	1871	1872	—
				24. Okt.	13. Okt.	13. Okt.	28. Sept.	17. Okt.	4. Okt.	—
3376	5793	4464	5407	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
				19. Aug.	9. Juli	20. Juni	20. Juni	12. Juni	13. Juni	9. Juli
—	—	—	1927	1867	1868	—	—	—	—	—
				14. Aug.	11. Juli	—	—	—	—	—
5725	4764	—	4789	1867	1868	1869	1870	1871	1872	—
				18. Okt.	12. Okt.	8. Okt.	28. Sept.	17. Okt.	14. Sept.	—
8668	5024	3801	5840	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
				2. Aug.	30. Juni	14. Juli	25. Juli	6. Juli	17. Juni	26. Juni
5784	4091	3501	5845	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
				12. Juli	8. Aug.	13. Juli	11. Juli	8. Aug.	12. Juli	11. Juli
4182	3937	3572	3964	oder 3369 Kilo bei 100° C. getrocknet (15% Verlust).						

Tabelle III. a. Grösse des jährlichen Blatt-

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittliches Bestandesalter.	Zuwachsklasse. (nach Pressler).	Jährlicher Blatt-			
					Erstes Jahr.	Zweites Jahr.	Drittes Jahr.	Viertes Jahr.
					Ergebniss pro Hectar			
VI. Fichtenbestände,								
Schliersee	VIII. 2. a.	Fichten u. Tannen.	60	III.	2666	3943	4100	3874
Riss	IV. 4. a.	Fichten, Buchen und Ahorn.	65	II.	1963	2072	4727	2290
Königsee	XVI. 1. b.	Fichten rein.	70	II.	3616	4293	5514	2395
Saalachthal II.	XXIII. 8. c.	do.	70	II.	2533	1479*	1479	3544
Bayersried	VI. 1. e.	do.	70	III.	2096	2219	1973	3865
Ottobeuren	III. 5. b.	do.	73	III.	1808	1789	1710	2540
Kirchdorf	I. 7. b.	Fichten mit wenig Tannen.	75	III.	4881	9248	5733	5300
Lauenhain	II. 1. a.	Fichten rein.	80	IV.	2466	2424	—	—
Bischofsgrün	XXV. 9. a.	do.	86	III.	7744	5496	7570	5696
Durchschnitt für angehend haubare Fichten					3308	3663	4101	3688
VII. Fichtenbestände,								
Bayersried	VI. 3. c.	Fichten rein.	94	III.	3205	2630	2630	3052
Valepp	XII. 5. a.	Fichten mit Buchen, Tannen u. Ahornen.	100	IV.	1979	2099	2431	1825
Rothkirchen	II. 5.	Fichten mit wenig Tannen.	104	III.	1772	1598	—	—
Ramsau	XLIII. 3. a.	Fichten mit einzelnen Tannen.	105	III.	2012	6246	4440	5657
Oberammergau	V. 2. a.	do.	105	III.	6460	5554	8640	7513
Ottobeuren	V. c.	Fichten rein.	106	III.	3328	2372	2104	2532
Schellenberg	X. 4. a.	Fichten und Tannen.	120	III.	1799	3805	2750	4865
Lauenhain	II. 4.	Fichten rein.	120	IV.	2630	2630	—	—
Jachenau	VII. 1.	Fichten und Tannen.	124	III.	4108	3733	2874	2157
Geroldsgrün	XVII. 15.	Tannen mit wenig Fichten.	125	III.	4717	2833	—	—
Durchschnitt für haubare Fichten					3201	3350	3696	3943

und Nadelabfalls pro Hectar.

oder Nadelabfall.				Jahrgang und Datum der einzelnen Berechnungen und Wägungen.						
Fünftes Jahr.	Sechstes Jahr.	Siebentes Jahr.	Durch- schnitt.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
in Kilogr. lufttrockener Streu.										
angehend haubare Klasse von 60 bis 90 Jahren.										
3351	3836	1836	3372	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
3714	1481	1596	2549	12. Juli 1867	17. Juni 1868	9. Juli 1869	22. Juni 1870	10. Juli 1871	12. Juli 1872	30. Juni 1873
—	—	—	3954	31. Juli 1870	15. Juni 1871	17. Juli 1872	7. Juli 1873	3. Juli —	22. Juli —	22. Juli —
1565	3011	2004	2231	6. Juli 1867	10. Juli —	8. Juli 1869	12. Juli 1870	1871	1872	1873
3665	—	—	2764	22. Juli 1869	1870	2. Juni 1871	11. Juli 1872	3. Juli 1873	19. Juli —	25. Juni —
2426	1655	1808	1962	16. Juli 1867	16. Juli 1868	4. Juli 1869	18. Juni 1870	26. Juni 1871	1872	1873
4523	2542	3448	5096	23. Juli 1867	3. Aug. 1868	23. Juli 1869	18. Aug. 1870	3. Aug. 1871	24. Juli 1872	30. Juli 1873
—	—	—	2445	27. Juli 1867	25. Aug. 1868	23. Aug. —	26. Juli —	20. Juli —	23. Juli —	25. Juli —
6084	3507	—	6016	27. Sept. 1867	28. Mai 1868	1869	1870	1871	1872	—
				16. Okt.	10. Okt.	1. Okt.	27. Sept.	17. Okt.	21. Okt.	
3618	2672	2138	3376 oder 2869 Kilo bei 100° C. getrocknet (15% Verlust).							
haubare Klasse über 90 Jahre.										
3302	—	—	2964	1869	1870	1871	1872	1873	—	—
1752	1730	2295	2016	12. Juli 1867	15. Juli 1868	1. Juli 1869	17. Juni 1870	25. Juni 1871	—	—
—	—	—	1685	29. Juli 1867	18. Juni 1868	8. Juli —	21. Juli —	10. Juli —	24. Juli —	24. Juli —
6246	6096	4842	5077	3. Okt. 1867	20. Juli 1868	1869	1870	1871	1872	1873
7212	5958	6712	6864	22. Juli 1867	23. Mai 1868	28. Mai 1869	28. Mai 1870	31. Mai 1871	1. Juni 1872	4. Juni 1873
2693	1843	1972	2406	22. Juli 1867	15. Juni 1868	7. Juni 1869	5. Juli 1870	10. Juli 1871	23. Juli 1872	17. Juli 1873
2743	901	1262	2589	24. Juli 1867	4. Aug. 1868	24. Juli 1869	18. Aug. 1870	2. Aug. 1871	26. Juli 1872	29. Juli 1873
—	—	—	2630	22. Juli 1867	30. Juni 1868	7. Juni —	30. Mai —	23. Juni —	27. Juli —	21. Juni —
1973	2160	2095	2729	27. Sept. 1867	28. Mai 1868	1869	1870	1871	1872	1873
—	—	—	3775	3. Sept. 1867	13. Juli 1868	12. Juli —	20. Juli —	10. Juli —	11. Juli —	17. Juli —
				28. Sept.	9. Juli					
3703	3392	3377	3273 oder 2783 Kilo bei 100° C. getrocknet (15% Verlust).							

Tabelle III a. Grösse des jährlichen Blatt-

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Löttera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittliches Bestandesalter.	Zuwachsklasse. (nach Pressler).	Jährlicher Blatt-			
					Erstes Jahr.	Zweites Jahr.	Drittes Jahr.	Viertes Jahr.
					Ergebniss pro Hectar			
VIII. Kiefernbestände,								
Waldaschaff . . .	X. 5. b.	Kiefern mit einzelnen Lärchen.	25	II.	3888	3286	2773	3965
Grafenwöhr I. . .	XV. 11. a.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	27	III.	3988*	3988	3199	4288
Bodenwöhr I. . .	XV. 9. d.	Kiefern, rein.	36	IV.	6211	3768	2661	2367
Lichtenhof . . .	XXXIII. 5. a.	do.	37	V.	3519	—	—	—
Hannesreuth . . .	XVI. 9. b.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	37	V.	4663 ²	4693	3509	4167
Erlenbach . . .	I. 4. a.	Kiefern rein.	40	III.	1194*	4194	3330	3476
Brunnau . . .	I. 1. d.	do.	41	II.	3317*	3317	4569	4889
Pyrbaum . . .	VII. 4. b.	Kiefern mit einzelnen Oberständern.	45	III.	2909*	2909	4215	2100
Brunnau . . .	II. 2. b.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	46	IV.	3625*	3625	7297	2951
Bodenwöhr II. . .	XII. 3. a.	Kiefern rein.	48	V.	1775	2078	4280	1257
Durchschnitt für Kiefernmittelhölzer					4010	3536	4015	3327
IX. Kiefernbestände,								
Iggelbach . . .	XVIII. 3.	Kief. m. wenig Buch. u. einz. Reservestämm.	51	II.	3883*	3883	5720	4707
Feucht . . .	XVIII. 1. c.	Kiefern mit einzelnen Fichten.	56	III.	3550	—	—	—
Pyrbaum . . .	XIII. 1. c.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	56	III.	3421*	3421	3720	2725
Erlenbach . . .	I. 6. a.	Kiefern mit wenig Buchen.	61	III.	5447	3038	3510	3523
Grafenwöhr II. . .	XIX. 11. a.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	62	IV.	3298*	3298	3143	4025
Allersberg . . .	V. 2. b.	Kief. m. einz. Fichten u. alten Eichen.	74	III.	3443*	3143	2735	2673
Durchschnitt für angehend haubare Kiefern					3840	3417	3766	3532
X. Kiefernbestände,								
Elmstein . . .	IV. 9.	Kiefern mit Buchen und wenig Eichen.	80	III.	4997	4997	6447	6911
Nittenau . . .	XXXI. 11. a.	Kiefern rein.	80	V.	3123	4660	3780	3333
Pyrbaum . . .	XII. 1.	Kiefern mit einzelnen Fichten.	85	IV.	2827*	2827	3391	2104
Erlenbach . . .	I. 2. a.	Kiefern rein.	106	III.	4187	2001	2618	—
Waldleiningen . . .	XI. 2. a.	do.	107	IV.	9036	6923	7240	7446
Durchschnitt für haubare Kiefern					4834	4281	4695	4999

und Nadelabfalls pro Hectar.

der Nadelabfall.				Jahrgang und Datum der einzelnen Berechnungen und Wägungen.						
unftes ahr.	Sechstes Jahr.	Siebentes Jahr.	Durch- schnitt.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
in Kilogr. lufttrockener Streu.										
Mittelhölzer von 35 bis zu 50 Jahren.										
			3478	1870	1871	1872	1873			
				9. Juli	17. Juli	17. Juli	22. Juli			
115	3416	4728	4003	—	1867	1868	1869	1870	1871	1872
					11. Okt.	14. Okt.	14. Okt.	17. Okt.	16. Okt.	16. Okt.
114	2127	2251	3214	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
				11. Juli	25. Mai	24. Mai	23. Mai	31. Mai	10. Juni	26. Mai
			3519	1868	—	—	—	—	—	—
				22. Juli						
308	1268	2440	3131	—	1867	1868	1869	1870	1871	1872
					17. Okt.	17. Okt.	19. Nov.	10. Nov.	25. Okt.	25. Nov.
956	—	—	1230	—	1870	1871	1872	1873	—	—
					11. Mai	17. Mai	22. Juni	5. Juli		
528	1532	1585	3248	—	1868	1869	1870	1871	1872	1873
					19. Mai	21. Mai	27. Mai	23. Mai	16. Mai	13. Mai
			3108	—	1868	1869	1870	—	—	—
					11. Mai	25. Juli	9. Mai			
725	2298	2568	3584	—	1868	1869	1870	1871	1872	1873
					22. Mai	21. Mai	27. Mai	23. Mai	16. Mai	14. Mai
723	2043	1570	2101	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
				23. Juli	12. Mai	14. Mai	9. Mai	11. Mai	31. Mai	17. Mai
210	2114	2524	3397	oder 2921 Kilo bei 100° C. getrocknet (14% Verlust).						
angehend haubare Klasse von 50 bis 75 Jahren.										
308	2829	—	4055	—	1868	1870	1871	1872	1873	—
					20. Nov.	8. April	16. Mai	19. Juli	5. Juni	—
			3550	1868	—	—	—	—	—	—
				21. Juli						
			3347	—	1868	1869	1870	—	—	—
					13. Mai	23. Juni	9. Mai			
65	3568*	3568	4031	1862	1864	1864	1866	1868	—	1870
				3. Dez.	9. Jan.	11. Nov.	28. April	14. Okt.	—	13. Mai
84	2163	3742	3222	—	1867	1868	1869	1870	1871	1872
					18. Okt.	12. Okt.	16. Okt.	19. Okt.	17. Okt.	19. Okt.
20	1156	—	2 12	—	1869	1870	1871	1872	1873	—
					30. Juni	25. Mai	6. Juli	16. Mai	23. Juni	—
41	2129	3655	3491	oder 3002 Kilo bei 100° C. getrocknet (14% Verlust).						
haubare Klasse von 75 bis 100 Jahren.										
9	7264	—	6038	—	1869	1870	1871	1872	1873	—
					3. Mai	3. April	25. März	16. April	2. April	—
28	2150	3055	3433	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
				23. Juli	19. Mai	4. Juni	16. Mai	1. Juni	12. Juli	5. Mai
			2787	—	1868	1869	1870	—	—	—
					12. Mai	24. Juni	9. Mai			
			2935	1871	1872	1873	—	—	—	—
				9. Aug.	22. Juni	5. Juli				
30*	3250	4534	5954	1867	1868	1869	1870	—	1872	1873
				16. Okt.	10. Okt.	8. Nov.	7. Nov.		30. Juli	24. Juli
96	4321	3795	4229	oder 3636 Kilo bei 100° C. getrocknet (14% Verlust).						

Tabelle III. b. Grösse des dreijährigen Blatt- und Nadelanfalls pro Hectar.

Oberförsterei	Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittliches Bestandstiel.	Zuwachsklasse, (nach Pressler).	Streunutzung in 3-jährig. Turnus.		Bemerkungen.	
					Erste	Zweite	Datum der einzelnen Berechnungen.	
					Ergebniss an lufttrockener Streu pro Hectar.		I.	II.
					Kilogramme:			
I. Buchenmittelhölzer von 30 bis 60 Jahren.								
Rothenbuch	III. 4. c.	Buchen m. eingewachsenen alten Eichen.	27	I.	11483	--	1871	--
Waldaschaff	IX. 3. c.	Buchen rein.	35	III.	8191	--	16. Juli 1872	--
Hain	XII. 5. c.	do. do.	44	II.	7273	--	21. Juni 1872	--
Schernfeld	XXIV. 3. a.	Buchen mit Birken und Aspen.	46	I.	10854	10967	10. Juni 1870	1873
Gefall	XXXII. 1	Buchen rein.	52	I.	12326	12080	9. Juli 1869	5. Juni 1872
Rupperts- hütten.	XVII. 4. d.	do. do.	56	I	8034	--	8. Juni 1871	6. Juli --
Durchschnitt für Buchenmittelhölzer					9693	--	--	--
II. Buchen, angehend haubare Klasse von 60 bis 90 Jahren.								
Hundelshausen	IV. 4.	Buchen mit wenig Eichenheistern.	60	III.	7496	--	1872	--
Merzalben	V. 2.	Eichen mit wenig Buchen.	65	III.	5870	4660	19. Juni 1870	1873
Merzalben	IX. 13.	Buchen mit Eichen und Kiefern.	65	IV.	8682	5693	31. Mai 1870	21. Juli 1873
Merzalben	XIII. 7. a.	Buchen mit wenig Eichen.	76	II.	6971	4945	3. Juni 1870	8. Juli 1873
Durchschnitt für angehend haubare Buchen					7255	5099	--	--
III. Buchen, haubare Klasse von 90 bis 120 Jahren.								
Hundelshausen	IV. 2.	Buchen rein.	91	III.	10624	--	1872	--
Breitenfurth	V. 1. 6.	Buchen mit einzelnen Fichten und Kiefern.	95	III.	6932	5740	20. Juni 1870	1873
Kipfenberg	VIII. 2.	Buchen mit einz. Elsbeerbäumen u. Ficht.	95	IV.	10283	4884	23. Juni 1870	11. Juni 1873
Waldleiningen	X. 1.	Buchen rein.	110	III.	12205	10678	23. Mai 1869	8. Aug. 1873
Rothenbuch	I. 8.	Buchen mit einzelnen alten Eichen.	130	III.	10576	--	15. Juli 1871	19. Juli --
Durchschnitt für haubare Buchen					10124	7101	--	--
IV. Fichtenjunghölzer bis zu 30 Jahren.								
Zeyern	X. 2. a.	Fichtenpflanzung.	18	I.	4026	15147	1869	1872
Goldcronach	XXII. 1. a.	Fichten und Tannen.	24	IV.	5394	4523	10. Mai 1869	23. Sept. 1872
Durchschnitt für Fichtenjunghölzer					4710	9835	--	--
							30 Okt.	19. Okt.

Tabelle III. b. Grösse des dreijährigen Blatt- und Nadelanfalls pro Hectar.

Oberförsterei	Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältnisse.	Durchschnittliches Reinanschl. pro Zuwachstlasse. (nach Pressler).	Streennutzung in 3-jährig. Turnus.		Bemerkungen. Datum der einzelnen Berechnungen.		
				Erste	Zweite	I.	II.	
				Ergebniss an lufttrockener Streu pro Hectar.				
				Kilogramme:				
V. Fichtenmittelhölzer von 30 bis 60 Jahren.								
Altenbuch	VI. 4. a.	Fichten mit einzelnen Lärchen.	36	II.	7522	4969	1869 15. Juli	1872 26. Juni
Effelter	XII. 4.	Tannen und Fichten.	37	II.	3246	1233	1869 7. Juni	1872 12. Juli
Bayersried	VI. 5. b.	Fichten rein.	40	I.	6246	—	1871 6. Juli	—
Goldernach	XXIII. 11. b.	do. do.	47	IV.	7366	10626	1869 23. Okt.	1872 4. Okt.
Walchensee	IV. 8. a.	Fichten mit einzelnen Tannen.	48	I.	10104	8458	1869 23. Juni	1873 11. Juni
Bischofsgrün	XXV. 9.	Fichten und Tannen.	55	II.	16320	5576	1869 12. Okt.	1872 22. Okt.
Marquartstein	VIII. 5. c.	do. do.	58	II.	6659	10316	1869 17. Juli	1872 21. Juni
Tussenhausen	II. 7. a.	Fichten mit einzelnen Buchen.	59	II.	14232	12153	1869 20. Juli	1872 22. Juli
Durchschnitt für Fichtenmittelhölzer					8962	7619	—	—
VI. Fichten, angehend haubare Klasse von 60 bis 90 Jahren.								
Schliersee	VIII. 2. a.	Fichten und Tannen.	60	III.	7963	7472	1869 13. Juli	1872 22. Juli
Riss	IV. 4. a.	Fichten, Buchen und Ahorn.	65	II.	11212	3578	1869 17. Juli	1872 22. Juli
Saalachthal II.	XXIII. 8. c.	Fichten rein.	70	II.	6274	4821	1869 11. Juli	1872 24. Juli
Bayersried	VI. 1. c.	do.	70	III.	6984	—	1871 5. Juli	—
Kirchdorf	I. 7. b.	Fichten mit wenig Tannen.	75	III.	8707	4975	1869 25. Aug.	1872 23. Juli
Bischofsgrün	XXV. 9. a.	Fichten rein.	86	III.	11704	6838	1869 11. Okt.	1872 17. Sept.
Durchschnitt für angehend haubare Fichten					8807	5537	—	—
VII. Fichten, haubare Klasse über 90 Jahre.								
Bayersried	VI. 3. c.	Fichten rein.	94	III.	7067	—	1871 3. Juli	—
Valepp	XII. 5. a.	Fichten mit Buchen, Tannen u. Ahornen.	100	IV.	3939	4827	1869 9. Juli	1872 25. Juli
Oberammer- gau	V. 2. a.	Fichten mit einzelnen Tannen.	105	III.	14101	7736	1869 12. Juni	1872 25. Juli
Jachenau	VII. 1.	Fichten und Tannen.	124	III.	7604	6788	1869 19. Juli	1872 11. Juli
Durchschnitt für haubare Fichten					8178	6450	—	—

Tabelle III. b. Grösse des dreijährigen Blatt- und Nadelanfalls pro Hectar.

Oberförsterei	Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittliches Bestandalter, Zunachstklasse, (nach Pressler).	Streunutzung in 3-jährig. Turnus.		Bemerkungen. Datum der einzel- Berechnungen.		
				Erste	Zweite	I.	II.	
				Ergebniss an lufttrockener Streu pro Hectar				
				Kilogramme:				
VIII. Kiefernmittelhölzer von 25 bis 50 Jahren.								
Waldaschaff	X. 5. b.	Kiefern mit einzel- nen Lärchen.	25	II.	10773	—	1872 18. Juli	—
Grafenwöhr I.	XV. 11. a.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	27	III.	11237	11472	1868 14. Okt.	1871 16. Okt.
Bodenwöhr I.	XV. 9 d.	Kiefern rein.	36	IV.	8433	5934	1869 24. Mai	1872 12. Juni
do.	do.	do.	36	IV.	6825	9171	"	"
Hannesreuth	XVI. 9. b.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	37	V.	13594	5191	1869 20. Nov.	1872 25. Nov.
Erlenbach	I. 4. a.	Kiefern rein.	40	III.	7024	—	1871 17. Mai	—
Brunnau	I. 1. d.	do.	41	II.	9782	5440	1870 25. Mai	1873 13. Mai
do.	II. 2. b.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	46	IV.	9801	5496	1870 28. Mai	1873 14. Mai
Bodenwöhr II.	XII. 3. a.	Kiefern rein.	48	V.	7020	3635	1869 14. Mai	1872 18. Juni
Durchschnitt für Kiefernmittelhölzer					9388	6620	—	—
IX. Kiefern, angehend haubare Klasse von 50 bis 75 Jahren.								
Iggelbach	XVIII. 3.	Kiefern mit wenig Buchen u. einzeln, Reservestämmen	51	II.	15153	—	1871 19. Mai	—
Erlenbach	I. b. a.	Kiefern mit wenig Buchen.	61	III.	9303	—	1871 21. Juni	—
Grafenwöhr II.	XIX. 11. a.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	62	IV.	10873	10186	1869 16. Okt.	1872 16. Okt.
Allersberg	V. 2. b.	Kiefern mit einzelnen Fichten u. alten Eichen.	74	III.	3681	—	1871 6. Juli	—
Durchschnitt für angehend haubare Kiefern					8729	—	—	—
X. Kiefern, haubare Klasse von 75 bis 100 Jahren.								
Elmstein	IV. 9.	Kiefern mit Buchen und wenig Eichen.	80	III.	?	9027	1870 7. April	1873 3. April
Nittenau	XXXI. 11. a.	Kiefern rein.	80	V.	11176	8992	1869 4. Juni	1872 12. Juli
Erlenbach	I. 2. a.	do.	106	III.	9293	—	1871 10. Aug.	—
Waldleiningen	XI. 2. a.	do.	107	IV.	12205	10677	1869 8. Nov.	1873 23. Juli
Durchschnitt für haubare Kiefern					10891	9565	—	—

Tabelle III. c. Grösse des 6jährigen Blatt- und Nadelanfalles pro Hectar.

Oberförsterei	Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittl. Bestandsalter.	Zuwachsklasse (nach Pressler).	Ergebniss an lufttrockener Streu pro Hectar bei 6-jährigem Turnus.	Bemerkungen: Datum d. Berechnung.
					Kilogramme:	
I. Buchenbestände rein und gemischt.						
Merzalben	V. 2.	Eichen mit wenig Buchen.	65	IV.	5399	1873, 22. Juli.
do.	IX. 13.	Buchen mit Eichen und Kiefern.	65	IV.	7117	1873, 9. Juli.
do.	XIII. 7. a.	Buchen mit wenig Eichen.	76	II.	6289	1873, 29. Juli.
Waldleiningen	X. 1.	Buchen rein.	110	III.	15036	1873, 18. Juli.
Durchschnitt aller Buchenbestände					8460	—
II. Fichtenbestände rein und gemischt.						
Golderonach	XXII. 1. a.	Fichten und Tannen.	24	IV.	10956	1872, 19. Okt.
Altenbuch	VI. 4. a.	Fichten mit einzelnen Lärchen.	36	II.	4746	1872, 13. Juli.
Golderonach	XXIII. 11. b.	Fichten rein.	47	IV.	10768	1872, 4. Okt.
Walchensee	IV. 8. a.	Fichten mit einzelnen Tannen.	48	I.	11989	1873, 17. Juni
Bischofsgrün	XXV. 9.	Fichten u. Tannen.	55	II.	10735	1872, 24. Okt.
Tussenhausen	II. 7. a.	Fichten m. einzelnen Buchen.	59	II.	15734	1872, 22. Juli.
Schliersee	VIII. 2. a.	Fichten u. Tannen.	60	III	4722	1872, 23. Juli.
Riss	IV. 4. a.	Fichten, Buchen u. Ahorn.	65	II.	9571	1872, 22. Juli.
Kirchdorf	I. 7. b.	Fichten mit wenig Tannen.	75	III.	10327	1872, 23. Juli.
Bischofsgrün	XXV. 9. a.	Fichten rein.	86	III.	10090	1872, 6. Okt.
Valepp	XII. 5. a.	Fichten mit Buchen, Tannen u. Ahorn.	100	IV.	3654	1872, 26. Juli
Durchschnitt aller Fichtenbestände					9390	—
III. Kiefernbestände.						
Bodenwöhr I.	XV. 9. d.	Kiefern rein.	36	IV.	14029	1872, 15. Juni.
Bodenwöhr II.	XII 3. a	do.	48	V.	8875	1872, 19. Juni.
Erlenbach	I. 6. a.	Kiefern mit wenig Buchen.	61	III.	13990	1871, 9. Aug.
Grafenwöhr	XIX. 11 a	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	62	IV.	18833	1872, 19. Okt.
Elmstein	IV 9.	Kiefern mit Buchen und wenig Eichen.	80	III.	11643	1873, 19. Mai.
Waldleiningen	XI. 2. a.	Kiefern rein.	107	IV.	15006	1873, 22. Juli.
Durchschnitt für Kiefern					13729	—

Tabelle III. d. Streuvorrath auf einer bisher niemals oder wenigstens lange Zeit nicht berechneten Waldfläche pro Hectar.

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Nutzungs-Verhältnisse.	Durchschnittliches Bestandsalter.	Ergebniss der erstmaligen Be- rechnung der Versuchsflächen.					Datum der er- stmaligen Abrech- n. d. Flächen.
				A	B	C	D	Durch-	
				für Jähr- lichen Turnus	für 3-jährig. Turnus	für 6-jährig. Turnus	für 12- jährigen Turnus	schnitt	
Kilogramme lufttrockener Streu pro Hectar.									
I. Buchenbestände, Mittelholzklasse von 30 bis 60 Jahren.									
Rothenbuch	III. 4. c.	Buchen m. eingewach- senen alten Eichen.	27	10828	10167	—	—	10197	1899 26. Oct.
Waldaschaff	IX. 3. c.	Buchen rein.	35	4125	7429	—	—	5777	1898 Ma
Wiesen	XXIV. 5. a.	Buchen und Eichen, einzelne Birken.	42	14036	—	—	—	14036	1898 10. Sept.
Binsfeld	I. 8.	Buchen mit wenig Eichen und Aspen.	44	5830	—	—	—	5830	1898 1. Juli
Hain	XII. 5. c.	Buchen rein.	44	10146	10506	9868	—	10173	1899 18. Aug.
Sohernfeld	XXIV. 3. a.	Buchen mit Birken und Aspen.	46	24415	19976	—	—	22195	1899 6. Sept.
Lohrerstrasse	III. 3.	Buchen u. Eichen m. Eichenoberständern.	46	12282	—	—	—	12282	1898 15. Sept.
Höchberg	IV. 3.	do. do.	46	9087	—	—	—	9087	1898 2. Sept.
Gefäll	XXXII. 1.	Buchen rein.	52	15828	—	—	—	15828	1899 1. Okt.
Rohrbrunn	XIII. 8.	Eichen mit wenig Buchen.	54	11834	—	—	—	11834	1899 Anst.
Rupperts- hütten	XVII. 4. d.	Buchen rein.	56	9615	9125	9621	—	9454	1898 7. Sept.
Durchschnitt für Buchenmittelhölzer 100° C. getrocknet (18% Verlust) würden sich								11545. bei	
II. Buchenbestände, angehend haubare Klasse von 60 bis 90 Jahren.								9467 Kilo berechnen.	
Hundelshausen	IV. 4.	Buchen mit wenig Eichenheistern.	60	10685	9986	9110	10221	10000	1898 3. Aug.
Rothenbuch	V. 4. a.	do. do.	63	13204	9920	—	—	11562	1898 16. Sept.
Merzalben	IX. 13. a.	Buchen mit Eichen und Kiefern.	65	7440	7763	7631	—	7611	1898 16. Okt.
Merzalben	V. 2.	Eichen mit Buchen.	65	5341	5465	5297	—	5368	1898 20. Okt.
Hain	XV. 11. d.	Buchen rein.	68	10434	—	—	—	10434	1899 30. Okt.
Merzalben	XIII. 7. a.	Buchen mit wenig Eichen.	76	7264	6750	6970	—	6995	1898 16. Okt.
Stiftswald	XXX. 4.	Buchen mit wenig Birken.	85	10290	11616	10448	—	10735	1897 23. Jan.
Durchschnitt für angehend haubare Buchen 100° C. getrocknet (18% Verlust) würden sich								8965. bei	
7351 Kilo berechnen.									

Tabelle III. d. Streuvorrath auf einer bisher niemals oder wenigstens lange Zeit nicht berechtigten Waldfläche pro Hectar.

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältnis.	Durchschnittliches Bestandsalter.	Ergebniss der erstmaligen Be- rechnung der Versuchsflächen.					Datum der erst- maligen Abrechnung d. Flächen.
				A	B	C	D	Durch-	
				für Jähr- lichen Turnus	für 3-jährig. Turnus	für 6-jährig. Turnus	für 12- jährigen Turnus	schnitt	
Kilogramme lufttrockener Streu pro Hectar.									

III. Buchenbestände, haubare Klasse über 90 Jahre.

Ort	Waldort	Holzarten	Durchschnittliches Bestandsalter	A	B	C	D	Durchschnitt	Datum
Waldeshausen	IV. 2. a.	Buchen rein.	91	15068	12555	14364	13563	13812	1868
Waldaschaff	IX. 6. a.	do. do.	95	4125	—	—	—	4125	8. Aug. 1861
Reitenfurth	V. 1. b.	Buchen m. einzelnen Fichten u. Kiefern.	95	5927	5854	—	—	5890	1866
Wipfenberg	VIII. 2.	Buchen m. einz. Elsbeerbäum. u. Fichten.	95	15997	—	—	—	15997	8. Aug. 1866
Wain	XIII. 1. b.	Buchen rein.	104	8172	—	—	—	8172	24. Aug. 1861
Waldleiningen	X. 1.	do. do.	110	15526	—	—	—	15526	29. Okt. 1866
Wothensbuch	I. 8.	Buchen m. einzelnen alten Eichen.	130	9434	13878	—	—	11656	2. Nov. 1868

Durchschnitt für haubare Buchen **10740**
bei 100° C. getrocknet (18% Verlust) würden sich **8807** Kilo berechnen.

IV. Fichtenbestände, Junghölzer unter 30 Jahren.

Ort	Waldort	Holzarten	Durchschnittliches Bestandsalter	A	B	C	D	Durchschnitt	Datum
Weyern	X. 2. a.	Fichtenpflanzung.	18	6181	6129	6328	7350	6497	1866
Waldcronach	XXII. 1. a.	Fichten u. Tannen.	24	8716	10041	12094	9432	10071	9. Okt. 1866

Durchschnitt für Fichten **8284**
bei 100° C. getrocknet (15% Verlust) würden sich **7041** Kilo berechnen.

V. Fichtenbestände, Mittelholzkasse von 30 bis 60 Jahren.

Ort	Waldort	Holzarten	Durchschnittliches Bestandsalter	A	B	C	D	Durchschnitt	Datum
Waldschloßwies	LIX. 2. b.	Fichten und Tannen.	34	7541	9215	—	—	8378	1866 1. Okt.
Waldtenbuch	VI. 4. a.	Fichten mit einzelnen Lärchen.	36	4132	—	—	—	4132	1866 6. Okt.
Waldfelder	XII. 4. a.	Tannen und Fichten.	37	27612	26495	30981	—	28363	—
Waldayersried	VI. 5. b.	Fichten rein.	40	11873	10354	9299	9388	10228	1863 3. Sept.
Waldartenkirchen	VIII. 2. b.	do. do.	40	20354	—	—	—	20354	—
Waldoldcronach	XXIII. II. b.	do. do.	47	10213	7580	10534	10121	9612	1866 2. Okt.
Waldalchensee	IV. 8. a.	Ficht. m. einz. Tann.	48	19723	17800	—	—	18761	1866 6. Sept.
Waldallenfels	I. 12. a.	do. do.	55	17800	19148	18954	12687	17147	1866 1. Okt.
Waldschloßgrün	XXV. 9.	Fichten und Tannen.	55	7010	6793	8377	—	7393	1866 4. Okt.
Waldarquartstein	VIII. 5. c.	do. do.	58	12034	—	—	—	12034	1866 27. Aug.
Waldassenhausen	II. 7. a.	Ficht. m. einz. Buch.	59	13399	—	—	—	13399	1866 24. Sept.

Durchschnitt für Fichtenmittelhölzer **13618**
bei 100° C. getrocknet (15% Verlust) würden sich **11573** Kilo berechnen.

Tabelle III. d. Streuvorrath auf einer bisher niemals oder wenigstens lange Zeit nicht berechneten Waldfläche pro Hectar.

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittliches Bestandsalter.	Ergebniss der erstmaligen Be- rechnung der Versuchsflächen.					Datum der erst- maligen Abrechnung d. Flächen.
				A	B	C	D	Durch- schnitt	
				für jähr- lichen Turnus	für 3-jährig. Turnus	für 6-jährig Turnus	für 12- jährigen Turnus		
Kilogramme lufttrockener Stren pro Hectar.									
VI. Fichtenbestände, angehend haubare Klasse von 60 bis 90 Jahren.									
Schliersee	VIII. 2. a.	Fichten und Tannen.	60	12481	12284	12435	9654	11713	1866 27. Aug.
Riss	IV. 4. a.	Fichten, Buchen und Ahorn.	65	21664	19107	19414	20486	20168	1866 17. Sept.
Königssee	XVI. 1. b.	Fichten rein.	70	19197	—	—	—	19197	1869 27. Sept.
Saalachthal III.	XXIII. 8. c.	do.	70	15545	8001	—	—	11773	1866 15. Sept.
Bayersried	VI. 1. e.	do.	70	12721	13428	11321	12016	12371	1868 3. Sept.
Ottobeuren	III. 5. b.	do.	73	15778	16271	—	—	16024	1866 30. Aug.
Kirchdorf	I. 7. b.	Fichten mit wenig Tannen.	75	6765	10231	—	—	8498	1866 10. Okt.
Lauenhain	II. 1. a.	Fichten rein.	80	12491	10519	10848	11669	11382	1866 21. Sept.
Bischofsgrün	XXV. 9. a.	do.	86	12292	—	19437	16612	16114	1866 2. Okt.
Durchschnitt für angehend haubare Fichten bei 100° C. getrocknet (15% Verlust) würden sich								14138	
bei 100° C. getrocknet (15% Verlust) würden sich								12017	Kilo berechnen.
VII. Fichtenbestände, haubare Klasse über 90 Jahre.									
Bayersried	VI. 3. c.	Fichten rein.	94	19374	12993	9730	9467	11391	1868 3. Sept.
Valepp	XII. 5. a.	Fichten mit Buchen, Tannen u. Ahorn.	100	6737	6520	5857	—	6371	1866 24. Sept.
Rothenkir- chen	II. 5.	Fichten mit wenig Tannen.	104	11770	10630	12163	11012	11394	1866 25. Sept.
Ramsau	XLIII. 3. a.	do.	105	19854	19098	—	—	19476	1866 10. Nov.
Oberammer- gau	V. 2. a.	do.	105	16724	—	—	—	16724	1866 27. Sept.
Ottobeuren	V. c.	Fichten rein.	106	16929	15121	—	—	16025	1866 11. Sept.
Schellenberg	X. 4. a.	Fichten und Tannen.	120	5756	6456	—	—	6106	1866 1. Okt.
Lauenhain	II. 4.	Fichten rein.	120	17257	20052	17422	18408	18235	1866 21. Sept.
Jachenau	VII. 1.	Fichten und Tannen.	124	18444	18689	—	—	18566	1866 27. Aug.
Durchschnitt für haubare Fichten bei 100° C. getrocknet (15% Verlust) würden sich								13815	
bei 100° C. getrocknet (15% Verlust) würden sich								11743	Kilo berechnen.

Tabelle III. d. Streuvorrath auf einer bisher niemals oder wenigstens lange Zeit nicht berechneten Waldfläche pro Hectar.

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältniss.	Durchschnittliches Bestandsalter.	Ergebniss der erstmaligen Be- rechnung der Versuchsflächen.					Datum der erst- maligen Abrechnung d. Flächen.
				A	B	C	D	Durch-	
				für Jähr- lichen Turnus	für 3-jährig Turnus	für 6-jährig Turnus	für 12- jährigen Turnus	schnitt	

Kilogramme lufttrockener Streu
pro Hectar.

VIII. Kiefernbestände, Mittelholzklassse von 25 bis 50 Jahren.

Waldaschaff	X. 5. b.	Kiefern mit einzelnen Lärchen.	25	7304	8054	7304	—	7554	1868 1. Okt.
Grafenwöhr I.	XV. 11. a.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	27	30980	—	—	—	30980	1866 13. Sept.
Bodenwöhr I.	XV. 9. d.	Kiefern rein.	36	20975	—	—	—	20975	1866 21. Aug.
Lichtenhof	XXXIII. 5. a.	do.	37	11362	11477	11367	—	11402	1867 12. Aug.
Hannesreuth	XVI. 9. b.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	37	23350	18306	—	—	20828	1866 12. Sept.
Erlenbach	I. 4. a.	Kiefern rein.	40	13836	11998	—	—	12917	1868 18. Sept.
Brunnau	I. 1. d.	Kiefern rein.	41	16723	18362	—	—	17542	1866 13. Sept.
Fischbach	XLV. 6. b.	Kiefern rein.	45	14442	15645	13658	—	14582	1867 7. Aug.
Brunnau	II. 2. b.	Kiefern m. Fichten- unterwuchs.	46	19764	21325	—	—	20545	1866 20. Sept.
Bodenwöhr II.	XII. 3. a.	Kiefern rein.	48	39130	34416	—	—	36773	1866 26. Sept.

Durchschnitt für Kiefernmittelhölzer **19409**

bei 100° C. getrocknet (14% Verlust) würden sich **16692** Kilo berechnen.

IX. Kiefernbestände, angehend haubare Klasse von 50 bis 75 Jahren.

Iggelbach	XVIII. 3.	Kiefern m. wenig Buchen u. einzeln. Reservestämmen.	51	9559	—	—	—	9559	1867 16. Sept.
Feucht	XVIII. 1. c.	Kiefern mit einzelnen Fichten.	56	14001	13709	—	—	13855	1867 1. Aug.
Pyrbaum	XIII. 1. c.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	56	18737	—	—	—	18737	1866 28. Aug.
Erlenbach	I. 6. a.	Kiefern mit wenig Buchen.	61	8468	10207	—	—	9337	1861 29. Okt.
Grafenwöhr II.	XIX. 11. a.	Kiefern mit Fichten- unterwuchs.	62	26738	27770	23962	—	26157	1866 14. Sept.
Allersberg	V. 2. b.	Kiefern mit einzelnen Ficht. u. alten Eichen.	74	9419	5411	—	—	7415	1867 10. Aug.

Durchschnitt für angehend haubare Kiefern **14177**

bei 100° C. getrocknet (14% Verlust) würden sich **12192** Kilo berechnen.

*

Tabelle III. d. Streuvorrath auf einer bisher niemals oder wenigstens lange Zeit nicht berechtigten Waldfläche pro Hectar.

Oberförsterei	Waldort: Distrikt, Abtheilung, Litera.	Holzarten und deren Mischungs-Verhältnis.	Durchschnittliches Bestandsalter.	Ergebniss der erstmaligen Be- rechnung der Versuchsflächen.					Datum der erst- maligen Abrechung d. Flächen.
				A	B	C	D	Durch- schnitt	
				für jährl. Turnus	für 3-jährig. Turnus	für 5-jährig. Turnus	für 12- jährigen Turnus		
Kilogramme lufttrockener Streu pro Hectar.									
X. Kiefern, haubare Klasse von 75 bis 100 Jahren.									
Elmstein	IV. 9.	Kiefern mit Buchen und wenig Eichen.	80	12145	—	—	—	12145	1867 19. Sept.
Nittenau	XXXI. 11. a.	Kiefern rein.	80	55882	38624	—	52101	48869	1866 26. Sept.
Pyrbaum	XII. 11.	Kiefern mit einzelnen Fichten.	85	14792	13806	19559	—	16052	1866 28. Aug.
Erlenbach	I. 2. a.	Kiefern rein.	106	7938	—	—	—	7938	1870 4. April
Durchschnitt für haubare Kiefern bei 100° C. getrocknet (14% Verlust) würden sich								21251	18276 Kilo berechnen.

Tabelle IV.

V e r s u c h e

über das

**Gewicht eines Cubikmeters der verschiedenen
Streusorten.**

Tab. IV. Versuche über d. Gewicht eines Cubikmeters d. verschiedenen Streusorten.

Oberförsterei, aus welcher die Streu entnommen ist.	Gewicht eines Cubikmeters lufttrockner Streu in Kilogrammen.	Beschaffenheit der gewogenen Streuprobe.
A. Versuche im chemischen Laboratorium mit vollkommen luft-trockener*) Streu.		
I. Gewicht der Buchlaubstreu.		
Waldleiningen	51,707	Reines Laub, gar nicht verwest, daher sehr elastisch und voluminös.
Binsfeld	52,280	Gleich nach dem Laubabfall berecht, daher nicht verwest und elastisch.
Merzalben	60,241	Laubstreu ohne Humus, wenig verwest, mit etwas Eichen- und Hainbuchenlaub gemischt.
Gefäll	71,034	Reines Buchenlaub, nicht verwest.
Kipfenberg	73,695	Desgl.
Hundelshausen	83,082	Buchenlaub, im Frühjahr gerecht, zum Theil verwest und von hellgelber bis weisslicher Farbe.
Stiftswald	86,847	Buchenlaub, im Sommer gerecht und ziemlich verwest, daher stark zusammendrückbar.
Rothenbuch	89,859	Ein- und mehrjähriges Laub, stark verwest.
Rothenbuch	104,920	Desgl., im Sommer gerecht, mit etwas Humus.
Aschaffenburg Fasanerie	102,600	Buchenlaub, im Juli gerecht.
Mittel aus obigen Versuchen oder	77,626 81,5	bei einem mittleren Wassergehalt von 13% " " " " " 18%
II. Fichtennadelstreu.		
Ottobeuren	148,343	Reine Nadeln ohne Humusbeimengung.
Altenbuch	155,625	Desgl.
Königssee	159,638	Fichtennadeln mit pulverigem Humus.
Golderonach	166,164	Fichten- mit Tannennadeln und Humus.
Krün	166,215	Reine Fichtennadeln mit Humus.
Oberammergau	175,200	Fichtennadeln mit Humus und Aestchen.
Bischofsgrün	183,190	Fichtennadeln mit Humus.
Aschaffenburg Fasanerie	153,621	Reine Nadeln, wenig verwest.
Mittel aus obigen Versuchen oder	163,499 168,4	bei einem mittleren Wassergehalt von 12% " " " " " 15%

*) Zu allen Versuchen, die im Laboratorium ausgeführt wurden, verwendete man Streumaterialien, die mehrere Monate in einem geheizten Lokale sich befanden, also vollkommen lufttrocken waren.

Tab IV. Versuche über d. Gewicht eines Cubikmeter d. verschiedenen Streusorten.

Oberförsterei, aus welcher die Streu entnommen ist.	Gewicht eines Cubikmeters lufttrockener Streu in Kilogrammen.	Beschaffenheit der gewogenen Streuprobe.
III. Kiefernadelstreu.		
Pyrbaum	96,134	Nadeln mit wenig Borkenschuppen und Aestchen.
Erlenbach	106,499	Reine Nadeln mit wenig Humus.
Bodenwöhr I. u. II.	113,704	Nadeln mit wenig Moos und Humus.
Nittenau	114,859	Nadeln mit Aestchen und Borkenschuppen.
Lichtenhof	129,519	Nadeln ziemlich verwest mit etwas Haide.
Aschaffenburg	122,743	Nadeln und wenig Humus.
Mittel aus obigen Ver- suchen oder	113,909 117,3	bei einem mittleren Wassergehalt von 11%. " " " " " 14%.
IV. Moosstreu.		
Lichtenhof	77,441	Reines Moos, Gemisch von Hypn. Schreberi und Hypn. splendens.
Erlenbach.	92,578	Hypn. Schreberi mit etwas Kiefernadeln.
Kirchdorf.	126,506	Hypn. splendens und triquetrum mit etwas Humus.
Aschaffenburg Fasanerie	99,933	Gröstentheils Hypn. Schreberi.
Mittel aus obigen Ver- suchen oder	99,115 104,0	bei einem mittleren Wassergehalt von 15%. " " " " " 20%.
V. Streu von Waldunkräutern.		
Robrbrunn	59,376	Farrenkraut (<i>Aspidium filix mas</i>), im Spätherbst gesammelt.
Lichtenhof	60,322	Haide (<i>Calluna vulgaris</i>) mit sehr holzigen Stengeln.
VI. Roggenstroh.		
Aschaffenburg	74,046	In ca. 1 Fuss lange Halme zerschnitten.
Allersberg	77,2	Auf Sandboden gewachsenes Roggenstroh.
Allersberg	57,9	Auf schwerem Boden gewachsen.
Mittel für Roggenstroh	69,7	

Tab. IV. Versuche über d. Gewicht eines Cubikmeters d. verschiedenen Streusorten.

Oberförstereien, in welchen die Wägungen gemacht wurden.	Gewicht eines Cu- bikmeters luft- trockener Streu, Kilogr.	Das Rechnen fand statt im Monat:	Oberförstereien, in welchen die Wägungen gemacht wurden.	Gewicht eines Cu- bikmeters luft- trockener Streu, Kilogr.	Das Rechnen fand statt im Monat:
---	---	-------------------------------------	---	---	-------------------------------------

B. Versuche, welche von Seite der königl. Oberförster im Walde gemacht wurden.

I. Buchenlaubstreu.

Wiesfeld	83,6	Juli 1868 trocken	Effelter (m. Tannen)	142,4	Oktober 1866
Wiesberg	95,7	Septbr. 1868 trocken	Rothenkirchen do.	138,8	September 1866
Wiesbrunn	75,7	April 1866 "	Zeyern do.	164,0	Oktober 1866
Wiesfäll	127,7	Oktober 1866 "	Lauehain	163,1	September 1866
Wiesbuch I. 8. .	80,2	September 1868	Geroldgrün II.	216,9	September 1866
do. III. 4. c.	82,9	Oktober 1868	Langenbach	160,2	Oktober 1866
Waldaschaff	121,6	Mai 1861	do.	161,7	" "
Waldain	81,1	Oktober 1861	Goldcronach I. A.	153,6	Oktober 1866
Waldpuppertshütten	143,5	September 1868	do. I. B.	159,0	" "
Waldwiesen	142,4	" "	do. I. D.	173,2	" "
Waldzohrerstrasse	129,3	" "	do. I. E.	166,7	" "
Waldlundelshausen	97,9	Aug. 1868, s. trocken	do. II. A.	162,9	" "
Waldferzalben V. 2. (u. Eichen)	86,5	Oktober 1866	do. II. B.	174,6	" "
Waldferzalben XIII. 7.	62,7	" "	do. II. D.	176,8	" "
do. IX. 13. a.	78,0	" "	do. II. E.	186,3	" "
Waldleiningen	41,4	November 1866	Bischofsgrün I.	127,5	" "
Waldtiftswald	66,8	Juli 1867	do. II.	108,8	" "
			Altenbuch	109,5	" "
Mittel aus obigen Wägungen . .	93,9	—	Mittel aus obigen Versuchen	137,6	—

II. Fichtennadeln- und Moosstreu.

Waldlepp (m. Buchenlaub)	110,4	August 1866	Brunnau A.	180,4	September 1866
Waldchiersee	88,5	" "	" B.	219,6	" "
Waldnigssee	98,0	Oktober 1866	" C.	218,0	" "
do.	79,3	September 1869	" A.	145,5	Mai 1868 "
Waldhellenberg	119,2	November 1866	" "	130,2	do. 1870 "
Waldschofswies	122,5	Oktober 1866	" "	183,8	do. 1870 "
Waldamsau	196,0	" "	" "	124,3	do. 1871 "
Waldkenthal	72,1	August 1866	Pyrbaum I. A.	193,3	August 1866
Waldalachthal II.	89,4	September 1866	" I. B.	171,9	" "
do.	91,0		" I. C.	177,3	" "
Waldchenau	212,6	August 1866	" II. A.	197,5	" "
Waldalchensee	195,7	September 1866	" II. B.	186,1	" "
Waldrammergau	141,5	" "	" II. C.	219,2	" "
Waldrankenkirchen	78,8	August 1867	" III. A.	220,5	" "
do.	95,7	August 1867	" III. B.	216,2	" "
Waldasterau (m. Tannen)	118,7	Oktober 1869	Allersberg I. A. V. 3. e.	165,5	August 1867
Waldhenau do.	135,8	September 1869	" "	171,7	" "
Waldessenhausen	121,9	September 1866	" "	165,5	" "
Waldschdorf	115,8	Oktober 1866	" "	165,5	" "
Waldboeuren	100,9	August 1866	" "	152,3	" "
			" "	153,9	" "
			" "	146,4	" "
			" "	137,3	" "

Tab. IV. Versuche über d. Gewicht eines Cubikmeters d. verschiedenen Streusorten

Oberförstereien, in welchen die Wägungen gemacht wurden.	Gewicht eines Cu- bikmeters luft- trockener Streu. Kilogr.	Das Rechen fand statt im Monat:	Oberförstereien, in welchen die Wägungen gemacht wurden.	Gewicht eines Cu- bikmeters luft- trockener Streu. Kilogr.	Das Rechen fand statt im Monat:
Allersberg IA (V.3.e)	147,5	August 1867	Hannesreuth A	170,5	September 1866
" "	153,1	" "	" "	159,2	" "
" "	153,1	" "	" "	190,3	" "
" B	176,8	" "	" "	182,0	" "
" "	146,9	" "	" "	193,7	" "
" "	152,7	" "	" "	175,3	" "
" "	157,7	" "	" "	195,9	" "
" "	152,7	" "	" "	180,9	" "
" "	163,7	" "	" "	178,8	" "
" "	167,6	" "	" "	167,6	" "
" V.3.c.B	157,4	" "	" "	178,6	" "
" "	139,0	" "	" "	177,5	" "
" "	132,4	" "	" "	173,7	" "
" "	141,5	" "	" "	154,5	" "
" "	130,9	" "	" "	146,2	" "
" "	132,4	" "	" "	162,9	" "
" V.2.b.A	143,0	" "	" "	134,3	" "
" "	135,2	" "	" "	137,4	" "
" "	134,7	" "	" A	174,1	" "
" "	128,9	" "	" A	170,3	" "
" "	141,5	" "	" B	171,7	" "
" "	134,4	" "	" "	178,6	" "
" "	143,5	" "	" "	169,4	" "
" "	141,7	" "	" "	153,2	" "
" "	143,3	" "	" "	172,3	" "
" B	153,4	" "	" "	151,9	" "
" "	147,5	" "	" "	170,7	" "
" "	148,9	" "	" "	164,4	" "
" "	146,6	" "	" "	160,4	" "
" "	145,3	" "	" "	150,7	" "
" "	142,9	" "	" "	160,4	" "
" "	119,0	Mai 1868	" "	169,6	" "
" "	116,0	Mai 1869	" "	203,9	" "
" "	118,0	Juni 1870	" "	161,7	" "
" "	143,7	Juli 1871	" "	171,4	" "
Bodenwöhr I. B	174,3	August 1866	Grafenwöhr I. A	237,2	" "
" A	191,5	" "	" B	234,7	" "
" "	142,9	Juli 1867	" A	146,9	Oktober 1869
" "	119,0	Mai 1868	" A	188,1	" 1870
" "	116,0	" 1869	Grafenwöhr II. A	161,1	September 1866
" "	118,0	" 1870	Feucht	137,9	August 1867
" "	143,7	" 1871	Fischbach	260,4	" "
Bodenwöhr II. A.1.	208,9	September 1866	Lichtenhof	160,2	" "
" A.2.	202,5	" "	Waldaschaff III. A	174,3	Oktober 1868
" B.1.	221,2	" "	Erlenbach	214,0	" "
" B.2.	219,2	" "	Elmstein	84,9	September 1867
" "	121,4	Juli 1867	Iggelbach	74,2	" "
" "	142,1	Mai 1868	Waldleiningen	79,6	November 1866
" "	220,7	" 1869			
Nittenau A	205,0	September 1866	Mittel aus allen Versuchen		
" B	180,2	" "	Kiefernstreu . .	161,8	
" C	197,1	" "			

Tabelle V.

Untersuchungen über die Bestandtheile

der

Streumaterialien,

angestellt im chemischen Laboratorium.

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.					In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:			Aschengehalt der wasserfreien Streu.
Oberförsterei	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandalter. Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Rohasche.	
I. Buchen-								
Valepp (bayerische Alpen, kgl. Forstamts Tegernsee.)	1040	Fichten und Buchen mit eingesprengten Tannen, Ahorn und Ulmen.	97	A. jährlich zu berechende Fläche vom Jahre 1868. B (alle 3 Jahre zu berechende Fläche. A. vom J. 1869.	14,12	81,23	4,65	5,42
					15,40	80,10	4,50	5,31
					16,25	78,55	5,20	6,21
Riss (bayer. Alpen, kgl. Forstamts Tölz)	788	Fichten mit wenigen Buchen und Ahorn.	45	A. 1868 A. 1869 B. 1869	14,25 16,45 15,00	80,93 77,93 78,65	4,82 5,62 6,35	5,63 6,73 7,47
Jachenau (bayer. Alpen, kgl. Forstamts Tölz.)	970	Fichten mit wenig Tannen u. Buchen.	124	A. 1869 B. 1869	14,62 14,75	79,78 78,87	5,60 6,38	6,56 7,47
Partenkirchen (bayer. Alpen.)	935	Fichten. Das Buchenlaub ist aus den eingesendeten Proben ausgesucht.	40	A. 1868 A. 1869	14,76 14,40	78,37 79,95	6,87 5,65	8,06 6,60
Unkenenthal Alpen (österr. Territorium, kgl. Forstamts Reichenhall.)	730	Fichten u. Tannen. Das Buchenlaub scheint hingeweht zu sein.	105	A. 1869	14,23	78,60	7,17	8,36
Hohenau (bayerisch-böhmisch. Grenzgebirge, kgl. Forstamts Wolfstein.)	810	Fichten, Tannen und Buchen.	50	A. 1870	14,90	79,82	5,28	6,20
Kipfenberg (fränkischer Jura, kgl. Forstamts Eichstätt.)	530	Buchen mit einzelnen Elsbeerbäumen und Fichten.	95	A. 1867 A. 1869 B. 1867 B. 1869	14,30 13,67 12,50 13,75	79,82 79,73 81,70 79,65	5,88 6,60 5,80 6,60	6,86 7,65 6,62 7,65
Schernfeld (fränkischer Jura, kgl. Forstamts Eichstätt.)	520	Buchen m. Birken und Aspen.	46	A. 1868 A. 1869 B. 1868 B. 1869	14,45 12,40 14,57 12,25	79,20 80,25 79,18 81,45	6,35 7,35 6,25 6,30	7,42 8,40 7,32 7,19
Breitenfurth (fränkischer Jura, kgl. Forstamts Eichstätt.)	520	Buchen fast rein, einzelne Fichten und Kiefern eingesprengt.	95	A. 1868 (frisch gefall. Streu.) A. 1868 (4-jährige alte Streu.) B. 1868 (1 bis 3-jährige Streu)	12,17 13,60 13,00	81,45 78,20 78,68	6,38 8,20 8,82	7,28 9,48 9,57

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten.

Mittel für Loh- sche.	In 100 Gewichtsthei- len Rohasche ist enthalten:		Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:								
	Sand und Kohle.	Kohlen- säure.		Kali	Natron	Kalk	Bitter- erde	Eisen- oxyd	Phos- phor- säure	Schwe- felsäure	Kiesel- säure	
				KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	
Prozente.				Prozente.								

laubstreu.

5,13	5,62	28,63	4,03	2,32	1,94	64,07	7,42	3,62	4,39	1,48	14,76
7,41	10,00	27,26	4,65	4,11	0,93	62,48	5,29	3,89	7,14	1,98	14,18
20	6,20	16,20	4,81	8,35	2,24	42,45	5,93	1,37	3,84	1,93	33,89
19	7,86	26,25	4,73	3,39	1,95	66,38	5,74	1,62	3,02	2,02	15,88
58	10,20	19,00	5,37	2,85	0,74	64,73	6,93	3,81	3,51	2,20	15,23
78	8,32	24,67	5,88	4,52	0,73	59,21	4,93	3,88	5,10	2,17	20,06

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.				In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:						
Oberförsterei.	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandsalter. Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Rohasche.	Aschengehalt der wasserfreien Streu.		
									Prozente.	
Gefäll (Rhön, kgl. Forst- amts Neustadt a. d. Saale).	810	Buchen rein.	52	A. 1868	13,42	80,56	6,02	6,95		
				A. 1868	13,57	79,48	6,95	8,04		
				A. 1869	34,87*	60,48	4,65	7,14		
				A. 1868	14,50	79,72	5,78	6,76		
do	do.	do.	—	B. 1868	12,62	81,00	6,38	7,30		
				B. 1868	14,00	80,03	5,92	6,88		
				B. 1869	13,80	79,75	6,45	7,48		
				B. 1869	35,30*	60,08	4,62	7,14		
Hundelshausen (Steigerwald, königl. Forstamts Eltmann).	457	Buchen rein.	91	I A. 1868	13,10	79,78	7,12	8,21		
				I B. 1868	14,07	78,55	7,38	8,59		
	do.	470	do.	60	I B. 1868	14,10	79,38	6,52	7,60	
					(frischer Laubabfall)					
Rothenbuch (Spessart, kgl. Forst- amts Aschaffenburg).	460	Buchen mit einzelnen alten Eichen.	130	I A. 1869	14,72	80,48	4,85	5,69		
				27	II A. 1869	15,00	79,22	5,78	6,79	
				—	do. 1869	15,38	78,92	5,70	6,74	
	do.	—	do.	130	63	III A. 1869	14,87	79,63	5,50	6,45
					27	I B. 1868	14,00	80,96	5,04	5,85
Wiesen (Spessart, kgl. Forst- amts Lohr).	455	Buchen mit Eichen und einigen Birken und Aspen.	42	27	II B. 1868	14,12	80,73	5,15	6,01	
				63	III B. 1868	14,90	79,72	5,38	6,32	
				42	A. 1869	13,85	80,95	5,70	6,59	
Ruppertshütten (Spessart, kgl. Forst- amts Lohr).	420	Buchen rein.	56	A. 1868	13,50	80,48	6,07	7,01		
Merzalben (Haardtgebirge, kgl. Forstamts Pirmasenz.)	350	Eichen mit Buchen.	65	I A. 1868	13,25	81,53	5,22	6,03		
				I A. 1869	15,10	79,15	5,75	6,77		
				I B. 1868	13,05	81,65	5,30	6,11		
	do.	262	Buchen mit wenig Eichen, Aspen und Hainbuchen.	76	I B. 1869	13,00	81,20	5,80	6,68	
					III A. 1868	12,72	81,73	5,55	6,36	
					III B. 1869	13,20	81,52	5,28	6,09	
				III A. 1868	13,88	79,50	6,62	7,69		
				III B. 1869	14,25	80,13	5,62	6,55		

*) Die beiden Proben waren erst kurze Zeit vor der Untersuchung eingetroffen, daher noch nicht vollkommen lufttrocken.

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten

Mittel für Roh- asche.	In 100 Gewichtsthei- len Rohasche ist enthalten:		Also Rein- aschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:							
	Sand und Kohle.	Kohlen- säure.		Kali	Natron	Kalk	Bitter- erde	Eisen- oxyd	Phos- phor- säure	Schwe- felsäure	Kiesel- säure
Prozente.			Prozente.								
7,22	11,00	17,69	5,15	3,77	0,73	41,45	4,82	4,01	3,90	1,63	39,69
7,20	10,44	18,02	5,15	2,26	0,43	44,10	6,12	3,32	3,66	1,96	33,15
7,88	8,83	14,10	6,07	3,38	0,63	33,53	6,61	1,94	4,40	1,81	47,70
6,42	10,90	17,06	4,63	5,64	0,68	36,71	9,94	3,73	9,14	1,82	32,34
6,19	11,38	18,70	4,33	6,21	0,83	39,24	8,87	3,63	9,07	2,83	29,32
7,01	7,50	15,30	5,42	4,03	1,35	36,44	8,75	3,23	8,35	2,66	35,19
6,53	8,52	15,80	4,94	8,54	0,98	45,61	8,35	2,38	4,49	2,38	27,27

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.				In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:			Aschengehalt denn Streu. wasserfrei.	
Oberförsterei.	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandsalter. Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.		Rohasche.
							Prozente.	
Merzalben (Haardtgebirge, kgl. Forstamt Pirmasenz).	394	Buchen mit wenigen Eichen und Kiefern.	65	II A. 1868	13,40	82,07	4,53	5,23
				II A. 1869	15,56	79,70	4,74	5,61
				II B. 1869	16,88	78,60	4,52	5,43
Stiftswald (Haardtgebirge, kgl. Forstamt Kaiserslautern).	397	Buchen mit einigen Birken und Kiefern.	85	A. 1867	13,55	80,57	5,88	6,80
				einjähr. Laub				
				A. 1868	14,00	80,20	5,80	6,75
				A. 1869	13,62	80,53	5,85	6,77
				B. 1867	12,45	81,93	5,62	6,42
do.	—	do.	—	B. 1868	13,78	80,92	5,30	6,15
				mehrfähr. Laub	14,25	78,07	7,68	8,97*
				C. 1869	13,05	79,90	7,05	8,11*
Waldleiningen (Haardtgebirge, kgl. Forstamt Kaiserslautern).	470	Buchen mit einzelnen Eichen.	110	desgl.				
				A. 1868	14,00	80,75	5,25	6,11
				einjähriges				
Höchberg (Guttenberger Wald, kgl. Forstamt Würzburg).	315	Buchen mit wenigen Eichen, Aspen und Birken.	44	A. 1869	15,55	78,30	6,15	7,28
				desgl.				
				B. 1868	15,25	77,00	7,75	9,14*
Binsfeld (Gramschatzer Wald, kgl. Forstamt Würzburg).	250	do.	—	mehrfähriges				
				A. 1870	13,25	80,25	6,50	7,50
do.	—	do.	—	frisch abgefallen.				
				A. 1871	12,72	79,18	8,10	9,28
Aschaffenburg (Fasanerie).	140	Rothbuchen u. Hainbuchen m. einzelnen alten Eichen.	—	frisch abgefallen				
				A. 1868	11,92	80,72	7,96	8,98
				A. 1871	16,29	76,63	7,08	8,47
(Nachsendung v. frisch gefallenem Laub.)				A. 1871	15,00	77,63	7,37	8,63
				Anfangs März gesammelt.	13,92	78,92	7,26	8,32
					13,90	78,36	7,16	9,01

*) Diese Proben bestanden aus gelbem, schon in Verwesung begriffenem Laub.

der Strenmaterialien aus den bayerischen Staatsforsten

Mittel für Roh- asche.	In 100 Gewichtsthei- len Rohasche ist enthalten:		Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:								
	Sand und Kohle.	Kohlen- säure.		Kali	Natron	Kalk	Bitter- erde	Eisen- oxyd	Phos- phor- säure	Schwe- felsäure	Kiesel- säure	
Prozente.			Prozente.									
5,42	7,56	12,78	4,32	8,56	0,35	43,06	6,61	2,11	4,06	5,88	29,37	
6,54	5,88	15,18	5,16	2,21	—	42,64	13,40	2,66	5,27	1,03	32,79	
7,92	11,16	16,00	5,77	3,08	1,73	42,41	8,64	2,61	5,82	1,40	34,31	
7,50	7,72	21,40	5,31	4,61	0,67	58,71	4,02	2,48	6,25	1,47	21,79	
9,13	7,60	12,94	7,25	10,97	1,06	36,65	6,14	2,27	7,80	1,64	33,47	
8,57	4,90	12,50	7,08	11,76	1,74	38,27	4,87	1,71	8,04	1,81	31,80	
8,66	9,08	8,50	7,14	2,99	2,50	28,25	6,11	2,69	3,95	1,33	52,18	

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.					In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:			Aschengehalt der wasserfreien Streu.
Oberförsterei.	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandsalter. Jahr.	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Robasche.	
								Prozente.
Aschaffenburg Forstgarten.	140	—	—	Novbr. 1872 abgefallenes Laub, getrocknet.	11,55	77,40	11,05	12,48
do. do.	als Vergleich frische Buchenblätter, gepflückt am 3. Mai 1872, im frischen Zustande.				78,75	19,92	1,33	6,26
I. Mittel sämtlicher Analysen von								
II. Fichten-								
Saalaonthal (Alpen, österr. Territorium, kgl. Forstamts Reichenhall).	1110	Fichten rein.	70	A. 1867 A. 1868 A. 1869 B. 1867 B. 1869 (mehrfährige Nadeln).	11,35 12,00 13,30 11,75 12,60	84,70 83,80 82,90 84,85 82,30	3,95 4,20 3,80 3,40 5,10	4,45 4,76 4,38 3,85 5,73
Unkenthal (Alpen, österr. Territorium, kgl. Forstamts Reichenhall).	730	do.	—	A. 1871	11,77	80,43	7,80	8,88
Ramsau (bayer. Alpen, kgl. Forstamts Berchtesgaden).	750	Fichten mit einzelnen Tannen.	105	A. 1867 B. 1867	12,12 12,00	82,10 81,63	5,78 6,97	6,69 7,24
Königssee (bayer. Alpen, k. Forstamts Berchtesgaden)	1110	Fichten rein.	70	A. 1867 A. " B. "	12,25 11,65 12,55	80,12 80,94 80,65	7,63 7,41 6,80	8,70 8,39 7,78
Schellenberg (bayer. Alpen, k. Forstamts Berchtesgaden).	759	Fichten.	68	A. 1869 B. " (ältere Nadeln.)	12,43 12,83	80,50 79,27	7,07 7,90	8,08 9,01
Schliersee (bayer. Alpen, k. Forstamts Tegernsee.)	780	Fichten mit Tannen.	60	A. 1867 A. 1863 A. 1869 B. 1869	12,48 12,50 12,87 12,83	82,47 82,35 81,90 81,70	5,05 5,15 5,23 5,47	5,77 5,88 6,00 6,27

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten.

Mittel für Rohasche.	In 100 Gewichtstheilen Rohasche ist enthalten:		Also Reinschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:							
	Sand und Kohle.	Kohlensäure.		Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
Prozente.			Prozente.								
				KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂
12,48	9,68	10,88	9,91	5,36	0,33	30,63	3,04	2,22	5,90	1,26	51,26
6,26	4,40	7,80	5,50¹⁾	37,81	2,05	18,74	6,89	0,96	23,89	4,54	5,12
Buchenlaubstreu .			5,58	5,19	1,08	45,57	6,75	2,82	5,58	2,03	30,98
nadelstreu.											
4,63	10,76	11,97	3,58	4,28	1,62	40,00	5,87	5,38	6,65	1,99	34,21
8,83	12,26	17,03	6,25	2,74	0,48	55,58	6,05	1,10 ²⁾	3,01	1,24	23,90
6,96	9,39	24,92	4,57	3,88	1,53	63,15	3,13	2,84	3,55	1,70	20,22
8,39	5,94	29,30	5,43	2,44	2,54	70,90	2,23	1,47	2,47	1,58	16,37
5,98	8,62	25,99	3,91	3,26	1,56	65,40	6,07	3,30	3,22	1,40	15,79

1) Die Analyse von frischem Buchenlaub ist bei Berechnung der mittleren Zusammensetzung des Buchenlaubes ausser Ansatz gelassen.

2) Ferner 0,90 pCt. Thonerde.

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.					In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:			
Oberförsterei	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandsalter. Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Rohasche.	Aschengehalt der wasserfreien Streu.
Walchensee (bayr. Alpen, kgl. Forstamts Tölz.)	900	Fichten mit wenig Tannen.	48	A. 1867 A. 1868 A. 1869 B. 1867	11,37 14,05 12,75 12,32	83,90 80,98 83,05 82,55	4,73 4,97 4,20 5,13	5,34 5,80 4,81 5,85
	Riss (bayr. Alpen, kgl. Forstamts Tölz.)	788	Fichten mit wenig Buchen.	45	A. 1867 A. 1868 B. 1869 (3-jähr. Streu.)	12,53 12,62 15,10	81,02 82,68 79,65	5,45 4,70 5,25
Krün (bayr. Alpen, kgl. Forstamts Partenkirchen.)		893	Fichten mit wenig Tannen u. Ahornen.	34	A. 1867 A. 1868 A. 1869 B. 1867 B. 1869	10,40 12,25 12,86 12,20 12,33	83,00 81,50 81,34 81,18 81,70	6,60 6,25 5,80 6,62 5,97
	Partenkirchen (bayr. Alpen.)	935	Fichten rein.	40	A. 1869	14,50	79,45	6,05
Oberammergau (bayr. Hochebene, kgl. Forstamts Schongau.)		935	Fichten m. einzelnen Tannen.	105	A. 1867 A. 1868 A. 1869 B. 1867 B. 1869	12,00 12,66 13,73 12,25 13,17	83,70 83,14 81,74 83,13 81,46	4,30 4,20 4,53 4,62 5,37
	Hohenau (bayr.-böhm. Grenzgebirge, kgl. Forstamts Wolfstein.)	810	Fichten, Tannen, Buchen.	50	A. 1870	13,80	83,00	3,20
Ottobeuren (schwäbisches Hochplateau zwischen Alpen und Donau.)		706	Fichten rein.	73	I. A. 1867 I. A. 1868 I. A. 1869 I. B. 1867 I. B. 1868	12,25 13,17 14,07 11,72 13,00	83,20 83,08 81,77 82,90 83,35	4,55 3,75 4,16 5,38 3,65
	do.	715	do.	106	II. A. 1867 II. A. 1868 II. A. 1869 II. B. 1867 II. B. 1868 II. B. 1869	11,25 12,25 13,33 12,77 11,87 13,47	83,55 81,87 80,50 81,11 82,95 79,90	5,20 5,88 6,17 6,12 5,18 6,63

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten.

Mittel für Rohasche.	In 100 Gewichtstheilen Rohasche ist enthalten:		Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:							
	Sand und Kohle.	Kohlensäure.		Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
				KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂
Prozente.			Prozente.								
5,67	8,89	29,35	3,50	4,14	0,63	69,80	6,81	1,26 ¹⁾	4,03	1,82	11,03
7,10	6,24	20,88	5,17	4,67	—	63,88	5,88	0,43	3,40	0,98	20,76
5,29	3,40	25,61	3,75	3,15	0,70	63,27	5,42	0,82	4,83	1,23	20,58
3,70	8,10	7,80	3,11	3,17	1,45	30,64	4,03	1,94 ²⁾	5,89	2,06	49,85
4,93	8,50	11,00	3,97	3,77	1,96	25,96	5,33	2,55 ³⁾	4,88	1,91	53,12
6,70	10,10	14,50	5,05	1,88	0,62	35,51	8,30	2,21 ⁴⁾	3,71	1,13	45,46

1) Ausserdem 0,48 pCt. Thonerde.

2) " 0,97 " " (Hohenau).

3) " 0,52 " " (Ottoheuren).

4) " 1,18 " " (do. II.).

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.					In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:			Aschengehalt der wasserfreien Streu.
Oberförsterei.	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittsbestandsalter. Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Rohasche.	
								Prozente.
Tussenhausen (schwäbische Hochebene, k. Forstamts-Mindelheim)	670	Fichten mit einzelnen Buchen und Birken.	59	A. 1867	12,37	83,45	4,18	4,77
				A. 1868	13,47	82,13	4,40	5,09
				A. 1869	13,60	81,95	4,45	5,15
				B. 1867	12,50	83,62	3,88	4,44
Kirchdorf (desgl., kgl. Forstamts Mindelheim).	584	Fichten mit einzelnen Tannen.	75	B. 1869	12,66	82,50	4,84	5,59
				A. 1868	11,07	84,65	4,28	4,82
Rothenkirchen (Frankenwald, kgl. Forstamts Cronach).	585	Fichten und Tannen.	104	A. 1867	11,25	85,60	3,15	3,55
				A. 1868	12,90	84,00	3,10	3,56
				B. 1867	11,82	84,80	3,38	3,83
Wallenfels (Frankenwald, kgl. Forstamts Cronach)	490	Fichten mit wenig Tannen.	55	A. 1867 (mehrjährige)	12,50	82,05	5,45	6,24
				A. 1868 (einjährige Nadeln)	12,20	82,68	5,12	5,83
Zeyern (Desgleichen).	680	Fichtenpflanzung.	18	A. 1867	12,25	81,50	6,25	7,13
				A. 1868	13,33	80,00	6,67	7,68
				A. 1869	11,40	82,94	5,66	6,46
				B. 1869	13,83	79,50	6,67	7,52
Bischofsgrün (Fichtelgebirge, kgl. Forstamts Wunsiedel).	650	Fichten rein.	86	I A. 1867	10,61	86,23	3,16	3,54
				I A. 1868	11,82	83,78	4,40	4,98
				I B. 1869	12,20	83,80	4,00	4,56
				II A. 1867 (mehrjährige)	12,30	83,30	4,40	5,02
				II A. 1868 (einjährige)	11,68	84,95	3,37	3,82
				II B. 1867	11,50	84,45	4,05	4,57
				II B. 1869 (dreijährige)	13,73	81,27	5,00	5,79
Golderonach (Fichtelgebirge, kgl. Forstamts Wunsiedel).	650	Fichten mit einzelnen Tannen.	47	I A. 1867	12,97	82,85	4,18	4,80
				I A. 1868	12,25	84,45	3,30	3,76
				I A. 1869	12,45	83,75	3,80	4,35

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten.

Mittel für Roh- asche.	In 100 Gewichtsthei- len Rohasche ist enthalten:		Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:							
	Sand und Kohle.	Kohlen- säure.		Kali	Natron	Kalk	Bitter- erde	Eisen- oxyd	Phos- phor- säure	Schwe- felsäure	Kiesel- säure
				KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂
Prozente.			Prozente.								
4,98	10,60	10,70	3,92	4,03	1,20	27,15	6,61	2,04 ¹⁾	5,80	1,57	50,42
3,65	8,53	3,09	3,23	4,44	0,72	16,59	8,15	3,88	8,37	1,33	56,57
6,81	6,61	23,30	4,83	4,35	1,31	55,69	4,24	0,88 ²⁾	7,93	1,50	23,51
4,61	12,90	7,00	3,70	5,56	1,40	20,55	2,00	1,75 ³⁾	6,58	2,25	58,16
4,30	12,34	3,70	3,60	5,04	2,40	16,57	3,22	3,08 ⁴⁾	6,15	2,18	60,16

1) Ansserdem 1,20 pCt. Thonerde (Tussenhausen).
 2) " 0,59 " " (Wallenfels und Zeyern).
 3) " 1,75 " " (Bischofsgrün).
 4) " 1,20 " " (Golderonach).

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.					In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:			
Oberförsterei.	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandsalter, Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Rohasche.	Aschengehalt der wasserfreien Streu.
					Prozente.			
Altenbuch (Spessart, kgl. Forstamtsstadtprozelten).	550	Fichten mit einzelnen Lärchen.	36	A. 1867	12,87	82,58	4,55	5,22
				A. 1868	12,37	82,88	4,75	5,41
				A. 1869	12,80	82,30	4,90	5,61
				B. 1867	13,07	82,53	4,40	5,08
				B. 1869	12,62	83,05	4,33	4,96
				C. 1867	12,40	83,50	4,10	4,68
Aschaffenburg Fasanerie.	140	Fichten.	—	November 1872 abgefallene Nadeln.	13,73	75,67	10,60	12,29
				do. als Vergleich frische junge Fichtennadeln, am 16. Juni 1872 im Forstgarten gesammelt	70,87	28,47	0,66	2,26

II. Mittel sämtlicher Analysen von

III. Weisstannen-

Unkenthal (Alpen, österreich. Territorium).	730	Fichten und Tannen ziemlich gleicher Mischung.	105	A. 1869	12,25	80,90	6,85	7,81
				A. 1870	12,20	80,47	7,33	8,35
Bischofswies (bayerische Alpen, kgl. Forstamts Berchtesgaden).	680	Fichten und Tannen gleichartig gemischt.	34	A. 1867	12,17	81,33	6,50	7,41
				A. 1868	14,05	79,13	6,82	7,94
				A. 1869	14,70	78,00	7,30	8,55
				B. 1867	11,66	82,18	6,16	6,89
				B. 1868	14,20	79,07	6,73	7,85
				B. 1869	13,25	78,75	8,00	9,24
Hohenau (bayerisch-böhmisches Grenzgebirge, kgl. Forstamts Wolfstein).	810	Fichten und Tannen mit wenig Buchen.	50	A. 1869	12,75	84,08	3,17	3,64

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten.

Mittel für Rohasche.	In 100 Gewichtstheilen Rohasche ist enthalten:			In 100 Gewichtstheilen Reinasche ist enthalten:							
	Sand und Kohle,	Kohlensäure,	Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	Kali	Natron	Kalk	Bittererde.	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
				KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₃
Prozente.				Prozente.							
5,06	11,80	14,50	3,73	5,24	0,85	40,42	9,04	3,47	8,56	2,15	30,27
12,29	4,70	12,40	10,19	1,86	1,38	31,74	3,29	1,59	2,65	1,16	56,33
2,26	6,93	7,20	1,94¹⁾	44,21	2,90	10,39	7,00	5,31	22,22	3,92	4,05
Fichtennadelstreu			4,53	3,77	1,24	44,04	5,31	2,28 ²⁾	5,10	1,62	36,21

nadelstreu.

8,08	10,65	24,14	5,27	3,55	0,96	69,11	5,79	3,48 ³⁾	4,46	1,78	9,43
7,98	7,03	31,55	4,90	2,16	1,40	78,91	2,40	3,47	4,48	2,00	5,18
3,64	2,40	21,20	2,78	16,33	2,32	54,66	10,00	0,79 ⁴⁾	4,46	1,78	9,43

1) Die Analyse von frischen, jungen Fichtennadeln ist bei der Berechnung der mittleren Zusammensetzung von Fichtennadelstreu ausser Ansatz gelassen.

2) Ausserdem im Mittel 0,43 pCt. Thonerde.

3) „ 1,44 pCt. Thonerde (Unkenthal).

4) „ 1,44 pCt. Thonerde (Hohenau).

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.					In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:				
Oberförsterei.	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandalter. Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Robasche.	Aschengehalt der wasserfreien Streu.	
					Prozente.				
Rothenkirchen (Frankenwald, kgl. Forstamts Cronach).	585	Fichten und Tannen.	104	A. 1867	12,38	85,47	2,15	2,45	
				A. 1868	12,50	84,90	2,60	2,96	
				B. 1867	12,40	85,35	2,25	2,57	
				B. 1868	12,45	85,87	1,68	1,92	
Effelter (Frankenwald, kgl. Forstamts Cronach).	600	Tannen und Fichten.	37	A. 1868	13,40	85,00	1,60	1,84	
				A. 1869	12,20	85,60	2,20	2,51	
				A. 1870	11,44	85,12	3,44	3,87	
				B. 1868	11,92	86,20	1,88	1,66	
Wallenfels (Frankenwald, kgl. Forstamts Cronach).	490	Fichten mit wenig Tannen.	55	A. 1868	12,25	82,70	5,05	5,76	
				A. 1869	11,53	83,43	4,98	5,63	
				B. 1868	12,00	82,80	5,20	5,91	
do.		Als Vergleich frische grüne Tannennadeln im Winter (sog. Schneidelstreu) . . .				11,89	84,33	3,78	4,30
III. Mittel sämtlicher Analysen von									
IV. Kiefern-									
Lichtenhof (Nürnberger Reichswald; kgl. Forstamts Laurenzi).	342	Kiefern rein.	37	A. 1868	11,88	86,67	1,45	1,64	
				A. 1871 (Nachsendung).	12,00	86,98	1,02	1,15	
Pyrbaum (Oberpfälzer Hügelland, kgl. Forstamts Neumarkt).	404	Kiefern mit einzelnen Fichten und Fichten-Unterswuchs.	84	I A. 1868	10,87	87,40	1,73	1,94	
				I A. 1869	12,37	85,90	1,73	1,98	
				I B. 1868	10,78	87,47	1,75	1,96	
				I B. 1869	16,17	82,13	1,70	2,06	
				I B. 1868	12,25	85,85	1,90	2,16	
				I B. 1869	13,67	84,50	1,83	2,12	

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten.

Mittel für Rohasche.	In 100 Gewichtstheilen Rohasche ist enthalten:			In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:								
	Sand und Kohle.	Kohlensäure.	Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	
				KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	
Prozente.				Prozente.								
2,47	10,55	8,79	1,99	10,43	1,88	31,31	12,70	1,75 ¹⁾	20,50	3,91	10,50	
2,47	(Wegen Unzulänglichkeit des Untersuchungsmaterials nicht weiter analysirt).											
5,77	5,17	25,83	3,98	9,06	1,09	62,51	7,62	3,31 ²⁾	7,49	2,63	4,07	
4,30	18,48	4,45	3,31³⁾	26,16	6,26	38,46	7,09	3,70	10,51	4,84	2,98	
Weisstannenstreu			3,78	8,31	1,53	59,30	7,70	2,56 ⁴⁾	8,28	2,42	7,72	
nadelstreu.												
1,39	11,93	3,83	1,17	20,82	6,21	21,98	6,49	1,87 ⁵⁾	9,20	5,13	19,73	
2,03	10,95	13,30	1,54	10,56	4,82	36,09	11,99	2,63 ⁶⁾	8,15	3,69	13,09	

1) Ausserdem 7,02 pCt. Thonerde (Rothenkirchen).

2) " 2,22 " (Wallenfels).

3) Die Analyse frischer, grüner Tannennadeln ist bei der Berechnung der mittleren Zusammensetzung der Weisstannennadelstreu nicht mit inbegriffen.

4) Ausserdem im Mittel 2,18 pCt. Thonerde.

5) " 5,53 pCt. Thonerde und 3,04 pCt. Manganoxoxydul.

6) " 8,61 " " " 0,37 " "

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.					In 100 Gewichtstheilen luft-trockener Streu ist enthalten:			Aschengehalt der wasserfreien Streu.
Oberförsterei.	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandsalter. Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Rohasche.	
								Prozente.
Pyrbaum (Oberpfälzer Hügelland, kgl. Forstamts Neumarkt).	406	Kiefern mit einzelnen Fichten und Fichten-Unterwuchs.	56	II A. 1868	10,75	87,53	1,72	1,92
				II A. 1869	13,58	84,67	1,75	2,03
				II B. 1868	11,50	86,85	1,65	1,86
				II B. 1868	11,30	87,25	1,45	1,64
				II B. 1869	13,60	84,83	1,57	1,82
do.	408	Kiefern mit einzelnen Oberstämmern und Fichtenunterwuchs.	45	III A. 1868	10,75	87,93	1,32	1,48
				III A. 1869	13,38	85,37	1,25	1,44
				III B. 1868	12,05	86,78	1,17	1,33
				III B. 1868	11,73	87,10	1,17	1,33
				III B. 1869	13,33	85,44	1,23	1,42
Nittenau (Flachland der Oberpfalz, kgl. Forstamts Cham).	390	Kiefern rein.	80	A. 1868	11,30	87,45	1,25	1,41
				B. 1868	11,75	86,98	1,27	1,42
				B. 1868	11,70	86,98	1,32	1,49
Bodenwöhr I. (Oberpfalz, kgl. Forstamts Cham).	385	Kiefern rein.	36	I A. 1868	11,20	87,35	1,45	1,63
				I A. 1869	11,95	86,58	1,47	1,67
				I B. 1868	10,98	86,90	2,12	2,37
				I B. 1869	11,75	86,65	1,60	1,81
				II A. 1868	11,30	86,58	2,12	2,40
				II A. 1868	11,37	86,63	2,00	2,26
Bodenwöhr II. (k. Forstamts Cham).	388	Kiefern rein.	33	A. 1867	12,05	86,25	1,70	1,94
				A. 1868	12,20	86,08	1,72	1,96
				B. 1867	10,82	87,58	1,60	1,79
Hannesreuth (Oberpfalz, kgl. Forstamts Vilseck).	388	Kiefern mit etwas Fichtenunterstand.	37	A. 1868	11,65	86,73	1,62	1,84
				A. 1869	11,12	87,33	1,55	1,75
				A. 1871 (Nachsendung.)	12,08	86,55	1,37	1,56
Iggelbach (Haardtgebirge, kgl. Forstamts Elmstein).	260	Kiefern mit sehr wenig Buchenunterstand.	51	A. 1868	10,85	86,85	2,30	2,55
				A. 1869	11,24	86,52	2,24	2,53

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten.

Mittel für Roh- asche.	In 100 Gewichtsthei- len Rohasche ist enthalten:		Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:								
	Sand und Kohle.	Kohlen- säure.		Kali	Natron	Kalk	Bitter- erde	Eisen- oxyd	Phos- phor- säure	Schwe- felsäure	Kiesel- säure	
												KO
Prozente.			Prozente.									
1,85	15,50	10,80	1,36	11,70	7,18	35,13	11,16	6,91 ¹⁾	8,80	3,05	14,98	
1,40	16,20	7,20	1,07	13,28	6,55	29,04	7,51	10,17 ²⁾	12,10	4,16	15,51	
1,44	14,60	9,07	1,10	14,62	1,92	30,05	8,10	2,97 ³⁾	10,17	4,19	19,62	
2,05	17,13	12,90	1,44	6,57	2,87	46,02	10,97	2,72 ⁴⁾	7,37	4,13	13,60	
1,89	12,90	8,50	1,48	7,84	3,64	36,32	11,52	3,40 ⁵⁾	9,77	3,89	16,70	
1,72	12,74	5,20	1,41	12,99	1,36	27,42	14,18	0,97 ⁶⁾	10,92	3,97	15,63	
2,56	8,12	22,90	1,76	6,64	3,72	58,56	10,61	3,14 ⁷⁾	4,30	3,16	7,90	

1) Ausserdem 1,09 pCt. Thonerde und — pCt. Manganoxydoxydul.

2)	"	1,68	"	"	"	—	"	"	"	"	"
3)	"	6,64	"	"	"	2,08	"	"	"	"	"
4)	"	3,33	"	"	"	2,42	"	"	"	"	"
5)	"	4,15	"	"	"	2,77	"	"	"	"	"
6)	"	9,98	"	"	"	2,58	"	"	"	"	"
7)	"	1,10	"	"	"	0,87	"	"	"	"	"

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten.

Mittel für Roh- asche.	In 100 Gewichtsthei- len Rohasche ist enthalten:		Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche ist enthalten:								
	Sand und Kohle, Kohle-	Kohlen- säure,		Kali	Natron	Kalk	Bitter- erde.	Eisen- oxyd	Phos- phor- säure	Schwe- felsäure	Kiesel- säure	
				KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	
Prozente.				Prozente.								
2,58	10,76	20,40	1,78	8,68	5,78	54,18	6,68	1,75 ¹⁾	4,64	2,88	12,22	
2,88	10,64	19,90	2,00	6,78	4,27	51,39	12,61	2,61 ²⁾	6,04	2,68	11,27	
Kiefernadelstreu			1,46	10,95	4,39	38,74	10,16	3,56 ³⁾	8,31	3,72	14,57	
streu.												
5,86	9,43	15,72	4,39	9,19	1,73	38,88	13,72	2,16 ⁴⁾	4,78	1,72	24,68	
streu.												
4,67	9,62	4,80	4,00	4,57	1,36	21,98	6,91	2,57 ⁵⁾	3,74	1,62	57,02	
streu.												
3,17	21,76	5,20	2,32	30,01	2,91	14,40	7,72	8,21 ⁶⁾	12,38	6,84	14,79	
3,56	9,72	4,40	3,05	28,60	8,75	15,90	9,56	2,10 ⁷⁾	20,21	5,91	7,11	

1) Ausserdem 1,45 pCt. Thonerde und 1,74 pCt. Manganoxydoxydul.

2) " " 2,35 " " " " " "

3) im Mittel 4,17 " " " 1,44 " " "

4) Ausserdem 3,15 " " (Eichenlaub).

5) " 0,33 " " (Lärchennadeln).

6) " 2,74 " " (Hypnum Schreberi).

7) " 1,86 " " (Hypnum splendens).

Tabelle V. a. Resultate der chemischen Untersuchung

Standorte, aus welchen die Streuproben entnommen wurden.					In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Streu ist enthalten:			
Oberförsterei.	Meereshöhe in Metern.	Holzbestand.	Durchschnittl. Bestandalter. Jahre	Bezeichnung der Versuchsfläche und Jahrgang der Einsendung.	Wasser.	Organische Substanz.	Robasche.	Aschengehalt
					Prozente.			
Hypnum triquetrum, rein ausgesucht; aus den Fichtenbeständen von								
		Teisendorf (Forstamts Reichenhall)			14,00	79,88	6,12	7,13
		do. " "			13,50	80,82	5,68	6,57
		do. " "			13,97	79,38	6,65	7,73
		Unkenthal " "			15,00	78,50	6,50	7,65

VII. Mittel sämtlicher Analysen von

VIII. Wald-

Rothenbuch (Spessart.)	Getrockneter pulverisirter und gesiebter Humus aus einem Buchenbestand des Spessarts.	11,15	51,23	37,62	42,3
Königssee	Reiner schwarzer Humus, dessen organische Bestandtheile keine Struktur mehr erkennen liessen;	16,60	77,93	5,47	6,66
do.	aus Nadelholzbeständen d. bayerischen Alpen.	16,58	76,08	7,07	8,46
Partenkirchen		15,30	76,08	8,62	7,20
Krün		14,97	79,45	5,58	6,65

der Streumaterialien aus den bayerischen Staatsforsten

Mittel für Roh- asche.	In 100 Gewichtstheil- en Rohasche ist enthalten:		Also Reinaschengehalt der wasserfreien Substanz.	In 100 Gewichtstheilen Reinasche sind enthalten:								
	Sand und Kohle.	Kohlen- säure.		Kali	Natron	Kalk	Bitter- erde	Eisen- oxyd	Phos- phor- säure	Schwe- felsäure	Kiesel- säure	
				KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	
Prozente.			Prozente.									
7,27	41,70	4,40	3,92	18,25	2,34	21,00	7,20	7,42 ¹⁾	13,51	3,93	23,00	
Waldmoosen . .			3,10	25,62	4,67	17,10	8,16	5,91 ²⁾	15,37	5,56	14,96	
Humus.												
42,34	89,38	0,40	4,32	3,52	0,59	23,67	5,88	9,20	6,47	4,30	46,37	
7,25	23,05	16,33	4,40	4,97	0,89	53,16	4,05	5,67	9,52	4,02	17,72	

¹⁾ Ausserdem 8,35 pCt. Thonerde (Hypnum triquetrum).

²⁾ „ 2,65 „ „ (Mittel).

Tabelle V. b. Gehalt der Streumaterialien an Asche und Aschenbestandtheilen.

Oberförstereien, aus welchen die Proben entnommen sind.	In 1 Kilogramm wasserfreier Streu ist enthalten:								
	Gesamte Rein- asche	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphor- saure	Schwefel- saure	Kiesel- saure
	KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	
Gramm:									
I. Buchenlaubstreu.									
Valepp und Riss (bayr. Alpen)	40,3	0,94	0,76	25,82	3,00	1,46	1,77	0,60	5,95
Partenkirchen, Jachenau und Unkenthal	46,5	1,91	0,43	29,05	2,46	1,81	3,32	0,93	6,59
Hohenau (bayr. Wald)	48,1	4,01	1,08	20,42	2,85	0,66	1,55	0,93	16,30
Kipfenberg (Jura)	47,3	1,60	0,92	31,40	2,72	0,76	1,43	0,96	7,51
Schernfeld (Jura)	53,7	1,53	0,40	34,76	3,72	2,05	1,88	1,18	8,18
Breitenfurth (Jura)	58,8	2,66	0,43	34,81	2,54	2,28	3,00	1,28	11,80
Gefäll A. (Rhön)	51,5	1,95	0,37	21,34	2,49	2,06	2,01	0,84	20,44
do. B. (Rhön)	51,5	1,16	0,22	22,71	3,16	1,71	1,89	1,01	19,64
Hundelshausen (St.iggerwald) .	60,7	2,05	0,38	20,35	4,02	1,18	2,67	1,10	28,95
Rothenbuch (Spessart)	46,3	2,62	0,31	17,00	4,60	1,73	4,23	0,84	14,97
Rothenbuch u. Wiesen (Spessart)	43,3	2,69	0,36	16,99	3,84	1,57	3,92	1,23	12,70
Ruppertshütten (Spessart) . .	54,2	2,18	0,73	19,75	4,75	1,75	4,53	1,44	19,07
Merzalben I. u. III. (Haardt) .	49,4	4,22	0,48	22,53	4,13	1,17	2,22	1,18	13,47
do. II. (Haardt)	43,2	3,69	0,15	18,60	2,86	0,91	1,76	2,54	12,69
Stiftswald (Haardt)	51,6	1,14	--	22,00	6,92	1,37	2,72	0,53	16,92
Waldleiningen (Haardt)	57,7	1,78	1,00	24,47	4,98	1,51	3,35	0,81	19,80
Höchberg (Muschelkalkplateau)	53,1	2,45	0,35	31,18	2,14	1,32	3,32	0,77	11,57
Binsfeld 1868 (do.)	72,5	7,95	0,77	26,57	4,45	1,65	5,65	1,19	24,27
do. 1871	70,8	8,31	1,23	27,09	3,45	1,21	5,69	1,28	22,54
Fasanerie bei Aschaffenburg .	71,4	2,14	1,78	20,17	4,37	1,92	2,82	0,95	37,25
Forstgarten Aschaffenburg . .	99,1	5,31	0,33	30,35	3,01	2,20	5,85	1,25	50,80
Forstgarten Aschaffenburg (frische Buchenblätter)	55,0 ¹⁾	20,80	1,13	10,30	3,79	0,53	13,14	2,50	2,81
I. Gesamtmittel für Buchen- laubstreu	75,76	2,97	0,60	24,62	3,64	1,54	3,14	1,09	18,16

¹⁾ Die Analyse von frischem Buchenlaub (am 3. Mai 1872 gepflückt) ist bei der Berechnung der mittleren Zusammensetzung der Buchenlaubstreu ausser Ansatz gelassen.

Tabelle V. b. Gehalt der Streumaterialien an Asche und Aschenbestandtheilen.

Oberförstereien, aus welchen die Proben entnommen sind.	In 1 Kilogramm wasserfreier Streu ist enthalten:								
	Gesamte Rein- asche	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure
		KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂
Gramm:									
II. Fichtennadelstreu.									
Saalachthal (Alpen)	35,8	1,53	0,58	14,32	2,10	1,93	2,38	0,71	12,25
Unkenthal (Alpen)	62,5	1,72	0,30	34,74	3,77	0,69 ¹⁾	1,89	0,77	18,06
Ramsau (Alpen)	45,7	1,77	0,70	23,86	1,43	1,30	1,62	0,78	9,24
Königssee und Schellenberg (Alpen)	54,3	1,32	1,33	38,50	1,20	0,80	1,35	0,86	8,89
Schliersee (Alpen)	39,1	1,27	0,61	25,57	2,36	1,29	1,26	0,55	6,19
Walchensee u. Riss (Alpen)	35,0	1,45	0,22	24,43	2,38	0,44 ²⁾	1,42	0,64	3,66
Krün u. Partenkirchen (Alpen)	51,7	2,42	—	33,02	3,04	0,22	1,76	0,51	10,73
Oberammergau (Alpen) . . .	37,5	1,18	0,26	23,73	2,04	0,31	1,81	0,46	7,71
Hohenau (bayer. Wald) . . .	31,1	0,99	0,45	9,53	1,25	0,60 ³⁾	1,84	0,64	15,50
Ottobeuren I. (Schwaben) . .	39,7	1,50	0,78	10,30	2,12	1,01 ⁴⁾	1,94	0,76	21,08
do. II. do.	50,5	0,95	0,31	17,93	4,19	1,11 ⁵⁾	1,88	0,57	22,96
Tussenhausen und Kirchdorf (Schwaben)	39,2	1,58	0,47	10,64	2,59	0,80 ⁶⁾	2,27	0,62	19,76
Rothenkirchen (Frankenwald)	32,3	1,44	0,23	5,36	2,64	1,23	2,70	0,43	18,27
Wallenfels u. Zeyern (do.)	48,3	2,10	0,63	26,90	2,05	0,43 ⁷⁾	3,84	0,72	11,36
Bischofsgrün (Fichtelgebirge)	37,0	2,05	0,52	7,60	0,74	0,65 ⁸⁾	2,43	0,83	21,53
Goldcronach (Fichtelgebirge)	36,0	1,32	0,86	5,97	1,16	1,11 ⁹⁾	2,21	0,78	21,66
Altenbuch (Spessart)	37,3	1,95	0,32	15,09	3,37	1,29	3,19	0,80	11,29
Fasanerie bei Aschaffenburg	101,9	1,90	1,40	32,35	3,35	1,62	2,70	1,18	57,40
Fasanerie bei Aschaffenburg, grüne Nadeln im Frühjahr . .	19,4 ¹¹⁾	8,58	0,56	2,01	1,36	1,03	4,31	0,76	0,79
II. Gesamtmittel für Fichten- nadelstreu	45,27	1,61	0,56	20,27	2,32	0,93¹⁰⁾	2,14	0,70	16,54

1) Ausserdem 0,56 Grm. Thonerde (Unkenthal).

2) " 0,16 " " (Walchensee).

3) " 0,30 " " (Hohenau).

4) " 0,21 " " (Ottobeuren).

5) " 0,60 " " (Ottobeuren II.).

6) " 0,47 " " (Tussenhausen).

7) " 0,27 " " (Wallenfels).

8) " 0,65 " " (Bischofsgrün).

9) " 0,43 " " (Goldcronach).

10) " 0,20 " " (im Mittel).

11) Die Analyse der grünen (am 16. Juni gepflückten) Nadeln ist bei Berechnung des Gesamtmittels ausser Ansatz geblieben.

Tabelle V. b. Gehalt der Streumaterialien an Asche und Aschenbestandtheilen.

Oberförstereien, aus welchen die Proben entnommen sind.	In 1 Kilogramm wasserfreier Streu ist enthalten:								
	Gesamte Rein- asche	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure
	KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	
Gramm:									
III. Weisstannennadelstreu.									
Unkenenthal (Alpen)	52,7	1,87	0,51	36,42	3,05	1,83 ¹⁾	2,35	0,94	4,97
Bischofswies (Alpen)	49,0	1,06	0,68	38,67	1,18	1,70	2,19	0,98	2,54
Hohcnau (bayer. Wald)	27,8	4,54	0,64	15,19	2,79	0,22 ²⁾	2,39	0,89	0,51
Rothcnkirchen (Frankenwald)	19,9	2,08	0,37	6,23	2,53	0,35 ³⁾	4,08	0,78	2,08
Wallenfels (Frankenwald) . . .	39,8	3,61	0,44	24,88	3,04	1,31 ⁴⁾	2,98	1,04	1,63
do. grüne Nadeln im Winter	33,1 ⁵⁾	8,66	2,07	12,73	2,35	1,22	3,48	1,60	0,99
III. Gesamtmittel für Weiss- tannennadelstreu.	37,85	2,63	0,53	24,28	2,52	1,08⁶⁾	2,80	0,93	2,35
IV. Kiefernnadelstreu.									
Lichtenhof (Nürnberger Reichs- wald)	11,7	2,44	0,72	2,57	0,76	0,22 ⁷⁾	1,08	0,60	2,30
Pyrbäum I. (Oberpfalz)	15,4	1,63	0,74	5,56	1,85	0,41 ⁸⁾	1,25	0,56	2,02
do. II. (Oberpfalz)	13,6	1,59	0,97	4,78	1,52	0,94 ⁹⁾	1,20	0,42	2,03
do. III. (Oberpfalz)	10,7	1,42	0,70	3,10	0,80	1,10 ¹⁰⁾	1,29	0,45	1,66
Nittenau (Oberpfalz)	11,0	1,60	0,21	3,30	0,89	0,32 ¹¹⁾	1,11	0,46	2,15
Bodenwöhr I. (Oberpfalz)	14,4	0,95	0,41	6,63	1,58	0,39 ¹²⁾	1,06	0,59	1,97
do. II. (Oberpfalz)	14,8	1,16	0,54	5,38	1,70	0,52 ¹³⁾	1,44	0,57	2,47
Hannesreuth (Oberpfalz)	14,1	1,83	0,19	3,87	1,99	0,13 ¹⁴⁾	1,54	0,56	2,22
Iggelbach (Haardtgebirge)	17,6	1,17	0,65	10,31	1,87	0,55 ¹⁵⁾	0,76	0,55	1,39
Waldleiningen (Haardtgebirge)	17,8	1,54	1,03	9,64	1,19	0,31 ¹⁶⁾	0,82	0,51	2,18
Erlenbach (Spessart)	20,0	1,36	0,85	10,27	2,53	0,52 ¹⁷⁾	1,21	0,54	2,25
IV. Gesamtmittel für Kiefern- adelstreu	14,65	1,52	0,64	5,95	1,51	0,49¹⁸⁾	1,16	0,53	2,06
1) Ausserdem 0,76 Grm. Thonerde (Unkenenthal). 2) " 0,63 " " (Hohcnau). 3) " 1,40 " " (Rothcnkirchen). 4) " 0,87 " " (Wallenfels). 5) Die Analyse der grünen Nadeln blieb bei Berechnung des Mittels ausser Ansatz. 6) Ausserdem 0,73 Grm. Thonerde (im Mittel). 7) " 0,65 " " und 0,36 Manganoxydoxydul. 8) " 0,32 " " " 0,06 9) " 0,15 " " " — 10) " 0,18 " " " — 11) " 0,73 " " " 0,23 12) " 0,48 " " " 0,34 13) " 0,61 " " " 0,41 14) " 0,41 " " " 0,36 15) " 0,19 " " " 0,16 16) " 0,26 " " " 0,31 17) " 0,47 " " " — 18) " 0,59 " " " 0,20									

Tabelle V. b. Gehalt der Streumaterialien an Asche und Aschenbestandtheilen.

Oberförstereien, aus welchen die Proben entnommen sind.	In 1 Kilogramm wasserfreier Streu ist enthalten:								
	Gesamte Rein- asche	Kali	Natron	Kalk	Bittererde	Eisenoxyd	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure
	KO	NaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	PO ₅	SO ₃	SiO ₂	
Gramm:									
V. Eichenlaubstreu.									
Merzalben (Haardtgebirge) . .	43,9	4,03	0,76	17,07	6,02	0,95 ¹⁾	2,10	0,75	10,85
VI. Lärchennadelstreu.									
Altenbuch (Spessart)	40,0	1,83	0,54	8,79	2,76	1,03 ²⁾	1,50	0,65	22,81
VII. Moosstreu.									
Hypnum Schreberi von Lich- tenhof, Hannesreuth etc. . .	23,2	6,96	0,67	3,34	1,79	1,91 ³⁾	2,87	1,59	3,34
Hypnum splendens von Kirch- dorf und Schliersee	30,5	8,72	2,66	4,85	2,92	0,64 ⁴⁾	6,16	1,81	2,17
Hypnum triquetrum von Tei- sendorf etc.	39,2	7,16	0,92	8,23	2,82	2,90 ⁵⁾	5,30	1,54	9,02
VII. Gesamtmittel für Moosstreu	30,98	7,61	1,42	5,47	2,51	1,82⁶⁾	4,78	1,65	4,88
VIII. Waldhumus.									
Aus Buchenbeständen von Ro- thenbuch	43,2	1,53	0,26	10,22	2,54	3,97	2,79	1,86	20,03
Aus Fichten- und Tannenbe- ständen von Königssee, Par- tenkirchen und Krün	44,0	2,19	0,39	23,39	1,79	2,50	4,19	1,76	7,80
1) Ausserdem 1,38 Grm. Manganoxydoxydul.									
2) " 0,09 " Thonerde.									
3) " 0,63 " "									
4) " 0,57 " "									
5) " 1,31 " "									
6) " 0,84 " " (Mittel).									

Tabelle VI. und VII.

Untersuchungen

über das

Verhalten der Streudecke zum Wasser.

Tabelle VI. a. Versuche über die wasserfassende Kraft verschiedener Streusorten, angestellt im chemischen Laboratorium.

Oberförstereien, aus welchen die Proben entnommen sind.	Zeitdauer der Sätti- gung der Streuprobe mit Wasser.	Gewicht eines Cubik- Meters Streu in Kilogrammen.		Wassergehalt der nassen Streuprobe pro Cubikmeter	
		in vollkommen lufttrockenen Zu- stände.	in nassen (gesättigten) Zu- stände.	in Kilo- grammen.	in Prozenten der lufttrockenen Streu.
I. Buchenlaubstreu.					
a. Versuche bei gleicher Zeitdauer.					
Waldleiningen	2 Tage	51,707	172,942	121,235	234,46 pCt.
Merzalben	„	60,241	210,843	150,602	250,00 „
Gefäll	„	71,034	250,351	179,317	252,44 „
Kipfenberg	„	73,695	252,410	178,715	242,51 „
Hundelshausen	„	83,082	267,421	184,339	221,87 „
Stiftswald	„	86,847	304,216	217,369	250,29 „
Rothenbuch	„	104,920	310,241	205,321	195,69 „
Mittel	2 Tage	75,932	252,631	176,699	232,71 pCt.
b. Versuche über die Grösse der Wasseraufnahme bei verschiedener Zeitdauer.					
Kipfenberg	1 Tag	73,695	227,808	154,113	209,13 pCt.
Merzalben	1 „	60,241	193,273	133,032	220,83 „
„	2 Tage	60,241	210,843	150,602	250,00 „
„	3 „	60,241	216,867	156,626	260,00 „
II. Fichtennadelstreu.					
a. Versuche bei gleicher Zeitdauer.					
Königssee	2 Tage	159,638	442,519	282,881	177,20 pCt.
Goldcronach	„	166,164	380,722	214,558	129,12 „
Krün	„	166,215	403,615	237,400	142,83 „
Ottobeuren	„	148,343	339,357	191,014	128,76 „
Altenbuch	„	155,625	379,771	224,146	144,03 „
Bischofsgrün	„	183,190	434,696	251,506	137,26 „
Oberammergau	„	175,200	508,533	333,333	190,26 „
Mittel	2 Tage	164,911	412,745	247,834	150,28 pCt.
III. Kiefernadelstreu.					
a. Versuche bei gleicher Zeitdauer.					
Pyrbaum	2 Tage	96,134	217,118	120,984	125,84 pCt.
Erlenbach	„	106,499	270,009	163,510	153,53 „
Bodenwöhr	„	113,704	304,718	191,014	167,55 „
Nittenau	„	114,859	254,669	139,810	121,72 „
Lichtenhof	„	129,519	314,007	184,488	142,44 „
Mittel	—	112,143	272,104	159,961	142,64 pCt.

Tabelle VI. a. Versuche über die wasserfassende Kraft verschiedener Streusorten, angestellt im chemischen Laboratorium.

Oberförstereien, aus welchen die Proben entnommen sind.	Zeitdauer der Sätti- gung der Streuprobe mit Wasser.	Gewicht eines Cubik- Meters Streu in Kilogrammen.		Wassergehalt der nassen Streuprobe pro Cubikmeter	
		in vollkommen luftrocknem Zu- stande.	in nasser (gesättigter) Zu- stande.	in Kilo- grammen.	in Prozenten der luftrocknenen Streu.
b. Versuch über die Grösse der Wasseraufnahme bei verschiedener Zeitdauer.					
Pyrbaum	1 Tag	96,134	197,539	101,405	105,50 pCt.
Pyrbaum	2 „	„	217,118	120,984	125,84 „
am dritten Tage fand keine Gewichtszunahme mehr statt.					
IV. Moosstreu					
a. bei gleicher Zeitdauer.					
Lichtenhof (<i>Hypnum Schreberi</i> rein).	2 Tage	77,441	336,390	258,949	334,38 pCt.
Erlenbach (<i>Hypn. Schreb. & splendens</i> mit 20 pCt. Kiefernadeln.)	„	92,578	372,340	279,762	302,19 „
Kirchdorf (<i>Hypn. splendens & triquetrum</i> mit etwas Humus und Fichtennadeln.)	„	126,506	426,204	299,696	286,90 „
Mittel	—	98,842	378,311	279,469	282,74 „
b. Versuche über die Grösse der Wasseraufnahme bei verschiedener Zeitdauer.					
Erlenbach (<i>Hypn. splendens & Schreberi</i> mit 20 pCt. Kiefernadeln.)	1 Tag	92,578	342,578	250,000	270,04 pCt.
	2 Tage	„	372,340	279,762	302,19 „
am dritten Tag fand keine Gewichtszunahme mehr statt.					
Lichtenhof (reines <i>Hypn. Schreberi</i> .)	2 Tage	77,441	336,390	258,949	334,38 pCt.
	8 „	„	398,198	315,757	407,74 „
V. Haidestreu (<i>Calluna vulgaris</i>).					
Lichtenhof	2 Tage	60,322	139,171	78,849	130,71 pCt.
VI. Farrenkraut (verdorrtes <i>Aspidium filix mas</i>).					
Rohrbrunn	2 Tage	59,376	213,223	158,847	259,10 pCt.
VII. Roggenstroh (in fusslange Halme zerschnitten).					
Aschaffenburg	1 Tag	74,046	254,267	180,221	243,44 pCt.
do.	2 Tage	„	277,359	203,313	274,58 „

Tabelle VI. b. Versuche über die Zeitdauer des Austrocknens nasser Streuproben etc, angestellt im chemischen Laboratorium.

Anzahl der Tage, während welcher das Austrocknen stattfand.		Absolutes Gewicht der zum Versuche verwendeten Streuprobe von Tag zu Tag in Kilogramm pro Cubikmeter.	Gewicht der durch Trocknen täglich verdunsteten Wassermengen:		Ein Cubikmeter Streu enthält mithin folgende Wassermengen:	
Tage.	Mittlere Lufttemperatur.		a. in Kilogramm pro Cubikmeter.	b. in pCt. der lufttrockenen Streu.	a. in Kilogramm.	b. in pCt. der lufttrockenen Streu.
I. Buchenlaubstreu.						
am 31. Juli 1871	14,27° R. Regen	313,258	—	—	199,253	175 *)
am 1. Tage	13,20° R.	295,783	17,470	15,3	181,783	159
" 2. "	14,50° R.	270,582	25,201	22,1	156,582	138
" 3. "	13,00° R. Regen	228,414	42,168	37,0	114,414	100
" 4. "	18,10° R.	219,879	8,535	7,5	105,879	93
" 5. "	13,50° R.	195,030	24,849	21,8	81,030	71
" 6. "	12,50° R.	159,388	35,642	31,4	45,388	40
" 7. "	15,90° R.	142,821	16,567	14,5	28,821	25
" 8. "	15,90° R.	129,922	12,899	11,3	15,922	14
" 9. "	17,10° R.	125,502	4,420	3,9	11,502	10
" 10. "	17,10° R.	120,984	4,518	4,0	6,984	6
" 15. "	18,70° R.	115,713	5,271	4,6	1,713	1,5
" 20. "	15,70° R.	114,000	1,713	1,5	0	—
		Sa.	199,253	—	175 %	

Eine Probe der lufttrockenen Streu wurde am 20. Tage auf ihren Wassergehalt chemisch untersucht und enthielt 18,00 pCt. hygroscopisches Wasser.

Vom Beginn bis zur Beendigung des Versuches hatte die Elasticität des Laubes durch das Austrocknen so zugenommen, dass das Volumen zuletzt um 10 pCt. grösser war, als anfangs, daher berechnet sich das Gewicht des Cubikmeters lufttrockener Streu auf 114,000 \times 0,90 = 102,600 Kilogramm.

*) Bemerkung. Auf die frisch berechnete nasse Streu berechnet, beträgt der Wassergehalt obiger Streuproben folgende Prozente:

Im nassen Zustande	64 %	} Diese Zahlen können zugleich zum Vergleiche mit den Angaben über den Wassergehalt frischer Streu von Seite der Kgl. Oberförster dienen.
nach dem 1. Tag	58 %	
" " 2. "	50 %	
" " 3. "	37 %	
" " 4. "	34 %	
" " 5. "	26 %	
" " 6. "	15 %	
" " 7. "	9 %	
" " 8. "	5 %	
" " 9. "	4 %	
" " 10. "	2 %	
" " 15. "	0,5 %	

Tabelle VI. b. Versuche über die Zeitdauer des Austrocknens nasser Streuproben etc., angestellt im chemischen Laboratorium.

Anzahl der Tage, während welcher das Austrocknen stattfand.		Absolutes Gewicht der zum Versuche verwendeten Streuprobe von Tag zu Tag in Kilogramm pro Cubikmeter.	Gewicht der durch Trocknen täglich verdunsteten Wassermengen:		Ein Cubikmeter Streu enthielt mithin folgende Wassermengen:	
Tage.	Mittlere Lufttemperatur.		a. in Kilogramm pro Cubikmeter.	b. in pCt. der lufttrockenen Streu.	a. in Kilogramm.	b. in pCt. der lufttrockenen Streu.
II. Fichtennadelstreu.						
1871 am 31. Juli	14,27° R. Regen	297,657	—	—	144,036	94*)
am 1. Tage	13,20° R.	281,565	16,092	10,5	127,944	83
„ 2. „	14,50° R.	264,445	17,120	11,1	110,824	72
„ 3. „	13,00° R. Regen	252,732	11,713	7,7	99,111	65
„ 4. „	13,10° R.	231,784	20,948	13,6	78,163	51
„ 5. „	13,50° R.	214,890	16,894	11,0	61,269	40
„ 6. „	12,50° R.	192,590	22,300	14,5	38,969	25
„ 7. „	15,90° R.	178,625	13,965	9,1	25,004	16
„ 8. „	15,90° R.	167,362	11,263	7,3	13,741	9
„ 9. „	17,10° R.	163,082	4,280	2,8	9,461	6
„ 10. „	17,10° R.	158,352	4,730	3,1	4,731	3
„ 15. „	18,70° R.	153,621	4,731	3,1	0	—
„ 20. „	15,70° R.	153,621	0	—	0	—
		Sa.	144,036	93,8		

Am 20. Tage war der Gehalt an hygroscopischem Wasser 15,10 % des Gewichtes der lufttrockenen Streu.

Die Fichtennadeln zeigten nach dem Austrocknen kein grösseres Volumen, als im nassen Zustande, das Gewicht des Cubikmeters lufttrockener Nadeln ist also 153,621 Kilogr.

*) Bemerkung. Wassergehalt in Prozenten der nassen Streu:

Im nassen Zustande nach dem	1. Tage	48	%
„ „	2. „	37	%
„ „	3. „	33	%
„ „	4. „	26	%
„ „	5. „	20	%
„ „	6. „	13	%
„ „	7. „	8	%
„ „	8. „	5	%
„ „	9. „	3	%
„ „	10. „	1,6	%
„ „	15. „	0	%

Tabelle VI. b. Versuche über die Zeitdauer des Austrocknens nasser Streuproben etc., angestellt im chemischen Laboratorium.

Anzahl der Tage, während welcher das Austrocknen stattfand.		Absolutes Gewicht der zum Versuche verwendeten Streuprobe von Tag zu Tag in Kilogramm pro Cubikmeter.	Gewicht der durch Trocknen täglich verdunsteten Wassermengen:		Ein Cubikmeter Streu enthält mithin folgende Wassermengen:	
Tage.	Mittlere Lufttemperatur.		a. in Kilogramm pro Cubikmeter.	b. in pCt. der lufttrockenen Streu.	a. in Kilogramm.	b. in pCt. der lufttrockenen Streu.
III. Kiefernadelstreu						
(mit Borkenschuppen und einigen Zapfen).						
am 6. Juni 1872	13,3° R.	315,238	—	—	186,034	144*)
am 1. Tage	12,6° R.	299,191	16,047	12,4	169,987	132
" 2. "	10,0° R.	262,215	36,976	28,6	133,011	103
" 3. "	14,5° R.	232,460	29,755	23,0	103,256	80
" 4. "	15,3° R.	211,420	21,040	16,3	82,216	64
" 5. "	13,0° R.	189,548	21,872	17,0	60,344	47
" 6. "	12,6° R.	163,397	26,151	20,2	34,193	27
" 7. "	13,1° R.	154,252	9,145	7,1	25,048	19
" 8. "	15,5° R.	147,810	6,442	5,0	18,606	14
" 9. "	16,2° R.	140,263	7,547	5,7	11,059	9
" 10. "	14,5° R.	134,497	5,766	4,4	5,293	4
" 15. "	16,19° R.	129,204	5,293	4,1	0	—
" 20. "	16,11° R.	129,204	0	0	—	—
		Sa.	186,034	144,3		

Am 20. Tage: Gehalt an hygroscopischem Wasser 12,20 %.

Volumen-Zunahme durch Austrocknen 5%, mithin Gewicht eines Cubikmeters lufttrockener Streu $129,204 \times 0,95 = 122,744$ Kilogr.

*) Bemerkung. Wassergehalt in Prozenten der nassen Streu:

In nassem Zustande	59	%
nach dem 1. Tage	53	%
" " 2. "	42	%
" " 3. "	33	%
" " 4. "	26	%
" " 5. "	19	%
" " 6. "	11	%
" " 7. "	8	%
" " 8. "	6	%
" " 9. "	3,5	%
" " 10. "	1,7	%
" " 15. "	0	%

Tabelle VI. b. Versuche über die Zeitdauer des Austrocknens nasser Streuproben etc., angestellt im chemischen Laboratorium.

Anzahl der Tage, während welcher das Austrocknen stattfand,		Absolutes Gewicht der zum Versuche verwendeten Streuproben von Tag zu Tag in Kilogramm pro Cubikmeter.	Gewicht der durch Trocknen täglich verdunsteten Wassermengen:		Ein Cubikmeter Streu enthält mithin folgende Wassermengen:	
Tage.	Mittlere Lufttemperatur.		a. in Kilogramm pro Cubikmeter.	b. in pCt. der lufttrockenen Streu.	a. in Kilogramm.	b. in pCt. der lufttrockenen Streu.
IV. Moosstreu						
(grösstentheils Hypnum Schreberi).						
am 6. Juni 1872	13,3° R.	351,437	—	—	246,244	234 *)
am 1. Tage	12,6° R.	312,739	38,698	36,8	207,546	197
" 2. "	10,0° R.	277,802	34,937	33,2	172,609	164
" 3. "	14,5° R.	240,884	36,918	35,1	135,691	129
" 4. "	15,3° R.	220,475	20,409	19,4	115,282	110
" 5. "	13,0° R.	193,625	26,850	25,5	88,432	84
" 6. "	12,6° R.	171,957	21,668	20,7	66,764	63
" 7. "	13,1° R.	155,874	16,083	15,3	56,681	48
" 8. "	15,5° R.	145,805	10,069	9,5	40,612	40
" 9. "	16,2° R.	135,151	10,654	10,1	29,958	28
" 10. "	14,5° R.	119,406	15,745	14,9	14,213	14
" 15. "	16,19° R.	107,086	12,320	11,7	1,893	2
" 20. "	16,11° R.	105,193	1,893	1,8	—	—
		Sa.	246,244	234,		

Am 20. Tage: Gehalt an hygroscopischem Wasser 14,50%.

Volumen-Zunahme durch Austrocknen 5%, also Gewicht eines Cubikmeters lufttrockener Streu $105,193 \times 0,95 = 99,115$ Kilog.

*) Bemerkung. Wassergehalt in Prozenten der nassen Streu:

In nassem Zustande	70%
nach dem 1. Tage	59%
" " 2. "	49%
" " 3. "	39%
" " 4. "	33%
" " 5. "	25%
" " 6. "	19%
" " 7. "	12%
" " 8. "	9%
" " 9. "	5%
" " 10. "	0,5%

Tabelle VII. a. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes und der Streudecke auf die Verdunstung des Bodenwassers, angestellt an d. forstl.-meteorol. Stationen Bayerns 1).

Jahrgänge.	In einem mit Wasser capillarisch gesättigten Boden verdunsteten pro Pariser Quadratfuß folgende Wassermengen in Par. Cubikzoll:																	
	April			Mai			Juni			Juli			August			September		
	Im Freien ohne Streudecke.		Im Walde	Im Freien ohne Streudecke.		Im Walde	Im Freien ohne Streudecke.		Im Walde	Im Freien ohne Streudecke.		Im Walde	Im Freien ohne Streudecke.		Im Walde	Im Freien ohne Streudecke.		Im Walde
	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.	Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.
Station Duschberg (im bayer. Wald).																		
1869	—	—	—	—	—	—	254	51	40	222	82	66	190	—	—	284	140	89
1870	—	—	—	200	80	—	250	131	53	191	135	40	101	50	20	—	46	20
1871	210	127	98	330	178	132	—	185	155	177	148	113	180	79	69	309	92	50
1872	—	—	—	154	117	105	145	123	110	265	125	111	125	56	47	212	181	169
1873	—	—	—	—	—	—	261	93	61	378	123	97	297	117	79	198	91	79
5-jähriges Mittel In Prozenten ausgedrückt 2)	210	127	98	228	125	118	227	117	84	247	123	85	179	75	54	251	110	80
	100	60	47	100	55	52	100	52	37	100	50	34	100	42	30	100	44	32
Station Seeshaupt (am Starnberger See).																		
1869	—	—	—	524	275	153	308	91	24	345	95	18	253	72	13	299	79	10
1870	—	—	—	—	223	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1871	—	—	—	383	78	34	273	—	107	—	—	—	212	129	23	359	96	36
1872	—	—	—	331	206	156	184	—	102	275	—	86	307	61	35	275	—	48
1873	—	—	—	—	—	—	308	200	85	357	217	194	338	161	121	348	196	—
5-jähriges Mittel In Prozenten ausgedrückt	—	—	—	412	195	98	268	145	79	326	156	99	285	106	49	320	124	31
	—	—	—	100	47	24	100	54	29	100	48	30	100	37	17	100	39	10
Station Rohrbrunn (im Spessart).																		
1869	402	229	81	521	120	59	410	101	30	626	150	40	507	98	33	407	71	19
1870	607	307	138	665	200	67	583	133	52	589	116	50	296	50	31	405	58	27
1871	142	78	35	540	251	146	354	129	84	392	123	61	628	383	196	401	114	41
1872	429	167	87	209	93	39	189	90	46	368	176	81	282	142	56	383	173	78
1873	424	152	68	140	57	28	248	93	56	261	139	80	344	154	75	187	108	61
5-jähriges Mittel In Prozenten ausgedrückt	401	187	81	415	144	68	357	109	53	447	141	62	411	165	78	357	105	45
	100	47	20	100	35	16	100	31	19	100	31	14	100	40	19	100	29	13

1) Die Art und Weise, wie diese Untersuchungen angestellt wurden, ebenso die dazu verwendeten Apparate sind beschrieben in E. Ebermayer, die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Aschaffenburg bei Krebs, 1873.

2) Bei der Berechnung der Prozente wurden die auf freiem Felde aus unbedecktem Boden verdunsteten Wassermengen = 100 gesetzt und die übrigen damit verglichen.

Tabelle VII. a. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes und der Streudecke T auf die Verdunstung des Bodenwassers, angestellt an den forstl.-meteorol. Stationen Bayerns. a

Jahrgänge.	In einem mit Wasser capillarisch gesättigten Boden verdunsteten pro Pariser Quadratfuss folgende Wassermengen in Par. Cubikzoll:																	
	April			Mai			Juni			Juli			August			September		
	Im Freien ohne Streudecke.	Im Walde		Im Freien ohne Streudecke.	Im Walde		Im Freien ohne Streudecke.	Im Walde		Im Freien ohne Streudecke.	Im Walde		Im Freien ohne Streudecke.	Im Walde		Im Freien ohne Streudecke.	Im Walde	
		Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.		Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.		Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.		Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.		Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.		Ohne Streudecke.	Mit Streudecke.
Station Johanneskreuz (im Haardtgebirge).																		
1869	—	—	—	398	137	39	369	125	24	414	187	54	382	149	35	367	168	34
1870	362	235	48	427	224	47	432	208	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1871	—	—	—	390	310	75	313	120	103	328	130	90	220	—	—	285	—	—
1872	361	207	73	278	167	57	232	93	17	367	232	33	280	155	13	319	106	19
1873	238	205	46	230	146	66	315	153	26	317	138	22	242	136	52	185	76	26
5-jähriges Mittel	320	216	56	345	197	57	332	140	43	356	172	50	281	147	33	289	117	26
In Prozenten ausgedrückt	100	67	18	100	57	17	100	42	13	100	48	14	100	52	12	100	40	9
Station Ebrach (im Steigerwald).																		
1869	396	172	75	—	122	34	314	114	58	595	197	72	382	117	42	425	154	41
1870	347	270	170	504	230	102	426	157	83	420	177	50	252	73	—	373	77	30
1871	188	130	55	230	126	35	186	45	15	208	62	20	205	78	22	320	97	49
1872	169	53	22	201	107	63	277	135	55	371	169	52	277	95	31	348	86	27
1873	301	150	138	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5-jähriges Mittel	280	155	92	312	146	58	301	113	53	399	151	49	279	91	32	366	103	37
In Prozenten ausgedrückt	100	55	33	100	47	19	100	38	18	100	38	12	100	33	11	100	28	10
Station Altenfurth (im Nürnberger Reichswalde).																		
1869	—	—	—	310	170	77	264	124	49	238	195	79	143	105	41	152	106	44
1870	175	92	54	399	198	90	363	169	75	377	175	81	185	68	36	208	84	38
1871	—	—	—	—	—	—	194	102	35	272	149	44	218	110	38	203	118	55
1872	267	237	195	293	162	39	290	124	36	360	310	46	248	108	28	250	42	20
1873	—	207	84	—	—	—	—	134	42	—	174	46	—	—	—	—	—	—
5-jähriges Mittel	221	179	111	334	177	69	278	131	47	312	201	59	199	97	36	203	87	39
In Prozenten ausgedrückt	100	81	50	100	53	21	100	47	17	100	65	19	100	49	18	100	43	19

Tabelle VII. a. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes und der Streudecke auf die Verdunstung des Bodenwassers, angestellt an den forstl.-meteorol. Stationen Bayerns.

Jahrgänge	Differenzen der Verdunstungsgrößen des Bodenwassers pro Pariser Quadratfuß in Pariser Cubikzoll.																	
	April			Mai			Juni			Juli			August			September		
	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.
Station Duschberg.																		
1869	—	—	—	—	—	203	12	214	140	16	156	—	—	—	144	57	201	
1870	—	—	—	120	—	—	119	78	197	56	95	151	51	90	81	—	26	—
1871	83	29	112	152	46	198	—	30	—	29	35	64	101	10	111	217	42	259
1872	—	—	—	37	12	49	22	13	35	140	14	154	69	9	78	31	12	43
1873	—	—	—	—	—	—	168	32	200	255	26	281	180	38	218	107	12	119
Mittlere Differenzen	83	29	112	103	27	110	110	33	143	124	38	162	104	21	125	141	80	171
Station Seeshaupt.																		
1869	—	—	—	249	122	371	217	67	284	250	77	327	181	59	240	220	69	289
1870	—	—	—	—	173	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1871	—	—	—	305	44	349	—	—	166	—	—	—	118	101	214	263	60	323
1872	—	—	—	125	50	175	—	—	82	—	—	189	246	26	272	—	—	227
1873	—	—	—	—	—	—	108	115	223	140	23	163	177	40	217	152	—	—
Mittlere Differenzen	—	—	—	217	97	314	123	66	189	170	57	227	179	57	236	196	93	289
Station Rohrbrunn.																		
1869	173	148	321	401	61	462	309	71	380	476	110	586	409	65	474	336	52	388
1870	300	169	469	465	133	598	450	81	531	473	66	539	246	19	265	347	31	378
1871	64	43	107	289	105	394	225	45	270	269	62	331	245	187	432	287	73	360
1872	262	80	342	116	54	170	99	44	143	192	95	287	140	86	226	210	95	305
1873	272	84	356	83	29	112	155	37	192	122	59	181	190	79	269	79	47	126
Mittlere Differenzen	214	106	320	271	76	347	248	56	304	306	79	385	246	87	333	252	60	312

Tabelle VII. a. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes und der Streudecke auf die Verdunstung des Bodenwassers, angestellt an den forstl.-meteorol. Stationen Bayerns.

Jahrgänge	Differenzen der Verdunstungsgrößen des Bodenwassers pro Pariser Quadratfuss in Pariser Cubikzoll.																	
	April			Mai			Juni			Juli			August			September		
	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und Wald.	Zwischen unbedecktem u. streubedeckt. Waldboden.	Zwischen freiem Felde und streubedeckt. Waldboden.
Station Johanneskreuz.																		
1869	—	—	—	260	99	359	244	100	345	228	133	360	232	115	347	199	134	332
1870	127	187	314	203	177	380	224	162	386	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1871	—	—	—	80	235	315	193	17	210	198	40	238	—	—	—	—	—	—
1872	154	134	288	111	110	221	139	76	215	135	199	334	125	142	267	213	87	300
1873	33	159	192	84	80	164	162	127	289	179	116	295	106	84	190	109	50	159
Mittlere Differenzen	104	160	264	148	140	288	192	97	289	184	122	306	134	114	248	172	91	263
Station Ebrach.																		
1869	224	97	321	—	88	—	200	56	256	393	125	523	265	75	340	271	113	384
1870	77	100	177	274	128	402	269	74	343	243	127	370	179	—	—	296	47	343
1871	58	75	133	104	91	195	141	30	171	146	42	188	127	56	183	223	48	271
1872	116	31	147	97	44	141	142	80	222	202	117	319	182	64	246	262	59	321
1873	151	12	163	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittlere Differenzen	125	63	188	166	88	254	188	60	248	248	102	350	188	59	247	263	66	329
Station Altenfurth.																		
1869	—	—	—	140	93	233	140	75	215	43	116	159	38	64	102	46	62	108
1870	83	39	121	201	108	309	194	94	288	202	94	296	117	32	149	124	46	170
1871	—	—	—	—	—	—	—	92	67	159	123	105	228	108	72	180	85	148
1872	30	42	72	131	123	254	166	88	254	50	264	314	140	80	220	208	22	230
1873	—	—	—	—	—	—	—	92	—	—	128	—	—	—	—	—	—	—
Mittlere Differenzen	42	68	110	157	108	265	147	84	231	111	142	253	102	63	163	116	48	164

Tabelle VII. b. Einfluss verschiedener Streusorten auf die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit, angestellt an der forstlich-meteorologischen Station zu Aschaffenburg.

Monate.	Verdunstungsgrösse einer 1 Par. Qu.-Fuss grossen freien Wasserfläche in Par. Cubik-Zollen.	Verdunstungsgrösse des Wassers aus capillarisch gesättigtem Boden pro Pariser Qu.-Fuss in Pariser Cubikzollen.							
		a. Unter einem mit Jalousien geschlossenen Schirmdache.				b. Unter einem offenen Schirmdache.			
		Gartenerde.		Sandboden.		Sandboden.			
		Ohne Streudecke.	Mit Moosdecke.	Ohne Streudecke.	Mit Moosdecke.	Ohne Streudecke.	Mit Buchenlaub.	Mit Fichten-nadeln.	Mit Kiefern-nadeln.
Jahrgang 1869.									
Juli	257,50	277,50	155,00	—	197,00	—	—	—	—
August	194,00	175,00	60,00	218,00	76,00	—	—	—	—
September	225,00	175,00	45,00	220,00	65,00	—	—	—	—
October	74,00	75,00	25,00	84,00	32,00	—	—	—	—
Monatliches Mittel	187,6	175,5	71,2	174,0	92,5	—	—	—	—
Jahrgang 1870.									
April	255,00	234,00	69,00	261,00	113,00	—	—	—	—
Mai	412,00	285,00	32,00	250,00	24,00	317,50	130,00	75,00	95,00
Juni	252,50	225,00	71,50	185,00	31,00	267,00	83,00	65,00	63,00
Juli	259,00	176,50	32,50	218,00	45,00	211,00	69,00	88,00	78,00
August	115,00	42,00	18,00	93,00	15,00?	57,50	30,50	34,50	21,00
September	136,50	66,00	18,00	105,00	7,50?	86,00	43,00	58,00	46,00
October	87,00	46,00	4,00	56,00	5,00?	65,50	40,00	31,00	22,00
Monatliches Mittel	216,7	153,6	35,0	166,9	34,3	167,4	65,9	58,6	54,1
Jahrgang 1871.									
Mai	288,00	199,00	88,00	210,00	62,00	217,00	169,00	167,00	133,00
Juni	117,00	55,00	7,00	61,00	10,00	76,00	15,00	11,00	9,00
Juli	182,00	201,50	15,00	181,00	33,50	106,50	49,00	43,00	56,00
August	270,50	125,00	24,00	117,00	19,00	139,00	43,50	56,50	35,50
September	146,00	112,00	21,00	110,00	36,00	143,00	87,00	45,00	43,50
October	60,00	38,00	5,50	49,00	14,50	51,00	17,00	23,00	20,00
Monatliches Mittel	177,2	121,7	26,7	121,3	29,1	122,1	68,4	57,6	49,5

Tabelle VII. b. Einfluss verschiedener Streusorten auf die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit, angestellt an der forstlich-meteorologischen Station zu Aschaffenburg.

Monate.	Verdunstungsgrösse einer 1 Par. Qu.-Fuss grossen freien Wasserfläche in Par. Cubik-Zollen.	Verdunstungsgrösse des Wassers aus capillarisch gesättigtem Boden pro Pariser Quadratfuss in Pariser Cubikzollen.							
		a. Unter einem mit Jalousien geschlossenen Schirm-dache.				b. Unter einem offenen Schirm-dache.			
		Gartenerde.		Sandboden.		Sandboden.			
		Ohne Streudecke.	Mit Moosdecke.	Ohne Streudecke.	Mit Moosdecke.	Ohne Streudecke.	Mit Bushen-laub.	Mit Fichten-nadeln.	Mit Kiefern-nadeln.
Jahrgang 1872.									
Mai	158,0	156,0	97,0	188,0	58,5	154,0	115,0	60,0	29,5
Juni	151,5	150,0	44,5	165,0	48,0	167,0	42,0	39,0	26,0
Juli	215,0	149,0	86,0	156,0	92,5	195,0	127,0	88,0	73,0
August	156,0	123,5	25,0	129,5	19,0	90,0	69,0	34,0	28,0
September	190,0	58,0	22,0	68,5	20,0	69,0	53,0	48,0	46,0
Monatliches Mittel	174,1	127,3	42,9	141,4	46,6	135,0	81,2	53,8	40,5
Jahrgang 1873.									
Mai	204,0	149,0	—	212,0	—	240,0	106,0	93,0	75,0
Juni	163,0	90,0	—	117,0	12,0	108,0	73,0	52,0	51,0
Juli	202,0	188,0	9,0	212,0	18,0	258,0	180,0	104,0	72,0
August	165,0	97,0	14,0	136,0	—	196,0	—	92,0	63,0
September	—	—	—	—	—	99,0	—	36,0	16,0
Monatliches Mittel	183,5	131,0	11,0	169,2	15,0	180,2	119,7	75,4	55,4



3 2044 103 117 578

Acme
Bookbinding Co., Inc.
180 Canal Street
New York, N. Y.

DEC 6 '82

DEC 2 1982



