

ÖKOLOGIE DES WALDES

VON

ALFRED DENGLER



ÖKOLOGIE DES WALDES

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES
DEUTSCHEN WIRTSCHAFTSWALDES

EIN LEHR- UND HANDBUCH
FÜR NATURWISSENSCHAFTLER

VON

DR. ALFRED DENGLER

O. PROFESSOR DER FORSTWISSENSCHAFT AN DER
FORSTLICHEN HOCHSCHULE EBERSWALDE

MIT 118 ABBILDUNGEN IM TEXT
UND 2 FARBIGEN TAFELN



SPRINGER-VERLAG
BERLIN HEIDELBERG GMBH 1930

SONDERAUSGABE VON TEIL I
DES GLEICHZEITIG ERSCHIENENEN LEHR- UND HANDBUCHES
„WALDBAU AUF ÖKOLOGISCHER GRUNDLAGE“.

ISBN 978-3-662-26890-2 ISBN 978-3-662-28357-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-28357-8

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.
COPYRIGHT 1930 BY SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG
URSPRÜNGLICH ERSCHIENEN BEI JULIUS SPRINGER IN BERLIN 1930
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 1ST EDITION 1930

Vorwort.

Der Wald ist die gewaltigste und kraftvollste, aber auch in seinen Lebensbeziehungen verwickeltste aller Vegetationsformen der Erde. Durch die generationenlange innige Berührung der forstlichen Wirtschaft mit ihm und durch die jahrzehntelangen Forschungen der forstlichen Wissenschaft an ihm und in ihm ist aber gerade für seine Ökologie eine solche Fülle von Beobachtungs- und Tatsachenmaterial gewonnen worden wie für keine der anderen Vegetationstypen. Dieses Material ist bisher nur in forstlichen Lehrbüchern und Zeitschriften zerstreut und den Naturwissenschaftlern, Pflanzenökologen und Pflanzengeographen meist unzugänglich und unbekannt geblieben. Diese Lücke soll das vorliegende Werk ausfüllen und allen denen, die im Walde wissenschaftlich beobachten oder arbeiten wollen, einmal eine Gesamtdarstellung seiner Ökologie geben. Nur der kann Einzelercheinungen in ihm richtig auffassen und verstehen, der das verwickelte Räderwerk seiner Lebensgemeinschaft und die Vielheit der Faktoren, die darauf einwirken, einmal im ganzen überschaut und kennengelernt hat. Vieles ist hier auch heute noch unsicher und lückenhaft. Möchte der deutliche Hinweis darauf, den man an den betreffenden Stellen des Buches wiederholt finden wird, dazu anregen, durch wissenschaftliche Mitarbeit das Zweifelhafte zu klären und die Lücken auszufüllen. Jeder Baustein, der dazu beigetragen wird, wird den Grund befestigen helfen, auf dem unsere forstliche Praxis den deutschen Wald, in den sie aus wirtschaftlichen Notwendigkeiten störend eingreifen muß, unermüdlich immer wieder von neuem aufbaut, womöglich in immer besserer und leistungsfähigerer Form, zu Nutz und Frommen unserer Kinder und Enkel!

Eberswalde, im Dezember 1929.

Alfred Dengler.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt. Der Wald als Vegetationstyp.		Seite
1. Kapitel. Wesen und Begriff des Waldes		1
Vegetationstypen 1. — Grundlinien des Waldaufbaus 2. — Die Lebensgemeinschaft des Waldes 3. — Die bewegenden Kräfte in der Lebensgemeinschaft 4. — Die Auffassung vom Wald als Organismus 5.		
2. Kapitel. Die Verbreitung des Waldes auf der Erde und sein Verhältnis zu den andern Vegetationstypen		6
Der Wald als Schlußformation 6. — Wald und Tundra; Wald und Steppe 7. — Wald und Heide 10. — Wald und Hochmoor 12. — Wiedergewinnung des Waldes auf Ödland 16.		
3. Kapitel. Die hauptsächlichsten Waldformen und ihre Verbreitung über die Erde (Waldzonen)		16
Übersicht und Einteilung		
		16
1. Der tropische und subtropische Regenwald 18. — 2. Die Lorbeer- und Hartlaubwälder 22. — 3. Der winterkahle, sommergrüne Laubwald (Sommerwald) 24. — 4. Der winter- oder regengrüne Laubwald 28. — 5. Der immergrüne Nadelwald 29. — 6. Zusammenfassende Übersicht über die verschiedenen Waldformen in horizontaler Erstreckung (Waldzonen) 33. — 7. H. Mayrs Einteilung der Waldformen 33.		
4. Kapitel. Die Waldformen nach Höhenstufen (Waldregionen) . .		35
5. Kapitel. Die polare und alpine Waldgrenze		38
6. Kapitel. Die natürlichen Verbreitungsgebiete der deutschen Hauptholzarten		50
Allgemeines		
		50
1. Die Kiefer oder Föhre 53. — 2. Die Fichte oder Rottanne 58. — 3. Die Weißtanne 66. — 4. Die Rotbuche 71. — 5. u. 6. Die Stiel- und Traubeneiche 74. — 7. Die Nebenholzarten 79.		
7. Kapitel. Die Entwicklungsgeschichte des deutschen Waldes . .		86
1. Die vorgeschichtliche Entwicklung		
		87
2. Die geschichtliche Zeit		
		92
Die Änderungen der Waldfläche 92. — Die Änderungen des Waldaufbaues 95. — Veränderungen in der Zusammensetzung nach Holzarten 98.		
8. Kapitel. Die Wald- und Holzartenverteilung in Deutschland und die einzelnen Waldgebiete		102
Zweiter Abschnitt. Der Einfluß der Lebensbedingungen auf den Wald und die einzelnen Holzarten.		
Vorbemerkungen		
		111
9. Kapitel. Die Wärme		111
Allgemeines über Wärmewirkung 111. — Versuche zur Berechnung der Wärmewirkung 112. — Wärmeeextreme 115. — Wärmeverhältnisse in Deutschland 116. — Vegetationszeit 117. — Bodenwärme 118. — Wärmeklima auf kleinstem Raum 119. — Waldinnenklima 122. — Waldbodentemperatur 122. — Lufttemperatur in Wald und Freiland 123. — Berücksichtigung des Wärmefaktors in der Forstwirtschaft 124.		
10. Kapitel. Das Wasser		125
Allgemeine Bedeutung des Wasserfaktors 125. — Extreme 126. — Quellen der Feuchtigkeit 126. — Niederschläge und ihre Verteilung 127. — Das Wasser im Boden 128. — Die Verdunstung 129. — Die Luftfeuchtigkeit 130. — Einwirkung des Waldes auf den Wasserfaktor 130. — Niederschläge im Walde 131. — Die Luftfeuchtigkeit im Walde 132. — Die Verdunstung im Walde 132. — Die Bodenfeuchtigkeit im Walde 133. — Lokale Feuchtigkeitsverhältnisse 134. — Wasserverbrauch und Wasserbedürfnis der einzelnen Holzarten 135. — Einfluß der Wirtschaft auf den Wasserfaktor 137.		

	Seite
11. Kapitel. Das Licht	138
Wirkung des Lichts auf die Pflanzen 138. — Lichtquellen 139. — Der Lichtgenuß der Pflanzen 140. — Licht und Blattstellung 140. — Wirkung der verschiedenen Zusammensetzung des Lichts 141. — Messung des Lichtgenusses 142. — Lichtbedürfnis der Holzarten 142. — Licht- und Schattenholzarten 143. — Schattenwirkung oder Wurzelkonkurrenz 144. — Beschattungsversuche 145. — Licht- und Schattenhabitus 147. — Innere Struktur der Licht- und Schattenblätter 149. — Nachwirkung der Lichtverhältnisse 150. — Licht und Assimilation 151. — Licht und Zuwachs 152. — Die Frage des Lichtungszuwachses 153. — Das Licht im Innern des Waldes 154. — Waldinnenlicht und Bodenflora 155. — Einwirkung der Wirtschaft auf den Lichtfaktor 156.	
12. Kapitel. Die Kohlensäure	157
Bedeutung im allgemeinen 157. — Die Quellen der Kohlensäure 158. — Verschiedenheiten des Kohlensäuregehaltes im Freien und im Walde 158. — Einfluß der Wirtschaft auf den Kohlensäurefaktor 160.	
13. Kapitel. Der Wind	161
Physiologische Wirkung des Windes 161. — Pathologische Wirkung des Windes 161. — Wirkung auf den Boden 163. — Einfluß auf Baum- und Schaftform 163. — Verteilung der Winde in Deutschland 165. — Einfluß des Waldes auf den Wind 166. — Berücksichtigung des Windfaktors in der Wirtschaft 167.	
14. Kapitel. Der Boden	168
Gründigkeit 168. — Der Boden als Nährstoffquelle 170. — Chemische Verhältnisse; Gesteins- und Bodenarten 171. — Mineralstoffgehalt und Fruchtbarkeit der Böden 173. — Mineralstoffgehalt der Bäume und Ansprüche an den Boden 174. — Humusgehalt des Bodens 176. — Die Mykorrhizafrage 174. — Humus und Bodenfeuchtigkeit 177. — Düngewirkung des Humus 177. — Azidität des Bodens 180. — Physikalische Bodeneigenschaften 183. — Wärmeverhältnisse 183. — Feuchtigkeitsverhältnisse 183. — Durchlüftung 184. — Das Vorkommen und die Verteilung der Bodenarten in Deutschland 185. — Der Einfluß des Waldes auf den Boden 186. — Mineralstoffentzug 186. — Abfallstoffe und Humusbildung 188. — Die Pflanzen- und Tierwelt im Boden 192. — Die Rolle der Baumwurzeln im Boden 193. — Einfluß der Wirtschaft auf den Boden im Walde 194.	
15. Kapitel. Die inneren Anlagen. Arteigentümlichkeiten und Rassenbildung	196
Allgemeine Gesetze der Erblichkeit 196. — Erblichkeit erworbener Eigenschaften; Akklimatisation 199. — Die Waldbestände nach ihrer inneren Veranlagung 199. — Innere Veranlagung der einzelnen Arten 199. — Die äußeren Einflüsse (Modifikationen) 202. — Klimarassen (Provenienzfrage) 204. — Provenienzversuche 205. — Erklärung der Versuchsergebnisse 215. — Standortsrassen 216. — Individuelle Vererbung 221. — Mutationen 223. — Entwicklung der Saatgutenerkennung 223. — Rassenbezirke in Deutschland 224. — Aussichten für eine forstliche Hochzucht 225.	
Dritter Abschnitt. Die Lebenserscheinungen und der Ablauf des Lebens im Walde.	
16. Kapitel. Blühen und Fruchten	226
Allgemeine Bedingungen des Blühens 226. — Mannbarkeit 228. — Blütezeiten der Holzarten 228. — Bestäubung und Befruchtung 229. — Störungen der Bestäubung und Fruchtbildung 230. — Fruchtreife 231. — Größe und Häufigkeit des Samenertrages 232. — Samenertrag der einzelnen Bäume 234.	
17. Kapitel. Vermehrung und Verbreitung	235
Die Arten der Vermehrung 235. — Vegetative Vermehrung im Walde 235. — Vermehrung und Verbreitung durch Samen im Walde 236. — Wanderungsvermögen der Holzarten 237. — Vermehrung und Verbreitung in den Unterschichten des Waldes 238.	
18. Kapitel. Keimung und Fußfassen der Verjüngung	239
Reifezustände des Samens 239. — Keimruhe 239. — Die äußeren Bedingungen der Keimung 240. — Keimprozent, Keimschnelligkeit und Pflanzenprozent 241. — Keimhemmungen 243. — Keimung und Fußfassen in der Natur 243. — Die ersten Jugendgefahren 244.	

	Seite
19. Kapitel. Die weitere Entwicklung in der ersten Jugend (Aufwuchs- und Dickungsalter)	245
Äußere Gefahren 245. — Stammausscheidung 246. — Höhenwachstum der einzelnen Arten 246.	
20. Kapitel. Entwicklung und Wachstum im Stangen- und Baumholzalder	248
Periodizität 249. — Vegetationsbeginn 249. — Jährlicher Verlauf des Längenwachstums 251. — Jährlicher Verlauf des Dickenwachstums 254. — Verlauf des Wurzelwachstums 256. — Das Wachstum in den verschiedenen Lebensaltern 257. — Gang des Höhenzuwachses nach dem Lebensalter 257. — Gang des Dicken- und Massenzuwachses nach dem Lebensalter 259. — Schichtenbildung und Stammausscheidung 260. — Zusammenfassung 261.	
21. Kapitel. Altern, Krankheit und Tod	262
Begriff des Alterns 262. — Lebensalter der Waldbäume 264. — Fäulnis und Zopftrocknis als Alterserscheinungen 264. — Gewaltamer und natürlicher Tod 264. — Krankheitserscheinungen 265.	
Namen- und Ortsverzeichnis	267
Sachverzeichnis	268

Verzeichnis der aus anderen Werken entnommenen Abbildungen.

- Warming: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin: Gebr. Borntraeger 1918: Abb. 1, 7.
- Schimper: Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena: G. Fischer 1898: Abb. 2, 6, 9, 14.
- Rawitscher: Die heimische Pflanzenwelt in ihren Beziehungen zu Landschaft, Klima und Boden. Freiburg i. B.: Herder & Co. 1927: Abb. 5.
- Brockmann-Jerosch: Baumgrenze und Klimacharakter. Zürich: Rascher & Co. 1919: Abb. 16, 28.
- Walter: Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands. Jena: G. Fischer 1927: Abb. 20, 36, 75.
- Kihlmann: Pflanzenbiologische Studien aus Russisch-Lappland. Helsingfors: Weilie & Göös 1890: Abb. 21.
- Klein: Bemerkenswerte Bäume im Großherzogtum Baden. Heidelberg 1908: Abb. 22, 64.
- Lundegårdh: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena: G. Fischer 1925: Abb. 26, 38, 55, 56, 60, 61.
- Schroeter: Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich: A. Raustein vorm. Meyer & Zeller 1926: Abb. 27.
- Braun-Blanquet: Pflanzensoziologie. Berlin: J. Springer 1928: Abb. 35, 59.
- Morosow: Die Lehre vom Walde. Neudamm: J. Neumann 1928: Abb. 41.
- Ramann: Bodenkunde. Berlin: J. Springer 1911: Abb. 4, 45, 78—80.
- Büsgen: Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena: G. Fischer 1927: Abb. 46, 67, 100, 101, 111, 117.
- Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen. Zürich: Fäsi & Beer: Abb. 49, 52, 53, 56, 94, 97, 99, 104, 105.
- Graebner: Die Pflanzenwelt Deutschlands. Leipzig: Quelle & Meyer 1909: Abb. 50, 51.
- Flora oder Allgemeine botanische Zeitung. Jena: G. Fischer, Bd. IV: Abb. 54.
- Meinecke: Die Kohlenstoffernährung des Waldes. Berlin: J. Springer 1927: Abb. 62.
- Silva: Forstl. Wochenschrift. Tübingen: K. Laupp, Jahrg. 1923: Abb. 66, 107.
- Geiger: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig: Fr. Vieweg 1927: Abb. 68, 69.
- Forstarchiv: Hannover. M. & H. Schaper: Jahrg. 1927: Abb. 74.
- Fruwirth u. Roemer: Einführung in die landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung. Berlin: Parey: Abb. 82.
- H. H. Hilf: Studien über die Wurzelausbreitung usw. Hannover: M. & H. Schaper 1927: Abb. 85—89.
- Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen. Wien u. Leipzig: W. Frick: Abb. 95, 96.
- Oppermann: Vrange Boge i det nordostlige Sjaelland. Kopenhagen: A. Simmelklaer 1908: Abb. 103.
- Seitz: Edelrassen des Waldes. Berlin: J. Springer 1927: Abb. 113, 114.
- Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Stockholm: Zentraldruckerei: Abb. 116.
- Forstwissenschaftl. Zentralblatt. Berlin: Parey: Abb. 47.

Erster Abschnitt. Der Wald als Vegetationstyp¹.

1. Kapitel. Wesen und Begriff des Waldes.

Das Pflanzenkleid, das die Erde bedeckt, ist überaus reich und mannigfaltig gemustert. Aber in all dem Wechsel von Ort zu Ort, ja selbst von Weltteil zu Weltteil, lassen sich doch gewisse gemeinsame Typen erkennen, die der Landschaft ein bestimmtes äußeres Gepräge (Physiognomie) verleihen, die aber auch in ihrem inneren Wesen und Leben (Ökologie) gewisse gemeinsame Grundzüge aufweisen. Es ist eine bemerkenswerte und fesselnde Erscheinung in der Natur, daß die Form nicht nur etwas Äußerliches und Zufälliges ist, sondern daß sie oft in weitgehender Weise mit Funktion und Lebensweise verknüpft ist, so daß Physiognomie und Habitus in der Pflanzenwelt oft schon einen sehr treffenden Ausdruck für die ökologischen Verhältnisse bieten. Die Naturwissenschaft hat hieraus eine Fülle von Erkenntnissen wertvollster Art gewonnen. Auch für den Wald gilt das in vollem Maße.

Vegetationstypen. Betrachtet man so das Vegetationskleid der Erde nach seinen verschiedenen Typen, so schälen sich letzten Endes einige wenige große Haupt- und Grundformen heraus, die man in der Wissenschaft heute als Vegetationstypen (auch Pflanzenformationen) bezeichnet. Die Sprache aller Völker hat schon von alters her bestimmte Namen für diese gefunden. Es sind etwa Ausdrücke wie: Wüste, Steppe, Wiese, Feld, Moor, Heide, Gebüsch und Wald.

Diese Aufzählung ist nicht erschöpfend. Es finden sich in der Sprache unseres Volkes und besonders in ihren verschiedenen Mundarten noch manche anderen Ausdrücke für die gleichen und auch für andere Formen. Die Wissenschaft hat auch manche von ihnen zusammengefaßt bzw. weiterzergliedert und neue hinzugefügt.

Für unsere Betrachtung genügen aber die obigen Haupttypen. Sie geben uns jedenfalls eine Vorstellung von dem, was man unter Vegetationstyp zu verstehen hat.

¹ Hauptsächliche Literatur: Mayr, H.: Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage, 2. Aufl. Berlin 1925. — Rubner, K.: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus, 2. Aufl. Neudamm 1925. — Morosow, G. F.: Die Lehre vom Walde. Aus dem Russischen übersetzt. Neudamm 1928. — Schimper, W.: Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, 2. Aufl. Jena 1908. — Warming u. Gräbner: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, 3. Aufl. Berlin 1918. — Drude, O.: Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart 1890. — Handwörterbuch der Naturwissenschaften Bd. 4. Jena 1913. Darin: Geographie der Pflanzen: a) Florenreiche von M. Rikli; b) Ökologische Pflanzengeographie von E. Rübel. — Walter, H.: Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands. Jena 1927. — Rawitscher, F.: Die heimische Pflanzenwelt. Freiburg i. B. 1927. — Gräbner, P.: Die Pflanzenwelt Deutschlands. Leipzig 1909.

Grundlinien des Waldaufbaus. Uns wird weiterhin in der Hauptsache nur der Wald beschäftigen. Was ist es nun, was diesen in seiner äußeren Erscheinung von den anderen Formen unterscheidet, was ist es eigentlich, was den Wald zum Walde macht?

In erster Linie sind es die Bäume, die sein hervorstechendstes Merkmal bilden und durch die er dem Landschaftsbild sein augenfälliges Gepräge gibt. Unter Bäumen verstehen wir im allgemeinen nur besonders hochragende Pflanzenformen. Hoch und niedrig aber sind relative Begriffe. Die Beziehung liegt im Menschen selbst. Wir müssen gezwungen sein, zum Baum aufzuschauen, um ihn Baum nennen zu können. Darin liegt jedenfalls das Wesentlichste für unser Sprachgefühl. Für die Wissenschaft hat sich aber die Notwendigkeit einer bestimmten, zahlenmäßigen Begrenzung herausgestellt. Man hat als untere Grenze für die Baumform im allgemeinen 5 m¹ angenommen und darüber hinaus 3 Höhenklassen gebildet: Bäume 3. Größe bis zu 10 m, 2. Größe bis 25 m und 1. Größe über 25 m. Die meisten Waldbäume, insbesondere diejenigen, die die Durchschnittshöhe des Waldes bestimmen, sind aber bei uns fast überall Bäume erster Größe.

In Deutschland liegen ihre Höhen im reifen Alter meist zwischen 25—30 m, doch erreichen einzelne auf günstigen Standorten auch 40—50 m Höhe. Die höchsten Waldbäume der Welt sind jene riesigen Mammutbäume Kaliforniens (*Sequoia gigantea*) mit 100 m und die Eukalyptusbäume Australiens, von denen einzelne Arten sogar 150 m und mehr erreichen sollen.

Es ist aber nicht nur die Höhe, sondern auch eine bestimmte Aufbauform, die den Baum erst zum Baum im vollen Sinne des Wortes macht. Man muß an ihm eine gewisse Dreigliederung in Wurzel, Schaft und Krone unterscheiden können.

Nicht unbedingt notwendig ist eine Verästelung der Krone, wie wir sie in den meisten Fällen finden (Typ der Wipfelbäume). In anderen kommt es auch ohne eine solche zur Baumbildung, indem am oberen Ende des Stammes nur ein Schopf meist sehr großer Blätter unmittelbar ansitzt, wie z. B. bei den Palmen u. a. (Typ der sog. Schopfbäume). Ebenso wenig ist es notwendig, daß der Stamm als ein besonderes, innerlich einheitlich gebautes Organ ausgebildet ist (echter Stamm). Man spricht vielmehr auch da von Bäumen, wo der Stamm wie bei den Musa-Arten (Bananen) nur aus den starken und ausdauernden, zusammengeschlossenen Blattscheiden gebildet wird (sog. falsche Stammbildung).

Baumformen kommen in den verschiedensten Familien, Ordnungen und Reihen des Pflanzenreiches vor. So gibt es neben den vielen Familien der Dicotyledonen (Zweikeimblättrigen) auch einige solcher in der Klasse der Monocotyledonen (Einkeimblättrigen) wie die Palmen und Bambusarten, ebenso bilden die meisten Gymnospermen (Nacktsamer), vor allem die Nadelhölzer und Cycadeen, solche Baumformen, und in früheren Erdperioden gab es auch in der Reihe der Gefäßkryptogamen baum- und wälderbildende Formen, nämlich Farne und Schachtelhalme.

Ein Baum oder einige Bäume machen aber noch keinen Wald. Es müssen ihrer viele sein, die eine größere Fläche bedecken, mindestens so groß, daß die Standortbedingungen der Außenwelt (Wärme, Feuchtigkeit, Licht, Wind u. a. m.) auf dieser Fläche nicht mehr von der Umgebung allein bestimmt, sondern von den Bäumen selbst beherrscht werden. Dazu ist aber nicht nur eine gewisse Flächengröße, sondern auch ein gewisser Dichtstand der Bäume erforderlich. Wir nennen dies den Schluß oder Schlußstand. Ist trotz Schlußstand die Fläche zu klein oder trotz genügender Fläche kein entsprechender Schluß vorhanden, sondern stehen die Bäume nur einzeln oder

¹ Schroeter: Das Pflanzenleben der Alpen, nimmt 4—5 m als Grenze an, andere wieder, wie z. B. die forstlichen Versuchsanstalten in ihrem Arbeitsprogramm für Erhebungen über die Holzartenverbreitung sogar 8 m!

gruppenweise zerstreut, so haben wir den Übergangstyp des Waldes zur Steppe, die Baumsteppe oder in künstlich von Menschen geschaffenen Bildungen den Park.

In dieser Bestimmung und Abgrenzung der äußeren Erscheinungsform des Waldes finden wir schon die wesentlichsten Grundlinien seines Aufbaus: eine gewisse Höhe, eine gewisse Größe seiner Grundfläche, einen gewissen Schlußstand seiner Glieder, der Bäume, und eine bestimmte Bauform dieser selbst. Der Wald kennzeichnet sich durch diese Grundlinien deutlich als ein Monumentalbau der Natur. Aus der Größe seiner Abmessungen und der Massigkeit seiner Form geht auch die Kraft seiner Stellung in der Natur und seine starke Wirkung auf Umwelt wie Innenwelt unmittelbar und zwangsläufig hervor.

Die Lebensgemeinschaft des Waldes. Aus dem Umstande, daß erst eine Vielheit von Bäumen in einem gewissen Schlußstand den Wald ausmacht, ergibt sich ferner, daß er eine Vergesellschaftung von Einzelwesen zu einer Gemeinschaft darstellt, wie sie auch die anderen Vegetationstypen bilden. Man hat solche Lebensgemeinschaften mit dem wissenschaftlichen Namen Biozönose bezeichnet (von bios = Leben und koinos = gemeinsam).

Zu der Biozönose des Waldes gehören aber außer den Bäumen auch noch alle die andern Pflanzen und Tiere, die sich gewohnheitsmäßig in ihm finden und in ihm und mit ihm leben. Zu ihr gehört im weitesten Sinne auch der Boden, in dem der Wald wurzelt, die Luft, in der er atmet, das Licht, in dem er assimiliert, kurz die ganze Innen- und Umwelt, die ihn beeinflusst und die er selbst auch wieder beeinflusst.

Die Bäume bilden im Walde nur eine Stufe oder Schicht, die Baumschicht, die oftmals selbst wieder in mehrere Unterschichten zerfällt, insbesondere da, wo zahlreiche Baumarten von verschiedener Höhe den Wald zusammensetzen, wie vor allem im tropischen Urwald.

Unter dieser Oberstufe tritt aber oft noch eine Busch- oder Strauchschicht, unter dieser eine noch niedrigere Kräuter- oder Staudenschicht und schließlich eine meist von Moosen, Flechten und Algen gebildete Bodenoberflächenschicht auf. Endlich findet sich unter dieser im Boden selbst noch eine unterirdische Schicht, in der zahllose Pilzfäden und Bodenbakterien ihr Leben verbringen und ihre für die Lebensgemeinschaft höchst wichtige, wenn auch dem Auge verborgene Rolle spielen.

Auch in der Tierwelt des Waldes begegnen wir einer ähnlichen Abstufung von Lebenskreisen, wenn sie auch wegen der freien Beweglichkeit der Tiere hier nicht so scharf abgegrenzt sind. Gewisse Vögel und Insekten leben hauptsächlich in der Baum-, andere in der Strauchschicht, die Säugetiere, insbesondere das Wild, in der Zone der Strauch- und Kräuterschicht, am und im Boden vor allem zahlreiche Insekten, Würmer und Protozoen, die mit den unterirdisch lebenden Pilzen, Algen und Bakterien zusammen die ungeheuer zahlreiche, aber in ihren Formen und ihrer Lebensweise noch wenig erforschte Kleinlebewelt des Bodens, das sog. Edaphon, bilden.

Nicht alle Waldbewohner sind aber auf den Wald allein angewiesen, sie kommen z. T. auch außerhalb desselben vor. Das trifft sogar auf die Waldbäume selbst zu, die auch in Garten, Feld und Wiese vorkommen können, freilich im Freiland dann meist einen etwas veränderten Habitus annehmen. Noch mehr gilt das von anderen Gliedern der Lebensgemeinschaft. Unter den Sträuchern, Kräutern, Moosen, den Flechten und Algen, seltener unter den Pilzen, gibt es Arten, die ebenso häufig im Walde wie außerhalb auftreten. Andere scheinen allerdings ganz an ihn gebunden zu sein und finden sich nur in ihm. Alle Grade

der Bindung, von der ganz losen, oft fast nur zufälligen, bis zu der festen und gesetzmäßigen sind vorhanden!

Um einige Beispiele zu nennen, so kommen manche Gräser wie das Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), das Straußgras (*Agrostis vulgaris*), das Wollgras (*Holcus lanatus*) ebenso häufig in Wäldern wie auf Wiesen und sonstigen freien Plätzen vor, während die im Kiefernwald so außerordentlich verbreitete Waldschmiere (*Aira flexuosa*), das Perlgras (*Melica nutans*) oder das Hainrispengras (*Poa nemoralis*) stark an den Wald gebunden scheinen und am Waldrande oft scharf und plötzlich mit diesem abschneiden. Von den kleinen Zwergstraucharten tritt das Heidekraut (*Calluna vulgaris*) ebenso im Walde wie außer ihm auf, während die beiden Beerkräuterarten, die Blaubeere (*Vaccinium Myrtillus*) und die Preiselbeere (*Vacc. vitis Idaea*) streng an den Wald gebunden sind. Die Beispiele für ein so verschiedenes Verhalten einzelner Arten ließen sich noch beliebig vermehren. Im allgemeinen ist die Ungebundenheit des Vorkommens (Ubiquität) unter den Sträuchern, Gräsern und Kräutern häufiger wie unter Farnen, Moosen und Pilzen, wo eine viel weitgehendere Trennung in wald- und nichtwaldbewohnende Arten eingetreten ist.

Die Ursache liegt wohl in allen Fällen in der wechselnden Breite der Lebensbedingungen, die die einzelnen Arten- und Formenkreise zu ihrem Gedeihen brauchen.

Wir sehen jedenfalls hieraus, daß die Lebensgemeinschaft des Waldes nicht eine unbedingte ist. Wenn wir im Zusammenhang damit die Formen und Grade des Gemeinschaftslebens im Walde untersuchen, so finden wir auch hier die größte Verschiedenheit vom einfachen Nebeneinanderwohnen (z. B. Bodenmoose) bis zum Aufeinanderwohnen (Baummoose und Baumflechten), ja sogar bis zum Ineinanderwohnen (Pilze in Baumwurzeln, sog. Mykorrhiza). In vielen Fällen führt die Lebensgemeinschaft nur zum gemeinsamen Genuß der Bodennährstoffe, des Bodenwassers usw., gewissermaßen nur zum Sitzen am gemeinsamen Tische (Kommensalismus). In anderen Fällen findet nur ein Verbrauch der Abfallstoffe des Lebensgenossen statt (Saprophytismus), in wieder anderen aber auch eine Ernährung aus seinen lebenden Teilen (Parasitismus) bis endlich zur höchsten Stufe der Gemeinschaft, bei der es zu einem Austausch der Stoffe mit gegenseitigem Vorteil kommt (Mutualismus).

Alle diese Verhältnisse gelten nicht nur für die pflanzlichen Glieder der Biozönose, sondern auch für die Tiere, und zwar unter diesen selbst wie auch mit den Pflanzen des Waldes zusammen.

Aus der Fülle und Mannigfaltigkeit dieser Beziehungen, die uns in ihren Einzelheiten z. T. noch recht unbekannt sind, ergibt sich das Bild eines ungeheuer verwickelt zusammengesetzten und tief ineinandergreifenden Räderwerks. Seine Erforschung ist die Hauptaufgabe eines besonderen Zweiges der neueren Pflanzenökologie, der sog. Synökologie, geworden.

Die bewegenden Kräfte in der Lebensgemeinschaft. Jedes Mitglied der Gemeinschaft sucht in erster Linie Platz und Nahrung für sich selbst und seine Nachkommen. Das bedeutet Kampf. Dieser schon von Ch. Darwin in klassischer Weise geschilderte „Kampf ums Dasein“ spielt im Walde ganz offenbar eine besonders wichtige Rolle. Er ist hier in erster Linie ein Kampf ums Licht, um den Platz an der Sonne. Er muß sich aber bei der weitreichenden Bewurzelung der Waldbäume auch unterirdisch als Kampf um Nahrung und Wasser im Boden abspielen. In einer richtigen Lebensgemeinschaft muß aber neben dem Kampf, dem egoistischen Prinzip, auch das altruistische, die Hilfe, ergänzend und ausgleichend stehen. Auch hierfür bietet der Wald hervorragende Beispiele: Die Bäume schützen und stützen sich nicht nur gegenseitig gegen die peitschende und brechende Kraft des Windes, sie schatten sich auch mit ihrem Kronendach gegenseitig den Boden ab und halten dadurch die lästigen Unkräuter fern, sie gewähren mit ihrem Schirm nicht nur dem eignen, sondern auch dem Nachwuchs ihrer Genossen einen oft unentbehrlichen Schutz gegen vernichtende Nachtfröste. Sie schaffen überhaupt, wie wir sehen werden, ein vom Freiland ganz verschiedenes

Waldinnenklima und ganz bestimmte Bodenverhältnisse, die für manche Glieder der Gemeinschaft eine geradezu notwendige Voraussetzung des Lebens, für andere mindestens eine starke Förderung des Gedeihens bedeuten.

Kampf und Hilfe sind die beiden großen treibenden Kräfte in jeder Lebensgemeinschaft. Aus ihrem Ineinandergreifen, aus ihrer richtigen Verteilung erwächst jener zur Erhaltung notwendige Zustand, den wir „biozönotisches Gleichgewicht“ nennen.

Aber dieses Gleichgewicht ist nicht stabil, sondern fortwährenden kleinen und größeren Schwankungen unterworfen. Jeder vor Alterschwäche zusammenbrechende Baum reißt ein Loch ins Kronendach, das erst wieder langsam durch aufwachsende Jugend geschlossen wird. Aus- und einwandernde Glieder verschieben dauernd den Artenbestand der Gemeinschaft. Die Einflüsse der Außenwelt, besonders Wärme und Feuchtigkeit, begünstigen oder benachteiligen im Wechsel der Jahre bald die eine, bald die andere Artengruppe. Ja manchmal schwillt dadurch die Vermehrung und Stoßkraft einzelner Glieder bis zu einem Grade an, daß sie zur „Kalamität“, zur Lebensgefahr für den ganzen Wald werden können. Aber immer und überall sind auch Gegengewichte vorhanden, die früher oder später in Wirksamkeit treten. Auf kalte und nasse Jahre folgen wieder warme und trockene, die die bisher benachteiligten Glieder begünstigen und in den Vordergrund rücken. Massenvermehrungen einer Art rufen auch bald ihre Schädlinge und Feinde in steigendem Umfang auf den Plan, bis schließlich in gewaltigen Ausbrüchen, Epidemien, die übervermehrte Art wieder auf das normale Maß, „den eisernen Bestand“ zurückgeführt wird, wie wir das bei allen Insekten- und anderen Kalamitäten immer wieder erleben! Das Räderwerk der Biozönose ist so eingestellt, daß der Gleichgewichtszustand sich immer wieder von selbst herzustellen sucht, wenn nicht übermächtige und dauernde Einwirkungen von außen das gewaltsam verhindern.

So und nicht anders stellt sich das Wesen des Waldes dar: als eine Lebensgemeinschaft mit allen nur möglichen Arten und Graden gegenseitiger Bindung, mit Kampf und Hilfe der Glieder unter sich in allen nur denkbaren Formen, beherrscht von dem Grundsatz eines Gleichgewichtszustandes, der unter verschiedenen äußeren Bedingungen immer mehr oder minder eng begrenzte Formen (Waldtypen) annimmt, denen die Biozönose nach Störungen und Schwankungen immer wieder zustrebt.

Die Auffassung vom Wald als Organismus. Eine Übertreibung bedeutet es demgegenüber, wenn man den Wald als Organismus auffaßt, wie es die neuzeitliche Dauerwaldbewegung getan hat. Die Glieder des Waldes sind keine Organe im Sinne des Wortes (*organa* = Werkzeuge), die keinen Selbstzweck und keine freie Selbstbestimmung hätten, und die außer Zusammenhang mit dem Ganzen ihre Lebens- und Funktionsfähigkeit einbüßen. Der Wald wächst auch nicht wie ein Organismus von innen heraus, sondern seine Glieder finden sich in ursprünglich freier Beweglichkeit von außen zusammen, wie man das bei jeder Neubildung von Wald beobachten kann. Die Bindung ist jedenfalls überall viel lockerer als bei einem echten Organismus! Daran ist streng festzuhalten und die Bezeichnung Organismus ist abzulehnen, weil sie falsch ist und zu falschen Folgerungen führen muß¹.

Die Ökologie hat die Aufgabe, den natürlichen, standortsgemäßen Typ des Waldes als solchen zu erkennen und seine ursprünglichen Zusammenhänge mit den äußeren Bedingungen zu er-

¹ Vgl. dazu Dengler: Die Stetigkeit des Waldwesens. Eine kritische Betrachtung zur Ökologie des Waldes und der Ziele der Wirtschaft. *Silva* 1928, H. 1.

forschen. Daraus ergibt sich dann erst das volle Verständnis der ungeheuer vielseitigen und verwickelten Erscheinungen der Lebensgemeinschaft, daraus auch erst die richtige Beurteilung aller unserer wirtschaftlichen Maßnahmen im Walde!

2. Kapitel. Die Verbreitung des Waldes auf der Erde und sein Verhältnis zu den andern Vegetationstypen.

Aus dem Aufbau des Waldes, seiner Höhe und Größe und seinem dichten Schluß geht, wie wir schon sahen, seine Wucht und Stoßkraft gegenüber den andern Vegetationstypen unmittelbar hervor. Daher setzt sich der Wald, wo überhaupt seine klimatischen Vorbedingungen gegeben sind, schließlich überall durch.

Der Wald als Schlußformation. Wir können das auch heute noch gelegentlich hier und da beobachten, wo einmal Neuland durch natürliche Ereignisse (An- oder Abschwemmungen, Erdbeben u. dgl.) entsteht oder wo der Mensch derartiges Neuland künstlich schafft (wie auf alten Kiesgruben, Steinbruchshalden, Wegeböschungen, auch auf aufgegebenen Weiden, Wiesen und Äckern, sog. Ödland). Meist bilden sich hier zuerst andere Vegetationstypen aus wie Grasfluren, Zwergstrauchheiden und Buschwerk. Aber schließlich findet sich ein Bäumchen nach dem andern ein, diese wachsen empor, schließen sich zusammen und verdrängen die waldfremden Elemente in den Unterstufen, während andere zum Walde gehörende sich ansiedeln. Schließlich findet sich bei genügender Größe der Fläche auch die Tierwelt ein. Am Ende dieser Reihenfolge, die man Sukzession genannt hat, steht als Schlußglied (Klimax) immer der Wald!

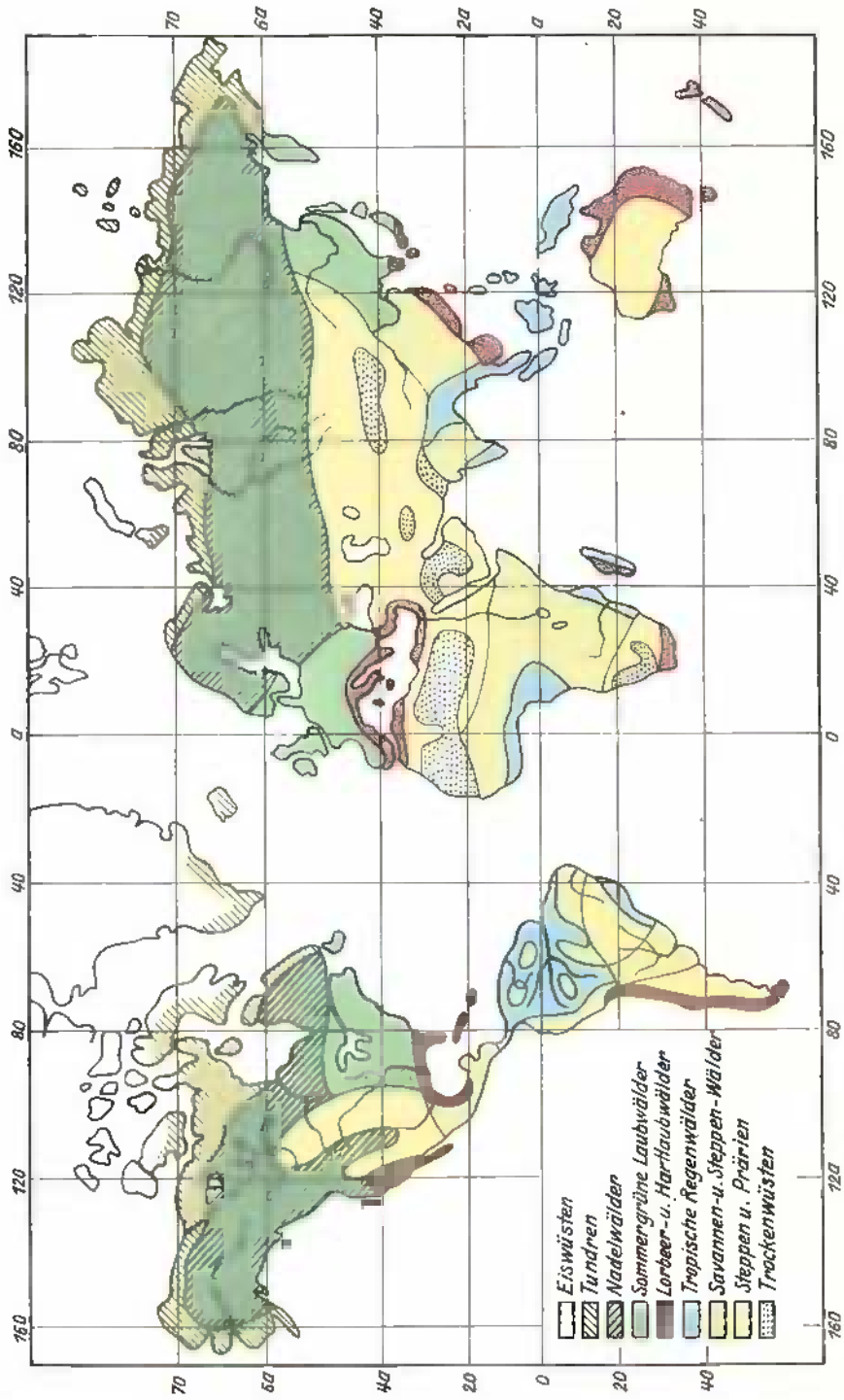
Das geht bald rascher, bald langsamer, es braucht manchmal nur Jahrzehnte, oft aber auch ein Jahrhundert und mehr. Aber es geht, wenn keine gewaltsamen Störungen eintreten, unaufhaltsam und stetig immer dem Endziel, dem Wald, entgegen.

Eines der berühmtesten Beispiele für die Einwanderung der Pflanzenwelt auf Neuland bildet die Insel Krakatau bei Java, deren Vegetation durch einen Vulkanausbruch im Jahre 1883 vollständig zerstört wurde, und deren Wiederbesiedelung genauer beobachtet wurde. Erst fanden sich Algen ein, die den Boden in feiner Schicht überzogen. In dieser keimten die ersten Farnsporen. Nach und nach kamen, durch Wasser und Vögel verschleppt, auch die höheren Blütenpflanzen an: Man fand davon 1886: 15 Arten, 1897: 56, 1906: 92. Die Wiederbesiedelung war dort durch die insulare Lage des Neulandes trotz des günstigen Klimas offenbar behindert und ging langsam vor sich. Von dem Vulkan Tamboro auf Sumbava wird dagegen berichtet, daß sich schon nach 60 Jahren wieder ein vollständig neuer geschlossener Wald eingefunden hatte¹. Über eine näher beobachtete Neubildung von Wald in unsern Breiten auf Kalkhalden am Hörselberg bei Eisenach wird folgendes berichtet²: Zuerst zeigten sich auch hier Flechten und Moose, dann Trockengräser wie Schafschwingel und einige andere krautige Pflanzen. Später traten, durch Vögel verschleppt, einzelne Sträucher wie Wacholder, Schlehen und Weißdorn auf, und nach 12 Jahren wuchsen aus dem allmählich immer dichter gewordenen Gebüsch die ersten Bäume, Sorbus-Arten, Buchen, Ahorne und Linden heraus. Diese verdrängten nun die Sträucher, die im Schatten der Waldbäume einer nach dem andern vertrockneten und eingingen. Schließlich blieben diese nur noch als Außengürtel um den heranwachsenden Wald übrig, diesem dort immer weiter vorarbeitend. Die zeitliche Aufeinanderfolge (Sukzession) kann also auch vielfach im örtlichen Nebeneinander beobachtet werden, wovon man in der Synökologie weitgehenden Gebrauch macht. Wenn es sich hier auch um einen verhältnismäßig reichen Boden (Kalk) gehandelt hat, so stand doch die erste Besiedelung ganz unter den ungünstigen Bedingungen

¹ Warming u. Gräbner: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, S. 899.

² Senft: Der Erdboden nach Entstehung, Eigenschaften und Verhalten zur Pflanzenwelt, S. 118. Hannover 1888.

Tafel I.



der Hitze und Trockenheit solcher Böden. Daher war die Anfangsvegetation auch eine ausgeprägte Xerophyten- (Trocken-) Flora (*Parmelia*, *Barbula muralis*, *Festuca ovina*, *Koeleria cristata*, *Verbascum* u. a.).

Ein Beispiel siegreichen Vordringens von Wald in gewaltigem Umfang auf öde gewordenem Ackerland haben wir in Deutschland nach den Verwüstungen und der Entvölkerung des Dreißigjährigen Krieges gehabt, wo der Wald ganze Dorfstätten mit ihren Feldfluren wieder vollständig überzog und der Spruch entstand: „Wo der Wald dem Ritter reicht bis an den Sporn, da hat der Bauer sein Recht verlorn!“

Das Wort unseres forstlichen Altmeisters H. Cotta, daß Deutschland, wenn es von allen Menschen verlassen würde, in 100 Jahren wieder ganz von Wald bedeckt sein würde, gilt sicher auch heute noch zu Recht!

Wald und Tundra. Wald und Steppe. In andern Gegenden der Welt, wo extreme klimatische Bedingungen herrschen, schon in einzelnen Örtlichkeiten von Europa, besitzt der Wald diese überragende Stellung in der Pflanzenwelt nicht mehr, sondern er muß sie an andere Formationen abtreten. Und diese Gebiete sind nicht gering, da die klimatischen Bedingungen auf weiten Teilen der Erde zu ungünstig für den Wald sind.

Zwei Umstände sind es vor allem, die den Wald ausschließen, einmal zu geringe Wärme, hauptsächlich in den Polargegenden, aber auch auf den höchsten Lagen der Gebirge, andererseits zu geringe Feuchtigkeit, hauptsächlich in den Trockenheitsgebieten im Innern der großen Festländer Asien, Afrika, Amerika und Australien. Das europäische Festland ist zu klein, zu gegliedert und zu vielseitig von Meeren umgeben, als daß sich hier solche Trockenheitsgebiete in großem Umfang entwickeln konnten. Nur da, wo Europa sich im Südosten an das kontinentale Innengebiet Asiens anlehnt, in Südrußland, hat sich ein solches verhältnismäßig kleines Ausschlußgebiet des Waldes gebildet, dem nach Westen zu noch einige vorgeschobene kleinere Inseln in Ungarn, auf dem Balkan und in Spanien angegliedert sind.

Es ist wohl, wie ein Blick auf die beigegebene Karte (Tafel I) lehrt, weit über die Hälfte der festen Erde, wo der Wald trotz seiner Stoßkraft von Natur fehlt, und zwar zum größten Teil aus Feuchtigkeitsmangel, nur zum kleineren aus Wärmemangel.

Da, wo die Wärmeverhältnisse zu ungünstig sind, wird der Wald allmählich immer niedriger und löst sich dann auch immer mehr in kleine Gruppen und Horste auf. Zwei wichtige Aufbaugrundlagen, Höhe und Schlußstand, gehen ihm damit verloren, und schließlich tritt an die Stelle des Waldes eine niedrige Gebüschformation, die locker und mit Gras-, Moos- und Flechtenflächen durchsetzt ist. Weiterhin bilden dann diese allein die Vegetationsdecke. So treten in hohen Breiten an die Stelle des Waldes die arktischen Tundren in Nordeuropa, Nordasien und im nördlichsten Amerika. In fast allen Hochgebirgen der Welt folgen auf den Wald nach oben auch erst Gebüsche von krüpplichen Bäumen, Krummhölzern, Alpenrosen, Zwergwacholder u. a. m. und schließlich ebenfalls nur noch aus Gräsern, Kräutern und Moosen bestehende Hochgebirgsmatten. Der Wald tritt also an seiner Wärmegrenze seine Herrschaft an Grasfluren, Moose und Flechten ab, meist mit einer kurzen Übergangszone von Gebüschtypen.

Wegen ungenügender Feuchtigkeit fehlt der Wald in weit größeren Gebieten der Erde. So dehnt sich ein solch großes, und wohl das größte waldleere Gebiet überhaupt, vom Schwarzen Meer in Südosteuropa durch ganz Mittelasien bis an die Grenzen der Mandschurei nach Osten hin aus. Es ist das Gebiet der russischen, persischen und mongolischen Steppen mit dem Kern in

der Wüste Gobi. Nach Westen stößt an dieses Gebiet ein fast ebenso großes Trockengebiet in Arabien und Nordafrika mit dem Wüstenkern der Sahara, ein kleineres findet sich noch in Südafrika mit der im Westen gelegenen Wüste Kalahari. Um alle diese Wüstengebiete herum liegen als Übergangszonen immer erst Grasfluren, Steppen, Savannen od. dgl. Weitere Ausschlußgebiete des Waldes finden wir dann noch im Innern Australiens, ferner in den Prärien Nordamerikas und den Llanos und Pampas Südamerikas (Ausdehnung und Lage dieser verschiedenen Gebiete vergleiche man auf der beigegebenen Karte).

Bezeichnend für den Übergang vom Wald zu den Trockenheitsgrasfluren ist aber, daß hier meistens nur eine Auflösung des Schlußstandes,



Abb. 1. Savannenwald (Übergangsform von Wald in Steppe). Aus dem Trockengebiet Westaustraliens. Vorn links und in der Mitte zwei Eukalyptusbäume, im Hintergrund Acacia-Arten (niedrig, mit typisch schirmförmiger Krone, sog. Schirmakazien). Phot. E. Pritzel.

weniger ein Herabsinken des Baumwuchses zum Krüppelwuchs stattfindet, und daß daher auch im allgemeinen nicht wie an der Wärmegrenze eine förmliche Gebüsch- oder Strauchformation als Übergangszone auftritt¹. Es entstehen vielmehr in den Grenzgebieten zwischen Wald und Grasflur auf großen Gebieten Zwischenformen, bei denen man kaum sagen kann, wohin man sie zu rechnen hat, ob noch zum Wald oder schon zur Grasflur (vgl. Abb. 1). Man hat diese daher auch mit Ausdrücken wie Steppenwald oder Waldsteppe bezeichnet. Eines der größten dieser Gebiete befindet sich wohl im mittleren Afrika nördlich und südlich vom Äquator, wo diese Zwischenformen, die sog. Savannenwälder, allein einen Flächenraum einnehmen, der dem von ganz Europa gleichkommen oder ihn noch übertreffen dürfte.

Ähnliche Übergangsgebilde finden sich auf kleineren Flächen auch in der äquatorialen Gegend des Innern von Südamerika unter den mannigfachsten Bezeichnungen, wie *Campos*, *Palmares*, *Catingas* u. a. m., ebenso in Südafrika im sog. Dornwald.

Es gibt hier also gewisse Gebiete, in denen offenbar ein ziemliches Gleichgewicht zwischen dem allerdings sehr locker geschlossenen Wald und der

¹ Ausnahmen hierzu vgl. weiter unten.

neben und unter ihm entwickelten Grasflur herrscht. Auch an allen übrigen Berührungslinien zwischen Wald und Grasflur sind ähnliche Zwischenbildungen vorhanden, aber meist nur schmal und rasch von der einen in die andere Form übergehend. Eine solche eigentümliche Nachbarformation des Waldes findet sich z. B. noch im nordöstlichen Asien auf der Insel Sachalin und der Halbinsel Kamtschatka, wo üppige Wiesenflächen mit ziemlich geschlossenem und hochwüchsigem Wald kleinflächenweise abwechseln und sog. Parkwälder (Abb. 2) bilden. Ob hierbei aber nicht doch auch menschliche Einflüsse (Weidebetrieb?) eine gewisse Rolle spielen, dürfte erst noch genauer festzustellen sein.

An verschiedenen andern Stellen stoßen aber doch auch zunächst Gebüschformationen an den Wald. So finden sich in Australien und in Südafrika solche Fälle, die wohl klimatisch



Abb. 2. Parkwald auf Sachalin. Der hohe Baumbestand von *Quercus mongolica* und *Alnus spec.* gebildet. *Am Waldsaum 2–3 m hohes Gebüsch von Spiräen und einer riesigen, gerade blühenden Umbellifere (*Angelophyllum ursinum*). Zwischen den Baumgruppen üppige Wiesen. Phot. Prof. Kraßnow.

auch durch zu geringe oder doch sehr unregelmäßig verteilte Niederschläge bedingt sind (in Australien in Form des sog. Scrub, in Südafrika im sog. Dornbusch) u. a. m. Teilweise sind dabei aber wohl auch trockene (kiesige oder steinige) Böden, also edaphische Verhältnisse, mit die Ursache.

Eine besonders bekannte und gut durchforschte Strauch- und Buschformation kommt an den Küsten des Mittelmeergebietes in Spanien, Italien und auf dem Balkan vor, meist am Fuße der unmittelbar an das Meer anstoßenden Gebirge. Hier finden wir überraschenderweise oft keinen Wald, sondern dieser fängt erst etwas oberhalb an. Dort bilden dichte und vielfach übermannshohe Gebüsch von hartlaubigen oder stengelgrünen, ginsterartigen, auch vielfach stark aromatischen Sträuchern und Halbsträuchern erst einen unteren Gürtel um den Wald. Es sind dies die sog. Macchien und Gariguen. Der Erdbeerstrauch (*Arbutus unedo*), verschiedene Cistrosen, Pistazien, aber auch strauchartige immergrüne Eichen (wie *Quercus ilex* und *coccifera*) und mehrere Wacholderarten sind einige der Hauptvertreter. Man nimmt heute wohl allgemein an, daß diese Küstenstriche ehemals Wald getragen haben, und daß dieser nur durch die schon im frühen Altertum eingetretene Besiedelung und lange Waldmißhandlung verdrängt worden ist. Zum Teil läßt sich das sogar für viele Stellen aus den griechischen und lateinischen Schriftstellern noch geschichtlich nachweisen¹. Die durch die Entwaldung eingetretene ungünstige Veränderung des Bodens, insbesondere

¹ Seidensticker: Waldgeschichte des Altertums. Frankfurt a. d. O. 1886. — Sklawonos: Waldverhältnisse Griechenlands. Forstwissensch. Zbl. 1919, S. 81.

wohl die Abwaschung der Bodenkrume, haben aber dann die natürlichen Verhältnisse so einschneidend und nachhaltig verändert, daß eine natürliche Rückkehr des Waldes, ganz abgesehen von der fehlenden Schonung, die er in diesen Gebieten auch heute kaum irgendwo genießt, nicht möglich ist. Hier spielen also ganz offenbar neben klimatischen und edaphischen auch die biotischen Einflüsse, d. h. die Einwirkungen durch Tiere (Weidevieh) und den Menschen eine ausschlaggebende Rolle!

Bei vielen Waldausschlußgebieten sind gerade menschliche Einwirkungen, mindestens an ihren Rändern, von großem Einfluß gewesen und haben den Wald dort weiter zurückgedrängt, als es durch die klimatischen Bedingungen allein gegeben wäre.

Es bestehen hier noch manche Streitfragen, z. B. ob nicht ein großer Teil der nordamerikanischen Prärien ehemals bewaldet gewesen und erst durch Aushieb, Weidebetrieb und die noch heute davon unzertrennlichen Hirtenfeuer (Präriebrände) vernichtet und verdrängt worden ist. Auch bezüglich der europäischen und asiatischen Steppen sind die gleichen Fragen aufgeworfen worden. Man hat z. B. für die südrussischen Steppen aus alten von Waldbäumen hergeleiteten Ortsnamen verschiedentlich auf frühere Bewaldung mancher heute waldfreien Gebiete schließen können¹.

Von einer der großen kaukasischen Steppen, der Mughansteppe am Kaspischen Meer, wo heute weit und breit kein Baum mehr vorkommt, wird in alten armenischen Geschichtswerken berichtet, daß dort zur Zeit der Mongolenzüge Dschingis-Chan mit seinen Scharen in einem großen Wald kampiert haben soll, der sogar Schutz vor den strengen Winterstürmen gewährt hätte, also doch ein richtiger geschlossener Wald gewesen sein muß².

Man wird aber trotz mancher hier im einzelnen feststehenden Tatsachen mit der Verallgemeinerung nicht so weit gehen dürfen, das Vorhandensein von Steppen oder ähnlicher waldfreier Gebiete nun überall nur auf menschliche Einflüsse zurückführen zu wollen. Hiergegen spricht die ebenfalls geschichtlich feststehende Tatsache, daß schon im frühesten Altertum in Asien und Afrika große Wüsten vorhanden waren, zu denen die Steppe oder Savanne eben nur einen ganz natürlichen Übergangstyp bildet. Ferner spricht für die Natürlichkeit dieser Trockenformen der Vegetation auch die Ausbildung typischer Steppenpflanzen und Steppeniere, deren Entstehung man sich eben nur auf der freien Steppe und nicht im dunklen geschlossenen Walde erklären kann.

Wald und Heide. Viel fraglicher erscheint die Natürlichkeit einer andern im milden, ozeanischen Klimagebiet Europas vertretenen Nachbarformation des Waldes, die in der Forstwirtschaft Deutschlands eine sehr wichtige und viel umstrittene Rolle spielt, nämlich der Heide.

Echte Heidegebiete, d. h. baumlose Zwergstrauchformationen, in der Hauptsache von *Calluna* gebildet, aber auch von Wacholder, Ginsterarten, Gagelstrauch (*Myrica gale*), Glockenheide (*Erica tetralix*) und vielen andern charakteristischen Pflanzen durchsetzt, finden sich in Deutschland hauptsächlich im Nordwesten, wo die bekannte Lüneburger Heide das größte zusammenhängende Gebiet derselben bei uns darstellt (vgl. Abb. 3). Dieses setzt sich nach Norden in die jütländische Halbinsel fort und streicht, nach Osten abklingend, durch die Priegnitz und Mecklenburg in einem schmalen Streifen an der ganzen Ostseeküste entlang aus. Ein abgetrenntes Gebiet findet sich dann noch in der Niederlausitz. Die Behauptung, daß dieser Vegetationstyp auch in seinem Hauptgebiet, im Lüneburgischen, lediglich auf Einwirkung des Menschen zurückzuführen sei, hat am schärfsten Bernhard Borggreve in seiner 1875 erschienenen Schrift „Haide und Wald“ vertreten. Seiner Ansicht und seinen Beobachtungen nach ist die Heide, die ja auch im lichten Walde wächst, überall erst nach Abtrieb aus diesem entstanden, und das Wiederaufkommen des Waldes

¹ Vgl. hierzu Fr. Th. Köppen: Geographische Verbreitung der Holzgewächse des europäischen Rußland Bd. 2, S. 462. Petersburg 1889.

² Keßler: Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1881, S. 322.

wird nur durch die dort übliche Schafweide (Haid schnucken) und den zur Streugewinnung angewendeten Plaggenhieb verhindert. Er führt zum Beweis seiner Anschauung die Erfahrung der Heidebauern an, die da, wo sie wieder Wald haben wollen, nur die Schafe nicht mehr weiden lassen und den Plaggenhieb einstellen, um in 10 oder 20 Jahren „ganz von selbst“ wieder den Wald zu haben.

Mit geschichtlichen Gründen hat auch E. H. L. Krause¹ die Ansicht verfochten, daß die Heide wenigstens größtenteils ehemals Wald gewesen wäre. Er konnte für viele Gebiete, die heute Heide sind, in früh- und spätmittelalterlicher Zeit das Vorhandensein großer Waldungen nachweisen, will aber daneben doch das gelegentliche frühgeschichtliche Vorkommen echter, offener Heiden neben Heidewäldern nicht ganz bestreiten.

Demgegenüber hat P. Gräbner² gegen die Borggreve-Krausesche Theorie von der künstlichen Entstehung und Erhaltung der Heide durch den Menschen eingewendet, daß die trockneren Böden, die im Westen da, wo der



Abb. 3. Wilde, freie Heide. Biengrund bei Wilsede (Naturschutzgebiet bei Lüneburg). Neben dem Wege Kiefernflug, in der Mitte mit Wacholdergruppe. Ringsum kniehohe, blühende Heide. Phot. G. Matthes.

Wald fehlt, die Heide als geschlossene Pflanzendecke tragen, im Osten nur steppenähnliche Vegetation (Angergräser mit nur zerstreuter *Calluna*-Beimischung) aufweisen, und daß auf feuchten Stellen auch das typische Heidemoor des Westens dem Osten ganz fehlt.

Das braucht aber keineswegs gegen die künstliche Entstehung der Heide zu sprechen, da die klimatischen Unterschiede, die Gräbner selbst ja stark betont, auch nach künstlich eingetretener Waldvernichtung in Ost und West ganz verschiedene Pflanzengesellschaften nach sich ziehen konnten. Die *Calluna* hat eben im Osten nicht mehr dieselben günstigen Lebensbedingungen wie im Nordwesten, wo sie überall weit höheren und üppigeren Wuchs zeigt als im Osten. Auch die von Gräbner betonte Tatsache, daß die echten Heiden immer eine große Reihe typischer Begleitpflanzen besitzen, die außerhalb derselben mehr oder minder fehlen, und daß andererseits eine Reihe von charakteristischen Pflanzen, die im Osten das offene Gelände besonders auf sonnigen Hügeln besiedeln (die sog. pontische Hügelflora), in den Heidegebieten ganz fehlen, kann für deren Ursprünglichkeit nicht entscheidend sein.

Die Heidebegleitpflanzen könnten sich im Westen vor Entstehung der Heiden an kleineren offenen Stellen, insbesondere an Flußuferhängen und Moorrändern, gehalten haben und erst von da aus in die später durch Abtrieb und Brände entstandenen offenen Großflächen der heutigen Heide eingewandert sein. Und daß die pontischen und andere östliche

¹ Englers bot. Jb. 1892, S. 517ff.

² Gräbner, P.: Die Heide Norddeutschlands, 2. Aufl. 1925.

Florenelemente nicht in sie eingedrungen sind, ist doch ganz offenbar nur den klimatischen Unterschieden zwischen dem deutschen Osten und Westen zuzuschreiben. Die Linie Braunschweig—Priegnitz—Ostseeküste ist ganz allgemein eine Scheidelinie zwischen atlantischen Pflanzen und solchen östlicher Herkunft.

Unbedingt abzuweisen ist Gräbners Anschauung, daß die Heide Nordwestdeutschlands durch Nährstoffmangel im Boden natürlich begründet sei, und daß der Wald bei Aufforstung solcher Heideböden infolgedessen immer kümmern müsse. Das widerlegen schon die inzwischen erfolgten zahlreichen Umwandlungen ehemaligen Heidebodens in fruchtbares Ackerland, ja sogar Weizenfelder, aber auch viele gelungenen Aufforstungen¹. Wahrscheinlich ist in diesem Streit der Meinungen die Stellungnahme beider Gegner zu einseitig. Nicht zu bestreiten ist, daß ein sehr großer Teil der heutigen Heide auf alten Waldgebieten stockt, die erst durch Waldverwüstungen in Ödland und Heide übergegangen sind². Andererseits spricht die schon von Krause hervorgehobene Tatsache, daß im Lüneburger Heidegebiet sich eine besonders dichte Zusammenlagerung vorgeschichtlicher Siedelungen und Gräber findet, für ein natürliches Vorhandensein offener oder doch lichter Stellen, denen man bei den ersten Ansiedelungen immer den Vorzug vor dem dichten Urwald gegeben hat. Auch hat Sarauw³ im südlichen Jütland Gräber aus der jüngeren Steinzeit gefunden, die nach Ansicht der Prähistoriker nicht im Walde, sondern in offener Landschaft angelegt sein müssen, und ebensolche Gräber aus der Bronzezeit, die sogar aus Heideplaggen auf Heideboden aufgebaut waren. Somit dürfte wohl ursprünglich Wald und Heide nebeneinander vorgekommen sein. Es ist hier offenbar ein altes natürliches Übergangsgebiet des Waldes, wo beide Formen sich mischten und kleine standörtliche Unterschiede sofort einen Ausschlag nach der einen oder andren Richtung hin gegeben haben. Das erklärt auch die große Empfindlichkeit des Waldes, die dieser dort auch auf alten Waldböden noch heute jedem Mißgriff der Wirtschaft gegenüber zeigt. Wald und Heide befinden sich hier in einem äußerst labilen Gleichgewichtszustand.

Wald und Hochmoor. Es ist aber bei uns auch noch ein anderer Vegetationstyp, der im kühleren, feuchten Gebiet dem Walde gefährlich werden kann und auf dessen Umsichgreifen auch die neuzeitliche Forstwirtschaft ein besonders wachsames Augenmerk haben muß. Es ist das Hochmoor. Dieser in der Hauptsache aus sog. Torf- oder Weißmoosen, Sphagnum-Arten, gebildete Vegetationstyp findet sich meist inselartig auf nassen Standorten, wie abflußlosen Mulden und Senken im Wald des nördlichen Europas. In der Ebene treten die Hochmoore vom norddeutschen Tiefland aus nach Osten mit zunehmender Häufigkeit und Ausdehnung auf (baltische Randstaaten, Rußland), ebenfalls auch nach Norden zu (Finnland, Skandinavien). Im Gebirge finden sie sich gern auf kalten, nassen Plateaus, Terrassen, Rücken und Kuppen und gehen hier recht weit südlich (z. B. noch bis auf die Balkanhalbinsel). Die Sphagneen zeichnen sich ökologisch dadurch aus, daß sie ganz vom Boden und der Bodenfeuchtigkeit unabhängig sind, und nur vom Niederschlagswasser leben, das sie ungemein zäh durch besondere wasserspeichernde Tonnenzellen festhalten. Sie haben ein lebhaftes Spitzenwachstum, das sich auf den unterliegenden abgestorbenen Teilen vollzieht und oft zu Torfbildungen führt, die mehrere Meter hoch werden. Die in der Mitte des Hochmoores befindlichen

¹ Näheres zu dieser Frage bei Erdmann: Die Heideaufforstung. Berlin 1904. — Die Nordwestdeutsche Heide in forstlicher Beziehung. Berlin 1907.

² Vgl. hierzu E. H. L. Krause (a. a. O.) und A. Zimmermann (Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1908), wo sehr drastische Beispiele der früher üblichen Mißwirtschaft im Lüneburger Heidegebiet geschildert werden.

³ Referat von Krause in den Beih. z. botan. Zbl. 1908.

älteren Teile liegen daher meist etwas höher, und das Moor flacht sich uhrglasartig nach den Rändern zu ab, wo bei gegebenen Standortsbedingungen dann oft ein schleichendes Weiterwachstum in die Nachbarschaft stattfindet, die meist der Wald, und zwar der Nadelwald, bildet. Ganz besonders gefährlich werden die Sphagneen durch die Sauerstoffarmut und den Sauerstoffabschluß, den sie unter sich im Boden hervorrufen und wodurch sie die Wurzeln der Waldbäume langsam zum Ersticken bringen können. (Sehr schöne Untersuchungen hierüber wie über die ganze Entwicklung der Hochmoore verdanken wir insbesondere den nordischen Forschern, wie Hesselman, Stockholm¹, Romell² und Malmström³, aber auch dem deutschen Botaniker C. A. Weber, Bremen⁴.)



Abb. 4. Versumpfender Wald (Finnland). (Nach Dr. Schreiber.)

Die Abb. 4 zeigt ein charakteristisches Bild eines solchen nordischen Hochmoores mit absterbendem Wald und Abb. 5 den inneren Aufbau eines deutschen Gebirgshochmoores und dessen jahrtausendlang besonders bergabwärts fortschreitende Entwicklung in den umgebenden Fichtenwald hinein.

Auch hier hat sich, wie sehr oft, das Hochmoor zunächst über einer abflußlosen Senke *A* auf einer Gebirgsterrasse über einem nährstoffreichen Niedermoor von Riedgräsern gebildet, ist dann aber mit einer säkularen Stockung bei *D*, der sog. Grenztorf-

¹ Hesselman: Über den Sauerstoffgehalt des Bodenwassers und dessen Einwirkung auf die Versumpfung des Bodens und das Wachstum des Waldes. Mitt. d. forstl. Versuchsanst. Schwedens Bd. 7.

² Romell: Die Bodenventilation als ökologischer Faktor. Mitt. d. forstl. Versuchsanst. Schwedens Bd. 19.

³ Malmström: Degerö Stormyr. Eine botanische, hydrologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchung eines nordschwedischen Moorkomplexes. Mitt. d. forstl. Versuchsanst. Schwedens 1923, H. 20.

⁴ Weber, C. A.: Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memeldelta. Berlin 1902. — Aufbau und Vegetation der Hochmoore Norddeutschlands. Englers Jb. 1907, Beibl.

schicht (aus Heide oder Wollgras mit Sphagnum gemischt) immer höher und weiter nach außen zu gewachsen.

Manche unserer Hochmoore scheinen sich auch heute noch in weiterem Vordringen zu befinden, wie das z. B. von Baumann für die Umgebung des Forchenseemoores in Bayern nachgewiesen ist¹. Andere sind durch lokale Geländebeziehungen, z. B. Einbettung zwischen steil ansteigende Uferländer, durch natürlichen Wasserabfluß oder auch infolge künstlicher Entwässerung zum Stillstand oder Rückgang gelangt. Auch periodische Schwankungen in den Niederschlagsverhältnissen schaffen hier stark wechselnde Möglichkeiten.

Bedenklich für den Wald scheint auch das Auftreten von Sphagneen auf Waldboden abseits oder doch in einiger Entfernung vom eigentlichen Hochmoor, wie es in nordischen Wäldern, aber auch in unseren Gebirgswäldern vielfach beobachtet und als Versumpfungsgefahr des Waldes bezeichnet wird.

Die skandinavische forstliche Literatur ist voll von Hinweisen darauf, aber auch in der deutschen Literatur findet neuerdings diese Erscheinung eine immer zunehmende Beachtung und Erwähnung. Es sind fast immer Fichtenbestände

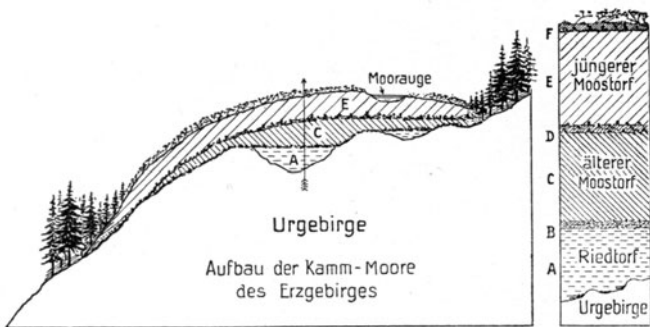


Abb. 5. Durchschnitt durch ein Gebirgshochmoor. Schematisiert und stark überhöht. (Nach H. Schreiber.) Entstehung über zwei nassen Senken bei A und rechts daneben (Niederungsmoor). Später Übergang in Hochmoor (C) und seitliche Ausbreitung. Zwischen C und E Stillstand der Moorbildung (sog. Grenzhorizont bei D). Später erneuter Beginn der Vermoorung (E) und seitliches Eindringen in den umgebenden Fichtenwald, besonders hangabwärts.

in kühler, niederschlagsreicher Lage und auf un-tätigem, kalkarmem Boden, wo sich derartige Sphagnum-Bildung in kleineren oder größeren Flecken zeigt. Bei uns hat Kautz² für den Harz zuerst auf die Wichtigkeit und den Ernst dieses Vorganges aufmerksam gemacht, der sich heute dort auch schon in den mittleren Lagen zeigt, wo ehemals noch die Buche dem Fichtenbestand beigemiselt war. Auf dem von der

Fichte so leicht gebildeten starken und sauren Rohhumus stellen sich zunächst dichte Polster von Polytrichum-Moosen ein, die gewöhnlich die Vorläufer der nachfolgenden Sphagneen bilden. Kautz empfiehlt dagegen vor allem die Erhaltung und möglichste Wiedereinbringung der Buche, wo sie natürlich noch fortkommt, da schon eine geringe Laubdecke, wie man unter jeder eingesprengten Buche beobachten könne, das beste Hindernis gegen die Bildung der Polytrichum-Polster und damit auch gegen die Sphagneen-Einwanderung bilde. In anderen deutschen Mittelgebirgen, z. B. im Solling und Wesergebirge, finden sich in höheren Plateaulagen ähnliche Versumpfungsanfänge ebenfalls in reinen Fichtenbeständen, die dort überall an Stelle des ehemals allein einheimischen Laubholzes getreten sind. Sie rufen z. T. Wuchstockungen und Kümmerungserscheinungen im Waldbestand hervor. Im hohen Schwarzwald treten derartige Bildungen sogar unter der sonst viel bodenpflegerischen Weißtanne und in Fichten × Tannenmischbeständen auf, z. B. in Langenbrand. Sie werden dort durch Abgabe der Sphagnum-Decken als Streu für die

¹ Forstl. naturwiss. Z. 1898, S. 71.

² Kautz: Waldkultur und Wasserpflanze im Harz. Z. f. Forst- u. Jagdwes. Bd. 41, S. 157 ff. (1909).

Ställe und durch Bodenbearbeitung nach Möglichkeit bekämpft. In manchen Fällen hat wohl auch unvorsichtige oder durch Sturm bewirkte Entwaldung zu solchen Versumpfungerscheinungen geführt, indem nach dem Aufhören des Wasserentzuges durch den Waldbestand sich ein Feuchtigkeitsüberschuß in der obersten Bodenschicht einstellte, der die Einwanderung der Sphagneen begünstigt hat. So berichtet Leythäuser¹, daß im Bayrischen Wald nach den riesigen Sturmverheerungen vom Jahre 1870 auf Tausenden von Hektaren sich eine beginnende Versumpfung durch Bildung von Sphagnum-Polstern auf Stellen gezeigt habe, wo diese vorher ganz gefehlt hätten. In dem sehr viel milderen und wärmeren, aber auch recht niederschlagsreichen Klima von Nordwestdeutschland, wo sich ja gerade auch viele ältere und neuere Hochmoore großen Umfanges befinden, hat Erdmann auch für den Kiefern- und Fichtenwald unter bestimmten Bedingungen (starke Rohhumusbildung auf kalkarmem, untätigem Boden) eine solche drohende Versumpfungsgefahr beobachten wollen und durch einige sehr auffällige Beispiele in seinem Revier Neubruchhausen (jetzt Erdmannshausen genannt) belegt. Doch ist von anderer Seite einschränkend darauf hingewiesen worden, daß es sich bei diesen Beispielen wohl nur um besonders örtlich beschränkte und bedingte Ausnahmefälle handele, in denen sich undurchlässige Schichten im nahen Untergrund fanden².

Erwähnt sei hier auch noch, daß man auf dem Grunde vieler durch Torfstich abgebauten Hochmoore in Nord- und Nordwestdeutschland große, dicht beieinanderstehende Nadelholzstöcke oder auch ganze Lager von solchen Stämmen gefunden hat, die hier und da angekohlt waren. Man glaubt daher, daß diese Moore sich einstmals ebenso nach Entwaldung durch Katastrophen (Brände, Sturm od. dgl.) gebildet haben müssen, wie wir das in dem oben angeführten Beispiel aus dem Bayrischen Wald gesehen haben. Diese fossilen Zeugnisse lassen sich aber nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse der Jetztzeit übertragen, da es sich um sehr weit zurückliegende Perioden mit ganz anderem Klimacharakter gehandelt haben dürfte (vgl. hierzu S. 90).

Jedenfalls kann das Hochmoor wohl in kühlen Lagen und unter bestimmten ungünstigen Bedingungen auch heute noch ein ernster und gefährlicher Konkurrent des Waldes werden, der seine sonstige führende Rolle in der Pflanzenwelt bedrohen kann. Es ist besonders eigenartig, daß hier ein so winziges und zartes Gewächs wie ein Moos einem so starken und riesenhaften Gebilde wie einem Waldbaum gefährlich werden kann. Es ist also Größe und Schlußstand nicht immer ein wirksames Mittel im Kampf um das Dasein. Manchmal wird auch das Kleine stark und unüberwindlich.

Man wird aber auch in der Frage der Versumpfungsgefahr nicht verallgemeinern und übertreiben dürfen, indem man jeden reinen Fichtenbestand unserer Gebirge oder jeden Kiefernbestand in Nordwestdeutschland als unrettbar der Versumpfung verfallen ansieht. Reine Fichtenbestände gibt es sicher schon seit Jahrtausenden in unseren Gebirgswaldungen. Und auch reine Kiefern- und Fichtenbestände in Nordwestdeutschland (vgl. hierzu S. 55 u. 61). Da aber eine Klimaveränderung, wenigstens für die letzten Jahrhunderte, weder aus den historisch nachweisbaren Pflanzenverbreitungslinien noch aus den meteorologischen Messungen nachweisbar ist, so wäre nicht abzusehen, warum jetzt plötzlich der Wald einer Versumpfung im großen entgegengehen sollte, der er unter den gleichen Bedingungen in jahrtausendelanger Vorzeit nicht unterlegen ist. Es wird sich dabei wohl immer mehr um Sonderfälle und engbeschränkte Örtlichkeiten handeln, die allerdings aufmerksamste Beobachtung und besondere

¹ Forstwiss. Zbl. 1892, S. 325.

² Hassenkamp: Der Einfluß von Standort und Wirtschaft in der Oberförsterei Erdmannshausen. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1928, S. 13. — Krauß: Schwankungen des Kalkgehaltes im Rotbuchenlaub auf verschiedenem Standort. Forstwiss. Zbl. 1926, S. 424.

wirtschaftliche Vorsichtsmaßnahmen erfordern. Im allgemeinen wird man in den mittleren Lagen unserer Gebirge und im nordwestdeutschen Flachlande die Vorherrschaft des Waldes im ganzen kaum als ernstlich bedroht anzusehen brauchen. Genaue Beobachtungen und Aufnahmen von Wachstum und Weiterentwicklung von Sphagnum-Flächen im Wald werden diese ganze Frage erst noch klären und zur Entscheidung bringen müssen. Auch nach den sehr sorgfältigen Untersuchungen in Schweden¹ ist der Fortgang der Versumpfung an den Hochmoor-rändern dort seit Jahrtausenden nur sehr gering und immer örtlich bedingt gewesen (Tieflagen, Abflußmangel u. dgl.).

Wiedergewinnung des Waldes auf Ödland. Ist der Wald auch im ganzen die mächtigste und kraftvollste aller Vegetationstypen, so scheint sein Bestand doch auch bei uns hier und da wohl gefährdet. Seine Grenzen zu wahren und für den Wald zu erhalten, ist bei dem wachsenden Mangel an Holz die ernste Pflicht einer vorausschauenden Wirtschaft in der ganzen Welt. Da, wo diese Grenzen durch menschliche Einflüsse, insbesondere durch Waldbrände, unregelmäßige Weidewirtschaft u. a. m., zugunsten anderer, für die Wirtschaft minderwertiger Typen (Steppen, Heiden, Macchien) verschoben und nachweisbar zurückgedrängt worden sind, tritt in der Neuzeit mehr und mehr die Frage der Wiedergewinnung durch Aufforstung in den Vordergrund. Länder mit alter, intensiver Forstwirtschaft haben diese Aufgabe schon lange erkannt und aufgegriffen. Mit Genugtuung können wir feststellen, daß Deutschland hier seit Jahrhunderten eifrig und mit Erfolg tätig gewesen ist. Aber auch in Ländern, in denen diese Aufgabe trotz Waldarmut lange vernachlässigt gewesen ist, regt es sich heute, und setzen Wiederaufforstungsbestrebungen ein (Spanien, Italien u. a.). Es gilt aber auch hier die allgemeine Wahrheit, daß das Bestehende viel leichter zu erhalten ist, als das einmal Verlorene wieder zurückzugewinnen!

3. Kapitel. Die hauptsächlichsten Waldformen und ihre Verbreitung über die Erde (Waldzonen).

Wenn im folgenden die verschiedenen Waldformen der Erde einer vergleichenden Betrachtung unterzogen werden, so kann es sich dabei nur um eine kurze und skizzenhafte Darstellung handeln, die nur die Haupttypen und ihre Grundzüge hervorhebt, um wenigstens eine Übersicht und Vorstellung von der Fülle und dem Formenreichtum des Waldes zu geben. Für eine tiefer eindringende Kenntnis muß auf die einschlägige Literatur, insbesondere auf die klassischen Werke von Schimper und Warming, verwiesen werden, in denen auch eine große Zahl von hervorragend schönen und fesselnden Abbildungen das ersetzt und ergänzt, was auch die eingehendste Schilderung nur ungenügend darzustellen vermag.

Übersicht und Einteilung. Wenn man die Waldformen zunächst einmal nach den größten Zügen ihrer Physiognomie unterscheiden will, so kann man sie in Laub- und Nadelwälder trennen, je nachdem sie aus Bäumen mit mehr oder weniger breiten, flächenartig entwickelten Assimilationsorganen bestehen oder aus solchen, bei denen diese Organe stark reduziert und nadelähnlich ausgebildet sind. Man hat im allgemeinen in dieser Verschiedenheit eine Anpassung an die Verdunstung und damit an die Feuchtigkeitsverhältnisse des Standortes gesehen. Nun ist es wohl zweifellos, daß das breitflächige Laub-

¹ Malmström: Degerö Stormyr. Eine botanische, hydrologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchung eines nordschwedischen Moorkomplexes. Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1923, H. 20.

blatt mehr zu starker Verdunstung geeignet ist als die Nadel, die schon allein in ihrer Form einen gewissen Verdunstungsschutz besitzt. Es gibt aber doch noch vielerlei andere Mittel, um die Verdunstung zu regeln (Stärke der Epidermis, Bau der Spaltöffnungen, Behaarung u. a. m.). Außerdem können sich die Laubbäume ja durch zeitweiligen Blattabwurf gegen Dürreperioden schützen, wie das gerade in den ausgesprochensten Trockengebieten der Fall ist, in denen gerade Laubhölzer mit solchen Trockenschutzeinrichtungen (*Xerophyten*) auftreten, während die eigentlichen Nadelhölzer dort fehlen! Außerdem sind die hauptsächlichsten Gattungen der Nadelhölzer, wie Fichten, Tannen, Tsugen, Kryptomerien u. a. m., sogar gerade Bewohner ziemlich feuchter Standorte. Es müssen also noch andere ökologische Beziehungen für die Nadelform mitsprechen, auf die noch später zurückzukommen sein wird. Es muß in der Ausdeutung von solchen Anpassungserscheinungen überhaupt immer vor Einseitigkeit gewarnt werden. In der Natur führen meist viele Wege zu einem Ziel, und ein Weg dient oft vielen Zwecken!

Immerhin kann uns die Unterscheidung von Laub- und Nadelwäldern doch schon einen, wenn auch etwas rohen und mehr physiognomischen Gesichtspunkt für eine Einteilung bieten.

Unter den Laubwaldungen haben wir dann immergrüne und nur periodischgrüne zu unterscheiden. Auch die immergrünen wechseln ihr Laub, aber meist allmählich und unauffällig, wenn schon eine neue Belaubung da ist, oder so rasch, daß der Wechsel kaum merkbar wird. Die periodisch grünen aber zeigen eine ausgeprägt belaubte und eine unbelaubte Zeit in deutlicher Abhängigkeit von klimatischen Verschiedenheiten innerhalb eines Jahres.

Die Nadelbäume sind im allgemeinen immergrün. Auch sie stoßen die älteren Nadeln ab, oft ebenfalls zu bestimmten Jahreszeiten, aber doch immer nur so, daß sie daneben zur gleichen Zeit ein volles grünes Kleid von jüngeren Nadeln besitzen. Nur die Gattung *Larix* in ihren verschiedenen Arten macht überall auf der Erde hiervon eine merkwürdige Ausnahme und zeigt damit eine Sonderstellung, die auf Annäherung an die periodisch grünen Laubhölzer hinweist. Auch die amerikanische Sumpfyypresse (*Taxodium distichum*) wechselt ihre Belaubung, indem sie ihre vorjährigen Triebe abwirft.

Unter diesen Hauptgesichtspunkten lassen sich dann die Waldtypen der Erde etwa wie folgt einteilen¹:

A. Laubwälder.

I. Immergrüne.

1. Tropische und subtropische Regenwälder, in immer heißen und immer feuchten Gebieten.

2. Lorbeer- und Hartlaubwälder, in mehr oder weniger sommerwarmen und sommertrockenen, wintermilden und winterfeuchten Gebieten.

II. Periodisch grüne.

1. Sommerwälder, in Gebieten mit mäßig warmem Sommer und kühlem Winter mit ziemlich gleich verteilter Feuchtigkeit.

2. Winter- oder Monsunwälder, in immer heißen, aber sommertrockenen und winterfeuchten Gebieten.

¹ Mit Rücksicht auf den Zweck einer kurzen Übersicht ist hier eine zusammenfassende, von den pflanzengeographischen Werken etwas abweichende Gruppierung gewählt worden.

B. Nadelwälder.

In der Regel immergrün, in Gebieten mit ausgeprägt strengem Winter, kühlem bis mäßig warmem Sommer und ziemlich gleich verteilter mäßiger Feuchtigkeit.

(Die klimatische Charakterisierung ist hier nur ganz allgemein gehalten und gibt nur die Hauptpunkte. Im einzelnen finden sich manche Abweichungen und Übergänge.)

Im Anschluß an die obigen Hauptformen werden dann noch einige Neben- und Übergangsformen kurz zu besprechen sein. Zur Übersicht über die Verteilung der einzelnen Waldformen auf der Erde wird auf die Karte Tafel I verwiesen.

1. Der tropische und subtropische Regenwald. Der tropische Regenwald ist vom ökologischen Standpunkt aus unzweifelhaft die üppigste aller Waldformen und die höchste Stufe der Biozönose des Waldes. Hier findet die Lebensgemeinschaft mit ihren treibenden Kräften Kampf und Hilfe in allen nur denkbaren Formen und Stufen ihren nicht mehr zu übersteigenden Höhepunkt. Ganz anders vom forstwirtschaftlichen Gesichtspunkt aus. Da ist die Gesamtholzerzeugung, soweit wir darüber zahlenmäßige Angaben besitzen, durchaus nicht überwältigend groß, besonders aber nicht die Nutzholzerzeugung wegen der teilweise geringen Holzqualität und schlechter Stammausformung.

So fand man bei genauen Massenaufnahmen auf Probeflächen im Kameruner Urwald nur etwa 640—990 fm je Hektar und an nutzbarer Schaftmasse nur 180—520 fm bei einer Stammzahl von 340—640 Stück. Gute und starke Nutzstämme fanden sich meist nur in ganz geringer Zahl, oft nur 1—2 Stück je Hektar¹!

Die Aufarbeitung des Holzes ist wegen der vielen Schlinggewächse und des dichten Unterholzes erschwert und sehr kostspielig, zumal die wirklich wertvollen Nutzholzarten oft nur ganz zerstreut vorkommen. Jedenfalls wird der tropische Regenwald in seinem wirtschaftlichen Wert von manchen sommergrünen Laubwaldungen und vielen Nadelwaldungen kühlerer Klimate erheblich übertroffen. Vielfach spielt heute überhaupt nicht die Holznutzung, sondern gewisse Nebennutzungen (Kautschukgewinnung, Öl- u. a. Früchte, Drogen und Arzneimittel) in ihm die wirtschaftliche Hauptrolle. Meist sind diese Waldungen dann auch kein unberührter Urwald mehr, sondern ein von diesem schon ziemlich verschiedener, anders zusammengesetzter Folgewald (second growth).

Der tropische Urwald zeichnet sich zunächst durch die Vielheit seiner Schichten aus. Allein 4—5 Baumstockwerke kann man oft in ihm unterscheiden, unter denen an allen etwas lichter Stellen noch eine Strauch- und Kräuterschicht auftritt. Das Profil, der Aufriß der Bestockung, ist daher im Gegensatz zu den meisten anderen Waldformen unruhig und zackig (Abb. 6). Seine Hauptursache hat das in der ungeheuren Fülle von Holzarten, die den Bestand auf kleinster Fläche zusammensetzen. So fanden Jentsch und Büsgen² im Kameruner Urwald auf mehreren Probeflächen von je $\frac{1}{2}$ ha im ganzen mehrere Hunderte von Arten und auf der einzelnen Fläche allein 60—80 Arten. Wenige Baumriesen von 50—70 m Höhe ragen meist zerstreut über die große Mehrheit der Stämme 2. und 3. Stufe mit 30—50 m heraus, und darunter bilden dann meist wieder weniger zahlreiche niedrigere Bäume, auf der Abb. 6 z. B. die Palme *Euterpe edulis*, und besonders feuchtigkeits-

¹ Büsgen: Der Kameruner Küstenwald. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1910, S. 264.

² Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1910, S. 264ff.

liebende und schattenertragende Arten, wie z. B. die Zykadeen oder Baumfarne, die unterste Stufe des Baumbestandes. Die Stammbildung ist, abgesehen von den Riesenhäusern der obersten Stufe, meist nicht allzu dick, oft sogar unverhältnismäßig dünn und nicht sehr gerade. Die Verzweigung ist gering, bei Palmen, Baumfarne u. a. Schopfbäumen fehlt sie sogar gänzlich. Die Krone ist auch nicht groß, sondern eher etwas kümmerlich und locker. Daher ist auch der Schatten des tropischen Urwaldes durchaus nicht ganz tief, sondern es herrscht in ihm ein grünes Dämmerlicht, woran auch die meist glatte und glänzende, das Licht zurückwerfende Oberfläche des Laubes mitwirkt („Glanzlichter des Tropenwaldes“). Die Farbe der Blätter ist sehr wechselnd. Doch herrscht im allgemeinen nicht das saftige Grün unserer Laubhölzer vor, sondern mehr

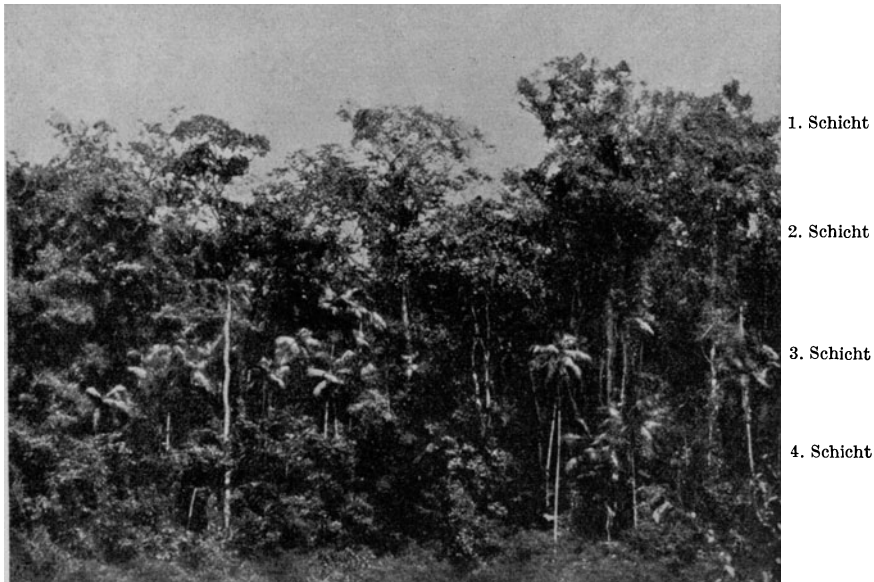


Abb. 6. Tropischer Regenwald bei Blumenau (Brasilien). Zackiges Profil und reiche Schichtung. Die in der 3. Schicht auftretende Palme ist *Euterpe edulis*. Darunter noch 1 Baumschicht. Verhältnismäßig dünne Stämme, geringe Verzweigung. (Phot. H. S c h e n c k.)

gelbliche und bräunliche Töne. Sehr verschieden ist auch Blattform und Blattgröße. Neben einfachen, ganzrandigen kommen auch gezähnte, gelappte und gefiederte, neben länglichen und schmalen auch elliptische, runde und fächerförmige Blätter in bunter Mischung durcheinander vor. Die Blattgröße ist oft nur so klein wie bei uns, erreicht aber bei einzelnen Arten, wie Palmen und Bananen Längen von 1 m und mehr. Hängende Blätter und Blattspitzen (sog. Träufelspitzen) geben das viele überschüssige Wasser nach unten weiter. Geschützte Knospen fehlen.

Die Blüten der Bäume sind im Gegensatz zu denen kühlerer Klimate nicht auf Windbestäubung, sondern auf die Übertragung des Pollens durch die zahlreichen Insekten (Schmetterlinge), aber auch Vögel (Kolibri) eingerichtet. Eine ganz besonders eigenartige Erscheinung ist die Blüten- und Fruchtbildung einzelner Baumarten unmittelbar am Stamm und an unteren Seitenästen (sog. Cauliflorie). Über die Wurzelbildung (Tiefe der durchwurzelten Schicht, Ausbildung von Haupt-, Seiten- und Faserwurzeln, Wurzel-

symbiose mit Pilzen, sog. Mykotrophie) wissen wir wenig. Bekannt und auffällig ist nur die oft sehr starke Ausbildung des untersten Stammteiles am Wurzelhals

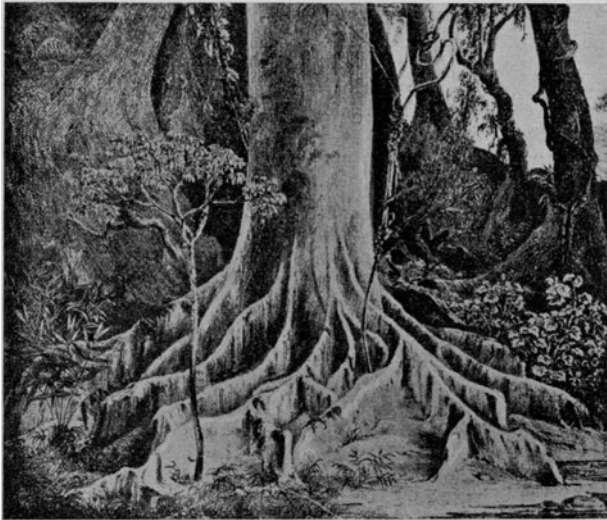


Abb. 7. Ficus-Baum mit Brettwurzelbildung. (Tropischer Regenwald in Brasilien nach Martius.)

(sog. Wurzelanlauf) und die oft hoch über den Boden hervortretende Anschwellung der Seitenwurzeln als Stütze bei sehr hohen Bäumen (sog. Brettwurzelbildung) (Abb. 7).

Seinen bezeichnendsten Zug aber erhält der tropische Regenwald durch die Menge der auf Bäumen und Ästen wachsenden Überpflanzen (Epiphyten), die nicht wie bei uns nur durch Flechten und Moose gebildet werden, sondern auch durch höhere Pflanzen, vor allen Dingen Farne und Orchideen, die ihre Wirtspflanzen oft so bedecken, daß von der Rinde des Stammes und der Äste kaum noch etwas zu sehen ist. Dabei treten sie aber meist nur als Commensalen oder Einmieter auf, ohne dem Wirtsbaum etwas zu entnehmen und auf ihm zu parasitieren. Besondere Einrichtungen zum Auffangen des Wassers und der aus verwesenden Pflanzenresten gebildeten Humus- und Mineralstoffe ermöglichen ihnen neben der eigenen Assimilation ihrer grünen Blätter ein selbständiges Leben fern vom Boden.



Abb. 8. Sog. Baumwürger (Ficus-Art) im tropischen Regenwald (Brasilien). Als Liane den Wirtsbaum vollständig umwachsend. Der Wirtsstamm kommt nur am Kronenansatz zum Vorschein (senkrechter heller Strich von dort nach oben zu). Phot. A. Möller.

Eine ähnlich bedeutende Rolle spielen die Schlinggewächse (Lianen), die ebenfalls in ungeheurer Fülle vorkommen. Sie lassen sich von den emporwachsenden Wirtsbäumen mit bis zu deren Wipfel ins oberste Licht tragen, um dann oft wieder bis zum Boden herabzuhängen und an Nachbarbäumen wieder aufzusteigen. Sie bilden ja sogar ein bekanntes Hilfsmittel der Eingeborenen zum Bau primitiver Hängebrücken bei Überschreitung kleinerer Urwaldflüsse. An einer solchen, sehr üppig auftretenden

Palmliane, der sog. Rotangpalme, hat man auf Java einmal eine Gesamtlänge von 240 m gemessen! Eine besonders auffällige Erscheinung unter den zahlreichen Lianenformen bieten die sog. Baumwürger (besonders einige *Ficus*-Arten), die sich in breiten Strängen dicht um ihren Wirtsstamm legen und so miteinander verwachsen, daß sie förmlich einen „Stamm um den Stamm“ darstellen. Der allmählich absterbende und vermorschende Wirtsstamm bildet dann oft nur noch den faulenden Kern oder später einen völligen Hohlkern und der ursprüngliche Gast steht am Ende selbständig da, die Gestalt seines Wirtes gleichsam fortsetzend oder wiederholend (Abb. 8).

Dadurch, daß auch die Epiphyten und Lianen beblättert sind, ist im Verein mit den vielen Baumschichten der ganze Raum von oben bis unten mit



Abb. 9. Tropischer Regenwald in Süd Mexiko. Dichte Raumauffüllung durch kletternde Lianen der verschiedensten Arten (*Araceen*, *Marcgravia*, *Sarcinanthus* u. a.). Von der Mitte nach rechts ein Luftwurzeltau einer *Aracee*, sich von Baum zu Baum spannend. Phot. G. Karsten.

Grün erfüllt. Der tropische Regenwald zeigt in seiner charakteristischen Form, wie man treffend gesagt hat, einen förmlichen „*horror vacui*“! (s. Abb. 9).

Das Leben im tropischen Regenwald ist unter den dauernd günstigen Wachstumsbedingungen (gleichmäßige Wärme und stets reichliche Feuchtigkeit) ununterbrochen im Gang. Der Wald ist immer grün und der Laubwechsel geht ganz unmerklich vor sich. Einzelne Bäume stehen zwar kurze Zeit kahl oder fast kahl da, aber sie verschwinden unter der Fülle der andern Arten im vollen Blätterkleid. Bei manchen Arten wird das Laub einzelstammweise zu verschiedenen Zeiten nacheinander gewechselt, bei einigen andern sogar astweise. Es kommen fast alle Möglichkeiten des Laubwechsels vor. Ähnlich ist es mit dem Blühen. Fast keine Zeit ist ganz blütenlos. Trotzdem ist hier und da doch auch eine gewisse Periodizität der Lebenserscheinungen bemerkbar, was dann auf innere Ursachen (Wiederauffüllung von Reservestoffen oder eine ererbte Rhythmik der Lebenserscheinungen (?)) zurückzuführen ist. Eine Jahrringbildung im Holze fehlt meist ganz oder sie ist nur schwach angedeutet. Hier und da findet sie sich aber doch, namentlich sobald ein leichter Unterschied einer mehr

regenreichen und regenärmeren Periode vorhanden ist. Der Abfall des Waldes, die Streu, zersetzt sich trotz ihrer Menge, infolge der außerordentlich reichen Mischung von Arten und der günstigen Klimabedingungen, rasch und vollständig. Dicke Streulagen oder gar unverweste, rohe Humuspolster fehlen im allgemeinen vollständig. Wie die Verjüngung vor sich geht, darüber fehlen genaue Beobachtungen, doch ist einzelstamm- oder gruppenweise Naturverjüngung wohl die Regel. Wo einmal stärkere Aushiebe oder gar Kahlschlag stattfinden, vollzieht sich die Verjüngung auch großflächenweise und sehr rasch, doch findet dabei fast immer ein starker Wechsel der Holzarten statt. Der Folgewald ist dann oft noch dichter wie vorher bestockt, aber die Artenzahl hat abgenommen, und es zeigt sich eine Neigung zur Reinbestandesbildung (Erscheinungen des second growth). Diese Beobachtung ist sehr interessant im Hinblick auf die gleichsinnige, aber noch viel schärfer ausgeprägte Wirkung menschlicher Eingriffe in den Wald unserer Breiten!

Der tropische Regenwald ist in seiner Fülle und Üppigkeit das Ergebnis der denkbar günstigsten Lebensbedingungen in bezug auf Wärme und Feuchtigkeit, wie sie sich nur in verhältnismäßig kleinen Gebieten der Erde finden. Seine Verbreitung ist daher auch lange nicht so groß, wie man sich das im allgemeinen vorstellt. Käme die Wärme allein in Betracht, so würde das ganze Erdgebiet zwischen den Wendekreisen von ihm erfüllt sein, wo während des ganzen Jahres eine durchschnittliche Temperatur von mindestens 20° C, am Äquator etwa 25° C herrscht, also eine Wärme, die für die meisten Lebens- und Wachstumsvorgänge als optimal gelten kann. Bei dieser hohen durchschnittlichen Wärme bedarf es aber auch dauernd hoher Feuchtigkeit, um ein Verwelken und Vertrocknen der Assimilationsorgane hintanzuhalten. Hieran aber fehlt es besonders in den inneren Teilen der Tropengebiete und auch da, wo hohe Gebirge die regenbringenden Meereswinde aufhalten und ihrer Feuchtigkeit berauben. Die Verbreitung des Regenwaldes beschränkt sich daher innerhalb der Tropen fast nur auf die Küstenlandschaften mit ihrem Hinterland mit jährlichen Regenmengen von 1500—2000, einzeln bis 4000 mm. Nur in Südamerika, in den Niederungen des Amazonasstroms, wo die Grundwasserfeuchtigkeit den etwas geringeren Niederschlag ausgleicht, greift der Regenwald zu beiden Seiten des Stromes und seiner Seitenzuflüsse tief bis in das Innere des Kontinents hinein (vgl. die Karte). Der subtropische Regenwald in Gebieten mit etwas niedrigeren Wärme- und Niederschlagsverhältnissen ist gewissermaßen nur eine abgeblaßte Form des tropischen Regenwaldes in dessen Grenzgebieten und ist hier mit diesem zusammengefaßt worden.

Die Hauptverbreitungsgebiete des tropischen Regenwaldes sind danach vor allem der indomalaiische Archipel, Hinterindien, das Stromgebiet von Ganges und Brahmaputra, Madagaskar, das Kameruner Küstenland, die südbrasilianische Küste und das brasilianische Stromland des Amazonas.

2. Die Lorbeer- und Hartlaubwälder. Während der tropische und subtropische Regenwald im großen und ganzen ein ziemlich einheitliches Bild in bezug auf seine Physiognomie und Ökologie zeigt, kann man das von den andern hier zusammengefaßten Formen nicht sagen. Die Lorbeer- und Hartlaubwälder zeigen vielmehr in bezug auf Höhe, Schlußgrad und standörtliche Bedingungen starke Abweichungen, und ihre Abgrenzung unter sich und gegen die andern Hauptwaldformen ist teilweise so unsicher, daß man ihre einzelnen Unterformen eigentlich alle für sich darstellen müßte, um ihnen gerecht zu werden.

Gemeinsam ist ihnen das harte, meist dicke und lederige, immergrüne Laub und eine verhältnismäßige Kleinheit der Blätter, die von der

ovalen bis zur lanzettlichen Form gehen, und die teils glänzende, das Licht reflektierende Oberflächen haben, wie z. B. die Lorbeerarten, oder aber auch durch Wachs- oder Harzausscheidungen matte, bereifte Oberflächen aufweisen, wie z. B. Ölbaum und Oleander. Behaarung der Blattoberseite fehlt aber meist ganz, ebenso tritt Fiederblättrigkeit selten auf. Die charakteristischen Arten haben meist ganzrandige Blätter, oft auch eingerollte Blattränder. Das alles deutet auf Xerophyllie, d. h. Anpassung des Blattes an besondere Trockenheit und auf Verdunstungsschutz wegen des heißen und trocknen Sommers hin, der im Gebiet dieser Waldform charakteristisch ist. Auch im inneren Bau des Blattgewebes prägt sich dies aus, indem die Blätter fast durchweg eine stark entwickelte Epidermis, geringe Interzellularräume, aber reiches Versteifungsgewebe haben, das ein Zusammenfallen und Welkwerden verhindert. Dagegen sind die Knospen oft nackt oder die Knospenschuppen



Abb. 10. Immergrüner Hainwald der Mittelmeerküste. Die lichten Bäume auf der Höhe Ölbäume, dazwischen Zypressen, im Hintergrund am Hang einige Lorbeerbäume, im Vordergrund Gebüsch einer immergrünen Eiche (*Quercus ilex*). Phot. F. Schwarz.

nur spärlich, was dem milden und feuchten Winter entspricht, der im Zusammenhang mit dem immergrünen Laub dem Wald einen Weitergang seiner Lebenstätigkeit mit kurzen Unterbrechungen in etwas kühleren Zeiten gestattet¹. Der Wuchs der Bäume ist meist niedrig und knorrig, ihr Schluß locker und das ganze Waldbild mehr hainartig (Olivenhaine! Abb. 10). Höhere Epiphyten und holzige Lianen fehlen. Der obere Raum im Wald ist licht und leer, die meist vorhandene Strauchschicht ist niedrig und trägt den gleichen Hartlaubcharakter wie der Oberbestand. In der Bodenflora fallen besonders viele Knollen- und Zwiebelgewächse auf.

Diese Waldform, die sich meist in sehr früh besiedelten Landstrichen an den Meeresküsten der warmtemperierten Gebiete findet, ist wohl überall sehr stark durch den Menschen verändert. Vielfach ist der Wald infolge der schonungslosen Ausnutzung und Verwüstung zu Gebüsch mit vereinzelt Bäumen herabgesunken (z. B. die sog. Macchie in den Mittelmeerländern u. a. derartige Formen).

¹ Über die Assimilation der Hartlaubgewächse im Winter hat Meigen an der Flora Santiagos in Chile interessante Untersuchungen angestellt. Englers Botan. Jb. Bd. 18.

In Europa finden sich Lorbeerwälder vorwiegend in den Küstenstrichen des ganzen Mittelmeergebiets, wo neben Lorbeer- und Ölbaum besonders auch einige immergrüne Eichen (Abb. 11) (*Quercus ilex*, *suber*, *coccifera*), von Nadelhölzern nur Cupressus-Arten in ihm auftreten. In trocknen und sandigen Strandwäldungen kommen aber auch schon einzelne Pinusarten vor (*Pin. Pinea*, *pinaster*, *halapensis* u. a.). In den andern Weltteilen ist dieser Waldtyp ebenfalls meist auf die Küstengebiete beschränkt. Er findet sich hier meist in charakteristischen schmalen Streifen längs der Meere in der Gegend des nördlichen und südlichen Wendekreises (vgl. die Übersichtskarte).

Um eine ungefähre Vorstellung von dem Klimacharakter des Lorbeer- und Hartlaubwaldgebietes zu geben, seien die folgenden Durchschnittszahlen für das Mittelmeergebiet mitgeteilt:

Temperatur des wärmsten Monats: 24—25° C; des kältesten Monats: 8—11° C.
Niederschlagshöhe jährlich: 600—800 mm, einzeln noch höher.

Davon fallen in den 3 Wintermonaten etwa 50 %; in den 3 Sommermonaten etwa nur 5—10 %!



Abb. 11. Immergrüner Baum- und Buschwald auf der Insel Rab (Dalmatien). Hauptsächlich von der Steineiche (*Quercus ilex*) gebildet, dazwischen viele immergrüne und hartlaubige Straucharten (Pistazien, Myrten, hohe Erikaarten, Baumwacholder u. a. m., Übergang zur Gebüschform der Macchie). Phot. A. Dengler.

Ähnliche Züge des Klimas finden sich auch in den Gebieten dieser Waldform in den andern Erdteilen wieder: ein heißer, fast tropischer Sommer mit äußerst geringen Niederschlägen und ein milder Winter mit sehr reichlichen Niederschlägen. Aus diesen Bedingungen heraus ist die Eigenart dieser Waldform zu verstehen. Der milde, fast frost- und schneefreie Winter erlaubt und be-

günstigt die immergrüne Belaubung, der trockne Sommer aber fordert harte und lederige Blattstruktur. Die ungünstigen Feuchtigkeitsverhältnisse in der Hauptwachstumszeit lassen trotz reichlicher Wärme keinen stattlichen Höhenwuchs zu, die schmale und schütterere Belaubung verursacht einen lichten Schluß, der keine tote Bodenstreu- und Humusdecke erzeugt, aber überall Strauch- und Krautwuchs zuläßt, der freilich unter dem Einfluß des trocknen Sommers auch nicht allzu üppig wird und alle Merkmale des Trockenschutzes zeigt.

Aller Unterwuchs hat meist harte, ledrige Blätter, wie z. B. *Ilex*, *Ruscus* u. a., oder ganz kleine, oft auf ein Minimum herabgesetzte Blättchen vom Typus der Ericaceen und der Ginsterarten, dornige Ausbildung der Sproßachsen und stachlichte Bewehrung der Zweige und Blätter zum Schutz gegen Tierfraß.

Forstlich spielt diese Waldform wegen ihrer geringen Holzerzeugung und der niedrigen und krummen Schaftformen nur eine geringe Rolle. Sie dient meist nur der Brennholzversorgung.

3. Der winterkahle, sommergrüne Laubwald (Sommerwald). In denjenigen Breiten der Erde, wo ein ausgesprochen kühler Winter mit Schnee- und Frostzeiten die Regel bildet, und der Sommer niederschlagsreich ist, hat sich eine ganz andere für die Forstwirtschaft viel bedeutsamere Waldform entwickelt, der winterkahle, sommergrüne Laubwald, oder wie er auch kurzweg genannt

worden ist, der Sommerwald. Dieser wird von Bäumen mit saftiggrünen, dünnen und weichen Blättern gebildet, die bei Eintritt der kalten Jahreszeit abgeworfen und erst bei Beginn der wärmeren Zeit wieder neu gebildet werden. Der Wald bietet also zu den verschiedenen Zeiten ein ganz verschiedenes Bild: im Sommer grün, im Winter kahl. Die Lebenstätigkeit ruht scheinbar in letzterem ganz, um im Frühling wieder zu erwachen, im Sommer den Höhepunkt zu erreichen und im Herbst wieder abzuflauen. Der Wald zeigt eine ausgesprochene jährliche Periodizität. Diese ist aber nicht immer unmittelbar mit der Witterung in Verbindung zu bringen. Am ausgesprochensten ist das noch beim Erwachen der Vegetation im Frühjahr der Fall, das sich meist zugleich mit dem Eintritt warmer Tage zu vollziehen pflegt. Dagegen hören manche Lebenserscheinungen, wie vor allem das Längenwachstum der Triebe, aber auch das Dickenwachstum von Stamm und Ästen, mehr oder minder bei noch hohen Wärmegraden im Früh- oder Spätsommer auf. Auch die Verfärbung des Laubes, meist verbunden mit einer Auswanderung und Rückwanderung der Stoffe in den Stamm, pflegt sich schon lange vor Eintritt kühlerer Temperaturen und Fröste anzukündigen und zu vollziehen. Man hat hier wohl von innerer, ererbter Periodizität gesprochen, um damit auszudrücken, daß sich diese Vorgänge nicht einfach aus äußeren Ursachen, vor allem nicht aus dem Gang der Witterung unmittelbar erklären lassen. Ohne Einfluß ist diese aber nicht, denn wir sehen, daß in trocknen und heißen Sommern der Wald sich früher verfärbt und entlaubt als in kühlen und feuchten.

Man faßt übrigens den herbstlichen Laubabwurf dieser Waldform heute weniger als eine Anpassungserscheinung an die Kälte des Winters als vielmehr an die dann entstehende Trocknisgefahr auf, da bei gefrorenem Boden die Wurzeln kein Wasser mehr aufnehmen können, während die Verdunstung durch die breiten Blattflächen weitergehen würde. Es dürften dabei aber unverkennbar auch die Schneeverhältnisse mit zu berücksichtigen sein, die bei einer Belaubung über Winter durch die großen Blatt- und Kronenflächen unweigerlich zum Bruch führen müßten. Auch hier sind die ökologischen Beziehungen eben äußerst vielseitig und dürfen nicht nur in einer Richtung gesucht werden!

Die Sommerwälder sind im allgemeinen überall hochragend und dichtgeschlossen. Die Bestände haben starke Stämme mit vielfach hartem und wertvollem Holz (hartwood d. Amerikaner [Abb. 12]). Sie geben Massen, die auf besseren Standorten meist 500—700 fm Derbholz (über 7 cm) erreichen. In den optimalen Laubholzwaldungen Nordamerikas (Täler der südlichen Alleghanies) fand H. Mayr Höhen bis zu 40 m und Stammstärken von über 1 m¹. Höhen von 25—30 m sind auf guten Böden der Durchschnitt. Die Verzweigung ist außerordentlich reichlich. Schopfbäume oder solche mit nur wenigen Zweigordnungen, wie im tropischen Regenwald, fehlen ganz. Die Anzahl der Zweigordnungen beträgt bei den meisten Bäumen 6—8. Die Blattgröße und Blattform ist dagegen ziemlich einheitlich. Am meisten herrscht die ovale Grundform in der Größe des Hühnerreis vor. Größere Blätter sind verhältnismäßig selten, auch Fiederblättrigkeit kommt weniger vor, ohne zu fehlen (Esche, Juglans, Carya u. a.). Die Knospen sind meist durch zahlreiche, dicht aneinanderliegende und durch Haare und Sekretstoffe verfilzte oder verklebte Schuppen geschützt. Die Blüten sind unscheinbar, sitzen meist nur am äußeren Teil der Krone und sind in der Mehrzahl auf Windbestäubung, nicht auf Übertragung durch Insekten eingerichtet, die in dem dichten, schattigen

¹ Mayr, H.: Die Waldungen von Nordamerika, S. 126.

Kronendach zu wenig Bewegungsfreiheit haben würden. Epiphyten kommen fast nur als Moose und Flechten vor, Lianen finden sich nur vereinzelt und niemals das Waldbild beherrschend, nur in dem sehr feuchten japanischen Laubwald treten sie etwas zahlreicher auf. Die Stockwerksbildung im Baumbestand ist meist wenig entwickelt (vgl. Abb. 12). Nur, wo unter günstigen Bedingungen reichere Mischung verschieden hoher Arten mit größerem und geringerem Lichtbedürfnis möglich ist, entwickeln sich 2—3 solcher Stockwerke. Meist aber neigt der Wald schon etwas zur Reinbestandesbildung oder doch dem Vorherrschen einer Art und dann zur Einstöckigkeit. Der Waldinnenraum macht im Gegensatz zum tropischen Regenwald den Eindruck der Leere



Abb. 12. Laubholzwald von *Quercus prinus*, *Liquidambar*, *Carya* und *Fraxinus americana* im Mississippigebiet (nach C. A. Schenck).

und ist wegen des gleichmäßigen, oberen Kronenschlusses vielfach dunkel, jedenfalls immer viel dunkler und dichter wieder des Lorbeerwaldes. Ein Strauchunterstand ist nur bei besonders lichtdurchlässigen Baumarten und auf frischeren, kräftigen Böden vorhanden. Ähnliches gilt auch von der Kraut- und Moosflora am Boden. Dies hängt neben der starken Lichtabdämpfung von oben auch mit dem jährlichen Laubfall zusammen, der oft eine förmliche Decke auf dem Boden bildet (Streudecke) und sich selbst unter günstigen Verhältnissen erst innerhalb eines Jahres wieder zersetzt, gelegentlich aber auch schon zu ungünstigen Rohhumusschichten führt. Die Anzahl der Baumarten im Einzel-

bestand ist auf kleinerer Fläche meist gering. Die in großem Umfang waldbildenden Arten dieser Waldform beschränken sich in den verschiedensten Gebieten immer auf einige wenige nahe verwandte Gattungen, insbesondere Buche (*Fagus*) und Eiche (*Quercus*). Andere Gattungen, wie *Castanea*, *Carya*, *Juglans*, *Acer*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Betula*, treten meist nur als Mischung mehr oder minder untergeordnet auf. Von den Nadelhölzern tritt im Verbreitungsgebiet dieser Waldform nur die Gattung *Pinus* in zahlreichen Vertretern auf ärmeren und trockneren Böden, also edaphisch bedingt, auf und bildet dann innerhalb des großen Laubwaldgebietes oft große reine oder mit einigen Laubhölzern gemischte Bestände, ja auch ganze insulare Waldgebiete. Sonst aber sind die Nadelhölzer dem Sommerwald in seiner eigentlichen Form fremd, und wo sich andere Gattungen, wie Tannen, Fichten, Tsugen, in ihn einmischen, beginnen schon die Übergangsgebiete zum Nadelwald.

Der sommergrüne Laubwald tritt nur auf den Festländern der nördlichen Halbkugel auf, da auf der südlichen Halbkugel der ausgeprägte Gegensatz zwischen Winter und Sommer fehlt, weil Australien und Afrika nicht weit genug gegen den Südpol vordringen, und die Südspitze von Südamerika, die fast 20 Breitengrade südlicher geht, in ihrer Schmalheit zu sehr unter dem ausgleichenden Einfluß der umgebenden Ozeane steht. Schon H. Mayr¹ hat dies hervorgehoben.

Stellen wir die mittleren Temperaturen der verschiedenen Breitengrade der nördlichen und südlichen Halbkugel zusammen², so ergibt sich folgendes sehr abweichende Verhältnis:

		Januar	Juli	Differenz
		Mittel		
Nördliche Halbkugel . . .	50°	— 7,0°	+ 18,1°	25,1°
	40°	+ 4,9°	+ 24,0°	19,1°
	30°	+ 14,6°	+ 27,3°	12,7°
Äquator	0°	+ 26,4°	+ 25,6°	0,8°
	30°	+ 21,8°	+ 14,6°	7,2°
Südliche Halbkugel . . .	40°	+ 15,6°	+ 9,0°	6,6°
	50°	+ 8,3°	+ 2,9°	5,4°

Während also die Wärmeunterschiede zwischen Januar und Juli sich auf der nördlichen Halbkugel mit zunehmender Breite stark verschärfen, bleiben sie auf der südlichen zwischen dem 30. und 50. Grad — und so weit reichen die südlichen Festländer nur — ziemlich gleich oder nehmen sogar noch ein wenig ab.

Auf der Südspitze von Südamerika (Feuerland), zwischen dem 50.—55. Breitengrad, kommt allerdings noch eine eigentümliche Waldform vor, die eine gewisse Verwandtschaft mit dem sommergrünen Laubwald zeigt. Sie wird von zahlreichen Arten der Gattung *Nothofagus* gebildet, die der auf der nördlichen Halbkugel waldbildenden Gattung *Fagus* (Rotbuche) nahesteht. Einzelne dieser *Nothofagus*-Arten werfen das Laub ab, andere aber sind immergrün! Die Blätter sind z. T. dunkel- bis schwarzgrün, ledrig, sehr klein und myrtenähnlich. So zeigt dieser Wald andererseits auch Anklänge an den Lorbeerwald.

Der sommergrüne Laubwald der nördlichen gemäßigten Zonen erscheint unzweifelhaft als eine Anpassungsform an den dort herrschenden Gegensatz zwischen Sommer und Winter. Er geht aber doch nicht bis in das Gebiet der schärfsten Gegensätze zwischen diesen beiden Jahreszeiten hinein, wie sie sich in den kontinentalen Klimagebieten entwickeln, sondern beschränkt sich auf die etwas abgemilderten ozeanischen Teile. Vgl. hierzu die Übersichtskarte, auf der die klimagleiche Lage der drei Verbreitungsgebiete in Nordamerika, Westeuropa und Ostasien sehr klar hervortritt. In Nordeuropa liegt sein Hauptverbreitungsgebiet im westlichen Teil zwischen der französischen Küste etwa bis zur Linie Königsberg—Warschau und von den Tieflagen der Schweiz und Österreichs im Süden bis zur Nordgrenze Irland—England—Dänemark. Es ist, wie schon oben erwähnt, sehr merkwürdig, daß trotz der weiten Trennung der Laubwaldgebiete voneinander die hauptsächlichsten Baumarten nur wenigen Gattungen, insbesondere den beiden Hauptgattungen *Quercus* und *Fagus* angehören, daß also neben der ökologischen auch eine sehr weitgehende systematische Verwandtschaft besteht, was bei den vorhergehenden Waldformen viel weniger der Fall ist.

Im allgemeinen liegen die Nord- und Südgrenzen des sommergrünen Laubwaldes in der Ebene zwischen dem 30—50. Grad nördl. Breite. Sie verschieben sich in gemilderten Klimagebieten etwas nach Norden, wie z. B. in England und Südschweden bis zum 60. Grad. In wärmeren Breiten, z. B. in Südeuropa, geht diese Waldform in die mittleren Gebirgslagen herauf. So zeigt der sommergrüne

¹ Mayr, H.: Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage, 2. Aufl., S. 57.

² Nach Köppen: Die Klimate der Erde, S. 42.

Laubwald deutlich das Bedürfnis nach einem gemäßigten Klima. Er ist zwar deutlich an einen Wechsel der Jahreszeiten angepaßt, aber er vermeidet einen allzu heißen Sommer ebensowohl wie einen ausgesprochen strengen Winter.

Allerdings ist der Spielraum seiner klimatischen Bedingungen dabei nicht allzu eng begrenzt. Vergleicht man die klimatischen Daten der verschiedenen Gebiete miteinander, so kommt man selbst unter Außerachtlassung einiger extremer Verhältnisse in den Grenzgebieten doch auf recht auseinandergehende Werte. So liegt die Mitteltemperatur des wärmsten Monats zwischen $+15$ bis 25° und die des kältesten etwa zwischen $+5$ und -5° . Die Niederschläge bewegen sich bei ziemlich gleichmäßiger Verteilung über das Jahr zwischen 600—1300 mm. Die niedrigeren Mengen reichen überall dort noch aus, wo der Sommer nicht so warm ist, z. B. in Norddeutschland mit 17 — 18° Julitemperatur und 600—700 mm Niederschlag. In Gegenden mit wärmeren Sommern, wie z. B. im atlantischen Amerika mit 24 — 25° Julimittel, erhöhen sich auch die jährlichen Niederschläge meist auf über 1000 mm.

4. Der winter- oder regenrüne Laubwald. In südlichen Breiten, in heißen Klimagebieten mit sehr trocknen Sommern, aber niederschlagsreichen Wintern hat sich eine Laubwaldform gebildet, bei der die Vegetationsruhe, äußerlich gekennzeichnet durch Blattabwurf und Kahlheit, auf die wärmste Jahreszeit fällt. Die Hauptvegetationszeit mit ihrem Zustand voller Belaubung liegt im Winter, der allerdings kein Winter in unserm Sinne, sondern eben nur ein etwas abgekühlter Sommer ist. Wir sehen hier das für unsere Begriffe von den Jahreszeiten ungewohnte Bild, daß dieser Wald im Herbst ergrünt und im Frühjahr sein Laub abwirft. Freilich sind hieran nicht die Wärmeverhältnisse, sondern eben die Niederschläge schuld, die im Sommer äußerst gering, in äußersten Fällen gleich Null sind, während im Herbst durch regenbringende Meereswinde (Monsune) eine mehr oder weniger lange und ausgiebige Regenzeit einsetzt. In dieser Waldform zeigt der Blattabwurf in voller Klarheit sich lediglich als Schutzmaßregel gegen Verdunstung und Dürretod.

Je nach dem Grad der Trockenheit im Sommer und der Feuchtigkeit im Winter nimmt dieser Wald recht verschiedene Formen an und geht von verhältnismäßig noch üppigen und dichten Beständen bis zu sehr dürtigen und lockeren über, die kaum noch den Namen Wald verdienen, sondern schon Übergangsformen zum Gebüsch- oder Grasflurtyp (Savannenwälder) sind.

Zu den üppigeren Formen gehören die hinterindischen und ostjavanischen Monsunwälder, in denen das wertvolle Teakholz oder der Djati-baum (*Tectona grandis*) eine besonders wichtige Stellung einnimmt. Die Teakwaldungen bilden vielfach große und reine Bestände, oft allerdings wohl durch die forstliche Kultur beeinflusst. Vielfach treten aber auch Mischholzarten in ihnen auf (wie z. B. die birkenrindige *Albizzia procera* und eine Akazie mit schirmförmiger Krone, *Acacia leucophloea*). Während diese Arten ihr Laub in der Trockenzeit abwerfen, der Boden dann oft ganz von dürrer, braunem Laub bedeckt ist, und besonders der reine Teakwald dann einen vollständig winterlichen Eindruck macht (vgl. Abb. 13), sind hier und da auch andere Arten, namentlich im Unterstand, mit beigemischt, die ihr Laub behalten.

Die Blätter des Teakbaumes sind auffallend groß und breit (70×50 cm!). Dafür ist aber die Stammzahl der Bestände recht niedrig und beträgt nach Büsgen¹ meist nur 120—140 Stück je Hektar. Daher ist der Schluß auch nicht sehr dicht und der Wald nicht so dunkel wie etwa unser Buchenwald. Das Jugendwachstum ist zwar sehr rasch (etwa 2 m im Jahre!), läßt aber sehr früh nach, und mit dem 35. Jahre ist der Höhenwuchs ziemlich abgeschlossen, so daß die älteren Bestände im Durchschnitt doch nur 30—40 m hoch werden. Die Massen im 100jährigen Alter sollen nur 200 fm betragen, von denen wegen schlechter Stammausformung meist nur ein Drittel brauchbares Nutzholz ist. Nur in besten Fällen werden bis zu 500 fm Masse je Hektar erreicht. Büsgen fand nur wenig

¹ Büsgen: Forstwirtschaft in Niederländisch-Indien. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1904.

Strauchunterstand, andere geben solchen als reichlich an und heben die durch ihre Blütenpracht auffallende Bodenflora hervor, die bei Beginn der Regenzeit erwacht. Lianen und Epiphyten sind zwar vorhanden, aber nicht sehr zahlreich und oft nur schwach entwickelt.

Auf etwas sandigeren und trockenen Böden findet sich das gefürchtete Alang-Alang-Gras als eines der schlimmsten Waldunkräuter ein, das bei unvorsichtigen Eingriffen und Kahlschlägen sofort von dem Boden derartig Besitz ergreift, daß eine natürliche Wiederverkehr des Waldes nicht mehr stattfindet und künstliche Aufforstungsversuche sehr schwierig sind. Wir sehen hier den Wald an seinem Übergang zur Steppe. Beide befinden sich offenbar, ähnlich wie Wald und Heide in Nordwestdeutschland, in einem äußerst empfindlichen Gleichgewichtszustand!

Zu den Winterwäldern rechnen auch noch eine Anzahl natürlicher Zwischenformen von Wald und Savanne, die sog. Savannenwälder, die vom lockeren Baumbestand mit starkem Graswuchs bis zur dichten Grasflur mit nur vereinzelten Bäumen alle Übergangsstufen zeigen (Abb. 1). Wenn auch nicht überall bei ihnen die Regenzeit ausgesprochen in den Winter fällt, so kann man doch einen großen Teil zu den wintergrünen Wäldern rechnen. Solche Savannenwäldungen finden sich außer in Indien ganz besonders im mittleren Afrika. Schirmakazien, so genannt wegen ihrer ganz flachen, schirmartigen Krone, und der Affenbrotbaum mit seinem außerordentlich massigen Stamm sind hier die besonders charakteristischen Baumarten.

Eine nahestehende Form bilden auch die sog. Dornwäldungen in Südafrika und die besonders merkwürdigen Catingas in den kontinentalen Gegenden Brasiliens mit ausgeprägten, sommerlichen Trockenzeiten. Hier werden die Stammkörper mancher Bäume noch stärker wie beim vorgenannten Affenbrotbaum und bilden sog. Tonnenstämme, die als Wasserspeicher dienen. Es sind das besondere Anpassungsformen zur Überwindung extremer Dürreperioden, wie wir sie schließlich in vollkommenster Art bei den Kakteen und Euphorbiaceen der Wüstengebiete finden, bei denen man diese Erscheinung mit dem Namen Stammsukkulenz (Saftstamm) bezeichnet hat. Auch von diesen Formen finden sich übrigens neben den Tonnenstämmen schon einige Vertreter in den brasilianischen Catingawäldern. Daneben kommen noch viele dornige Bäume und Sträucher in ihnen vor.

Der Wald ist in diesen letzten Formen zu einer kümmerlichen Stufe herabgesunken, die vielfach schon nicht mehr Wald in unserem Sinne genannt werden kann. Schuld daran ist nur der Mangel an Feuchtigkeit, die schließlich auch trotz aller verschiedenen Anpassungsformen nicht mehr hinreicht, um den Bestand bei genügender Dichte zu halten. An die Stelle des Waldes tritt dann die Trockengrasflur und schließlich die Wüste, die zwar des Pflanzenwuchses durchaus nicht ganz entbehrt, in der aber der nackte Boden bei weitem überwiegt.

5. Der immergrüne Nadelwald. Wir sahen immergrüne Nadelhölzer gelegentlich schon hier und da in den anderen Waldformen auftreten. So z. B. Cupressaceen im Lorbeerwald, Pinusarten in diesem und im sommergrünen Laubwald, die Pinusarten sogar unter besonderen Bodenverhältnissen schon Wälder bildend. In den kühleren Teilen des sommergrünen Laubwaldes finden sich auch schon Abies-, Picea-, Tsuga-, Cryptomeria- u. a. Nadelholzarten als Mischhölzer vor. Das eigentliche Nadelwaldgebiet aber liegt erst im kälteren Klimagebiet mit ausgeprägt strengen Wintern und regelmäßigen Schnee- und Frostzeiten in nördlichen Breiten oder in den höheren Gebirgs-



Abb. 13. Sommerkahler Kulturwald des Teak- oder Djati-Baumes (*Tectona grandis*) auf Ostjava. 20 jährige Anpflanzung. Boden ganz von den großen braunen Blättern bedeckt. Phot. Büsgen.

lagen der gemäßigten Zonen. Auch in dieser Waldform nehmen die Pinusarten große Flächen ein, aber auch hier fast immer nur edaphisch bedingt, auf trocknen und ärmeren Sandböden, während sofort mit zunehmendem Lehmgehalt die anspruchsvolleren Abies-, Picea- und anderen Nadelholzarten auftreten. Trotzdem die Pinuswälder wegen der Größe der Sandgebiete in diesen Teilen der Erde oft der Fläche nach überwiegen, sind sie vom klimatischen Standpunkt für den Nadelwald nicht eigentlich bezeichnend. Das gleiche gilt auch von den wenigen



Abb. 14. Alter, absterbender Baumriese des Mammutbaumes (*Sequoia gigantea*) im kalifornischen Nadelwald. (Nach Schimper.) Stammdurchmesser ca. 11 m, Alter an ähnlich starken Bäumen bis zu 2000 Jahren und darüber ermittelt.

darin eingesprengten Laubhölzern. Die Alnusarten sind örtlich auf feuchte Tieflagen beschränkt (nasse Brücher, Uferränder u. dgl.). Betula-, Populus- und Salix-Arten begleiten den Nadelwald zwar durch seine ganze Breite bis an die nördliche Waldgrenze, treten aber meist nur als untergeordnete Mischhölzer in Einzelstämmen oder kleinen Beständen in ihm auf. Eine eigenartige Stellung nehmen die Larix-Arten in dieser Waldform ein. Sie passen schon durch die Tatsache der Winterkahllheit ökologisch nicht recht zu den übrigen Nadelhölzern. Trotzdem treten sie aber in allen drei nördlichen Weltteilen, wenn auch nur kleinere Wälder bildend, im immergrünen Nadelwald auf, entweder nur in den obersten Lagen der Hochgebirge oder in kälteren Zonen auch im niederen Bergland und sogar in der Ebene.

Charakteristisch ist für diese Waldform die schmale, bis zur Nadel zurückgebildete Form der Assimilationsorgane. Man hat in dieser Flächenbeschränkung eine besondere Anpassung an die winterliche Vertrocknungsgefahr gesehen, da die Verdunstung durch Form und inneren Bau

der Nadeln offenbar stark herabgesetzt werden kann. Dabei ist aber zu bedenken, daß der sommergrüne Laubwald in seinem Blattabwurf einen viel besseren Verdunstungsschutz hat. Es wäre nicht recht verständlich, warum die Natur diesen Weg nicht auch in den kälteren Klimagebieten eingeschlagen hätte, wenn hier nicht noch etwas anderes hinzukäme: Offenbar ermöglicht die Immergrünheit eine bessere Ausnutzung der Wärme in der gegen Norden zu immer kürzer werdenden Vegetationszeit. Immergrüne Pflanzen brauchen im Frühjahr nicht erst auf das Austreiben zu warten, sondern können schon vorher mit der Assimilation anfangen. Es ist wohl kein Zufall, daß die den Nadelwald bis zu seinen nördlichen Grenzen begleitenden Laubhölzer, wie Birke, Pappel und Weide, alle ausgesprochene Frühaustreiber sind, und daß von der einzigen winter-

kahlen Nadelholzart dieses Waldes, der Lärche, dasselbe gilt, daß aber alle diese Gattungen neben den immergrünen Nadelhölzern auch nur geringe Stoßkraft entwickeln und keine mächtigen Wälder in dieser Zone bilden. Wenn nun aber zur besseren Ausnutzung der Wärme, insbesondere der Frühjahrswärme, die immergrüne Form vorteilhafter ist, dann ist freilich hier die Nadelform wegen der winterlichen Vertrocknungs-(Frost-)Gefahr besonders günstig. Wir sehen ja, daß die wenigen immergrünen Laubhölzer, die an geschützten Stellen bis ins Nadelwaldgebiet vordringen, wie z. B. Ilex, Efeu, Besenginster, in strengen Wintern bei uns immer sehr leicht erfrieren. Es war auch bereits erwähnt worden, daß die Benadelung auch gegenüber der Schneebelastung vorteilhaft ist. Bei sehr späten Schneefällen im Frühjahr, wo einzelne früh austreibende Laubhölzer schon ihre Blätter entfaltet haben, kann man beobachten, wie diese sofort vom Schnee gebrochen oder niedergedrückt werden, ebenso bei frühen Schneefällen im Herbst, wo die spät abwerfenden Holzarten, wie unsere Eichen und Buchen, gelegentlich schwere Bruchschäden erleiden. So ist also die immergrüne Nadelform als eine Anpassung nach den verschiedensten Richtungen hin an die Lebensbedingungen, wie sie ein langer und strenger Winter mit sich bringt, aufzufassen!

Die Schaftbildung ist in dieser Waldform besonders lang, durchlaufend und gerade. Hierin liegt der hohe wirtschaftliche Wert dieser Waldungen, die in allen Teilen der Welt, in denen sie vorkommen, eine besonders wichtige Rolle für die Erzeugung von Bauholz (Balken) und Schneideholz (Brettern) spielen. Die Verästelung ist nicht sehr reichlich und zeigt meist nur 3—4 Zweigordnungen. Durch die meist mehrjährige Dauer der Nadeln ist die Belaubung trotzdem reichlich und gerade bei den für diese Waldform besonders bezeichnenden *Abies*- und *Picea*-Arten ist das Licht im Innern auf ein Minimum herabgesetzt. Ihre Bestände rechnen mit zu den schattigsten Wäldern, die wir kennen. Eine Ausnahme machen auch hier wieder die *Larix*- und viele *Pinus*-wälder, die besonders im Alter viel Licht durchlassen. Der Schlußstand ist im Zusammenhang mit den hohen Stammzahlen auf der Flächeneinheit meist groß, und die Holzmassenleistung in den besten Gebieten dieser Waldform die größte, die wir überhaupt kennen. So werden z. B. für die Bestände

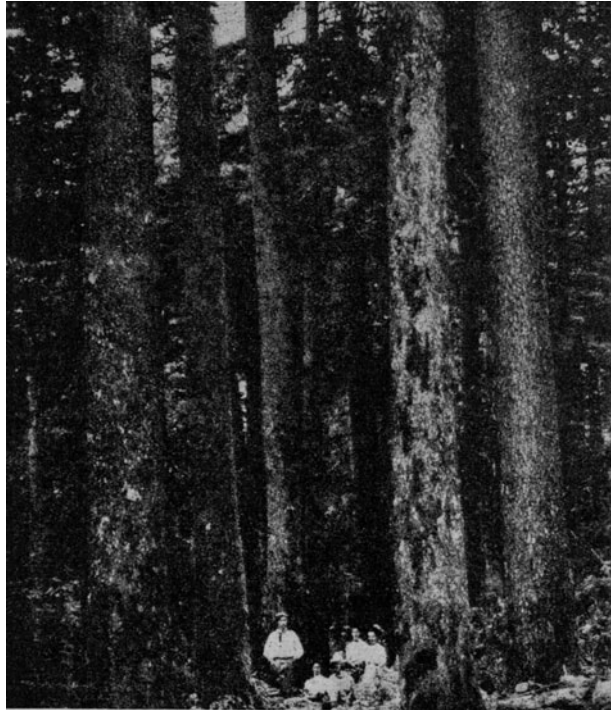


Abb. 15. Nadelholzwald von *Picea rubra* und *Abies Fraseri* in den Alleghenies (1900 m). Eine besonders massenreiche Stelle mit schätzungsweise 1500 fm Holzmasse (nach C. A. Schenck).

des Mammutbaumes (*Sequoia gigantea*) in Kalifornien (Abb. 14) Höhen von 100 m und für die ebendort vorkommenden Wälder der Douglasie (*Pseudotsuga Douglasii*) solche von 90 m bei allerdings mehrhundertjährigem Alter angegeben. Der untere Stammdurchmesser beträgt bei einzelnen dieser Baumriesen bis zu 10 m, und die Gesamtmasse je Hektar wird vereinzelt bis auf 3000—4000 fm geschätzt. Aber auch die Fichten- und Tannenwälder in Amerika und Europa erreichen immerhin 50—70 m Höhe und Massen von 1000 fm und darüber, also meist mehr als in allen anderen Waldformen, sogar in dem ökologisch am höchsten stehenden tropischen Regenwald! (vgl. Abb. 15).

Die Nadelwälder neigen noch mehr wie der sommergrüne Laubwald zur Reinbestandsbildung, namentlich in ihren kälteren und ungünstigeren Klimagebieten, am meisten die Kiefernwälder auf den durchlässigen und daher trockenen Sandböden. In günstigeren Lagen mischen auch die Nadelhölzer sich vielfach untereinander und auch mit Laubhölzern. Immer aber ist die Anzahl der Arten, die den Einzelbestand zusammensetzen, recht gering und geht meist nicht über 3—4 Arten hinaus. Die Strauchflora ist bei den Abies-, Picea-, Pseudotsuga-, Tsuga-, Cryptomeria- u. a. schattenwerfenden Nadelwäldungen spärlich und auf Bestandsränder und Lücken beschränkt. Auch von der Krautschicht gilt dasselbe. Der Boden ist in diesen Wäldungen vielfach kahl bzw. von der abgefallenen Nadelstreu dicht bedeckt. Bei etwas lockerem Stand finden sich zunächst nur Moose, Flechten und Farne ein. Doch spielen bei lichterem Schluß, oder wo licht benadelte Arten, wie Pinus, Larix u. a., den Bestand bilden, auch eine Reihe von Zwergsträuchern (*Vaccinium*, *Erica*, *Calluna*) gerade in den Nadelwäldungen eine bedeutende Rolle.

Hand in Hand mit den schwer zersetzlichen Abfällen dieser Sträucher und der Nadelstreu selber findet unter dem Einfluß des kühlen Klimas dann eine Auflagerung von rohem Humus statt (Rohhumus oder Auflagehumus), der dann weitgehende Veränderungen des Bodens mit sich bringt.

Die Nadelwäldungen bedecken den ganzen Gürtel der nördlichen Halbkugel zwischen der Kältengrenze des Waldes und dem Gebiet des winterkahlen Laubwaldes und ziehen sich in einem ununterbrochenen Gebiet durch Nord- und Nordasien sowie durch das nördliche Nordamerika, hauptsächlich Britisch Kolumbien und Kanada (vgl. dazu die Übersichtskarte). Die Mächtigkeit dieses Gürtels beträgt durchschnittlich etwa 20 Breitengrade. Er liegt auf den westlichen Teilen der Kontinente unter dem Einfluß warmer Meeresströmungen meist etwas nördlicher, zwischen 50—70°, in den östlichen unter dem Einfluß kalter Strömungen etwas südlicher. Südlich über diesen Waldgürtel hinaus finden sich aber die Nadelwäldungen in den entsprechend winterkalten Regionen der Gebirge wieder, jedoch nur auf der nördlichen Halbkugel.

Schon um den Äquator herum und dann auf der ganzen südlichen Halbkugel fehlen auch in den Hochgebirgen die Nadelhölzer meist ganz und mit ihnen auch der Nadelwald als besonderer Vegetationstyp. Wo er dort ausnahmsweise vorkommt, wird er nur von eigentümlichen, entwicklungs- und geschichtlich älteren Gattungen der Nadelhölzer, wie Araucaria, Podocarpus, Cephalotaxus, Ginkgo u. a., gebildet. Die jüngeren Gattungen, die auf der nördlichen Halbkugel die größten Wäldungen von ungeheuerem Ausmaß bilden, Picea, Abies, Larix, Pinus, Tsuga, Pseudotsuga u. a. m., fehlen dort vollständig.

Das größte Nadelwaldgebiet ist das sibirische, die Taiga. Es erstreckt sich vom Ural bis zum Stillen Ozean in einer Länge von 5000 km mit einer Breite von über 1000 km, hauptsächlich gebildet von der Fichte (*Picea excelsa* var. *obovata*) und der Kiefer (*Pinus silvestris*). Daneben treten auf: die sibirische Lärche (*Larix sibirica* und *dahurica*), die sibirische Arve (*Pinus cembra sibirica*), die Tanne (*Abies pichta*), sowie im äußersten Osten auch die neuen Fichtenarten (*Picea ajanensis* und *sitchensis*). Von Laubhölzern kommen eingesprengt nur Birken, Pappeln und Weiden, Eberesche und Traubenkirsche vor.

Das Klima im nördlichen Nadelwaldgürtel ist besonders durch den ausgesprochenen Winter mit Schneelage und Dauerfrösten bestimmt. Die Temperatur des käl-

testen Monats beträgt daher mindestens -2 bis -3° , steigt aber in den kontinentalen Innengebieten, wie in Sibirien, zu den ungeheuren Kältegraden von -40 bis -50° (Jakutsk bzw. Werchojansk). Die Sommerwärme ist trotzdem dort nicht gering (19 bzw. 15° Durchschnitt im wärmsten Monat). In den sommerkühlsten Teilen an der Waldgrenze sinkt sie bis zu etwa 10° C herab. In den wärmeren Teilen des Nadelwaldgürtels, wie im südlichen Sibirien und auch im südlichen Kanada, steigt die Temperatur des wärmsten Monats sogar über 20° . Die Niederschläge sind in den sommerwärmeren Gebieten sehr reichlich, 1000 mm und mehr, in den kühleren, wo die Verdunstung entsprechend herabgesetzt ist, sinkt sie auf 500 mm und sogar hier und da noch erheblich darunter (in Nordsibirien bis zu 200 bis 300 mm!).

Trotz der ökologischen Verarmung des Waldbildes im ganzen zeigt diese letzte bis an die Grenze der Lebensfähigkeit des Waldes überhaupt gehende Waldform dank ihrer besonderen Anpassungsformen doch ein großes Maß von Lebenskraft und einen hohen wirtschaftlichen Wert. In ihr stecken noch große unaufgeschlossene Holzreserven für die Zukunft der Menschheit auf der nördlichen Halbkugel der Erde. Die Bewirtschaftung der Nadelwälder und ihre waldbauliche Behandlung wird daher immer eine Hauptrolle in der forstlichen Lehre wie Praxis zu spielen haben.

Zusammenfassende Übersicht über die verschiedenen Waldformen in horizontaler Erstreckung (Waldzonen). Sehen wir von den durch besondere Niederschlagsverhältnisse (Dürre im Sommer oder in anderen Teilen des Jahres) bedingten Abarten der großen Waldformen wie dem wintergrünen Laubwald (Teakwald) oder den Savannenwäldern ab, so bleiben als Haupt- und Grundformen im großen und ganzen nur die vier: Der tropische Regenwald, der immergrüne Lorbeerwald, der sommergrüne Laubwald und der immergrüne Nadelwald. Vergleichen wir deren Lage auf der Erde zueinander (Karte Tafel I), so zeigt sich eine deutliche Zonenbildung von Süd nach Nord, vom Äquator zum Nordpol. Darin erkennen wir den tonangebenden Einfluß, den die nach Norden zu abnehmende Wärme auf die Ausbildung der Waldformen ausübt. Sie ist es, die in den großen Zügen die Haupttypen geformt hat. Das Wärmeklima wird aber nicht allein durch die Breitenlage bestimmt, sondern hierbei wirkt auch die Lage zum Meer bzw. zum Festlandsinneren in starkem Maße mit (ozeanischer bzw. kontinentaler Klimacharakter). Im ozeanischen Gebiet sind alle Gegensätze, besonders die zwischen Sommer und Winter, abgestumpft, im kontinentalen verschärft. Dazu tritt die Verschiedenheit der Niederschläge: im ersteren Gebiet hoch, im letzteren gering. In südlichen Breiten, wo die Wärme im Optimum ist, werden daher die Niederschläge oft ausschlaggebend für die Ausbildung der Vegetationstypen sein, in nördlichen Breiten aber die Wärme und ihre Verteilung über die Jahreszeiten. Ein kontinentales Klima kann hier oft günstiger wirken als ein ozeanisches, weil es die Sommerwärme erhöht. Es verlangt nur Vegetationsformen, die den Verhältnissen eines strengen Winters mit Frost und Schnee angepaßt sind. Auf den bestimmenden Einfluß, den der ozeanische und kontinentale Klimacharakter in den verschiedenen Breiten der Erde auf die Ausbildung der einzelnen Vegetationstypen ausübt, hat neuerdings Brockmann-Jerosch¹ sehr nachdrücklich hingewiesen. Er hat hierfür ein sehr anschauliches Schema entworfen, das die Verhältnisse auf einem idealen Kontinent in großen Grundzügen darstellt und das zweifellos auch einen vortrefflichen Schlüssel für das Verständnis der tatsächlichen Verbreitung der einzelnen Typen bietet (Abb. 16).

H. Mayrs Einteilung der Waldformen. Die Gliederung der Waldformen, wie sie im vorstehenden nach den Ergebnissen der neueren ökologischen Pflanzen-

¹ Brockmann-Jerosch: Baumgrenze und Klimacharakter. Beitr. z. geobotan. Landesaufnahme d. Pflanzengeogr. Komm. d. Schweiz. naturforsch. Ges. Zürich 1919, H. 6.

geographie gegeben wurde, wird auch den besonderen waldbaulichen Gesichtspunkten durchaus gerecht. Doch soll hier noch die Einteilung Heinrich Mayrs, des großen Waldbaulehrers auf dem Münchener Lehrstuhl, angefügt werden, der wohl wie kein anderer forstlicher Lehrer durch seine vielen Weltreisen und seinen langen Aufenthalt im Ausland Gelegenheit gehabt hat, die verschiedenen Waldformen der Erde aus eigener Anschauung kennenzulernen, und der diese Kenntnis zu einer wahrhaft klassischen forstlichen Klimalehre ausgebaut hat. Seine Einteilung deckt sich auch größtenteils mit der heute allgemein üb-

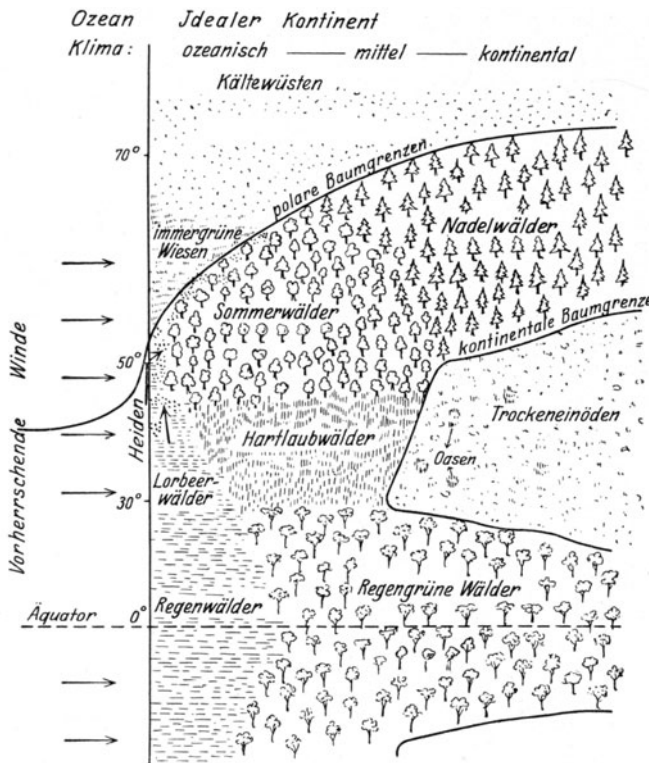


Abb. 16. Schema der Verteilung der verschiedenen Vegetationstypen nach Wärme und Feuchtigkeit auf einem ideal gedachten Kontinent. (Aus Brockmann-Jerosch.)

lichen, sie gibt nur den einzelnen Formen kürzere, andere Namen, die sich in der forstlichen Literatur weitgehend eingeführt haben.

Mit der heutigen pflanzengeographischen Nomenklatur sind sie allerdings nicht zu vereinigen, da das von Mayr seinen Namen angehängte -etum heute nur noch für die Unterstufen der Formationen gilt, die sog. Assoziationen, d. h. jene letzten Gesellschaftseinheiten, die in der Hauptsache nur von einer bestimmten Art beherrscht werden. So versteht die heutige Pflanzenökologie unter *Picetum* nicht, wie H. Mayr, den immergrünen Nadelwald schlechthin, sondern eben nur denjenigen, der aus der Fichte gebildet wird. Und man setzt dazu noch den besonderen Artnamen im Genitiv, also z. B. *Picetum excelsae*, und fügt dazu noch ergänzend die Begleitflora im Adjektiv an, z. B. wenn *Vaccinium*- oder *Hylocomium*-Arten diese bilden, *Picetum excelsae vaccinosum* oder *hylocomiosum*. Das ist also beider Mayrschen Einteilung einschränkend zu beachten.

Den tropischen Regenwald nennt Mayr nach einer seiner eigentümlichsten, wenn auch durchaus nicht vorherrschenden Baumform, den Palmen, kurzweg das *Palmetum*. Die zweite Form bezeichnet er mit *Lauretum* und führt als besonders charakteristisch für sie Lorbeerbäume und immergrüne Eichen an. Als landwirtschaftliche Kulturpflanzen dieser Zone nennt er Citrusarten, Baumwolle, Zuckerrohr, Reis.

Den winterkahlen Laubwald hat er in zwei Hälften geteilt, und hierin liegt entschieden eine große Feinheit für unsere besonderen waldbaulichen Zwecke. Die wärmere Hälfte nennt er *Castanetum* nach dem bezeichnenden Vorkommen verschiedener *Castanea*-Arten in Europa, Asien und Nordamerika. Daneben treten überall sommergrüne Eichen sehr stark in den Vordergrund und einige Laubholzgattungen, die in der Hauptsache die kühlere Hälfte meiden, wie *Aesculus*, *Platanus*, *Juglans*, *Carya*, *Liriodendron*, winterkahle

Magnolien u. a. m. Landwirtschaftliche Kulturpflanzen sind: Reis, Wein, Tabak, Maulbeere und edelste Obstarten. Die kühlere Hälfte oder das Fagetum wird durch die verschiedenen Buchenarten bezeichnet, die in allen drei nördlichen Erdteilen besonders in den Vordergrund treten. Das Vorkommen der sommergrünen Eichenarten ist schon geringer wie im vorigen Abschnitt.

Eine große Zahl der mehr Wärme liebenden ist mehr oder minder ganz ausgeschieden (in Europa z. B. *Quercus cerris* und *conferta*, in Japan *Quercus serrata* und *glandulifera*, in Nordamerika *Quercus alba*). Ebenso fehlen die wärmebedürftigen Eßkastanien, Platanen, Nußbäume u. a., während Ahorne, Eschen, Linden, Erlen und nahestehende Arten den Buchenwald als Mischhölzer durchsetzen. Landwirtschaftliche Kulturpflanzen sind Hopfen, Weizen, Gerste, Winterroggen.

Die vierte Zone bilden die Nadelwälder von Fichten-, Tannen- oder Lärchenarten des Picetum bzw. Abietum oder Laricetum. (Die Pinusarten hielt auch Mayr für klimatisch nicht bezeichnend und hat daher nach ihnen keine Waldzone benannt.) Neben Fichten-, Tannen- und Lärchenarten treten nur noch wenige Laubhölzer, und zwar fast ausschließlich nur aus den Gattungen *Betula*, *Populus*, *Alnus*, *Salix* und *Sorbus* auf. Landwirtschaftlich: Sommerroggen, gepflegte Wiesen.

Als fünfte Stufe hat Mayr schließlich die schon nicht mehr dem Wald angehörende Zone der Halbbäume und Krummhölzer an den Waldgrenzen als Polaretum bzw. im Hochgebirge als Alpinetum abgeschlossen. Sie wird bezeichnet durch krüppel- oder strauchwüchsige Fichten, Tannen, Lärchen oder Kiefern und ebensolche buschartigen oder kriechenden Weiden, Erlen, Pappeln und Birken. Landwirtschaftlich: ungepflegte Alpenweiden.

H. Mayr gibt in seinem Waldbau ein sehr ausführliches und wertvolles Verzeichnis der in den verschiedenen Stufen der einzelnen Länder auftretenden Holzarten. Und es ist immer wieder überraschend und lehrreich, bei einem Vergleich festzustellen, wie in verschiedenen Erdteilen die entsprechenden Waldzonen immer die gleichen oder doch nahe verwandten Gattungen, ja selbst Arten, aufzuweisen haben. Dies tritt besonders mit zunehmender Schärfe von Süd nach Nord hervor und deutet nicht nur auf den gemeinschaftlichen Ursprung der Pflanzenwelt hin, sondern auch auf den Einfluß, den das Klima auf die Ausformung und Verschiebung der Gattungen und Arten auf die ihren besonderen Lebensbedingungen entsprechenden Plätze ausgeübt hat.

Eine Reihe wichtiger meteorologischer Daten für die einzelnen Waldgebiete, so der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und der Niederschläge während der sommerlichen Vegetationszeit, der Monate mit erstem und letztem Frost und der tiefsten beobachteten Temperaturen vervollständigen diese Grundlage bei Mayr in wertvollster Weise¹.

4. Kapitel. Die Waldformen nach Höhenstufen (Waldregionen).

Wie die Verschiedenheiten des Klimas in horizontaler Erstreckung über die Erde hin verschiedene Waldformen geschaffen haben und Zonen mit verschiedenen Typen bilden, so ist das auch in vertikaler Richtung auf allen höheren Gebirgen der Fall. Man spricht hier von Regionen. Die Unterschiede drängen sich im Gebirge, durch die rasche Änderung der klimatischen Elemente bedingt, auf kleineren Flächen zusammen. Man kann hier den Wechsel des Landschafts-

¹ Mayr, H.: Waldbau, S. 60ff.

und Waldbildes vom immergrünen Lorbeerwald durch den sommergrünen Laubwald und den Nadelwald bis zur alpinen Waldgrenze oft in einigen Stunden des Aufstieges erleben und durchwandern, während in der Ebene oft ebenso viele oder noch mehr Tagereisen dazugehören würden. Es war wohl zuerst Alexander von Humboldt, der nach seiner 1802 unternommenen kühnen Besteigung des Chimborasso in Südamerika auf die Ähnlichkeit dieses Wechsels in der Ebene nach Norden und im Gebirge nach der Höhe zu aufmerksam gemacht hat und sie in großzügiger Weise in eine gesetz- und zahlenmäßige Beziehung zu bringen versuchte.

Humboldt hatte danach folgende Reihe aufgestellt:

Höhe ü. d. Meere	Mitteltemperatur ° C	Erdzonen mit ähnlicher Temperatur im Meeresniveau. Breitengrade	Charakteristische Gewächse
0—600	27,5	0—15	Palmen und Bananen
600—1200	24,0	15—23	Baumfarne und Feigen
1200—1900	21,0	23—34	Myrten- und Lorbeergewächse
1900—2500	19,0	34—45	Immergrüne Laubbölzer
2500—3100	16,0	45—58	Sommergrüne Laubbölzer
3100—3700	13,0	58—66	Nadelhölzer
3700—4400	8,5	66—72	Alpenrosen.
4400—4800	4,5	72—82	Alpenkräuter
über 4800	1,5	82—90	Kryptogamen (Ewiger Schnee)

Es hat sich freilich bei der weiteren pflanzengeographischen Durchforschung der Erde herausgestellt, daß diese schematische Abgrenzung nicht überall und im einzelnen zutrifft. Viele Hochberge in der äquatorialen Gegend zeigen in ihren oberen Lagen weder die Stufen des sommergrünen Laubwaldes noch des Nadelwaldes, auch liegt die Waldgrenze sehr verschieden hoch.

So geht nach Schimper im feuchten Westjava der tropische Regenwald zwischen 1500—2000 m in einen subtropischen über, der dann sehr rasch eine Form annimmt, in der Farne und Moose Boden und Bäume beherrschen, diese oft in dichten meterlangen Schleiern überziehend. Bei 2800 m folgt unmittelbar eine Krummholzzone, die bis zum 3000 m hohen Gipfel emporsteigt. Auf den Hochbergen des westlichen Java dagegen, wo eine ausgesprochene Trockenzeit herrscht, zeigt schon der untere Wald, wenn auch im ganzen noch den Charakter des tropischen Regenwaldes, doch schon reichlicheren Laubfall (Anklänge an den Monsunwald), geht dann aber von 1800—2800 m gleich in einen mehr und mehr aufgelösten Savannenwald mit ausgeprägtem Trockencharakter über und hört bei 2800 m ganz auf. Darüber herrscht dann eine Trockengrasflur, die alpine Steppe. Vom Kilimandscharo (6010 m) berichtet Volkens¹, daß seine untere Stufe von relativ niedrigem, mehr xerophilem Wald bedeckt ist, während er von 1800—3000 m zwar etwas üppiger wird, aber sich auch kaum über 18—20 m Höhe erhebt und trotz einzelner Lianen und starker Entwicklung von Untervuchs nicht eigentlich tropisch genannt werden kann, da ihm die typischen Formen dieses Waldes, vor allem die Palmen, ganz fehlen. Von 3000 m an bis etwa zu 4500 m schließt gleich wieder die alpine Steppe an, die von Gräsern, Cyperaceen, Knollen- und Zwiebelgewächsen und buschartigen Ericaceen gebildet wird, und bei 4800—5000 m hören dann auch die letzten Vorposten des Pflanzenlebens überhaupt auf. Im westlichen Nordamerika zeigen die Gebirge auf der dem Stillen Ozean zugekehrten Seite in den oberen Höhengürteln prächtigen Nadelwald, während auf der trockenen Landseite in den gleichen Lagen die Prärie herrscht.

Solche Abweichungen von dem Humboldtschen Schema zeigen sich noch vielfach und nicht nur in den Tropen, sondern auch in den gemäßigten Zonen der südlichen Halbkugel, in geringerem Grade auch auf der nördlichen Halbkugel. Sie sind durch besondere Eigentümlichkeiten des Klimas, den mehr kontinentalen bzw. maritimen Einschlag, insbesondere durch die sehr wechselnden Feuchtigkeitsverhältnisse in den Hochgebirgen der verschiedenen Weltgegenden bedingt.

¹ Volkens: Der Kilimandscharo. Berlin 1897.

Trotzdem behält das Grundsätzliche in dem genialen Entwurf Alexander von Humboldts seinen bleibenden Wert, nämlich der Gedanke, daß die mit der Höhe wie mit der nördlichen Breite abnehmenden Wärmeverhältnisse auf der ganzen Erde eine gleichsinnige und ähnliche Veränderung im Vegetationstyp hervorrufen. (Man muß nur hinzufügen: unter sonst annähernd gleichen Standortsverhältnissen, insbesondere annähernd gleicher Feuchtigkeit und gleichem Boden.) Namentlich gilt das innerhalb kleiner Erdgebiete. So finden wir z. B. in Europa auf den höheren Gebirgen fast überall die deutliche Bildung von Regionen mit der Reihenfolge von unten nach oben: immergrüner Lorbeerwald, sommergrüner Laubwald, Nadelwald, Krummholzgürtel, ja in der Region des sommergrünen Laubwaldes sogar noch die deutliche Unterteilung von Mayr: untere Hälfte Castanetum, obere Hälfte Fagetum.

Die unteren Stufen können natürlich nur da auftreten, wo eine genügend südliche Lage des Gebirges dies gestattet, d. h. wo auch die umgebende Ebene diesen Waldtyp zeigt, das Lauretum also z. B. nur in den Gebirgen der Mittelmeerländer. Die oberen Gruppen, z. B. das Picetum oder der Krumm- und Strauchholzgürtel (Alpinetum Mayrs) finden sich ebenso nur da, wo die Gebirge entsprechend hoch genug emporragen.

Mit dem bestimmenden Einfluß, den die Wärmeverhältnisse der betreffenden Breitengrade ausüben, hängt es auch zusammen, daß die Höhenstufen der Vegetation im Süden höher im Gebirge hinaufreichen und sich mit abnehmender Breite immer mehr senken, bis im hohen Norden gewissermaßen die oberste Stufe, die Waldgrenze, auf den Nullpunkt herabgeht und hier mit der entsprechenden Grenzlinie in der Ebene zusammenfällt.

So liegt nach H. Mayr das Castanetum z. B. in Nordafrika (Atlas) zwischen 1000—2000 m, im südlichen Italien zwischen 500—1000 m, im nördlichen Italien zwischen 0—400 m und in Tirol steigt es nur bis etwa 300 m auf.

In den Gebirgen Südeuropas bildet also im allgemeinen die Edelkastanie mit den begleitenden Holzarten, besonders vielen wärmeliebenden Eichen, den untersten Gürtel des geschlossenen Waldes¹, dann folgt nach oben die Buche und darüber die Tanne. Die Fichte fehlt, wenigstens in Spanien und auf der Apenninhalbinsel, ganz und tritt auf dem Balkan nur im mittleren und nördlichen Teile auf. In Mitteleuropa bildet sie dagegen allgemein mit der Tanne zusammen, in Nordeuropa ohne diese allein die Stufe des Picetums. Schon in der nördlichen Schweiz und darüber hinaus nach Norden zu in den deutschen Gebirgen fällt im Zusammenhang mit der nördlichen Breitenlage die unterste Stufe, das Castanetum, aus. Es ist häufig nur ausklingend dadurch angedeutet, daß die Edelkastanie, künstlich angebaut, in den untersten Berglagen gut gedeiht (Heidelberger Stadtwald) und die Eichenbestockung hier vor der Buche stark in den Vordergrund tritt, während sich das reine Fagetum mit der Vor- oder Alleinherrschaft der Buche erst in den etwas höheren Lagen zeigt.

Das Picetum wird auch in den westlichen Lagen der Schweiz und Deutschlands mehr durch die Edeltanne vertreten, die dort oft einen reinen Tannengürtel (Abietum) über der Buche bildet (Schweizer Jura, Vogesen, Schwarzwald, übrigens auch in den Pyrenäen), während sie in den kontinentaler gelegenen Gebirgen mehr als Mischbestand im oberen Teil des Fagetums und in den unteren Stufen des Picetums verschwindet (Bayrischer Wald, Erzgebirge, Sudeten, Kar-

¹ Der immergrüne Lorbeerwald mit den dazugehörenden Baumarten bildet meist nur lockere und niedrige Bestände, die im forstlichen Sinne dem Begriff des geschlossenen Waldes nicht mehr ganz entsprechen.

pathen). Die Fichte bildet dort allein den obersten Waldgürtel. Darüber liegt dann schließlich der Krummholzgürtel von Bergkiefern (*Pinus montana*), Grünerlen (*Alnus viridis*), im Osten (z. B. Karpathen) gemischt mit Zwergwacholder (*Juniperus nana*), im Westen (Schweiz und bayrische Alpen) auch vielfach von Alpenrosen (Rhododendronarten) durchsetzt. Im nördlichen Europa (Skandinavien) fällt dann auch die Stufe des Fagetums in den untersten Lagen weg und im Gebirgswald ist allein nur noch das Picetum vertreten.

So prägt sich also das Herabsinken der einzelnen Höhenstufen nach Norden zu deutlich aus. Feste Zahlen hierfür zu geben ist schwierig, da solche infolge der durch die Wirtschaft hervorgerufenen Veränderungen des natürlichen Waldbildes vielfach künstlich herauf- und heruntergeschoben sind. Besonders gilt das von den unteren Grenzen der einzelnen Stufen.

So ist z. B. durch den massenhaften Anbau der Fichte in der ehemals reinen Laubholzzone die untere natürliche Grenze des Picetums in Mitteleuropa vollständig verwischt und kaum noch sicher festzustellen. Auch die oberen Grenzen sind vielfach stark durch menschliche Einflüsse (Aushiebe, Kahlschläge, Weidebetrieb) verschoben. Aber hier haben sich doch stellenweise und zahlreicher einzelne natürliche Vorposten erhalten, die eine Rekonstruktion im ganzen ermöglichen und gestatten.

Es seien daher hier nur einige durchschnittliche obere Höhengrenzen von Buche und Fichte nach Willkomm¹ in abgerundeten Zahlen gegeben:

	Breitengrad	Durchschnittliche obere Grenze der	
		Buche m	Fichte m
Norwegen	59	190	950
Harz	51	650	1000
Erzgebirge	50	850	1230
Bayrischer Wald	49	1220	1470
Tiroler Alpen	47	1540	2070
Zentralalpennin	42—43	1840	fehlt
Ätna	37	1970	fehlt

Wenn diese Zahlen im einzelnen auch nicht völlig richtig sein mögen und mancher Kritik unterliegen dürften, so bringen sie doch das große Gesetz der sinkenden Stufengrenzen mit zunehmender nördlicher Breite deutlich zum Ausdruck.

5. Kapitel. Die polare und alpine Waldgrenze.

Eine besondere Betrachtung erfordert noch jene Linie, an der der Wald nicht nur im wirtschaftlichen, sondern auch im ökologischen Sinne seine Grenze infolge abnehmender Wärme findet. Wie wir schon sahen, ist das sowohl im hohen Norden wie in entsprechend hohen Gebirgen der Fall. Wir nennen die eine die polare, die andere die alpine Waldgrenze. Die Formen und Lebenserscheinungen besonderer Art, die sich bei dieser Grenzbildung zeigen, sind in den großen Zügen wohl beiden gemeinsam, im einzelnen freilich, besonders in der Begleitflora, zeigen sich manche Abweichungen.

Die großen gemeinsamen Grundzüge sind die, daß an beiden Grenzen der Wald zunächst seine Geschlossenheit verliert und sich in Horste und Trupps auflöst, und daß die Bäume immer niedriger werden, bis sie schließlich zum Strauch oder Busch herabsinken. Zwei wichtige Aufbaugrundlagen: Schlußstand und Höhe, gehen verloren, und damit hat der Wald nach unserer Begriffsbestimmung sein Ende erreicht. Welche von den beiden Grundlagen

¹ Willkomm: Forstliche Flora von Deutschland und Österreich. Leipzig 1887.

zuerst und am stärksten Einbuße erleidet, ist schwer zu sagen und noch wenig untersucht. Im allgemeinen dürfte beides Hand in Hand gehen, d. h. mit der sinkenden Höhe lockert sich auch der Schluß. Nimmt man aber die Baumgrenzen bei 5 m an¹, so ist die Auflösung des Waldes in einzelne Horste fast immer schon früher erfolgt. Die Grenze des geschlossenen Waldes gegen die Stufe der Horstbildung ist allerdings recht schwer festzustellen und im Hochgebirge sehr stark durch Weidebetrieb (Almwirtschaft) künstlich verändert. Diese Grenze müßte man richtigerweise allein Waldgrenze nennen. Sehr häufig wird dieser Ausdruck aber auch in der Literatur mit der Baumgrenze durcheinandergeworfen. Man spräche vielleicht noch richtiger von Waldbestandsgrenze. Sie liegt in allen Fällen unter bzw. vor der Baumgrenze. (In den europäischen Gebirgen wird sie meist etwa 50—150 m tiefer liegen, an der polaren Grenze wird sogar ein Auseinanderliegen um 1—1½ Breitengrade angegeben².) Über die Baumgrenze hinaus sinkt dann die Höhe der Holzgewächse meist sehr rasch. Dabei bleibt aber die Gesellungsform in Horsten oder Trupps meist noch erhalten, ja dort, wo andere neue Holzarten an Stelle der waldbildenden Baumarten auftreten, wie Legföhren (*Pinus pumilio*), Grünerlen (*Alnus viridis*), Alpenrosen u. a., ist die Horstbildung meist noch recht dicht, und es treten sogar noch ausgedehnte geschlossene Bestände dieser Sträucher auf.



Abb. 17. Fichtengebirgswald beim Übergang zur Waldgrenze (Glatzer Gebirge bei 1000 m Höhe). Auflösung des Bestandschlusses, Hornäste, alte Wipfelbrüche durch Schnee, Bartflechtenbehang. Das Aussehen des Waldes wird rauh und struppig. Aufn. von Dengler.

Erst an der äußersten Grenze der Krummholz- oder Gebüschstufe löst sich auch

diese dann in einer meist schmalen Zone in einzelne, meist nur noch zwerghaft und krüppelhafte Einzelsträucher auf. Damit ist die sog. Krüppelgrenze erreicht, die im großen und ganzen in unseren mitteleuropäischen Gebirgen etwa 100—200 m über der Baumgrenze anzunehmen sein dürfte³.

Wir haben also an der Waldgrenze im allgemeinen drei Unterstufen⁴ zu unter-

¹ Leider herrscht über die Grenzhöhe gar keine Einigkeit (8, 5, 3 m!). Da das Herabsinken der Höhen aber verhältnismäßig sehr rasch vor sich geht, spielt das keine allzu entscheidende Rolle!

² Pohle; Pflanzengeographische Studien auf der Halbinsel Kanin. Acta Horti Petropolitani Bd. 31, S. 48, 1903.

³ Natürlich nur die durchschnittliche Grenze! Einzelne Krüppelsträucher finden sich oft noch 300 und mehr Meter über der Baumgrenze!

⁴ Schroeter (Das Pflanzenleben der Alpen, S. 27) unterscheidet noch weitere Unterstufen, z. B. die Jungwuchsgrenze, die rationale Baumgrenze, d. h. die der obersten Bäume

scheiden: die Waldbestandsgrenze, die Baumgrenze und die Krüppelgrenze, wobei nach unserer Begriffsbestimmung die beiden letzteren schon außerhalb des Waldes liegen.



Abb. 18. Armleuchterbildung bei der Fichte infolge Schneebruchs im Hochgebirge (Obladis i. Tirol, ca. 1400–1500 m).
Phot. F. Schwarz.



Abb. 19. Sog. Kamelsfichte am Achtermann i. Harz (durch wiederholten Schneedruck und Wiederaufrichtung entstanden).

Neben diesen Hauptzügen in der Veränderung des Waldbildes zeigen sich aber noch einige andere. Schon vor dem Beginn der eigentlichen Auflösung des Waldbestandes in Horste beginnt im Bestand eine Lockerung, ein Auseinanderrücken der Bäume voneinander. Die Kronen reichen infolgedessen tiefer herunter, die unteren Äste sterben langsamer ab und halten sich infolge ihres zäheren und harzreicheren Holzes auch im abgestorbenen Zustande noch lange als sog. Hornäste am Baum (vgl. Abb. 17). Sie geben im Verein mit dem dichten Flechtewuchs, der sie bedeckt und oft in langen Schleiern von ihnen herabhängt (*Usnea barbata*, Rübezahls Bart im Riesengebirge!) dem Wald ein

rauhes und struppiges Aussehen, das sich nach der Grenze zu immer mehr verstärkt. Dazu kommt noch die häufige Einwirkung von Wind und Schnee, die die Kronen ausbrechen. Durch Aufrichten von Seitenzweigen als Ersatz kommt es dann zu sog. Bajonett- oder Kandelaberbildungen (s. Abb. 18). Oder durch wiederholten Schneedruck (Umbiegen) junger Stämmchen und Wiederaufrichten werden so groteske Bildungen wie die sog. Kamelsfichte am Achtermann im Harz (Abb. 19) hervorgerufen. Überhaupt sieht man gerade in dieser Kampfzone des Waldes viele besonders malerische und interessante Baumformen (Wetterbäume). Ebenso finden sich da, wo der Weide-

mit reifen, keimfähigen Samen u. a. m. Bei der Unsicherheit der ganzen Abgrenzung in der Natur erscheint dies unnötig weitgehend.

und Almbetrieb in die Waldgrenze eingegriffen hat, eigenartige Verbißformen im Jungbestand (Kuhbüsche, Geißtannli) und oft riesige und dichte Kronenbildungen bei einzelnen emporgewachsenen Altbäumen (Weidbuchen, Weidfichten) (Abb. 20). Die Auflösung des Bestandes zum lockeren Schluß und weiter zum Gruppen- und Einzelbestand hat man im allgemeinen, und wohl mit Recht, als zweckmäßig zur besseren Ausnutzung von Licht und Sonnenwärme in jenen Lagen gedeutet, wo die Wärme allmählich zu gering zu werden droht. Die Kürze der jährlichen Triebe und die Feinheit der Jahresringe, die im Holzkörper angelegt werden, sind die natürlichen Folgen. Der Zuwachs ist meist minimal, und der Wald spielt in solchen Lagen kaum noch eine Rolle als Wirtschaftswald, sondern er ist meist nur noch Schutzwald gegen die Gefahren der Boden-



Abb. 20. Sog. Kuhbüsche am Schauinsland im Schwarzwald (Verbißformen der Rotbuche auf Hochweiden). Rechts Auswachsen zu einem breitkronigen Einzelbaum (Weidbuche).

abschwemmung, der Stein- und Murgänge, gegen Wildbach und Lawinenbildung. In einzelnen Fällen aber kann, allerdings meist noch unterhalb der eigentlichen Waldgrenze, an besonders astreinen Bäumen auch ein sehr wertvolles und seltenes, durch seine Feinringigkeit und Gleichmäßigkeit zum Instrumentenbau verwendetes Holz erzeugt werden, das sog. Resonanzholz.

Über das Alter und die Wuchsverhältnisse der Bäume an der polaren Waldgrenze hat uns Kihlmann für Lappland einige sehr bemerkenswerte Daten gegeben. Danach erreichen Kiefer und



Abb. 21. Fichtengruppe an der polaren Waldgrenze auf der Halbinsel Kola. (Nach A. O. Kihlmann.) Die scheinbaren Jungfichten um den alten Stamm herum sind wahrscheinlich alle nur durch Absenkerbildung der untersten aufliegenden Äste entstanden.

Fichte dort noch das Alter von 200—300 Jahren, vereinzelt auch noch schätzungsweise bis zu 600 Jahren! Das Alter ließ sich an diesen stärksten Bäumen nicht mehr genau feststellen, da der Kern schon vollständig faul war. Die Höhe der 200—300jährigen Bäume

betrug aber meist nur 10—13 m, und der Durchmesser in Brusthöhe (mit Rinde gemessen) ging selten über 30 cm hinaus, die durchschnittliche Jahresringbreite betrug also nur 1 mm! Bei den Birken ließ sich Alter und Zuwachs nicht genauer ermitteln, da sie meist aus Ausschlag entstanden, mehrstämmig und strauchig erwachsen waren, doch dürften sie nach den wenigen ermittelten Zahlen eher noch etwas geringer sein.

Die Bildung von Horsten und Gruppen, die unterhalb der Baumgrenze noch aus normalen Einzelindividuen bestehen, nimmt darüber hinaus meist einen ganz anderen Charakter an und hat dann auch eine andere Entstehungsart, worauf man bisher noch wenig geachtet zu haben scheint. Fast immer zeigt sich nämlich, daß in diesen niedrigen Gruppen ein oder einige höhere und stärkere Stämmchen in der Mitte stehen, und daß rings herum sich kleinerer und jüngerer Nachwuchs gruppiert, der, scheinbar durch Samenabfall der Mutterbäume entstanden, sich unter ihren Schutz geflüchtet und dort entwickelt hat (Abb. 21). Versucht man diesen aber auszuziehen, so zeigt sich, daß es nur Absenker von den untersten Ästen dieser Mittelstämme sind. Auf dem feuchten Boden auflagernd und von Moos und Humus überdeckt, haben sie sich bewurzelt, aufgerichtet und schließlich ganz wie selbständige Stämmchen entwickelt. Man findet auch gelegentlich das weitere Entwicklungsstadium, wo der Mutterstamm infolge seines Alters abgestorben oder schon verfault ist. Die Lücke in der Mitte der Gruppe weist aber auf sein ehemaliges Vorhandensein und die gleiche Entstehung derselben hin. Diese Art der Horstbildung an und oberhalb der Baumgrenze scheint wenigstens bei der Fichte viel häufiger und weiter verbreitet zu sein, als bisher bekannt war. Ich fand sie bei eignen Beobachtungen am Harz, im Riesengebirge, in der Tatra, den Karpathen und den bosnischen Hochgebirgen immer wieder, oft fast als einzige Verjüngungs- und Verbreitungsform, neben der sich einzelnstehende, zweifellos aus Samen entstandene Pflänzchen nur ganz selten nachweisen ließen.

Die Kiefer zeigt diese Fortpflanzungsmöglichkeit an der Baumgrenze aber nicht, weder an der polaren noch der alpinen. Daher sind ihre letzten Vorposten hier wie dort offenbar aus Samen entstandene, kümmerlich und buschig erwachsene Einzelstämme. Ein gewisser Ersatz dafür ist an der alpinen Baumgrenze die Herausbildung einer strauchig wachsenden neuen Art mit niederliegenden Ästen, wie z. B. der Latsche (*Pinus montana pumilio*).

Je mehr man die Baumgrenze überschreitet, desto mehr spielen Sturm sowie Schnee- und Eisanhang schließlich die entscheidende Rolle im Kampf um das letzte bißchen Leben, das der weiter unten so hochragende und stolze Waldbaum hier nur noch als Krüppel fristet. Die Frage nach den letzten ausschlaggebenden Faktoren, die das Herabsinken des Baumwachses an der Waldgrenze zum Krüppel bedingen, ist von Kihlmann in seinen berühmten „Biologischen Studien aus Russisch-Lapland“ zuerst untersucht worden. Er hat sie im allgemeinen dahin beantwortet, daß es die extremen, über der winterlichen Schneedecke auftretenden Kältegrade seien, die bei tief gefrorenem Boden und trockenkalten Winden ein Erfrieren bzw. Vertrocknen der über die Schneedecke hervorragenden Spitzen bewirkten. Bis zur Höhe der durchschnittlichen Schneelage ist gewöhnlich eine ziemlich dichte Beastung und Benadelung vorhanden. Darüber hört sie dann plötzlich auf, und es finden sich meist abgestorbene Spitzen und Äste. Es kommt dabei nach Kihlmann im hohen Norden oft zur Bildung förmlicher Platten und Tische, deren Oberfläche mit der Schneehöhe zusammenfällt.

In den mitteleuropäischen Gebirgen aber liegt die Sache jedenfalls vielfach anders. Solche extremen Kältegrade wie an der Polargrenze kommen in unseren Hochgebirgen im Winter gar nicht vor. Durch Beobachtungen und Aufnahmen an der Baumgrenze im Harz konnte ich nachweisen¹, daß dort zwar auch eine

¹ Dengler: Die Wälder des Harzes einst und jetzt. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1913, H. 3.

untere, dicht benadelte Zone bis zur Schneehöhe und darüber eine kahle Schicht von abgestorbenen und abgebrochenen Zweigen auftritt, daß aber über dieser an den meisten Stämmchen oft wieder ein kleiner grüner Wipfel erscheint (vgl. Abb. 22). Genauere Beobachtungen zeigten, daß die kahle Zone über der Schneelinie fast überall nur auf die mechanische Wirkung des Windes zurückzuführen ist, der im Winter bei gefrorenem Astwerk und Schneeauflage einzelne Zweige an der Ansatzstelle vollständig ausbricht (vgl. Abb. 23) oder andere durch gegenseitiges Reiben und Peitschen entnadelt und beschädigt (Abb. 24). Daß die oberen Wipfelspitzen verschont und daher grün und lebensfähig bleiben, hängt offenbar mit der Kürze der obersten Seitenzweige zusammen. Erst mit ihrer Verlängerung und der Vergrößerung des Hebelarmes setzen die schweren mechanischen Beschädigungen ein. Zahlreiche Beobachtungen in anderen unserer Hochgebirge haben mir die weite und allgemeine Verbreitung dieser Erscheinung bestätigt¹.

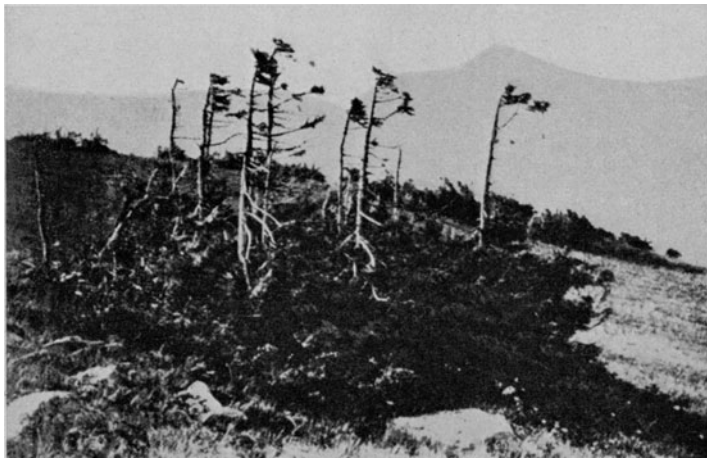


Abb. 22. Fichtenkrüppelhorst über der Baumgrenze im Schwarzwald. Über der durchschnittlichen Schneehöhe kahle Zone, darüber an der Spitze grüne Krönchen mit einseitiger Ausbildung (Windfahnen).
Aufn. von Klein.

Es ist also eine Verkettung von ungünstigen Faktoren, die zur Bildung der Wald- und Baumgrenze führen: Erst zwingt die abnehmende Wärme den Wald zur Auflösung seines Bestandesschlusses; dadurch werden aber die Bäume nun der Gewalt des Windes preisgegeben, so daß sie sich schließlich nur noch als Sträucher bis zur Höhe der Schneedecke entwickeln können. Mit zunehmender Höhe und längerer Dauer der Schneedecke wird diese selbst aber wieder zum Hindernis, indem sie die Vegetationszeit zu stark verkürzt. Man kann vielfach beobachten, wie die letzten Vorposten der Gehölze im Hochgebirge sich immer auf die Stellen flüchten, wo der Schnee am frühesten auftaut, die sog. „Aperstellen“², soweit nicht Steilgehänge, Steinschotter, Lawinengänge und die auf fast allen Hochgebirgen übliche Viehweide hier Unregelmäßigkeiten und Besonderheiten im Grenzverlauf schaffen.

¹ Man hat auch „Schneeschliff“ als Ursache angenommen. Aber damit wäre das Durchwachsen der kleinen Wipfel schwer zu vereinbaren. Meine unmittelbaren Beobachtungen des Astausbruchs sprechen jedenfalls mehr für die oben gegebene Erklärung.

² Vgl. hierzu Bühler: Studien über die Baumgrenze im Hochgebirge. Berichte d. Schweiz. botan. Ges. 1898, H. 8.

In den polaren Gegenden scheint auch die Versumpfung bzw. Vermoorung des Bodens eine große Rolle bei der Grenzbildung zu spielen. Wenigstens flüchten sich dort nach den Schilderungen von Pohle die letzten Vorposten Erhebungen über die versumpfte Tundra, ebenso auch an die besser drainierten Ufer der Flüsse, an denen sie besonders weit nach Norden vorstoßen.

Die Holzarten, die die Wald- und Baumgrenze bilden, sind nicht überall die gleichen. An der polaren Grenze sind es in der Hauptsache immer wieder Fichten-, Kiefern- und Birkenarten, die bis hierhin vordringen (so *Picea excelsa*, *Pinus silvestris* und *Betula pubescens* in Nordeuropa, *Picea alba* und *sitchensis*, *Betula Ermanni* in Nordamerika, *Picea obovata* und *ajanensis* in Nordasien). Doch treten auch Erlen, Espen und Weiden eingemischt auf, und in



Abb. 23. Vom Wintersturm ausgebrochene Äste an den Krüppelfichten am Brocken (drei Seitenäste unterhalb der grünen Krone, bei +, hängen noch am Stämmchen). Phot. A. Dengler.

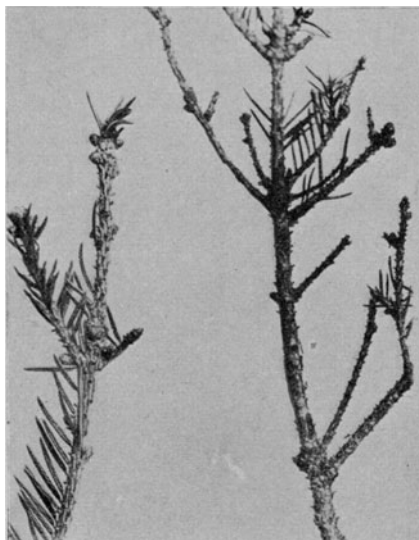


Abb. 24. Vom Sturm beschädigte Seitenzweige der Fichte aus der kahlen Zone über der Schneelinie (Baumgrenze am Brocken). Es sind nicht nur die Nadeln gegenseitig abgepeitscht, sondern auch die Knospen und kleineren Zweige. Phot. A. Dengler.

Sibirien und dem östlichen Asien bilden auch Lärchen (*Larix sibirica* u. a.) sowie eine Tannenart (*Abies pichta* bzw. *sibirica*) streckenweise die Wald- und Baumgrenze.

An der alpinen Waldgrenze finden wir größtenteils die gleichen Gattungen und sogar Arten oder doch sehr nahe Verwandte wieder. Die Waldbäume zeigen hier ein ähnliches Verhalten wie auch die übrige Flora, in der ebenfalls eine große Anzahl von hochnordischen Pflanzen auf den Hochgebirgsstufen wiederkehrt (sog. arktisch-alpine Florenelemente), trotzdem die Einzelheiten des Klimas (Kälteextreme, Vegetationsdauer, Niederschlagsverhältnisse u. a. m.) doch erhebliche Abweichungen zeigen. Man hat auch hierin wieder den vorwiegenden und ausschlaggebenden Einfluß der allgemeinen Wärmeabnahme zu sehen.

Auffallend ist aber das seltene oder doch nur vereinzelte Vorkommen von *Pinus* und *Betula* an der alpinen Waldgrenze gegenüber der polaren. *Betula pubescens* findet sich z. B. nur in Skandinavien häufiger, dort oft einen schmalen Grenzgürtel über der Fichte bildend, sonst tritt sie nur zerstreut und ganz vereinzelt im Hochgebirge auf. *Pinus silvestris* fehlt

sogar in den meisten europäischen Hochgebirgen ganz, dafür tritt ihre Gattungsgenossin *Pinus montana* weit verbreitet als Legföhre oder Krummholz in der Strauch- und Krüppelzone auf, in Baumform auch die Arve oder Zirbelkiefer (*Pinus Cembra*), die besonders in den Alpen, der Tatra und Teilen der Karpathen sehr malerische, knorrige und zerzauste Wetterbäume bildet. Ähnlich findet sich auf dem Balkan an der Waldgrenze stellenweise die Panzerföhre (*Pinus leucodermis*) als nahe Verwandte der in tieferen Lagen bestandsbildenden Schwarzkiefer und die fünfnadelige *Pinus Peuce*. Häufiger aber tritt die Lärche als Grenzbaum mit der Zirbelkiefer und der Fichte zusammen oder doch in nächster Nachbarschaft mit ihnen auf, so besonders in den zentraleuropäischen Gebirgen: den Alpen, der Tatra und den Karpathen. Im südlichen Europa, wo die Fichte fehlt oder doch sehr selten wird, finden wir auch Tannen (so *Abies pectinata* in den Pyrenäen und Apennin, *cephalonica* u. a. in Griechenland, *Nordmanniana* im Kaukasus) und auffallenderweise auch die Rotbuche, die dem hohen Norden doch ganz fehlt. Sie tritt schon in den Vogesen an die Baumgrenze und findet sich ebenso auch als letzter Vorposten in den der adriatischen Küste nahe liegenden Hochgebirgen des westlichen Balkans und der Apenninhalbinsel. Es zeigt sich darin wieder die überaus feine Reaktion auf die mehr ozeanische Tönung des dortigen Gebirgsklimas gegenüber den mehr kontinentalen Gebieten.

Die nördliche Waldgrenze verläuft zwar im allgemeinen in der Nähe des Polarkreises, im einzelnen zeigen sich aber recht beträchtliche und sehr bemerkenswerte Abweichungen.

Der Verlauf ist bei der Unzugänglichkeit und Unwirtlichkeit jener Gegenden und bei der Ungewißheit, ob in den Reiseberichten die Baum- oder Waldgrenze gemeint ist, noch nicht überall ganz sicher. In großen Zügen ist er aber doch so weit bekannt, als dies für unsere Zwecke notwendig ist (vgl. die Abb. 25).

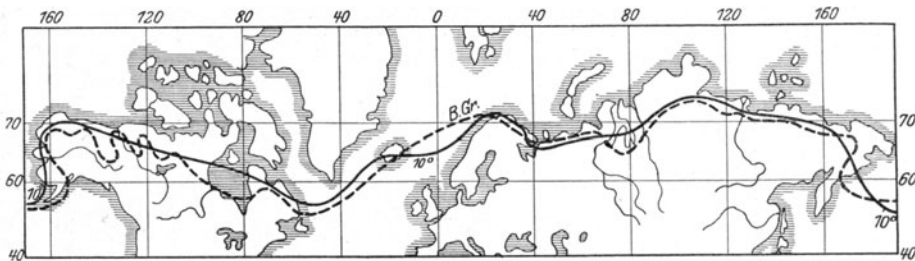


Abb. 25. Verlauf der Wald- und Baumgrenze (---) und der 10°-Juli-Isotherme (—) auf der Erde.

In Europa liegt danach die Baumgrenze in Norwegen in der Gegend von Hammerfest bei 70° 30', senkt sich dann durch die Halbinsel Kola bis etwa zum Polarkreis, überschreitet an diesem den Ural und geht östlich davon bis auf 65° herunter. Dann aber steigt sie wieder ziemlich rasch bis zum 70. Grad (Jenissei) und im mittleren Teil von Nordsibirien (an der Chatanga) erreicht sie schließlich mit 72° 40' ihren nördlichsten Punkt, um sich darauf im allgemeinen, dem Zuge der Eismeerküste in einem gewissen Abstand folgend, wieder bis zum 65. Grad zu senken. Die Ostküste von Asien am Beringsmeer und am Nordostzipfel des Ochotskischen Meerbusens, sowie die nördlichen Teile von Kamtschatka sollen größtenteils wald- und baumlos sein, so daß die Grenze dann in dem Nordostzipfel Asiens einen scharfen Knick machen würde. Ihr Auslauf auf den Großen Ozean an der Halbinsel Kamtschatka würde etwa auf dem 60. Grad zu suchen sein. Auch die amerikanische Küste des Beringsmeeres ist waldlos. Die Grenzlinie setzt daher dort erst auf der Südküste der Halbinsel Alaska etwa am 59. Grad ein, steigt dann aber in einem großen Bogen mit mehreren tiefen, eigentümlichen Einbuchtungen und Windungen im Norden Alaskas bis zum 69. Grad (Mackenziefluß), um sich von da ab wieder stetig zu senken. An der Hudsonbai hat sie bereits den 59. Grad erreicht, und jenseits derselben geht sie, den Küstenstrich von Labrador frei lassend, bis nach Neufundland herunter, wo sie bei 51° ihren überhaupt südlichsten Punkt erreicht, um von da, den Atlantischen Ozean überquerend, in Norwegen bei Hammerfest wieder mit dem 70. Grad einzusetzen. Auf der Südspitze von Grönland und auf Island kommen zwar einige kleine kümmerliche Birkengehölze vor, doch werden beide Gebiete im allgemeinen als außerhalb der Baumgrenze fallend erachtet.

Die polare Baumgrenze zeigt also zwischen ihrem nördlichsten Punkt in Sibirien und ihrem südlichsten bei Neufundland den bedeutenden Breiten-

unterschied von 22° (d. h. über 2000 km). In beiden Kontinenten, im amerikanischen wie im eurasiatischen, zeigt sie ein ähnliches Verhalten hohen Aufstiegs im westlichen Teil und eines mehr oder minder steilen Abfalls im östlichen Teil. Schon H. Mayr¹ hat dies scharf hervorgehoben und darauf hingewiesen, daß an den Ostküsten beider Kontinente der Wald schon bei einem Breitengrade seine Grenze erreicht, unter dem an den Westküsten nicht nur mächtige Nadelwälder, sondern sogar noch Laubhölzer, wie Eiche und Buche, wachsen!

Vergleicht man den Verlauf der polaren Waldgrenze mit dem der Isothermen, so findet man eine weitgehende Übereinstimmung mit der Sommer- (Juli-) Isotherme. Die Waldgrenze verläuft sehr ähnlich und ganz nahe der 10°-Juli-Isotherme (vgl. Abb. 25). Diese macht ebenso wie jene in beiden Kontinenten den Abfall von W nach O mit, hat ihren Gipfelpunkt ebenfalls im mittleren Nordsibirien, zeigt auch die gleiche Einsackung zwischen Asien und Amerika am Beringsmeer. Man darf nun freilich nicht ohne weiteres den Schluß ziehen, daß eine unter 10° sinkende Temperatur des wärmsten Monats dem Walde überall seine Grenze setzen müßte. Wir werden sehen, daß dies in den Gebirgen durchaus nicht immer der Fall ist. Aber es bleibt doch wenigstens die Tatsache unverkennbar, daß im polaren Gebiet beider Kontinente nicht die durchschnittliche Jahreswärme, auch nicht die Kälte des Winters den Verlauf der Waldgrenze bestimmt, sondern die Höhe der Sommerwärme.

Auch an dem Verlauf der polaren Waldgrenze hat Brockmann-Jerosch² den Einfluß des ozeanischen und kontinentalen Klimacharakters sehr eingehend verfolgt und nachzuweisen versucht. Übrigens ist ja auch die Lage der Sommerisotherme hierdurch mitbedingt, die ja bis zu einem gewissen Grade nur ein Ausdruck für den mehr oder minder kontinentalen Klimacharakter bildet. Daß aber hierbei doch auch noch andere Verhältnisse, wie z. B. die warmen und kalten Meeresströmungen, mitsprechen, dürfte nicht zu verkennen sein. So drückt offenbar der kalte Labradorstrom die Isotherme wie die Waldgrenze im nordöstlichen Amerika so tief herunter, während der warme Golfstrom sie in Nordwesteuropa so hoch hinaufschiebt.

Daß es keine deutliche südpolare oder antarktische Wald- und Baumgrenze gibt, liegt an den schon früher (S. 27) erörterten Verhältnissen: an zu geringer Erstreckung der südlichen Festländer gegen den Pol hin und der viel ausgeglicheneren Winter- und Sommertemperatur. Zwar schneidet die 10°-Sommer- (hier Januar-) Isotherme gerade die Südspitze von Feuerland, aber der milde Winter (+ 5° Julimittel) und die dadurch fast über das ganze Jahr verlängerte Vegetationszeit gleichen dies offenbar so weit aus, daß der Wald noch nicht fehlt. Allerdings ist dieser Wald schon sehr kümmerlich und deutet die unmittelbare Nähe einer antarktischen Waldgrenze an.

Die alpine Wald- und Baumgrenze liegt je nach den Breitengraden sehr verschieden hoch. In den hohen Breiten erreicht sie nur geringe Höhen und fällt theoretisch an der polaren Grenze mit dieser in Seehöhe = 0 zusammen. Nach dem Äquator zu steigt sie immer höher und soll nach H. Mayr bei 10° nördl. Breite ihre höchste Höhe mit 3500 m erreichen. Mayr hat aber nicht angegeben, wo das der Fall sein soll. Jedenfalls zeigen neuere Angaben in der Literatur, daß die Höchstgrenzen schon viel nördlicher (bei 30—40°) erreicht werden.

So soll sie im südchinesischen Hochgebirge zwischen 3000—3500 m liegen³, ebenso am Südbang des Himalaya, wo bis zu 3660 m eine Birkenart (*Betula Bhojpotra*) vordringt⁴.

¹ Mayr, H.: Waldbau, S. 16.

² a. a. O.

³ Rikli in Handwörterbuch der Naturwissenschaften, S. 821.

⁴ Schimper: Ökologische Pflanzengeographie, S. 791.

Ebenso hoch liegt die Baumgrenze in den Rocky Mountains in Nordamerika (unter etwa 40° n. Br.). Dort wird sie nach Rübel¹ und Harshberger² bei 3600 m von einer Kiefer (*Pinus aristata*) gebildet, während eine Fichte (*Picea Engelmanni*) noch bis 3400 m geht. (Drude³ gibt sogar 4000 m an, was aber wohl nicht so richtig sein dürfte.)

Die im äquatorialen Gebiet liegenden Hochgebirge zeigen demgegenüber schon vielfach einen starken Rückgang in den Höhengrenzen des Waldes, wie schon früher (S. 36) erwähnt wurde: so in West- und Ostjava nur 2800 m, am Kilimandscharo 3000 m, in Kamerun sogar nur etwa 2150 m⁴. An diesen Depressionen ist wohl in vielen Fällen nur Mangel an Feuchtigkeit schuld. Auf anderen Hochgebirgen in der Nähe des Äquators, die wenigstens einzelne niederschlagsreichere Seiten haben, wie z. B. im mexikanischen Gebirge (Pik von Orizaba) oder den äquatorialen Anden von Südamerika, erhebt sich daher die alpine Wald- und Baumgrenze auch über 3000 m, ohne jedoch, soweit bisher bekannt, die obengenannten Maximalhöhen zwischen dem 30.—40. Grad n. Br. zu überschreiten bzw. zu erreichen.

Rein und deutlich zeigt sich dann der Abfall der Höhengrenzen mit zunehmender Breite auf der nördlichen Halbkugel. Die Behauptung H. Mayrs, daß man den Verlauf in einer glatten Kurve darstellen und fehlende und unbekanntere Zwischenpunkte je nach der Breitenlage einfach daraus ablesen könnte, geht aber zu weit (vgl. die Tabelle). Leider ist ein großer Teil der in der Literatur enthaltenen Höhenangaben noch recht unsicher und nicht einwandfrei vergleichbar, da Wald- und Baumgrenze nicht auseinandergehalten sind und da auch meist nicht gesagt ist, ob es sich um Durchschnitts- oder einzelne Maximalwerte handelt. Die nachstehenden Zahlen können also nur mit einem gewissen Vorbehalt gegeben werden.

Höhenlage der Baumgrenze in Europa.

Breiten-grad	Örtlichkeit	Grenzhöhe m	Holzart	Literaturangabe	Unterschied je Grad m
70	Enare-Lappland	310	Birke	Köppen	—
68	„	460	„	„	+ 75
64	Åreskutan (Norw.)	810	„	Willkomm	+ 88
62	Dovre (Norw.)	1010	„	„	+ 100
60	Nummedalen (Norw.)	1030	Kiefer	„	+ 10
52	Harz	1000	Fichte	„	— 4
49	Bayrischer Wald	1470	„	„	+ 157
47	Bayrische Alpen	1800	„	„	+ 165
46	Walliser Alpen	2300	Lärche, Arve	Imhof	+ 500
44	Montblanc	2200	„	Drude	— 50
42	Apennin	2000	Buche, Tanne	„	— 100
38	Ätna	2000	Buche, Schwarzkiefer	„	± 0
33	Atlasgebirge	1900	Zedern	Schimper	— 20

Aus der letzten Spalte der obigen Tabelle kann man ersehen, daß der Anstieg von N nach S unregelmäßig ist, ja daß sich sogar mehrfach Senkungen dazwischenschieben, wie z. B. am Harz, am Apennin und anderen Punkten. Selbst wenn die Wärme mit abnehmender Breite gleichmäßig zunehmen würde, so wäre doch ein so glatter Verlauf der Grenzkurve, wie ihn H. Mayr annahm, gar nicht zu erwarten. Es machen sich eben noch andere klimatische und orographische Verhältnisse bei der Grenzbildung geltend.

Die Wiederabnahme der Baumgrenze vom Äquator nach Süden zu ist wegen der schon früher erwähnten eigentümlichen Verhältnisse auf der südlichen Halbkugel (Fehlen von Land in den hohen Breitengraden, Fehlen einer eigentlichen Winterszeit, Auftreten großer Trockenheitsgebiete, die auch viele Hochgebirge mit einbeziehen) nicht so

¹ Rübel: Über die Wälder von Nordamerika. Englers Botan. Jb. 1915, Beibl. 116.

² Harshberger: Phytogeographic Survey of North America, S. 556. Leipzig u. New York 1911.

³ Drude: Handbuch der Pflanzengeographie, S. 440.

⁴ Drude: a. a. O., S. 468.

deutlich ausgeprägt wie auf der nördlichen Halbkugel. Immerhin ist sie doch hier und da angedeutet.

In den chilenischen Anden unter 37° s. Br. findet sich z. B. gemischter Laubwald von verschiedenen Buchenarten noch bis 1860 m, bis 1900 m tritt *Fagus pumilio* als Gebüsch¹ auf. Vom 40.—45. Grad s. Br. in Neuseeland sinkt die Waldgrenze etwa von 1600 auf 1000 m². In den Gebirgen Feuerlands unter 55° s. Br. steigt der Wald, aus Fagus- und Nothofagus-Arten gebildet, nur noch bis etwa 300 m empor, als Zwergbaum geht *Fagus antarctica* noch bis 400 m und auf dem Boden kriechend, als kleiner Strauch, sogar noch bis 600 m³.

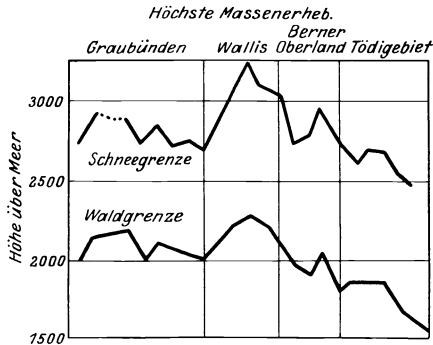


Abb. 26. Durchschnittliche Höhenlage der Wald- und Schneegrenze in den Schweizer Alpen. Nach C. Schröter 1923. Zeigt durch den sehr ähnlichen Verlauf die Abhängigkeit beider Linien von gleichen klimatischen Faktoren. Höchstes Ansteigen beider Linien im zentralen Wallis mit der höchsten Massenerhebung.

Schon Imhof⁴ hatte in einer sehr sorgfältigen Arbeit gezeigt, daß die Wald- und Baumgrenze in der Schweiz mit den größeren Massenerhebungen steigt und mit den geringeren fällt, so daß die Linien gleicher Grenzhöhen (Waldisohypsen) mit denen gleicher mittlerer Massenerhebung fast zusammenfallen. Es war damit nur ein neuer Fall der auch sonst schon beobachteten Erscheinung festgestellt, daß die Vegetationsgrenzen allgemein und auch die Schneegrenze in massigeren Gebirgen sich nach oben verschieben, während an einzelnen gelegenen Bergen und überhaupt bei geringerer Massenerhebung, wie z. B. in Vorgebirgen, das Umgekehrte der Fall ist (vgl. Abb. 26). Besonders der Gleich-

verlauf mit der Schneegrenze läßt von vornherein vermuten, daß es sich hier um klimatische Zusammenhänge handelt. Man hat darauf nachgewiesen, daß auch die Isothermen, und zwar besonders die Sommer- (Juli-) Isotherme, eine gleichsinnige Abweichung

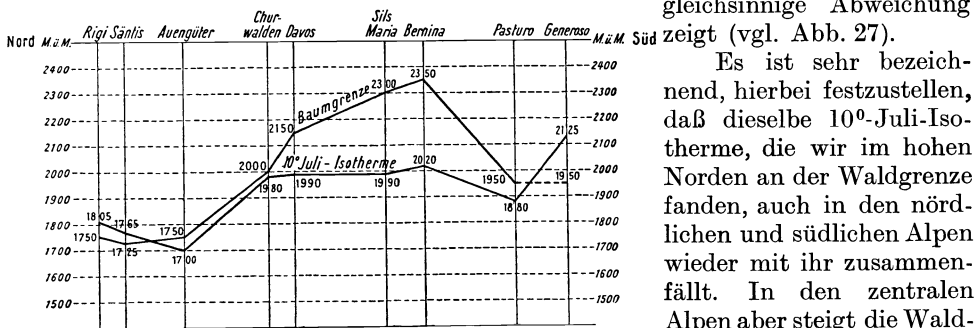


Abb. 27. Verlauf der Baumgrenze und der Julisotherme in den Alpen. Aus Brockmann-Jerosch. Während in den nördlichen und südlichen Alpen beide Linien nahe beieinanderliegen, geht die Baumgrenze in den Zentralalpen mit kontinentalerem Klimateinschlag bedeutend über die 10°-Juli-Isotherme hinaus.

Es ist sehr bezeichnend, hierbei festzustellen, daß dieselbe 10°-Juli-Isotherme, die wir im hohen Norden an der Waldgrenze fanden, auch in den nördlichen und südlichen Alpen wieder mit ihr zusammenfällt. In den zentralen Alpen aber steigt die Waldgrenze dann weit über sie hinaus, so daß diese z. B. in Sils-Maria etwa bei 7,8° liegt! Brockmann-Jerosch hat mit Recht

darauf hingewiesen, daß in solchen Fällen das Julimittel nicht ausreicht, um die ganze Klimaänderung, die im Innern großer Gebirgsmassive stattfindet, richtig zum Ausdruck zu bringen. Es ist eben damit eine Verschiebung

¹ Schimper: Ökologische Pflanzengeographie, S. 803.

² Drude in Berghaus' Phys. Atlas. Pflanzenverbreitung. ³ Ebenda S. 815.

⁴ Imhof: Die Waldgrenze in der Schweiz. Dissert., Bern. In Gerlands Beitr. z. Geophysik Bd. 4, H. 3.

vom ozeanischen zum kontinentalen Klimatyp mit allen seinen Folgeerscheinungen verbunden, wie stärkerer täglicher Erwärmung bei kühleren Nächten, geringerer Bewölkung, stärkerer Sonnen- und Lichtstrahlung u. a. m. Der von Brockmann-Jerosch¹ stark betonte Gegensatz zwischen ozeanischem und kontinentalem Klimacharakter beeinflusst aber nicht nur die Höhenlage der Wald- und Baumgrenze, sondern auch das Auftreten der verschiedenen Holzarten (Birke, Kiefer, Fichte, Tanne, Buche) an dieser Grenze, ja er greift sogar auch in die Zusammensetzung der unteren Stufen des Gebirgswaldes ein (vgl. Abb. 28). So tritt die Buche in den kontinentaler getönten Zentralgebieten ganz zurück, dafür erscheint die Kiefer häufiger. Umgekehrt geht die Buche in den ozeanisch getönten Nord- und Südrändern bis zur Waldgrenze, während die Fichte dort sehr zurücktritt oder gar fehlt! Das sind sehr beachtenswerte feine Einzelzüge der Wirkung des verschiedenen Klimacharakters.

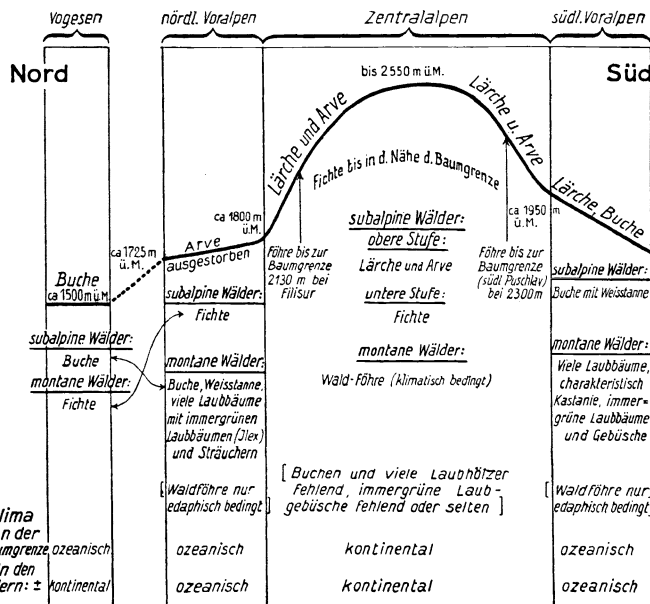


Abb. 28. Änderung von Waldbestand und Klimacharakter in den Schweizer Alpen von Nord nach Süd. — Alpine Baumgrenze, die höchste Erhebung in den Zentralalpen zeigend. Aus Brockmann-Jerosch.

Daß übrigens auch noch Umstände anderer Art, wie Bodengüte, Hanglage, Böschungswinkel, Schneelagerstellen, Sturmlagen, Lawinen- und Murgänge und schließlich auch der Mensch durch die Weidewirtschaft den Grenzverlauf im Hochgebirge vielfach entscheidend verändert hat, darf nicht vergessen werden.

Vielfach erkennt man das schon am plötzlichen Aufhören des Waldes ohne die üblichen Übergangsstufen. In anderen Fällen aber, wie z. B. bei Grenzbildung durch zunehmende Flachgründigkeit nach oben hin oder bei langsam ansteigender Steilheit des Hanges, finden sich auch alle Zwischenstufen der Bestandsauflösung und des Krüppelwuchses mehr oder minder ausgebildet, und man kann dann sehr leicht zu dem Trugschluß kommen, daß eine echte klimatische Grenze vorliegt, ohne sich die tiefe Depression erklären zu können. Oft wird man nur durch den Unterschied gegen andere in der Nähe liegende höhere Grenzen auf die besonderen Umstände aufmerksam werden.

Sehr oft angeschnitten ist die Frage, ob die Waldgrenze sich in geschichtlicher Zeit verändert hat, und ob wir es bejahendenfalls mit einer

¹ Brockmann-Jerosch: Waldgrenze und Klimacharakter. Beitr. z. geobotan. Landesaufnahme der Schweiz 6. Zürich 1919.

natürlichen Erscheinung (Klimawechsel) oder nur mit künstlicher Beeinflussung zu tun haben.

In den polaren Gegenden hat man alte Holzstöcke im Moor weit über die heutige Verbreitungsgrenze hinaus oder doch von einer solchen Stärke gefunden, in der sie heute dort nicht mehr vorkommen. Das spricht allerdings für einen Rückgang der Baumgrenze. Da die betreffenden Angaben aber nichts über die Tiefe sagen, in der die Stöcke gefunden sind, so kann es sich schon um weiter zurückliegende vorgeschichtliche Zeiten handeln, in denen allerdings einmal ein wärmeres Klima geherrscht hat. Auch in Schweden lag damals die Baumgrenze im Gebirge höher, und die Haselnuß war weiter nach Norden verbreitet wie heute. Andererseits haben nachweislich auch im hohen Norden starke Waldzerstörungen durch Bodenfeuer und schonungslosen Aushieb zu Brennholz durch die nomadisierenden Hirten und Fischer stattgefunden. Stellenweise ist daher ein Zurückgehen der Waldgrenze und ein Wechsel der Holzarten (Verschwinden der dünnrindigeren und feuerempfindlicheren Fichte vor der besser geschützten, derborkigen Kiefer) nur infolge dieser Verhältnisse festgestellt worden¹. Auch in den Schweizer Alpen sind Beobachtungen über einen Rückgang der Baumgrenze gemacht und von C. Schroeter² sehr sorgfältig zusammengestellt worden. Auch er kommt aber nicht zu dem sicheren Schluß, daß die nachweisbaren Fälle auf eine Klimaverschlechterung zurückzuführen sind.

Ich selbst habe für den Brockengipfel im Harz dagegen auf Grund alter Beschreibungen und Reiseschilderungen nachweisen können, daß der heutige Zustand der Baum- und Krüppelgrenze dort noch ganz derselbe sein muß wie vor 300 Jahren³. Auch die oberen Höhengrenzen der Buche und Eiche haben sich dort in den letzten 200 Jahren nicht verschoben. Wenngleich diese Arten auch flächenweise zurückgegangen sind, so ist das unzweifelhaft nur künstlich verursacht. Im übrigen aber stehen letzte Reste von Eiche und Buche auch heute noch immer in Höhenlagen, über die hinaus sie auch nach den alten Forstbeschreibungen nicht vorkommen! Auch namhafte Klimatologen, wie Hann und Brückner, lehnen auf Grund der ältesten vorliegenden Temperaturmessungen die Annahme einer laufenden Klimaverschlechterung ab. Der oft dafür angeführte Rückgang des Weinbaus in Deutschland hat sicher ganz andere, rein wirtschaftliche Ursachen und der Rückgang des Laubholzes ebenfalls.

6. Kapitel. Die natürlichen Verbreitungsgebiete der deutschen Haupt Holzarten⁴.

Allgemeines.

Neben der Verbreitung der Waldformen ist aber auch noch die Verbreitung der einzelnen Holzarten von Wichtigkeit, da wir aus der Abgrenzung ihrer Gebiete heraus auf ihre natürlichen Lebensbedingungen und ihre Ansprüche an Klima und Boden schließen können. Die Gebiete der einzelnen Arten können ganz voneinander getrennt sein, wie das z. B. bei der echten Kastanie (*Castanea vesca*) und der Fichte oder Lärche und Zirbel der Fall ist. Das weist dann auf sehr verschiedene klimatische Ansprüche hin. Oder sie überschneiden

¹ Kihlmann u. Pohle: a. a. O.

² Schroeter, C.: Das Pflanzenleben der Alpen, S. 52. 1926.

³ Dengler: Die Wälder des Harzes einst und jetzt. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1913, H. 3.

⁴ Hauptsächlichste Literatur: Willkomm: Forstliche Flora von Deutschland und Österreich. Leipzig 1887. — Köppen, Fr. Th.: Geographische Verbreitung der Holzgewächse des Europäischen Rußlands. Petersburg 1889. — Kirchner, Loew u. Schröter: Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Darin die meist von Büsgen bearbeiteten Familien der einzelnen Waldbäume.

Ferner die in Englers Sammelwerk: Die Vegetation der Erde enthaltenen und hier in Betracht kommenden Einzelwerke: Pax: Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen. — Drude: Der Hercynische Florenbezirk. — Willkomm: Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der Iberischen Halbinsel. — Adamovic: Die Vegetationsver-

sich mehr oder minder, fallen aber in den Hauptteilen doch weit auseinander, wie z. B. Fichte und Buche. Das zeigt dann schon etwas genäherte Lebensbedingungen. Noch mehr ist das anzunehmen, wenn die Verbreitungsgebiete sich größtenteils decken und nur in Randteilen voneinander abweichen, wie etwa Rotbuche und Traubeneiche. So wird man aus einem Vergleich der Verbreitungsgebiete schon gewisse Schlüsse auf die unterschiedlichen klimatischen Ansprüche ziehen dürfen. Auch ohne solche Vergleichung wird man aus den klimatischen Grenzwerten den Spielraum der einzelnen Art feststellen und daraus die Mindestwerte entnehmen können, die sie noch erträgt bzw. braucht. Allerdings ist hierbei zu beachten, daß, abgesehen von der polaren und alpinen Baumgrenze, alle anderen Verbreitungsgrenzen der Holzarten niemals rein klimatisch bedingt sind, sondern daß sie immer von dem gegenseitigen Konkurrenzkampf der Arten mehr oder minder stark beeinflusst werden. Daher werden sie auch keine reinen klimatischen Grenzwerte geben können. Dies wird um so weniger der Fall sein, je schärfer der Kampf unter den Konkurrenten ist, z. B. bei gleichen Licht- und Bodenansprüchen. Man wird daher in solchen Fällen das natürliche Verbreitungsgebiet durch künstlichen Anbau erweitern können, wenn man die Konkurrenz dauernd durch entsprechenden Schutz ausschaltet. Außerdem ist noch der Fall in Betracht zu ziehen, daß eine Holzart das für sie passende Gebiet noch gar nicht ganz erobert hat (sog. unvollkommene Einwanderung), wie man das z. B. für die Fichte in Südschweden annimmt. Das verrät sich dann meist durch natürliches Vordringen des Jungwuchses unter die benachbarten Bestände anderer Holzarten. In diesem Fall kann man das ursprüngliche Gebiet durch künstlichen Anbau auch ohne besonderen Schutz mit Erfolg erweitern.

Mit solchen Vorbehalten darf man das natürliche Verbreitungsgebiet einer Holzart im ganzen und ihre Verteilung innerhalb desselben als Ergebnis eines vieltausendjährigen, immer wieder erneuten Anbauversuchs der Natur im großen ansehen und daraus bis zu gewissem Grade die Ansprüche der einzelnen Arten an Klima, Boden, Licht usw. entnehmen. Es ist dies auch der einzige Weg, der hier rasch zum Ziele führt, da der künstliche Anbauversuch zu lange dauert und oft erst in seltenen extremen Jahren und nach jahrzehntelangem scheinbarem Gedeihen die klimatische Ungeeignetheit erweist (schwere Dürrejahre, ausnahmsweise strenge Winter, plötzliches Auftreten von gefährlichen Schädlingen u. a. m.).

Daher ist die sorgfältige Feststellung der natürlichen Verbreitungsgebiete unserer Holzarten eine grundlegende Aufgabe waldbaulicher Lehre wie forstlicher Praxis geworden. Die erstere wird sich mehr mit dem Verbreitungsgebiet im großen zu beschäftigen haben, die letztere wird besonders das frühere Vorkommen und die natürliche Verbreitung der Holzarten innerhalb des Revieres auf Grund alter Karten, Akten und Beschreibungen im kleinen aufzuklären haben (Wert der Reviergeschichte!). Der Weg zur Feststellung der natürlichen Verbreitungsgebiete muß sich nämlich fast immer der forstgeschichtlichen Forschung bedienen, da die heutige Verbreitung oft sehr stark durch künstliche Eingriffe beeinflusst ist, wie z. B. durch jahrzehnte-, ja sogar jahrhundert-

hältnisse der Balkanländer. — Beck v. Managetta: Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder. — Radde: Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern.

Ferner: Fekete u. Blattny: Die Verbreitung der Bäume und Sträucher im ungarischen Staate. Selmechanya 1913. — Matthieu: Statistique forestière. Paris 1878. — Pax: Pflanzengeographie von Polen. Berlin 1918.

Für die Klimawerte: Hann: Handbuch der Klimatologie, 3. Aufl. Stuttgart 1911. — Köppen, W.: Die Klimate der Erde. Berlin u. Leipzig 1923.

lange Einschleppung der Nadelhölzer in weiten Teilen Westdeutschlands, wo früher nur Laubholz herrschte. Andererseits sind auch durch menschliche Einflüsse Holzarten aus Örtlichkeiten verschwunden, wo sie früher natürlich vorkamen (wie z. B. Tanne und Buche in manchen Gebirgslagen durch Kahlschlag, Eiche durch schonungslosen Aushieb des wertvollen und gesuchten Holzes ohne Sorge für Nachwuchs, Eibe schon in alter Zeit durch den Bedarf der Bogen- und Armbrustschützen u. a. m.). Man wird sich daher nicht damit begnügen dürfen, die natürlichen Verbreitungsgrenzen nur auf Grund des heutigen Zustandes (Vorhandensein von Altbeständen, Auftreten natürlicher Verjüngung u. a. m.) zu bestimmen, sondern man wird, namentlich in Ländern mit alter und intensiver Forstwirtschaft, auch die künstlichen Veränderungen des Holzartenbestandes durch den Menschen aufzufinden und auszumerzen versuchen müssen.

Diesen Weg habe ich für Nord- und Mitteldeutschland zur Klärung und Feststellung der natürlichen Verbreitungsgebiete von Kiefer, Fichte und Tanne bereits vor 25 Jahren eingeschlagen¹. Für die Nachbargebiete und Nachbarländer stehen ähnlich eingehende Untersuchungen größtenteils noch aus.

Die zu beachtenden Hauptgesichtspunkte sind dabei:

1. Das Gebiet, umschrieben durch seine Grenzlinien (auch Vegetationslinien genannt). Man kann entweder nur die hervorragenden Eckpunkte verbinden oder je nach dem Maßstab der Karte auch die kleineren Ein- und Ausbuchtungen berücksichtigen und darstellen. Weiter abgelegene Teilgebiete sind als Enklaven, größere Fehlgebiete innerhalb des Hauptgebietes als Exklaven festzustellen. Neben dem Verbreitungsgebiet in horizontaler Richtung ist auch noch das in vertikaler Richtung (Verbreitung in den verschiedenen Gebirgsstufen) zu beachten.

2. Die Verteilung innerhalb des Verbreitungsgebietes nach a) Häufigkeit (Frequenz), b) Dichtigkeit (Abundanz), (Holzarten mit Neigung zu Abundanz treten gern bestands- und waldbildend auf, z. B. Kiefer, Fichte, Buche; frequente, aber nicht abundante als häufige Einzelmischhölzer, z. B. Birke), c) Lage des Maximums, d. h. des häufigsten und dichtesten Vorkommens, und des Optimums, d. h. des Vorkommens in bestem Zustand. Beide können zusammenfallen, aber auch auseinanderliegen. H. Mayr unterscheidet in seinem Waldbau danach 5 Verbreitungszonen:

1. künstlich, kühler wie im natürlichen Gebiet,
2. { natürlich, kühler wie im Optimum,
3. { natürlich, Optimum,
4. { natürlich, wärmer wie im Optimum,
5. künstlich, wärmer wie im natürlichen Gebiet.

Das Optimum kennzeichnet sich im allgemeinen durch raschen und starken Wuchs, hohes Lebensalter und guten Gesundheitszustand (hohe, starke, alte und gesunde Bäume). Die Lage des Optimums spielt eine besondere Rolle in Mischbeständen, wo die vom Optimum weiter entfernte Holzart leichter verdrängt wird, und wo sich daher die im Optimum befindliche Holzart besonders gern in Reinbeständen zeigt.

Daß die natürliche und künstliche Verjüngung im Optimum immer am leichtesten und sichersten vor sich ginge und von diesem hinweg die Gefahren und Schwierigkeiten zunehmen, wie H. Mayr (Waldbau S. 79) als Gesetz aufstellt, dürfte keineswegs allgemein zutreffen. So verjüngt sich die Kiefer in Mittelschweden, wo sie sich sicher nicht in ihrem

¹ Dengler: Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Verbreitungsgebiete einiger forstlich und pflanzengeographisch wichtigen Holzarten in Nord- und Mitteldeutschland. I. Die Horizontalverbreitung der Kiefer. Neudamm 1904. II. Die Horizontalverbreitung der Fichte. III. Die Horizontalverbreitung der Weißtanne. Neudamm 1912.

Optimum befindet, spielend leicht, während ihre Verjüngung in der nordostdeutschen Tiefenebene, wo sie diesem sicher viel näher ist, oft die größten Schwierigkeiten macht! Die Bedingungen für beste Wuchsleistung im Alter sind eben vielfach doch andere als die für natürliche Verjüngung. Das zeigt sich auch bei den verschiedenen Bodengüten: Während die optimalen Leistungen fast immer auf den besten und reichsten Böden erfolgen, geht die Verjüngung dort infolge der Neigung dieser Böden zu Gras- und Unkrautwuchs meist schlechter und schwieriger vor sich als auf den etwas geringeren. Auch die anderen von H. Mayr für das Optimum aufgestellten Gesetze bezüglich Astreinheit, Holzgüte u. a. m. erscheinen vielfach zu theoretisch und nicht mit den Tatsachen übereinstimmend.

3. Die Feststellung der Lebensbedingungen innerhalb des Verbreitungsgebietes und zwar a) nach Klima, b) nach Boden, c) nach Konkurrenz mit anderen Arten.

Punkt 1 und 2 stehen mit 3 natürlich in ursächlichem Zusammenhang, insofern Gebiet und Verteilung in demselben sich eben aus den im Gebiet herrschenden Lebensbedingungen entwickelt haben. Trotzdem ist es schwer, ja vielfach unmöglich, diesen ursächlichen Zusammenhang immer bestimmt, besonders im einzelnen, nachzuweisen, weil alle Lebensbedingungen eben zusammenwirken. Da wir sie nicht getrennt voneinander nachprüfen können, so können wir auch ihre Wertigkeit nicht im einzelnen bestimmen. Die vielen, meist älteren Versuche, für den Verlauf der Vegetationslinien einen einzigen allgemeingültigen Grenzwert für Wärme, Feuchtigkeit u. a. m. zu finden, haben daher meist nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt. Wenn im einen Teil des Gebietes die Wärme ins Minimum gerät und dadurch die Grenze bedingt, kann sie im andern ins Maximum treten und dann ebenfalls abgrenzend wirken. Ja, man wird dies sogar mehr oder minder überall da annehmen müssen, wo in der Ebene einer Nordgrenze eine Südgrenze gegenübersteht. Daß die gleiche Niederschlagsmenge, die an der Kältengrenze Vernässung hervorruft, an der Wärmegrenze schon zu Vertrocknungserscheinungen führen kann, ist ebenso einleuchtend wie tatsächlich nachweisbar. Wohl aber kann man an kleineren Teilen einzelner Grenzlinien, wo die übrigen Standortsfaktoren und Lebensbedingungen einigermaßen gleichbleiben und nur einer sich stark ändert, deutliche Beziehungen zu diesem einen finden. Niemals aber wird man die ganze Grenze mit einer auch noch so komplizierten Formel erklären können. Man wird sich vielmehr immer damit begnügen müssen, den allgemeinen Klimacharakter in großen Zügen für das Gebiet anzugeben und daraus den ungefähren Lebensspielraum der Art zu entnehmen.

Die ganze Frage ist noch viel verwickelter, da wir neuerdings mehr und mehr erkannt haben, daß die großen räumlich in Zusammenhang verbreiteten Arten in ihren verschiedenen Gebietsteilen veränderte klimatische Einstellung zeigen, daß sie verschiedene Klimarassen bilden, deren Lebensbedingungen dann wieder gesondert zu ermitteln wären. Davon muß aber, bei der Unmöglichkeit einer einigermaßen sicheren Trennung, vorläufig abgesehen werden. Die morphologisch gleiche und räumlich zusammenhängende Art, die sog. „gute Art“ im alten Linnéschen Sinne, soll allein Gegenstand unserer nachfolgenden Darstellung bilden. Auf die Frage der klimatischen Rassen wird später in einem besonderen Abschnitt (Erblichkeit und Samenherkunftsfrage) näher eingegangen werden.

Die eingehendere Behandlung der natürlichen Verbreitungsgebiete wird sich hier nur auf die Hauptholzarten des deutschen Waldes beschränken, die Nebenarten können nur kürzer besprochen werden.

1. Die Kiefer oder Föhre (*Pinus silvestris* L.).

Die Nordgrenze der Kiefer liegt im nördlichen Skandinavien, Rußland und Sibirien, hart an der polaren Waldgrenze. (Sie wird dort nur von der Birke,

stellenweise auch von der Fichte und in Sibirien von der dortigen Lärche etwas überholt.) Die Ostgrenze ist nicht genauer bekannt. Sie liegt jedenfalls in Ostasien, nicht weit vom Stillen Ozean bzw. dem Ochotskischen Meer, da die Kiefer erst am 150. Grad ihren östlichsten Punkt erreichen soll (Rikli: Handwörterbuch der Naturwissenschaften Bd. 4, S. 795). Die Südgrenze verläuft von dort zum südlichen Auslauf des Ural und weiter am Rande der russischen Steppe entlang, wo sie nach Köppens eingehenden Untersuchungen einen breiten Außengürtel versprengten Vorkommens aufweist, der als Rest einer früheren allgemeinen Verbreitung gedeutet wird; Ortsnamen und alte Überlieferungen

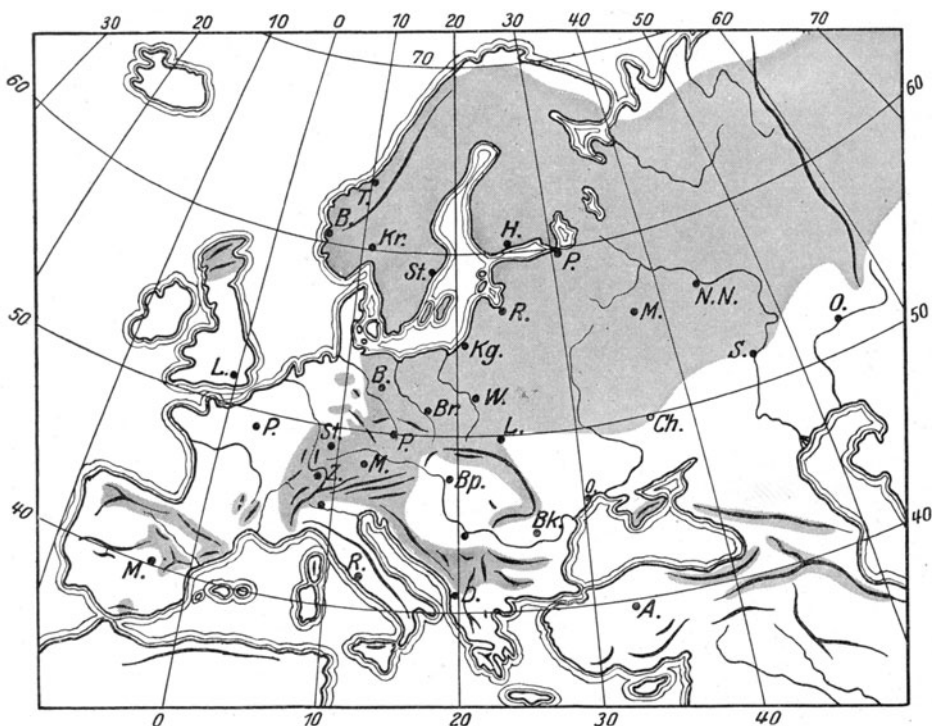


Abb. 29. Natürl. Verbreitungsgebiet der Kiefer (*Pinus silvestris*). Entworfen v. A. Dengler.

sprechen dafür. Jenseits der Steppe und weiter im Westen finden wir die Kiefer dann mehr und mehr nur noch als Gebirgs- und Hochgebirgsbaum.

Zahlreich findet sie sich so im Kaukasus und den angrenzenden Gebirgen Kleinasiens; viel seltener schon in den Karpathen und in den nördlichen Balkangebirgen. Auch in den Alpen ist sie verhältnismäßig nicht häufig und tritt nur in dem zentralen, kontinentaleren Teil (vgl. Abb. 28) und in den Hauptföhntälern an den von den Föhnwinden getroffenen Hängen stärker auf. Von dort springt die Südgrenze auf die Gebirge Südfrankreichs, auf die Pyrenäen und die Iberische Halbinsel über. In dem ganz abgelegenen Vorkommen in der Sierra Nevada, wo sie von manchen auch als besondere Varietät *nevadensis* bezeichnet wird, findet sie schließlich ihren südlichsten Punkt.

Sehr eigentümlich ist bei ihrer weiten Verbreitung nach den anderen Himmelsrichtungen hin ihr beschränktes Vorkommen im Westen Europas. In Schottland tritt sie nur in den Gebirgen auf. In der Ebene aber fehlt sie von Natur schon in ganz Dänemark, dem nordwestlichen und westlichen Deutschland bis zur Mainlinie und ebenso in Holland, Belgien und Frankreich. Ihr Grenz-

verlauf in Nord- und Mitteldeutschland ist von mir¹ auf Grund eingehender archivalischer Forschung festgestellt worden. Die Grenze war durch jahrhundertelangen künstlichen Anbau in alten Laubholzgebieten fast vollständig verwischt. Die Hauptgrenze des geschlossenen Vorkommens fällt danach, von der Bucht von Wismar ausgehend, ziemlich genau mit der Elbe-Saale-Linie zusammen, geht von dieser über die Vorberge des Thüringer Waldes und das nördliche Bayern (Bamberg, Forchheim, Nürnberg) in einer noch nicht näher bestimmten Linie zur Rhein-Main-Ebene über, von der aus sie dann nach Süden zu mehr und mehr in die umgebenden Gebirge steigt (Odenwald, Schwarzwald, Schweizer Alpen). Dieser geschlossenen Westgrenze sind noch einige Enklaven im hessischen Buntsandsteingebirge (zwischen Eisenach—Marburg) und sehr zerstreut und spärlich auch auf dem Granitteil des Harzes vorgelagert. Die interessanteste Enklave aber ist wohl die im Gebiet der nordwestdeutschen Heide. Dort findet sich die Kiefer, geschichtlich und z. T. sogar fossil bezeugt, auf vielen Mooren, aber auch in sandigen Partien in und zwischen den Mooren, und zwar westlich von der Oldenburger Grenze bis in die Altmark hinein, südlich von der Braunschweiger Grenze bis zur Linie Dannenberg—Bremen. Bis an die Nordseeküste tritt sie aber nicht. In Schleswig, im Hamburgischen und um Bremen, sowie in Oldenburg und Ostfriesland fehlte die Kiefer nach allen Forstbeschreibungen der letzten Jahrhunderte ganz², wenngleich sie dort auch nach fossilen Funden in der Nacheiszeit einmal vorgekommen ist. Diese zerstreuten Enklaven an der Westgrenze sind m. E. nach als Rückzugsposten der Kiefer aus ihrem einst größeren westlichen Verbreitungsgebiet nach der Eiszeit anzusehen, aus dem sie bei wärmer werdendem Klima von den Laubhölzern, namentlich der Buche, schrittweise herausgedrängt worden ist. Gerade die Moore und die sandigen Erhebungen in diesen boten ihr hierbei ja einen besonders guten Rückhalt, da die Buche solche Flächen ganz allgemein meidet. Ich fasse auch das Vorkommen der Kiefer in den Gebirgen West- und Südeuropas letzten Endes ganz ähnlich auf: Die Kiefer wurde in den wärmeren Perioden der Nacheiszeit (vgl. S. 87 ff.) auch dort naturgemäß von der Buche, die immer höher hinaufstieg und tiefer ins Innere drang, mehr oder weniger verdrängt. Es stimmt damit gut überein, daß z. B. in den Zentralalpen, wo die Buche zurücktritt, die Kiefer auch gleich wieder viel zahlreicher vorkommt (vgl. S. 49). In den Gebirgen tritt neben dem Rückzugskampf mit der Buche auch noch der mit der ebenfalls später eingewanderten Fichte hinzu, so daß das Vorkommen der Kiefer in allen diesen Gebirgen heute ein recht spärliches und ganz zerstreutes geworden ist.

Eigenartig ist es, daß die Westgrenze des geschlossenen Vorkommens der Kiefer von der Ostseeküste bis zum Thüringer Wald sehr nahe, teilweise sogar ganz, mit dem *Limes sorabicus*, der alten Grenzbefestigung zwischen Germanen und Slawen, zusammenfällt. Es

¹ Dengler: Die Horizontalverbreitung der Kiefer. Neudamm 1904. — Neues zur Frage der natürlichen Verbreitung der Kiefer. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1910, S. 474 ff.

² Dengler: Die Horizontalverbreitung der Fichte und Weißtanne, S. 58 ff. Neudamm 1912. — Neues zur Frage der natürlichen Verbreitung der Kiefer. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1910, S. 474. — Wenn Oppermann 1922 in seiner Arbeit über die „Weißkiefer in Jütland“ (Mitt. d. forstl. Versuchswes. in Dänemark) durch sehr sorgfältige geschichtliche Untersuchungen für einige wenige Punkte nördlich und westlich der nordwestdeutschen Kiefernklave noch ein natürliches Vorkommen der Kiefer im frühen und späten Mittelalter wahrscheinlich gemacht hat, so bleibt doch, wie Oppermann selbst sagt, noch die Frage, ob diese damaligen versprengten Posten in den letzten Jahrhunderten nicht natürlich durch die vordringenden Laubhölzer verdrängt, oder ob sie nur künstlich durch den Menschen vernichtet worden sind. Oppermann neigt, soweit aus dem deutschen Auszug seiner Arbeit hervorgeht, der letzteren Ansicht zu. Ich will das nicht bestreiten. Dann wären diese wenigen Punkte aber eben nur als letzte und abgesprengte Rückzugsposten aufzufassen. Es würde ein schiefes Bild geben, die allgemeine Verbreitungsgrenze der Kiefer daraufhin bis zu diesen Punkten vorzuschieben.

scheint möglich, daß man diese Befestigungslinie nach der Grenze des Kiefernwaldes ausgewählt hat, den man als einen Anzeiger minderwertigen Bodens gegenüber dem Laubholz kennengelernt haben mochte. Jedenfalls liegt ein zweiter ähnlicher Fall in Süddeutschland vor, wo der römische Limes sich auf der Strecke vom Main bis zur Donau ebenfalls an die natürliche Grenzlinie des Nadelholzes gegen altes Laubholzgebiet anschließt¹.

Das vertikale Vorkommen der Kiefer ist im Norden niedrig, steigt aber im Süden sehr hoch.

Auf der Halbinsel Kola in Russisch-Lapland geht sie nach Kihlmann nur bis 250 m, bei Trondhjem unter 64° nach Schübeler bis 650 m, im südlichen Norwegen unter 61° bis 940 m.

In den mitteleuropäischen Gebirgen, im Harz, Thüringer Wald, Erz- und Riesengebirge, ist ihr Vorkommen an sich schon sehr spärlich und wird von Willkomm nur mit 650—790 m angegeben. Doch habe ich sie auf den Quadersandsteinklippen des Heuscheuergebirges in der Grafschaft Glatz unzweifelhaft natürlich noch bei 900 m feststellen können. In den Vogesen soll sie nach Kirschleger bis 1200 m, in den Bayrischen Alpen nach Sendtner bis 1600 m gehen. Ihre höchsten Standorte aber liegen wohl im Kaukasus (Radde) 2740 m, am Puschlav in der Südostschweiz (Brockmann-Jerosch) 2200 m und in der Sierra Nevada in Spanien (Willkomm) 2110 m.

In allen diesen und den anderen Hochgebirgen des südlichen Europa ist aber das Vorkommen ebenfalls immer nur ein ganz zerstreutes und geringes, wenn es auch hier und da noch zur Bildung von Beständen kommt. Meist tritt die Kiefer dann nur an besonders armen und gerölligen Stellen oder gar auf unzugänglichen Felsklippen auf, wo die anspruchsvolleren Arten, besonders Fichte, Tanne und Buche, sie nicht zu bedrängen vermögen. Derartig ist ihr Vorkommen auch auf den Bodetalklippen im Harz in der Buchenregion, auf dem Elbsandsteingebirge und in der Felsenstadt des Heuscheuergebirges in Schlesien mitten im Fichten- und Tannengürtel. Als ich nach vielen Fahrten in den Südkarpathen im Oltal, südlich von Herrmannstadt, zum erstenmal Kiefern mitten in den riesigen Buchenurwäldern sah, waren es wieder solche Felsklippen, auf denen sie standen! Das ganze Hochgebirgsvorkommen im Süden scheint also mehr oder minder den Charakter eines Rückzugs- und Zufluchtspostens vor den Schatthölzern auf unzugängliche oder doch für diese höchst ungünstige Standorte zu tragen, wie schon oben bemerkt wurde.

Wo Maximum und Optimum der Kiefernverbreitung liegen, ist bei ihrem riesigen Gebiet und den statistisch noch wenig bekannten Bestockungsverhältnissen der russischen und sibirischen Wälder nicht mit Sicherheit zu sagen. In ihrem westlichen Gebietsteil liegt jedenfalls ein Maximum in der norddeutschen Tiefebene, und zwar in der Mark Brandenburg, der Niederlausitz, Grenzmark und in Polen, ein Optimum aber etwas nördlich und östlich davon in Ostpreußen, wo das *bois de Taber* (Oberförsterei Taberbrück und benachbarte Reviere) schon zu Napoleons Zeiten weltberühmt war. Ebenso geschätzt nach Masse und Güte war aber auch die angrenzende baltische (Rigaer) Kiefer.

Wenn man die klimatischen Bedingungen innerhalb des Verbreitungsgebietes betrachtet, so erhellt schon aus dessen großer Ausdehnung von Norden nach Süden und Osten nach Westen, wie weit der Spielraum in dieser Beziehung liegen muß.

An der Nordgrenze beträgt das Julimittel nur 10° C, die Vegetationszeit, d. h. hier die Zeit mit durchschnittlich 5° C und darüber, in der bei unseren Holzarten sich im allgemeinen die hauptsächlichsten Vegetationsprozesse abspielen, etwa nur 2—3 Monate. Die Wintertemperaturen aber gehen in Ostsibirien bis zum Januarmittel von —43° (Jakutsk) und —50° (Werchojansk) herunter und erreichen dort Minima von —64—67°, die niedrigsten Temperaturen, die auf der Erde überhaupt beobachtet wurden! Allerdings ist der kurze Sommer dort überraschend warm, was dem kontinentalen Klimatyp entspricht. (In Jakutsk +19°, in Werchojansk +15,4° C Julimittel, gegen etwa 10°, die, wie wir sahen, an der nördlichen Waldgrenze der Kiefer noch gerade genügen.) Die wärmsten Sommertemperaturen finden sich an der Südgrenze gegen die russischen Steppengebiete (Saratow +22° C Juli, dabei aber —10,8° Januar!) Ähnlich hohe Sommerwärme soll nach Willkomm auch in den Gebirgen von Spanien herrschen, wo die Kiefer nur eine Winterruhe von 3—4 Monaten haben soll.

¹ Gradmann, R.: Petermanns Geogr. Mitt. 1899, III.

Die ganze Westgrenze ist nun weit von diesen klimatischen Extremen entfernt. Die Winter sind dort mild (Januar meist über 0°), die Sommer warm, aber nicht ausgeprägt heiß (ca. 17° in Holland und Belgien, 15—16° in England und 18° im mittleren Frankreich). Da, wo der Sommer heißer wird, wie in Südfrankreich (Rhoneniederung 22,7°, Bordeaux 20,1°), treten auf sandigen Böden zwar auch noch Kiefern auf, aber höchst bezeichnenderweise nun nicht mehr *silvestris*, sondern die Mittelmeerarten *halepensis* und *pinaster*, in den Ebenen von Spanien, Italien und auf der Balkanhalbinsel neben diesen auch noch die Pinie und die Schwarzkiefer. Die Sommerhitze ist hier zwar nicht größer als am Nordrand der russischen Steppe, aber der Winter, und damit die Zeit der Vegetationsruhe, viel kürzer. Es scheint daher, als ob unsere Kiefer einen ausgesprochenen Winter und eine genügend lange Vegetationsruhe braucht oder ihr doch insoweit angepaßt ist, daß sie beim Fehlen derselben ihre natürliche Verbreitungsfähigkeit gegenüber anderen besser angepaßten Arten verliert.

Sie zeigt jedenfalls in ausgeprägtester Form eine Anpassung an das kontinentale Klima sowohl in dessen kühlerem nördlichen wie auch in wärmeren südlichen Teil, erträgt heiße Sommer in Südrußland und kälteste Winter in Sibirien, vermeidet aber die wintermilden Gebiete im Westen ganz und steigt im Süden in die kühleren Gebirge hinauf, wo sie wenigstens noch einige Monate Winterruhe hat.

Was die Niederschläge anbelangt, so schwanken auch diese in sehr weiten Grenzen.

Die geringsten finden sich wohl im östlichen Sibirien, wo um Werchojansk nur 130 mm, bei Jakutsk wenigstens schon 300 mm jährlich fallen. Aber diese Zahlen sagen zu wenig, da der größte Teil dieser Niederschläge dort in die kurze Vegetationszeit fällt (monatliches Maximum 30 mm im Juli in Werchojansk und 60 mm im August in Jakutsk), während die niederschlagsarme Zeit ganz in die lange Winterruhe fällt. (Man sieht hieraus schon, wie verwickelt die klimatischen Faktoren sind und wie wenig uns Einzelwerte für die Beurteilung der Gesamtwirkung sagen können.) Jedenfalls ist die Kiefer in Ostsibirien sicher noch weit von ihrer Trockengrenze entfernt, da sie dort sogar noch mit der viel feuchtigkeitsbedürftigeren Fichte zusammen hochstämmige Wälder bildet.

Eine Trockengrenze, wo die Feuchtigkeit ins Minimum gerät, liegt offenbar am Rande der südrussischen Steppe, wo zwar die Niederschläge an der Kiefern-grenze noch 400—450 mm betragen, aber dann nach Süden zu ins Steppengebiet hinein sehr rasch sinken (Astrachan nur 150 mm!).

Die höchste Regenmenge empfängt die Kiefer wohl in den Gebirgslagen an ihrer West- und Südgrenze. Hier dürfte die Menge der Jahresniederschläge in den von der Kiefer eingenommenen Höhenlagen in Alpen, Schwarzwald, Vogesen und im französischen Plateau central wohl vielfach 1000 mm erreichen oder übersteigen. Ihr Lebensspielraum ist also auch in bezug auf die Feuchtigkeit ein außerordentlich weiter. Man kann sie daher mit Recht als klimatisch indifferent bezeichnen.

Ihr Vorkommen auf den verschiedenen Bodenarten und Gesteinen bezeugt ebenfalls große Bedürfnislosigkeit und Anpassungsfähigkeit. Ihre Hauptverbreitung findet sie in der Ebene auf diluvialen Sanden. Besonders auf den armen Talsanden bildet sie große und sicher auch von Natur reine oder fast reine Waldungen, höchstens mit etwas Einsprengung von Birke und Aspe. Auf feuchteren und kräftigeren, anlehmigen und lehmigen Sandböden tritt sie zwar auch noch bestandsbildend auf, mischt sich hier aber schon mehr mit anderen Arten, im Osten und Norden mit Birke und Fichte, im Westen (Nordeutschland) auch mit Eiche und Buche. Auf diesen vielfach geschichteten Böden entscheidet oft der tiefere Untergrund. Wo Lehm und Mergel flach oder gar oberflächlich liegen, wird die Kiefer von Buche und Eiche, besonders ersterer, meist ganz verdrängt, wo diese nährstoffreichen Schichten aber in Tiefen liegen, die für die untersten Wurzeln der Kiefer noch gerade erreichbar sind, für die Mischhölzer, insbesondere die Buche, aber nicht mehr, bleibt

sie noch herrschend oder doch mitherrschend. Auf derartigen Böden liegt z. B. ihre optimale Entwicklung in der Oberförsterei Taberbrück, wo ihre Pfahl- und Seitenwurzeln noch in 5—6 m Tiefe in dem dort anstehenden Lehm gefunden wurden, und wo sie Höhen von 40 m und darüber erreicht, während die ihr beigemischte Buche um etwa 10 m zurückbleibt. Sinken die Lehm- und Mergelschichten noch tiefer, dann treten die Laubhölzer mehr und mehr zurück und die Kiefer herrscht wieder allein.

Auf Hochmoorböden findet sie sich ebenfalls vielfach in Skandinavien, Finnland, Rußland und Deutschland als vorherrschend in Beständen mit der Birke zusammen und zeigt hier je nach der Beschaffenheit des Moores alle Stufen vom mäßig wüchsigen Baum bis zum Krüppel. (Diese Moorkiefer wird vielfach auch als besondere Form *turfosa* bezeichnet.) Im Gebirge tritt die Kiefer von Natur fast überall nur auf besonders armen, trocknen oder sonst für die konkurrierenden Holzarten ungünstigen Standorten stärker auf. Insbesondere daher wieder auf Sanden wie auf Quadersandstein, Buntsandstein und Keupersandstein. Doch fehlt sie auf Kalk durchaus nicht völlig, zumal wenn es sich um Standorte handelt, die für die anderen Arten ungünstig sind (Trockenlagen, schottrige und klippige Hänge). Die alte Behauptung, daß die Kiefer „kalkfeindlich“ wäre, ist durch die Auffindung solcher natürlichen Vorkommensfälle und durch ihre erfolgreiche Benutzung bei der Aufforstung verödeter Muschelkalkhänge (neben der hierzu meist verwendeten Schwarzkiefer) längst widerlegt. Wo aber bessere Kalkböden der Buche, Tanne oder Fichte gutes Gedeihen ermöglichen, da fehlt sie freilich vollständig.

So findet sich z. B. eine solche Sonderung nach Gesteinsarten auch in Serbien und Bosnien, wo die Kiefer in Mischung mit der Schwarzkiefer nur auf dem ärmeren Syenit auftritt, während auf den umgebenden Kalkgesteinen die Buche, Tanne und Fichte herrschen.

Die ganze Verbreitung der Kiefer steht so unter dem Zeichen ihrer klimatischen Unempfindlichkeit und ihrer Bedürfnislosigkeit mit Bezug auf den Boden. Das ist ihre stärkste Waffe im Kampf um den Raum geworden, und hat ihr jene große Fläche im Walde gesichert, die sie heute zum Hauptwaldbaum der großen Tiefebene Nordeuropas macht.

2. Die Fichte oder Rottanne (*Picea excelsa* Lk.)

Ihre Nordgrenze fällt im großen und ganzen in Europa und Sibirien mit der Kiefer zusammen.

Eine bemerkenswerte Abweichung findet sich jedoch in Skandinavien, wo sie im westlichen Teil (Norwegen) eine tiefe Depression längs der Küste bis etwa zum 67. Grad n. Br. zeigt. Man hat diese mit einer unvollkommenen Einwanderung zu erklären versucht. Die Fichte ist nämlich erst sehr spät nach der Eiszeit von Finnland her auf die skandinavische Halbinsel gekommen. Daher soll sie die hohen und engen Pässe im nördlichen Grenzgebirge noch vielfach nicht zu überschreiten vermocht haben. Erst weiter östlich im Binnenland steigt sie bis in höhere Breiten auf. Der nördlichste kleine Fichtenwald liegt in Finmark bei Karasjok unter 69° n. Br.¹.

Auf der Halbinsel Kola im nördlichen Rußland und weiter nach Sibirien hinein tritt dann mehr und mehr eine Abart der Fichte mit kleineren Zapfen und abgerundeten Zapfenschuppen auf, die *Picea obovata* genannt und von manchen auch als eigene Art betrachtet wird. Schon Kihlmann u. a. haben aber gezeigt, daß alle möglichen Übergänge und Zwischenformen vorkommen, und daß auch die *excelsa*-Form nach Osten hin nicht ganz fehlt, sondern nur seltner zu werden scheint. Faßt man *obovata*- und *excelsa*-Form zusammen, so

¹ Holmboe, J.: Einige Grundzüge von der Pflanzengeographie Norwegens. Bergens Museums Aarbok 1924/25.

geht die Fichte durch das nördliche Sibirien ebenfalls bis zum Ochotskischen Meer, von wo sie über Osten in die Südgrenze umbiegt. Über die mongolisch-chinesischen Grenzgebirge (Kuku-Nor¹) und die südlichen Ausläufer des Ural läuft die Südgrenze nach Köppen durch Rußland nach Galizien. In diesem Teil der Grenze zeigt die Fichte gegenüber der Kiefer ein erhebliches Zurückbleiben am Nordrand der Steppe (400—500 km). Erst in Galizien trifft sie wieder mit der Kiefer zusammen und geht wie diese nunmehr aus der Ebene in die Gebirge, und zwar von den Karpathen über die Gebirge der nördlichen Balkanhalbinsel durch die ganzen Alpen bis zu deren Westrand.

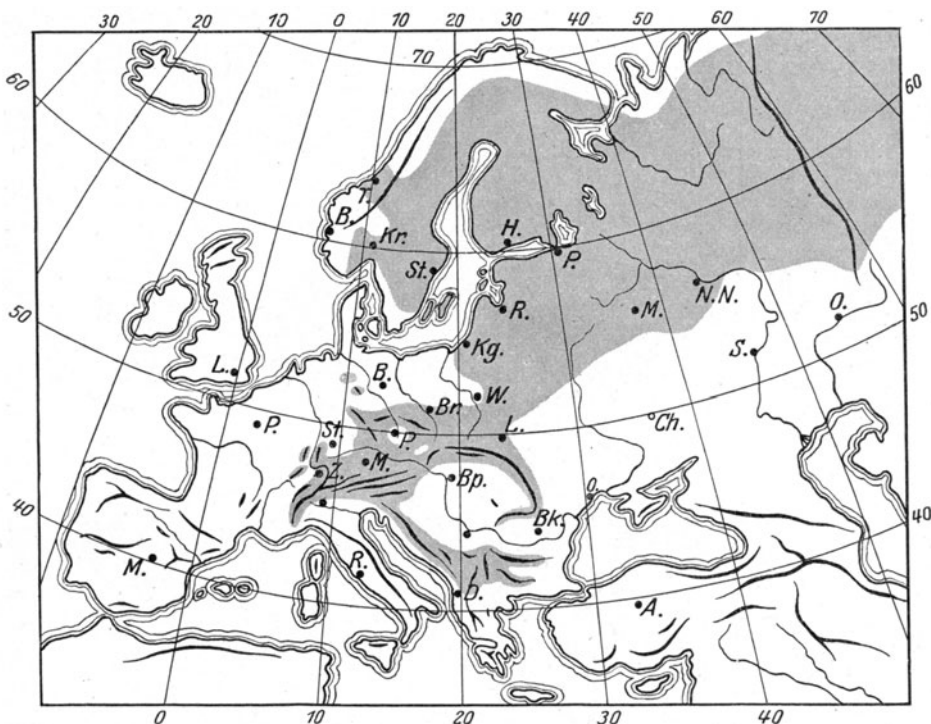


Abb. 30. Natürl. Verbreitungsgebiet der Fichte (*Picea excelsa*). Entw. v. A. Dengler.

Sie fehlt aber den Gebirgen der Krim, dem Kaukasus und in Kleinasien ganz, was sie wieder scharf von der Kiefer unterscheidet.

Im einzelnen verläuft die Grenze dem Karpathenbogen entlang nach Süden, das ungarische und rumänische Tiefland frei lassend, und springt jenseits der Donau auf die höheren Gebirgszüge im östlichen Serbien, auf den Balkan und das Rhodopegebirge über. Hier und auf den nordalbanischen Gebirgen² erreicht sie unter 42° n. Br. ihren südlichsten Punkt überhaupt. Sie geht dann durch die höheren Gebirge von Montenegro, Bosnien und Dalmatien nordwärts auf die Alpen über, deren südlichen Hochgebirgskämmen³ sie bis zu den französischen Seealpen folgt. Auf dem Apenin kommt sie nicht vor. Ebenso fehlt sie von Natur auf der Iberischen Halbinsel, auch in den Pyrenäen und dem französischen Plateau central. Die bisherigen Angaben für diese Standorte sind falsch. Sie

¹ Nach Przewalski, zit. von Büsgen in Koniferen und Gnetaceen Mitteleuropas, S. 101. Stuttgart 1906.

² Javorka, A.: Additamenta ad Floram Albaniae, S. 17 u. 219. Budapest 1926. Das dortige Vorkommen ist neuerdings von F. Markgraf, Berlin-Dahlem, bestätigt worden.

³ Daß sie von Natur auf den nur 410 m hohen Euganäischen Bergen bei Padua vorkommen soll, wie Willkomm u. a. nach ihm angeben, halte ich für höchst unwahrscheinlich.

ist dort nur angepflanzt¹. Auch an diesen Punkten bleibt sie also sehr auffällig hinter der Kiefer zurück!

Von den Seealpen aus beginnt ihre Westgrenze, die mit dem Westrand der Alpen zusammenfällt. Über den Jura zieht sie dann zu den Vogesen, wo sie von Natur nur ganz vereinzelt vorzukommen scheint.

H. Mayr hielt sie dort überhaupt nicht für einheimisch. Ihr ursprünglich natürliches Vorkommen ist aber wenigstens für einen Altbestand im hohen Münstertal durch dessen unzugängliche Lage und Zapfenfunde in den obersten Schichten eines Moores sehr wahrscheinlich gemacht worden².

Im Schwarzwald ist die Fichte unzweifelhaft einheimisch. Von diesem aus geht die Grenze dann in einer noch näher zu klärenden Linie durch Württemberg auf die schwäbisch-oberbayrische Hochebene.

In diesen Gebieten ist die Fichte seit langer Zeit und in solchem Umfange künstlich angebaut worden, daß eine genaue Abgrenzung nur durch sehr eingehende forstgeschichtliche Untersuchungen zu erreichen sein wird.

Jedenfalls fehlt sie nach meinen eigenen Feststellungen sowohl dem Odenwald als auch dem Taunus und dem Bergland um Fulda. Ein gleiches wird man daher auch für die Rhön, den Steigerwald und das benachbarte Bergland annehmen dürfen. Für den Spessart ist reine Laubholzbestockung ebenfalls durch die gründliche geschichtliche Studie von Vanselow³ nachgewiesen.

Voraussichtlich wird die Fichtengrenze im nördlichen Bayern bis an die Linie Nürnberg—Koburg zurückspringen, da bei letzterem Punkt der Anschluß an die von mir für Mittel- und Norddeutschland geklärte Grenze liegt. Von Koburg läuft diese um den Thüringer Wald herum, an dessen Flanken sie, besonders im Norden, nun schon wieder in das hügelige Vorland herabzusteigen beginnt (so bei Berka, Jena, Zeitz). Von dort läuft sie, nur die Nordwestspitze Sachsens ausschließend, in die wendische Niederlausitz und tritt dort bereits wieder ganz in die Ebene (Liebenwerda, Dobrilugk, Tauer, Pförten). Bei Sorau geht sie nach Schlesien über, wo sie die Oderniederung etwas nördlich von Breslau im Waldbesitz dieser Stadt bei Riemberg überschreitet, um sich von da nördlich nach Polen zu wenden.

Der ganze Teil dieser Linie vom Westende des Thüringer Waldes bei Eisenach bis zur polnischen Grenze stellt eine tiefe Einbuchtung der westlichen Fichtengrenze dar (vgl. die Karte). Wie weit sich dieselbe noch weiter nach Osten hin fortsetzt, ist noch fraglich.

Laspeyres⁴ u. a. haben die Grenze noch weit über Warschau hinaus nach Osten zurückgeschoben. Da die Fichte nördlich von Warschau wieder in Ostpreußen auftritt, so würde sich zwischen diesem Vorkommen und dem im südlichen Polen eine tiefe und enge Einsackung oder gar ein Durchbruch der Grenze gegen Südosten finden. Demgegenüber hat W. Jedlinski⁵ neuerdings in Polen eine Reihe von zersprengten, aber doch zum Teil beträchtlichen, bis zu mehreren Hundert Hektar umfassenden Fichtenstandorten in dem angeblich fichtenfreien Streifen aufgefunden, deren natürliche Entstehung durch ihr Alter und die Art des Vorkommens wohl zweifellos ist. Danach dürfte die Einbuchtung bei Warschau sich stark verkürzen, wenn nicht sogar ganz verschwinden!

Von Polen zieht die Westgrenze durch Ostpreußen zum Frischen Haff und springt nach Südschweden über.

¹ Matthieu: Atlas und Statistique forestière. Herausgegeben vom französischen Ackerbauministerium Paris 1878. Außerdem bestätigt durch schriftliche Mitteilung von Mr. Gaußen, Toulouse, an Dr. Mattfeld, Berlin-Dahlem.

² Strohmeier: Über das natürliche Vorkommen der Fichte in den Vogesen. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwes. 1913.

³ Vanselow: Die Waldbautechnik im Spessart. Berlin 1926.

⁴ Der Wald Polens in Handbuch von Polen. Berlin 1917.

⁵ Jedlinski, W.: O granicach naturalnego zasięgu buka, jodły i świerka 1922 u. O naturalnym zasięgu świerka w środkowej polske. Lwów 1928. Mit deutschen Referaten.

Nach den eingehenden Untersuchungen von Hesselman¹ liegt nur die äußerste Südspitze und ein schmaler sich nach Norden auskeilender Küstenstrich außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes. Ebenso fehlt sie auch an der südlichen Westküste von Norwegen, während sie weiter binnenwärts wieder vorkommt. An der norwegischen Westküste tritt sie nur in einem verhältnismäßig schmalen Stück im Stift Trondhjem auf.

Vor dieser Westgrenze mit ihrer Einbuchtung vorgeschoben liegt noch ein großes insulares Vorkommen im Harz und, was besonders auffällig ist, noch ein zweites im lüneburgisch-hannoverschen Flachland, das sich fast genau mit der dortigen Enklave natürlichen Kiefernorkommens deckt. Außer dem großen Ausschlußgebiet der Fichte in der ungarischen Tiefebene findet sich ein solches auch noch im Wiener und im böhmischen Becken um Prag. Die Fichte fehlt auch von Natur ganz in England, Schottland und Irland.

Die vertikale Verbreitung geht im hohen Norden meist nur bis zu 200—300 m, im Harz bis zu 1000 m, in den Alpen und den Gebirgen des Balkans erreicht sie ihren Höhepunkt bei etwa 2000 m.

Im einzelnen ist die Verbreitung etwa folgende: Im nördlichen Skandinavien: von 0—200/250 m, als Krüppel noch bis über 400 m (Halbinsel Kola nach Kihlmann), im südlichen Norwegen soll sich (nach J. Holmboe) die Fichtenkrüppelgrenze schon bis 1000 bis 1040 m hinaufschieben, also etwa ebenso hoch wie viel weiter südlich im Harz! Dort ist die Fichte am Nord- und Nordwestauslauf dieses Gebirges auch noch natürlich bis in das umgebende Vorland hinausgetreten², im Südosten aber schon nicht mehr oder doch nur vereinzelt und meist nur als Mischholz. Eine eigentliche untere Grenze läßt sich aber noch nicht feststellen. Auch beim Thüringer Wald ist das gleiche der Fall³. In den nördlichen Kalkalpen fand Kerner die obere Baumgrenze der Fichte im Mittel zwischen 1550—1700 m, in den Tiroler Zentralalpen schon bei 1940 m, die Krüppelgrenze um 60—180 m höher, in den Schweizer Alpen liegt die Baumgrenze in den Voralpen (nach Imhof) zwischen 1650—1780 m, im Berner Oberland zwischen 1880—1980 m, doch überschreitet sie dort und an der Albula verschiedentlich schon 2000 m, und die Krüppelgrenze steigt sogar bis über 2200 m (Schroeter). In den Alpen hat die Fichte auch sicher schon eine natürliche Grenze nach unten, da sie nach den Schweizer Untersuchungen dem eigentlichen Tiefland vor ihrer künstlichen Einführung gefehlt hat. (In den Pfahlbauten am Bodensee sind alle hauptsächlichsten Holzarten mit Ausnahme der Fichte gefunden worden!) In den südlichen Alpen nahm Kerner sogar die untere Grenze schon zwischen 900—1200 m an, so daß die Gürtelbreite nur etwa 800 m betragen würde. Besonders gut und genau sind wir durch die ungarischen Erhebungen über diese Verhältnisse in den Karpathen orientiert⁴. Dort fand man die folgenden durchschnittlichen Höhen:

	a) für untere Bestandesbildung m	b) Baumgrenze m	c) Krüppel- grenze m
Nordwestkarpathen .	510	1430	1690
Zentralkarpathen . .	640	1480	1830
Nordostkarpathen . .	720	1490	1770
Ostkarpathen	830	1620	1950
Südkarpathen	1070	1760	1940

Im allgemeinen findet sich also hier ein deutliches Heraufschieben der unteren und oberen Grenzen von Nord über Ost nach Süd, wobei die Gürtelbreite von 920 m auf 690 m zusammenschmilzt!

Noch schmaler wird der Fichtengürtel dann in den illyrischen Ländern, wo er z. B. in der Herzegowina und in Montenegro nur noch 500 bzw. 480 m beträgt⁵. Dabei steigt die

¹ Hesselman: Die Fichte an ihrer Südwestgrenze in Schweden. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt 1906.

² Dengler: Die Horizontalverbreitung der Fichte. — Die Wälder des Harzes einst und jetzt. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1913.

³ Gerbing, Luise: Die frühere Verteilung von Laub- und Nadelholz im Thüringer Wald. Mitt. d. Ver. f. Erdkunde Halle 1900.

⁴ Fekete u. Blattny: Die Verbreitung der forstlich wichtigen Bäume und Sträucher im ungarischen Staate. Selmecbánya 1914.

⁵ Beck v. Managetta: Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder. Leipzig 1901.

Baumgrenze dort schließlich wieder bis auf 2000 m, also etwa gleich hoch wie in den Berner Alpen.

Sehr bezeichnend ist es, daß in den illyrischen Küstengebirgen, die unter dem unmittelbaren Einfluß des Mittelmeerklimas stehen, wie im Velebit und der Dinara, die Fichte in den entsprechenden Höhenstufen ganz fehlt oder äußerst selten vorkommt und erst weiter nach Osten zu wieder häufiger wird, wo das Klima rasch rauher und kontinentaler wird.

Über die Höhenstufen der Fichte in ihrem asiatischen Verbreitungsgebiet, wo sie ja hauptsächlich in der *obovata*-Form auftritt, liegen nur wenige zuverlässige Angaben vor. Im Ural unter 60° n. Br. soll ihre Krüppelgrenze nach Köppen etwa bei 1200 m, im Altai und den Gebirgen am Baikalsee unter 50° bei 1540—1700 m liegen. Über die Artzugehörigkeit der Hochgebirgsfichten in den noch weiter südlich gelegenen Teilen Zentralasiens Tian-Schan, Nan-Schan und dem Himalaya, wo Fichten noch über 3000 m Höhe hinausgehen sollen, herrscht noch keine genügende Klarheit, um diese Standorte hier anzuschließen.

Was die Häufigkeit des Vorkommens innerhalb des Verbreitungsgebietes anlangt, so zeigt die Fichte ein deutliches Maximum in den mitteleuropäischen Gebirgslagen, besonders in den Schweizer und Österreichischen Alpen, wo sie geradezu der Hauptwald- und Charakterbaum der Gebirgslandschaft ist und heute etwa 40 % der Gesamtwaldfläche einnimmt. Nach Westen zu zeigt sich schon im Schweizer Jura, nach Nordwesten zu auch im Schwarzwald und in den Vogesen ein starkes Zurücktreten der Fichte hinter Rotbuche und Weißtanne. Das gleiche ist in den Karpathen nach Süden zu der Fall, wo besonders die Rotbuche in den Vordergrund tritt. Nach Nordosten zu geht dagegen dieses Abklingen der maximalen Verbreitung langsamer vor sich. Die nach dort vorliegenden Gebirgssysteme, wie Bayrischer Wald, Fichtelgebirge, Erzgebirge und Riesengebirge, zeigen noch eine sehr starke Entwicklung des Fichtenwaldes.

In der Ebene scheint überhaupt nach Nordosten zu sich noch ein zweites Maximum der Fichte im Baltikum, im nördlichen Rußland, Finnland und Mittelschweden zu entwickeln, wo die Fichte neben dem Hauptwaldbaum, der Kiefer, wenigstens an die zweite Stelle rückt.

Das Optimum liegt wohl einzig und allein in den Alpen und hier in den Lagen um 1000 m. Dort erreicht nach den Untersuchungen von Flury die Gesamtmassenproduktion im 100. Jahre auf bester Bonität mit über 1800 fm ihr Maximum. Höhen von 50 m und darüber sind bei einzelnen alten Bäumen nicht selten, und der Gesundheitszustand ist bis ins hohe Alter ein besonders guter, während in den unteren Lagen die Rotfäule stark zunimmt. So fand Flury in Lagen von 400—600 m ein Rotfäuleprozent zwischen 18—35 %, in 1000—1200 m nur 11—15 % und in 1400 m nur 4 %!

Die klimatischen Bedingungen, denen die Fichte innerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes ausgesetzt ist, sind zwar auch noch recht verschieden, aber doch schon wesentlich enger als bei der Kiefer. Immerhin geht auch die Fichte ja in Skandinavien bis zum 69. Grad an die Grenze der Tundra und bis in das Gebiet der strengsten sibirischen Winter hinein. Wir müssen also auch bei ihr auf einen hohen Grad von Unempfindlichkeit gegen Winterkälte schließen. Ihre polare Grenze ist natürlich letzten Endes ebenso durch die Wärmeabnahme des Sommers bedingt, wie wir das bei der Waldgrenze überhaupt festgestellt haben. Da die Grenzlinien von Kiefer und Fichte dort im allgemeinen mit der 10°-Juli-Isotherme zusammenfallen, so darf man daraus sogar schließen, daß die Mindestansprüche an Sommerwärme und Dauer der Vegetationszeit bei beiden Arten gleich groß sind.

Bezeichnend ist aber das Zurückbleiben der Fichtengrenze gegenüber der Kiefer im südlichen Rußland. Hier betragen die Julimittel etwa 19° (Nischni-Nowgorod, Moskau, Orel) und die jährlichen Niederschläge 400

bis 500 mm. Also ist hier der Sommer um etwa 2—3° kühler, und die Niederschläge sind um 50—100 mm höher als an der weiter südlich liegenden Kieferngrenze. Das bedeutet zusammen natürlich eine sehr viel bessere Feuchtigkeitsbilanz. Hier bestimmt offenbar diese in der Hauptsache die Grenzlinie. Die Fichte zeigt deutlich ihren höheren Anspruch an Feuchtigkeit.

Noch an einer anderen Stelle haben wir es offenbar mit einer solchen Trockengrenze zu tun. Das ist die tiefe Einbuchtung der Westgrenze von Eisenach durch Sachsen bis nach Polen. Hier fällt die Fichtengrenze in einer Länge von 400 km ganz auffällig mit der Niederschlagskurve von 600 mm zusammen. Es soll damit nicht gesagt sein, daß die Niederschlagsmenge allein bestimmend wirkt. Diese ist immer nur ein grober und ungefährender Anzeiger für die Feuchtigkeitsverhältnisse überhaupt.

Für Sachsen hat Wiedemann¹ in sehr eingehender Weise nachgewiesen, daß die Häufigkeit und Schwere von Sommerdürren von den südlichen höheren zu den nördlichen unteren Lagen, in denen die Fichte von Natur fehlt, in viel schärferem Grade zunimmt, als dies in der Abnahme der jährlichen Niederschläge zum Ausdruck kommt.

Daß wir es in der Linie Eisenach—Polen tatsächlich mit einer Trockengrenze zu tun haben, dafür sprechen auch die kümmerlichen Erfolge des künstlichen Anbaus der Fichte in dem nördlichen Trockengebiet der Mark und in der ehemaligen Provinz Posen, insbesondere der große Abgang auch älterer Stämme in allen Dürrejahre wie 1904 und 1911.

Es steht damit durchaus nicht im Widerspruch, daß in kühleren Lagen die Fichte auch noch mit geringeren Niederschlagsmengen auskommt und gedeiht, wie dies Rubner für Bialowies angibt. Dort fallen nur 500—550 mm. In Petersburg sogar nur 480 und in Lappland nahe der Fichtengrenze sogar nur 150—200 mm! (Kihlmann.) Dafür ist aber dort auch Wärme und Verdunstung entsprechend herabgesetzt!

An der Ostseeküste (in Mecklenburg und Pommern), wo die Niederschlagsmenge schon etwas höher und die Vegetationszeit kürzer und kühler ist, liegen die Verhältnisse auch schon günstiger als in der Mark und in Westpreußen. Wir finden dort häufiger ältere und gutwüchsige, aus künstlichen Versuchen entstandene Einzelbäume und kleine Bestände, während im märkischen Gebiet die zahllosen Kiefer-Fichten-Mischsaaten, die man dort im vorigen Jahrhundert ausgeführt hat, fast alle mit einem vollständigen Mißerfolg für die Fichte geendigt haben. Nur auf besonders feuchten Standorten (Seeufern und Bruchrändern) hat sich die Fichte hier einigermaßen halten können. Ein natürliches Vordringen der Fichte läßt sich jedenfalls dort trotz der Unterstützung durch den jahrhundertealten künstlichen Anbau nirgends beobachten.

Die ökologisch am meisten ungeklärte Grenze der Fichte aber ist die gegen Westen und Südwesten. Warum ist die Fichte von den Alpen und dem Schwarzwald nicht auf die Apenninen und die Gebirge in Frankreich und Spanien gegangen wie die Kiefer, mit der sie doch im Osten auf der Balkanhalbinsel noch weit nach Süden vorgestoßen ist? Warum fehlt sie von Natur auf den höheren Lagen der westdeutschen Gebirge (insbesondere etwa dem doch bis über 900 m hohen Taunus), warum fehlt sie selbst in Nordeuropa der Westküste des südlichen Norwegen und Schweden, in Dänemark und um die Nordsee herum?

Die Beantwortung dieser Fragen im einzelnen wird vorläufig noch immer einen mehr oder minder hypothetischen Charakter tragen, ehe wir nichts Genaueres über die Einwanderungsgeschichte der Fichte in Mitteleuropa nach der Eiszeit

¹ Wiedemann: Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. Tharandt 1925.

und ihr Refugium während derselben wissen, wozu jetzt die pollenanalytische Durchforschung unserer Torfmoore (vgl. S. 88) die besten Aussichten bietet. Aber von großen allgemeinen Gesichtspunkten aus lassen sich diese Fragen doch wohl heute schon einigermaßen klären. Wenn wir das gesamte natürliche Verbreitungsgebiet der Fichte betrachten, so springt ganz augenfällig hervor, daß sie vorwiegend das winterkalte Kontinentalklima besiedelt hat, und daß sie, wo dieses in der Ebene im Westen in ein wintermildes ozeanisches Klima umschlägt (Frankreich) oder im Süden in ein sommerheißes, aber ebenso wintermildes Mittelmeerklima (Italien) haltgemacht hat und hier nicht einmal mehr in die kühleren Gebirgszonen hinaufgelangt ist.

Dies hängt wahrscheinlich auch mit ihrer Einwanderungsgeschichte zusammen. Die Po-Ebene und das Rhonetal waren entweder schon zu warm oder doch schon von anderen konkurrierenden Holzarten besetzt, als sie dorthin kam.

Bezeichnend ist ferner, daß sie schon im Westschweizer Mittelland nach den übereinstimmenden forstgeschichtlichen Zeugnissen und den Pfahlbauafunden von Natur fehlt, und daß sie im Schweizer Jura, im Schwarzwald und besonders in den Vogesen stark hinter die Tanne zurücktritt.

Wir sehen also bereits in den unmittelbar nordwestlich an die Alpen anstoßenden Gebirgen, die schon etwas unter dem Einfluß des von Westen her vorstoßenden atlantischen Klimas stehen, ein rasch eintretendes Abklingen der Fichtenverbreitung. Nach Norden zu ist die Fichte an den Hochkämmen des Bayrischen, Böhmer- und Thüringer Waldes entlang offenbar noch vor dem Haupteinbruch der Buche auf den Harz und sogar bis in das Nordwestdeutsche Flachland vorgedrungen, dann aber auf dem Höhepunkt der Bucheneinwanderung von dieser auf den Zwischengebieten wohl wieder verdrängt worden, so daß der Harz und das nordwestdeutsche Gebiet heute völlig abgesprengte Enklaven bilden. Jedenfalls trägt das historisch nachweisbare natürliche Vorkommen der Fichte in der nordwestdeutschen Enklave, das so besonders merkwürdig ist, ganz einen relikartigen Charakter, wie ich früher eingehend nachgewiesen habe¹. Fast alle altbezeugten Standorte liegen dort auf moorigen oder bruchartigen Böden, wohin ihr die Buche nicht folgen konnte.

Höchst bezeichnend ist schließlich noch das Verhalten der Westgrenze in Südkandinavien. Hier fehlt sie der westlichen Hälfte Südnorwegens, während sie auf der östlichen überall vorkommt. Und etwas Ähnliches findet sich in der Südspitze Schwedens wieder, wo sie dem westlichen und südlichen Küstenstrich fehlt, während sie nach Osten zu überall verbreitet ist. Ich habe s. Z. schon darauf hingewiesen, daß die beiden fichtenfreien Weststreifen in Norwegen und Schweden unter dem Einfluß des Golfstromes und seiner Ausstrahlungen ein wesentlich mildereres, atlantisch getöntes Klima zeigen, als die in entsprechenden Breiten liegenden Ostgebiete. Dies drückt sich besonders deutlich in dem Verlauf der Winter- (hier Februar-) Isotherme aus, die in den fichtenfreien Gebieten meist um 0° herum und jedenfalls 2—4° höher liegt als in dem natürlichen Verbreitungsgebiet. Meine damals gegebenen Zahlen² sind dann durch eine spätere Arbeit von Hanna Resvoll-Holmsen³ in einer äußerst eingehenden, alle westlichsten Grenzpunkte nachprüfenden Untersuchung ergänzt und vollauf bestätigt worden. Insbesondere hat die Verfasserin nachgewiesen, daß da, wo sich die letzten Vorposten bei etwas winterwärmeren Stationen finden, das Vorkommen immer in größerer Höhe (300—500 m und darüber) liegt, während es in den kälteren Lagen sofort bis in die Täler hinuntersteigt. Hält man damit noch zusammen, daß das Verbreitungsgebiet einer so ausgesprochen atlantischen Pflanze wie *Ilex aquifolium* sich in Norwegen fast genau mit dem fichtenfreien Gebiet deckt, und daß die atlantische *Erica tetralix* in Schweden ebenfalls nur an der Südwestküste vorkommt, an der Südostküste aber wieder fehlt, so wird dadurch der Charakter der heutigen Fichtenwestgrenze in Südkandinavien als einer Grenze gegen das atlantische Klima nur noch erhärtet.

Wo überall die Gattung *Picea* waldbildend auftritt, in Amerika, Asien oder Europa, haben ihre Vertreter entweder die kühlen Gebirgslagen oder die kalten Kontinentalgebiete besiedelt, niemals aber die ozeanischen Lagen mit milden frostfreien Wintern. Dasselbe Verhalten zeigt auch unsere Fichte an ihrer West-

¹ Dengler: Die Horizontalverbreitung der Fichte.

² Dengler: Die Horizontalverbreitung der Fichte, S. 107 u. 108.

³ Om Granens Vestgrænse i Norge. Archiv for Matematik ok Naturvidenskab Bd. 38, Nr. 5. Kristiania 1923.

grenze in Europa. Sie meidet den ganzen ozeanischen Klimabezirk und ist auch nicht einmal in dessen Gebirge eingedrungen.

Fragt man nach den unmittelbaren schädlichen Einwirkungen, die die Fichte aus den wintermilden Gebieten ausschließen, so ist man allerdings mehr oder minder auf Vermutungen angewiesen. Eine Reihe von Beobachtungen scheint zu zeigen, daß hier die Angriffskraft der Parasiten zunimmt.

Über die frühzeitige Rotfäule wird in allen künstlichen Anbaugebieten des Westens geklagt. Statistisch ist sie durch Flury für die unteren Lagen der Schweiz (vgl. S. 62) nachgewiesen. Auch tierische Feinde, wie z. B. *Nematus abietum* (die Fichtenblattwespe), haben sich immer besonders in den niederen und wärmeren künstlichen Anbaugebieten gezeigt, wie neuerdings in der Rheinprovinz, wo ihre Schädigungen geradezu den weiteren Anbau in Frage zu stellen scheinen¹.

Auch die großen Massenvermehrungen der Nonne, die oft ganze Fichtengebiete vernichtet haben, sind niemals in den höheren Gebirgslagen und im kühleren Verbreitungsgebiet, sondern fast immer nur in den Grenzgebieten, in Ostpreußen, Polen, Böhmen, in der Münchner Gegend, im Bodenseegebiet, in Schweden ebenfalls nur im Süden (Södermanland und Ostgotland) aufgetreten! Ebenso hatte auch Belgien (Campine) einmal eine solche Massenvermehrung.

Schließlich wäre auch noch der Spätfrostgefahr zu gedenken, auf die schon Rubner als begrenzenden Faktor in einer eingehenden Arbeit² hingewiesen hat.

Ich möchte aber diesem Umstand bei der natürlichen Verbreitung, die sich doch immer unter dem Schirm des schon vorhandenen Urwaldes anderer Holzarten (Birke, Kiefer und Eiche) hätte vollziehen müssen, keine allzu große Bedeutung beilegen. Etwas ganz anderes ist das natürlich bei der künstlichen Kultur auf freier Fläche.

Eher dürfte hier noch in Betracht zu ziehen sein, daß das wintermilde und humide atlantische Klima eine sehr schlechte Streuzersetzung und damit eine große Gefahr der Rohhumusbildung besonders bei der ohnehin dazu neigenden Fichte mit sich bringt.

In der Hauptsache wird man jedenfalls daran festhalten müssen, daß die europäische Fichte wie alle ihre Gattungsgenossen in Asien und Nordamerika eben ein ausgesprochener Baum eines winterkalten Klimas ist, und daß in wintermildem Klima, wie es in Westeuropa und auch noch in Westdeutschland vorliegt, immer die schattenertragenden Laubhölzer, wie die Buche, durch ein Zusammenwirken allerverschiedenster Umstände ein ökologisches Übergewicht erhalten, welches die Fichte höchstens noch in einem Grenzgebiet duldet, von diesem weg aber mehr und mehr ausschließt. Hier ist dem menschlichen Einfluß, der beim künstlichen Anbau diese Konkurrenz ausschalten kann, in weiterem Maße als an anderen schärfer klimatisch bedingten Grenzen Spielraum gegeben. Man hat davon auch gerade im Westen Deutschlands sehr reichlich Gebrauch gemacht. Aber auch dieser Spielraum hat seine Grenzen. Vielfach scheinen sie heute schon überschritten.

Was das Vorkommen der Fichte auf den verschiedenen Bodenarten betrifft, so zeigt sich überall da, wo sie in der Ebene mit der Kiefer zusammenkommt, wie z. B. in Ostpreußen, im Baltikum und in Rußland, daß sie sich von den trockneren und ärmeren Sandböden fernhält und diese der Kiefer überläßt. Wo die Böden aber lehmig werden, erscheint die Fichte sofort, und mit steigendem Lehmgehalt tritt sie immer mehr in den Vordergrund. Auf sandigen Böden findet sie sich nur, wenn diese durch Tieflage oder

¹ Vgl. dazu auch Rubner: Pflanzengeographische Grundlagen des Waldbaus, 2. Aufl., S. 216. 1925. Dasselbst auch weitere Angaben über Schädlinge und Literatur dazu.

² Rubner: Die Spätfrostgefahr und die Verbreitungsgrenzen unserer Waldbäume. Forstwiss. Zbl. 1921.

flach anstehende undurchlässige Schichten einen dauernd hohen Feuchtigkeitsgehalt haben.

So berichtet Willkomm, daß sie im Baltikum hauptsächlich in den feuchten bis bruchartigen Flußniederungen auftritt. Auch im Urwald von Bialowies, wo sie bis 50 m hoch wird, steht sie nach Rubner auf solchem Boden mit hohem Grundwasserstand. Ähnlich ist ihr Vorkommen in Oberschlesien, in ihrem Grenzgebiet in der Niederlausitz und in der nordwestdeutschen Enklave.

Auch auf reine Moor- und Hochmoorböden geht sie über, ist aber dort ähnlich wie die Kiefer meist kümmerlich und krüppelhaft.

Im Norden (Finnland und Schweden) wächst sie mit der Kiefer zusammen und gleich freudig wie diese auf den meist nur mit einer schwachen Erdschicht überdeckten Moränen- und Urgebirgsböden, auf denen überall die Steine und Blöcke noch zutage treten. Auch auf vermoorten Böden aller Grade findet sie sich dort in großem Umfang.

Auf den eigentlichen Gebirgsböden im Süden ihres Verbreitungsgebietes kommt sie auf den verschiedensten Gesteinsarten vor, ohne die eine oder andere merkbar zu bevorzugen oder zu meiden. Nur da, wo im Berührungsgebiet mit dem Laubholz Kalkgesteine eingesprengt sind, findet sich augenfällig ein Zurücktreten der Fichte gegen die Buche. Wo diese aber klimatisch fehlt oder zurücktritt, findet sich die Fichte auch urwüchsig und gutwüchsig auf Kalkgestein, so z. B. in den Kalkalpen. Ebenso habe ich sie im unberührten Urwald von Bosnien überall auf Kalkgebirge, um 1000 m herum noch vorwiegend mit Weißtanne gemischt, über 1500—1600 m aber auch in reinen Beständen getroffen.

Auf Buntsandstein kommt sie u. a. im Schwarzwald natürlich vor, und ist sie im westdeutschen (hessisch-hannoverschen) Bergland ganz besonders reichlich künstlich angebaut worden.

Sie ist also in ihrer Verbreitung auf den verschiedensten Gesteinsarten durchaus nicht wählerisch, verlangt aber doch wenigstens mittelkräftige, anlehmgige Böden. Auf geringeren kommt sie nur dann vor, wenn ihr eine reichliche, dauernde Bodenfrische geboten ist.

3. Die Weißtanne. *Abies pectinata* D. C. (*A. alba* Mill.).

Die dritte unserer Hauptnadelholzarten, die Weißtanne, hat im Gegensatz zur Fichte ein nur sehr beschränktes Verbreitungsgebiet, was zunächst recht auffällig erscheinen muß, da sie in ihrem ganzen ökologischen Verhalten der Fichte sonst vielfach nahesteht und ihre Grenze z. T. mit der der Fichte zusammenfällt. (Man sieht daraus, daß man niemals einzelne Grenzteile zur Beurteilung des gesamtökologischen Verhaltens einer Art heranziehen darf, sondern immer die Verbreitungsgebiete im ganzen betrachten muß.)

Die Nordgrenze¹ verläuft von der Nordwestspitze des Thüringer Waldes zunächst fast genau mit der Fichte durch Thüringen, durch die Nordspitze von Sachsen und die wendische Niederlausitz, wo sie im Wald der Herrschaft des Grafen Brühl-Pförten im Belauf Preschen ihren nördlichsten Punkt unter 51° 40' erreicht. Hier bleibt sie hinter der Fichtengrenze (Tauer) etwa 30 km zurück. Dann nähern sich beide Grenzlinien wieder und laufen gemeinschaftlich über Sorau nach Schlesien, wo beide Arten wieder gemeinschaftlich im Waldbesitz der Stadt Breslau in Riemberg (dicht südlich des Katzengebirges) vorkommen, um dann nach Polen (südlich von Kalisz) überzutreten. In Polen aber trennen sich nun beide Grenzen entscheidend. Während die Fichte sich nördlich nach Ostpreußen zuwendet, läuft die Tannengrenze zunächst noch etwas weiter östlich (immer ungefähr unter 51° 30' und in Anlehnung an

¹ Dengler: Die Horizontalverbreitung der Weißtanne. Neudamm 1912.

das der Lysa gora vorgelagerte Berg- und Hügelland¹, um dann im Grenzgebiet von Wolhynien und Galizien scharf nach Süden umzubiegen. (Die schon von Köppen erwähnten Standorte bei Dubno und Wladimir-Wolhynsk scheinen hier die äußersten Eckposten zu sein.) In Galizien soll die Tanne weit verbreitet sein. Die Grenze geht hier in eine Ostgrenze über, und die Tanne steigt nun auch ins Gebirge (Karpathen und nördliche Balkangebirge).

Sie folgt dem Karpathenbogen bis hart an das Donauknie bei Orsova. In die südlichen Vorberge und die rumänische Tiefebene steigt sie nicht mehr herunter, ebenso aber auch nicht in das siebenbürgische Hügelland und das ungarische Alföld. Hier hat sie nur in einigen höheren Bergzügen, vor allem in dem über 1800 m hohen Bihargebirge einige abgesprengte Standorte. Ebenso fehlt sie im böhmischen Becken um Prag.

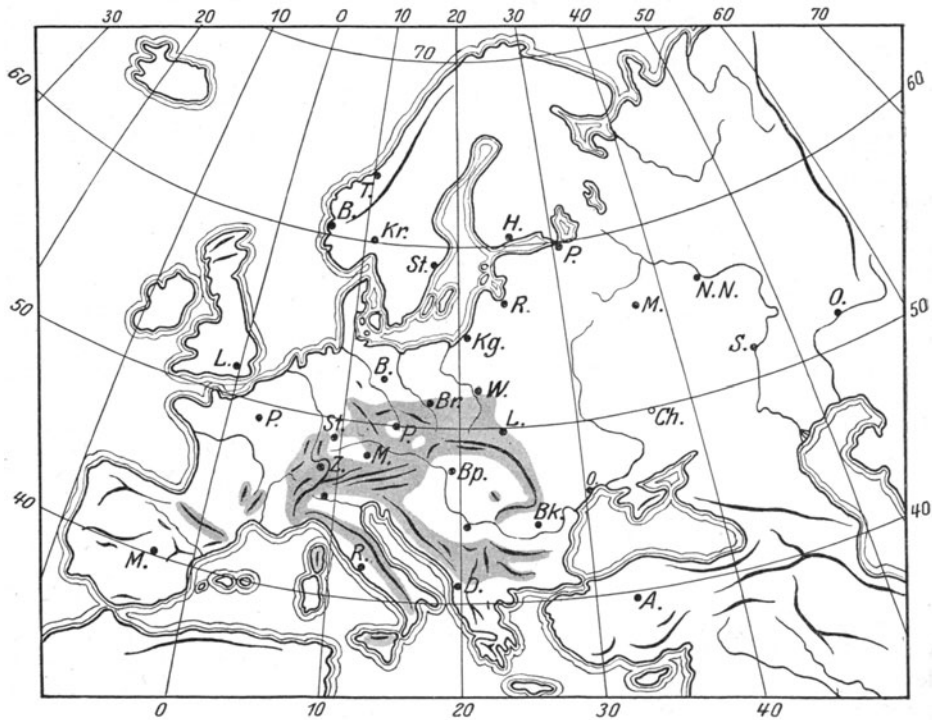


Abb. 31. Natürl. Verbreitungsgebiet der Weißtanne (*Abies pectinalis*). Entw. v. A. Dengler.

Südlich des Donauknies springt die Tannengrenze dann auf die Gebirge Serbiens, Bulgariens und Bosniens über und bildet hier lauter versprengte Inseln in den oberen Berglagen der einzelnen höheren Gebirge. Ihre südlichsten Standorte dürften sich hier im Balkan- und Rhodopegebirge und im mittelalbanischen Gebirge, etwa südwestlich des Ochridasees, finden, wo sie kürzlich noch von F. Markgraf² auf einigen Bergen bei 40° 50' n. Br. gefunden wurde.

Vom Rhodopegebirge aus hat man die Südgrenze der Tanne zu rechnen. Diese liegt in großem Zuge auf den Gebirgen Albaniens, Siziliens und der Insel Korsika bis zu den Pyrenäen.

¹ Das weit davon abgesprengte Vorkommen eines kleinen Weißtannenbestandes im Bialowieser Wald unter 52° 45' dürfte nicht urwüchsig, sondern auf eine künstliche Anpflanzung der russischen Forstverwaltung zurückzuführen sein, obwohl dies strittig ist. Vgl. dazu Köppen: Verbreitung der Holzgewächse Bd. 2, S. 548. — Rubner: Pflanzengeographische Grundlagen des Waldbaues, S. 231.

² Markgraf, F.: An den Grenzen des Mittelmeergebietes. Dahlem 1927.

In der Krim und im Kaukasus kommt sie nicht mehr vor. Im letzteren Gebirge tritt dafür *Abies Nordmanniana* an ihre Stelle, ebenso gehören die in Kleinasien und Griechenland auftretenden Tannen anderen Arten (*Cephalonica*, *Apollinis* u. a.) an. Von Albanien zieht die Südgrenze dann, immer etwas von der Mittelmeerküste entfernt, durch die illyrischen Randgebirge, durch den Birnbaumer und Ternowaner Wald im Krainer Gebiet zu den Julischen Alpen. Nun folgt sie dem Südrand der Alpen bis zu den Seealpen und hat von da aus eine schmale, tiefgehende Aussackung nach Süden auf den Apenninen bis nach Kalabrien. Schließlich soll sie nach den italienischen Floren von *Parlatore* und von *Fiori* und *Padetti* auch noch auf dem nordsizilianischen Madoniegebirge vorkommen oder vorgekommen sein (*Parlatore* schreibt, daß er sie dort in 2000 m Höhe auf den hohen Gipfeln nur selten und meist zerstört [wahrscheinlich durch Ziegenweide und Hirten?] und meist klein und ohne Früchte gefunden habe). Unzweifelhaft ist dieser Standort aber natürlich. Denn in der dortigen Gegend und in solchen Höhenlagen wird damals niemand künstlichen Anbau betrieben haben. Dann läge hier der überhaupt südlichste Punkt der Tannenverbreitung bei 37° 45'. Auf Sardinien fehlt sie, kommt aber im korsikanischen Gebirge wieder vor.

Nach Westen vorgelagert finden sich noch zwei Enklaven im französischen Plateau central und in den Pyrenäen.

Ob das von *Maire*¹ beschriebene Vorkommen von einigen nicht unbeträchtlichen (50—100 ha großen) Tannenbeständen in 2—3 benachbarten Arrondissements der Normandie wirklich ein natürliches ist, dürfte erst noch geschichtlich näher zu untersuchen sein. Allerdings spricht das Auftreten in verschiedenen Privatwaldungen und vor allem die Benennung einiger Gehöfte und Örtlichkeiten nach der Tanne, sowie die ganze Art des Vorkommens, wie sie *Maire* schildert, stark dafür. Die weite Entfernung vom nächsten Punkt der Grenze (über 400 km bis zum Plateau central) und die auffällig niedrige Höhenlage, in der die Bestände auftreten (230—290 m), trotzdem Berge bis 400 m und darüber in der Nähe sind, spricht aber wieder dagegen. Auch die in den Ardennen vorkommenden Weißtannen, die man nach Schilderungen für natürlich halten müßte, haben sich doch als künstlich angebaut erwiesen.

Von den beiden vorgelagerten Inseln der Pyrenäen und des Plateau central abgesehen, beginnt die Westgrenze in den Seealpen, läuft dann am Westrand der Alpen über den Schweizer Jura in die Vogesen und geht, das Rheintal frei lassend, auf den Schwarzwald über. Von da aus ist ihre natürliche Grenze durch geschichtliche Nachforschungen in Süddeutschland² geklärt worden. Sie verläuft vom östlichen Schwarzwald südlich um den Schwäbischen Jura und die Hochebene von München herum, um dann mit zwei zungenartigen westlichen Ausbuchtungen in süd-nördlicher Richtung auf Bamberg—Koburg auszustreichen.

Bei letzterem Punkt schließt die von *Windisch-Graetz* gefundene Grenze genau an die von mir in gleicher Weise für Mitteldeutschland festgestellte an. Von Koburg zieht diese in nordwestlicher Richtung durch die südlichen Vorberge des Thüringer Waldes, an dessen Westspitze sie in die schon beschriebene Nordgrenze übergeht. Dem ganzen westdeutschen Bergland und auch dem Harz fehlt die Tanne von Natur nach meinen Untersuchungen³.

Über die vertikale Verbreitung besitzen wir in der schon angeführten Arbeit von *Mattfeld* eine äußerst reichhaltige Zusammenstellung. Ich greife daraus nur die wichtigsten Zahlen heraus (s. Tab. S. 69).

Es zeigt sich also auch bei der Tanne das allmähliche Höherrücken der unteren und oberen Grenze von Norden nach Süden wie bei der Fichte, dagegen kein Schmälerwerden der Gürtelbreite.

¹ Vgl. dazu *Mattfeld*: Das Areal der Weißtanne. Mitt. d. dtsh. dendrol. Ges. 1926, II, S. 18 u. 19.

² Fürst *Windisch-Graetz*: Die ursprüngliche natürliche Verbreitungsgrenze der Tanne in Süddeutschland. Dissert., München; Naturwiss. Z. f. Forst- u. Landw. 1912, H. 415.

³ Nachdem dies infolge der Unklarheit einiger alter Urkunden in der Artbezeichnung der Nadelhölzer von anderer Seite mehrfach angezweifelt worden war, haben neuerdings die pollenanalytischen Untersuchungen von *Hesmer* in mehreren Harzer Torfmooren durch das vollständige Fehlen von Tannenspollen meine Feststellungen nun wohl endgültig bestätigt. Vgl. *Hesmer*: Die Waldgeschichte der Nacheiszeit des nordwestdeutschen Berglandes. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1928, H. 4 u. 5.

Gebiet	Durchschnittliche Grenze		Gebiet	Durchschnittliche Grenze	
	untere m	obere m		untere m	obere m
Thüringer Wald . .	fehlt	800	Nordwestkarpathen.	480	1180
Erzgebirge	fehlt	805	Ostkarpathen . . .	770	1330
Riesengebirge . . .	fehlt	1000	Südkarpathen . . .	780	1480
Bayrischer Wald . .	fehlt	1220	Rhodope	?	1700
Schweizer Jura . .	600	1300	Südlicher Apennin .	?	1850
Schwarzwald . . .	400	1000	Pyrenäen	1300	2000

Ob aber die Angaben für die untere Grenze wirklich überall genau sind, darf man füglich bezweifeln, da sich in vielen, namentlich den östlichen und nördlichen Gebirgen, ein deutlicher Tannengürtel gar nicht ausbildet, sondern hier nach unten im Buchen-, nach oben im Fichtengürtel verschwindet. Besser ist die Tannenstufe in den westlichen und südwestlichen Gebirgen ausgebildet, wo in den Apenninen, Pyrenäen, im Jura und den Vogesen die Tanne entweder allein den oberen Nadelholzgürtel bildet oder die Fichte doch sehr gegen sie zurücktritt.

Das Maximum und zugleich auch Optimum der Tanne dürfte im Westteil der Alpen, im Schweizer Jura und den Vogesen liegen und wohl auch noch den Schwarzwald, das französische Plateau central und die Pyrenäen mit umfassen. Optimales Vorkommen im einzelnen findet sich auch wohl noch in vielen Lagen weiter östlich, aber es fehlt dann meist die Dichtigkeit und Häufigkeit derartiger Fälle. Die schönsten Tannenwälder Europas sollen nach Huffel im Jura stocken. In der Nordwestschweiz findet sich auch noch ein wegen seiner Schönheit und Massigkeit berühmt gewordener Tannenwald, der jetzt z. T. Naturschutzgebiet geworden ist, der Dürsrütiwald. Die größte in ihm stehende Tanne maß 1914 52,4 m Höhe mit 140 cm Durchmesser und einer Schaftmasse von 29,3 cbm! Baumhöhen über 50 m und Lebensalter bis zu 500 Jahren bei voller Gesundheit sind in diesen Gegenden und Höhenlagen um 1000 m herum nicht selten.

Die klimatischen Verhältnisse innerhalb des Verbreitungsgebietes sind bei der Tanne erheblich enger umgrenzt als bei der Fichte. Das Tannengebiet ist ja im wesentlichen nur in den Gebirgen Mitteleuropas gelegen, und die klimatischen Bedingungen können hier durch eine Verschiebung der Höhenstufe nach oben oder unten leicht ausgeglichen werden. Besonders wichtig erscheint daher jener Teil der Grenze, wo die Tanne in die Ebene heraustritt, das ist nur im Norden und Osten ihres Gebietes der Fall. Die Nordgrenze vom Thüringer Wald bis nach Polen hinein, die mit der Fichtengrenze und der Niederschlagskurve von 600 mm zusammenfällt, dürfte wie bei der Fichte eine reine Trockenheitsgrenze sein. Jedenfalls ist für die Tanne die Niederschlagsmenge, die sie hier erhält, auch die geringste in ihrem ganzen Verbreitungsgebiet überhaupt. (Gegen das trockene ungarische Tiefland hört ihre Grenze sogar schon an der 700-mm-Kurve auf.) Sehr auffällig ist nun bei dem weiteren Grenzverlauf, daß die Tanne von Polen aus nicht mehr weiter mit der Fichte nach Ostpreußen und Rußland hineingeht, sondern daß die bisherige Nordgrenze in Polen scharf abbiegt und zur Ostgrenze wird.

Die Temperaturmittel an den nächstgelegenen Stationen (Warschau, Lemberg, Czernowitz) betragen zwischen 19—20° für den Juli und —3—5° für den Januar, die entsprechenden mittleren Extreme +31/32° und —19/21°, die Niederschläge zwischen 600—700 mm. Zweifellos ist die bedeutsamste Änderung der klimatischen Einzelfaktoren nach Osten zu in der zunehmenden Strenge des Winters und seiner Extreme zu suchen. Die nächst östlich gelegenen meteorologischen Stationen Pinsk und Kiew haben +19° Juli- und —5—6° Januartemperaturen und Extreme von +32 und —23°. Weiter östlich nimmt dann die Winterkälte sehr rasch zu (Moskau Juli +19°, Januar —11°, Extreme +31 und —31°!). Während also der Sommer ziemlich gleich warm bleibt, steigt die Winterkälte außerordentlich stark an.

Die wichtigste Änderung in den klimatischen Faktoren jenseits der Ostgrenze der Tanne liegt also in der raschen Zunahme strenger Winter. Es ist nun auffällig, daß die Tannengrenze in diesem Teil von Polen und Galizien auch mit andern wichtigen Grenzlinien von Holzgewächsen zusammenläuft, die erfahrungsgemäß in strengen Wintern öfter erfrieren, daß ist die Eibe und der Efeu. Da auch die Tanne so ziemlich als einziger unter unsern Waldbäumen in sehr strengen Wintern manchmal ein Erfrieren zeigt, zudem auch überaus empfindlich gegen Spätfröste ist, so liegt es nahe, daß diese Verhältnisse hier ihrer Weiterwanderung nach Osten Einhalt geboten haben.

Inzwischen hat der überaus strenge Winter 1928/29 diese Vermutung reichlich bestätigt. Schon aus Oberschlesien und noch mehr aus Polen kommen überall die Nachrichten von massenhaftem Erfrieren auch alter Weißtannen im Walde!

Daß die Tanne in ihrem Gebirgsvorkommen an ihrer oberen Grenze weiter östlich noch etwas tiefere Wintertemperaturen (Januarmittel) aufzuweisen hat, wie Rubner betont, ist wohl richtig. Rubner führt die böhmische Seite des Bayrischen Waldes an, wo diese auf $-5-6^{\circ}$ sinken dürften. In gewissen Teilen der Schweizer Alpen, wie im Engadin und Wallis, wo die obere Tannengrenze bei 1630 m (nach Christ) bzw. 1800 (nach Jaccard) angegeben wird, dürften die Januarmittel wohl noch über -7° hinausgehen. Es ist aber zu bedenken, daß trotzdem im Hochgebirge die absoluten Extreme in Frostperioden meist stark abgestumpft sind (Gesetz der sog. Temperaturumkehr).

Daß die Tanne auf den Gebirgen der Balkanhalbinsel ebensoweit nach Süden gegangen ist wie die Fichte (Montenegro, Albanien), dagegen auf der Apenninhalbinsel und in Frankreich und Spanien (Pyrenäen) ohne diese weit nach Süden vorgestoßen ist, ist wohl nur durch einwanderungsgeschichtliche Umstände, die wir allerdings noch nicht kennen, einigermaßen verständlich zu machen. Was die Temperaturverhältnisse in den dortigen Gebirgen betrifft, so gibt Fiori¹ im südlichen Apennin die obere Höhengrenze der Tanne bei 1800 m an. Nach den nächstgelegenen meteorologischen Beobachtungsorten (Monte-Vergine bei Neapel 1377 m und Potenza 826 m) würden sich etwa folgende Grenzwerte ergeben:

	Juli	Januar	Niederschläge
bei 1800 m	+15,0 ^o	-3,7 ^o	über 1800 mm.

In den Pyrenäen, wo die Höhengrenze nach Roux bei 2000 m liegen soll, würden die entsprechenden Zahlen, berechnet nach den Stationen Bagnère (550 m) und Pic du Midi (2860 m), sein:

bei 2000 m	+10,7 ^o	-3,7 ^o	1500 mm.
------------	--------------------	-------------------	----------

Trotz des sehr viel kühleren Sommers ist das Januarmittel, also der Winter, gleich, und es erscheint nur verwunderlich, daß die Tanne bei so mäßigen Wintermitteln nicht noch höher hinaufsteigt.

Die Frage, warum die Tanne im Süden und Westen nicht tiefer hinuntersteigt und sich nicht in die Ebene, z. B. nach Frankreich und in das westdeutsche Bergland hinaus, verbreitet hat, ist m. E. ähnlich wie bei der Fichte nur aus dem allgemeinen Gesichtspunkt heraus zu verstehen, daß auch sie nicht auf ein wintermildes atlantisches Klima eingestellt ist, wenn das bei ihr auch nicht ganz so scharf hervortritt wie bei der Fichte.

Auch die nahe verwandten Tannenarten des Südostens (*Abies cephalonica*, *Apollinis*, *Nordmanniana* u. a.) steigen nicht in die Ebenen hinab. Im Gebirge ist unsere Tanne von Natur nicht einmal in die untere Hälfte des Buchengürtels hinuntergegangen.

Es scheint mir kein Zufall zu sein, daß sie nur im Nordosten etwas in die Ebene getreten ist, wo die kontinentalere Klimatönung die Buche schon in ihr eigenes Grenzgebiet rückt und ihre Konkurrenz der Tanne gegenüber abschwächt. Mancherlei bisher gelobte Anbauversuche im atlantischen Klimagebiet, in Nordwestdeutschland, Dänemark und England und sogar in der Normandie mögen dagegen sprechen. Aber schon hört man hier und da vom „Tannensterben“, das sich zwar nicht ausschließlich in den wärmeren Lagen zeigt, aber dort gerade allem Anschein nach besonders verderblich aufzutreten scheint. Jedenfalls hat

¹ Fiori, A.: Prodrómo di una Geografia Botanica dell' Italia. Padua 1908.

es in der Eifel wie in Nordwestdeutschland und Dänemark erst nach jahrzehntelangem Gedeihen eingesetzt. Es bleibt erst abzuwarten, wieweit diese Anbauversuche sich auf die Dauer halten werden.

Die Böden, auf denen die Tanne von Natur vorkommt, sind etwa die gleichen wie bei der Fichte. Auf Hochmoor aber fehlt sie vollständig. Sie ist wohl eher etwas anspruchsvoller als die Fichte und kommt vor allem gern auf tätigen kräftigen Böden mit mildem Humus vor. Wenn sie auch auf Silikatgesteinen durchaus freudig wächst, so scheint ihr Optimum doch auf Kalk zu liegen (Schweizer Jura, Westalpen).

4. Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.).

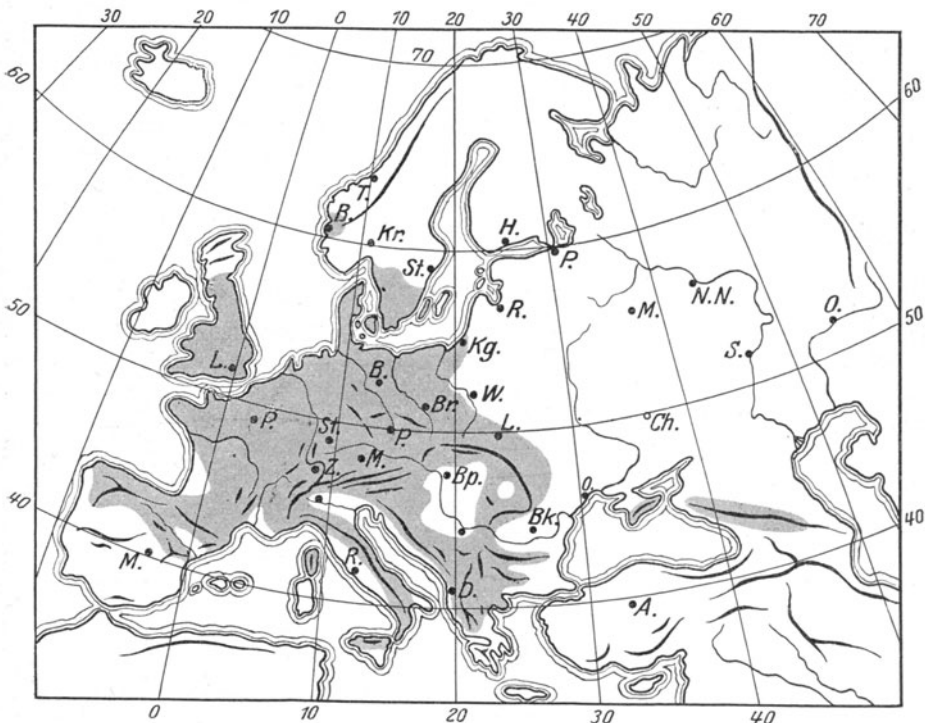


Abb. 32. Natürl. Verbreitungsgebiet der Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Entw. v. A. Dengler.

Die Nordgrenze der Rotbuche beginnt zwischen England und Schottland, überquert die Nordsee, schneidet durch die Südspitze von Schweden (etwa von Göteborg nach der Insel Öland¹) und springt dort nach Ostpreußen über. Hier beginnt bereits die reine Ostgrenze. Diese zieht sich von Königsberg über den Stadtwald von Rössel und über Sadlowo bei Bischofsburg durch das östliche Polen (mit einer kleinen Einbuchtung um Warschau herum), weiter durch Wolhynien und Podolien (Bessarabien noch im Kreise Chotin streifend?) nach der Bukowina, die ihren Namen ja von der Buche erhalten hat. Von hier ab südlich wird auch diese Holzart wieder ein Gebirgsbaum, wenn sie freilich auch meist viel tiefer zurückbleibt als die Tanne oder gar die Fichte. Sie fehlt aber von Natur schon in der ungarischen und rumänischen Tiefebene.

¹ Eine kleine abgesprengte Enklave findet sich noch an der milden Südwestküste von Norwegen bei Bergen.

Die in den Gebirgen der Krim und des Kaukasus vorkommende Buche wird neuerdings als besondere Art (*Fagus orientalis*) betrachtet, da sie nach Lipsky¹ der japanischen *Fagus Sieboldii* näherstehen soll als der europäischen.

Auf der Balkanhalbinsel tritt die Buche in der unteren Waldzone in allen Gebirgen Jugoslawiens und Bulgariens auf und geht südlich noch bis zum Berg Athos, zum Olymp- und Pindosgebirge. (Als südlichster Punkt dürfte hier das nach der Buche (ὄξυα) benannte Oxiagebirge in Ätolien zu gelten haben.)

An der dem Lauretum zugehörigen Mittelmeerküste fehlt sie von Natur wohl ganz, vielleicht einige Punkte in Istrien ausgenommen. Im Inneren von Italien kommt sie aber auf dem ganzen Apennin und auch noch auf den nord-sizilianischen Gebirgen vor, wo sie ihren überhaupt südlichsten Punkt erreicht. Dann springt die Südgrenze nach Korsika über. (In Sardinien fehlt sie.) Von den Seealpen läuft die Grenze, die südliche Rhoneebene umgehend, nach Spanien, wo die Buche aber nur in den Gebirgen der nördlichen Hälfte vorkommt. Dort beginnt dann die Westgrenze.

Die Nordwestküste von Portugal hat auch im Gebirge schon keine Rotbuchen mehr. An der südlichen Westküste von Frankreich fehlt sie in den Landes, sowie in der ganzen Gegend der unteren Gironde bis in Teile der Vendée hinauf.

Im allgemeinen fällt die Grenze sonst mit der Westküste von Frankreich zusammen und geht schließlich von dort nach England über. In Irland soll die Buche wieder von Natur fehlen.

Über die vertikale Verbreitung ist folgendes zu sagen: Eine untere Grenze hat die Buche im ganzen nördlichen Teil ihres Gebietes nicht, erst in den südlichen Karpathen und Alpen beginnt sich eine solche auszubilden, um dann nach Süden zu immer deutlicher zu werden und höher hinaufzurücken. Die obere Grenze liegt im Norden am Harz bei etwa 800 m, in den südlichen Alpen bei 1500 m und in Sizilien und den Pyrenäen soll sie sogar bis 2000 m hoch steigen.

Am Harz als dem nördlichsten Gebirge ist sie bei 800 m heute selten. Einzelne fruchtende Bäume und etwas Jungwuchs fand ich aber an den Bismarckklippen bei Schierke noch bei 890 m². Im Erzgebirge liegt die obere Grenze etwa zwischen 850—900 m, in den südlichen Alpen schon zwischen 1500—1600 m. In den zentralen, mehr kontinental getönten Alpen fehlt die Buche meist ganz³, oder sie tritt nur sehr spärlich auf und erleidet eine starke Depression ihrer Grenze bis zu etwa 1200 m. In den mittleren Apenninen liegt der Buchengürtel nach Fiori zwischen 1000—1800 m, in Sizilien schließlich zwischen 1300—2000 m. Für die französische Seite der Pyrenäen gibt Matthieu 70(?)—2100 m, für die spanische Willkomm 400—1900 m als Gürtelgrenze an. Für die Karpathen liegen viele Messungen von Fekete und Blattny vor. Im Durchschnitt liegt die untere Grenze zwischen 200—400 m, die obere Baumgrenze zwischen 1150—1400 m, und als Strauch geht die Buche, gelegentlich die Waldgrenze bildend, noch bis 1500 m hinauf. Für die Gebirge der nördlichen Balkanhalbinsel gibt Beck von Managetta im Liburnischen Karst 580—1330 m, für die Herzegowina und Montenegro 1050—1600 m als Grenzen an. Es zeigt sich in der vertikalen Verbreitung also neben dem Ansteigen nach Süd auch ein solches von Ost nach West: Montenegro 1600 m, mittlerer Apennin 1800 m, Pyrenäen 2100 m!

Ihre maximale und optimale Verbreitung findet sie wohl im mittleren Frankreich und dem angrenzenden westdeutschen Berg- und Hügelland. Davon strahlt nach Norden und Nordosten ein Gebiet häufigeren Auftretens in einem Küstenstreifen längs der Nord- und Ostsee aus: Schleswig-Holstein, Dänemark, Mecklenburg bis nach Pommern hinein (Insel Rügen!).

¹ Acta Horti Petropolitani 1898, T. XIV, II.

² Dengler: Die Wälder des Harzes einst und jetzt. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1913, H. 3.

³ Tschermak: Die Verbreitung der Rotbuche in Österreich. Mitt. a. d. forstl. Veruchswes. Österr. 1929, H. 41.

Ein zweites Maximum und Optimum aber liegt offenbar in gewissen Lagen der südlichen Gebirge. Hier finden sich noch weit ausgedehnte prachtvolle Buchenwälder im Urzustande in den Südkarpathen und in Bosnien. Auch in den Pyrenäen sollen solche noch auf beiden Seiten vorkommen.

Die klimatischen Verhältnisse im Verbreitungsgebiet lassen sich etwa durch folgende Zahlen belegen:

	Sommer Grad C	Winter Grad C	Max. Grad C	Min. Grad C	Niedersch. mm
An der Nordgrenze:					
Göteborg	+ 16,8	— 0,7	+ 28	— 14	780
An der Ostgrenze:					
Königsberg	+ 17,5	— 2,7	+ 32	— 19	680
Warschau	+ 18,8	— 3,4	+ 32	— 21	570
Czernowitz	+ 20,1	— 5,1	+ 33	— 21	630
An der Westgrenze:					
St. Malo i. d. Bretagne	+ 16,5	+ 4,9	+ 32	— 4	800
In den südlichen Gebirgen:					
Sizilien, 1300 m	+ 20,1	+ 2,6	+ 32	— 7	?
„ 2000 m	+ 15,4	— 1,8	+ 25	— 10	?
Pyrenäen, 400 m ¹	+ 18,7	+ 4,1	+ 33	— 10	1200
„ 2100 m	+ 10,3	— 4,1	+ 23	— 20	1500

Den wärmsten Sommer würde die Buche also bei Czernowitz an der Südgrenze und in Sizilien an der unteren Grenze mit rund 20° Julimittel, den kühlestem Sommer an der oberen Grenze in den Pyrenäen mit rund 10° haben, die wärmsten Winter in der Bretagne mit + 4,9°, den kältesten Winter aber an der Ostgrenze bei Czernowitz mit rund — 5° und an der oberen Grenze in den Pyrenäen mit rund — 4°. Die Niederschläge schwanken zwischen 600—700 mm an der Ostgrenze und 1500 mm in den oberen Pyrenäen.

Die klimatischen Verhältnisse des Buchengebietes sind jedenfalls wesentlich andere als bei den bisher behandelten Nadelhölzern. Besonders fällt der Gegensatz mit der Fichte auf. Man kann geradezu sagen: In der Ebene schließen sich beide Arten aus, die Buche geht nur eben bis dahin, wo die Fichte anfängt. In den Gebirgen überschneiden sich zwar die Zonen, sind aber in der Hauptsache auch hier getrennt (Buche unten, Fichte oben). Ebenso ist unverkennbar, daß, während die Fichte nach Westen zu immer mehr von den südlichen Gebirgen Europas verschwindet, umgekehrt die Buche hier immer stärker auftritt. Sie ist hier oft die Hauptholzart des Gebirges und bildet in den besonders ozeanisch gelegenen Gebieten sogar verschiedentlich die Wald- und Baumgrenze!

Gleich ist sie der Fichte aber darin, daß sie die heißen und trocknen Ebenen im Südosten und Süden meidet.

Die Buche zeigt aber hier in ihren Feuchtigkeitsansprüchen doch einen geringeren Anspruch als Fichte und Tanne, da sie sowohl in dem trockneren Gebiet von Norddeutschland als auch im böhmischen und Wiener Becken vorkommt. Auch gegen die ungarische Randzone der Pusta dringt sie viel weiter vor.

Aus ihrem ganzen Verbreitungsgebiet erhellt die ausgesprochene Anpassung an das atlantische Klima, an dessen Ostgrenze sie in breiter Front haltmacht. Neben der Gefährdung in der Jugend durch späte Frühlingsfröste (Junifröste!) hat sie bei uns im „sibirischen“ Winter 1928/29 zum

¹ Die unwahrscheinliche Angabe von Matthieu über die untere Grenze auf französischer Seite bis zu 70 m ist nicht berücksichtigt worden. Es wird sich dabei wohl nur um künstliche Anpflanzungen handeln!

erstenmal auch schwere Winterfrostschäden gezeigt. Im Oppelner Bezirk (Obf. Jellowa) sind vielfach alte Rotbuchen ganz erfroren. Das ist etwas, was wir bisher für unmöglich gehalten hätten, was aber den tieferen Sinn ihrer Ostgrenze mit einemal schlagartig beleuchtet!

Ebensowenig steigt sie aber in das sommerheiße und sommertrockne Mittelmeerklima hinab, sondern geht dort in die mittleren und oberen Berglagen.

Daß sie im Westen schließlich auch gegen die schon ins Lauretum hinüberspielende Tönung des am schärfsten ausgesprochenen atlantischen Klimas empfindlich zu werden beginnt, zeigt ihr Fehlen an der Nordwestküste Portugals, in den Landes und in Irland, wo die Januartemperaturen schon auf $+6-7^{\circ}$ steigen und die Julitemperaturen im Norden (westlich Irland) schon unter 15° sinken.

Von den verschiedenen Bodenarten, auf denen sie vorkommt, bevorzugt sie ganz auffällig die Kalkböden. Auf diesen bildet sie besonders gesundes, weißkerniges Holz, einen langen und schlanken Schaft mit silbergrauer Rinde und zeigt eine hohe Verjüngungsfreudigkeit. Ähnlich wächst sie auf Basalt und Nagelfluh. Jedoch kommt sie auch auf allen andern mittelkräftigen Gebirgsböden bei genügender Frische noch gut fort. Auf nassen Lagen und auf sehr untätigen Böden (Plateaus, Buntsandsteinköpfe) wird sie kümmerlich. Auf trocknen grobkörnigen und armen Sanden fehlt sie von Natur wohl ganz. Doch kommt sie in der norddeutschen Tiefebene auf anlehmigen und feinkörnigen, frischen Sandböden als wichtiges und willkommenes Misch- und Unterholz der Kiefer oft und zweifellos auch natürlich vor. Überschwemmungsgebiete und alle Moorböden meidet sie aber gänzlich.

5. Die Stieleiche (*Quercus pedunculata* Ehrh. = *Qu. Robur* L.).

6. Die Traubeneiche (*Quercus sessiliflora* Ehrh.).

Die Unterscheidung der Stiel- und Traubeneiche ist von vielen Pflanzengeographen und Forschungsreisenden namentlich früher nicht genau durchgeführt worden. Sie ist ja auch bei den vielen auftretenden Zwischenformen oft schwer. Daher sind die Angaben über ihre Verbreitung, namentlich im Süden und Südosten, noch recht unsicher und müssen mit Vorbehalt wiedergegeben werden.

In großen Zügen ist die Verbreitung der Stieleiche folgende: Von Schottland durch Südkandinavien zieht die Nordgrenze durch das mittlere Rußland bis nahe zum Ural. Von da springt die Ostgrenze unter Auslassung der Steppe nach dem Kaukasus und Kleinasien über. Die Südgrenze geht vom Süden der Balkan- und Apenninhalbinsel nach dem Norden von Spanien. Von da fällt die Westgrenze überall mit der Küste des Atlantischen Meeres zusammen.

Im einzelnen ist der Verlauf folgender:

Die Nordgrenze der Stieleiche springt vom Norden Schottlands nach Norwegen über, setzt dort aber sehr viel nördlicher, etwa bei Trondhjem, ein, umgeht die norwegisch-schwedischen Grenzgebirge in einem Bogen nach Süden bis in die Gegend von Kristiania und läuft von dort zur Ostküste von Schweden. Sie überquert dann den Bottnischen Meerbusen, zieht durch den südlichen Küstenstrich von Finnland und geht zwischen Finnischem Meerbusen und Ladogasee nach Rußland. Dieses durchzieht sie in langsamem Abfall gegen Osten, um vor dem Ural scharf nach Süden abzubiegen. Damit beginnt die Ostgrenze, die unter Umgehung der russischen Steppen nach dem Kaukasus und Kleinasien bis zum Kaspischen Meer (Nordpersien) geht. Von da ab beginnt die Südgrenze: Vom Kaspischen Meer um das mesopotamische Tiefland herum zum Golf von Iskanderun. Wie weit sie und ihre Schwesterart, die Traubeneiche, aber in Kleinasien wirklich vorkommt, bedarf noch sehr der näheren Feststellung. Auf der ganzen Balkan- und Apenninhalbinsel kommt sie jedenfalls bis zum äußersten Süden vor. Fraglich ist ihr Vorkommen in Sizilien, Korsika und Sardinien. In Spanien ist sie nur im nördlichen Teil und in Portugal nur im Nordwesten verbreitet. Die Westgrenze geht von da nach Irland und Schottland.

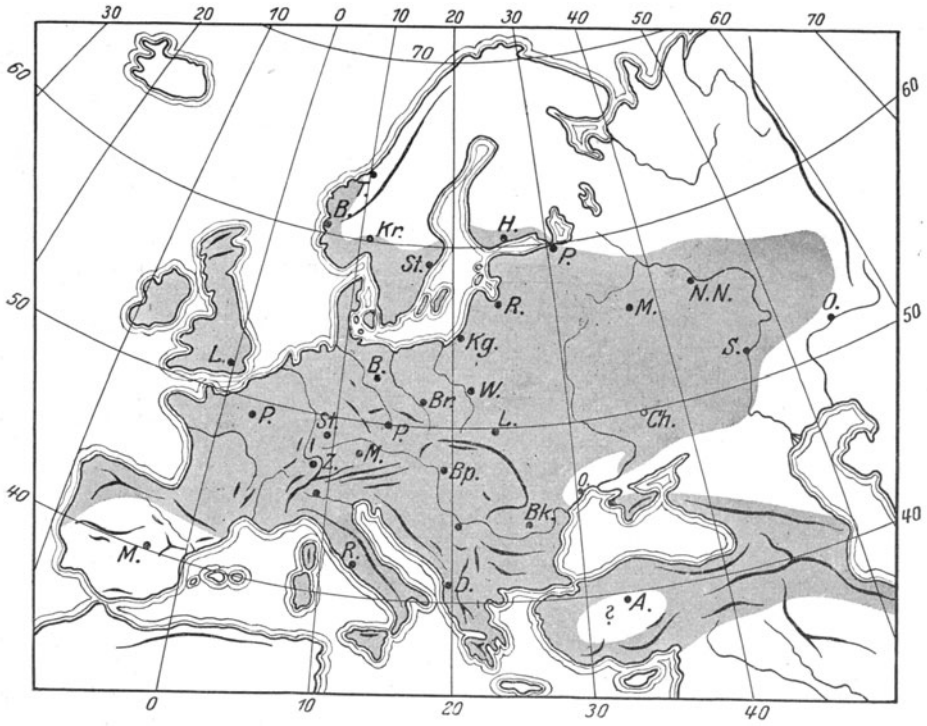


Abb. 33. Natürl. Verbreitungsgebiet der Stieleiche (*Quercus pedunculata*). Entw. v. A. Dengler.

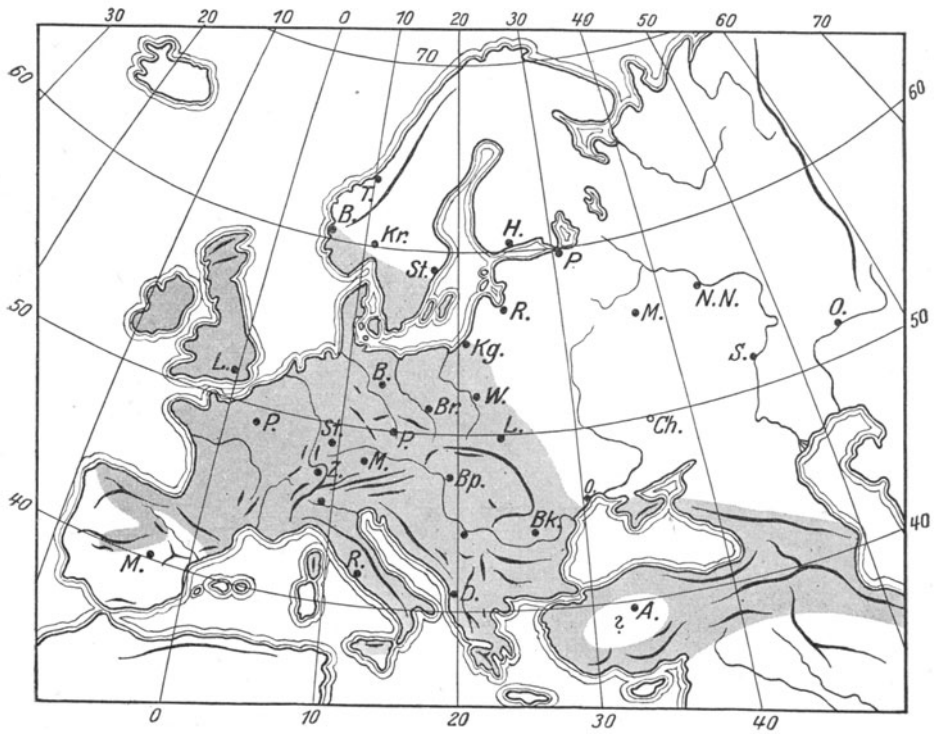


Abb. 34. Natürl. Verbreitungsgebiet der Traubeneiche (*Quercus sessiliflora*). Entw. v. A. Dengler.

Die Verbreitung der Traubeneiche ist in großen Zügen folgende: Die Nordgrenze von Schottland durch Südschweden bleibt etwas hinter der Stieleiche zurück. Nach Rußland geht sie nicht mehr hinein, sondern wird im äußersten Ostpreußen zur Ostgrenze, die ähnlich der Buche, aber etwas östlich davon, durch Polen zum Schwarzen Meere zieht. Von den Kaukasusländern durch Kleinasien geht dann die Südgrenze über Griechenland und die Südspitze von Italien nach Nord- und Mittelspanien. Die Westgrenze fällt wie bei der Stieleiche mit der Küste des Atlantischen Meeres zusammen.

Im genaueren ist die Verbreitung folgende: Die Traubeneichengrenze geht zwar auch von Nordschottland nach Norwegen, bleibt aber dort und in Schweden schon viel südlicher. An der Ostküste trennt sie sich sogar scharf von der Stieleiche und geht über Öland und Gotland nach Ostpreußen über, in dessen östlichsten Teil sie nicht heimisch sein soll. Die Ostgrenze läuft dann ähnlich wie die Buchengrenze weiter, geht aber doch etwas tiefer nach Rußland hinein und südlich bis ans Schwarze Meer. Von da läuft sie über die Krim und den Kaukasus und soll ebenfalls bis in den Norden von Persien gehen. Ob sie in Kleinasien ebenso weit oder weniger weit wie die Stieleiche verbreitet ist, ist noch unsicher. Ihre Südgrenze zieht dann über Griechenland zur Südspitze von Italien. Fiori gibt sie auch für Nord-sizilien (mit der Buche zusammen) an. Ihr Vorkommen in Sardinien scheint fraglich. In Spanien läuft die Grenze am südlichen Rand der Pyrenäen von Barcelona unter Umgehung des Ebrotieflandes in die zentralen Gebirge nördlich von Madrid und von da wieder unter Umgehung des nördlichen Tafellandes in die Randgebirge am Golf von Biskaya. Die Westgrenze fällt von hier nach Irland wieder mit der Grenze der Stieleiche zusammen.

Über die vertikale Verbreitung der beiden Arten sind wir überhaupt nur für einzelne Gebirge und auch da höchst unsicher unterrichtet, da hier beide Eichen selten vorkommen und durch künstlichen Anbau beide Formen noch durcheinandergebracht sind. Alle Angaben darüber haben höchst fraglichen Wert.

Eine untere Grenze ist in Europa, zum mindesten für die Stieleiche, nicht festzustellen, für die Traubeneiche scheint sie sich nach eigenen Beobachtungen in den Südkarpathen doch schon anzudeuten, indem die Traubeneiche dort über den Gebirgsfuß hinaus nur noch selten vorkommt und von der flaumhaarigen und Zerreiche abgelöst wird.

Für die oberen Grenzen werden folgende Zahlen gegeben:

Obere Grenze als eingesprengtes Mischholz.

	Stieleiche m	Traubeneiche m	Gewährsmann
Harz	490	590	Willkomm
„	?	650	Dengler
Erzgebirge	570	516 (?)	Rubner
Bayrischer Wald	790	710	Sendtner
Schwarzwald	600—700	700—800	Kirschleger
Schweizer Alpen:			
Glarus	850	nur in niedrigeren Lagen und selten	Christ
Beatenberg	1200!	desgl.	
Wengen	1300!	desgl.	Büsgen
Zentralalpen	830	1190	
Tiroler Alpen	selten	1370	
Zentralkarpathen	650	800	Fekete und Blattny
Südkarpathen	610	990	
Siebenbürgen (Bihargebirge)	730	860	
Kroatien	570	790	
Kaukasus	1700	1800 ¹	
Pyrenäen	1200	1500	Radde Mathieu
Sizilien	?	1800	Fiori

¹ Bis 1800 m soll nach Radde auch noch *Ilex aquifolium* und *Rhododendron ponticum* vorkommen, auch *Castanea sativa*!

Überblickt man die Reihe dieser Zahlen, so tritt auch hier wieder deutlich das Aufsteigen beider Arten gegen Süden hervor. Im gegenseitigen Verhältnis von Stiel- und Traubeneiche aber finden sich merkwürdige Widersprüche. Während in der Mehrzahl der Fälle, besonders im Süden, die Traubeneiche höher geht, bleibt sie in einigen Fällen zurück. Besonders muß das hohe Aufsteigen der Stieleiche in der Schweiz nach Christ (bis 1300 m) und das dortige Zurückbleiben der Traubeneiche in niedrigeren Lagen auffallen! Eine genügende Erklärung für diese Umkehrung des Verhaltens läßt sich nicht finden. Möglicherweise liegen doch Verwechslungen der beiden Arten vor, zumal sie ohne Früchte ja oft schwer voneinander zu unterscheiden sind.

Die Verteilung der beiden Eichenarten innerhalb ihrer Verbreitungsgebiete ist wegen ihrer natürlichen und vielleicht noch mehr wegen ihrer künstlichen Durchmischung ebenfalls undurchsichtig. Beide zusammen finden zweifellos ein Maximum in Frankreich, wo sie nach der Statistik von Matthieu 29% der gesamten Waldfläche ausmachen und zusammengefaßt „la véritable essence nationale“ genannt werden.

Nur im südlichen Frankreich mit seinen gebirgigen Erhebungen und dem Mittelmeerklima an der Küste, sowie den großen Sandflächen in den Landes werden sie seltener und minder wuchskräftig.

Dieses Maximum und wohl auch Optimum in Frankreich greift östlich auch wohl noch in die wärmeren Lagen Deutschlands über (Rheintal mit seinen Nebenflüssen und begleitenden unteren Berglagen). Bei uns zeigt sich aber ziemlich deutlich eine Trennung in der Weise, daß in den tieferen und nördlichen Gebieten (Mittel- und Niederrhein, Westfalen) mehr die Stieleiche vorherrscht, während in den mittleren Berglagen des Westens die Traubeneiche in den Vordergrund tritt (Rheinisches Gebirge, Taunus, Odenwald und besonders der wegen seiner alten, starken und hochwertigen Traubeneichen berühmte Spessart!). Dieses Hervortreten der Stieleiche nach Norden zu in Deutschland macht sich auch im nördlichen Hannover, Schleswig-Holstein und Mecklenburg geltend.

Die elf riesigen, alten Eichen von Ivenack in Mecklenburg, von denen die stärkste bei 40 m Höhe und 331 cm Durchmesser auf einen Inhalt von 200—220 fm Holz geschätzt wird, sollen alle Stieleichen sein!

Im mitteldeutschen und süddeutschen Bergland (Solling, Süntel, Deister, Wesergebirge, Vogelsberg u. a.) ist dagegen die Traubeneiche häufiger. Daneben haben wir aber überall im Niederungsgebiet der großen Ströme in den sog. Auewäldungen ein altes, meist reines Stieleichengebiet, das ehemals offenbar sehr mächtig gewesen sein muß und auch das Traubeneichengebiet netzartig durchsetzt hat.

Im Südosten finden wir ein zweites Maximal- und Optimalgebiet beider Arten: der Traubeneiche im siebenbürgischen Berg- und Hügel-land und in den unteren Berglagen Ungarns, Österreichs und Jugoslawiens, der Stieleiche in den Niederungen der Donau, Drau und Save, wo sie besonders mächtige und schöne Wälder bildet. (Die im Holzhandel berühmte „slawonische Eiche“ stammt allerdings wohl auch aus den Traubeneichenbeständen des umgebenden Berg- und Hügellandes!)

Die klimatischen Bedingungen innerhalb des Verbreitungsgebietes der beiden Eichenarten sind zu verschieden, um sie zusammengefaßt darzustellen. Sie müssen daher, wenigstens teilweise, getrennt betrachtet werden.

Die klimatischen Mittelwerte an den der Grenze nächstliegenden Orten betragen:

A. Stieleiche.

	Juli Grad C	Januar Grad C	Max. Grad C	Min. Grad C	Niedersch. mm
1. Nordgrenze.					
Aberdeen (Nordschottland)	+ 13,7	+ 3,2	?	?	800
Bergen (Südnorwegen)	+ 14,4	+ 0,9	+ 26	— 16	1960
Stockholm	+ 16,7	— 3,5	+ 29	— 19	530
St. Petersburg	+ 17,7	— 9,3	+ 29	— 29	480
Wjatka	+ 18,6	— 14,9	?	?	390
2. Ostgrenze:					
Orenburg	+ 21,6	— 15,9	+ 36	— 33	390
Saratow	+ 22,0	— 10,8	?	?	?
Jelissatwetpol, südlich vom Kaukasus	+ 24,8	— 0,2	?	?	260
3. Westgrenze:					
Coimbra (Portugal)	+ 20,6	+ 8,8	+ 38	— 1	910
Brest (Westfrankreich)	+ 17,9	+ 6,3	+ 32	— 5	900
Killarney (Irland)	+ 14,8	+ 5,5	?	?	1440

Die Südgrenze liegt überall in den höheren Bergstufen. Bei der Unsicherheit der dortigen Grenzhöhen ist auf Zahlen dafür hier verzichtet worden, um so mehr als sie sicher innerhalb der obigen Werte liegen!

Die Betrachtung der Klimawerte zeigt bei der Stieleiche für ein Laubholz des Fagetums eine ungewöhnlich hohe klimatische Indifferenz. Von dem ausgesprochen atlantischen Klima des Westens mit kühlen Sommern (von nur +14° Juli) und warmen Wintern (bis zu +6—8° Januar) geht die Stieleiche bis zum kontinentalen Gegenpol in Europa mit Sommern von fast tropischer Hitze (22—24°) und strengen Wintern (—14 bis 15°). Dabei bewegt sich die Niederschlagshöhe von fast 2000 mm im Westen bis zu knapp 300 mm im Südosten, und das noch dazu bei einem heißen Sommer! Wahrscheinlich wird sich die Stieleiche dort wohl ganz auf die Uferwaldungen der Ströme mit höherem Grundwasserstand beschränken. Jedenfalls steht die Stieleiche aber hier auch dicht an ihrer Trockengrenze, da sie das ganze Gebiet der südkaukasischen und südrussischen Steppen umgeht.

B. Traubeneiche.

	Juli Grad C	Januar Grad C	Max. Grad C	Min. Grad C	Niedersch. mm
1. Nordgrenze: Die gleichen Werte wie bei Stieleiche von Aberdeen bis Stockholm.					
2. Ostgrenze:					
Königsberg	+ 17,5	— 2,7	+ 32	— 19	680
Lemberg	+ 19,1	— 4,3	+ 31	— 19	710
Odessa	+ 22,6	— 3,7	+ 33	— 18	410
Tiflis	+ 24,5	+ 0,2	+ 35	— 12	490
3. Westgrenze: Abgesehen von Coimbra wie bei Stieleiche.					
4. Südgrenze (Gebirge, obere Grenze):					
Kaukasus ¹ , 1800 m	+ 15,5	— 5,6	?	?	?
Sizilien ² , 1800 m	+ 16,8	— 0,6	+ 27	— 10	?
Pyrenäen ² , 1500 m	+ 13,1	— 1,5	+ 27	— 17	ca. 1500

¹ Berechnet nach Tiflis, 440 m, und Gudaur, 2160 m. Nach Woeikof: Klimate der Erde Bd. 1, S. 376.

² Berechnung nach S. 73.

Gegenüber der Stieleiche fällt bei der Traubeneiche sofort auf, daß sie dieser nicht ins Gebiet der strengen Winter folgt.

Das tiefste Januarmittel beträgt nur $-5,6^{\circ}$ im hohen Kaukasus, etwa ebensoviel wird es auch östlich von Lemberg betragen, wo die Grenze im russischen Tiefland liegt. Die mildesten Winter liegen im Nordwesten Frankreichs und Irlands mit $+5-6^{\circ}$, ähnlich wie bei der Stieleiche. Die heißesten Sommer im transkaukasischen Tief- und Hügelland mit $+24^{\circ}$ hat sie durchaus mit der Stieleiche gemein, die kühlestn Sommer liegen an ihrer Höhengrenze in den Pyrenäen und in Irland mit $+13-14^{\circ}$. Auch hierin unterscheidet sie sich kaum von ihrer Schwesterart.

Klimatologisch ähnelt die Traubeneiche jedenfalls mehr der Rotbuche wie der ihr morphologisch so viel näherstehenden Stieleiche!

Ein starker ökologischer Gegensatz zwischen den beiden Schwesterarten zeigt sich auch im Vorkommen auf den verschiedenen Bodenarten. Während die Stieleiche mit Vorliebe auf den schweren Lehm- und Schlickböden der Niederungen und im Überschwemmungsgebiet der Flüsse auftritt und auch auf anmoorigen Böden (trockeneren Brüchern und Bruchrändern) wenigstens noch vorkommt, fehlt die Traubeneiche auf beiden von Natur wohl ganz. Auf milderen Lehmböden treffen sich beide wohl, im allgemeinen nimmt aber die Traubeneiche immer mehr die Hügel, Berge und Hanglagen, besonders die wärmeren Hänge ein, während die Stieleiche mehr in den Tallagen wächst. Die Traubeneiche kommt sogar mit der Kiefer zusammen auf nur anlehmigen Sanden in Nordostdeutschland in alten natürlichen Waldformen vor, die leider durch schonungslosen Aushieb der Eichen heute nur noch in kleinen Resten zu finden sind. Diese „Sandeichen“ sind fast immer nur reine Traubeneichen gewesen. Auf Kalkböden kommen beide Eichen verhältnismäßig selten vor. Das ist aber wohl nur eine Konkurrenzfrage mit der Buche, von der sie dort überwachsen und verdrängt werden.

7. Die Nebenholzarten des deutschen Waldes.

A. Nadelhölzer.

1. Die Lärche (*Larix europaea* DC = *decidua* Mill.). Sie tritt zunächst in einem größeren Gebiet in den Alpen auf (Alpenlärche) und ist dort ein ausgesprochener Hochgebirgsbaum, der seine Hauptverbreitung in den über 1000 m hinausgehenden Hochlagen hat und sich hier vielfach bis über 2000 m (2500 m Maximum!) erhebt und die Waldgrenze bildet. Doch soll die Lärche auch (ob immer natürlich ?) bis zu 400—600 m herunter vorkommen.

Die in den Hochlagen mit besonders rotem, kernigem Holz erwachsenen Lärchen sollen nach Willkomm im Volksmunde als „Stein- oder Jochlärchen“ von den in wärmeren Tieflagen und auf fetterem Boden mit minder gutem Holz erwachsenden „Graslärchen“ unterschieden werden. Die Hauptverbreitung findet sich in den Zentralalpen mit größerer Massenerhebung und etwas kontinentalem Klimateinschlag. Das Optimum soll nach Tschermak¹ etwa um 1400 m liegen, während der Zuwachs in höheren Lagen deutlich nachläßt.

Ein zweites, von dem der „Alpenlärche“ abgetrenntes Verbreitungsgebiet liegt in den Karpathen (Karpathenlärche). Dort kommt sie ebenfalls besonders in Hochlagen vor.

Sie steigt dort bis zu 1500 m, in den Südkarpathen bis 1800 m hoch und geht bis durchschnittlich 600 m herunter². In den nördlichen Karpathen und der Tatra noch häufig, nimmt ihre Verbreitung nach Süden zu immer mehr ab. Schließlich kommt sie in den südlichen Karpathen nur noch ganz selten und versprengt vor.

¹ Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1924.

² Fekete u. Blattny: a. a. O.

Ein drittes Verbreitungsgebiet, das sich zwischen die beiden vorigen einschleibt, aber doch örtlich von ihnen getrennt ist, liegt am Südauslauf der Sudeten im sog. mährischen Gesenke an der böhmisch-schlesischen Grenze (Sudetenlärche). Es findet sich dort in viel niedrigeren Lagen von etwa 400—800 m auf nur kleinem Raum und in nicht sehr bedeutendem Umfange, ist aber unzweifelhaft natürlich. (Die dortige Verbreitung und das Wuchsverhalten sind besonders von Cieslar¹ und Herrmann² näher untersucht worden.) Das vierte Verbreitungsgebiet endlich liegt in Polen (polnische Lärche). Dort kommen nach Pax³ im bergigen Süden noch schöne und verhältnismäßig große Lärchenbestände vor. Die Höhenlagen sind auch hier niedrig, ja die Lärche dürfte wohl vereinzelt in natürlichem Vorkommen bis in die Ebene treten!

Die Lärche soll am Anfang des vorigen Jahrhunderts, wie auch alte Ortsnamen (nach modrzew = poln. Lärche) bezeugen, hier noch viel verbreiteter gewesen sein. Das Merkwürdigste aber ist, daß sich einzelne zersprengte, aber offenbar natürliche Standorte noch weit nördlich bis in die Ebene an der ehemals westpreußischen Grenze hinausschieben. Auch sie scheinen nach Pax Reste einer ehemaligen größeren und dichteren Verbreitung zu sein. Die polnischen Botaniker halten die dortige Lärche für eine Zwischenform der europäischen und der sibirischen und nennen sie *polonica*.

Jedenfalls bilden wohl alle vier Verbreitungsgebiete besondere Rassen, die wir aber hier, unserm allgemeinen Grundsatz entsprechend, zunächst zusammenfassen.

Die klimatischen Bedingungen sind an der oberen Grenze in der Schweiz etwa die der Fichte an der Baumgrenze bzw. noch etwas kälter.

Bei 2000—2300 m etwa +9—10° Juli- und —8—9° Januarmittel, an der unteren Grenze liegen die Extremwerte wohl in Polen mit etwa +19—20° Juli- und —3—5° Januarmittel. Dort finden sich auch die geringsten Niederschläge mit etwa 600 mm, während die höchsten an ihrer oberen Grenze in den Alpen sicher 1500 mm noch überschreiten dürften.

In den Gebirgen hat sie im allgemeinen wohl immer einen kräftigen, lehmigen Verwitterungsboden unter sich. Auf flachgründigen Felsböden bildet sie nach Fankhauser⁴ trotzdem noch ansehnliche Bestände, wobei sie allerdings wohl immer Klüfte und Spalten finden muß, in die sie mit ihren tiefgehenden Wurzeln eindringen kann. Kalkböden liebt sie besonders, wie ihr häufiges Auftreten auf diesen in den Alpen zeigt. Auf nassen, moorigen und ebenso auf trocknen Sandböden fehlt sie aber von Natur wohl ganz.

Künstlich ist die Lärche weit außerhalb ihres Verbreitungsgebietes und schon seit über 100 Jahren im gebirgigen Deutschland wie auch in der Ebene bis nach Dänemark und Schweden hin angebaut worden. Der Erfolg war allerdings ein sehr verschiedener. Neben einzelnen sehr gut gelungenen Versuchen stehen auch viele mißglückte⁵.

Daß die Lärche keine Holzart eines Kontinentalklimas ist, wie Rubner bemerkt, mag richtig sein, wenn man diesen Ausdruck ganz scharf auffassen will. Aber aus ihrem stärkeren Auftreten in den zentralen Alpen mit der dort unzweifelhaft kontinentalen Klimatönung und aus ihrem östlichen Hinaustreten in das polnische Berg- und Hügelland bis in die polnische Ebene hinunter geht doch eine gewisse Anpassungsfähigkeit und Hinneigung zum kontinentaleren Klimatyp ziemlich deutlich hervor.

¹ Cieslar: Studien über die Alpen- und Sudetenlärche. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1914.

² Herrmann: Beitrag zur Biologie und zum forstlichen Verhalten der Lärche in Schlesien. Jb. d. schles. Forstver. 1920.

³ Pax: Pflanzengeographie von Polen, S. 29.

⁴ Fankhauser: Zur Kenntnis der Lärche. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1919.

⁵ Klamroth: *Larix europaea* und ihr Anbau im Harz. Greifswald 1929.

2. Die Arve oder Zirbelkiefer (*Pinus cembra* L.)¹. Forstwirtschaftlich ist sie trotz ihres hochgeschätzten feinen Holzes durch ihr ganz zerstreutes und meist nur vereinzelt Vorkommen im Hochgebirge ziemlich bedeutungslos. Sie ist wohl das Relikt einer früheren weiteren Verbreitung und in der Jetztzeit ein langsam aussterbender Waldbaum, der aber gerade deswegen und wegen der Schönheit seines Baumschlages (Wetterbäume an der Waldgrenze) allen nur möglichen Schutz verdient. Die Zirbel kommt noch am häufigsten in den Zentralalpen, besonders im Engadin, vor, wo sich auch noch einzelne größere Bestände finden. Sonst ist sie meist nur einzeln und horstweise durch die ganzen Alpen, die Tatra und die Karpathen verbreitet. Ein ganz weit abliegendes großes Verbreitungsgebiet findet sich in Sibirien, ist aber wohl einer besonderen Unterart zuzurechnen. Die europäische Arve findet sich in der Hauptsache nur an der oberen Waldgrenze bis etwa zu 2400 m und steigt meist nicht unter 1500 m herunter.

3. Die Bergkiefer (*Pinus montana* Mill.)². Sie kommt in drei mehr oder minder scharf umgrenzten Unterarten mit abweichenden Wuchsformen vor, bei denen man noch je nach der Form der Zapfen und Zapfenschuppen viele Varietäten unterschieden hat, ohne daß darin Einigkeit herrscht. Für forstliche Zwecke erscheint die Unterscheidung der folgenden drei Unterarten am meisten geeignet: 1. *uncinata* (Haken- oder Hackenkiefer, auch Bergspirke genannt) mit aufrechtem aber meist niedrigem Stamm, hauptsächlich in den westlichen Hochgebirgen Spaniens, Frankreichs und der Schweiz an der oberen Waldgrenze; 2. *uliginosa* (Moorspirke) mit ebenfalls aufrechtem und niedrigem Stämmchen und von der vorigen hauptsächlich verschieden durch ihr abgetrenntes Verbreitungsgebiet auf Mooren und meist in niedrigeren Lagen in Bayern, Österreich, Böhmen und Schlesien; 3. *pumilio* (Latsche, Legföhre oder Krummholzkiefer), ausschließlich buschig mit liegenden Ästen, am weitesten verbreitet (von den Alpen im Westen bis zu den Karpathen im Osten, von den sächsischen und schlesischen Gebirgen im Norden bis zu den mittleren Apenninen, den Hochgebirgen der Balkanhalbinsel, des Kaukasus und Kleasiens im Süden). Sie ist es, die oft in ungeheuer großen und fast undurchdringlichen Beständen einen Strauchgürtel oberhalb der Wald- und Baumgrenze bildet. Ihre Bedeutung liegt hauptsächlich in dem Schutz, den sie gegen alle Unbilden der Hochgebirgsnatur bietet, besonders Bodenabschwemmung, Steinschlag, Lawinengefahr u. a. m. Ihre große Anpassungsfähigkeit an weitgehende Klima- und Bodenunterschiede hat zu ihrer Verwendung für Aufforstungszwecke auf fliegenden Sanden an der Meeresküste (Wanderdünen) und auch zur Heideaufforstung in Jütland und anderen Gegenden geführt. Sie hat sich dort gut bewährt, trotzdem Klima und Boden so grundverschieden gegenüber ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet sind!

4. Die Eibe (*Taxus baccata* L.). Auch sie ist ein aussterbender Waldbaum, und zwar noch mehr wie die Zirbel. Sie war früher sehr viel häufiger, worauf schon der rege Handel mit Eibenholz im Mittelalter³ und andere geschichtliche Überlieferungen hindeuten. Heute kommt sie meist nur einzeln oder gruppenweise, hier und da auch noch in kleinen Beständen, auf meist weit zerstreuten Standorten im westlichen und mittleren Europa vor, etwas häufiger noch im Gebirge bis zu mäßigen Höhen, in der Ebene nach Osten zu immer seltener werdend. Sie dringt nicht bis in das Gebiet strengerer Winter und geht nur bis in die baltischen Randstaaten und den westlichen Teil Polens, wo ihre Ostgrenze etwa mit der der Buche und Tanne zusammenfällt. Meist tritt sie nur als Unterholz unter dem Schutz eines Oberbestandes auf und zeigt sich gegen Freistellung empfindlich. Namentlich erfriert sie im Freien leicht in kälteren Wintern. Die in Deutschland vorkommenden Standorte sind in der Literatur meist sorgfältig gesammelt⁴ und geschützt.

Die bedeutendsten Bestände finden sich noch in Paterzell in Oberbayern mit etwa 800 stärkeren und 1400 schwächeren Stämmen und im Cisbruch (*Cis* [poln.] = Eibe!) im Kreis Schwetz der ehemaligen Provinz Westpreußen⁵ mit etwa 1000 Stämmen.

Ein gewisses forstliches Interesse verdient noch der im allgemeinen nur als Strauch vorkommende Wacholder (*Juniperus communis* L.). Er hat eine Verbreitung durch ganz Europa, das nördliche Asien und Nordamerika. Hauptsächlich als Unterstand im Kiefernwald auf mittleren, frischeren Böden auftretend, kommt er auf lichterem, meist klippigen

¹ Rikli, M.: Die Arve in der Schweiz. Neue Denkschrift d. Schweiz. naturforsch. Ges. 1909. — Nevolé: Die Verbreitung der Zirbel in der österreichisch-ungarischen Monarchie. 1914.

² Schröter u. Kirchner: *Pinus montana*. In: Die Koniferen und Gnetaceen Mitteleuropas. Stuttgart 1906. — Fankhauser, F.: Beiträge zur Kenntnis der Bergkiefer. Lausanne 1926.

³ Hilf, R.: Die Eibenholzmonopole des 16. Jahrhunderts. Vierteljahr. f. Sozial- u. Wirtschaftsgeschichte.

⁴ Kollmann: Die Verbreitung der Eibe in Deutschland. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstw. 1909; die Forstbotan. Merkbücher der einzelnen preußischen Provinzen.

⁵ Conwentz: Die Eibe in Westpreußen. Abh. z. Landeskunde d. Prov. Westpr. 1894.

Stellen gelegentlich auch im Fichten- und Laubholzwald vor. Besonders hohen und üppigen Wuchs zeigt er im Freiland des nordwestdeutschen Heidegebietes und unter Kieferschirm im nordöstlichen Preußen (dort Kaddick genannt). In den südlich gelegenen Hochgebirgen tritt an der Baumgrenze eine Zwergform (*J. nana*) auf. Im warmen Mittelmeerklima finden sich andere Arten (*J. oxycedrus*, *phönicea*, *sabina*).

B. Laubhölzer.

1. Die Weiden (Salixarten). Sie spielen außer den zur Korbweidenzucht benutzten Arten (s. Teil II dieses Buches bei Weidenniederwald) forstlich keine Rolle. Die vielen Arten und Bastardarten dieser Gattung kommen teils als Bäume zweiter und dritter Größe, teils nur als Sträucher vor, ein Teil von ihnen, die sog. Polar- und Gletscherweiden, sogar nur als kleine, auf der Erde kriechende Gewächse jenseits der nördlichen und alpinen Baumgrenze als letzte Vertreter der Holzgewächse überhaupt. Im übrigen sind die meisten Weidenarten durch Europa und Asien weithin verbreitet, ihr Vorkommen im Walde beschränkt sich aber fast immer auf Fluß- und Bachränder und die Ufer von Seen und Brüchern. Ausgedehntere Weidenwäldungen in niedriger Baumform finden sich u. a. noch in Rumänien und Bulgarien an der Donau entlang. Bei uns spielt vor allem die Sahlweide (*Salix caprea*) als häufigeres Beiholz im Jungwald auf frischen, lehmigen Böden eine gewisse Rolle als Unkraut bei der Verjüngung.

2. Die Pappeln (Populusarten). Unter den deutschen Arten kommt forstlich nur die Aspe oder Zitterpappel (*Populus tremula*) in Betracht. Ihre Verbreitung geht ebenfalls durch fast ganz Europa und Asien bis nach China und Japan. Jedenfalls ist sie klimatisch völlig indifferent. Besonders häufig und gut findet sie sich bei uns in Ostpreußen auf feuchten und lehmigen Böden, wo sie schlank und gerade bis über 30 m hoch emporwächst und z. T. meterstarke Stämme bildet. Ebenso kommt sie auch in Rußland vor. Sie bildet dort vielfach sog. „Pionierbestände“ auf alten Waldbrandflächen. Später räumt sie aber den andern unter ihr eindringenden ehemaligen Holzarten, besonders der Fichte, wieder das Feld. In Deutschland findet sie sich überall als zerstreutes Mischholz, im schattigeren Laubwald mehr an Wegen und lichten Bestandsrändern, im Kiefernwald auch im Innern. Jedoch ist sie hier durch Aushieb meist künstlich vertrieben. An sich begnügt sie sich auch mit sandigen, trocknen Böden, leistet aber Ansehnliches nur auf frischeren bis feuchten und lehmigen Standorten.

3. Die Birken, und zwar die Raubbirke (*Betula verrucosa* Ehrh.), so genannt nach der durch Wachswärzchen rauhen Oberfläche der Blätter und jungen Zweige, und die Haarbirke (*Betula pubescens* Ehrh.) mit vielfach (aber nicht immer) fein behaarten, jedenfalls glatten jungen Trieben und Blättern und im Alter vielfach herabhängenden feinen Zweigen. Die letztere geht hoch nach Norden bis an die Baumgrenze und nach Osten bis zum Stillen Ozean, soll dagegen im südlichen Europa fehlen. Sie ist insbesondere die Birke der Moorböden. Die Raubbirke bleibt in Skandinavien und wohl auch in Rußland hinter der Haarbirke etwas zurück, dafür geht sie weiter nach Süden (bis auf die drei Halbinseln im Mittelmeer, auch bis zum Kaukasus). Dort, wie in den europäischen Hochgebirgen, steigt sie vielfach bis zur Baumgrenze empor, meist nur selten zwischen Fichten- und Krummholzgesträuch, anderwärts etwas häufiger. Im Gegensatz zu *B. pubescens* kommt sie mehr auf trockneren und sandigen Böden vor, „Sandbirke“, wächst aber ebenso wie die Aspe auf Lehm Böden besonders gut und teilt auch mit dieser das optimale Gedeihen im Osten (schon in Ostpreußen) und Norden und auch die Rolle des Pionierholzes nach Waldbränden. Im übrigen ist sie in Deutschland allenthalben häufig und verbreitet, meist aber nur als einzelnes Mischholz. Sie ist vielfach

wegen der peitschenden Wirkung ihrer Zweige an Nachbarbäumen als forstliches Unkraut bezeichnet und leider in weitem Maße aus unsern Wäldern künstlich herausgehauen und verdrängt worden. In den nordischen Ländern treten beide Birkenarten viel häufiger auch in Beständen auf. Oft scheint hieran aber nur die wirtschaftliche Vorgeschichte (Weide, Brand, Köhlerei) schuld zu sein. Auch bei uns waren Birkenbestände aus gleichen Gründen früher viel häufiger.

Ein gewisses pflanzengeographisches Interesse verdient noch die Zwergbirke, *Betula nana*, die auf einzelnen Gebirgen und Hochmooren Deutschlands (z. B. bei Torfhaus im Harz, im Erzgebirge, auf den Seefeldern bei Reinerz u. a. m.) auftritt und für ein Relikt aus der Eiszeit gehalten wird. Im Norden Europas kommt sie noch heute ziemlich häufig auf den dortigen Hochmooren vor.

4. Die Erlen, und zwar die Rot- oder Schwarzerle (*Alnus glutinosa* Gärt.) und die Weißerle (*Alnus incana* Willd.). Die Schwarzerle geht nicht so weit nach Norden (etwa nur bis zum 60.—63. Breitengrad) wie die Weißerle (bis 70.). Ihr Vorkommen in Sibirien ist noch unsicher, während *incana* meist überall dort vorkommt. Diese ist eine der wenigen Holzarten, die wir mit Nordamerika gemeinsam haben. Sie geht aber nicht so weit nach Süden wie die Schwarzerle und fehlt auf den drei Mittelmeerhalbinseln. *Incana* steigt im allgemeinen auch bedeutend höher in den Gebirgen hinauf wie *glutinosa*, die auffällig tief zurückbleibt (in den deutschen Gebirgen schon zwischen 600—800 m). Im deutschen Tiefland sowie auch in den weiter westlich gelegenen Gebieten fehlt die Weißerle wohl von Natur überall, ist aber dort künstlich oft angebaut worden und hat sich dann auch natürlich weiterverbreitet. In Ostpreußen sowie auf den süddeutschen Gebirgen dürfte sie alteinheimisch sein.

Die Schwarzerle ist überall auf feuchte, humose Böden angewiesen. Sie ist die ausgesprochene Holzart der Niedermoores (Erlenbrücher), wo sie je nach deren Umfang kleinere und größere Reinbestände bildet. Da, wo solche Gebiete in weiter Erstreckung vorkommen, bildet sie sogar ausgedehnte Waldungen, wie in Norddeutschland im Spreewald und im unteren Memeldelta (Nemonien, Tawellningken, Ibenhorst). Daneben durchsetzt sie in unzähligen kleineren und größeren Brüchern den norddeutschen Kieferwald und auch die dort vorkommenden Eichen- und Buchenwälder. Im übrigen findet sie sich einzeln eingesprengt an den Fluß- und Bachrändern und auf kleinen feuchten Senken im ganzen Gebiet. Auch ihr Optimum liegt wie bei der Aspe und Birke bei uns im Nordosten (Ostpreußen). Auf allen Böden mit tieferem Grundwasserstand, mögen sie an sich auch noch als frisch anzusprechen sein, gedeiht sie nicht mehr, wie man das an den ansteigenden Rändern der Erlenbrücher überall beobachten kann. Auf sauren, zu Hochmoor übergehenden Moorböden kommt die Schwarzerle zwar noch gelegentlich neben Kiefer und Birke vor, kümmert hier aber und bleibt meist sträuchig und krüppelig.

Die Weißerle hat ein deutlich davon verschiedenes Auftreten. Wir finden sie besonders an Bach- und Flußufern im Überschwemmungsbereich (Aueböden). Auf diesen bildet sie oft mit Weiden zusammen eine besondere Waldform, die Erlenua, wie z. B. auf den Rheininseln zwischen Basel und Worms oder den Donauinseln bei Wien. Im Gebirge kommt sie auch auf humusarmen, kiesigen Böden und Schotterhalden in der Nähe von Wildbächen, aber auch auf höher gelegenem und trocknerem, flachgründigem Steingeröll vor, besonders wenn dieses aus Kalkgestein besteht. Auch sie bildet dort vielfach Pionierbestände für die nachfolgenden Holzarten. Diese Eigenschaft hat sie auch für den künstlichen Anbau zur Aufforstung von Kalköderland und Bergwerkshalden (z. B. im westdeutschen Muschelkalkgebiet

und auf den großen Halden im Lausitzer Braunkohlengebiet) geeignet gemacht. Auf sauren, torfigen Böden fehlt sie ganz.

Pflanzengeographisches Interesse bietet noch eine dritte, meist nur strauchig auftretende Erlenart, die Grünerle (*Alnus viridis*). Sie findet ihr Vorkommen in der obersten Waldzone und in der Krummholzzone der Alpen und Karpathen, hier vielfach im Wechsel mit der Bergkiefer, indem sie die frischeren Schatthänge und Mulden besetzt und der Bergkiefer die trockneren Stellen und geringeren Böden überläßt. Auch sie ist mit ihrem dichten Gestrüpp eine wichtige Schutzholzart in den Hochlagen gegen Abschwemmung und Lawinen.

5. Die Weiß- oder Hainbuche (auch Hagebuche) (*Carpinus betulus* L.). Sie ist nach ihrer ganzen Verbreitung klimatisch bedeutend empfindlicher wie die vorgenannten Holzarten. Sie geht nach Norden nur bis in die Südspitze Schwedens, nach Osten etwas über die Rotbuche hinaus, besonders im südlichen Rußland. Auch sie hat wie jene im Winter 1928/29 zum erstenmal schwere Frostschäden in Oberschlesien und damit ihre Empfindlichkeit gegen ein allzu kontinentales Winterklima gezeigt.

Ihre Ostgrenze liegt in der Linie Libau—Minsk—Poltawa. Sie kommt dann noch auf den unteren Berglagen im Kaukasus, der Krim, der Balkan- und Apenninhalbinsel vor, fehlt aber in Spanien, Irland und Schottland.

In den deutschen Gebirgen kommt sie nur in den untersten Lagen (etwa 500—700 m) vor, im Süden steigt sie etwas höher, bleibt aber auch hier meist unterhalb des eigentlichen Buchengürtels oder an seinem unteren Rande. Ihre Hauptverbreitung liegt wohl in Frankreich, wo sie neben Eiche und Buche den dritten Platz nach dem Umfang ihrer Fläche (16% der gesamten Waldfläche) einnimmt und besonders im Nordwesten sehr vorwiegt, während ihre Häufigkeit nach Süden zu (Fehlen in Spanien!) merklich abnimmt. In Deutschland findet sie sich überall als Mischholz der Eiche und Buche und tritt, wo diese letztere fehlt, sofort stärker hervor, wie besonders in den Auewaldgebieten und in Ostpreußen. In Ostpreußen zeichnet sich ihr Wuchs durch besondere Höhe und Schlankheit aus. (Ähnliches wird von den unteren Lagen der Schweizer Jura berichtet.)

Sie liebt nach Häufigkeit des Vorkommens und Vollkommenheitsgrad ihres Wuchses offenbar die besseren, lehmigen Böden, doch fehlt sie auf frischen Sandböden dank ihrer leichten Samenverbreitung und ihrer Zähigkeit, auch als dauerndes Unterholz ihren Platz zu behaupten, unsern Kiefernbeständen durchaus nicht ganz. Als Nutzholzart leistet sie dort aber nichts, ist dagegen oft ein willkommenes Bodenschutzholz.

Im wärmeren Klima Südeuropas tritt in der untersten Bergstufe neben der Hainbuche und auch als Ersatz für diese eine nahe Verwandte (*Carpinus duinensis*) und noch häufiger die etwas weiter verwandte Hopfenbuche (*Ostrya vulgaris*) auf.

6. Die Linden, und zwar a) die Sommer- oder großblättrige Linde (*Tilia grandifolia* Ehrh. = *T. platyphyllos* Scop.) und b) die kleinblättrige Winterlinde (*Tilia parvifolia* Ehrh. = *cordata* Mill.) (Die Verbreitung der beiden Arten ist nicht genügend sichergestellt, da sie oft nicht richtig auseinandergelassen und durch künstlichen Anbau in Parks und an Straßen und Samenverbreitung von dort aus vielfach verschleppt sind, besonders die Sommerlinde.) Die Winterlinde hat aber zweifellos das größere Verbreitungsgebiet durch ganz Mittel- und Nordeuropa bis ins mittlere Schweden, Finnland und Rußland hinein, die Sommerlinde geht viel weniger weit nach Norden und Osten und fehlt von Natur wahrscheinlich schon in der nordostdeutschen Tiefebene sowie im zentralen Rußland. Beide Linden kommen in West- und Mitteleuropa meist nur als Mischhölzer im Laubwald vor. Nur in Rußland treten sie stark vorherrschend in förmlichen Lindenwäldern auf (im nördlichen Teil die Winterlinde, im süd-

lichen auch die Sommerlinde). Bezüglich ihres Vorkommens auf verschiedenen Bodenarten ist Ähnliches zu sagen wie bei der Hainbuche (Genügsamkeit und Vorkommen auf frischen Sandböden, aber dann meist geringe Wuchsleistung als Unterstand. So z. B. in vielen Kiefernwaldungen Rußlands. Höhere Leistungen und Teilnahme am Oberbestand meist nur auf anlehmigen oder lehmigen Böden, z. B. in Ostpreußen in den litauischen Lehmrevieren und im Auewald).

7. Die Ahorne, und zwar a) der Bergahorn (*Acer Pseudoplatanus* L.), b) der Spitzahorn (*Acer platanoides* L.), c) der Feldahorn oder Maßholder (*Acer campestre* L.). Bergahorn und Spitzahorn verhalten sich in ihrer Verbreitung in horizontaler Richtung sehr ähnlich wie Sommer- und Winterlinde. Der Spitzahorn ist die Art des nördlichen und östlichen Europas, und seine Grenze verläuft dort sehr ähnlich wie die der Winterlinde, der Bergahorn ist der Baum der west-, mittel- und südeuropäischen Gebirge. (Seine Nordgrenze liegt etwa in der Linie Mittelfrankreich—Harz—schlesisches Berg- und Hügelland—südliches Polen.) Auch er ist durch Samenverschleppung von Park- und Wegbäumen ebenso wie die Sommerlinde vielfach außerhalb seines eigentlichen Gebietes verwildert. Sein eigentliches Heimatgebiet sind wohl die Berglagen der Alpen und Karpathen, wo er im ganzen Buchengürtel bis zu dessen oberer Grenze in zwar vereinzelt, aber oft sehr schönen und starken Bäumen auftritt. Häufiger eingesprengt findet er sich überall da, wo die Buche auf Kalkgestein steht und hält sich auf solchen Standorten durchaus neben ihr. Auf Sandboden fehlt er von Natur wohl sicher. Der Spitzahorn hält sich im Gebirge viel tiefer, dafür kommt er eher auf etwas geringeren Böden vor, wenn sie nur feucht sind (in Rußland an Bruchrändern und sogar in Erlenbrüchern). In guter Form findet er sich besonders im Auenwald vor, ebenso auch mit der Buche auf Kalk.

Der Feldahorn oder Maßholder ist forstlich wegen seiner geringen Größe (meist nur Baum III. Größe) wenig bedeutungsvoll. Er kommt mit Ausnahme des nördlichsten und südlichsten Teils von Europa überall auf den besseren Laubholzböden der Täler und Vorberge meist als eingesprengtes Mischholz des Niederwaldes oder an Waldrändern und Wegen auch als Unterholz des Hochwaldes vor. Besonders häufig findet man ihn auf Kalkboden und auf dem Schlicklehm der Flußauen, auch soll er ziemlich weit auf die salzhaltigen Steppenböden hinausgehen.

8. Die Ulmen oder Rüstern¹, a) die Berg- oder Weißrüster (*Ulmus montana* Withering = *Ulmus campestris* L.), b) die Feld- oder Rotrüster (*Ulmus campestris* Smith = *glabra* Mill.), c) die Flatterrüster (*Ulmus effusa* Willd.). Alle drei Arten kommen verhältnismäßig selten und nur als Mischhölzer im Laubwald vor. Die Bergrüster mit mehr nördlichem Verbreitungsgebiet kommt auch heute noch nicht allzu selten in stattlichen Stämmen im Bergwald vor, doch fehlt sie auf besten Böden auch in der nördlichen Ebene nicht ganz. Verhältnismäßig häufig aber tritt die Feldrüster in den Auenwaldungen auf, wo sie sich stark durch Wurzelbrut vermehrt und vielfach ein gutes Füll- und Unterholz der Eichenbestände bildet. Die Flatterrüster ist forstlich bedeutungslos.

9. Die Esche (*Fraxinus excelsior* L.). Sie geht im Norden nicht sehr hoch hinauf (62.—63. Grad) und ebenso auch nicht in Rußland, dessen nordöstlichem Teile sie fehlt. Im übrigen Europa kommt sie mit Ausnahme der südlichsten und südwestlichsten Teile (z. B. Südspanien) fast überall vor. Im Gebirge steigt sie nur bis zu mittleren Höhen (unterer Buchengürtel). Sie tritt teils einzeln, teils horstweise, auch wohl in kleinen Reinbeständen auf. Vorwiegend von der Esche gebildete Waldungen finden sich in den Fluß-

¹ Kienitz: Die in Deutschland wildwachsenden Ulmenarten. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1882, S. 37ff. Dort auch eingehende Darstellung der verworrenen Nomenklatur und des ökologisch-forstlichen Verhaltens der drei Arten.

auen, besonders im Südosten (z. B. in Ungarn und Rumänien). Aber auch im Nordosten (Ostpreußen, baltische Randstaaten, Rußland) tritt sie auf lehmigen Niederungsböden sehr stark neben der Eiche und mit vorzüglichem Wuchs hervor. Sie kommt dort auch mit der Erle auf den besten Bruchböden vor. Daneben findet sie sich aber in merkwürdigem Gegensatz hierzu auch auf verhältnismäßig trockenen, oft flachgründigen Kalkböden, z. B. auf den Muschelkalkköpfen des westdeutschen Berglandes mit der Buche zusammen. Während sie auf den trockenen Köpfen allerdings im Wuchs recht nachläßt, geht sie mit steigender Wuchs- und Verjüngungsfreudigkeit auf die tiefer liegenden besseren und frischeren Hänge und Flachlagen des Muschelkalkes hinab und hält sich dort zäh neben der Buche in deren optimalem Wachstumsgebiet.

Im südlichen Verbreitungsgebiet findet sich in den unteren Berglagen (auch meist auf Kalk) vielfach an ihrer Stelle die nahe verwandte Manna-Esche (*Fraxinus Ornus*), nach der die dort auftretende, wärmere Laubholzstufe (u. a. *Quercus pubescens*, *Ostrya vulgaris*, südliche Acer-Arten) geradezu Ornus-Mischwaldstufe genannt worden ist.

10. Die Wildobstbäume (Pirus- und Prunus-Arten). Die Wildobstarten sind meist nur Bäume II. und III. Klasse und kommen heute nur noch sehr selten im deutschen Walde vor, während sie früher im Mittelalter nach den geschichtlichen Überlieferungen sehr viel häufiger gewesen sein müssen. Das liegt wohl neben anderem daran, daß der Wald damals vielfach lückiger gewesen ist, und daß sie sich in dem dicht geschlossenen Wirtschaftswald der heutigen Zeit nicht mehr recht halten können, da sie hier, nur auf bessere Böden angewiesen, mit der Eiche und Buche zusammentreffen und unter deren dichtem Kronendach nicht dauernd zu leben vermögen. Im Gebiet der südrussischen Steppenränder, wo der Wald lockrer ist, sollen sie daher auch heute noch viel zahlreicher auftreten. Bei uns findet man auf warmen, kräftigen Gebirgsböden, besonders auf Kalk, die wilde Kirsche noch häufiger, im Auengebiet hier und da auch noch die wilden Pirus-Arten.

Eine Erwähnung verdient noch die überall in Europa und Asien weitverbreitete und bei uns auch bis zur oberen Baumgrenze hinaufreichende Vogelbeere oder Eberesche (*Sorbus aucuparia*), die auf allen Bodenarten bis zu den geringeren Sandböden herab, besonders im Kiefernwald häufig, als strauchiger Unterstand vorkommt, während die nahestehende Mehlbeere (*S. Aria*) wild auf kräftigen Gebirgsböden auftritt. Die sehr viel seltene Elsbeere (*S. torminalis*) bevorzugt Kalk- und Mergelböden. Sie ist in Norddeutschland so vereinzelt, daß sie überall sorgfältig geschützt zu werden verdient.

Die in Deutschland fremden und nur eingebürgerten und die ausländischen, versuchsweise angebauten Waldbäume werden erst im 2. Teil dieses Buches (Kap. 5) behandelt werden.

7. Kapitel. Die Entwicklungsgeschichte des deutschen Waldes¹.

Der Wald hat im Laufe der Zeiten seit seinem Bestehen auf der Erde wohl überall einschneidende Wandlungen durchgemacht, die anfangs lediglich eine Folge der erdgeschichtlichen Klimaänderungen waren, die aber im letzten Abschnitt seit dem Auftreten des Menschen und seinem Eingreifen in den Wald auch künstlich und willkürlich die Waldform und die Zusammensetzung nach Holzarten verändert haben. Das heutige Waldbild ist also ein gewordenes, und

¹ Hauptsächlichste Literatur: Weber, C. A.: Die Geschichte der Pflanzenwelt des norddeutschen Tieflandes seit der Tertiärzeit. Résultats scientifiques du Congrès internat. de Botanique. Wien 1905. — Stark, P.: Der gegenwärtige Stand der pollenanalytischen Forschung. Sammelreferat i. d. Z. f. Botan. 1925. — Rudolph, K.: Die bisherigen Ergebnisse der botanischen Mooruntersuchung in Böhmen. Beih. z. Botan. Zbl. Bd. 45, Abt. 2, H. 1, 1928. — Walter, H.: Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands. III. Teil. Historische Pflanzengeographie. Jena 1927. — Hausrath, H.: Pflanzengeographische Wandlungen der deutschen Landschaft. Leipzig u. Berlin 1911. — Hoops: Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum. 1905. — Jacobi, B.: Die Verdrängung der Laubwälder durch die Nadelwälder in Deutschland. Tübingen 1912.

da die natürliche und die wirtschaftliche Entwicklung nirgends stille steht, auch ein werdendes. Um es richtig zu verstehen, muß man die Entwicklungslinien, die zu seinem heutigen Zustand geführt haben, wenigstens in großen Zügen einmal kennenzulernen versuchen.

1. Die vorgeschichtliche Entwicklung.

Wenn wir den mitteleuropäischen Wald nach seiner Holzartenzusammensetzung mit den Waldungen gleicher Klimalage in Ostasien und Nordamerika vergleichen, so muß seine verhältnismäßig große Artenarmut auffallen. Der ostasiatische (chinesisch-japanische) Wald soll ungefähr 500, der nordamerikanische etwa 250 verschiedene Arten aufweisen, im europäischen finden wir nur etwa 80 Arten! Dabei sind es nicht so sehr Unterschiede in der Zahl der Gattungen. Aber die gleichen Gattungen, die hier wie dort auftreten, zählen in Amerika und Asien oft Dutzende von Arten, bei uns nur einige wenige oder überhaupt nur eine (z. B. *Quercus* in Nordamerika etwa 80 Arten, in Mitteleuropa nur 4—5, in Deutschland sogar nur 2—3 unter Einschluß der sehr seltenen *pubescens*!). Das ist nicht immer so gewesen. Der deutsche Wald im Tertiär war nach allen fossilen Funden wohl ebenso artenreich und zeigte überhaupt weitgehende Ähnlichkeit und Verwandtschaft mit dem heutigen nordamerikanischen Wald. (Auftreten von *Taxodium*, *Sequoia*, *Liriodendron*, vielen Eichen- und Ahornarten, Magnolien u. a. In der tertiären Molasse am Bodensee sind allein etwa 1500 verschiedene Pflanzenarten nach Blattfunden bestimmt worden!) Das Klima war auf dem Höhepunkt des Tertiärs, wo wir eine dem *Lauretum-Castanetum* entsprechende Waldflora sogar auf Spitzbergen treffen, ein viel wärmeres wie heute. Aber noch am Ende des Tertiärs, wo schon die dem *Lauretum* angehörenden Arten verschwinden und an den fossilen Blättern sich Erscheinungen zeigen, in denen man Frostwirkungen zu erkennen glaubt¹, war die Waldflora noch eine überaus reiche. Als dann im Diluvium die große Klimaverschlechterung eintrat, die eine mehrmalige Vereisung Nordeuropas bis nach Deutschland hinein mit sich brachte, mußte der Wald und seine Flora natürlich weichen und sich in südliche Gebiete zurückziehen. Die einzelnen Zwischeneiszeiten brachten ihn zwar wieder und teilweise noch immer mit Arten, die ihm heute fehlen. (So z. B. *Juglans* und *Platanus* bei Honerdingen in der Lüneburger Heide, *Ilex aquifolium* in Klinge bei Cottbus und sogar bei Grodno in Polen, *Acer tartaricum* bei Ingramsdorf in Schlesien!) Die Pflanzenlisten der einzelnen Fundstätten aber zeigen mit jeder späteren Interglazialzeit ein zunehmendes Verschwinden von Arten. Die Ursache ist wohl unzweifelhaft in der Querlagerung unserer mitteleuropäischen Hochgebirge (Pyrenäen, Alpen, Sudeten, Karpathen) zu suchen, die sich den südlichen Rückzugslinien der Arten hindernd in den Weg stellten und deren vergletscherte Kämme und Paßhöhen diese oft nicht mehr zu überschreiten vermochten. Dadurch gingen bei jedem Rückzug zahlreiche Arten verloren. Nordamerika hat trotz seiner weit größeren Vereisung keine solchen Verluste in seiner Flora gehabt, da dort die großen Gebirge die günstige Nord-Süd-Richtung aufweisen!

Als nach der letzten Eiszeit bei uns die endgültige Rückwanderung der Pflanzen begann, hatte die Waldflora nur noch einen geringen Bruchteil ihrer prä- und interglazialen Zusammensetzung. Eine vielfach umstrittene Frage ist es, ob während des Höhepunktes der Vereisungen, ins-

¹ Bernbeck hält die beobachteten Schädigungen allerdings für Windwirkungen (vgl. auch S. 161).

besondere der größten, sich noch Waldreste in den nicht vom Inlandeis bedeckten Teilen Mittel- und Süddeutschlands gehalten haben oder nicht.

Man ist aber jetzt auf Grund von klimatischen Berechnungen und fossilen Funden in Schichten, die unmittelbar nach dem Rückzug des Eises gebildet sind, wohl allgemein zu der Überzeugung gelangt, daß der Wald ganz verschwunden gewesen ist. Penck hat die Grenze des ewigen Schnees während der Vereisung für den Westen Deutschlands auf 800 m

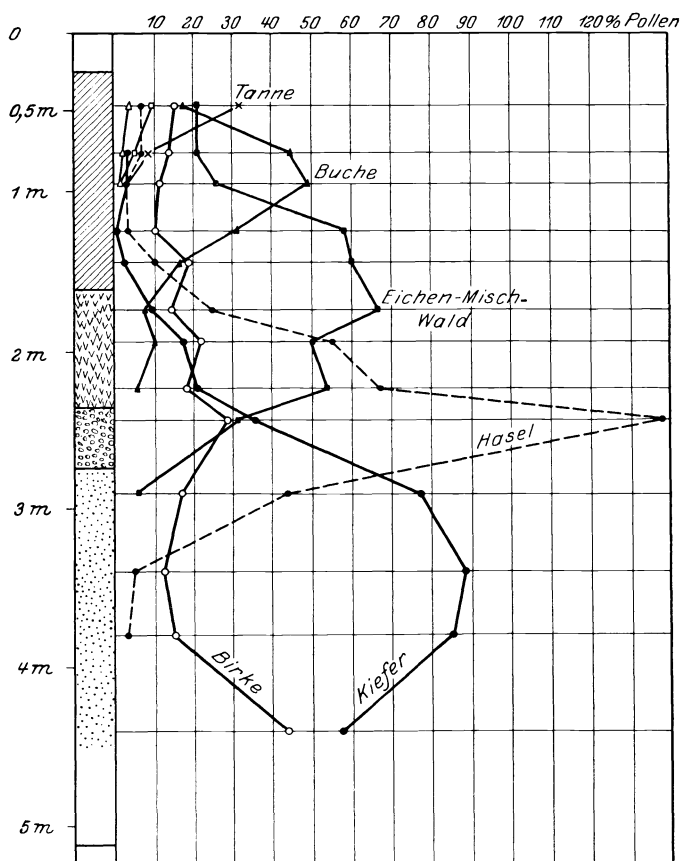


Abb. 35. Pollendiagramm vom Moßwangerried bei Simach (568 m), Schweiz (Δ = Fichte, die übrigen Holzarten durch Namen bezeichnet). Nach P. Keller. Links Profil der verschiedenen Torfarten, rechts die zugehörigen Pollenspektren. Beginnt mit abflauernden Birken- und ansteigender Kieferzeit, darauf mächtige Ausbreitung der Hasel, etwas später Höhepunkt des Eichenmischwaldes, dann Vordringen der Buche und zuletzt der Tanne. Die Fichte zeigt sich spärlich erst in den obersten Schichten (künstliche Einführung!).

und für den Osten auf etwa 1200 m berechnet. Sie lag also dann um etwa 1200 m tiefer wie heute, und da die Baumgrenze heute etwa 800 m unter der Schneegrenze liegt, so war Wald im Westen ganz ausgeschlossen, im Osten wäre er nur in den niedrigsten Lagen möglich gewesen.

Die in den ältesten postglazialen Ton-schichten gefundenen Pflanzenreste haben keine Spuren von Waldbäumen, sondern nur eine ausgesprochen arktische Tundrenflora ergeben. (Hochnordische Moose, kriechende Polarweiden, Blätter der Zwergbirke und die besonders als Leitpflanze leicht zu erkennende *Dryas octopetala*, die gemeine Silberwurz, die mit ihren großen, weißen Blüten noch heute eine Zierde der Hochalpenmatten wie der nordischen Tundra bildet.) In den ältesten Torfablagerungen, die erst in einer etwas späteren Zeit gebildet sind, finden sich dann allerdings auch gleich die ersten Pollenkörner von Waldbäumen, meist Weide, Birke oder Kiefer, als Zeichen, daß diese,

allerdings vielleicht noch in weiterer Entfernung, schon aufgetreten sein müssen.

In der Durchforschung der Torfmoore mittels der sog. Pollenanalyse, die in der neuesten Zeit nach dem Vorgange des schwedischen Geologen van Post immer weiter ausgebaut worden ist, haben wir einen aussichtsreichen Weg zur Aufklärung der Einwanderungsgeschichte unserer Holzarten erhalten.

Ein schönes Beispiel einer solchen Analyse zeigt das in Abb. 35 dargestellte Diagramm eines verhältnismäßig tief liegenden Moores (568 m) in der Schweiz. Man kann aus demselben den Gang der Einwanderung der einzelnen Holzarten, ihr Vorherrschen und Verdrängtwerden bis zum Wiederverschwinden vollständig ablesen (vgl. hierzu besonders Kiefer und Birke gegenüber der erst spät einsetzenden Buche und der noch später kommenden

Tanne!). Allerdings sind dabei immer gewisse Umstände zu beachten, die sich erst bei der weiteren Ausbildung der Methode gezeigt haben (z. B. daß manche Pollen, wie besonders die der Hasel wegen ihrer alljährlichen und sehr reichen Blütenstaubentwicklung einen zu hohen Prozentsatz im Verhältnis zu ihrem Anteil am Walde ergeben, daß sie „überrepräsentieren“, wie man zu sagen pflegt, andere, wie z. B. die Buche und Eiche, dagegen „unterrepräsentieren“ und einiges andere mehr).

Am besten geklärt ist die postglaziale Waldgeschichte in den nordischen Ländern, wo schon die meisten Untersuchungen vorliegen und die Verhältnisse auch viel einfacher sind wie bei uns. Auch dort herrschte nach Rückzug des Eises zunächst die Tundra. Dieser Abschnitt wird nach der Leitpflanze die Dryaszeit genannt.

Darauf folgte die Birkenzeit, in der neben der Birke auch die Aspe auftrat. Beide Perioden müssen noch kalt und wahrscheinlich auch trocken gewesen sein (präboreales Klima nach der von Blytt-Sernander¹ entworfenen Klimaeinteilung).

Auf die Birkenzeit folgte dann eine Kiefernzeit, in der diese Holzart die Führung übernimmt und die Birke mehr oder minder stark zurückdrängt. Zugleich beginnt aber in ihr auch die Hasel als sehr viel wärmebedürftigere Art zu erscheinen und sich gegen die Mitte dieser Zeit zu einem Maximum zu erheben, so daß man sogar das Auftreten reiner Haselwälder (?) annehmen zu müssen geglaubt hat. (Borealer Klimaabschnitt, in dem die Temperatur stark steigt.)

In weiterer Folge entwickelt sich darauf die Eichenzeit, in der die Eiche zusammen mit Ulme und Linde, als sog. Eichenmischwald, die Oberhand gewinnen, während die Hasel immer noch reichlich, wahrscheinlich im lichten Wald als Unterholz bleibt, Kiefer und Birke aber stark zurücktreten. Auch die Erle, die schon gegen Ende der borealen Zeit eingewandert war, breitet sich auf feuchteren Stellen (Auenwälder) mehr und mehr aus. Die Eiche und auch die Haselnuß gehen bedeutend weiter nach Norden und höher ins Gebirge hinauf wie heute. Das Klima dieses atlantischen Abschnitts führt zu einer Temperaturzunahme über den heutigen Stand und zu einem Höhepunkt, nach dem in der Folge ein dauerndes, langsames Absinken der Temperatur bis in die Neuzeit hinein eintritt.

In die nächste Periode fällt die Einwanderung der Buche und Hainbuche, die noch von Süden her über Dänemark nach Schweden kommen (Buchenzeit), während die Fichte in dieser Zeit von Norden her über Finnland langsam einwandert. Gegen Ende dieses Zeitabschnittes macht sich nun ein Wiederansteigen der Kiefer und ein Rückgang des Eichenmischwaldes und der Hasel bemerkbar. Das Wachstum der Hochmoore zeigt vielfach einen deutlichen Stillstand. Ihre Oberfläche trocknet aus und überzieht sich mit Heide oder mit Wald (Kiefer und Birke). Es bildet sich der sog. Grenzhorizont nach C. A. Weber in den Hochmooren aus (Abb. 36). (Subboreales Klima mit stärkerem Wärmerückgang und größerer Trockenheit.)

In der nächsten und letzten Phase der Entwicklung vollzieht sich das weitere Vordringen und die allgemeine Verbreitung der Fichte bis ins südliche Schweden (Fichtenzeit), die dort noch in der Neuzeit als nicht abgeschlossen betrachtet wird (vgl. S. 51 u. 58). Auch die Buche scheint im Anfang dieser Zeit hier und da noch häufiger geworden zu sein, während der Eichenmischwald und die Hasel sich auf ihren heutigen Stand zurückziehen. (Subatlantisches Klima mit weiterem Temperaturrückgang, aber feuchterem Charakter.)

¹ Blytt, A.: Die Theorie der wechselnden kontinentalen und insularen Klimate. Englers Bot. Jb. Bd. 2, 1882.

Wir haben auch einige Anhaltspunkte für das erste Auftreten des Menschen im nordischen Walde der Nacheiszeit und damit auch über den Beginn seiner Einwirkung auf den Wald. Wenn diese auch anfangs wohl nur schwach gewesen ist, so ist sie doch schon für die Zeit des Nomadentums durch den Weidewechsel und die überall damit unzertrennlichen Waldbrände nicht zu unterschätzen.

In den z. T. noch in die Kiefernzeit fallenden Moorschichten hat man häufig Stämme und Stöcke gefunden, die angekohlt waren. Man hat dies auf Waldfeuer zurückführen wollen, die durch den Menschen verursacht worden wären. Da man aber bisher in diesen frühen Schichten keinerlei sonstige Spuren von ihm und seiner Tätigkeit gefunden hat und andererseits aus der Waldbrandstatistik von Nordamerika die häufige Entstehung von Waldbränden im Urwald durch Blitzschlag in alte hohle oder trockene Bäume nachgewiesen ist, ist die obige Vermutung vorläufig noch unsicher.

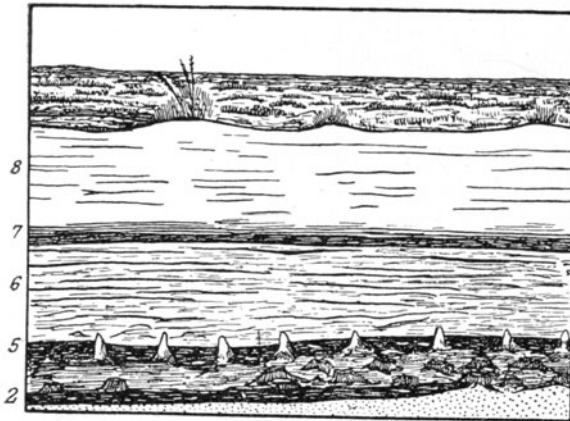


Abb. 36. Aufbau eines typischen norddeutschen Moores. Nach C. A. Weber, Bremen. 1. Diluvialsand. 2. Schilftorf (verlandende Wasserfläche). 3. Auenwaldtorf (feuchter Waldboden). 4. Föhrenwaldtorf mit Stubbenresten (fortgeschrittene Hochmoorbildung). 5. Scheuchzeriatorf (neue Vernässung, in der der Kiefernbestand abstirbt). 6. Älterer Sphagnumtorf, stark zersetzt und zusammengeleget. 7. Grenzhorizont; Stillstandslage der Torfbildung (Trockenzeit?). 8. Jüngerer Sphagnumtorf (neues Anwachsen der Moore, lockerer, wenig zersetzter Moostorf). An der Oberfläche Moorsrasen mit Büthen.

und Weide. Buche und Nadelhölzer wurden in den älteren Haufen nicht angetroffen. Auch diese Funde entsprechen daher ganz dem Bild des Höhepunktes der Eichenmischwaldphase. Aus archäologischen Berechnungen der verschiedenen Kulturperioden geht hervor, daß dies ungefähr die Zeit um 3000 v. Chr. gewesen sein muß.

Hand in Hand mit den allgemeinen klimatischen Veränderungen der Nacheiszeit ist auch eine durch Landhebungen und -senkungen verursachte Änderung in der Ostsee vor sich gegangen, die durch geologische Forschungen aufgeklärt worden ist, und die auch für die Einwanderung des Waldes durch die Entstehung und das Wiederabreißen von Landbrücken und die Ab- und Zunahme eines maritimeren Klimas für die Länder um die Ostsee von Bedeutung gewesen sein muß.

Während die Ostsee am Anfang der Nacheiszeit nach Norden mit dem Eismeer in Verbindung stand (sog. Eissees- oder Yoldia-Stadium in der Dryaszeit), wurde sie durch eine Landhebung später zu einem langsam aussüßenden Binnensee (Ancylus-See von *Ancylus fluviatilis*, einer Süßwassermuschel). Im Südwesten bestand eine Festlands-

¹ Erdtmann, G. E.: Pollenanalytische Untersuchungen von Torfmooren und marinen Sedimenten in Südwestschweden. Upsala 1921.

Die ältesten sicheren Nachweise des Menschen finden sich im nordischen Wald erst für die Eichenzeit.

So wurde u. a. eine Leiche mit Steinbeil aus der jüngeren Steinzeit in Südschweden gefunden, bei der die Pollenanalyse der anhaftenden Tonteile das Bild dieser Waldphase ergab¹. In dieselbe Zeit fallen die vielen genau untersuchten Muschelabfallhaufen (Kjökkenmöddinger) an den jütländischen und dänischen Küsten. Sie gehören jedenfalls der jüngeren Steinzeit oder einem Übergang von der älteren zur jüngeren Steinzeit an und rühren von einer Bevölkerung her, die hauptsächlich von Jagd und Fischfang lebte. Die zahllosen Holzkohlen in den dabei befindlichen alten Feuerstätten bestanden in der Hauptsache (74 %) aus Eiche, seltener aus Ulme, Birke, Aspe und ganz vereinzelt aus Hasel, Erle

brücke zwischen Skandinavien und Norddeutschland über Jütland und die dänischen Inseln. (Zusammenfallen mit Birken- und Kiefernzeit.) Später trat wieder eine Landsenkung ein, die Ostsee bekam eine breite Verbindung mit der Nordsee und wurde so stark salzhaltig, daß die Auster an ihren westlichen Küsten sich einfand. (Das sog. Litorina-Stadium in der Eichenmischwaldphase.) In diese Zeit fällt auch das Auftreten der Menschen der jüngeren Steinzeit und später der Bronzezeit in Dänemark und Südschweden. Unter ihren Küchenabfällen waren auch Austernschalen enthalten! In der letzten Periode, die bis in die geschichtliche Zeit führt, findet wieder eine Landhebung statt. Das Wasser der Ostsee wird wieder süßer, die Auster und andere salzwasserliebende Tiere verschwinden, die Buche und schließlich die Fichte breiten sich aus (Eisenzeit und historische Zeit).

Diese Nebeneinanderentwicklung von Landgestaltung, Klima, Tier- und Pflanzenwelt und menschlichen Kulturstufen gilt aber auch in den nordischen Ländern nur in großen Zügen. In Nord und Süd, im Binnenland und in den Küstengebieten zeigen sich nach neueren Untersuchungen allerhand Verschiedenheiten und Abweichungen. Wir dürfen daher für Deutschland und seine Nachbarländer mit ihrer verschiedenen Lage zum Meer und der Gliederung durch teilweise sehr verschieden streichende Gebirge keine einheitliche, genaue Wiederholung und noch weniger einen zeitlichen Zusammenfall mit der Entwicklung in den nordischen Ländern erwarten. Übrigens klaffen bei uns auch noch zu große Lücken in den Untersuchungen, z. B. gerade für die nordostdeutsche Tiefebene, als daß man für dieses Gebiet schon heute eine ähnlich genaue Einwanderungsgeschichte entwerfen könnte.

Was sich heute etwa schon darüber sagen läßt, ist etwa folgendes: Auch bei uns begann die Waldbildung mit der Birke und der Kiefer, aber die Trennung beider ist nicht überall deutlich, vielfach fallen sie mehr oder minder zusammen.

Im Bodenseegebiet erscheinen sie z. B. getrennt voneinander. In anderen Gegenden, wie auf dem Schwarzwald, herrscht auch in den untersten Torfschichten schon weitaus die Kiefer vor, ebenso auch in Böhmen, und dort sowohl in den Gebirgslagen wie auch in der Ebene¹. Besonders wichtig ist die von Bertsch² ausgeführte Untersuchung des Reicheremoors in Oberschwaben, da dort im Glazialton ebenfalls die Dryaszeit und das Fehlen jeglichen Waldbaumpollens nachgewiesen werden konnte. Darüber stellen sich dann Birke und Kiefer gleichzeitig ein, und letztere erreicht sehr rasch eine überragende Stellung (80 bis über 90 %). Auch einzelne Untersuchungen für Norddeutschland scheinen ein mehr oder minder starkes Zusammenfallen der Birken- mit der Kiefernphase zu bestätigen.

Überall aber folgte dann auch bei uns wie in den nordischen Ländern ein starkes Vordringen der Hasel schon am Ende der Kiefernzeit und darauf der Eichenmischwald mit Eiche, Ulme, Linde und mit Hasel im Unterstand. Überall steigen auch bei uns die Arten in den Gebirgen zu größerer Höhe wie heute empor. (So nach Rudolph im Erzgebirge wahrscheinlich 300 bis 400 m höher, im Riesengebirge noch mehr. Auch Stark stellte Ähnliches für den oberen Schwarzwald fest und neuestens auch Hesmer³ für den Harz.) Das Temperaturoptimum dieser nacheiszeitlichen Periode dürfte damit auch für ganz Deutschland gelten.

Nach der Eichenmischwaldzeit wanderte im allgemeinen auch bei uns die Buche ein, aber schon bei ihr und noch mehr dann bei Tanne und Fichte machen sich in den einzelnen Gegenden nun starke Verschiedenheiten bei der Einwanderung und Ausbreitung bemerkbar, die erst noch weiterer Klärung bedürfen.

¹ Stark u. Rudolph: a. a. O.

² Bertsch: Untersuchungen im Reicheremoor. Jber. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde Württemberg 1924.

³ Hesmer: Die Waldgeschichte der Nacheiszeit des nordwestdeutschen Berglandes. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1928.

Während in Südwestdeutschland die Tanne ziemlich früh und sehr zahlreich neben der Buche auftritt, diese sogar teilweise überflügelt, stellt sich umgekehrt in Böhmen und den sächsisch-schlesischen Randgebirgen zunächst die Fichte ein (schon im Eichenmischwald) und wird auf den Gebirgen bis auf die Hochkämme hinauf sogar die herrschende Art. Erst später breiten sich dann dort Buche und Tanne aus und verdrängen die Eiche und Fichte bis auf geringe Prozente. In der allerletzten Zeit, vielleicht schon unter dem Einfluß der künstlichen Bestockungsänderung durch die Forstwirtschaft gewinnt die Fichte und auch die Kiefer (Bergkiefer?) vielfach wieder die Oberhand.

Auch für den Oberharz fand Hesmer ein ähnlich frühes und starkes Auftreten der Fichte schon in der Eichenmischwald×Haselzeit, dem dann eine vorwiegende Buchenzeit (hier ohne Tanne!) mit geringerer Fichtenbeimischung folgt, um am Ende in eine fast reine Fichtenbestockung umzuschlagen.

Das stimmt gut mit einzelnen Funden von C. A. Weber¹ überein, nach denen die Fichte schon zu einer Zeit in die Lüneburger Heide einwanderte, in der die Hasel (mit Wildapfel) dort auf ihrem Höhepunkt stand. Ebenso fanden sich Spuren der Fichte bei Lübeck und Kiel schon um die Zeit, als die Ostsee aus ihrem Ancylus-Stadium in das des Litorina-Meeress überging. In den späteren Ablagerungen fehlte sie dann wieder. Sie ist dort offenbar von der später einwandernden Buche verdrängt worden. Diese findet sich an den Küsten Ostholsteins schon mit Resten menschlicher Ansiedelungen aus der spätneolithischen Zeit, in der bereits Ackerbau (Körner von Weizen und Gerste!) betrieben wird! In den dortigen Muschelabfallhaufen finden sich ebenfalls die Schalen der Auster, die „heute dort wegen des zu geringen Salzgehaltes der Ostsee nicht mehr zu leben vermögen“. Es war also wohl der Höhepunkt des Litorina-Stadiums, währenddessen sich die Ausbreitung der Buche in Nordwestdeutschland vollzog.

In die niedrigeren westdeutschen Gebirge scheint die Fichte (und noch weniger die Tanne) gar nicht gekommen zu sein, oder sie ist dort sehr früh und vollständig von Eiche und Buche verdrängt worden. Hesmer hat sie jedenfalls in den Mooren im Solling und Kauffunger Wald nirgends gefunden. Schließlich sei noch erwähnt, daß Weber im Augstamal-Moor in Ostpreußen ebenfalls ein frühzeitiges Auftreten der Fichte offenbar noch während der Eichenzeit festgestellt hat.

Im ganzen gilt also auch für Deutschland wohl die Folge: Birken-×Kiefernzeit, Eichenmischwald und zuletzt Einwanderung der Buche. Nur wie und wo sich Fichte und Tanne eingliedern, ist noch unsicher. Weitere Untersuchungen für das nordostdeutsche Tiefland müssen die hier noch bestehende große Lücke erst schließen, ehe wir ein ganz klares Bild über die Geschichte unseres Waldgebietes haben werden. Schon jetzt aber kann gesagt werden, daß die bisherigen Ergebnisse unsere früheren Feststellungen bezüglich der natürlichen Verbreitung von Buche, Fichte und Tanne und ihrer klimatischen Ursachen durchaus bestätigen.

2. Die geschichtliche Zeit.

Mit der späteren Buchenzeit, in die der Beginn fester Siedlungen mit Viehzucht und Ackerbau in Norddeutschland zusammenfällt, dürfte der Einfluß des Menschen auf den Wald beginnen. Die Zeugnisse dafür sind anfangs freilich noch dürftig, später stehen uns reichere Quellen für die Waldgeschichte zur Verfügung.

Wir werden hierbei im wesentlichen der eingehenden Darstellung Hausraths², eines der besten Kenner dieses Teils der Forstgeschichte, folgen können.

Die Änderungen der Waldfläche. Die Lage der ersten Siedlungen aus der jüngeren Steinzeit drängt sich in Deutschland und seinen Nachbarländern ganz auffällig auf die fruchtbareren Löß- und Schwarzerdegebiete zusammen. Dies hat zu verschiedener Deutung Veranlassung gegeben. Anfänglich wollte man darin eine besondere Findigkeit der ersten Siedler sehen, die sich

¹ Weber, C. A.: Die Geschichte der Pflanzenwelt des norddeutschen Tieflandes. a. a. O.

² Hausrath, H.: Pflanzengeographische Wandlungen der deutschen Landschaft. Leipzig: B. G. Teubner 1911. — Man vergleiche auch dazu A. Schwappach: Handbuch der Forst- und Jagdgeschichte Deutschlands, Berlin 1886, mit seinen sehr ausführlichen Darstellungen und vielen alten Urkunden.

gerade die fruchtbarsten Böden herausgesucht hätten. Heute ist man im allgemeinen mehr zu der Anschauung gelangt, daß diese ursprünglichen Steppengebiete, wenn auch vielleicht nicht mehr ganz baumlos, doch nur lockeren und lichten Wald getragen haben, etwa vom Charakter der südrussischen Waldsteppe. Erfahrungsgemäß werden nämlich bei Erstsiedelungen solche offenen Landstriche wegen der geringeren Rodungsschwierigkeiten bevorzugt, die der Steinzeitmensch auch mit seinen primitiven Werkzeugen im vollbestockten Urwalde kaum zu überwinden imstande gewesen wäre.

Als in neolithischer Zeit besiedelt können angesehen werden: Das Vorland der Alpen vom Jura bis nach Niederösterreich, das hügelige Gelände im Rheintal von Mainz bis Basel, der Rücken des Schwäbischen und Fränkischen Jura, das Vorland der schlesischen, sächsischen und thüringischen Gebirge und des Südostharzes bis an die rheinisch-westfälischen Gebirge und endlich die Nord- und Ostseeküste mit ihren in der Ancylus-Periode aus dem Meere aufgetauchten Marschen. (Diese mußten dann, wie C. A. Weber das z. B. für die steinzeitlichen Siedlungen an der Kieler Förde sehr schön nachweisen konnte, bei der späteren Litorina-Senkung wegen Überflutung wieder teilweise aufgegeben werden.) Auch auf der Geest finden sich in dem alten Heidegebiet (vgl. S. 12) schon viele Spuren einer vor- und frühgeschichtlichen Besiedlung.

Es ist bezeichnend, daß dieses steinzeitliche Erstbesiedlungsgebiet sich in der nachfolgenden Bronze- und Eisenzeit nicht oder nur wenig erweitert, sondern daß nur eine dichtere Besiedlung im Innern stattgefunden hat. Die geschlossenen Waldgebiete lockten offenbar wegen der noch schwer überwindlichen Rodungsschwierigkeiten nicht. Vielleicht trug auch die Unsicherheit gegen Überfälle durch die großen Raubtiere des Waldes und räuberische Nachbarstämme dazu bei.

Als die Römer ins Land kamen, erstaunten sie jedenfalls über den großen Waldreichtum. Bekannt ist der Ausspruch des Tacitus, der Germanien „aut silvis horrida, aut paludibus foeda“, als ein von Wäldern und Sümpfen starrendes Land schildert und es als „magna ex parte silvis ac paludibus inuia“ bezeichnet. An dieser zweifellos starken Übertreibung dürfte aber in der Hauptsache wohl der Gegensatz zu dem schon damals stark entwaldeten Italien schuld gewesen sein. Der von den Römern selbst mehrfach hervorgehobene Menschenreichtum der durchzogenen Gebiete und der hohe Stand des Ackerbaues bei den alten Germanen, die damals schon vor den Römern den Scharpflug anwandten, spricht gegen ein reines Waldland.

Andererseits zeigt freilich das Fehlen älterer Siedlungen besonders in den Gebirgen Süd- und Westdeutschlands und die häufige Bezeichnung derselben durch die Römer mit „silva“ statt „mons“, daß besonders in diesen noch völlig unberührte große Urwaldflächen vorlagen.

Zum Beispiel der Schwarzwald (*Silva Abnoba*), die Ardennen (*Silva Ardennua*), mehr wie 50 röm. Meilen lang, und der *Silva hercynia*, der sogar 60 Tagereisen lang gewesen sein soll! Noch größere Urwaldflächen wird damals der gering besiedelte Osten gehabt haben. Die Kerne dieser alten Urwälder sind noch heute in den im Volksmund als „Heiden“ bezeichneten Kieferngebietern wie Tuchler, Landsberger, Cladower, Schorfheide, Lausitzer, Annaburger Heide u. a. zu erkennen. Die Bewaldung dürfte dort damals etwa das Dreifache der heutigen betragen haben.

Die Römer haben dann in dem von ihnen besetzten Gebiet durch Anlage von Städten, festen Plätzen und Gutshöfen mit den dazu notwendigen Äckern, Wiesen und Weiden den Wald im westlichen Deutschland, besonders in der Nähe der Flüsse und großen Heerstraßen schon ein gut Stück weiter zurückgedrängt. Die großen Gebirgsurwaldungen im Westen und auch das ganze Waldgebiet im Osten blieben aber im wesentlichen bis über die Völkerwanderung hinaus unberührt, ja diese hat nachweislich wieder in vielen Gebieten ein erneutes Vordringen des Waldes zur Folge gehabt.

Erst in der Karolingerzeit setzt dann, seitens der Herrscher, wie z. B. Karls des Großen, stark gefördert, eine umfangreiche Rodung ein, die nun auch in die alten Urwaldgebiete hineindrang. Besonders die allenthalben neu gegründeten Klöster beteiligten sich hieran stark, mit der religiösen gleich die wirtschaftliche Mission verbindend. (So z. B. die vielen Klostergründungen der Zisterzienser im Osten mitten im Walde: Lehnin, Chorin u. a.) Neben den Rodungen der weltlichen und geistlichen Grundherren liefen auch in geringerem Umfange Einzelsiedlungen von Bauern nebenher. Die große Rodungsperiode umfaßte die Zeit von etwa 700—1300 n. Chr.

Einen gewissen Anhalt für die Gründungszeit bieten nach Arnold die Endungen der Ortsnamen:

1. Periode bis 300 n. Chr.: Unzusammengesetzte Ortsnamen oder Endigungen, wie affa, aha, ara, ida, lar, a, stedt, loh, tar.
2. Periode von 300—700 oder 800: Endungen wie ingen, ing, ungen, wangen, leben, heim, hausen, dorf, weiler, hofen, an, bach, born, brunn, werd, furt, bühl, scheid.
3. Periode von 700—1300: Endungen wie roden, schwenden, sengen, brennen, schlag, riet, kirche, kreuz, herrn, siel, damm, koog.

Gerade die letzte Gruppe zeigt, in welchem Maße und mit welchen Gewaltmitteln man nun dem Walde zu Leibe ging. Ein Beispiel, in welchem Umfange dies etwa im einzelnen geschah, zeigt der „heilige Forst von Hagenau“ im Elsaß, der um 700 noch ungefähr 25000 ha, um 1100 aber nur noch 18000 ha groß war.

Die Siedlung schritt in Deutschland im allgemeinen von Südwesten nach Nordosten fort. In den slawischen Gebieten waren noch am Ende der großen Rodungsperiode große Urwaldgebiete.

So waren im südwestlichen Hinterpommern noch um 1300 nur 6 Kirchen, um 1400 hatte sich ihre Zahl schon verzehnfacht. Auch in der Mark fand sich um 1100 noch ein ununterbrochener Urwald von Fürstenwalde bis nach Berlin. In Ostpreußen bestanden zwar nach den starken Heeren, die dem Deutschorden bei seiner Eroberung entgegentraten, wohl auch schon stärker besiedelte Gebiete, aber daneben ebenfalls noch riesige Urwaldungen, wie die an das besetzte Gebiet östlich anschließende „gelindische Wüste = Wildnis“, ein Urwald von ungefähr 60000 qkm Ausdehnung! Die Forstbeamten in Ostpreußen trugen daher noch lange den Namen „Wildnisbereiter“. Ganz Litauen und Masuren war nach der Karte von Henneberger sogar im 16. Jahrhundert noch ein im wesentlichen unbesiedelter Urwald¹.

In den Gebirgen schritt die Besiedlung im allgemeinen (abgesehen von Bergbau an höher gelegenen Erzlagerstätten) von unten nach oben fort.

So betrug z. B. am Harz die mittlere Höhenlage der besiedelten Orte bis 775 n. Chr. nur 280 m, zwischen 775—1200 = 300 m, zwischen 1200—1618 = 370 m und nach 1618 = 400 m.

Der verhältnismäßig noch am meisten jungfräuliche Waldboden findet sich also heute bei uns im Osten sowie im Innern und auf der Höhe der Gebirge!

Der Höhepunkt der Siedlung und damit auch des Flächenverlustes, den der Wald in Deutschland damit erlitt, ist etwa um 1400—1500 erreicht. Es erfolgte dann, schon von 1250 an einsetzend, vielfach ein Rückschlag, so daß Hausrath sogar von einer „negativen Siedlungsperiode“ spricht. Fehden, Pest, Agrarkrisen und die vielfach zu weit getriebene Rodung zu geringen Bodens führte zum Eingehen von Einzelsiedlungen und ganzer Ortschaften. Es entstanden zahlreiche „Wüstungen“, von denen der Wald nun wieder Besitz ergriff, und deren Spuren manchmal noch heute in unseren Revieren angetroffen werden. Oft scheint das sogar in recht beträchtlichem Umfange der Fall gewesen zu sein.

¹ Vgl. dazu die Darstellung von Forstrat H. Müller: Grundlagen der Forstwirtschaft im sog. Preußisch-Litauen. Neudamm 1928.

In Thüringen sind nach Werneburg bis über 30 % solcher ehemaligen Siedlungen eingegangen und Wüstungen geworden, und ich selbst fand z. B. im Magdeburger Staatsarchiv eine Bemerkung in einer alten Akte von 1714: „Obbenannte Heyden, welche man generaliter Gardelegensche Heyde zu nennen pflegt, besteht hauptsächlich aus 8 wüsten Dorfstellen, deren Namen sind . . ., welche zu einer Waldung gebracht sind, und liegen alle diese wüsten Dorfstellen in einem tractu auf 2 Meilen lang, so alle dem Vermuthen nach wegen derer darauf befindlichen sehr alten Eichen und alten Gemäuer bei 400 Jahre mußten wüste gelegen haben!“ Diese Zeitangabe führt also ebenfalls bis in den Beginn jener oben bezeichneten Rückschlagsperiode.

Auch der 30jährige Krieg hat dann noch einmal im 17. Jahrhundert in Deutschland zeitweilig zu einem Vordringen des Waldes geführt, das aber nach neueren Feststellungen fast überall sehr bald wieder durch neue Urbarmachung ausgeglichen worden ist.

Im allgemeinen ist das heutige Verhältnis der Waldfläche zur gesamten Landesfläche eben doch schon um 1400—1500 festgelegt worden. Die späteren Kolonisationen im Osten, wie z. B. die unter den ersten preußischen Königen, besonders Friedrich dem Großen, „dem Menschen lieber waren als Bäume“ (Oderbruch u. a.), konnten an diesem Verhältnis im großen nichts mehr ändern und sind z. T. auch von den weitschauenden Fürsten durch die schon damals begonnene und bis in die Gegenwart betriebene Aufforstung von „Sandschellen und wüsten Plätzen“ wieder ausgeglichen worden. So sind z. B. durch solche Ödlandsaufforstungen im deutschen Reichsgebiet von 1878—1900 noch 123 000 ha Wald neu gewonnen worden, was aber doch nur 0,9% der Gesamtwaldfläche ausmacht!

Aus dem Waldland zur Römerzeit war durch die große Rodungsperiode zur Karolingerzeit im Laufe von 700—800 Jahren ein Ackerland geworden, in dem der Wald von etwa drei Viertel der Landesfläche auf das eine Viertel zurückgedrängt war, das er im wesentlichen bis heute behalten hat.

Die Änderungen des Waldaufbaues. Hand in Hand mit den Änderungen der Waldfläche gingen auch solche in seinem inneren Aufbau. Wie der Urwald in alter Zeit aussah, dafür haben wir allerdings keine fossilen oder geschichtlichen Belege. Die Pollenanalyse kann uns im allgemeinen nur die Zusammensetzung nach Holzarten und auch diese nur für eine ganze Gegend, nicht für einzelne Bestände, angeben. Sie sagt uns nichts über Rein- und Mischbestände und nichts über den schichtenweisen Aufbau im Innern.

Man kann sich aber doch wohl aus den noch vorhandenen Urwaldresten in Mitteleuropa und in klimatisch ähnlichen Gebieten wie Nordamerika ein Bild machen, wie auch der deutsche Urwald einstmals in seinem Innern ausgesehen haben dürfte.

Eine Vorstellung, die dabei unwillkürlich zunächst auftaucht, muß man von vornherein fallen lassen, nämlich, daß dieser Urwald undurchdringlich dicht, von Jungwuchs und Gesträuch erfüllt, gewesen wäre, etwa wie der tropische Regenwald. Zu einer solchen Erfüllung des Raumes von oben bis unten fehlten die standörtlichen Vorbedingungen. Weder die Urwaldreste in den Karpathen, in Bosnien und Albanien noch in der Ebene von Rußland (Bialowies) oder in Nordamerika, von denen wir aus letzter Zeit anschauliche Darstellungen erhalten haben, zeigen eine Undurchdringlichkeit in diesem Sinne. Wo sie auftritt, da besteht sie meist nur in dem vielen, oft kreuz und quer liegenden Lager- und Moderholz zusammengebrochener alter Baumleichen. Von vielen Beobachtern wird der Bestockungsaufbau der Baumschicht sogar als mehr oder minder einstufig, von anderer allerdings auch wieder als mehrstufig geschildert. Neben verschie-

denen Entwicklungszuständen dürfte hierbei vor allem auch die Bestockung, ob mehr rein oder aus verschiedenen Holzarten gebildet, mitsprechen. (Näheres darüber in Teil II.)

In welcher Weise die ersten menschlichen Nutzungen nun den Bestockungsaufbau veränderten, darüber kann man sich nur vermutungsweise Vorstellungen machen. Solange noch keine festen Siedlungen zu dauernden Eingriffen an der gleichen Stelle führten, dürfte sich das alte Waldbild immer wieder von selbst hergestellt haben.

Anders wurde es, als mit der Anlegung fester Wohnplätze der nächstgelegene Wald dauernd und wiederholt zur Befriedigung der Wirtschaftsbedürfnisse herangezogen wurde. Wir müssen hierbei den Laubwald vom Nadelwald trennen. Im ersteren trat ja nach Fällung an vielen Stöcken eine Waldneubildung durch Ausschlag ein. Die ersten zarten Ausschläge boten neben den Bodenkräutern und Gräsern eine willkommene Weidegelegenheit für das Vieh. Es entstand der oft verbissene, struppige und buschige Weideniederwald, in dem sich die Weichholzarten Birke, Aspe, Salweide, Hasel stark vordrängen, in dem aber schließlich doch hier und da wieder einige Stangen emporwachsen, den lichtbedürftigeren Ausschlag der Weichhölzer dann unterdrücken und zum Weidewechsel mit jüngeren Schlägen zwingen. Der alte Wald bildet sich dann wieder aus, wenn er in Ruhe gelassen wird. Hat er aber wieder eine genügende Stärke zur Verwendung als Brennholz erreicht — und die Anforderungen pflegen auf so tiefer Wirtschaftsstufe nur gering zu sein — so wird er erneut abgetrieben in der Hoffnung, daß das auf die Dauer so weitergehen wird. Denn „Holz und Schaden wachsen alle Tage“, wie ein uraltes Sprichwort bezeichnend zu sagen pflegte. Man kann diese niedrigste Entwicklungsstufe des Wirtschaftswaldes noch heute in unaufgeschlossenen Gebieten Südeuropas in den Siedlungen am Außenrande des Urwaldes verfolgen, z. B. in den rumänischen Karpathen, in Bosnien und anderswo.

Eine Menge von geschichtlichen Nachrichten und Überlieferungen deuten darauf hin, daß der Laubholzniederwald mit Viehweide auch bei uns eine der ältesten Entwicklungsstufen gewesen ist. Daneben haben sich gegendweise wohl ebenso frühzeitig oder doch wenig später Wechselbetriebe zwischen niederwaldartiger Waldnutzung und vorübergehender landwirtschaftlicher Zwischennutzung zwischen den wieder ausschlagenden Stöcken und andere nahestehende Formen ausgebildet, wie sie uns noch heute in den Siegener Haubergen, den Birkbergen in Bayern und den Reutbergen in Baden in freilich wohl schon veränderter Form überkommen sind. Die altertümlichen Rechtsverhältnisse und Namen, sowie die hier und da noch gebräuchliche Verwendung des primitiven Hakenpfluges in ihnen deuten jedenfalls auf ein sehr hohes Alter hin.

Eine geregelte Form des Niederwaldes mit bestimmter Einteilung in Schläge und Festsetzung eines Umtriebes, bei dem immer der älteste Schlag wieder hiebsreif sein mußte, mit Weideverbot für die jüngsten Schläge, hat sich naturgemäß aus den anfänglich noch wilden Formen erst später entwickelt. Die ersten geschichtlichen Nachrichten darüber finden wir erst im 13. und 14. Jahrhundert.

Neben dieser dem ursprünglichen Walde ganz fremden Bestockungsform hat sich aber auch schon sehr früh eine andere, die des sog. Mittelwaldes, herausgebildet. Der Bedarf an masttragenden Bäumen (Eichelmast für Wild und Schweine) und an stärkerem Holz für den Wirtschaftsbedarf hat bald zu der Erkenntnis geführt, daß man beim Abtrieb der Schläge einzelne ausgesuchte Stämmchen stehenlassen und durch mehrere Umtriebe überhalten müsse (das sog. Oberholz im Mittelwalde).

Schwappach fand die ersten sicheren Nachrichten für einen solchen Mittelwaldbetrieb erst in Zeugnissen vom Ende des 15. Jahrhunderts, aber schon eine von Hausrath¹ erwähnte Urkunde von 1219 in der Gegend von Speyer spricht von Ober- und Unterholz und beklagt, daß jenes unfruchtbar und dieses nur aus Dornen und unansehnlichem Gestrüpp bestehe, ein Hinweis darauf, daß man von beiden Stufen schon bestimmte wirtschaftliche Erfolge erwartete. Jedenfalls herrschte der Mittelwaldbetrieb im Laubholz während des ganzen Mittelalters, zum mindesten in der Nähe der Städte und größeren Siedlungen, wie man das noch auf Bildern der damaligen Zeit, z. B. den Kupferstichen in den Topographien von Merian, deutlich erkennen kann.

Daneben aber wurde in den abgelegenen Teilen des Waldes zur Befriedigung des Bedarfs an langen und starken Bauhölzern „geplentert“, d. h. Einzelstämme je nach Bedarf herausgehauen. Diese Art der Nutzung war wohl auch zunächst die einzige im Nadelwald, der ja keine Ausschlagsfähigkeit vom Stock besaß, und wo die Wiederverjüngung lediglich auf den durch Samenabfall entstehenden Jungwuchs angewiesen war. Obwohl die Form der Plenterung an sich die natürlichste ist und der Erhaltung des alten Waldaufbaus am günstigsten zu sein scheint, ist gerade das Gegenteil der Fall gewesen. Sie war es gerade, die in der Folge zu besonders schlechtem Waldzustand, ja geradezu zur Waldverüstung geführt hat.

Im unberührten Urwald geht die Verjüngung eben sehr langsam und spärlich vor sich und kann langsam gehen, weil auch der Abgang sich ebenso langsam vollzieht. Selbst wenn einmal Katastrophen, wie Feuer oder Windbrüche, ganze Bestände oder Waldgebiete (wie in Rußland und Nordamerika) vernichten, bleibt der Boden doch durch die riesigen Mengen von Lagerholz gedeckt. Oft finden sich dann erst Holzarten mit weit fliegenden leichten Samen, wie Birke, Aspe und Weide, als „Pionierbestand“ ein, und unter ihnen wandern dann langsam die ehemaligen Holzarten von den Seiten her wieder ein. In anderen Fällen überstehen einzelne besonders widerstandsfähige Arten die Katastrophe und werden zeitweise und nur dadurch allein herrschend². Immer aber hat der Wald Zeit und Ruhe genug, sich wieder zu bilden und umzubilden. Denn das Lagerholz schützt den Boden und bietet vermodernd den neuen Ankömmlingen ein günstiges Keimbett. Anders aber, wo der Mensch wiederholt und dauernd eingreift und infolge des mit der Bevölkerung steigenden Holzbedarfs immer stärker eingreifen muß! Hier kann die natürliche Samenverjüngung ohne die Nachhilfe forstlicher Kunst dem Entzug nicht mehr folgen. Der Wald muß immer lückiger werden, der Boden muß ohne den Schutz des Lagerholzes verwildern! Schließlich hilft selbst eine Schonung, die immer nur auf kurze Zeit bewilligt werden kann, auch nicht mehr viel.

Hier entscheidet sich dann das Schicksal des Waldes. Glücklicherweise das Volk, das rechtzeitig die Gefahr erkennt, und dem, aus der Not geboren, in dieser Zeit eine Forstwirtschaft entsteht, die eine geregelte Nutzung einführt und für Wiederverjüngung sorgt. Voll Genugtuung dürfen wir heute feststellen, daß dies in Deutschland noch rechtzeitig genug geschehen ist, während die südeuropäischen Völker ihren Wald weit über die Siedlungsnotwendigkeiten hinaus vernichtet und verloren haben. Allerdings ist dabei nicht zu verkennen, daß die Folgen der Waldübernutzung sich dort infolge besonders ungünstiger Bedingungen von Klima und Geländegestaltung auch viel rascher und schwerer auswirken mußten.

¹ a. a. O., S. 157.

² Schenck: Der Waldbau des Urwaldes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1924.

Neben der übermäßigen Holznutzung zehrten im Mittelalter und noch bis weit in die Neuzeit hinein die vielen Nebennutzungen, die der Wald auf Grund alter Berechtigungen an die Bevölkerung hergeben mußte, an seinem Marke, um so mehr, als damit allerhand Mißbräuche, Diebstähle und im trocknen Kieferwald des Ostens auch zahllose Waldbrände Hand in Hand gingen. Besonders war es die übermäßige Viehweide, Streunutzung, Gräserei u. a. m., die den jungen Nachwuchs immer wieder schädigte und vernichtete.

Zahllos sind die Klagen und Befürchtungen, die für den Bestand des Waldes vom 16. und 17. Jahrhundert an in allen Forstordnungen und Berichten der Forstbeamten in steigendem Maße bis ins 18. Jahrhundert wiederkehren.

So klagt eine brandenburgische Forstordnung von 1531, „daß durch allerley Unordnung und Unfleiß alle Wälder, Förste und Hölzer in Oesigung (verasten, verwüsteten Zustand) gekommen seien“. Ein Inspektionsbericht aus dem unteren Harz sagt, daß man in den ganzen bereisten Forsten „kaum mehr einen Baum gefunden habe, dick genug, um einen Förster daran aufzuknüpfen“. Ein Protokoll vom Hohenmarkwald am Taunus aus dem 18. Jahrhundert stellt fest, „daß in der ebenen Gegend des besten Bodens große Striche von mehreren tausend Morgen bloß mit Heide und Wacholder bedeckt sind“. Das sind nur wenige herausgegriffene Beispiele. Sie ließen sich beliebig vermehren.

Überall hatte die wilde Plenterung im Laufe der Jahrhunderte den Wald in einen höchst minderwertigen Zustand versetzt, so daß das Wort entstand „Plenterwald = Plunderwald“. Aber auch in den niederwald- und mittelwaldartig bewirtschafteten Gebieten sah es nicht viel besser aus. Das Gespenst der Holznot stand vor der Tür!

In dieser Zeit entwickelte sich nun der Gedanke, daß man den unkontrollierbaren, zersplitterten Hieb aufgeben, die Fällungen auf bestimmte Schlagflächen zusammenlegen, dann aber auch für deren rasche Wiederverjüngung entweder im Wege der Naturbesamung oder mit Ergänzung durch künstliche Beisat und Beipflanzung, schließlich auch durch volle künstliche Verjüngung sorgen müsse. Die Wälder mußten zu diesem Zweck eingeteilt und vermessen werden. Man gewann dabei den ersten Überblick über den vorhandenen Holzvorrat und begann dessen Nutzung auf lange Sicht hin gleichmäßig aufzuteilen: eine planmäßige Wirtschaft mit ständiger Nachprüfung der Ergebnisse setzte ein.

Damit bekam aber der deutsche Wald auch zugleich einen ganz anderen Aufbau, den er bisher nur in kleinem Umfang im Niederwaldbetrieb angenommen hatte: die Trennung der Waldfläche in einzelne unter sich gleichaltrige, gegeneinander aber stufenweise abgesetzte Altersklassen. Daß diese, noch in der heutigen Zeit bei uns fast allein herrschende Wald- und Wirtschaftsform den Wald damals überhaupt gerettet hat, geben auch ihre heutigen Gegner zu. Daß sie durch ihre allzu große Gleichförmigkeit auf großen Flächen zu gewissen Schädigungen führen konnte und auch geführt hat, ist aber ebenfalls nicht zu leugnen.

Veränderungen in der Zusammensetzung nach Holzarten. Das Waldbild in Deutschland hat sich aber auch nach anderer Beziehung noch erheblich geändert, nämlich in seiner Zusammensetzung nach Holzarten¹. Nicht daß neue Holzarten aufgetaucht und sich in ihm vorgedrängt hätten — der versuchsweise künstliche Anbau von Ausländern spielt nur örtlich hier und da in letzter Zeit eine Rolle —, auch nicht, daß alte Arten ganz ausgestorben wären, wohl aber hat sich

¹ Jacobi, H. B.: Die Verdrängung der Laubwälder durch die Nadelwälder in Deutschland. Tübingen 1912.

das Mengenverhältnis der einzelnen Arten zueinander sehr stark verschoben.

Die römischen Schriftsteller berichten nur sehr wenig von den einzelnen Holzarten. Plinius erwähnt die großen und starken Eichenwälder im Lande der Chauken in der Nähe des Jadebusens, von denen durch die Fluten unterspülte Uferstücke losgerissen und aufrecht stehend, durch Strömung und Winde weitergetrieben, nachts die römischen Flotten erschreckt hätten. So stark waren diese Eichen, daß die Germanen aus ihnen riesige Bote (Einbäume) machen konnten, die bis zu 30 Mann zu tragen vermochten. Auch der herzynische Wald (vgl. S. 93) war nach römischen Berichten ein Eichenwald. Sonst werden noch Eichen und Weiden im Rheintal, Fichten und Tannen auf den hohen Gebirgen und der *Taxus* erwähnt, der nach Caesar (*De bello gallico*) nördliche Lagen und kalte Standorte liebte, und dessen eigentliche Heimat in Gallien und Germanien liegen sollte.

Die näher untersuchten Hölzer aus dem Pfahlgraben am römischen Limes in Süddeutschland bestanden ebenfalls meist aus Eichen, auch Birken, Eschen, Erlen, im bayerischen Mittelfranken aber vielfach auch aus Kiefern, einmal auch aus Fichten mit Flechtwerk von Fichten-, Buchen- und Birkenzweigen. Auch die Wälder zwischen Ruhr und Lippe waren um 300 n. Chr. vorwiegend Laubwälder, da der Einfall des Arbogast in die Winterzeit verlegt wurde, weil dann die Wälder „*decussis foliis nuda*“, also laublos und durchsichtiger waren. Merkwürdig ist die Nichterwähnung der Buche zur Römerzeit, obwohl sie doch damals schon sicher in Westdeutschland weit verbreitet war, wurde doch wenige Jahrhunderte später die Gegend um Fulda „*Bochonia*“ = Buchenwald genannt¹.

Jedenfalls war der ganze Westen Deutschlands im Norden etwa bis zum Limes *sorabicus*, dem alten Grenzwall zwischen Germanen und Slawen, im Süden bis zum römischen Limes vorwiegend reines Laubholzgebiet, in dem nur die höheren Gebirge (Harz, Thüringer Wald, Schwarzwald) Nadelholz trugen, und einige eingesprengte Enklaven auch etwas Kiefern und Fichten enthielten (vgl. die Darstellung der natürlichen Verbreitungsgebiete dieser beiden Holzarten).

Auch im östlichen Deutschland ist das Laubholz ursprünglich sicher viel mehr verbreitet gewesen, ehe die großen Rodungen einsetzten, die ja in der Folge gerade die besseren laubholztragenden Böden in Anspruch nahmen.

Man kann dies auch aus den zahlreichen alten Ortsnamen entnehmen, die auf Laubholz hinweisen. So leiten sich nach v. Berg² von 6905 Ortsnamen in Deutschland und Österreich 6115 vom Laubholz und nur 790 vom Nadelholz her. In Sachsen sind die entsprechenden Zahlen 93 : 22, in der Mark sogar 139 : 4! Daß damit aber keineswegs das richtige ehemalige Verhältnis von Laub- und Nadelholz wiedergegeben wird, ist selbstverständlich, aber doch in Übertreibung hier und da behauptet worden. Es läßt sich von vornherein annehmen und ist auch geschichtlich nachweisbar, daß der fruchtbarere Laubholzboden stärker besiedelt wurde wie der geringwertigere Nadelholzboden. Insbesondere der trockene Kiefernboden im Osten! Außerdem ist es durchaus möglich und verständlich, daß in vielen Fällen gerade die Seltenheit der Holzart die Veranlassung gegeben hat, sie zur Benennung heranzuziehen. Man könnte sich sonst das oben für die Mark angegebene Verhältnis von Laub- zu Nadelholz gar nicht erklären, denn es ist ja fast viermal so hoch wie im Durchschnitt von ganz Deutschland.

Nach Abschluß der Rodungen war die nordostdeutsche Tiefebene jedenfalls größtenteils ein vorwiegendes Nadelholzgebiet, mit Ausnahme der Überschwemmungsgebiete, der dem Walde wegen Geländeschwierigkeiten verbliebenen Endmoränen und der Bruchflächen. Daß aber in den Kiefernwaldungen des Ostens die Laubhölzer, besonders die Eiche, auf allen etwas anlehmigen oder auch nur frischeren Böden noch häufiger als Mischhölzer vorkommen, das bezeugen viele alte Grenzbeschreibungen durch Aufzählung von Eichen als Grenzbäume, ebenso alte Holztaxen und Forst-

¹ Eigilis: Vita St. Sturmi.

² Berg, v.: Geschichte der deutschen Wälder bis zum Schlusse des Mittelalters. Dresden 1891.

bereitungsprotokolle. An anderen Stellen werden aber auf lange Strecken hin nur Kiefern als Grenzbäume genannt. Es ist also sicher, daß es daneben auch schon damals große reine Kiefernwälder auf ärmeren trockenen Sanden gab.

So heißt es z. B. für die Große Pförtner Heide in der märkischen Lausitz 1688: „das meiste kurz Kiefernholz, gar wenig einzelne Fichten umb die Bruche und Seen und ist gar selten eine Eiche zu sehen“! Zahlreiche andere Urkunden bezeugen Ähnliches für gleichartige Standorte¹.

Aus den mit Laubholz gemischten Wäldern auf den besseren Böden aber verschwand dann das Laubholz teils durch rücksichtslosen Aushieb, teils durch den Verbiß des Weideviehs von Jahrhundert zu Jahrhundert immer mehr. Besonders scheint dieser Verlust im Osten die Eiche betroffen zu haben, weniger die Buche.

So war nach einer Zählung der haubaren Stämme in der Góhrde im Jahre 1777 der Anteil der Holzarten etwa folgender:

1777: Eiche 47 %, Buche 19 %, Birke und Aspe 25 %, Nadelholz 9 %.

1833 betrug der Flächenanteil des Nadelholzes schon rund 20 %.

1894: Eiche 9 %, Buche 3 %, Birke pp. 2 %, Nadelholz 86 %.

In der Mark Brandenburg betrug nach einer Statistik von 1809² der Flächenanteil der Holzarten:

Eiche 18 %, Buche 4 %, Eichen, Buchen, Kiefern gemischt 7 %, Erlen und Birken 16 %, reine Kiefern 58 %.

Im Jahre 1900 aber war das Verhältnis:

Eiche 2 %, Buche 2 %, Birke und Erle 2 %, Nadelholz 94 %.

In den westdeutschen Laubwaldgebieten und im unteren Gebirgswald vollzog sich dann ein ähnlich starker Rückgang des Laubholzes, hier besonders der Buche zugunsten der Fichte, in geringerem Grade auch zugunsten der Kiefer. So konnte ich auf Grund einer geschichtlichen Studie für den Nordwestharz feststellen³, daß der Flächenverlust der Buche an die Fichte zwischen 1700—1900 etwa 30 % betragen hat, und daß die Fichte dabei nicht nur als Mischholz in ehemals reine Laubholzbestände eingedrungen, sondern vielfach ganz an deren Stelle getreten war. Der Hauptverlust, der auch waldbaulich am schwersten wog, war der, daß die zahlreichen ehemaligen Buchen-Fichtenmischbestände am Harz nach 200 Jahren fast vollständig verschwunden waren und reinen Fichtenbeständen Platz gemacht hatten.

Die so in Ost und West anfangs stetig, zuletzt sogar sprunghaft fortgeschrittene Verdrängung des Laubholzes durch das Nadelholz hat die verschiedensten Gründe gehabt. Teilweise, besonders bei der Eiche, war es der schonungslose Aushieb zur Nutzung ihres gesuchten Holzes, der sie aus den Buchenbeständen und im Osten auch aus den Kiefernbeständen verschwinden ließ. Ihre frühere fast ausschließliche Verwendung zum Bau der alten Fachwerkhäuser wurde zwar durch viele Verbote in den mittelalterlichen und späteren Forstordnungen eingeschränkt, aber das wurde dann durch den Schiffsbau- und Stabholzhandel, der Geld in die leeren Kassen bringen sollte, im 17. und 18. Jahrhundert reichlich wieder wettgemacht.

Daneben beginnt aber schon ziemlich frühzeitig in den Gebirgswaldungen mit gemischter Bestockung eine absichtliche Begünstigung des Nadelholzes wegen seines rascheren und geraderen Wuchses.

So finden sich z. B. im Harz, im Schwarzwald und Thüringer Wald schon im 16. und 17. Jahrhundert allerhand Vorschriften, die die Buche als „schadenbringende“ Holzart,

¹ Vgl. dazu Dengler: Die Horizontalverbreitung der Kiefer, S. 45 u. 76ff.

² Pfeil: Forstgeschichte Preußens. Leipzig 1839.

³ Dengler: Die Wälder des Harzes einst und jetzt. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1913. H. 3.

die den jungen Nadelholzanflug bedrängt, auszuhauen befehlen. Im Schwarzwald hat man sogar die stärkeren Buchenstangen über Weißtannenanzug durch Ringeln zur Saftzeit zum Absterben gebracht. Wie großen Umfang diese Maßregel dort angenommen haben mag, geht aus der Redensart der Waldarbeiter hervor: „Es geht ins Buchendörren!“

Noch mehr hat der Buche wohl der maßlose Köhlereibetrieb geschadet, der besonders die nur aus ihr zu gewinnende „harte“ Kohle suchte. Schließlich ist aber in der Hauptsache doch der durch die großen Übernutzungen und vielen Mißbräuche entstandene schlechte Waldzustand mit seinen vielen Laubholz-, „Räumden“ und „Blößen“ die unmittelbare Veranlassung gewesen, diese mit dem leichter anzubauenden Nadelholz künstlich wieder aufzuforsten. Die Kulturmethoden dafür waren ja schon früh erfunden und sind hier und da schon im 16. und 17. Jahrhundert im Walde angewendet worden. Ihr voller Einsatz hat sich aber erst im Laufe des 18. Jahrhunderts vollzogen, in dem man dann bis ins 19. Jahrhundert hinein in größtem Umfange solche alten Blößen und Räumden in Nadelholz umwandelte. In der Neuzeit ist man dann noch weitergegangen und hat auch an sich noch leidlich bestockte, aber geringwüchsige Laubholzorte (sog. „buchenmüde“ Bestände) abgetrieben und in reines Nadelholz übergeführt. Die Bemerkung „Kahlabtrieb und Anbau mit Nadelholz!“ findet sich in den Betriebsplänen der vergangenen Jahrzehnte in den Laubholzrevieren Westdeutschlands in ständiger Wiederkehr. Sicher ist man dabei weit über das notwendige Maß hinausgegangen. Erst in der allerneuesten Zeit macht sich, gestützt auf die Erkenntnis und die Erfahrungen von den waldbaulichen Vorzügen des Laubholzes und des Mischwaldes ein gewisser Umschwung bemerkbar, der das Laubholz auf solchen Standorten nicht ganz verschwinden lassen will, sondern mindestens als Mischholz zwischen der Fichte und Kiefer zu erhalten sucht.

Einen Teil der Schuld an dem Rückgang des Laub- und Mischwaldes trägt aber ohne Zweifel auch der im 19. Jahrhundert einsetzende Kahlschlagbetrieb. Wenigstens ist die Erhaltung einer so frostgefährdeten Holzart wie der Buche im Jugendzustand auf der freien Fläche aufs äußerste gefährdet. Im östlichen Kieferngebiet dürfte sie aber hierdurch trotzdem nicht allzuviel verloren haben, wie einzelne bestandesgeschichtliche Untersuchungen für die Lehrreviere Biesenthal² und Chorin³ gezeigt haben. Sie hat sich hier verhältnismäßig zäh durch Vorverjüngung im noch stehenden Altbestand, durch Stockausschlag und schließlich vor allem durch Wiedereinwanderung im Stangenholz des nachfolgenden Kiefernbestandes erhalten. Mehr hat durch den Kahlschlag wohl die Weißtanne im ehemaligen Mischbestand in Süddeutschland an die Fichte verloren.

In den in Kiefer umgewandelten ehemaligen Laubholzbeständen vollzieht sich neuerdings die Rückeinwanderung von Eiche und Buche sehr häufig und sehr leicht auf natürlichem Wege (durch Verschleppung der Samen durch Eichelhäher, Eichörnchen und Mäuse). Sie wird dort auch durch die Forstwirtschaft neuerdings kräftig mittels künstlichen Unterbaues gefördert, so daß es hier kein unerreichbares Ziel zu sein scheint, daß alle diese verlorenen Posten des Laubholzes in absehbarer Zeit wenigstens für den Mischbestand wieder zurückgewonnen sein werden. Bei der viel unduldsameren Fichte im Westen wird das viel schwieriger sein.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß sich das ursprüngliche Waldbild Deutschlands in der geschichtlichen Zeit durch Rodung, allgemein wirtschaftliche Verhältnisse und besondere forstliche

¹ Gerwig, F.: Die Weißtanne im Schwarzwald. Berlin 1868.

² Von Oberförster Dr. R. Hilf. Nur im Manuskript.

³ Von Oberförster A. Olberg. Nur im Manuskript.

Maßnahmen stark vom Mischwald zum Reinbestand, von Laubholz- zu Nadelholzbestockung verändert hat, so daß das ehemals geltende gegenseitige Verhältnis von vielleicht 2:1 sich heute etwa in 1:2 umgekehrt hat. Dabei hat die Eiche meist ihr Gebiet an Buche und Kiefer, die Buche an Fichte und Kiefer und schließlich die Tanne an die Fichte verloren.

8. Kapitel. Die Wald- und Holzartenverteilung in Deutschland und die einzelnen Waldgebiete.

Das Endergebnis des im vorigen Abschnitt geschilderten Entwicklungsganges liegt in dem neueren Stand der Waldfläche und der Beteiligung der einzelnen Holzarten an ihr vor. Wir wollen als Zeitpunkt hier die letzte Jahrhundertwende wählen, weil gerade um 1900 sehr umfangreiche forststatistische Erhebungen in Deutschland ausgeführt worden sind, und weil für die gegenwärtige Zeit die nötigen Unterlagen infolge der politischen Gebietsveränderungen nach dem Weltkriege noch fehlen. Für die Zwecke unsrer Betrachtung spielt die Wahl des etwas zurückliegenden Zeitpunkts auch keine Rolle, da sich Waldbestand und Waldcharakter in dieser kurzen Zeit nicht oder nur ganz unwesentlich geändert haben. Einen Überblick über den verschiedenartigen relativen Waldreichtum der einzelnen europäischen Länder vor dem Weltkrieg mögen die folgenden Zahlen geben:

Prozentuale Waldfläche.			
1. Finnland	über 50 % (?)	10. Rumänien	19—21 % (?)
2. Schweden	40—47 %	11. Frankreich	18 %
3. Rußland ¹	35 %	12. Belgien	18 %
4. Österreich	32 %	13. Italien	14 %
5. Ungarn	30 %	14. Spanien ²	10 %
6. Bulgarien	28—30 % (?)	15. Griechenland	9 %
7. Deutschland	26 %	16. Holland	8 %
8. Norwegen	24 %	17. Dänemark	8 %
9. Schweiz	24 %	18. Portugal	5 %
		19. England und Irland	4 %

Ein Teil dieser Zahlen ist unsicher, da noch keine genauen Statistiken vorliegen oder auch die mit lockerem Busch- und Weidewald (Südeuropa) oder mit ebenso unproduktivem Sumpf- und Hochmoorwald (Nordeuropa) bedeckten Flächen teilweise mit zum Wald gerechnet sind. Unter Miteinbeziehung derartiger Flächen hätte z. B. Spanien fast ein doppelt so hohes Bewaldungsprozent, was aber pflanzengeographisch wie wirtschaftlich ein ganz schiefes Bild ergeben würde. Auch innerhalb einzelner Länder weist die Bewaldungsdichte auf sehr großen Gebietsteilen noch teilweise starke Abweichungen auf, wie z. B. in Rußland, wo dem ganz waldarmen bis waldlosen Süden der sehr dicht bewaldete Norden gegenübersteht. Ähnliche Gegensätze finden sich auch in Südeuropa zwischen den großen Tiefebene und den gebirgigen Landesteilen (Rumänien, Bulgarien, Ungarn).

Das durchschnittliche Bewaldungsprozent von Europa soll nach Weber³ etwa 30% betragen, wird aber bei Abrechnung aller nicht vollen Wald in unserm Sinn tragenden Flächen doch wohl einige Prozent tiefer liegen!

Man kann nach obiger Übersicht unter Berücksichtigung der Vollkommenheit des Waldzustandes und seiner gleichmäßigen Verteilung etwa zwei Gruppen bilden: eine mit genügender bis übergemessener Waldbestockung (waldreiche Länder) und eine mit ungenügender (waldarme Länder). Der Schnitt würde dann etwa hinter Frankreich zu machen sein. (Belgien hat eine sehr ungleiche Waldverteilung und im Verhältnis zu seiner starken Be-

¹ Ohne Finnland.

² Nach tatsächlich mit geschlossenem Wald bedeckter Fläche.

³ In Handb. d. Forstwissenschaft. 4. Aufl. Band I, S. 64.

völkerung viel zu wenig Wald.) Deutschland steht, wie wir sehen, gut in der Mitte, und auch seine Waldverteilung ist im Verhältnis zu andern Ländern befriedigend. Auf der beigegebenen Karte (Tafel II) ist die Verteilung des Waldes und der Hauptholzarten nach den statistischen Erhebungen vom Jahre 1900 für den damaligen Umfang des Deutschen Reichs nach Unterbezirken dargestellt.

Diese Karte ist s. Z. von mir als Beigabe für die Schwappachsche Arbeit „Wald und Forstwirtschaft“ in dem großen Sammelwerk „Der Mensch und die Erde“¹ entworfen. Neuere Erhebungen werden neben den politischen Veränderungen auch wohl kleine Abweichungen in den Wald- und Holzartenflächen ergeben, aber nur so geringfügiger Art, daß sie in diesem Maßstab kaum zum Ausdruck gelangen würden. Das Bild von 1900 ist in großen Zügen sicher noch heute dasselbe geblieben und wird sich auch durch die weiter zu erwartenden Änderungen für die nächste Zukunft nicht merkbar ändern.

Die kartographische Darstellung gibt durch möglichst einfache Teilfiguren die Landesfläche der einzelnen Unterbezirke (rot umgrenzt) an ihrer geographischen Stelle wieder und in ihnen die gesamte Waldfläche (farbig gedeckt), so daß man überall durch den Vergleich der weißen mit der farbigen Fläche das Verhältnis von Wald- zu Nichtwaldfläche ablesen kann. Innerhalb der Waldfläche ist dann im jeweils oberen Quadrat die Laubwaldfläche, im unteren der Nadelwald im richtigen Flächenmaßstab dargestellt und in beiden wieder der Anteil der hauptsächlichsten waldbildenden Holzarten in verschiedenen Farben.

Wenn man auf der Karte zunächst die Verteilung von Wald- zu Nichtwaldfläche betrachtet, so wird man sofort die häufig verbreitete falsche Vorstellung von dem besonders großen Waldreichtum des Ostens fallen lassen müssen. Gerade umgekehrt ist es der mitteldeutsche Westen, der am stärksten bewaldet ist. Das Bewaldungsprozent beträgt dort in den meisten Bezirken über 30—40 % (Hessen, Pfalz, Hessen-Nassau und Rheinland). Umgekehrt liegt es im Osten meist unter oder knapp bei 20 % (Ostpreußen, Westpreußen, Posen und Pommern). Die geringste Bewaldung findet sich aber im Norden und Nordwesten im nordwestdeutschen Heidegebiet und auf der schleswig-holsteinischen Halbinsel. Hier bleibt das Bewaldungsprozent unter 10 zurück.

Wir sehen also, daß der Westen sich trotz des fruchtbareren Bodens und günstigeren Klimas und auch trotz älterer Besiedelung mehr an Wald erhalten hat. Das Ausschlaggebende ist hier die reiche Gebirgsgliederung gewesen. Auch verhältnismäßig niederes Bergland enthält immer schon viele steinige und flachgründige Böden und zu steile Hänge, als daß der Feldbau sich auf ihnen lohnen würde. Außerdem verbietet sich der Ackerbau weiter ab von den Dörfern und etwas höher hinauf wegen der Schwierigkeiten der Dunganfuhr bei meist schlechten Wegen. Einzelkarten mit farbig gedeckten Waldflächen aus solchen Gegenden lassen diese Zusammenhänge klar erkennen. Den niedrigen Bewaldungsziffern der östlichen und nördlichen Gegenden in Deutschland entspricht das Wegfallen dieser Hinderungsgründe für die Besiedelung und den Feldbau. Im einzelnen zeigt sich aber auch der Einfluß besserer Böden und drückt hier das Bewaldungsprozent noch weiter herunter. So sind z. B. die Weizen- und Rübenegenden in Sachsen, Schlesien und Pommern sehr waldarm. Dies hebt sich aber bei der Abgrenzung in größere Bezirke wie auf der Karte nicht mehr heraus.

Überblickt man dann weiter die Holzartenverteilung, so fällt sofort der große Unterschied der vorwiegenden Laubholzbestockung im ganzen

¹ Der Mensch und die Erde. Herausgegeben von H. Kraemer. Berlin: Deutsches Verlagshaus Bong & Co.

Additional information of this book

(*Ökologie des Waldes mit bes. Berücks. des deutschen Wirtschaftswaldes ;*
978-3-662-26890-2_OSFO) is provided:



<http://Extras.Springer.com>

Westen gegen das starke Überwiegen des Nadelholzes im Osten in die Augen. Dabei ist zu bedenken, daß dieser Unterschied sogar ohne den Einfluß der forstlichen Wirtschaft noch viel stärker sein würde, da die gesamten Nadelholzflächen in Westdeutschland nördlich der Mainlinie und östlich vom Harz—Thüringer Wald fast ganz auf künstlicher Einführung von Kiefer und Fichte beruhen. Man kann also hier die Größe der Veränderung des Waldbildes durch den Menschen gewissermaßen graphisch dargestellt sehen. Die gesamte Laubholzfläche des deutschen Waldes betrug um 1900 rund 32%, die des Nadelholzes 68%.

Das Verhältnis der einzelnen Hauptholzarten stellte sich etwa folgendermaßen:

Kiefern	45%	Eiche	7%
Fichte	20%	Tanne	3%
Buche	14%		

Der Rest von 11% wird von Laubholzmischwald, Erlen, Birken u. a., gebildet.

Die Kiefer findet ihre Hauptverbreitung in der Mark, wo sie absolut (nach Größe der Fläche) wie relativ (im Verhältnis zu den andern Holzarten) ihr Maximum erreicht, das sich aber noch in die östlich und nördlich angrenzenden Bezirke Pommern, das ehemalige Westpreußen und Posen und den Liegnitzer Bezirk (Lausitz und Niederschlesien) fortsetzt.

Ein abseits gelegenes starkes Hervortreten findet sich dann noch südlich der Mainlinie in der Pfalz und in Franken. (Bez. H. Pf. und M.—OF.—OP. der Karte.) Im Westen klingt ihre Verbreitung sehr stark ab (künstliche Einführung). Auch im Nadelwald spielt sie dort neben der ebenfalls künstlich eingeführten Fichte doch eine mehr untergeordnete Rolle, besonders im Rheinland und in den westfälischen Bezirken Minden und Arnberg.

Die Fichte zeigt deutlich zwei Hauptverbreitungsgebiete, das eine im Nordosten in Ostpreußen, das andere im mittleren und südlichen Deutschland (Sachsen, Hildesheim—Braunschweig, Thüringen, Bayern, Württemberg und Baden). Auch in Schlesien und in einzelnen der westdeutschen Bezirke (Kassel, Arnberg) tritt sie noch stark hervor, trotzdem sie in den letzteren nur künstlich eingeführt wurde. Abgesehen davon hebt sich aber doch ihr natürliches Verbreitungsgebiet durch den sehr viel stärkeren Flächenanteil am Walde überall noch ziemlich scharf heraus.

Die Buche hat ihr Maximum in der Provinz Hessen-Nassau und den umgebenden Nachbarbezirken. Nach Osten hin ist eine rasche und starke Abnahme bis zu den minimalen Flächen in Schlesien, Posen und Westpreußen zu bemerken. Im Norden längs der Küste von Schleswig bis zum westlichen Ostpreußen (Bez. Königsberg) zeigt sich aber wieder deutlich eine starke Zunahme, so daß man sagen kann, daß ihre Maximalverbreitung von Westen aus in einem Flügel über Norden nach Osten hin ausklingt. Man kann hierin wohl die Wirkung des ebenso ausklingenden ozeanischen Klimas sehen, in welchem ja, wie wir früher sahen, der Schwerpunkt ihres europäischen Verbreitungsgebietes liegt.

Das Maximum der Eichenverbreitung liegt nahe bei der Buche, aber doch etwas westlich davon im Rheinland, Westfalen und den angrenzenden Bezirken. Der Abfall der Verbreitung nach Osten ist lange nicht so jäh und stark wie bei der Buche, auch zeigt sich hier kein Wiederschwellen in den Küstenlandschaften, was alles recht gut mit den biologischen Grundlagen übereinstimmt, die wir früher bei den natürlichen Verbreitungsgebieten besprochen haben. Es sind eben trotz der langen und weitgehenden Be-

einflussung durch den Menschen die natürlichen Züge des Waldbildes immer noch nicht ganz verwischt.

Die als Laubmischwald angegebene Fläche bezieht sich auf diejenigen Waldteile, in denen keine bestimmte Holzart vorherrscht. Sie dürfte in der Hauptsache wohl von Eiche, Buche, Hainbuche und Birke gebildet sein, da die andern Laubhölzer neben diesen kaum erheblich ins Gewicht fallen. Besonders reich an derartigen Flächen ist Süd- und Mittelwestdeutschland.

Die Weichhölzer Birke, Erle, Aspe, Weide spielen eine erhebliche Rolle nur im äußersten Nordosten. Hierin deutet sich in Ostpreußen bereits der Beginn des sarmatischen Waldcharakters an, wie dieser dann weiter östlich im Baltikum und in Rußland immer ausgeprägter zutage tritt.

Die Tanne hat nur in den 4—5 südlichsten Bezirken eine merkbare Verbreitung. Relativ am stärksten tritt sie in Elsaß-Lothringen auf.

Wenn man eine Einteilung Deutschlands in charakteristische Waldgebiete vornehmen will, dann wird man sich auf diese statistischen Verhältnisse stützen müssen, wird aber daneben doch auch noch einige andere Gesichtspunkte mit heranziehen, die für die einzelnen Gebiete bezeichnend sind. Selbstverständlich sind die Waldcharaktere der einzelnen Gebiete in sich niemals ganz einheitlich. Auch gehen sie an den Grenzen ineinander über. Trotzdem lassen sich solche besonderen Gebiete doch mehr oder minder deutlich voneinander unterscheiden. Die älteste und übersichtlichste Einteilung hat s. Z. B. Borggreve in seinem Lehrbuch der Holzzucht gegeben. Ich werde ihr mit einigen Abänderungen hier im allgemeinen folgen (vgl. die Karte Abb. 37).

1. Das nordostdeutsche Kiefernggebiet

umfaßt die Tiefebene östlich der Elbe und nördlich des Berg- und Hügellandes, das den sächsisch-schlesischen Gebirgen vorgelagert ist. Westlich der Elbe gehört noch die Altmark dazu. Fast überall ist die Kiefer der Hauptcharakterbaum, der hier große zusammenhängende Waldungen (die sog. Kienheiden) bildet und von Natur auf allen ärmeren und trockneren Böden in großen Reinbeständen auftritt. Eingesprengt findet sich noch heute auf mittleren Sandböden und fand sich früher noch häufiger die Eiche (Traubeneiche). Mit ihr, aber auch ohne sie, findet sich auch stellenweise die Hainbuche, meist indessen nur als Unterholz. Eine auf frischeren, feinkörnigen Sanden glücklicher Weise noch weit verbreitete Waldform, neuerdings auch künstlich geschaffen oder wiedergeschaffen, ist der Kiefernwald als Oberschicht mit Buche, Traubeneiche oder Hainbuche in mehr oder weniger starker Entwicklung als Unterschicht, die hier und da auch in die Oberstufe hineinwächst.

Auf den dem Wald verbliebenen Lehmböden, hauptsächlich in den Moränengebieten, treten überall Buchen- und Eichenbestände, im ganzen aber doch wenig umfangreich, auf.

Auf den das Gebiet in großen und kleinen Flecken durchsetzenden Bruchern stocken reine Erlebestände (Schwarzerle).

Die Birke ist überall einzeln, an den Bruch- und Seerändern auch gürtelartig eingesprengt. Wo sie häufiger vorkommt, ist dies meist auf frühere Waldverwüstung zurückzuführen.

Hochmoore finden sich zwar nicht selten, aber meist nur auf kleineren Flächen. Sie tragen in der Mitte auf den höheren Stellen meist einen dürftigen bis krüppeligen Bestand von Kiefern und Birken.

Zahlreich ist im Kleinbesitz der meist durch Mißhandlung entstandene „Kiefernkusselwald“, mit niedrigen, buschartigen Kiefern, die oft keinen richtigen Bestand mehr bilden, sondern alle Übergangsstufen zum Ödland zeigen.

Von diesem Gebiet sind als besondere Untergebiete abzutrennen:

1a. Das nordostdeutsche Küstengebiet

von Mecklenburg bis Danzig. Die Kiefer ist zwar auch hier der Hauptwaldbaum, aber der Laubwald, insbesondere die Buche, nehmen einen viel stärkeren Anteil ein. Es besteht auch eine deutliche Neigung zu stärkerer Rohhumusbildung, besonders in Mecklenburg und Vorpommern (Ausklingen des nordwestdeutschen Heidegebietes, s. d.).

1b. Das ostpreußische Kiefern-Fichten-Gebiet

von Danzig bis zur Ostgrenze. Die Fichte tritt in starkem Umfang neben die Kiefer, die hier zwar ihr Optimum, aber nicht ihr Maximum findet. Neben



Abb. 37. Übersichtskarte der deutschen Waldgebiete.

Mischbeständen, in denen die Fichte nur als Unterstand vorkommt, finden sich auch solche, in denen sie mit der Kiefer gleichwüchsig ist, und schließlich auch reine Fichtenbestände größerer Ausdehnung.

Auf den niedrig gelegenen feuchten Lehm Böden (litauische Lehmreviere) bildet sich ein neuer, eigenartiger Waldtyp aus. Die Rotbuche fehlt, dagegen entwickelt sich ein artenreicher Mischwald, in dem neben Eiche (meist Stieleiche) und Fichte die Hainbuche, Esche, Birke, Aspe und Linde (*parvifolia*) in sehr reicher Einsprengung und hoher Vollkommenheit auftreten. Große Erlenwäldchen und in zunehmendem Umfange auch große Hochmoorbildungen. (Übergang zu osteuropäischen Waldformen.)

1c. Das ober-schlesische Kiefern-Fichten-Tannen-Mischgebiet.

Als neues waldbildendes Element tritt gegenüber 1b noch die Weißtanne hinzu. Alle drei Nadelhölzer bilden auf frischeren Böden schöne Mischbestände, meist mit der Kiefer als Hauptholzart. Diese bleibt auf trockneren

Sandböden allein herrschend. Der Typ der litauischen Lehmreviere mit ihrer bunten Mischung von Weichhölzern fehlt hier so gut wie ganz. Die Rotbuche tritt sehr spärlich und meist nur als Mischholz auf.

2. Das nordwestdeutsche Heidegebiet

umfaßt das Tiefland westlich der Elbe etwa bis zur Linie Gifhorn—Rehburg—Rheine und die schleswig-holsteinische Halbinsel. Es ist ein Gebiet, in dem Wald und Heide infolge des atlantischen Klimacharakters, der besonderen Bodenbedingungen und jahrhundertealter eigentümlicher Wirtschaftsverfahren (Heidschnuckenweide und Plaggenhieb) heute noch in einem gewissen Kampf liegen (vgl. S. 10).

Ursprünglich war der Wald fast reiner Laubwald, meist von Buche, aber auch Eiche (mehr Stieleiche) gebildet, die heute noch in verbissenen Stocksausschlägen auf weiten Heideflächen sich als Überbleibsel findet (sog. Eichenkratt oder Eichenstühbusch). Kiefer und Fichte treten von Natur nur auf kleinen Enklaven im mittleren südlichen Teil des Gebietes auf, sind aber durch künstliche Kultur (Heideaufforstungen) jetzt weit verbreitet, so daß die Kiefer in einzelnen Teilen heute die Hauptholzart, meist allerdings erst in jüngeren Beständen, bildet. Die vereinzelt angebaute Weißtanne zeigt bis jetzt gutes Gedeihen. In jüngster Zeit ist auch die japanische Lärche vielfach eingeführt worden.

Es besteht große Neigung zu Rohhumusbildung. Die Nadelhölzer Kiefer und Fichte leiden viel unter Wurzelfäule, Rotfäule und Windwurf. Die waldbauliche Behandlung von Boden und Bestand ist sehr schwierig und umstritten.

Im Osten der schleswig-holsteinischen Halbinsel nehmen die Waldverhältnisse teilweise schon einen etwas anderen Charakter an (hohe und schöne Buchenbestände mit eingesprengten Eichen und auch Eschen).

3. Das niederrheinisch-westfälische Eichengebiet

umfaßt die Tief- und Hügellagen des Niederrheins und seiner Seitenzuflüsse in der Rheinprovinz bis Bonn hinauf und das westfälische Tiefland um Münster zwischen Haarstrang und Teutoburger Wald. Ein Gebiet mit meist nur kleinen Waldungen, ursprünglich nur Laubholz (meist Eiche), jetzt wegen der hohen Verwertung der Nadelhölzer zu Grubenholz (Nähe der Ruhrkohlenbergwerke) vielfach stark mit Kiefer und Fichte durchsetzt. Die Eiche (meist Stieleiche) zeigt besonders hervorragenden Wuchs und ist auch in prachtvollen alten Einzelbäumen und Gruppen um die Bauernhöfe herum der Stolz der Besitzer und ein Wahrzeichen der Gegend (ähnlich im südlichen Hannover).

4. Das westdeutsche Buchengebiet

umfaßt in der Hauptsache das Berg- und Hügelland der Provinz Hessen-Nassau, Oberhessen und die nicht in Gebiet 2 und 3 fallenden bergigen Teile von Hannover, Braunschweig, Westfalen und der Rheinprovinz. Es geht südlich etwa bis zur Mainlinie.

Die Buche ist auch heute noch die Hauptholzart und bildet in größtem Umfange rein oder vorherrschend ganze Waldungen. Die Eiche (von Natur meist Traubeneiche) tritt aber mehr oder minder reichlich eingesprengt auf, besonders in den unteren Lagen und auf den wärmeren südlichen Hängen. Hier und da finden sich auch reine Eichenbestände, meist künstlich aus früherer Zeit stammend (sog. Hute- oder Pflanzwälder).

Im Arnsberger Bezirk sowie an den Einhängen der Flußtäler von Rhein, Main, Mosel und der kleineren Seitenflüsse findet sich weit verbreitet der Eichen-niederwald, früher als Schälwald zur Lohegewinnung genutzt (Lohhecken). Dadurch bekommt der westliche Teil des Gebietes z. T. einen besonderen Charakter mit vorwiegender Eichenverbreitung. Als seltenere, aber bemerkenswerte Mischhölzer finden sich auch Bergahorn, Bergrüstern und Eschen, besonders auf Muschelkalk. Die Kiefer ist ursprünglich nur versprengt und selten auf einem schmalen Band zwischen Marburg bis Eisenach aufgetreten, deren heute noch erhaltene Reste recht gute Entwicklung, meist mit Laubholz gemischt, zeigen (z. B. Oberförsterei Wildeck im Kasseler Bezirk). Später ist sie, ebenso wie die Fichte, in weitestem Umfang auf sog. buchenmüden Standorten und auf Räumden und Lücken künstlich in reinen Beständen mitten im Buchenwald angebaut worden. Unter den älteren dieser Kiefernbestände findet sich aber schon vielfach wieder die Buche als Unterholz ein.

5. Das mitteldeutsche Fichtengebiet

umfaßt die Gebirgslagen der schlesischen und sächsischen Gebirge z. T. bis in die Vorberge hinein, den Thüringer Wald und den Harz, letztere beide nur in den mittleren und oberen Lagen, während die unteren mehr zu Gebiet 4 gehören.

Hier bildet die Fichte bis zur oberen Waldgrenze die Hauptholzart. Vom Glatzer Bergland im Südosten bis zum Thüringer Wald im Nordwesten ist ihr heute nur noch recht spärlich, ursprünglich wohl überall reichlicher, die Weißtanne im unteren Teil beigesellt. Im Harz fehlt diese von Natur. Die Rotbuche tritt als Einzelmischholz aber auch gelegentlich (besonders auf kalkreicheren Gesteinsarten) in kleinen Beständen im unteren Teil des Fichtengürtels eingesprengt auf, und zwar von Ost nach West (Schlesien nach Thüringen) mit zunehmender Häufigkeit. Tanne und Buche sind in diesem Gebiet durch den seit lange bestehenden Kahlschlagbetrieb sehr stark zurückgedrängt.

6. Das rheinhessisch-pfälzische Kiefern-Buchengebiet

umfaßt die in der Rheinebene liegenden Teile von Hessen und die bayerische Rheinpfalz. Ursprünglich fast reines Laubwaldgebiet von Buche und Eiche mit nur stellenweise (Rhein \times Mainebene) etwas stärkerem Auftreten von Kiefer, hat sich dieses kleine Gebiet durch den später sehr geförderten Anbau dieser Holzart stark in seinem Waldcharakter geändert, so daß sich Kiefer und Laubholz heute ungefähr die Wage halten. Neben reinen Beständen von Kiefer finden sich viele Mischbestände, besonders in der hessischen Rheinebene mit Kiefer im Oberholz und Laubholz im Unterstand. Die Kiefer zeigt hier raschen, aber vielfach krummen Wuchs, Grobholzigkeit und Ästigkeit (sog. Darmstädter oder Pfälzer Kiefer). In der bayerischen Pfalz finden sich infolge Streunutzung auf armem trockenem Buntsandsteinboden bei starkem Heidewuchs vielfach vollständig kümmernde und stockende Kiefernbestände, die für die waldbauliche Behandlung äußerst schwierige Verhältnisse darbieten¹.

Das ganze Süddeutschland südlich des Mains und östlich des Rheins hat Borggreve als süddeutsches Tannen-Fichten-Gebiet zusammengeschlossen. Das erscheint aber mit Rücksicht auf die natürlichen Verbreitungsverhältnisse der

¹ Vgl. Rebel: Waldbauliches aus Bayern Bd. 1, S. 89. 1922.

Holzarten und die zum Teil recht großen standörtlichen Unterschiede doch wohl zu weitgehend und grob.

Vorweg ist hier auszuscheiden:

7. Das süddeutsche Laubholzgebiet.

Es erstreckt sich vom Odenwald im Westen bis zum Steigerwald im Osten und von der Mainlinie im Norden bis zur Schwäbischen Alb im Süden, umfaßt also in der Hauptsache das hessische Bergland (Odenwald), das bayerische Unterfranken und das württembergische Stromgebiet des Neckar bis hinauf ins Gebiet des Schönbuch und die Schwäbische Alb. Es ist von Natur ein fast ausschließliches Laubholzgebiet mit Buche und Eiche als Hauptholzarten. Kiefer, Fichte und Tanne kommen ursprünglich wohl nur stellenweise in ganz untergeordnetem Maße vor (so z. B. die Kiefer in einzelnen Teilen des Odenwaldes, Fichte und Tanne im Jagstkreis), fehlen aber von Natur im größten Teil des Gebietes ganz, während sie heute, durch forstliche Kultur überall eingeführt, auch hier vielfach an Stelle des ehemaligen Laubholzes getreten sind, ohne dieses jedoch in seiner vorwiegenden Stellung im Landschaftsbild im ganzen zu verdrängen. Das Gebiet ist gewissermaßen nur eine Fortsetzung des westdeutschen Buchengebietes (4) südlich der Mainlinie.

Den übrigen Teil des süddeutschen Fichten-Tannen-Gebiets kann man vielleicht zweckmäßigerweise in folgende drei Unterabschnitte gliedern:

8a. Das fränkisch-oberpfälzische Fichten-Kiefern-Tannen-Mischgebiet

zwischen Frankenhöhe im Westen und Böhmerwald im Osten und vom oberen Main im Norden bis zur Donau im Süden. Hier herrscht teils die Fichte mit der Tanne, teils die Kiefer vor, letztere besonders auf den ärmeren und trockenen Keupersanden (Erlangen, Nürnberg), die ersteren beiden auf allen frischeren und kräftigen Böden. Daneben finden sich viele Mischbestände aller drei Nadelhölzer und auch solche mit Laubholz, insbesondere der Buche. Ähnlich wie der Landschaftscharakter durch die vielen Höhenzüge und kleinen Gebirge stark gegliedert ist, wechselt auch das Waldbild. Je nach Höhenlage und Gesteinsart schiebt sich bald die eine, bald die andere der drei Nadelholzarten, stellenweise auch das Laubholz, mehr in den Vordergrund. Im ganzen aber stellt es doch ein echtes und rechtes Mischwaldgebiet dar.

8b. Das schwäbisch-bayrische Fichtengebiet

umfaßt im wesentlichen die schwäbisch-bayrische Hochebene südlich der Donau mit den Randgebirgen des Bayrischen Waldes und der Bayrischen Alpen. Das Klima ist hier bedeutend rauher. Die Fichte tritt überall stark in den Vordergrund und macht heute etwa 80% der Waldfläche aus. Die Tanne kommt zwar im südlichen und östlichen Teil (besonders in den Randgebirgen) reichlicher beigemischt vor, fehlt aber im zentralen Teil (um München) und im nördlichen Teil nach der Donau zu ganz oder fast ganz. Die Laubholzarten, besonders die Buche, sind auch hier nachweislich durch die Kultur stark zurückgedrängt worden, haben aber doch wohl stets eine geringere Rolle gegenüber den Nadelhölzern gespielt. Verhältnismäßig reichlich tritt an vielen Orten die Birke auf. Charakteristisch für das kalte Klima und die Hochflächenlage sind auch größere Hochmoorbildungen (Filze oder Möser) mit der Spirke (aufrechte Form der Bergkiefer). Die gewöhnliche Kiefer tritt mit der Fichte zusammen und auch gelegentlich bestandsweise vorherrschend in

meist schönen, geradwüchsigen Formen auf, ist aber im ganzen nicht häufiger wie Tanne und Buche. Die Fichte ist jedenfalls fast überall tonangebend.

8c. Das badisch-württembergische Fichten-Tannen-Buchengebiet, vom Rheintal im Westen bis etwa zur Iller im Osten und von den Ausläufern des Schwarzwaldes im Norden bis zum Rheinknie und Bodensee im Süden. Den Kern des Gebietes bildet der Schwarzwald selbst. Je nach der Höhenlage und sonstigen örtlichen Unterschieden tritt bald mehr die Fichte, bald die Tanne, in den unteren Lagen die Buche hervor. Es finden sich viele prachtvolle Mischbestände besonders von Fichte und Tanne, aber auch solche von diesen beiden Arten mit der Buche zusammen. Die Kiefer tritt zwar meist nur einzeln eingesprengt, aber in sehr schönen, lang- und geradwüchsigen Formen (süddeutsche Höhenkiefer, Schwarzwaldkiefer) auf. In den unteren, milderen Lagen herrscht das Laubholz (Buche mit Eiche, Ahorn, Esche und Rüster) in bunter Mischung und in alten mittelwaldartigen Formen vor. An den wärmsten und geschütztesten Stellen (untere Rheinhänge und Bodenseegebiet) gedeihen auch schon alle empfindlicheren ausländischen Holzarten im Walde. Das Gebiet zeigt dort schon ausgeprägten Castanetum-Charakter.

9. Das elsässisch-lothringische Buchen-Tannen-Gebiet

umfaßt das linksrheinische, jetzt von Deutschland abgetrennte Gebiet der ehemaligen Reichslande. Die Fichte fehlt von Natur im lothringischen Teil ganz, in den elsässischen Vogesen tritt sie nur in geringem Umfang auf. Ganz Lothringen und die unteren bis mittleren Lagen des Elsaß sind vorwiegend Laubholz (Buche mit Eiche). In den wärmsten Lagen hat sich auch die Eßkastanie eingebürgert. In den höheren Lagen (Vogesen) wird die Tanne herrschend und zeigt hier optimales Verhalten, ohne die Buche indessen ganz auszuschließen, die hier grenzbildend sogar bis zu den Kammhöhen aufsteigt. In der Rheinebene treten einzeln auch Eiche und Kiefer bestandsbildend auf (Heiliger Wald von Hagenau).

10. Das Auewaldgebiet

umfaßt, alle vorigen Gebiete aderartig durchsetzend, die ehemaligen oder noch jetzigen Überschwemmungsgebiete der großen deutschen Ströme (Weichsel, Oder, Elbe, Weser, Rhein, Donau) und ihrer Seitenströme (Havel, Mulde, Saale, Main u. a.), soweit deren fruchtbare Schlickböden nicht längst von der Landwirtschaft in Anspruch genommen sind.

Diese Auewälder zeigen von Ost nach West und von Nord nach Süd einen recht einheitlichen Charakter, bezeichnet durch das völlige Fehlen aller Nadelhölzer und der Rotbuche, während die Eiche (von Natur fast nur Stieleiche) mit Esche und Rotrüster einen bunten Mischwald bilden, in dem auch vielfach Pappeln, Weiden, Erlen, Birken, Ahorne und wilde Obstbäume eingesprengt sind, und in dem eine stark entwickelte Unterschicht von allerlei Sträuchern, Gräsern und Kräutern auftritt, so daß dieser Wald noch am ehesten von allen unseren Formen dem Bild des ganz von Grün erfüllten tropischen Regenwaldes nahekommt, zumal auch Efeu, wilder Hopfen, Waldrebe und rankendes Geißblatt den Typ der Lianen vertreten. Die reiche Schichtung ist aber zweifellos auch auf Rechnung des hier noch lange herrschenden Mittelwaldbetriebes zurückzuführen.

Zweiter Abschnitt. Der Einfluß der Lebensbedingungen auf den Wald und die einzelnen Holzarten¹.

Vorbemerkungen.

In der Natur wirken alle Lebensbedingungen als Gesamtheit auf die Pflanzenwelt ein. Wenn auch nur eine ganz fehlt, ist Leben nicht möglich. Die Wirkung im ganzen wird aber auch dann in hohem Maße beeinflusst, wenn einer der Faktoren, obwohl zum Leben noch hinreichend, in ungünstiger Form oder in geringer Menge auftritt. Liebig begründete darauf, hauptsächlich vom agrilkulturchemischen Standpunkt aus (Menge der verschiedenen Mineralstoffe im Boden), das sog. Gesetz des Minimums: Maßgebend für die Produktion ist der im Minimum vorhandene Faktor der Pflanzenernährung. In der Folge hat man dann dieses Gesetz auch auf die andern Lebensfaktoren übertragen. Neuerdings hat Mitscherlich² bestritten, daß nur der Faktor im Minimum bestimmend ist und hier eine Reihe von andern Beziehungen gefunden, die etwa in folgenden Sätzen zusammenzufassen wären: Jeder Faktor wirkt „1. nach Maßgabe der ihm für die Pflanzen zukommenden Bedeutung (Wirkungswert), 2. seiner jeweiligen Optimumferne (in Minimumnähe starke ertragsteigernde Wirkung, in Optimumnähe schwache) und 3. des Niveaus der anderen Faktoren“³. Die Stellungnahme der Wissenschaft zu diesen Thesen ist wohl noch nicht endgültig abgeschlossen. Jedenfalls zeigen aber alle auf Grund exakter Versuche gewonnenen Ergebnisse, wie verwickelt die Wirkung der Einzelfaktoren und wie schwer sie zahlenmäßig festzustellen ist. Wir werden uns vorläufig vielfach damit begnügen müssen, nur die Art und die Richtung ihrer Wirkung kennenzulernen.

9. Kapitel. Die Wärme.

Allgemeines über Wärmewirkung. Ob und in welchem Maße die Pflanze die von außen kommende Wärme als Kraftquelle benutzt und in Arbeit oder Stoff umsetzt, ist in der Pflanzenphysiologie (im Gegensatz zum Licht) heute noch ungeklärt. Daß aber ein gewisses Maß von Wärme zum Leben überhaupt notwendig ist, ist bekannt, ebenso auch, daß dieses Maß sehr verschieden bei den einzelnen Arten ist. So kommen niedere Lebewesen noch bei sehr tiefen Temperaturen unter 0° fort, höhere, wie unsere Holzarten, brauchen schon eine erheblich größeres Maß. Experimentelle Untersuchungen liegen wegen der Schwierigkeit der Versuchsanstellung meist nur für krautige Kleinpflanzen vor. An diesen hat man gefunden, daß sich überall drei Kardinalpunkte ergeben: ein Minimum, bei dem das Leben oder die Lebensäußerungen beginnen, ein Optimum, bei dem sie ihren Höhepunkt erreichen, um darüber hinaus wieder abzufallen, und ein Maximum, bei dem sie wieder aufhören bzw. Starre oder Tod eintreten. Die Lage dieser Kardinalpunkte ist aber für die einzelnen

¹ Hauptsächlichste Literatur: Außer den schon bei Abschnitt I angeführten Werken von Schimper, Warming, Rübel, Walther, Mayr, Rubner und Morosow die neueren Werke über Pflanzenphysiologie, besonders Benecke-Jost: Pflanzenphysiologie, 4. Aufl. Jena 1924. — Ferner: Lundegårdh, H.: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena 1925. — Rein forstlich: Heß, R.: Die Eigenschaften und das forstliche Verhalten der wichtigeren in Deutschland vorkommenden Holzarten, 3. Aufl. Berlin 1905.

² Mitscherlich: Bodenkunde, 3. Aufl. 1920.

³ Zitiert nach Schmidt: Neue Untersuchungen zum Kohlensäureproblem. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1923, S. 536.

Äußerungen des Lebens: Assimilation, Atmung, Verdunstung und Wachstum verschieden. In ganz groben Zahlen liegen diese Werte für die Assimilation bei den höheren Pflanzen etwa zwischen 0—5° (Minimum), 25—30° (Optimum) und 40—50° (Maximum). Wie die entsprechenden Werte für die Tätigkeit der Wurzeln liegen, die ja im meist viel kühleren Boden leben und arbeiten müssen, ist nicht näher bekannt. Die Kurven verlaufen aber für dieselbe Funktion bei sonst gleichen Bedingungen oft in sehr unregelmäßigem Anstieg und Abfall und werden bei Veränderungen der andern Bedingungen, z. B. des Lichtes oder des Kohlensäuregehaltes, sogar gänzlich verschoben (vgl. hierzu Abb. 38).

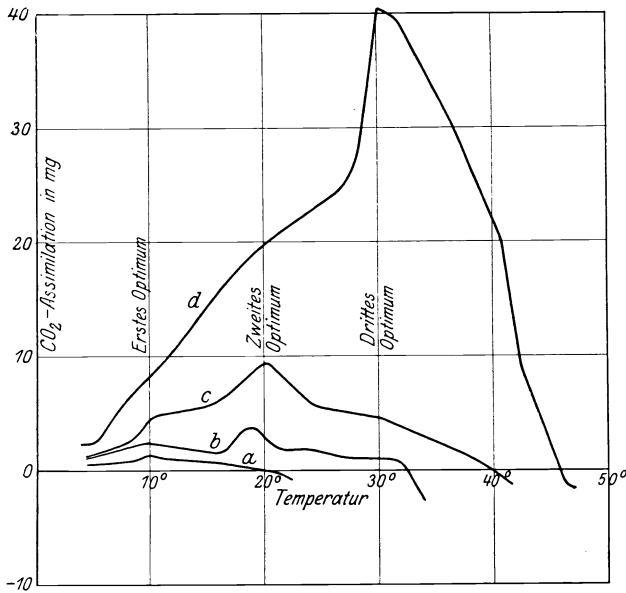


Abb. 38. Die Abhängigkeit der CO_2 -Assimilation von Temperatur, Licht und CO_2 -Konzentration. *a* sehr schwaches Licht, sehr niedrige CO_2 -Konzentration (theoretische Kurve); *b* $\frac{1}{25}$ Licht, 0,03 % CO_2 ; *c* $\frac{1}{2}$ Licht, 0,03 % CO_2 ; *d* $\frac{1}{2}$ Licht, 1,22 % CO_2 . Nach Lundegårdh. Die Assimilationskurven zeigen nicht nur verschiedene Höhe, sondern auch ganz verschiedene Lage des Optimums je nach der verschiedenen Stärke von Licht, Kohlensäure und Temperatur. Bei vollem Licht und hohem Kohlensäuregehalt (*d*) findet das Optimum der Assimilation erst bei 30° statt, bei vollem Licht und gewöhnlichem Kohlensäuregehalt (*c*) etwa bei 20°, ein zweites schwächeres Optimum bei etwa 10° usw.

raturen im Schatten und auch diese nur in Mittelwerten (morgens, mittags, abends) angeben. Für die Pflanze im Freiland, auch für das dem freien Himmel zugewendete Kronendach des Waldes kommt aber die erheblich höhere und sprunghaft wechselnde Strahlungswärme in Betracht. Es ist auch für unsere Holzarten vorläufig noch völlig unbekannt, bei welcher Steigerung der Temperatur das Optimum für die Stoffherzeugung überschritten wird, indem dann die Atmung die Assimilation übersteigt (sog. Kompensationspunkt) oder die gesteigerte Verdunstung zum Verschluß der Spaltöffnungen und damit zum Aufhören der Assimilation führt.

Versuche zur Berechnung der Wärmewirkung. Die Versuche, trotzdem zu einer zahlenmäßigen Erfassung der Wärmewirkung bei unsern Holzarten zu kommen, sind zahlreich und bis in die Neuzeit hinein fortgesetzt worden. Sie führen aber trotz einzelweiser scheinbar guter Übereinstimmung bei weiterer Nachprüfung meist zu Widersprüchen.

Es muß nach diesen Untersuchungen, deren Ergebnisse wohl allgemeiner Natur sein dürften, und die auch für die meisten, wenn nicht alle übrigen Faktoren Geltung haben werden, ziemlich aussichtslos erscheinen, daß wir jemals zu einer zahlenmäßigen Bestimmung dieser Kardinalpunkte aus Beobachtungen und Messungsergebnissen in der freien Natur gelangen können, wo alle Faktoren in den mannigfachsten Kombinationen miteinander auftreten und fast niemals ein Faktor, z. B. die Wärme, sich allein ändert, sondern damit fast immer auch andere, wie z. B. Licht, Feuchtigkeit, Humuszersetzung u. a. Es kommt hinzu, daß die von der Meteorologie gelieferten Temperaturzahlen für pflanzenphysiologische Zwecke sehr ungeeignet sind, da sie nur die Lufttemperat-

Ganz ungenügend ist die Angabe einer Jahresdurchschnittstemperatur, da in einem derartig verwaschenen Mittelwert wichtige wärme-klimatische Verhältnisse gar nicht zum Ausdruck kommen. Ein kühler Sommer und milder Winter können dasselbe Mittel ergeben wie ein warmer Sommer und kalter Winter.

So haben z. B. Irland und Odessa die gleiche Jahrestemperatur von 10° . In Irland reift aber wegen des kühlen Sommers der Wein nicht mehr, dagegen halten wegen des milden Winters Fuchsien, Kamelien und sogar Palmen im Freien aus. In Odessa erfriert schon der Efeu im strengen Winter, dagegen reifen wegen des heißen Sommers dort noch Trauben und Melonen!

Nicht viel besser ist die früher viel versuchte Berechnung von Wärmesummen, d. h. die Addition sämtlicher Tagesmittel über 0° im Jahre zu einer Gesamtsumme. Hier kann eine Mehrzahl von niedrigeren Tagesmitteln, wie sie dem ozeanischen Klima entsprechen, dieselben Werte ergeben wie eine Minderzahl mit hohen Mitteln (kontinentales Klima). Wo bei derartigen Berechnungen eine scheinbar leidliche Übereinstimmung mit den Arealgrenzen gefunden wurde, da hat es sich entweder nur um einzelne zufällig passende Punkte gehandelt, und bei Nachprüfung an anders gelegenen Grenzpunkten hörte die Übereinstimmung auf, oder die Arealgrenzen waren nicht richtig angenommen.

H. Mayr hat in seinem Waldbau als besten Maßstab zur Beurteilung der Wärmeansprüche unsrer Holzarten die Mitteltemperatur der vier Hauptvegetationsmonate (auf der nördlichen Halbkugel Mai—August) angegeben und dies als „Tetratherme“ bezeichnet. Als Minimum für die Existenz des Waldes überhaupt hat er eine Viermonatsmitteltemperatur von mindestens $+10^{\circ}$ C berechnet. Mayr bezeichnet diese als Horotherme (Wärmegrenze des Waldes). Brockmann-Jerosch¹ hat diese Zahl für die Alpen an drei Stellen nachgeprüft, kommt aber zu drei ganz verschiedenen Viermonatsmitteln von $5,4^{\circ}$, $6,9^{\circ}$ und $7,7^{\circ}$!

Selbst wenn durch die verschiedene Auffassung beider Autoren (Waldgrenze bei Mayr = „Ansiedlung von Bäumen von mindestens 8 m Höhe“ und Baumgrenze bei Brockmann-Jerosch = Auflösung des Waldes in Gruppen und Einzelbäume von mindestens 5 m Höhe) ein geringes Tieferliegen der Mayrschen Linie anzunehmen wäre, so würde das niemals die Abweichung auch nur annähernd erklären können. Da die Temperaturzunahme auf 100 m Erniedrigung nur $0,5—0,6^{\circ}$ beträgt, würde die Mayrsche Horotherme 400—800 m tiefer liegen. Dort steht aber überall noch hochstämmiger Wald.

Unter Vegetationstherme hat Mayr die durchschnittliche Temperaturkonstante verstanden, die jede Holzart zu ihrem Gedeihen während ihrer besonderen Vegetationszeit brauchen soll, nämlich vom Vegetationsbeginn (d. h. Austreiben) bis zum Vegetationsschluß (d. h. Abschluß des Dickenwachstums). Diese Zeit könne im Minimum $1\frac{1}{2}$ Monate betragen, aber auch länger dauern. Nur müsse in jedem Fall die Durchschnittstemperatur gleich der berechneten sein. So gibt Mayr für die Lärche die Konstante von 14° an. Wo diese nur in $1\frac{1}{2}$ Monaten erreicht wird, soll das Minimum liegen, bei einer Durchschnittstemperatur von 14° während $3\frac{1}{2}$ Monaten das Optimum, bei 14° für 7 Monate höre die forstliche Brauchbarkeit auf.

Mayr hat nirgends die Unterlagen für diese Berechnung gegeben. (Ganz unsicher ist z. B. die Bestimmung des Vegetationsschlusses. Wie will man ohne wochenlange Entnahme zahlreicher Bohrspäne das durchschnittliche Aufhören des Dickenwachstums feststellen?) Seine Vegetationsthermen, die er schätzungsweise auch für Fichte mit 14° , Buche mit 16° , Stieleiche mit 17° angibt, entziehen sich jeder kritischen Nachprüfung. Für die Lärche stimmen sie beim Minimum schon ganz sicher nicht, da Mayr selbst als Vegetationszeit an der oberen Grenze in den Alpen Mitte Juni bis Anfang August angibt, der Juli dort aber nur $7,8—10^{\circ}$ beträgt.

¹ Brockmann-Jerosch: Baumgrenze und Klimacharakter, S. 21. Zürich: Rascher & Co.

In neuester Zeit hat Oelkers¹ aus dem an sich richtigen Gedanken heraus, daß man vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit beim Anbau möglichst nur diejenigen Holzarten wählen solle, welche nach Klima und Boden optimale Leistungen zu sprechen, die Bedingungen für dieses Optimum zu berechnen gesucht, indem er aus den forstlichen Versuchsflächen, die zur Aufstellung der einzelnen Ertragstafeln gedient haben, diejenigen mit den Bestleistungen (I. und II. Bonität) herausgesucht und deren Standortsfaktoren durch umfangreiche Rechnungen festzustellen gesucht hat. Für die Wärmeansprüche hat er die durchschnittliche Temperatur der Vegetationszeit (t_v) berechnet. Als Vegetationszeit ist von ihm die Zeit zwischen Erstfrühling und Spätherbst nach den 10jährigen forstlich-phänologischen Beobachtungen der deutschen forstlichen Versuchsanstalten angenommen. Die für das Optimum von Oelkers gefundenen Temperaturwerte liegen aber für verschiedene Holzarten, deren Wärmeansprüche sicher sehr verschieden sind, so nahe beieinander, daß auch die Zuverlässigkeit dieser Methode unzureichend erscheint. So z. B. für Eiche und Birke bei der gleichen Vegetationszeit von 165 Tagen: $Ei = 14,2^0 \mp 0,7$ und $Bi = 14,3^0 \mp 0,6$. Nach allen forstlichen Erfahrungen und Beobachtungen findet aber die Birke ihr Optimum in Ostpreußen und darüber hinaus im Norden und Osten, die Eiche aber in Westdeutschland und darüber hinaus in noch viel wärmeren Lagen. Ebenso muß es stutzig machen, wenn Oelkers selbst zugibt, daß seine Berechnungen z. B. „keinen klimatischen Unterschied zwischen Buche und Lärche“ ergeben, trotzdem z. B. in Genden, wo beide Arten wie in den Alpen in optimalen Leistungen vorkommen, die Standorte doch immer weit voneinander getrennt liegen. Auch Hausrath² hat daher das Verfahren als nicht brauchbar bezeichnet.

Der Grund liegt vor allem darin, daß die Optimalleistungen in der Natur durch die verschiedenartigsten Kombinationen aller Faktoren bedingt werden, die sich gegenseitig ersetzen und ergänzen können (vgl. oben die Ergebnisse von Lundegårdh). Das Zustandekommen von Optimalleistungen hängt oft weniger vom Klima als vom Boden und besonders von der Bodenfeuchtigkeit ab, die örtlich stark wechselt. Auf so kleinen Flächen, wie es die Ertragsprobenflächen sind, können Verschiedenheiten auf kleinstem Raum oft die allgemeinen klimatischen Grundlagen ganz verschieben und verdecken. Wenn man z. B. in der Oelkerschen Arbeit findet, daß solche Flächen mit Optimalleistungen bei der Eiche sowohl in Viernheim und Lorsch (Rheinebene) wie in Lindenberg und Wirthy (Westpreußen), für die Fichte sowohl in Ostpreußen wie bei Tübingen liegen, so könnte man eher versucht sein, den Wärmeverhältnissen gar keine Rolle zuzuerkennen, was aber sicher auch wieder nicht richtig wäre!

Die natürlichen Verbreitungsbezirke der einzelnen Holzarten, insbesondere ihre unverkennbar gleiche Zonenbildung übereinander in unsern Gebirgen sprechen deutlich für eine bestimmte wärme-klimatische Wirkung. Dabei geben die äußeren Grenzen mehr das Minimum und Maximum, die Häufigkeit des Vorkommens von besonders guten und vollkommenen Beständen in größeren Gebieten mehr das Optimum an. Es finden sich freilich auch bei dieser Betrachtungsweise im großen noch manche Unstimmigkeiten und Zweifel, aber sie eliminiert doch mehr die Zufälligkeiten, die bei kleinen Einzelflächen immer störend auftreten müssen.

Sicher ist nicht nur die durchschnittliche Menge bzw. Höhe der Wärme während der Vegetationszeit, sondern auch deren Dauer gerade bei den Holzgewächsen von einem gewissen Einfluß, da der Vorgang der Verholzung eben eine gewisse Zeit braucht (nach Mayr im Minimum $1\frac{1}{2}$ Monat?). Auch eine zu lange Vegetationszeit kann aber schädlich werden,

¹ Oelkers: Standort und Holzart. Festschrift z. Feier d. Einführung d. neuen Hochschulverfassung an d. seitherigen Forstakad. H.-Münden. Frankfurt a. M.: Sauerländer 1924.

² Bericht über die 60. Hauptversammlung d. bad. Forstver. 1926, S. 11.

indem die Jahrestriebe immer weiterwachsen und dann unverholzt von den ersten Herbstfrösten getroffen werden, wie das z. B. fast regelmäßig bei der Akazie (*Robinia pseudacacia*) und bisweilen auch bei lange treibenden Eichen (Johannistriebe), bei der grünen Douglasie, sowie bei üppig ernährten Jungkiefern im Saatkamp geschieht.

Auch die Verteilung der Wärme über das Jahr hin (kontinentaler und ozeanischer Klimatyp) spielt nach unsern früheren Betrachtungen doch wohl eine große Rolle.

Durch diese in der freien Natur ungemein vielfältig wechselnden Verhältnisse, die durch lokale Lage (Klima auf kleinstem Raum) sehr stark beeinflußt werden können, entzieht sich nach meiner Überzeugung und der vieler anderer Pflanzenökologen (z. B. Walther, Lundegårdh, Rubner u. a.) die zahlenmäßige Bestimmung des Wärmefaktors für die einzelnen Pflanzenarten vorläufig nach jeder zuverlässigen Berechnung!

Wärmeextreme. Was die Wärmeextreme anlangt, so ist ein tödliches Maximum bei uns wohl überall ausgeschlossen. Wo bei Hitze ein Welken oder Eingehen ganzer Pflanzen stattfindet, ist es meist auf Überverdunstung und Trockenis zurückzuführen. Bei starker Besonnung erhitzen sich allerdings feste Gegenstände an ihrer Oberfläche sehr stark über die Lufttemperatur. So hat man an Baumrinden auf der besonnten Südwestseite 45—55° gemessen¹. In solchen Fällen tritt bei glattrindigen Bäumen wie Buche, Hainbuche, Esche u. a. leicht Rindenbrand ein, bei dem die Rinde abstirbt und sich später loslöst. Auf noch höhere Erhitzung der freien Bodenoberfläche bis zu 54° und 60° soll der von Mayr, Münch und Ramann beobachtete Hitzetod von jungen Keimpflanzen zurückzuführen sein, deren Stengel sich gerade an der Austrittsstelle aus der Erde bräunten und abstarben².

Auch winterliche Minima pflegen bei uns sehr selten ein Erfrieren von Teilen unsrer Waldbäume hervorzurufen. Gewöhnlich spielt auch hierbei die Verdunstung bei scharfen Ostwinden und heiterem Himmel eine größere Rolle als die tiefe Lufttemperatur, wie man unter anderem auch daran erkennen kann, daß vielfach nur die dem Wind oder der Sonne ausgesetzten Seiten Frosterscheinungen zeigen. Es erfrieren bei uns im Freistand in sehr kalten Wintern gelegentlich Eibe, Weißtanne, grüne Douglasie, meist allerdings nur teilweise, von Laubhölzern vor allem die Nußbäume und manche Obstsorten. Unsere immergrünen Holzgewächse zeigen ein solches Erfrieren öfter und umfangreicher (bis auf den Wurzelknoten), z. B. Efeu, Hülsenstrauch, Besenginster, ja sogar auch das Heidekraut³. Eine sehr häufige Frosterscheinung im Walde ist der im Frühjahr auftretende Spätfrost (Maifrost), der die gerade in der Entfaltung stehenden Triebe und Blätter trifft. Da diese Fröste meist durch nächtliche Wärmeausstrahlung vom Boden aus entstehen, so ist die Frostgefährdung dort am größten und nimmt nach oben ab, bis in der Regel bei 1—3 m die sog. Frostgrenze überschritten ist, so daß meist nur der Jungwuchs erfriert. Jede Herabsetzung der nächtlichen Ausstrahlung durch leichte Bewölkung des Himmels, aber auch durch einen lockeren Schirmbestand, verringert die Spätfrost-

¹ Vonhausen: Allg. Forst- u. Jagdztg. 1873, S. 8. — Hartig, R.: Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl., S. 228. 1900.

² Mayr, H.: Waldbau, 2. Aufl., S. 88. — Münch: Hitzeschäden an Waldpflanzen Naturwiss. Z. f. Forst- u. Landw. 1913, H. 11; 1914, H. 12; 1915, H. 13. — Ramann: Bodenkunde, 3. Aufl., S. 397.

³ Ein derartig strenger Winter wie der jüngst vergangene von 1928/29 zeigte das alles bei uns in ungewöhnlichem Maße. Hier haben auch manche Bäume gelitten, von denen man das früher kaum vermutet hätte, z. B. Buche, Hainbuche, Erle, Akazie.

gefahr erheblich. Bei manchen sehr empfindlichen Holzarten, wie Rotbuche und Weißtanne, ist daher eine Verjüngung fast nur unter einem Schirmbestand durchzuführen. Fast ebenso empfindlich sind Esche und echte Kastanie, etwas weniger Fichte, Eiche und grüne Douglasie. Seltener finden sich Spätfrostschäden bei Ahorn, Linde und Lärche¹. Bei Hainbuche, Birke, Aspe, Erle¹, Weide und Kiefer² sind solche nur in seltenen Ausnahmefällen beobachtet worden. Diese gelten daher im allgemeinen als „frosthart“.

Einen empfindlichen Schaden für den Verjüngungsfortschritt im Walde stellt das häufige Erfrieren der Blüten einiger Waldbäume dar, wie besonders bei der Eiche und Buche. Der Samenertrag wird dadurch oft geschmälert oder ganz vernichtet.

Die Häufigkeit der Spätfröste ist örtlich sehr verschieden. Es gibt nicht nur Frostgegenden, wie z. B. die Münchener Hochebene; sondern auch kleine engbegrenzte „Frostlöcher“ und „Kälteinseln“. Die näheren klimatischen und sonstigen Verhältnisse der Spätfrostbildung haben bis in die neueste Zeit eine umfangreiche Behandlung in der forstlichen Literatur gefunden. Da die ganze Frage aber mehr in das Gebiet des Forstschatzes gehört, muß im einzelnen auf die Werke verwiesen werden, die diesen behandeln.

Wärmeverhältnisse in Deutschland. Die Wärmeverhältnisse in Deutschland sind im allgemeinen am günstigsten im Südwesten (Rheinebene), am ungünstigsten im Nordosten (Ostpreußen). So betragen die Mittel für

	Jahr Grad C	Januar Grad C	Juli Grad C	Min. Grad C	Max. Grad C
Heidelberg	+ 10,0	+ 0,8	+ 19,0	— 13	+ 33
Klaußen i. Ostpr.	+ 6,5	— 4,4	+ 17,6	— 22	+ 33

Neben diesen beiden Extremen in Südwest und Nordost haben wir noch besondere Klimacharaktere in Nordwestdeutschland und in den Gebirgen. Als Beispiele hierfür seien folgende Zahlen gegeben:

Bremen	+ 8,8	+ 0,6	+ 17,3	— 13	+ 30
Inselsberg i. Thür., 900 m	+ 4,0	— 4,2	+ 12,3	— 14	+ 23

Die geringste Jahreswärme zeigen also die Hochlagen der Gebirge. Die mittlere Jahrestemperatur nimmt um etwa 0,5—0,6° für 100 m Erhebung ab.

Dabei ist der Inselsberg mit seiner Erhebung von 900 m und seiner ganzen Lage nach noch Vertreter eines gemäßigten Gebirgsklimas, das noch vollen Waldwuchs (heute Fichte mit etwas Tanne, früher wahrscheinlich auch noch Buche³) gestattet, während an dem nur 145 m höheren aber bedeutend rauheren Brocken mit nur 2,6° Jahrestemperatur schon die Baumgrenze überschritten wird, und die sehr viel höhere Schneekoppe im Riesengebirge mit 1620 m und 0° Jahrestemperatur schon hoch über der Baumgrenze liegt. (Ungefähr dasselbe Jahresmittel = 0,35° zeigt im Norden erst Haparanda, wo doch noch überall voller Fichtenwald herrscht. Dort ist aber auch der Sommer viel wärmer!)

Einen warmen Sommer und milden Winter zeigt die Rheinebene, einen ebenso milden Winter, aber schon erheblich kühleren Sommer Nordwestdeutschland. Ostpreußen hat einen ebenso kühlen Sommer, aber schon einen ausgeprägt kalten Winter. In den höheren Lagen unserer Mittelgebirge ist dann der Winter ähnlich kalt wie in Ostpreußen, dazu kommt aber noch ein sehr viel kühlerer Sommer. In den Extremen zeigt das Gebirgsklima dagegen einen viel ausgeglicheneren Charakter. (Vgl. oben Inselsberg und Klaußen. Für den 1140 m

¹ Augst: Forstwiss. Zbl. 1903, S. 266.

² Dengler: Junifrostschäden an der Kiefer. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1910, S. 670.

³ Gerbing, Luise: Die frühere Verteilung von Laub- und Nadelwald im Thüringer Wald. Mitt. d. Ver. f. Erdkunde zu Halle a. d. S. 1900.

hohen Brocken fand Schubert¹ Extreme von -17 und $+23^{\circ}$, für das an seinem Fuß liegende Wasserleben (150 m) dagegen -18 und $+32^{\circ}$, also viel stärkere Schwankungen.)

Vegetationszeit. Die Dauer der Vegetationszeit und ihr Verlauf ist dementsprechend natürlich auch verschieden. Betrachtet man auf Abb. 39 den Gang der mittleren Monatstemperaturen an den obengenannten vier Orten, so ist besonders das frühe Ansteigen der Wärme im März in der Rheinebene und der nordwestdeutschen Tiefebene bemerkenswert. Nimmt man etwa 5°C als untere Schwelle des Beginns der hauptsächlichsten Lebenstätigkeiten bei unsern Holzgewächsen an, so hat Ostpreußen gegen die Rheinebene eine Verspätung von fast einem Monat. Gegen den Sommer hin nähern sich die Kurven mit Ausnahme der für die höheren Berglagen und bleiben auch im ganzen Herbst noch genähert, bis sich die ostpreußische gegen den Winter hin wieder stärker von den beiden andern trennt. Der Hauptwärmeunterschied zwischen Ost und West liegt also im Frühling.

(Die Gesamtdauer der Zeit über 5°C beträgt in Heidelberg etwa 8 Monate, in Bremen 7,4, in Klaufen 6,3 und am Inselsberg (900 m) nur noch 5,7 Monate.) Rechnet man als Vegetationszeit aber nur die Zeit vom Beginn der sichtbaren Vegetationstätigkeit (Entfaltung des Laubes oder der Blüten bei einigen Frühblühern) bis zur Laubverfärbung, so sind die Zeitspannen noch kürzer. Mit derartigen Feststellungen beschäftigt sich besonders die

sog. Phänologie. Sie beobachtet das Austreiben, Aufblühen, die Fruchtreife, die Blattverfärbung u. a. m. bei einzelnen weit verbreiteten und besonders bezeichnenden Pflanzenarten an verschiedenen Orten und sucht diese Beobachtungen dann klimatologisch und ökologisch auszudeuten². Obwohl man manche berechtigten Bedenken gegen die Methoden dieses Wissenschaftszweiges vorgebracht hat, lassen sich doch einige allgemeinere Folgerungen aus ihren Ergebnissen ziehen, namentlich wenn reichliche und langjährige Beobachtungen vorliegen. Solche sind in den Jahren 1885—1894 auch von seiten der deutschen forstlichen Versuchsanstalten an einer Reihe von Waldbäumen angestellt worden³. Hierbei zeigte sich ein unverkennbarer Einfluß der geographischen Lage auf den Vegetationsbeginn. Am frühesten tritt er in der Rhein-Main-Ebene ein und verspätet sich dann sowohl nach Norden wie auch nach Osten hin immer mehr. Die spätesten Termine liegen in Ostpreußen. (So begrünt sich die Buche z. B. in der Rheinebene im Durchschnitt am 20. April, im nördlichen Hannover am 5. Mai, in Ostpreußen erst am 11. Mai.) Ebenso zeigt sich eine Verspätung des Frühlings nach der Höhe zu, im Durch-

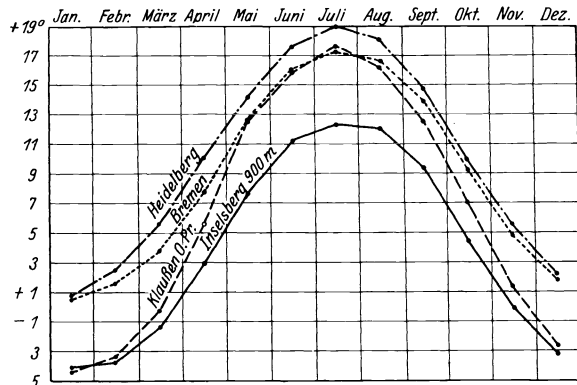


Abb. 39. Verlauf der mittleren Monatstemperaturen an vier charakteristischen Klimaorten in Deutschland (Heidelberg, Bremen, Klaufen i. Ostpr. und Inselsberg i. Thür. bei 900 m). Entw. von A. Dengler.

¹ Schubert, J.: Das Klima des Harzgebirges. 1909.

² Literatur in Drude: Deutschlands Pflanzengeographie.

³ Wimmenauer: Die Hauptergebnisse 10jähriger forstlich-phänologischer Beobachtungen in Deutschland. Berlin 1897.

schnitt betrug sie etwa 2—2,5 Tage für 100 m. (Austreiben der Buche im Erzgebirge bei 800 m etwa am 16. Mai, bei Pirna (120 m) am 1. Mai.) Vergleicht man die bis zum Austreiben erreichten Wärmegrade und den Wärmeanstieg vorher (vgl. Abb. 40), so zeigt sich, daß der Wärmegenuß der Rotbuche bis zur Blüthenfaltung, wenn man von 0° ausgeht, in Nord- und Südwestdeutschland ziemlich gleich groß ist, in Ostpreußen aber anfänglich geringer, später auch gleich. Nimmt man 5° als untere Schwelle an, so ist der Wärmegenuß sogar an allen drei Orten im ganzen gleich. In jedem Fall aber bleibt er im Gebirge ganz erheblich zurück. Die Vegetation beginnt dort also nach sehr viel geringerem Wärmegenuß. Diese Erscheinung ist phänologisch auch noch an andern Pflanzen beobachtet worden. Das Gebirgsklima muß also andere ökologischen Vorteile haben, die man vielleicht in der stärkeren Sonnenstrahlung zu suchen hat. Einer zahlenmäßigen Erfassung entziehen sich aber derartige Ausgleichswirkungen.

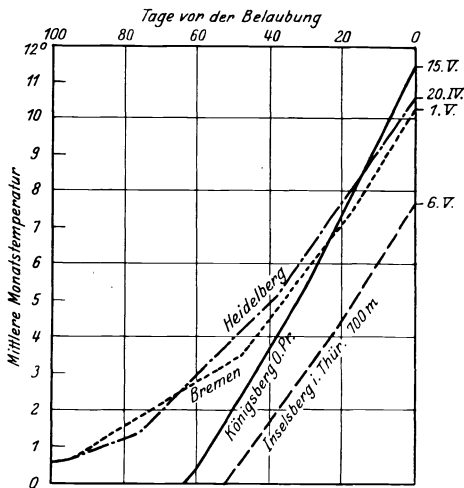


Abb. 40. Wärmegenuß der Rotbuche bis zur Laubentfaltung an vier verschiedenen Orten in Deutschland. Entw. von A. Dengler.

Wichtig ist die Feststellung, die in vielen Fällen gemacht worden ist, daß die unteren Berglagen bis zu 200 m im Einzug des Frühlings gegen die Tieflagen nicht verspätet, sondern vielfach sogar noch etwas verfrüht sind. Sie sind wahrscheinlich im Frühling durch ihre Hanglage gegen die noch tiefstehende Sonne und durch das bessere Abfließen der kalten Luft in Frostnächten klimatisch begünstigt.

Im Eintritt des Spätherbstes zeigen sich weder beträchtliche noch regelmäßige Unterschiede zwischen Ost und West. Dagegen tritt im Gebirge nach der Höhe zu der Herbst etwas früher ein (1—2 Tage auf 100 m).

Die Länge der gesamten Vegetationszeit (vom mittleren Laubaussbruch der früh treibenden Holzarten bis zur Laubverfärbung) berechnet Wimmer für die Rheinebene auf 177 Tage, für das nördliche Hannover auf 164 Tage, für Ostpreußen auf nur 155 Tage, für die mitteldeutschen Gebirge bei 700 m auf 150—155 Tage¹.

Bodenwärme. Neben der in erster Linie für die oberirdischen Pflanzenteile entscheidenden Temperatur der Luft ist aber auch noch die Bodentemperatur in Betracht zu ziehen, in der die Wurzeln leben und arbeiten müssen. Diese weicht nicht nur von der Lufttemperatur recht beträchtlich ab, sondern sie zeigt auch unter sich in den verschiedenen Bodentiefen recht große Abweichungen.

Die Bodentemperaturen sind im ganzen von der an der Oberfläche einstrahlenden Wärme abhängig und zeigen dort ganz außerordentlich starke Schwankungen. Besonders die Maxima sind an der Oberfläche ungewöhnlich groß. Wir hatten schon erfahren, daß sie bei starker Sonnenbestrahlung zeitweilig bis zur Tödlichkeitsgrenze (50—54°) an-

¹ Auffällig ist auch hier wieder die verhältnismäßige Begünstigung der Gebirgslagen, die trotz ihres im ganzen kühleren Klimas, besonders kühleren Sommers, doch eine relativ lange Vegetationsdauer aufweisen!

steigen können. Die Minima liegen im allgemeinen nur wenig tiefer als in der Luft und überhaupt nur bei klarem Himmel und unbedecktem Boden zur Nachtzeit bzw. in den ersten Morgenstunden (Reif und Bodenfröste). Nach der Tiefe zu gleichen sich alle Wärmeunterschiede sowohl in den Extremen wie auch im Durchschnitt sehr rasch aus, so daß in größeren Tiefen (bei uns etwa in 20—30 m) schließlich eine dauernd gleiche Temperatur herrscht.

Für die Verschiedenheit des jährlichen Temperaturganges in Luft und Boden hat Schubert¹ im Durchschnitt von 16 über Deutschland verteilten Stationen folgende Übersicht gegeben:

Mitteltemperatur:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Luft	—2,26	—0,37	0,91	5,81	10,64	14,19	15,56	15,09	12,11	6,48	2,11	—1,64	6,51
Boden in 60 cm	1,74	1,41	1,89	4,54	9,14	13,04	14,98	14,91	13,14	9,27	5,53	2,99	7,71
„ „ 120 „	3,34	2,66	2,70	4,09	7,31	10,66	12,84	13,52	12,82	10,31	7,23	4,82	7,69

Der Boden ist also in der Tiefe von 60—120 cm im ganzen Herbst und Winter erheblich wärmer als die Luft, im Sommer aber etwas kühler. Dies gilt auch noch für die höheren Schichten bei 15 und 30 cm, wenn auch schon in etwas abgeschwächtem Maße, so daß man sagen kann, daß die ganze Hauptwurzelzone daran Anteil hat. Ebenso wie der jahreszeitliche Wärme-gang sich gegenüber der Luft nach der Tiefe zu immer mehr verspätet und abschwächt, gilt das auch für den täglichen. Das tägliche Maximum und Minimum tritt in 15 cm Tiefe erst 2 Stunden, in 30 cm Tiefe sogar erst 6—8 Stunden später ein als in der Luft und an der Bodenoberfläche.

Dabei sind auch die täglichen Schwankungen sehr stark abgestumpft. So z. B. nach Beobachtungen Müttrichs auf Eberswalder Sandboden im Juni 1889:

	Luft Grad	Boden- oberfläche Grad	0,15 m Grad	0,30 m Grad	0,60 m Grad
Höchste Temperatur . . .	22,6	26,4	22,9	18,1	15,9
Tiefste Temperatur . . .	12,5	15,1	17,4	16,6	15,8
Mitteltemperatur	17,8	20,1	20,0	17,3	15,85

Die Schwankung, die an der Oberfläche also noch 11,3^o betrug, war schon in 0,60 m Tiefe auf den bedeutungslosen Betrag von 0,1^o gesunken, die Mitteltemperatur, die an der Oberfläche mit 20,1^o sogar noch 2,3^o über der der Luft lag, war in 60 cm Tiefe schon um über 4^o kühler als in der obersten Schicht und auch schon 2^o tiefer als in der Luft. Diese Zahlen ergeben die eigentümliche Tatsache, daß Stamm und Wurzeln unsrer Waldbäume in einem recht verschiedenen Wärmeklima leben. Daß die Tätigkeit der Organe, hier insbesondere der oberen und unteren Wurzeln danach verschieden ausfallen muß, ist eigentlich anzunehmen. Es fehlen aber darüber alle näheren Beobachtungen und Untersuchungen.

Wärmeklima auf kleinstem Raum (Mikroklima). Neben der wärmeklimatischen Verschiedenheit im großen bestehen aber noch örtliche Besonderheiten einzelner Gegenden, die sich schon im Bewußtsein und mitunter auch in der Sprache des Volkes als besonders begünstigt oder benachteiligt ausprägen (Goldne Aue, Rauhe Alb u. a.). Schließlich finden sich auch nicht unbedeutende Unterschiede auf kleinem und kleinstem Raum nebeneinander. Im Walde kommen dabei hauptsächlich die verschiedenen Hanglagen und die nach verschiedenen Himmelsrichtungen hin geöffneten

¹ Schubert, J.: Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur. Berlin 1900.

neten Bestandsränder in Betracht. Hier macht sich besonders der Einfluß der Wärmestrahlung bemerkbar, über die wir freilich im Walde noch keine fortlaufenden Messungen besitzen.

Aber schon die theoretischen Berechnungen von Schubert¹ zeigen, um welche Differenzen es sich hierbei handeln kann. Danach beträgt bei uns die mittlere tägliche Wärmesumme für die Hauptvegetationszeit von April bis August, die empfangen werden:

		bei heiterem Himmel	bei wolkigem Himmel
von einem	Südhang (30°) . . .	563 cal/qcm	285 cal/qcm
„ „	Osthang (30°) . . .	469 „	233 „
„ „	Westhang (30°) . . .	469 „	228 „
„ „	Nordhang (30°) . . .	329 „	160 „
„ einer	Südwand	266 „	134 „
„ „	Ostwand	262 „	124 „
„ „	Westwand	262 „	118 „
„ „	Nordwand	36 „	11 „

Besonders bemerkenswert ist der starke Strahlungsausfall von Nordhang und Nordwand. Auch die von verschiedenen Seiten ausgeführten Bodentemperaturuntersuchungen haben daher immer einen beträchtlichen Unterschied der einzelnen Hanglagen (Expositionen) gefunden.

Berechnungen von Geiger² zeigen aber, daß das nördliche Minimum und besonders das südliche Maximum im Laufe des Jahres sehr verschiedene Ausbreitung an den entsprechenden Hängen haben und zum Teil sogar eine Wanderung auf die benachbarten Expositionen ausführen. Dies muß sich natürlich bei den einzelnen Entwicklungszuständen der Vegetation im Frühjahr, Sommer und Herbst auch verschieden auswirken. Die Verhältnisse liegen also viel verwickelter, als es zunächst scheint.

In der Praxis der Gärtnerei und Landwirtschaft, auch in der Forstwirtschaft hat man diese Tatsachen ja schon längst gekannt. Schon in den älteren forstlichen Schriften wird beim Anbau der wärmeliebenden Eiche auf den Vorzug der Sommerhänge (S) gegenüber den Winterhängen (N) hingewiesen. Ebenso ist die mit der größeren Erwärmung verbundene Dürregefahr der südlichen Hänge eine längst und allgemein bekannte Erscheinung. Da, wo eine solche Gefahr nicht besteht, wie im Hochgebirge an der Waldgrenze, und wo die Wärme gleichzeitig ins Minimum rückt, wäre also regelmäßig eine entsprechende Erhöhung bzw. Erniedrigung der Wald- oder Baumgrenze zu erwarten. Im einzelnen haben sich auch Unterschiede von 100 und sogar 200 m zwischen Nord- und Südseiten ergeben. Wo aber wie in der Schweiz von Imhof und in den Karpathen von Fekete und Blattny sehr zahlreiche Messungen ausgeführt sind und daraus Mittelwerte berechnet wurden, schwächen sich die Unterschiede in der Regel sehr ab und die einzelnen Expositionen zeigen manche Unregelmäßigkeiten, wie nachfolgende Zusammenstellung beweist:

Abweichung der oberen Wald- bzw. Baumgrenze vom Mittel nach Expositionen.

	SE m	S m	SW m	W m	NW m	N m	NE m	E m
Waldgrenze in der Schweiz nach Imhof	+14	+31	+61	+26	+6	-24	-44	-34
Baumgrenze der Fichte (8m) nach Fekete u. Blattny	+23	+19	+11	-5	-12	-22	-7	-17

Liegen auch die Maxima in beiden Fällen auf den südlichen und die Minima auf den nördlichen Expositionen, so sind die Unterschiede

¹ Schubert, J.: Die Sonnenstrahlung im mittleren Deutschland. Meteorol. Z. 1928, H. 1. ² Geiger, R.: Das Klima d. bodennahen Luftschicht, S. 104. Braunschweig 1927.

im einzelnen sehr unregelmäßig. Imhof hat das auf die Eingriffe der Alm- und Weidewirtschaft in der Schweiz geschoben, die besonders im Frühjahr die wärmeren Südost- und Südlagen aufsucht und vielfach durch Abbrennen erweitert. Derartiges findet man auch in den ganzen Karpathen. Es dürften daneben aber auch noch manche andern Ursachen in Frage kommen, die die rein klimatische Ausprägung der Waldgrenze stören (vgl. S. 49).

Daß die Expositionen auch in der Ebene bei verhältnismäßig niedrigen Bodenerhebungen eine Rolle spielen können, das zeigt die oft ganz verschiedene Bodenflora auf den Nord- und Südflanken der Binnendünen im norddeutschen Kiefernwalde. Wenn hierbei auch vor allem die verschiedene Bodenfrische mitwirkt, so ist diese bei der sehr gleichmäßigen Bodenzusammensetzung der Dünen letzten Endes eben nur von der verschiedenen Wärmestrahlung verursacht.

Auf den klimatischen Einfluß der verschiedenen Bestandränder, insbesondere des schattigen Nordrandes hat besonders Ch. Wagner¹ hingewiesen und hierbei die Verhältnisse der einzelnen Ränder mit Bezug auf Besonnung und Beregnung theoretisch und auf Grund von allgemeinen Beobachtungen erörtert. Leider besitzen wir noch keine tatsächlichen, vergleichenden Messungen darüber. Eine anschauliche Darstellung von der Verteilung von Sonne und Schatten an den verschiedenen Bestandrändern gibt Abb. 41. Es ist kein Zweifel, daß auch hier wichtige klimatische Unterschiede bestehen, die sich sofort in der Zusammensetzung der Flora äußern. Wenn es in solchen Fällen auch zunächst oft die verschiedene Bodenfeuchtigkeit ist, die die unmittelbare Ursache für die Veränderung der Vegetation bildet, so ist letzten Endes hieran doch wieder nur die verschiedene Sonnenlage schuld. So konnte ich z. B. auf Bestandeslücken im Eberswalder Revier feststellen, daß an den Schattenrändern sich die Fichte in Mischsaaten mit der Kiefer nicht nur gehalten, sondern diese sogar teilweise überwachsen hatte (vgl. Abb. 42), während sie an den entgegengesetzten Sonnenrändern vollständig verschwunden war. Man spricht in allen solchen Fällen heute von einem „Mikroklima“ oder „Klima auf kleinstem Raum“².

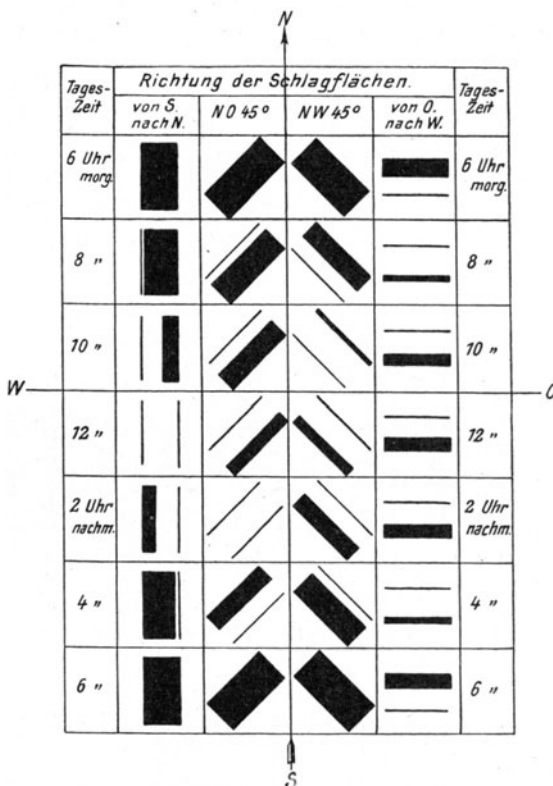


Abb. 41. Sonne (weiß) und Schatten (schwarz) auf Kullissenschlagflächen von 40 m Breite bei verschiedener Himmelsrichtung (berechnet für Mitte Juli und 52 Grad nördlicher Breite von Ojijewski). Aus Morosow: Lehre vom Walde.

¹ Wagner, Ch.: Die räumliche Ordnung im Walde, S. 42. 1911.

² Vgl. G. Kraus: Boden und Klima auf kleinstem Raum. Jena 1911. — Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. II. Abschnitt: Orographische Mikroklimatologie. Braunschweig 1927.

Waldinnenklima. Schon lange hat man erkannt, daß auch der Wald in seinem Innern ein besonderes Klima geschaffen hat, das in bezug auf die Wärmegestaltung nicht unerheblich von dem Außenklima über ihm und neben ihm, dem sog. Freilandklima, abweicht.

Das geschlossene Kronendach des Waldes fängt zunächst den größten Teil der Strahlungswärme ab. Es trennt aber auch den unter ihm liegenden Luftraum vom oberen und erschwert dadurch bis zu einem gewissen Grade den Luft- und Wärmeaustausch. Das wird sich je nach Dichtigkeit des Kronendachs, also nach Schlußgrad und Holzart, verschieden stark äußern.

Die Abhaltung der Wärmestrahlen ist im allgemeinen die wichtigere der beiden Einwirkungen. Nach neueren Messungen¹ betrug die Strahlungsintensität an einem Junitage in einem 20 m hohen dicht geschlossenen Fichtenwald nur 0,01 cal/qem in der Minute und selbst in einem 15 m hohen Kiefernwald noch immer nur 0,04 cal gegen 0,99 zu gleicher Zeit im Freien! Fast die gesamte Strahlung wurde also an den Baumkronen abgefangen. Daher bildet sich über diesen auch eine ähnliche warme Luftschicht aus wie im Freien über dem Boden.



Abb. 42. 6jährige Kiefern- × Fichtenmischsaat am Nordrand einer Bestandeslücke im Eberswalder Dauerwald auf frischen graswüchsigen Spatsanden. Die Fichten haben die Kiefern (+) hier überraschenderweise überwachsen. (Am Südrand der Lücke sind sie verschwunden, in der Mitte kümmern sie und bleiben weit hinter der Kiefer zurück.) Beispiel für Klimaunterschiede auf kleinstem Raum. Phot. A. Dengler.

Messungen in den Sommermonaten ergaben an klaren Tagen Temperaturmittel, die um die Mittagszeit an der Kronenoberfläche 1—3° höher lagen als in den Luftschichten darunter und darüber. Nachts kehren sich die Verhältnisse durch Ausstrahlung von der Kronenoberfläche aber um.

Waldbodentemperatur.

Die Abhaltung der Wärmestrahlen durch die Kronen verhindert natürlich auch die Erwärmung des Waldbodens und der darüber ruhenden

Luftschicht. Die Unterschiede der Bodentemperatur im Walde und im Freiland faßt Schubert² nach den Ergebnissen von über 10jährigen Messungen dahin zusammen, daß der Waldboden im ganzen Sommerhalbjahr bis zu der Tiefe von 1,20 m kühler ist. (Im Kiefernwald steigt der Unterschied bei 60 cm auf 2,7°, unter Fichten auf 3° und unter Buchen auf 3,2°. An der Oberfläche [1 cm tief] verstärken sich diese Beträge im Mittel noch um 1°.) Im Winter ist der Waldboden dagegen etwas wärmer als der des freien Landes, bezeichnenderweise sogar unter den dann kahlen Buchen, was wohl auch mit der Laubdecke auf dem Boden zusammenhängen dürfte. Die durchschnittlichen Unterschiede im Winter sind aber bedeutend geringer als im Sommer (meist nur etwa 0,5°), so daß der Waldboden im Durchschnitt des ganzen Jahres doch etwa nur um 1° kühler ist als der Freilandboden.

Viel auffälliger zeigt sich der Einfluß des Waldes aber in den Extremtemperaturen. Hier ist der Waldboden in der Hauptwurzelzone (15—30 cm) in den wärmsten Tagen 4—5° kühler, in den kältesten Tagen 1—2° wärmer als der Freilandboden. Der Frost dringt daher auch erheblich weniger tief in den Waldboden ein als im Freiland.

¹ Vgl. Geiger: a. a. O., S. 154ff.

² Schubert, J.: Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und in Waldungen. Berlin 1900.

Das Bodenklima des Waldes ist also gemäßigter, im Sommer kühler und im Winter etwas milder, die Schwankungen sind geringer. Im Walde ist also das Bodenklima vom kontinentalen zum ozeanischen Klimacharakter verschoben. Wenn die Zahlen auch an sich gering erscheinen, so ist die Gesamtwirkung wegen ihres dauernden Einflusses gar nicht zu unterschätzen!

Lufttemperaturen in Wald und Freiland. Über den Unterschied der Lufttemperaturen im Walde gegenüber dem benachbarten Freiland sind langjährige Messungen durch die preußische forstliche Versuchsanstalt¹, in Bayern², Österreich³ und der Schweiz⁴ ausgeführt worden.

Die Ergebnisse sind zwar im allgemeinen gleichsinnig, d. h. sie zeigen den Einfluß des Waldes in gleicher Richtung, aber doch in verschiedenen Ausmaßen. Schubert⁵ hat durch genaue Vergleichsbestimmungen nachgewiesen, daß die ersten für Preußen veröffentlichten Zahlen durch die Aufstellung der Instrumente in einer nicht genügend ventilierten „Forstlichen Hütte“ und durch die Berechnung des Tagesmittels aus nur zwei Ablesungen um 8^o vormittags und 2^o nachmittags zu hohe Unterschiede ergeben haben. Er ist durch Verbesserung dieser Fehler zu erheblich niedrigeren Werten als alle anderen gekommen. Jedenfalls sind die Schubert'schen Werte aber die richtigeren. Sie sind daher hier allein zugrunde gelegt worden.

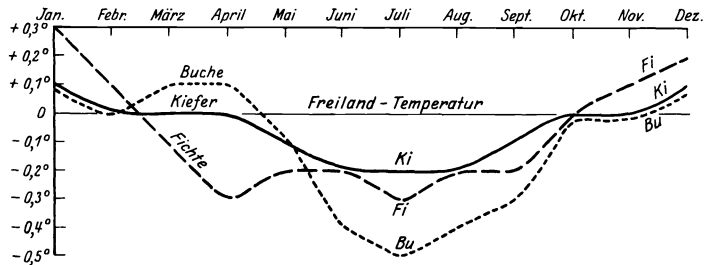


Abb. 43. Unterschied der mittleren monatlichen Lufttemperatur im Walde gegen das freie Land. Nach Schubert.

Der Unterschied der Lufttemperatur im Walde gegen das Freiland betrug danach in 1,3 m Höhe:

	Januar Grad C	April Grad C	Juli Grad C	Oktober Grad C	Jahr Grad C
Unter Kiefern	+0,1	0,0	-0,2	0,0	-0,1
„ Fichten	+0,3	-0,3	-0,3	0,0	-0,1
„ Buchen	+0,1	+0,1	-0,5	0,0	-0,1

(+ bedeutet, daß es im Walde wärmer, — daß es in ihm kälter war.)

Den monatlichen Verlauf der Abweichungen im Walde zeigt Abb. 43.

Danach ist die Luft im Walde in den Wintermonaten bei allen drei Holzarten etwas wärmer, am meisten unter Fichten. In den Sommer- und Frühherbstmonaten ist sie etwas kühler, am meisten bei der

¹ Müttrich: Über den Einfluß des Waldes auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1890.

² Ebermayer: Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft- und Bodenwärme. Aschaffenburg 1873.

³ v. Lorenz-Liburnau: Resultate forstlich-meteorologischer Beobachtungen. Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr. Bd. 12 u. 13. Wien 1890.

⁴ Zusammenstellung siehe Wollny: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik Bd. 5.

⁵ Schubert, J.: Vergleichende Temperatur- und Feuchtigkeitsbestimmungen. Abh. d. Kgl. preuß. meteorol. Inst., Berlin Bd. I, H. 7, 1901. — Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und in Waldungen. Berlin 1900.

Buche, deren steiler Abfall im Mai und Juni offenbar in Zusammenhang mit der Laubentfaltung steht. Die absoluten Unterschiede von wenigen Zehntelgraden erscheinen zwar klein, aber man darf dabei immer wieder nicht vergessen, daß es sich nur um ausgeglichene Mittelwerte handelt, die die tatsächlichen Unterschiede leicht zu gering erscheinen lassen.

Viel schärfer tritt auch hier die ausgleichende Wirkung des Waldes auf die Extreme, insbesondere die Maxima zutage. Diese waren nach den Müttrichschen (nicht korrigierten) Ergebnissen z. B. im Mittel für Juli unter Kiefern 2,1°, unter Fichten 2,8° und unter Buchen 3,5° niedriger als im Freiland. Am allerschärfsten zeigen sich die Unterschiede natürlich, wenn man nicht nur die Lufttemperatur im Schatten, sondern die gesamte Strahlungswärme mit Schwarzkugelthermometern mißt.

Solche Messungen von Markgraf¹ in der Bredower Forst ergaben z. B. an heiteren Tagen:

Datum (1920) Tageszeit	17. Februar 14 ⁰⁰ Grad C	4. Mai 9 ³⁰ Grad C	11. Mai 11 ⁰⁰ Grad C	14. Mai 9 ³⁰ Grad C	18. August 12 ¹⁵ Grad C
Im Freien . . .	11,5	23,2	41,0	30,5	45,0
Unter Eichen . .	7,3	17,6	18,3	19,0	23,4

An bewölkten Tagen:

Datum (1920) Tageszeit	9. März 12 ³⁰ Grad C	28. April 9 ⁰⁰ Grad C	10. Mai 9 ³⁰ Grad C
Im Freien . . .	11,0	13,5	14,0
„ Walde . . .	10,5	10,4	12,1

Vor Eintritt der Belaubung waren die Unterschiede verhältnismäßig gering, nachher stiegen sie aber an heitren Frühlings- und Sommertagen bis auf 20° und mehr! An bewölkten Tagen bleiben sie dauernd klein.

Der Einfluß des Waldes auf die Wärme in seinem Innern besteht also im ganzen in einer geringen Herabsetzung der Lufttemperatur und einer schon sehr merklichen Abstumpfung ihrer Extreme. Dagegen fängt er von der Strahlungswärme ganz außerordentlich große Mengen ab. Der Unterbestand, auch der Jungwuchs des Waldes, wächst also immer in einem etwas kühleren, aber auch ausgeglicheneren, milderen Klima wie der Mutterbestand. Bei Holzarten mit lockeren, durchlässigen Kronen (wie Kiefer, Birke, Lärche) ist der Unterschied dauernd gering, bei denen, die dunkle, immergrüne Kronen haben (Fichte und Tanne) dauernd stark, bei den Laubhölzern mit dunkler Belaubung ist er im Winter gering, aber im Sommer stark.

Berücksichtigung des Wärmefaktors in der Forstwirtschaft. Der Wärmefaktor ist in der Forstwirtschaft in erster Linie durch den Anbau der Holzarten entsprechend ihrem Wärmebedürfnis zu berücksichtigen. Wenn wir uns hierbei zunächst nach den vertikalen Verbreitungsgrenzen richten wollen, so würden wir etwa folgende Reihenfolge für abnehmendes Wärmebedürfnis der wichtigsten Holzarten bekommen:

Eßkastanie.
Stieleiche, Roterle, Weißbuche.
Traubeneiche, Sommerlinde (?).
Esche, Winterlinde (?).
Rotbuche, Bergahorn.
Weißtanne.
Fichte, Kiefer, Birke, Aspe.
Lärche.

¹ Markgraf, Fr.: Die Bredower Forst. Berlin-Lichterfelde: Naturschutz-Verlag 1922.

Wenn man diese Reihe mit den horizontalen Verbreitungsgrenzen und der Lage der Optimalgebiete vergleicht, so treten einige auffällige Unregelmäßigkeiten zutage. So vor allem bei der Stieleiche, Roterle und Weißbuche, die nach Norden und Osten zu viel weitergehen als Traubeneiche, Rotbuche und Weißtanne. Wir können vorläufig nur annehmen, daß hier gewisse Unterschiede des Gebirgsklimas vom nordischen bzw. östlichen kontinentalen Klima (anderer Verlauf der Jahreszeiten, anderes Verhältnis der Extreme, Ausgleich durch Lichtstrahlung u. a. m.) an den Abweichungen schuld sind. Damit müssen wir aber zugeben, daß wir uns mit der Aufstellung einer allgemein gültigen Reihenfolge für das Wärmebedürfnis unsrer Holzarten auf etwas unsicherem Boden bewegen, besonders bei den erwähnten Arten. Man wird richtiger tun, wenn man die obige Reihenfolge eben nur für das mitteleuropäische Gebirgsklima gelten läßt, und für das Tieflandsklima mit seinen hauptsächlich von Südwest nach Nordost abnehmenden Wärmeverhältnissen eine andere Reihenfolge aufstellt:

Eßkastanie.
Traubeneiche, Rotbuche, Tanne, Sommerlinde.
Weißbuche.
Stieleiche, Esche.
Roterle, Spitzahorn, Winterlinde.
Weißerle, Aspe, Birke, Fichte, Kiefer.

Daß diese Reihenfolgen überhaupt nur als ein Anhalt aufzufassen sind, bedarf nach allem, was über die Verbreitungsgrenzen der Arten und das Zusammenwirken der Wachstumsfaktoren gesagt worden ist, wohl keines besonderen Hinweises mehr.

Nicht nur in der Wahl des klimatisch passenden Anbaugbietes im großen kann der Wärmefaktor in der Forstwirtschaft berücksichtigt werden, sondern ebenso auch in der Auswahl des passendsten Standorts im kleinen. Hier gilt alles das, was vorher über die Verhältnisse der niederen Hanglagen, die verschiedenen Expositionen, Frostlagen usw. gesagt worden ist. Ebenso wirkt jede Durchbrechung des Bestandesschlusses wärmeerhöhend, freilich bei weiterem Fortschritt auch die Extreme steigernd. Ganz besonders gilt das für die Gegensätze Bestandesschirm und Freilage auf dem Kahlschlag. Wichtig ist auch die Möglichkeit klimatischer Beeinflussung durch die Richtung der Schlagfronten zu den verschiedenen Himmelsrichtungen. Es sind das alles kleine Mittel, und sie bringen nur kleine Verschiebungen der Wärmeverhältnisse mit sich, aber sie werden durch die Dauer ihrer Einwirkung bedeutsam und können nicht nur für das Gelingen der Verjüngung, sondern auch für Masse und Güte der Wuchsleistungen oft entscheidend werden. Die heute noch in den ersten Anfängen stehende Klimatologie der forstlichen Bestandes- und Betriebsformen wird uns in Zukunft gewiß noch wertvolle Aufschlüsse über die hier bestehenden Zusammenhänge bringen.

10. Kapitel. Das Wasser.

Allgemeine Bedeutung des Wasserfaktors. Das Wasser ist zunächst unentbehrlicher Baustoff für alle die vielen H-Verbindungen, die in der Pflanze vorkommen. Ebenso ist es unentbehrlich zur Lebenstätigkeit des Protoplasmas, das nur im gequollenen Zustand eine solche zeigt, ohne Wasser aber in einen Erstarrungszustand übergeht. Endlich aber dient es, und zwar im größten Umfange, zur Aufrechterhaltung des Transpirationsstromes, der, von den Wurzeln ausgehend, die im Bodenwasser gelösten unentbehrlichen Mineral-

stoffe allein rasch und in genügendem Umfang zu den Blättern zu schaffen vermag, wo das Wasser dann an der Außenfläche, meist durch die beweglichen Spaltöffnungen, wieder in Form von Wasserdampf abgegeben wird.

Extreme. Auch für die Wasserversorgung der Pflanze gibt es jedenfalls ein Minimum, Optimum und Maximum. Doch tritt hierbei, namentlich in trockneren Gebieten oder bei Trockenzeiten die ökologische Bedeutung des Minimums viel schärfer in Erscheinung als die der beiden andern Kardinalpunkte. Die Minimumnähe wird meist durch Eintritt des Welkens der Blätter angezeigt, im weiteren tritt dann Dürre- oder Trocknistod einzelner Organe oder des ganzen Individuums ein. Die verschiedenen Pflanzen zeigen hierin eine sehr verschiedene Widerstandsfähigkeit (Dürre-resistenz). Man unterscheidet danach Xerophyten, die an hohe Grade der Austrocknung angepaßt sind, Hygrophyten, die dagegen sehr empfindlich sind, und endlich solche, die ein mittleres Verhalten zeigen (Mesophyten). Daneben gibt es noch Pflanzen, die an wechselnde Feuchtigkeitsverhältnisse (Trocken- und Regenzeiten) angepaßt sind (Tropophyten). Im allgemeinen besitzen die verschiedenen Gruppen besondere äußere und innere Anpassungen nach dieser Richtung, z. B. die Xerophyten derbe, lederige und kleine, im äußersten Falle ganz reduzierte Blätter, geschützt liegende Spaltöffnungen, dicke Epidermis, filzige Behaarung u. a. m., die Hygrophyten große, dünne, vielfach fein gefiederte Blätter, schwache Epidermis, keine Behaarung u. a. m. Die Zahl der so gedeuteten Anpassungsformen in äußerer Gestalt und innerer Struktur ist hier geradezu Legion.

Er hat sich aber neuerdings gezeigt, daß man damit vielfach zu weit gegangen ist, und daß z. B. bei Transpirationsversuchen manche zu den Xerophyten gerechneten Pflanzen ein Verhalten zeigen, das mit ihrer Eingliederung in diese Gruppe nicht recht stimmen will¹. Das scheint auch für unsere Nadelhölzer zuzutreffen, die man wegen ihrer reduzierten Blattform, derben Epidermis, versenkten Spaltöffnungen u. a. m. ganz allgemein zu den Xerophyten gerechnet hat, trotzdem z. B. die Fichte recht große Ansprüche an die Feuchtigkeit macht, und die Lärche recht starke Transpiration² zeigt. Wir dürfen aber trotzdem jene Formen als Anpassung an gewisse Trockenzeiten auffassen, z. B. im Winter, wenn bei gefrorenem Boden die Wurzeln kein Wasser nachschaffen können, um den durch die Nadeln weitergehenden, wenn auch verringerten Verdunstungsverlust zu ersetzen. Wir müssen uns aber hüten, aus den äußeren Formen ohne weiteres auf einen geringen Wasserbedarf im ganzen zu schließen. Den stärksten Hygrophytencharakter zeigt unter unseren einheimischen Waldbäumen die Esche mit ihren dünnen, fiedrigen und unbehaarten Blättern. Das scheint auch mit ihren feuchten Standorten auf Aueböden, an Flußufern und Bruchrändern zusammenzustimmen. Daneben aber finden wir sie doch auch manchmal auf recht trockenen Kalkböden. Ebenso zeigt die bei uns eingebürgerte Akazie (Robinie) trotz ihres ausgesprochen hygrophilen Blattbaus recht große Genügsamkeit in bezug auf die Feuchtigkeit des Standorts!

Das Maximum an Wasser tritt bei uns nur selten auf, z. B. bei Überschwemmungen, stagnierendem Grundwasser u. dgl., was viele Holzarten nicht ertragen. Da die Wurzeln aber im allgemeinen nicht mehr Wasser aufnehmen als die Pflanze braucht, so dürfte es sich hierbei mehr um schädliche Nebenwirkungen (Sauerstoffmangel) als um ein eigentliches Zuviel an Wasser in der Pflanze handeln.

Quellen der Feuchtigkeit. Die äußeren Umstände, die der Pflanze das nötige Wasser verschaffen und ihren Wasserhaushalt regeln, sind 1. die atmosphärischen Niederschläge in Gestalt von Regen, Schnee, Nebel und Tau, 2. das aus diesen Niederschlägen in den Boden einsickernde und dort festgehaltene Bodenwasser, 3. der im Luftraum des Blattwerkes vorhandene Gehalt an Wasserdampf, die sog. Luftfeuchtigkeit. Sie erfordern zunächst eine gesonderte Betrachtung.

¹ Vgl. Lundegårdh: a. a. O., S. 186ff.

² Schreiber: Zur Biologie der Lärche. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1921.

Niederschläge und ihre Verteilung. Die Niederschläge fallen in der Hauptsache bei uns als Regen, zum geringeren Teil als Schnee, der dann beim Auftauen in den Boden einsickert. Die Höhe der Niederschläge ist in Deutschland immerhin recht verschieden. In der Ebene sind sie am größten im Nordwesten, wo sie 700—800 mm im Jahr betragen, am geringsten im binnenländischen Osten, wo sie bis auf 500—550 mm sinken. Die ausgeprägtesten Trockengebiete finden sich in der Magdeburger Gegend (Regenschattengebiet des Harzes), in der Oderniederung und an der ehemaligen westpreußisch-polnischen Grenze, wo am Goplosee bei Hohensalza die jährliche Niederschlagsmenge sogar unter 400 mm sinkt! Mit zunehmender Höhenlage steigen die Niederschläge sofort und stetig an. Deshalb hat der ganze Westen und Süden Deutschlands auch in den unteren Lagen schon meist höhere Niederschläge (700—800 mm). Auf der oberbayrischen Hochebene (München) fallen schon über 900 mm, in den oberen Gebirgslagen meist weit über 1000 (Brocken 1640 mm, Todtnauberg im Schwarzwald 1660 mm und im bayrischen Allgäu sogar 2600 mm!). Doch finden sich auch im Süden einige Trockengebiete, so im Rhein-Main-Becken und um Nürnberg (Kieferngebiet!) mit nur 500—600 mm.

Die Verteilung der Niederschläge über das Jahr hin ist bei uns im allgemeinen günstig. Die meisten Niederschläge fallen in die drei Sommermonate. Im Seeklima Nordwestdeutschlands verschiebt sich das Maximum etwas gegen den Herbst hin, in den hohen Berglagen überwiegen zwar meist die Winterniederschläge, aber auch die Sommerniederschläge sind dort reichlich genug. Auch im trockneren Osten verteilen sich die übrigen Jahresniederschläge (außerhalb des Sommers) wenigstens ziemlich gleichmäßig (6—8% je Monat).

H. Mayr hat als Minimum für das Vorkommen von Wald 50 mm Niederschlag für die vier Vegetationsmonate Mai—August gefordert, wenn die relative Luftfeuchtigkeit durchschnittlich hoch liegt (was allerdings nur sehr selten zusammenfällt) oder 100 mm, wenn sie niedrig ist, aber wenigstens nicht unter 50% sinkt.

Derartige abgerundete Zahlen können natürlich¹ nur grobe Näherungswerte darstellen. Da wir von den verschiedenen Trockengrenzen des Waldes (Steppe, Prärie, Savanne usw.) zu wenig meteorologische Daten, namentlich über die relative Feuchtigkeit haben, lassen sie sich schwer nachprüfen. Sie scheinen nach einigen vorhandenen Daten eher etwas zu niedrig geschätzt zu sein.

In Deutschland ist jedenfalls diese Minimumgrenze nirgends auch nur nahegerückt. Selbst in den trockensten Gebieten fallen bei uns in den vier Monaten Mai—August noch immer über 200 mm bei mindestens 65—70% relativer Luftfeuchtigkeit. Deswegen ist Wald bei uns überall möglich. Die Trockengrenze für diesen liegt ja auch tatsächlich erst viel weiter südöstlich im russischen Steppengebiet.

Wohl aber leidet der Jungwuchs im Walde, der mit seinen flach streichenden Wurzeln stärker der Gefahr oberflächlicher Bodenaustrocknung ausgesetzt ist, vielfach, namentlich im Osten, durch einzelne Trockenperioden im Frühjahr und Sommer. Die dem Kiefernforstwirtschaftler leider nur zu bekannte Frühjahrsdürre (Maidürre) bringt oft große Verluste in jungen Saaten und Pflanzungen. Ältere Bäume ertragen selbst solche Trockenzeiten meist noch immer leidlich gut. Nur die Fichte hat in Dürrejahren, wie z. B. 1904 und 1911, auf trockneren Standorten auch in älteren Stämmen massenhaftes Eingehen gezeigt. In Fällen geringerer Schädigung fand Wiedemann¹ langjährige und schwere Wuchsstockungen, die sich an solche Dürrejahre anschlossen. Er stellt fest,

¹ Wiedemann, E.: Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte. Tharandt 1925.

daß diese Schäden in Sachsen von den niederschlagsreicheren Gebieten im Erzgebirge nach den niederschlagsärmeren Tieflagen zu (natürliche Grenze der Fichte vgl. S. 63) häufiger und stärker wurden. Er fand dabei, daß einen viel schärferen Ausdruck für den Trockencharakter, als ihn der Jahresniederschlag gibt, die Zahl der Dürremonate (mit unter 40 mm Niederschlag) bildet. Diese Zahl steigt nämlich erheblich stärker an, als der Gesamtniederschlag abnimmt.

Zuwachsrückgänge haben sich auch bei andern Holzarten nach Dürrejahre gezeigt. So stellten Böhmerle und Cieslar¹ solche an den verschiedensten Bäumen für 1904, Schwappach² auch für die genügsame Kiefer für frühere Trockenperioden fest. Wir sehen also, daß trotz der im allgemeinen günstigen Niederschlagsverhältnisse in Deutschland doch einzelne Trockenzeiten das Minimum vorübergehend oft recht nahe rücken. Die Rücksichtnahme auf den Wasserfaktor spielt deswegen in der Forstwirtschaft auch eine viel wichtigere Rolle als die auf den Wärmefaktor.

Das Wasser im Boden. Das Niederschlagswasser, das zu Boden gelangt und nicht an dessen Oberfläche oder auf dem Umwege durch die Wurzeln und Blätter der Pflanzen wieder verdunstet wird, sammelt sich in den verschiedenen Bodenschichten zwischen den Bodenteilchen an und dient hier, soweit diese im Wurzelbereich liegen, als Bodenwasser den Pflanzen als dauernde Quelle für die Wasserentnahme³. Soweit es, im Überschuß vorhanden, in den oberen Schichten nicht festgehalten wird, sinkt es tiefer ab und sammelt sich über undurchlässigen Schichten als sog. Grundwasser an. Seitlich austretend speist es dann unsre Quellen, Bäche und Flüsse. Es kann aber auch kapillar aufsteigend den Wasserverlust der oberen Schichten in Trockenzeiten wieder ausgleichen.

Der verschiedene Grad der Bodenfeuchtigkeit wird in Gewichtsprozenten des Wassergehalts der entnommenen Bodenprobe festgestellt. In der forstlichen Praxis bedient man sich einiger mehr schätzungsmäßiger Ausdrücke, indem man von „naß, feucht, frisch, trocken und dürr“ spricht und dafür gewisse Anhaltspunkte als ungefähren Maßstab gibt⁴. Eine allgemeine Übersicht über die Bodenfeuchtigkeit innerhalb der einzelnen Gebiete Deutschlands läßt sich nicht geben, da hier auf kleinstem Raum oft die verschiedensten Verhältnisse vorliegen, die von Höhen- und Tiefenlage, undurchlässenden Schichten im Untergrund und Bodenart viel mehr beherrscht werden als von allgemein klimatischen und geographischen Unterschieden. Im großen und ganzen sind aber unter sonst gleichen Verhältnissen die Böden in den niederschlagsreicheren Gebieten (Nordwest- und Süddeutschland) und in den Gebirgen doch immer feuchter als im Osten, zumal hinzukommt, daß sandige Böden das Wasser viel schlechter halten als lehmige. Hierdurch wird der Unterschied zwischen Osten einerseits, Westen und Süden andererseits noch verschärft, da hier die Lehm Böden, dort die Sandböden, namentlich im Walde, vorherrschen. Weiter gilt allgemein, daß der Boden in örtlichen Tieflagen, wie in Mulden und Tälern, im allgemeinen immer feuchter ist als in umgebenden Hängen, auf Kuppen und Rücken. Im Gebirge selbst nimmt die Bodenfrische gewöhnlich mit größerer Höhe zu. In der sandigen Tief-

¹ Böhmerle: Die Dürreperiode 1904 und unsere Versuchsbestände. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1907. — Cieslar: Einige Beziehungen zwischen Holzzuwachs und Witterung. Ebenda 1907.

² Schwappach: Die Kiefer. Neudamm 1908.

³ Unsere Waldbäume besitzen übrigens auch in dem hohen Wassergehalt ihrer Stämme (bis 50 %!) eine Hilfsquelle, die bei eingeschränkter Verdunstung in Fällen der Not über Trockenzeiten hinweghelfen kann. Daher und wegen der tieferen Bewurzelung wohl auch die größere Widerstandsfähigkeit alter Stämme gegenüber dem Jungwuchs.

⁴ Vgl. die Anleitung der dtsh. forstl. Versuchsanst. zur Standorts- und Bestandsbeschreibung von 1909.

ebene Norddeutschlands wird sie in erster Linie von der Korngröße des Sandes, seinem Humusgehalt und der stark wechselnden Höhe des Grundwasserspiegels beherrscht. Oft nur ganz geringe, im Freien kaum merkbare Geländeneigungen können hier schon starke Unterschiede bedingen.

Diese oft auf kleinster Fläche wechselnden Verhältnisse können Wuchs- und Ertragsleistungen unserer Waldbestände oft entscheidend beeinflussen und die Wirkung des Allgemeinklimas der Gegend ganz verdecken oder verschieben. Auch in einem Trockengebiet kann eine Holzart auf einer feuchten Bodenstelle Höchstleistungen zeigen, dicht daneben auf einer trockenen Erhebung Geringstleistung. Ohne sichere Kenntnis von der Gleichheit dieses Faktors ist jeder Versuch zur Berechnung des Wertes von anderen Faktoren (Wärme, Niederschlag, Licht usw.) größten Fehlerquellen ausgesetzt (vgl. auch S. 114).

Ramann¹ fand, daß im großen Durchschnitt unsere Sandböden nur etwa 2—4%, Lehm Böden aber 10—20% (Gewichtsprozent) Wasser enthalten. Im Laufe des Sommers findet in den oberen Schichten, hier und da unterbrochen durch bedeutendere Niederschläge, eine stetige Abnahme durch die oberflächliche Verdunstung und den Wasserverbrauch der Pflanzen statt, so daß im Spätherbst gewöhnlich ein Minimum eintritt. Da im Winter die Verdunstung herabgesetzt ist und der Verbrauch durch die Pflanzen so gut wie wegfällt, so steigt dann der Wasservorrat wieder langsam an, um im Frühjahr vor Beginn der Vegetation wieder ein Maximum zu erreichen. Es ist das jene in der Land- wie Forstwirtschaft so wohlbekannte und hochgeschätzte „Winterfeuchtigkeit“, die ganz gewiß bei der Überwindung mancher Frühjahrstrockenzeit oft die einzige Rettung bildet.

Der Grundwasserstand ist örtlich beinahe noch wechselnder wie die Bodenfeuchtigkeit. Er kann von oberflächlichem Anstehen bis zu großen Tiefen von 70 m und mehr schwanken. Für die tiefer wurzelnden Waldbäume kommt wohl auch ein Grundwasserstand in Betracht, der noch über 2 m hinabgeht, namentlich wenn die kapillare Aufstiegsmöglichkeit durch feinkörnige Bodenstruktur begünstigt ist. Aber gerade in den Sandgebieten des Ostens, wo eine Hilfe nach dieser Beziehung oft sehr erwünscht wäre, ist das nur in geringem Maße der Fall. Hier dürfte der kapillare Aufstieg meist nur etwa 50 cm betragen, während auf lehmigen und tonigen Böden sehr bedeutende Steighöhen nachgewiesen sind². Im allgemeinen zeigt der Grundwasserstand auf Sandböden nur bei flacherem Anstehen als 2 m eine starke Förderung des Wachstums und Gedeihens unsrer Waldbäume, da in größere Tiefen hinab eben doch nur wenige Wurzeln hinuntergehen und die Mehrzahl sich in der oberen Schicht bis höchstens 1 m hält. Da, wo sich die Wurzeln der Waldbäume auf ein bestimmtes Grundwasserniveau eingestellt haben, schadet eine länger dauernde Senkung, wie sie z. B. bei Wasserabzapfungen in der Nähe großer Städte, Meliorationen u. dgl. stattfindet, meist sehr stark und auffällig. Besonders bei alten Eichenbeständen hat man dann öfters Kronentrocknis und langsames Absterben beobachtet³.

Die Verdunstung. Ein tief in den Wasserhaushalt des Bodens und der Luft eingreifender Vorgang ist die Verdunstung. Sie steigt im allgemeinen proportional der Temperatur, mit zunehmendem Sättigungsdefizit der Luft an Wasserdampf und mit zunehmender Windbewegung. Sie ist daher am größten in

¹ Ramann: Forstliche Bodenkunde.

² Ramann: Bodenkunde, 3. Aufl., S. 342.

³ Oelkers: Trauben- und Stieleiche in der Provinz Hannover. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1923, S. 109 (Eingehen der Stieleiche in der Eilenriede bei Hannover). — Vater: Die Sicherstellung des Wasserbedarfs des Waldes. Bericht über die Versammlung d. sächs. Forstver. 1905 u. 1913 (Massenhaftes Absterben von alten Eichen-, Eschen-, Erlen- und Fichtenbeständen im Nauhof Revier durch Anlage eines Wasserwerks der Stadt Leipzig).

warmen Gegenden und in warmen Zeiten, in trockner Luft und an windausgesetzten Orten.

Je nachdem die Niederschläge oder die Verdunstung überwiegen, unterscheidet man ein humides und arides Klima.

Lang fand einen brauchbaren Näherungswert für das Verhältnis der Niederschläge zur Verdunstung in seinem „Regenfaktor“, d. h. dem Verhältnis von Jahresniederschlag zur mittleren Jahrestemperatur und die Grenze zwischen aridem und humidem Gebiet etwa bei einer Größe dieses Faktors = 40 (z. B. in Braila am Schwarzen Meer 430 mm Niederschlag

$\frac{10,5^\circ \text{ Jahresmittel}}{\text{Bezeichnung der feineren klimatischen Verschiedenheiten innerhalb eines enger umgrenzten Gebietes zu ungenau ist und zu manchen Widersprüchen führt. Er hat vorgeschlagen, dafür den auf frostfreie Zeit reduzierten Regenfaktor einzusetzen, da mit Eintritt des Frostes die Verdunstung und ebenso das Einsickern der Niederschläge in den Boden so gut wie bedeutungslos wird, und das Verhältnis daher im allgemeinen nur durch ihre Wechselwirkung in den frostfreien Monaten (mit Mitteln, die bei 0 und darüberliegen) bestimmt werden muß. Die von ihm daraufhin berechneten Werte für etwa 100 deutsche Stationen geben jedenfalls für Norddeutschland eine sehr gute Übereinstimmung mit den bekannten bodenklimatischen Typen, die sich auf das Verhältnis Niederschlag : Verdunstung aufbauen, und dieser Albertsche, auf frostfreie Zeit reduzierte Regenfaktor dürfte auch für die Ökologie der Pflanzen einen großen Wert haben.$

Die Luftfeuchtigkeit. Von der Höhe der Niederschläge und der Größe der Verdunstung hängt neben der Bodenfeuchtigkeit auch der Gehalt der Luft an Wasserdampf ab, den man in Gramm für den Kubikmeter ausdrückt (absolute Luftfeuchtigkeit). Wichtiger ist aber für die Pflanzenökologie die relative Luftfeuchtigkeit, die man in Prozenten zu beziffern pflegt. Sie gibt an, wieviel von dem bei der betreffenden Temperatur überhaupt möglichen Wassergehalt die Luft z. Z. enthält. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100%, meist schon etwas darunter, tritt Niederschlag ein. Eine relative Luftfeuchtigkeit von 50% würde also bedeuten, daß nur die Hälfte des zur Niederschlagsbildung nötigen Wasserdampfs in der Luft enthalten ist.

Den schärfsten Ausdruck für den Grad der Verdunstungsmöglichkeit bildet aber das Sättigungsdefizit, das die Menge des zur Sättigung der Luft noch fehlenden Wasserdampfes in Millimetern (Quecksilberdruck) oder Gramm (Wasser auf 1 cbm Luft) angibt. Es sinkt und steigt bei gleicher absoluter Feuchtigkeit mit fallender bzw. zunehmender Temperatur. Mit ihm sinkt und steigt auch die Verdunstung. Im allgemeinen aber bedient man sich in der Meteorologie und Pflanzenökologie mehr der Angaben der relativen Luftfeuchtigkeit, welche umgekehrt bei höheren Graden geringere, bei niedrigen stärkere Verdunstungskraft anzeigt.

Die relative Luftfeuchtigkeit schwankt im Verlauf des Tages stark mit der wechselnden Temperatur, die Mittel aber zeigen ziemlich ausgeglichene. Sie betragen im Jahresdurchschnitt für ganz Ost- und Mitteldeutschland etwa 75—80% und sinken in den Frühlings- und Vorsommermonaten (Mai, Juni) meist auf nur etwas über 70%. Nur im mittleren Westen und Süden sind die Mittel stellenweise noch niedriger, etwa um 5—10% (Frankfurt a. M.—Bamberg—Nürnberg). Hier sinken sie im Mai—Juni verschiedentlich sogar bis auf 65%. Einen großen unmittelbaren Einfluß auf die Pflanzenwelt dürften diese Unterschiede aber doch nicht haben.

Einwirkung des Waldes auf den Wasserfaktor. Die Einwirkung des Waldes selbst auf den Wasserfaktor ist sehr bedeutend. Wir wollen zunächst die Niederschläge betrachten.

Hierbei soll aber die oft aufgeworfene und ebenso oft verschieden beantwortete Frage nicht weiter berührt werden, ob der Wald auf die Niederschläge des außerhalb gelegenen Gebietes einwirkt. Sie ist bei kritischer Betrachtung der tatsächlich exakt durchgeführten

¹ Albert: Chem. d. Erde 1928, S. 27ff.

Untersuchungen wohl dahin zu beantworten, daß eine Erhöhung, wenn überhaupt, nur in ganz geringem Grade (ein oder wenige Prozent) stattfinden dürfte.

Niederschläge im Walde. Innerhalb des Waldes und jedes Einzelbestandes findet eine sehr starke und sicher nachgewiesene Beeinflussung statt. Die Niederschläge werden zu einem großen Teil an den Baumkronen von den Blättern und Ästen abgefangen. Ein Teil davon tropft zwar noch nachträglich zu Boden oder läuft an Zweigen und Stämmen herunter, ein anderer Teil aber verdunstet und geht dem Waldboden verloren.

Die an zahlreichen Orten in Deutschland, Österreich, in der Schweiz und in Frankreich durchgeführten Vergleichsmessungen des Niederschlags im Walde und im Freiland haben je nach der Aufstellung der Regenmesser auf dichter oder locker geschlossenen Bestandsstellen und je nach dem Alter der Bestände beträchtliche Abweichungen voneinander ergeben¹. Im allgemeinen aber kann man daraus etwa folgende Zahlen für die durchschnittlichen Verhältnisse entnehmen:

Es werden vom Gesamtniederschlag im Walde unter mittelalten Beständen zurückgehalten:

Bei Lärche 10—15%, bei Kiefern 15—25%, bei Buchen 25—30%, bei Fichten 25—35% (in Österreich betrug der Durchschnitt bis über 40%!).

Von diesem Verlust ist aber noch das am Schaft ablaufende Wasser abzuziehen, das nur in einer Reihe von Einzelfällen besonders gemessen wurde. Es dürfte aber nach den Untersuchungen von Hoppe² im allgemeinen nur bei den Laubhölzern mit schräg aufwärts gerichteten Seitenästen, wie besonders bei der Buche, ins Gewicht fallen, wo es bis zu 10% und darüber betragen hat, während es bei Fichten kaum 1% erreichte.

Den Gang des Niederschlages im Walde in den verschiedenen Monaten zeigt eine Untersuchung von Schubert³ für die Jahre 1882—1896.

Danach betrug der Niederschlagsverlust in Prozenten:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Unter Kiefern:												
Eberswalde (24 m)	14	23	24	32	24	24	26	27	26	28	24	26
Kurwien i. Ostpr. (130 m)	11	14	17	16	25	20	21	19	19	20	19	16
Unter Buchen:												
Mariental i. Braunschweig (128 m)	18	13	18	27	31	39	43	43	40	34	23	18
Friedrichroda i. Thüringen (444 m)	14	7	11	23	31	29	24	30	31	26	18	8
Unter Fichten:												
Sonnenberg i. Harz (777 m)	7	+2	+1	23	21	24	26	25	21	15	10	5
Schmiedefeld i. Thüringer Wald (712 m)	8	6	7	34	32	39	38	37	32	28	19	12

Bei allen drei Holzarten zeigt sich also deutlich eine starke Zunahme der Verluste vom Frühjahr bis in den Sommer hinein und ein allmähliches Geringerwerden im Herbst bis zum Winter, wo der Einfluß am allergeringsten ist.

Bei der Buche würde sich das sehr einfach durch den Unterschied der belaubten und unbelaubten Zeit erklären, nicht aber bei den beiden Nadelhölzern, deren Kronendichte durch die neuen Triebe im Frühjahr kaum eine so starke Zunahme erfahren dürfte. Es

¹ Eine sehr ausführliche Zusammenstellung hierüber in Bühler: Waldbau Bd. 1, S. 177.

² Hoppe: Regenmessung unter Baumkronen. Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr. 1896, H. 21.

³ Schubert, J.: Niederschlag, Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit, Schneedecke in Waldbeständen und im Freien. Meteorol. Z. 1917, H. 4/5.

werden ja dafür auch alte Nadeln abgestoßen. Im übrigen setzt auch der Anstieg fast in allen Fällen schon im März oder April, also vor dem Austreiben, ein. Schubert erklärt das mit dem höheren Schneeanteil der Niederschläge in den Wintermonaten. Es ließ sich nämlich feststellen, daß der Wald vom Schnee nur $\frac{1}{10}$ abfängt und nicht zum Regenschirm gelangen läßt, vom Regen aber $\frac{3}{10}$, so daß die Unterschiede in den Wintermonaten dadurch schwächer als im Sommer ausfallen müssen.

Übrigens werden im Walde die schwächeren Niederschläge ungleich stärker abgefangen als die stärkeren. Von Niederschlägen unter 1 mm kommt im Walde meist überhaupt nichts mehr zu Boden!

Die ebenfalls vielerorts angestellten Beobachtungen über die Höhe und Dauer der winterlichen Schneedecke im Walde gegenüber dem freien Lande haben zu keinem ganz übereinstimmenden und eindeutigen Ergebnis geführt, was auch nicht wundernehmen kann, wenn man hier die Unterschiede auf kleinstem Raum beobachtet, wie sie sich an dünnen Schneedecken beim Auftauen oft dicht nebeneinander finden. Kleine Unebenheiten des Bodens, Wechsel der Bodenflora u. a. m. bedingen diese Unterschiede. Nur für den Fichtenwald im Gebirge ist allgemein eine im Winter zwar etwas geringere, dafür aber im Frühjahr später abtauende und dann etwas höhere Schneedecke festgestellt worden¹.

Die Luftfeuchtigkeit im Walde. Was die Luftfeuchtigkeit betrifft, so ist der absolute Wasserdampfgehalt der Luft in 1 m Höhe über dem Boden im Innern des Waldes meist nicht höher wie im Freien, dagegen haben die Vergleichsmessungen von Müttrich, Bühler und Ebermayer² für die relative Luftfeuchtigkeit ein Mehr im Walde von etwa 3—5% ergeben.

Die Richtigkeit der Zahlen ist allerdings nach den Schubertschen Untersuchungen über die Fehler der Forstlichen Hütte (vgl. S. 123) zweifelhaft. Wahrscheinlich sind sie noch etwas zu hoch.

Die Verdunstung im Walde. Viel wichtiger ist demgegenüber die bedeutende Herabsetzung der Verdunstung im Walde, d. h. im Bestandsinnern. Sie ist bedingt durch die verringerte Wärmestrahlung und den größeren Windschutz im Walde. Übereinstimmend wurde von allen Beobachtern mit dem Evaporimeter (Verdunstungsmesser) für eine freie Wasseroberfläche ein Weniger von 40—50% Verdunstung im Wald gegenüber dem Freien gefunden. Wieweit auch der Boden im Walde an dieser Herabsetzung der Verdunstung teilnimmt, hängt im einzelnen sehr davon ab, ob er nackt, mit Laub- oder Nadeln bedeckt oder mit Bodenpflanzen bewachsen ist.

Wenn so dem Weniger an Niederschlägen von vielleicht 20—25% ein Weniger an Verdunstung von 40—50% gegenübersteht, so scheint damit die Bilanz für den Wald gegenüber dem Freiland zunächst günstig zu sein. Hierzu kommt aber noch die Verdunstung der Bäume selbst. Und diese ist sehr bedeutend. Es gibt leider keine zuverlässige Möglichkeit, um die gesamte Verdunstungsmenge eines Bestandes festzustellen. Man hat dies bisher nur annäherungsweise durch Messungen an jungen Pflanzen und Umrechnung der Ergebnisse auf die ungefähre Blattmasse eines älteren Bestandes versucht. Grundlegend sind hier die mehrjährigen Untersuchungen durch v. Höhnel³ an der Österreichischen Forstlichen Versuchsanstalt in Mariabrunn. Die in Töpfe gesetzten, etwa 5jährigen Pflanzen wurden regelmäßig gewogen und die Wasserverdunstung nach dem Gewichtsverlust festgestellt. Nach der bei den Versuchs-

¹ Schubert, J.: Die Höhe der Schneedecke im Walde und im Freien. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1914, S. 567 ff.

² Vgl. die Zusammenstellung bei Bühler: a. a. O., S. 148.

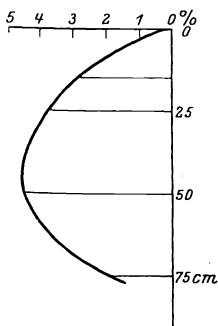
³ Höhnel, v.: Über die Transpirationsgrößen der forstlichen Holzgewächse. Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr. Bd. 2, 1879 u. 1880; ferner Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1884.

pflanzen ermittelten Blattzahl bzw. dem Blatztrockengewicht wurden dann die Verdunstungsgrößen für die entsprechende Blattmenge alter Stämme und Bestände berechnet. Daß dieses ganze Verfahren nur grobe Näherungswerte liefern kann, ist klar. Aber es gibt uns doch wenigstens eine ungefähre Vorstellung von dem Wasserverbrauch durch den Wald selbst. So berechnete v. Höhnel für einen 115jährigen Buchenbestand eine jährliche Verdunstungsgröße, die einem Niederschlag von 272 mm entspricht, für 50—60jährige Buchen 233 mm.

Vater fand für Buchen 290 mm, für Fichte 255 und für Kiefer 103 mm, Burger für Buche 210 mm, Fichte 170—180 mm, Eiche 120 mm und für Kiefer nur 47 mm¹. Die Unterschiede der einzelnen Berechnungen rühren in der Hauptsache von den verschiedenen hoch angesetzten Blattmassen her. Es darf aber nicht übersehen werden, daß die Übertragung der Höhnelschen Transpirationszahlen, die an jungen Topfpflanzen gewonnen wurden, auf alte Bäume mit einem Laubwerk, das unter ganz anderen Belichtungsgraden und anderen Luft- und Windverhältnissen steht, noch große Unsicherheiten und Fehlermöglichkeiten enthält.

Es ist eine aus der Pflanzenphysiologie längst bekannte Tatsache — und die Höhnelschen Versuche haben sie erneut bestätigt —, daß die Pflanzen ihre Transpiration nach dem vorhandenen Wasservorrat erhöhen und erniedrigen. Die Pflanzen folgen also hier nicht einfach den physikalischen Gesetzen der Verdunstung, sondern regeln diese nach ihren Lebensbedürfnissen! Aus alledem erhellt, daß die obengenannten Zahlen mit größtem Vorbehalt aufzunehmen sind.

Die Bodenfeuchtigkeit im Walde. Auf viel sichererem Grund stehen wir, wenn wir die Bilanz von Niederschlag und Verdunstung im Walde in dem Verhalten der Bodenfeuchtigkeit selbst suchen. Hier hatte schon Ramann² gefunden, daß diese auf den untersuchten Böden um Eberswalde regelmäßig unter älterem Waldbestand bedeutend geringer war als auf Blößen oder Schlagflächen daneben. Nur die oberste 2—5 cm starke Schicht machte eine Ausnahme und war häufig etwas feuchter. In der Wurzel-schicht von 15—50 cm aber zeigte sich während der ganzen Vegetationszeit ein Weniger an Wasser gegen die benachbarte Blöße. In tieferen Lagen von 0,75 bis 1 m glich sich der Feuchtigkeitsgehalt der Vergleichsflächen dann wieder aus. Es war also offensichtlich die Hauptwurzelzone der Waldbäume, auf die sich die Austrocknung beschränkte. Sie wurde sowohl für Kiefer wie Buche festgestellt. Ein deutlicher Unterschied der Holzarten im Grade der Austrocknung ergab sich nicht.



Eine anschauliche Darstellung des Fehlbetrages unter einem alten Buchenbestand gegen eine große (sogar stark vergraste) Kahlschlagfläche bietet die von Schubert entworfene graphische Darstellung nach einer der Ramannschen Untersuchungen (Abb. 44). Zu ganz gleichsinnigen Ergebnissen gelangte man auch bei Untersuchungen in Bayern, in der Schweiz und in Rußland³.

Den schärfsten Grad der in die Tiefe gehenden Austrocknung des Waldbodens durch die Baumwurzeln bezeichnen aber wohl jene Fälle, in denen man sogar eine Senkung des

Abb. 44. Fehlbetrag des Wassergehaltes im Waldboden gegenüber der Kahlfäche. Nach Schubert auf Grund der Ramannschen Analysen. Der Waldboden zeigt sich in der Schicht des Hauptwurzelraums um 3—4% wasserärmer als auf der Kahlfäche, oben und unten gleichen sich die Unterschiede aus.

¹ Zitiert nach den Angaben von Büsgen u. Münch: Bau und Leben der Waldbäume, S. 296, 1927.

² Ramann: Wassergehalt diluvialer Waldböden. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1906, S. 13ff.

³ Morosow: Die Lehre vom Walde, S. 177. (Deutsch.) Neudamm 1928.

Grundwasserspiegels unter dem Walde gefunden hat, z. B. am Rande der russischen Steppe (vgl. Abb. 45). Gleiche Feststellungen hat man auch anderswo gemacht¹. In Fällen, wo das Grundwasser fließt, und ein steter seitlicher Ausgleich stattfindet, oder wo es überhaupt außer dem Wurzelbereich liegt, fehlen solche Unterschiede natürlich. Sie stellen wohl überhaupt nur seltenere Fälle dar.

Eine günstige Wirkung übt dagegen der Wald auf den Wasserhaushalt stark geneigter Gebirgshänge aus, indem er gegenüber unbewaldeten Gebieten den Wasserabfluß besser regelt und ausgleicht. Das wenigstens ergaben vieljährige Beobachtungen in der Schweiz in zwei verschieden stark bewaldeten Seitentälern (Sperbelgraben 97%, Rappengraben 31% bewaldet²). Im stärker bewaldeten Gebiet war der Abfluß nach starken Niederschlägen langsamer, in Trockenzeiten aber anhaltender und nachhaltiger. Während im schwach bewaldeten Gebiet die Bäche austrockneten, liefen sie im stark bewaldeten noch lange. Nach langen Landregen, wo der Boden sich allmählich überall vollsaugt, verschwanden die Unterschiede aber wieder.

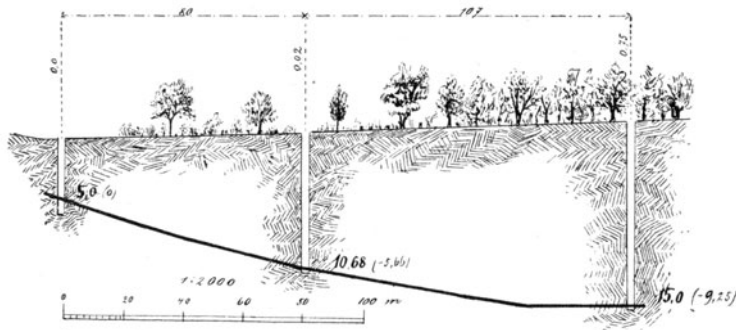


Abb. 45. Grundwasserstand im Schipow-Wald (Grenze von Wald und Steppe). Nach Ototzki. Der Grundwasserhorizont zeigt eine deutliche und starke Senkung von der Steppe (links) zum Walde (rechts) von 5,0 auf 15,0 m.

Lokale Feuchtigkeitsverhältnisse. Daß in bezug auf die Feuchtigkeit im Walde neben den allgemeinen Verhältnissen ganzer Gebiete auch eine große Verschiedenheit auf kleinem und kleinstem Raum herrscht, wurde schon erwähnt. Man kann sogar sagen, daß hier ein starker örtlicher Wechsel die Regel ist. Das gilt nicht nur im Gebirge, wo Berg und Tal, Hochebene und Hang und die verschiedenen Expositionen je nach Beregnung, Besonnung und Windbewegung große Feuchtigkeitsunterschiede aufweisen, sondern auch für die norddeutsche Tiefebene. Hier sind auch die kleinsten, oft kaum auffallenden Geländewellen schon von Einfluß auf die Bodenfeuchtigkeit. Auch bei ganz ebener Lage finden sich oft scheinbar unerklärliche Unterschiede, die sich aber im Wuchs des Bestandes und im Wechsel der Bodenflora sehr deutlich ausdrücken. Sie sind meist auf verschiedene Feinkörnigkeit und daher auch verschiedene Wasserhaltung oder auf wechselnden Grundwasserstand infolge der unregelmäßigen Lagerung undurchlässiger Schichten im Untergrund zurückzuführen.

Auch die verschiedenen Bestandsränder zeigen sicher ein abweichendes Verhalten, obwohl wir darüber leider noch keine zahlenmäßigen Angaben

¹ Vgl. Z. f. Gewässerkunde 1899, S. 174.

² Engler: Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. forstl. Versuchswes. Bd. 12, 1919.

besitzen und dies mit Chr. Wagner¹ nur aus allgemeinen Erwägungen und Beobachtungen ableiten können. Der offene Westrand genießt mehr Niederschläge, der Nordrand etwas weniger, er hat aber wahrscheinlich auch geringere Verdunstung und offensichtlich (Bodenflora!) größere Bodenfeuchtigkeit. Der Ostrand empfängt die wenigsten Niederschläge, hat auch die schlechtesten Tauverhältnisse, vielleicht aber wegen der Beschattung in der wärmeren Tageshälfte gegenüber dem Westrand geringere Verdunstung. Der Südrand ist nach allen Beobachtungen immer der trockenste.

Wasserverbrauch und Wasserbedürfnis der einzelnen Holzarten. Für die waldbauliche Berücksichtigung des Wasserfaktors wäre zunächst eine zuverlässige Feststellung des Wasserbedürfnisses der verschiedenen Holzarten notwendig. Leider gibt es auch dafür bisher keine einwandfreie zahlenmäßige Bestimmung. Einen gewissen Anhalt bieten nur die Untersuchungen von v. Höhnel², die er über den Wasserverbrauch durch Transpiration an 5—7 jährigen Pflanzen in luftdicht abgeschlossenen Töpfen durch Wägungen angestellt hat.

Die betreffenden Zahlen stellen immer den Durchschnitt von mehreren Versuchspflanzen dar, die während der Versuchszeit teils in der Sonne, teils im Schatten aufgestellt waren, wodurch Höhnel nicht nur den Einfluß der verschiedenen Aufstellung beobachten, sondern mit dem Gesamtergebnis auch mehr dem Durchschnitt im Walde nahekommen wollte, da ja dort auch nur ein Teil des Laubes im vollen Licht, ein anderer mehr im Schatten liegt. Die Versuche wurden während dreier Jahre durchgeführt, von denen aber das erste (1878) nicht vergleichsfähig ist, da die Beobachtungen erst mit Juni einsetzten.

Für die beiden anderen Jahre ergab sich folgende Reihenfolge der Holzarten:

Wasserabgabe durch Transpiration in der Zeit vom 1. April bis 31. Oktober, bezogen auf 100 g Blatttrockengewicht:

1879		1880	
1. Lärche	115 kg	1. Lärche	125 kg
2. Esche	98 „	2. Esche	102 „
3. Rotbuche	86 „	3. Birke	92 „
4. Birke	85 „	4. Rotbuche	91 „
5. Hainbuche	76 „	5. Hainbuche	87 „
6. Stiel- und Traubeneiche	66 „	6. Bergahorn	70 „
7. Bergahorn	62 „	7. Stiel- und Traubeneiche	69 „
8. Spitzahorn	52 „	8. Spitzahorn	61 „
9. Fichte	21 „	9. Fichte	14 „
10. Kiefer	10 „	10. Kiefer	12 „
11. Schwarzkiefer	10 „	11. Tanne	9 „
12. Tanne	8 „	12. Schwarzkiefer	7 „

Die beiden Versuchsjahre zeigen zunächst eine verschiedene Größe der Transpiration, die dem Witterungscharakter entspricht. (Die am Evaporimeter für die entsprechende Zeit festgestellte Verdunstung einer freien Wasserfläche betrug 1879 nur 463, 1880 aber 478 mm.) Höhnel fand bei weiteren Versuchen, daß die Verdunstung sich stark nach dem vorhandenen Wasservorrat im Boden richtet. Nach jeder Begießung stieg die Verdunstung in den nächsten Tagen stark an. Bei nachhaltig feuchterer Haltung war sie viel höher als bei trockenerer.

Man bezeichnet das als „Luxusverbrauch“. Andererseits kann man aber auch bei Einschränkung der Transpiration in Trockenzeiten von „Sparverbrauch“ reden. Die Pflanze ist bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den

¹ Vgl. auch Teil II bei Blendersaumschlag.

² Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr. Bd. 2, S. 293, 1881; Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1884, S. 387 ff.

physikalischen Außenbedingungen. Der Grund liegt in der Beweglichkeit der Spaltöffnungen und der Regulierbarkeit ihrer Öffnungsweite. Da diese Vorgänge aber auch noch von anderen Umständen stark beeinflusst werden, sind die ursächlichen Zusammenhänge äußerst verwickelt und schwer zu erforschen¹.

Vergleicht man innerhalb der beiden obigen Jahre die Reihenfolge der einzelnen Arten, so verschiebt sie sich zwar etwas, aber im großen und ganzen bleiben die meisten Arten doch in beiden Reihen ungefähr an derselben Stelle. Scharf und gleichmäßig tritt die viel schwächere Transpiration der Nadelhölzer hervor. Auffallend ist aber nach forstlichen Erfahrungen einerseits der hohe Wasserverbrauch der Lärche und der Birke, von denen letztere doch auf recht trockenen Standorten wächst, andererseits der sehr geringe Verbrauch der Tanne im Verhältnis zur Kiefer, die doch als viel genügsamer gilt. Wir müssen eben hierbei berücksichtigen, daß die obigen Zahlen nur die spezifische Transpiration der Blattmasseneinheit (100 g Trockengewicht) angeben, und daß durch das Maß der Gesamtblaubung der einzelnen Holzarten (gering bei Lärche und Birke gegenüber Buche und Eiche, stark bei Fichte und Tanne gegenüber Kiefer) die Gesamtsumme der Wasserabgabe für den einzelnen Stamm ein teilweise anderes Bild ergeben muß. Ebenso ist ein flaches Wurzelsystem, wie es die Fichte hat, in trockenen Zeiten vielleicht trotz geringer Verdunstung nicht mehr imstande, die Wasserabgabe zu decken, während tiefer wurzelnde Holzarten, wie Buche und Eiche, dies auch trotz stärkerer Verdunstung vermögen. Wir sehen also, daß sich die Feuchtigkeitsansprüche der Holzarten nicht einfach aus solchen Zahlen ableiten lassen, sondern daß wir auch hierfür immer noch mehr oder minder auf die Beobachtungen über die Verbreitung der einzelnen Arten auf trocknen und feuchten Standorten und die Erfahrungen über das Maß ihres Gedeihens auf diesen angewiesen sind.

Die in der forstlichen Literatur hierüber aufgestellten Reihenfolgen stimmen zwar auch nicht ganz überein, namentlich bei den Holzarten mit mittleren Ansprüchen, aber das ist auch nicht so wichtig. Man wird sich damit begnügen können, folgende Hauptgruppen aufzustellen:

I. Geringe Feuchtigkeitsansprüche: Kiefer, Akazie, Birke, Aspe.

II. Hohe Feuchtigkeitsansprüche: Roterle, Esche (mit Ausnahme auf Kalkboden), Pappeln (ohne Aspe), Weiden (mit Ausnahme der kaspischen Weide = *acutifolia*), Fichte, Stieleiche.

III. Mittlere Feuchtigkeitsansprüche: Die übrigen Holzarten.

Die Traubeneiche kann im allgemeinen als genügsamer als die Stieleiche, die Hainbuche ebenso als etwas genügsamer als die Rotbuche gelten. Die Weißerle zeigt eine große Spannweite von feuchten bis zu recht trockenen Standorten, obwohl sie auf letzteren meist nur ein geringes Fortkommen zeigt, ebenso auch die Esche, die auf Kalkböden z. T. auch mit wenig frischen Böden vorlieb nimmt.

Bezüglich der Luftfeuchtigkeit bestehen sehr unsichere Anschauungen. Im allgemeinen schreibt man der Fichte wegen ihrer Verbreitung im Gebirge und der Buche wegen ihrer Verbreitung an der Küste ziemlich hohe Ansprüche zu. Die Lärche soll dagegen in Lagen mit hoher Luftfeuchtigkeit ohne regen Luftwechsel nicht gedeihen, was man auf ihr hohes Transpirationsbedürfnis (vgl. die Höhnelschen Zahlen) zurückführen will². Es ist aber nicht zu verkennen, daß wir bei Beurteilung der Ansprüche unserer Holzarten gerade mit Bezug auf die

¹ Literatur bei Büsgen u. Münch: Waldbäume, S. 213. — Ferner die Untersuchungen von Stalfelt für Kiefer und Fichte in Verh. d. Kgl. schwed. Akad. d. Wiss. Bd. 2, S. 8, 1926; ferner Flora 1927, S. 236 und Planta: Arch. f. wiss. Botan. Bd. 6, H. 2, 1928.

² Schreiber: Beiträge zur Biologie der Lärche. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1921.

Luftfeuchtigkeit nur sehr unsichere und sich vielfach widersprechende Beobachtungen und Erfahrungen besitzen!

Alle Holzarten, auch die sog. genügsamen, sind für ein Mehr an Feuchtigkeit dankbar, soweit es nicht zum Übermaß wird. Auch Kiefer, Birke, Aspe wachsen schneller und geben mehr Masse auf frischeren als auf trocknen Standorten. Es ist also bei ihnen nur das Minimum weit nach unten verschoben.

Gegen ein Übermaß an Wasser, insbesondere stagnierendes Grundwasser, sind alle Holzarten letzten Endes empfindlich, sogar die Roterle, die zwar vielfach auf dauernd nassen Standorten wächst, aber besseres Gedeihen auch dort zeigt, wo ein Heben und Senken des Grundwasserspiegels im Laufe des Jahres stattfindet, oder wo durch fließende Gräben oder Bäche ein dauernder Wasserwechsel stattfindet. Wie schon oben erwähnt, ist daran wohl die Sauerstoffarmut stehenden Wassers, vielleicht auch die Bildung giftig wirkender Stoffe in solchem schuld.

Hiermit hängt auch die Schädlichkeit von Überschwemmungen, besonders länger stehender Sommerhochwasser, zusammen.

Hiergegen zeigen sich besonders empfindlich Rotbuche und Traubeneiche (im Gegensatz zur Stieleiche) und sämtliche Nadelhölzer. Man sieht darin wohl mit Recht den Grund ihres natürlichen Fehlens im Überschwemmungsgebiet unserer Flüsse (Auewald). Auch unsere einheimische Esche und Erle gehen übrigens bei längerer Dauer des Hochwassers ebenfalls ein. Am widerstandsfähigsten hat sich neben der Stieleiche noch die Hainbuche, ferner kanadische Pappel und amerikanische Grauesche gezeigt¹.

Einfluß der Wirtschaft auf den Wasserfaktor. Der Wasserfaktor unterliegt in hohem Maße der Beeinflussung durch die forstwirtschaftlichen Maßnahmen. In erster Linie durch die Schlagführung (Kahlschlag oder Schirmschlag). Es ist aber zu betonen, daß die dem ersteren so oft nachgesagte Bodenaustrocknung nur für die alleroberste Schicht gilt. Und auch das ist nicht einmal immer der Fall. Manchmal zeigt sich nach Kahlabtrieb sogar eine oberflächliche Vernässung (Binsenwuchs, Sphagnummoose u. dgl.), besonders in feuchten Gebirgslagen, auf abflußlosen Hochflächen usw. In der Hauptwurzeltiefe aber ist der Boden nach dem Abtrieb immer feuchter als unter geschlossenem Wald. Das haben bisher alle exakt durchgeführten Untersuchungen (vgl. oben) übereinstimmend ergeben. Die hier hartnäckig vertretenen gegenteiligen Ansichten sind bisher den Beweis noch schuldig geblieben².

Etwas anders liegen aber die Verhältnisse, wenn sich auf vorher unkrautfreiem Boden nach dem Kahlschlag eine starke, wasserverbrauchende Bodenflora einstellt. Dann wird die Bodenfeuchtigkeit natürlich auch noch in tieferen Schichten u. U. ungünstig beeinflusst werden können. Besonders günstig in bezug auf die Feuchtigkeit scheinen kleine sog. Lückenhiebe zu wirken, wie sie in Süddeutschland im Femelschlag- oder auch im Plenterbetrieb (vgl. Teil II) vielfach üblich sind und von Gayer³ besonders warm empfohlen wurden. Auf

¹ Vgl. Klöse: Die Hochwasserschäden 1926 in den schlesischen Forsten. Jb. d. schles. Forstver. 1927.

² Einen solchen Gegenbeweis können wir auch in einer an sich sehr interessanten Arbeit von Tschermak nicht sehen, der beim Vergleich zwischen einer Kahlschlag- und einer Schirmschlagfläche am Nordsaum (Blendersaumschlag) eine höhere Bodenfeuchtigkeit gegenüber der Kahlfläche auch nur für die obersten 1—2 cm feststellte, in der ein nennenswerter Anteil von Wurzeln nicht einmal bei jungen Keimpflanzen liegt. (Tschermak, L.: Kahlfläche und Blendersaumschlag, vergleichende Bodenuntersuchungen. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1920, S. 317 ff.)

³ Gayer, K.: Waldbau. 1898. — Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. 1886.

diesen Lücken findet ja kein Abfangen der Niederschläge, keine Austrocknung des Bodens durch die Baumwurzeln und keine starke Verdunstung wegen des Sonnen- und Windschutzes durch den Seitenbestand statt. Sie vereinigen also in sich alle günstigen Verhältnisse für den Wasserhaushalt. Tatsächlich haben auch Untersuchungen der Bodenfeuchtigkeit auf solchen kleinen Lücken fast durchweg Überlegenheit sowohl gegen den umschließenden Bestand wie gegen das Freiland gezeigt¹.

Ganz anders werden aber die Verhältnisse, wenn die Lücke stark vergrößert wird, so daß die Sonnen- und Windwirkung auch hier einsetzen kann. Besonders zeigt sich dann immer Bodenverhagerung an den Sonnenrändern bis in den umgebenden Altbestand hinein.

Daß auf trockenen Böden schon eine normale Durchforstung, d. h. eine Auflockerung des Kronenschlusses durch Wegnahme einzelner schwächerer und schlechterer Stämme eine Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit zur Folge haben kann, hat Albert durch Untersuchungen in zwei Vergleichsflächen im Eberswalder Stadtwald festgestellt². In einem 25jährigen Kiefernbestand hatte die durchforstete gegen die undurchforstete Fläche im Durchschnitt bis zu 40 cm Tiefe einen um 1% erhöhten Wassergehalt. Das bedeutet je Quadratmeter einen dauernden Mehrvorrat von 6 l Wasser im Boden, also eine recht beträchtliche Menge!

Ebenso fördern natürlich alle Maßregeln die Feuchtigkeit, die den Wind vom Boden abhalten, so die Belassung von sog. Windmänteln durch tief herunter beastete Randstämme an Feld- und Schlagrändern, die Unterpflanzung älterer, sehr offener Bestände mit jungem, noch bis unten beastetem Bodenschutzholz und überhaupt jede Schichtenbildung im Bestand. Allerdings kann diese günstige Wirkung auch ins Gegenteil umschlagen, wenn die Herabsetzung der Oberflächenverdunstung durch den Wasserverbrauch der Unterschicht selbst übertroffen wird, was bei zu dichtem Unterstand auf trockeneren Böden der Fall sein kann³. Untersuchungen hierüber fehlen bislang noch.

Zur waldbaulichen Wasserpflege gehört schließlich noch das ganze Gebiet der Bodenbehandlung und Bodenbearbeitung, das hier entschieden größte Wichtigkeit hat, aber erst an anderer Stelle (Teil II) besprochen werden kann.

11. Kapitel. Das Licht.

Wirkung des Lichts auf die Pflanzen. Das Licht ist für alle grünen Pflanzen zunächst unentbehrlich für den Vorgang der sog. Assimilation, durch den im grünen Blatt aus der Kohlensäure der Luft und dem Wasser der Pflanze unter der Einwirkung der Lichtstrahlen zunächst Stärke gebildet wird. Aus dieser gehen dann durch allerlei Umsetzungen auch alle anderen organischen Baustoffe des Pflanzenkörpers hervor. Ohne Licht ist dieser Vorgang unmöglich und wäre alles Leben auf der Erde ausgeschlossen. Das Licht spielt also die bedeutendste Rolle bei der Stoffherzeugung im Walde. Unter sonst gleichen Verhältnissen kann wohl das Gesetz gelten: Je mehr Licht ausgenutzt wird, desto mehr Masse kann gebildet werden⁴. Ganz besonders

¹ Bühler: Waldbau Bd. 1, S. 331.

² Albert: Ungünstiger Einfluß einer zu großen Stammzahl auf den Wasserhaushalt geringer Kiefernböden. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1915, S. 241 ff.

³ Besonders B. Borggreve hat dies in seiner „Holzzucht“ stark betont und auf die hier mögliche Schädigung durch den Unterwuchs hingewiesen.

⁴ Nicht aber darf das Gesetz so ausgedrückt werden: Je mehr Blattwerk, desto mehr Masse. Denn bei sehr dichter Belaubung tritt oft eine zu starke gegenseitige Beschattung und ungenügende Lichtausnutzung ein! (Vgl. auch S. 153.)

wichtig wird das im Walde, in dessen Lebensgemeinschaft der Kampf um das Licht geradezu das Leitmotiv der ganzen Entwicklung bildet.

Neben dieser stoff erzeugenden Kraft des Lichtes steht aber noch eine andere, formbestimmende: Pflanzen, auch Bäume, die im vollen Licht erwachsen sind, zeigen anderen Habitus als im Schatten lebende, und solche Veränderungen erstrecken sich, wie wir sehen werden, bis tief ins Innere hinein, bis auf den Bau der Einzelzelle. Freilich treten mit dem Wechsel des Lichtfaktors in der freien Natur auch immer zahlreiche andere Veränderungen der Lebensbedingungen (Wärme, Feuchtigkeit, Verdunstung u. a. m.) auf. Vieles, was dem Lichte allein zugeschrieben wird, ist oft auch von anderen Faktoren mitverursacht. Aber die experimentelle Forschung hat doch mit Sicherheit nachgewiesen, daß auch das Licht allein solche Formänderungen hervorrufen kann, und für die Wirtschaft ist es schließlich nicht so wichtig, hierbei die einzelnen Faktoren scharf voneinanderzutrennen, wenn sie in der freien Natur zwangsläufig mit dem Lichte verbunden auftreten, wie z. B. mit stärkerem Licht auch höhere Wärme und umgekehrt. Wir werden daher auch hier oft nur von Lichtwirkungen sprechen, selbst wenn dabei vielleicht andere Faktoren mitwirken.

Lichtquellen. Alles Licht kommt zwar von der Sonne, aber nicht alles kommt unmittelbar als Sonnenlicht, sondern vieles nur als sog. zerstreutes oder diffuses Licht. (So z. B. das blaue Himmelslicht, das weiße bis graue Wolkenlicht und das verschiedenfarbige, von den Gegenständen auf der Erde ausgehende Licht.) Bei bedecktem Himmel herrscht nur diffuses Licht, bei Sonnenschein aber erhält jeder Körper außer dem direkten Sonnenlicht immer noch diffuses Licht vom Himmel und von der ganzen Umgebung. Die Intensität des Sonnenlichtes nimmt in der Ebene mit dem höheren Stand der Sonne zu. Sie ist an sich also am Tage am höchsten um Mittag, im Jahre am höchsten im Sommer, auf der Erde am höchsten am Äquator. Im Gebirge nimmt die Intensität des Sonnenlichtes mit der Höhe zu, da die absorbierende Atmosphäre geringer wird. Neben der Intensität kommt aber noch die Dauer und die Verteilung des Sonnenscheins in Betracht. Und hierdurch wird ein Teil der obigen Beziehungen zwischen Sonnenstand und Lichtintensität doch stark verändert. So zeigen die Tropen einen Ausgleich gegen ihren hohen Sonnenstand in ihrer starken Bewölkung, die nördlichen Gegenden einen Ausgleich gegen den niedrigen Sonnenstand in der Länge der Tage im Sommer. Auch in den Gebirgslagen wird die stärkere Sonnenstrahlung wieder durch häufigere Bewölkung abgeschwächt.

Die Sonnenscheindauer ist innerhalb Deutschlands nicht sehr verschieden (meist nur Schwankungen von 100—200 Stunden im ganzen Jahre bei einem Durchschnitt von etwa 1600—1700 Stunden).

Die mittlere Bewölkung (ausgedrückt in einer zehnteiligen Skala, in der 0⁰ = ganz heiter und 10⁰ = ganz bedeckt bedeutet) ist am höchsten in den östlichen und mitteldeutschen Gebirgen 7,0—7,5⁰. Nordwestdeutschland und Ostpreußen haben etwa 6,5—7,0⁰, das mittlere ostdeutsche Tiefland und Süddeutschland 6,0—6,5⁰, und die geringste Bewölkung mit 5,5—6,0⁰ hat die Rhein-Main-Ebene. Jedenfalls ist also in den meisten Gegenden Deutschlands das diffuse Licht das zeitlich weit überwiegende.

Das diffuse Licht ist aber auch in seiner Stärke neben dem Sonnenlicht nicht so gering, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag. An einem klaren Sommertag beträgt es noch ein Drittel bis ein Achtel der gesamten Lichtstrahlung.

Zusammenhängende Beobachtungen über das Gesamtverhältnis der beiden Strahlungsarten für das ganze Jahr und für verschiedene Orte fehlen noch. Wir wissen nur aus einzelnen Messungen¹, daß das diffuse Licht in seiner Stärke nach Norden zu, besonders in den arktischen Gebieten, zunimmt. Im Gebirge steigt es nur bis zu einer bestimmten Seehöhe, um

¹ Wiesner, J.: Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907.

darüber hinaus (Hochgebirge) wieder abzunehmen. Im Walde, auch schon in der Kronenschicht, wo ein großer Teil der Blätter sich gegenseitig beschattet, hat es jedenfalls eine große Bedeutung. (Es ist überhaupt eine Frage, die m. E. noch nicht geklärt ist, ob und inwieweit die eigentlichen Blattgrünzellen überhaupt noch direktes Sonnenlicht erhalten, da sie ja von Hautzellschichten überlagert sind, die mit ihren Zellwänden und Inhaltskörperchen das Licht größtenteils zerstreuen und in diffuses Licht umwandeln dürften.)

Außer der Intensität des Lichtes ist auch seine Richtung bei allen ökologischen Fragen von Bedeutung. Wir unterscheiden mit Wiesner¹, dem wir umfangreiche und grundlegende Untersuchungen über dieses ganze Gebiet verdanken, 1. das Oberlicht, d. h. das gesamte auf die Horizontalfäche einfallende Licht; 2. das Vorderlicht, das von der Sonne oder dem freien Himmel auf eine Vertikalfläche einstrahlt, z. B. auf eine Wand, einen Wald- oder Bestandsrand; 3. das Hinterlicht, das von einer senkrechten Fläche auf nahe-stehende Gegenstände zurückgeworfen wird, z. B. von einem Bestandsrand auf einzelne davorstehende Bäume; 4. das Unterlicht, das von einer Horizontalfäche, z. B. hellem Boden, Wasserflächen od. dgl., nach oben zurückgeworfen wird. Diesen von Wiesner aufgestellten vier Fällen, von denen Fall 3 und 4 nur eine geringe Rolle spielen, dürfte noch das sog. Seitenlicht als ein in der forstlichen Praxis gebräuchlicher und wichtiger Begriff anzugliedern sein. Man versteht darunter denjenigen Teil des Oberlichtes, der an einem offenen Bestandsrand, besonders an Schlagrändern, meist schräg von der offenen Fläche her einstrahlt. Ihm gegenüber steht der Seitenschatten (bei Sonnenschein) bzw. die Helligkeitsverminderung (bei diffusem Licht), die der Schlagrand auf die benachbarte Freifläche ausübt.

Der Lichtgenuß der Pflanzen. Die Pflanze erhält aber nicht das gesamte im Freien an irgendeiner Stelle einstrahlende Licht vollständig, da sie sich in ihren verschiedenen Teilen selbst beschattet. In der Lebensgemeinschaft des Waldes ist das noch viel weniger der Fall, da hier ein Glied dem anderen das Licht wegnimmt. Wiesner bezeichnet das Licht, das die Pflanze tatsächlich empfängt, als Lichtgenuß, womit nicht gesagt sein soll, daß sie es auch tatsächlich verwendet oder nicht etwa teilweise durchläßt oder zurückwirft. Relativen Lichtgenuß nennt er dann den Anteil, den das tatsächlich empfangene Licht am Gesamtlicht im Freien bildet. Der relative Lichtgenuß wird in einem Bruch oder in Prozenten ausgedrückt, z. B. bei halbem Lichtgenuß $\frac{1}{2}$ oder 50%, bei viertel $\frac{1}{4}$ oder 25% usw. (wenn das empfangene Licht die Hälfte, ein Viertel usw. des vollen Lichtes im Freien beträgt).

Licht und Blattstellung. Im allgemeinen zeigen die meisten Pflanzen und auch die meisten Waldbäume eine zweckmäßige Einstellung ihrer assimilierenden Organe auf möglichst reichen Lichtgenuß, teils durch Bewegungen ihrer Blätter oder durch Drehungen und Krümmungen ihrer Blattstiele, teils auch durch Wachstumsbewegungen der die Blätter tragenden Sprosse. Nicht alle aber besitzen hier gleiche Empfindlichkeit. Dasjenige Laub, das in seiner Blattlage keine bestimmte Richtung zum einfallenden Licht erkennen läßt, nannte Wiesner aphotometrisch. Hierher gehört z. B. die Kiefer mit ihren allseits gewendeten Nadeln. Im Gegensatz dazu steht das euphotometrische Blatt, das sich senkrecht zur Haupteinfallrichtung des Lichtes, bei Oberlicht also meist horizontal stellt. Diese Erscheinung findet sich besonders bei vielen im Waldschatten aufwachsenden Pflanzen, auch beim Jungwuchs vieler unserer Waldbäume, z. B. bei jungem Buchen- und Tannenaufschlag. Dabei kann man bei Seitenlicht meist auch sofort einen entsprechenden Übergang in die Schräglage feststellen.

¹ Wiesner, J.: Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907.

Viele Pflanzen aber zeigen endlich noch ein drittes, andersartiges Verhalten. Sie stellen die dem direkten Sonnenlicht ausgesetzten Blätter mehr oder minder schräg aufrecht oder haben wenigstens aufwärts gebogene Blätter bzw. Blattohrläufigen und wehren so das intensivste Sonnenlicht teilweise ab, während sie das diffuse Licht voll genießen. Solche Blätter nannte Wiesner panphotometrisch.

Hierher gehört das Laub vieler unserer Waldbäume in der oberen und äußeren Krone, während es im Innern oder an beschatteten unteren Zweigen euphotometrisch ist. So z. B. Buche, Tanne und Fichte, die im Wipfel schräg aufwärts stehende oder gekrümmte Blätter und Nadeln haben, im Innern und an den unteren Zweigen aber mehr oder minder horizontal stehende (Abb. 46).

Wirkung der verschiedenen Zusammensetzung des Lichtes. Neben der Menge und Richtung des Lichtes ist aber seine Zusammensetzung noch von großer Bedeutung. Wir wissen, daß die gesamte Strahlung, die auf die Erde gelangt, je nach ihrer Wellenlänge sehr verschiedene Wirkungen (Wärme, Licht, Elektrizität, chemische Wirkung) ausübt, und daß die davon als Licht empfundenen nur einen geringen Bruchteil bilden. Die eigentlichen Lichtstrahlen selbst aber spielen auch wieder je nach ihrer Wellenlänge eine verschiedene Rolle im Leben der Pflanze. Im allgemeinen sind die langwelligeren gelbroten Strahlen mehr für den Assimilationsvorgang, die kurzwelligeren blauvioletteten Strahlen mehr für das Wachstum und die Formbildung von Wichtigkeit. Doch ist eine scharfe Abgrenzung vielfach nicht möglich, und die

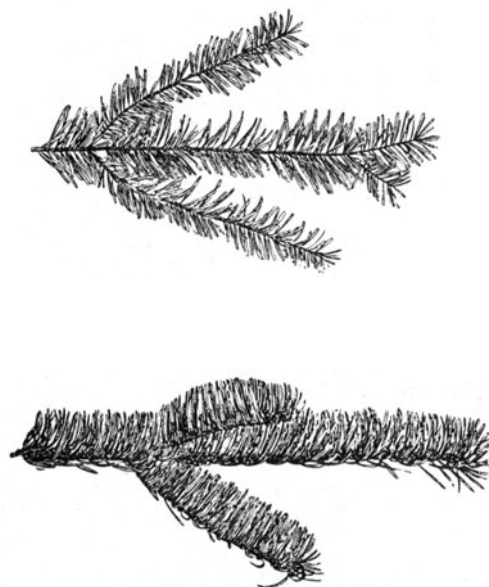


Abb. 46. Oben Schatten-, unten Lichtzweig eines älteren Baums von *Abies Nordmanniana*, die Nadeln im Schatten wagerecht ausgebreitet (euphotometrisch), im Licht senkrecht aufgerichtet (panphotometrisch). Nach Taubert.

physiologischen Untersuchungen hierüber haben viele Unsicherheiten und manche Widersprüche ergeben. Für die Assimilation ist festgestellt, daß ihr Maximum im Rot liegt, und daß im allgemeinen die Rotgelbstrahlung dabei am meisten beteiligt ist. (Doch wirken auch blauviolette Strahlen mit, ja in Einzelfällen soll sogar ein zweites Maximum in Blau beobachtet worden sein, was allerdings fraglich ist.) Es wäre daher wohl wichtig und wünschenswert, bei Messungen des Lichtes die einzelnen Spektralbezirke zu trennen, wie das Oelkers¹ und Knuchel² auch bei ihren Untersuchungen im Walde getan haben. Da dies aber eine sehr umständliche Apparatur erfordert, die Beobachtungen sehr mühevoll und zeitraubend sind, und da man vorläufig doch nichts Sicheres über die Art und Größe der Wirkung in den einzelnen Spektralbezirken weiß, so hat man sich in der Pflanzenökologie meist mit einfacheren Meßverfahren begnügt, die auf der Schwärzung von photographischen Papieren oder Filmstreifen beruhen

¹ Oelkers: Jahrring und Licht. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1914, 1917 u. 1918.

² Knuchel: Spektrophotometrische Untersuchungen im Walde. Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. Bd. 11, 1914.

(Wiesnersches Photometer¹, Eder-Hechtsches Graukeilphotometer², Lundegårdscher Lichtregistrierungsapparat³ u. a. m.). Oder man bedient sich einfacher Belichtungsmesser, wie sie für photographische Zwecke gebräuchlich sind.

Wenn man damit auch tatsächlich nur die photochemisch wirksamen Strahlen (also mehr die blauen) ermittelt, so kann man namentlich bei vergleichenden Messungen ohne allzu große Fehler annehmen, daß auch der rote Teil des Spektrums sich gleichsinnig und annähernd proportional mitverändert. Freilich scheint das gerade im Walde unter den verschiedenen Holzarten nicht immer der Fall zu sein. Die mühevollen Untersuchungen von Oelkers und Knuchel haben nämlich gezeigt, daß das Kronendach des Waldes und in ihm wieder das Laub und die Kronenbildung der einzelnen Holzarten das Licht in den verschiedenen Spektralbezirken ungleich beeinflußt (sog. selektive Lichtabsorption). Trotzdem haben die einfacheren Meßmethoden doch so brauchbare Ergebnisse geliefert, daß man sie als Näherungswerte um so mehr gelten lassen kann, als sie allein zahlreichere gleichzeitige Augenblicks- und Dauermessungen erlauben, auf die es bei der raschen Veränderlichkeit des Lichtes namentlich bei ziehender Bewölkung für ökologische Zwecke vor allem ankommt.

Messung des Lichtgenusses. Wiesner und andere haben so den Lichtgenuß der einzelnen Pflanzen zu bestimmen versucht. Es zeigte sich auch bei den Waldbäumen, daß dieser Lichtgenuß bei den verschiedenen Arten in sehr weiten Grenzen schwankt. Eine Art braucht volles Tageslicht ($\frac{1}{1}$), eine andere kann noch im tiefsten Schatten ($\frac{1}{100}$ und weniger) wachsen. Wiesner bestimmte für die Baumarten das Minimum des relativen Lichtgenusses, das jede Art mindestens braucht, indem er im Innern der Baumkrone seine Messungen durchführte, wo die letzten, meist kümmerlichen Blätter gebildet werden. Auch das kann natürlich nur Näherungswerte geben. Denn es ist nicht nur Lichtmangel allein, sondern auch die Konkurrenz der kräftigeren äußeren Blätter und Knospen, die das Ausbleiben der Blattbildung im Innern verhindert. (Man kann z. B. durch Entfernung äußerer Knospen innere zum Austreiben bringen, die sich für gewöhnlich nicht entwickeln.) Wiesner fand folgende Werte für das relative Lichtgenußminimum in der Gegend von Wien:

Lärche	$\frac{1}{5}$	Freistehender Baum.
Esche	$\frac{1}{6}$	Baumgruppe.
Birke	$\frac{1}{9}$	Gartenbaum (üppig entwickelt).
Schwarzkiefer	$\frac{1}{11}$	Freistehender Baum.
Stieleiche	$\frac{1}{26}$	Baumgruppe.
Spitzahorn	$\frac{1}{55}$	Bestand.
Hainbuche	$\frac{1}{56}$	„
Rotbuche	$\frac{1}{60}$	„
„	$\frac{1}{85}^4$	Freistehender Baum.
Buchsbaum	$\frac{1}{108}^4$	„ Gartenstrauch.

Das relative Lichtgenußminimum ist aber nicht für alle Gegenden gleich. Wiesner stellte bei vielen Pflanzen ein Ansteigen mit zunehmender geographischer Breite fest, z. B. für die Birke (*verrucosa*) bei Wien $\frac{1}{9}$, in Drondhjem $\frac{1}{6} - \frac{1}{4}$, für den Spitzahorn bei Wien (48° n. Br.) = $\frac{1}{55}$, bei Hamar i. Norw. (61° n. Br.) = $\frac{1}{37}$, bei Drondhjem (63° n. Br.) = $\frac{1}{28}$ und bei Tromsö (70° n. Br.) = $\frac{1}{5}$! Mit zunehmender Erhebung im Gebirge findet zunächst ein ähnliches Ansteigen statt. Bei höheren Lagen aber tritt dann vielfach ein Konstantwerden bzw. sogar ein leichtes Sinken ein, was Wiesner teilweise mit der Zunahme der Sonnenstrahlung im Hochgebirge erklären will. Übrigens weist er auch darauf hin, daß günstige Ernährungsbedingungen das Minimum etwas nach unten verschieben können (z. B. Gartenboden, Düngung u. a. m.).

Lichtbedürfnis der Holzarten. Die obige Reihenfolge zeigt im allgemeinen eine gute Übereinstimmung mit den aus Beobachtung und Erfahrung gewonnenen Anschauungen der forstlichen Praxis über das verschiedene Lichtbedürfnis der

¹ Wiesner: Der Lichtgenuß der Pflanzen, S. 10ff. 1907.

² Eder, M.: Ein neues Graukeilphotometer für Sensimetrie, photographisches Kopierverfahren und wissenschaftliche Lichtmessungen. Halle 1920.

³ Lundegårdh: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben, S. 15. 1925. Von $\frac{1}{80}$ an werden die Messungen unsicher.

Holzarten. Danach gilt etwa folgende Reihenfolge für abnehmendes Lichtbedürfnis:

Lärche, Birke.
Kiefer, Aspe.
Stieleiche, Traubeneiche, Esche (?).
Edelkastanie, Schwarzerle, Schwarzkiefer, Weimutskiefer.
Linde, Ahorn.
Fichte, Hainbuche.
Rotbuche, Weißtanne.
Eibe.

Auch hier besteht übrigens Einigkeit der Anschauungen nur in großen Zügen und mehr an den Enden der Reihenfolge wie in der Mitte. Es wird auch in der Praxis angenommen, daß andere Faktoren (Wärme, guter Boden) das Lichtbedürfnis verschieben können. So soll die Edelkastanie im Süden mehr Schatten vertragen als bei uns. Ebenso fand ich üppig gedeihenden Eichenjüngwuchs in Rumänien auch bei so dunklem Stand, in dem er bei uns längst kümmern würde. Dies alles stimmt recht gut mit den Wiesnerschen Feststellungen zusammen.

Licht- und Schattholzarten. Im forstlichen Sprachgebrauch werden die am Anfang der obigen Reihenfolge stehenden Arten von Lärche bis einschließlich der Eiche als Lichtholzarten, die am Ende stehenden von Fichte bis Eibe als Schattholzarten, die übrigen als Halbschattholzarten bezeichnet. Der Gedanke einer derartigen Einteilung stammt von Gustav Heyer¹, der die Erfahrungen der Praxis über das verschiedene Lichtbedürfnis der Holzarten, vor allem bei der Verjüngung, zusammenfaßte, aber auch auf die Wichtigkeit der Unterscheidung bei anderen forstlichen Maßnahmen (Anlage von gemischten Beständen, Durchforstungen usw.) hinwies.

Er machte auch darauf aufmerksam, daß sich das größere Bedürfnis der Lichtholzarten schon in ihrer lockeren Belaubung gegenüber der dichteren der Schatthölzer zeigt, worauf ja letzten Endes auch das von Wiesner festgestellte Minimum des relativen Lichtgenusses beruht. Ebenso wies er auf die wichtige Tatsache hin, daß auch die ganzen Bestände der Lichtholzarten sich besonders mit zunehmendem Alter immer viel lichter stellen, d. h. mehr Licht durchlassen als die Schattholzbestände, offenbar dadurch, daß ihre unteren und inneren Zweige und ebenso die zurückbleibenden Stämmchen schon bei höheren Lichtgraden absterben wie bei den genügsameren Schatthölzern.

Diese erstmalig von Gustav Heyer ausgesprochenen Gedanken haben sich dann bald in der ganzen forstlichen Welt durchgesetzt und sind für die forstliche Praxis von größter Bedeutung geworden. Heyer selbst hatte nur von lichtbedürftigen und schattenertragenden Holzarten gesprochen. Später hat man daraus kurz Licht- und Schattenholzarten gemacht. Diese Ausdrücke, insbesondere der Ausdruck „Schattenholzarten“, sind allerdings nicht ganz glücklich gewählt und insofern irreführend, als sie den Anschein erwecken können, als ob die Schattholzarten das Licht meiden und den Schatten lieben. Das ist natürlich nicht der Fall. Wohl gibt es derartige Pflanzen, die nur auf sehr tiefe Lichtintensitäten abgestimmt sind, wie sie z. B. im Waldesschatten oder in Felshöhlen herrschen. Aber die mit ihren Kronen schließlich immer im vollen Licht wachsenden Waldbäume gehören dazu nicht. Sie ertragen nicht nur das volle Licht — gegen starke Besonnung schützen sich einige u. U. durch schräge Blattstellung (Panphotometrie) —, sondern sie wachsen auch im allgemeinen rascher und besser im

¹ Heyer, G.: Das Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten. Erlangen 1852.

vollen Licht. Sie ertragen also nur den Schatten oder richtiger niedrige Lichtintensitäten. Fabricius hat deswegen vorgeschlagen, nur von „schattenfesten“ statt „Schattenholzarten“ zu sprechen. Es wird aber wohl bei dem alten kurzen und gebräuchlichen Namen bleiben, und er genügt auch, wenn man sich dabei bewußt bleibt, daß es sich eigentlich nur um Schattenfestigkeit handelt.

Außer dieser formalen Beanstandung hat die Anschauung von Licht- und Schattenholzarten aber auch noch eine grundsätzliche durch Borggreve¹ und Fricke² gefunden. Borggreve hat sich zwar in erster Linie nur gegen die Auffassung der Schattenholzarten als „schattenliebenden“ und dagegen gewendet, daß die Lichthölzer „Sonne“ haben müßten und nicht auch im diffusen Licht wachsen könnten, wofür er einige beweisende Beispiele in eigenen Beobachtungen und Versuchen beibrachte. Er hat darüber hinaus aber doch auch eine ziemlich zweifelnde Stellung gegenüber einer Abstufung der verschiedenen Holzarten im Grade des Lichtbedarfes überhaupt eingenommen. Es ist jedenfalls bezeichnend, daß nirgends in seinem Lehrbuch eine Reihenfolge der Schattenfestigkeit für die einzelnen Holzarten angegeben wird.

Schattenwirkung oder Wurzelkonkurrenz³. Fricke ging noch weiter. Er meinte, daß alle Holzarten die gleiche Fähigkeit hätten, Licht- und Schattenformen zu bilden, und daß da, wo die sog. Lichthölzer, wie z. B. die Kiefer, im Walde unter Schirm kümmernten, dies nur auf die Wurzelkonkurrenz der älteren Schirmbäume auf trockenen Böden (Wasserentzug) zurückzuführen sei. Er zeigte in Versuchen, daß, wenn man diese Konkurrenz aufhebt, wie z. B. durch Stichgräben um die Jungwuchshorste herum, durch die die Altholzwurzeln abgeschnitten wurden, sich der kümmernde Wuchs sofort besserte. Es fehlte aber der eigentlich entscheidende Versuch, ob nicht bei Entfernung des Schirms, d. h. bei vollem Licht neben Aufhebung der Wurzelkonkurrenz der Wuchs noch viel besser geworden wäre. Jedenfalls bleibt es aber ein Verdienst Fricke's, daß er auf den vielfach übersehenen Einfluß der Wurzelkonkurrenz durch diese Versuche hingewiesen hat. (Die Anschauung von einer recht geringen Schattenempfindlichkeit der Kiefer ist übrigens auch ganz neuerdings wieder in der sog. Dauerwaldbewegung besonders von Wiebecke vertreten worden, ebenso schon früher von Duesberg⁴.)

Die Fricke'schen Versuche über den Einfluß der Wurzelkonkurrenz sind dann in neuerer Zeit von Fabricius⁵ in ähnlicher Weise für die verschiedensten Holzarten wiederholt und im wesentlichen bestätigt worden. Alle Arten zeigten deutlich den fördernden Einfluß durch Aufhebung des Wurzelwettbewerbs mit älteren Schirmbäumen nach Anlage von Ringgräben. In allerletzter Zeit⁶ hat Fabricius dann aber den entscheidenden Vergleichsversuch ausgeführt, den Fricke unterlassen hatte, indem er neben Ausschaltung der Wurzelkonkurrenz auch noch das Verhalten auf benachbarten Freiflächen mit vollem Oberlicht untersuchte. Hierbei zeigte sich nun, wie von vornherein zu erwarten war, daß die Entwicklung dort am allerbesten war. Bei der Kiefer stellte sich das Verhältnis in abgerundeten Zahlen etwa so,

¹ Borggreve, B.: Die Holzzucht, 2. Aufl., S. 120ff. 1891.

² Fricke: Licht- und Schattholzarten, ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1904.

³ Ich ziehe das als Fachausdruck eingebürgerte Fremdwort „Wurzelkonkurrenz“ der Verdeutschung „Wurzelwettbewerb“ auch aus dem Grunde vor, weil Wettbewerb mir für diesen rücksichtslosen Kampf viel zu zahm klingt!

⁴ Duesberg: Der Wald als Erzieher.

⁵ Fabricius: Der Einfluß des Wurzelwettbewerbs des Schirmstandes auf die Entwicklung des Jungwuchses. Forstwiss. Zbl. 1927, S. 329.

⁶ Fabricius: Forstliche Versuche Bd. 7. Forstwiss. Zbl. 1929, S. 477.

daß die Pflanzen im zweijährigen Alter im Schatten des Schirmbestands bei Aufhebung der Wurzelkonkurrenz nur eine Steigerung des Gewichts auf das Zwei- bis Dreifache zeigten. Bei Vollicht im Freiland aber leisteten sie etwa

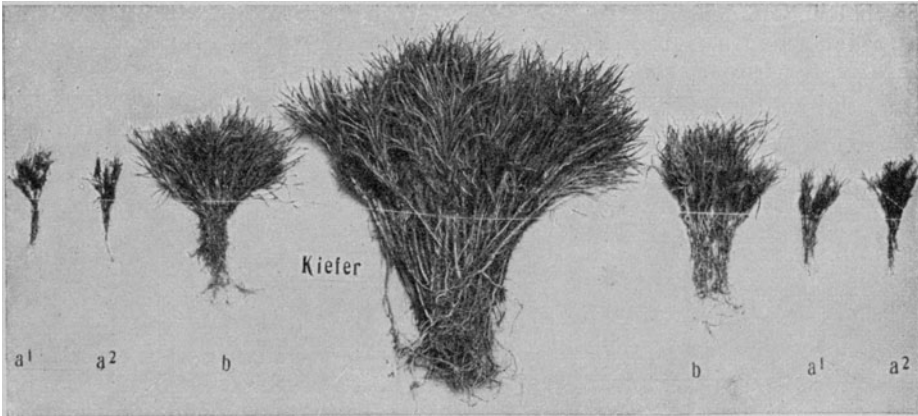


Abb. 47. Einfluß von Lichtentzug und Wurzelkonkurrenz bei der Kiefer. Nach Versuchen von Fabricius. In der Mitte: Entwicklung von Durchschnittspflanzen auf freier Fläche (volles Licht, keine Wurzelkonkurrenz), *b* unter Schirm, Altholzwurzeln durch Isoliergräben abgeschnitten (Halbschatten ohne Wurzelkonkurrenz), *a*¹ und *a*² = wie *b*, aber ohne Isoliergräben (Halbschatten mit Wurzelkonkurrenz).

das Zehnfache gegenüber den beschatteten ohne Wurzelkonkurrenz. Damit erwies sich der Lichtentzug in diesem Falle noch als erheblich schädlicher als die Wurzelkonkurrenz (vgl. Abb. 47).

Durch diese unter möglichst natürlichen Verhältnissen ausgeführten Versuche ist zum erstmal der Anteil, den Lichtentzug und Wurzelkonkurrenz an der Benachteiligung des Jungwuchses unter Schirm haben, einwandfrei nachgewiesen worden. Da die Versuche außerdem bei verschiedenen Holzarten durchgeführt sind, so haben sie nebenbei auch wertvolle Ergebnisse über das unterschiedliche Verhalten der einzelnen Arten gebracht. Auch hierbei wurde der Unterschied von Licht- und Schattholzarten, der inzwischen schon anderweitig durch Versuche festgestellt worden war, aufs neue bestätigt.

Beschattungsversuche. Einen entscheidenden Beweis für das tatsächlich verschiedene Lichtverhalten der Holzarten hatten schon die im Jahre 1909 veröffentlichten Versuche von Cieslar gebracht¹. Dieser erzog junge Holzpflanzen unter besten Bedingungen in feucht gehaltenen Gartenbeeten unter Lattenschirmen von verschiedenen Beschattungsgraden. Zum Vergleich diente ein Beet im vollen Licht, das durch Moosbedeckung zwischen den Reihen

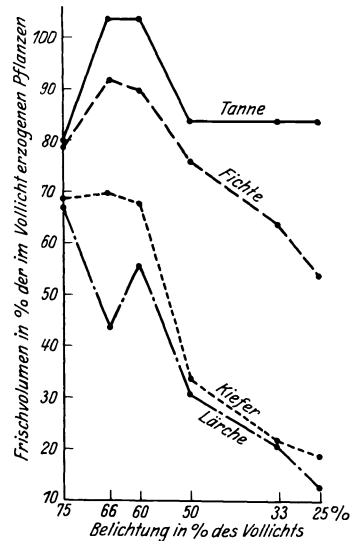


Abb. 48. Verhältnis des Volumens 1-jähriger Pflanzen bei verschiedenen Lichtentzug. Nach Versuchen von Cieslar.

¹ Cieslar: Licht- und Schattenholzarten, Lichtgenuß und Bodenfeuchtigkeit. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1909, S. 4ff.

ebenfalls feucht gehalten wurde. Als Maßstab für die Leistung wurde das durchschnittliche Frischvolumen der einjährigen Pflänzchen bestimmt.

Es zeigte sich danach folgendes Verhältnis (vgl. Abb. 48): Alle Arten haben zwar das größere Volumen im helleren Licht¹ und das geringste bei den stärksten Beschattungsgraden, aber die Abnahme ist ganz verschieden: Bei Tanne nur sehr gering, bei Fichte etwas stärker, sehr viel stärker bei der Kiefer und am stärksten bei der Lärche.

Ein sehr interessantes Ergebnis zeigte die Messung der durchschnittlichen

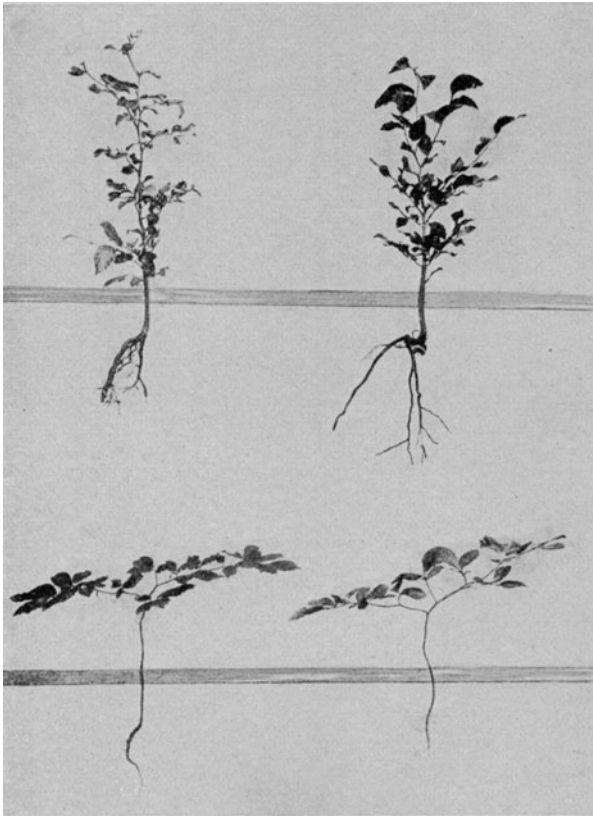


Abb. 49. Oben: Lichtbuchen, 3jährig. Unten: Schattenbuchen, 7jährig.
Phot. Arnold Engler.

Höhen der Pflänzchen. Hier fand sich unvermuteterweise zunächst eine Zunahme der Länge mit stärkerer Beschattung. Cieslar sah darin eine Erscheinung von Etiollement, d. h. einer krankhaften Überverlängerung der Sproßachse bei kümmerlicher Entwicklung der Blätter, wie das im Extrem bei im Dunkeln auskeimenden Kartoffeln bekannt ist. In der forstlichen Pflanzenzucht spricht man von „spillerigem Wuchs“. Ein solches Etiollement zeigte sich nun bei der Tanne gar nicht, bei der Fichte schwach, sehr stark bei Kiefer und Lärche. Die Holzarten wiesen also hier das umgekehrte Verhalten wie in ihrem Gesamtvolumen auf. Nach beiden Richtungen aber zeigte sich eine gleichsinnig abgestufte Reihenfolge der Holzarten.

Ähnliche Ergebnisse hat auch eine Untersuchung einer

größeren Zahl von Holzarten im Grafrather Versuchsgarten des Münchener Forstinstituts² gebracht, wenn die Zahlen auch im einzelnen etwas abweichend sind. Als Gesamtergebnis wird dort folgende Reihenfolge der Schattenfestigkeit aufgestellt: 1. Esche, 2. Tanne, 3. Rotbuche, 4. Fichte, 5. Hainbuche, 6. Ulme, 7. Winterlinde, 8. Sommerlinde, 9. Traubeneiche, 10. Stieleiche, 11. Weißerle, 12. Schwarzerle, 13. Kiefer, 14. Birke, 15. Lärche.

¹ Die einzige Ausnahme machte im obigen Versuch die Tanne, die bei 66 und 60 % etwas mehr als im Vollicht produzierte. Merkwürdigerweise zeigt auch die Fichte bei den gleichen Lichtstärken ein Ansteigen, wenn auch viel schwächer. Ob hier noch ein anderer Faktor mitwirkt oder nur ein sog. Ausreißer vorliegt, bliebe noch zu untersuchen.

² Gia, T. D.: Beitrag zur Kenntnis der Schattenfestigkeit verschiedener Holzarten im ersten Lebensjahr. Forstwiss. Zbl. 1927, S. 386ff.

Dieses ebenfalls durch genaue Vergleichsversuche gefundene Ergebnis stimmt gut mit unserer oben aus der Praxis gegebenen Reihenfolge überein. Nur die Esche macht eine Ausnahme. Sie hat im ersten Jahre einen außerordentlich hohen Grad von Schattenfestigkeit gezeigt. Es ist aber auch bekannt, daß Eschenjungwuchs sich anfangs noch in sehr starkem Schatten hält, ebenso aber auch, daß die Esche in späterem Alter bedeutend mehr Licht braucht. Ein solches Steigen des Lichtanspruches mit zunehmendem Alter zeigen auch die anderen Holzarten mehr oder minder, wenn auch nicht so stark wie die Esche. Es entspricht das in zweckmäßiger Weise der natürlichen Entwicklung im Walde, bei der aller Jungwuchs anfangs im Schatten seiner Mutterbäume aufwachsen muß, später aber ans volle Licht tritt. Wir werden noch sehen, daß auch eine gleichsinnige Verschiebung der inneren Blattstruktur damit Hand in Hand geht.

Licht- und Schattenhabitus. Der formbestimmende Einfluß des Lichtes zeigt sich schon im äußeren Habitus. Im Schatten erwachsene



Abb. 50. Schirmförmiger Habitus einer im Schatten erwachsenen Jungfichte. Nach Gräbner.

Pflanzen zeigen nicht nur kümmerlicheren Wuchs, sondern auch eine Verschiebung der Größenverhältnisse und andere Stellung der einzelnen Teile. Besonders scharf sind diese Unterschiede natürlich dort, wo die Breite zwischen Lichtmaximum und -minimum besonders groß ist, wie bei den Schattholzarten. Junge Buchen, Tannen und Fichten, die im Schatten aufwachsen, zeigen eine mehr horizontale Ausbreitung der Seitenäste. Bei der Buche neigt sich auch der an sich schräggestellte Hauptspieß oft fast in die wagerechte Lage (vgl. Abb. 49). Bei Fichte und Tanne wird dieser ganz kurz, während die Seitenzweige relativ länger bleiben. Die Schattenkronen werden daher geradezu schirmförmig (Abb. 50).

Die Blattstellung ist im Schatten horizontal (euphotometrisch), und die Blätter stellen sich mosaikartig nebeneinander, so daß gegenseitige Beschattung vermieden wird (Abb. 51). Bei den Nadelhölzern Tanne und Fichte entspricht dem die stärker ausgeprägte Scheitelung der Nadeln an Schattenzweigen gegenüber den mehr büstenartig benadelten Lichtzweigen.

Die im Licht erwachsenen Blätter sind immer dicker und derber als die Schattenblätter.

Was Größe und Farbe der Licht- und Schattenblätter anbetrifft, so sind die Verhältnisse nicht ganz einheitlich. In vielen Fällen scheint die Blattgröße zunächst bei geringeren Beschattungsgraden etwas zuzunehmen und erst

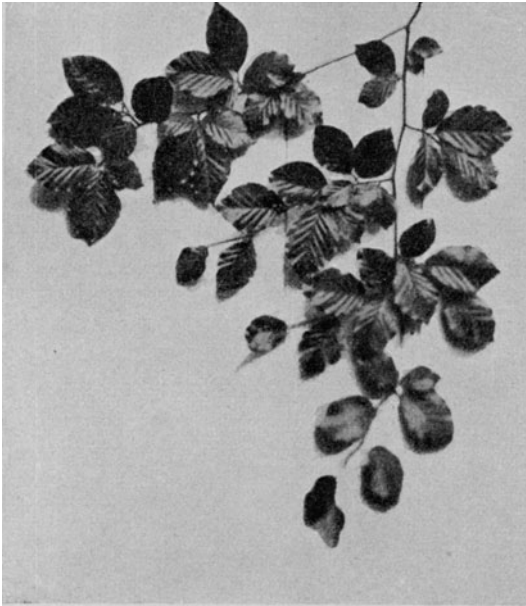


Abb. 51. Mosaikartige Blattstellung an einem Schattenzweig der Rotbuche. Nach Gräbner.

bei stärkerer Beschattung abzunehmen, dann aber ziemlich rasch. Das Blattgrün ist bei Lichtblättern meist heller und saftiger, bei sehr dem Licht ausgesetzten Blättern geht es aber zurück und wird gelblicher. Wiesner führt dies auf teilweise Zerstörung des grünen Farbstoffes im grellen Licht zurück. Bei Schattenblättern ist das Grün vielfach etwas dunkler. Der Chlorophyllgehalt nimmt zunächst mit abnehmender Lichtintensität zu, um nach Überschreitung eines gewissen Grades dann wieder abzusinken. (Auch hier zeigt sich ein verschiedenes Verhalten der Licht- und Schattenhölzer. Bei der Fichte erstreckt sich dieses Ansteigen des Chlorophyllgehaltes z. B. nur auf viel geringere Lichtgrade als bei der Kiefer¹.)

Die Anpassung der einzelnen Organe an verschiedenen Lichtgenuß erstreckt sich schließlich auch auf die Knospen. Diese Verhältnisse sind in einer schönen Arbeit des verstorbenen Waldbauprofessors Arnold Engler in Zürich² ein-



Abb. 52. Links Längsschnitt, rechts Querschnitt durch die Knospen einer Rotbuche. *a* Lichtknospen, *b* Schattenknospen, jedesmal im gleichen gegenseitigen Verhältnis. Die Lichtknospen zeigen viel zahlreichere und dickere Knospenschuppen als die Schattenknospen. Nach A. Engler, Zürich.

gehend untersucht worden. Die Schattenknospen sind nicht nur kleiner, sondern die Zahl und Dicke ihrer Knospenschuppen ist viel ge-

¹ Ljubimenko: *Revue gen. botan.* 1908, S. 237.

² Engler, A.: *Untersuchungen über den Blattausbruch und das sonstige Verhalten von Schatten- und Lichtpflanzen der Buche und einiger anderer Laubhölzer.* Mitt. d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. Bd. 10, H. 2, 1911.

ringer (vgl. Abb. 52). Engler fand darin eine zwanglose Erklärung für die bekannte Tatsache, daß sich z. B. bei der Buche die unteren und inneren Zweige und die unterdrückten und beschatteten Individuen früher begrünen als die im vollen Oberlicht stehenden. Die Ursache liegt darin, daß das Licht (oder hier wohl in erster Linie die damit verbundene Wärme) rascher und kräftiger durch



Abb. 53. Versuche über das Austreiben von Licht- und Schattenbuchen. Nach A. Engler, Zürich. 1. Lichtbuchen, dauernd am Licht gehalten. 2. Schattenbuchen im Frühjahr vor dem Austreiben ans Licht gesetzt. 3. Lichtbuchen, vor dem Austreiben in den Schatten gesetzt. 4. Schattenbuchen, dauernd im Schatten gehalten. Alter der Pflanzen zwei Jahre, Aufnahme vom 9. Mai 1906.

die dünneren Hüllen der Schattenknospen durchdringt. Engler hat durch sehr anschauliche Versuche gezeigt, daß das frühere und spätere Austreiben der Schatten- und Lichtpflanzen auch dann bleibt, wenn die Belichtungsverhältnisse kurz vor dem Austreiben im Frühling vertauscht werden, weil eben die Dicke der schon gebildeten Knospenhülle in erster Linie entscheidend ist (vgl. Abb. 53).

Innere Struktur der Licht- und Schattenblätter. Schon vorher ist erwähnt worden, daß der formbestimmende Einfluß des Lichtes sich auch auf den inneren Aufbau der Pflanze erstreckt. Bereits Stahl¹ hatte festgestellt, daß die Blätter von Schattenpflanzen einen anderen Bau ihrer Gewebe zeigen als die von sonnigen Standorten. Sonnenblätter haben eine dickere Epidermis, ein stark ausgeprägtes, oft mehrschichtiges Palisadengewebe auf der Oberseite, das durch die Entwicklung einer großen Innenfläche möglichst vielen wandständigen Chlorophyllkörnern Raum darbietet. Bei Schattenblättern ist die Epidermis dünner, eigentliche Palisadenzellen fehlen, oder sie sind nur unvollkommen und einschichtig ausgebildet (Abb. 54). Diese und noch andere Unterschiede sind dann durch eine große Zahl späterer Untersuchungen und gerade bei

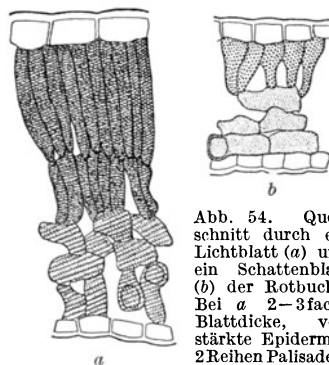


Abb. 54. Querschnitt durch ein Lichtblatt (a) und ein Schattenblatt (b) der Rotbuche. Bei a 2-3fache Blattdicke, verstärkte Epidermis, 2 Reihen Palisadenzellen, bei b nur eine Reihe, als sog. Trichterzellen ausgebildet. Nach Schramm.

¹ Stahl: Einfluß des sonnigen und schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Jenaische Z. f. Naturkunde Bd. 16, 1883.

Waldbäumen, Laub- wie Nadelhölzern, immer wieder gefunden und bestätigt worden.

Hesselman¹ fand bei der Hasel sogar am selben Strauch eine Differenzierung mit allen Übergängen vom Licht- zum Schattengewebe, je nach der Stellung der Blätter am Strauch und ihrem geringeren oder stärkeren Lichtgenuß (vgl. Abb. 55).

So zeigt sich also eine äußerst weitgehende Anpassung an die geringsten Unterschiede im Lichtgenuß. Andere Untersuchungen² haben dann noch gezeigt, daß an jungen Pflanzen alle Blätter und Nadeln, selbst wenn sie im vollen Licht erwachsen sind, immer mehr oder minder Schattenstruktur zeigen, während die von älteren Bäumen auch im Schatten wenigstens noch gewisse Anklänge an Lichtstruktur aufweisen.

Die Anpassung ist also mehr oder minder auf den natürlichen Entwicklungsgang eingestellt, bei dem aller Jungwuchs im Walde im Schatten des Mutterbestandes aufzuwachsen gezwungen ist, und die innere Struktur vermag sich bei

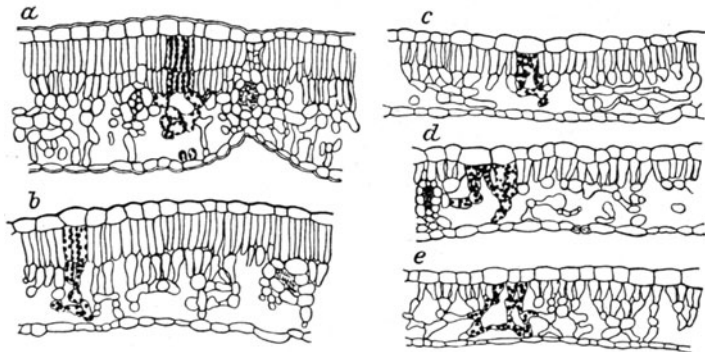


Abb. 55. Blattquerschnitte von *Corylus avellana*. a von der Südseite eines Strauches; b von der Nordseite (Sonnenblätter); c-e Schattenblätter, Lichtfaktor $c = \frac{1}{20}$, $d = \frac{1}{23}$, $e = \frac{1}{20}$. Nach H. Hesselman, 1904. Die Blattstruktur zeigt eine feine stufenförmige Abstimmung je nach dem Grad des Lichtgenusses.

abweichender Lebenslage zunächst nur schwer darauf umzustellen. Besonders ist das bei Schattholzarten der Fall. Bei Lichthölzern ist, wieder entsprechend den natürlichen Lebensverhältnissen, die äußere und innere Differenzierung von Licht- und Schattenformen überhaupt viel geringer. Bei stärkerer Beschattung findet dann keine gesunde Anpassung mehr statt, sondern es treten krankhafte Erscheinungen von Etiolement bzw. ein Kümern der Pflanzen ein. (Vgl. hierzu die Untersuchungen von Cieslar über Etiolement von jungen Kiefern und Lärchen [S. 146] und die Untersuchungen von Wiedemann³ über die von Duesberg u. a. so genannte „edle Halbschattenform“ der Kiefer.)

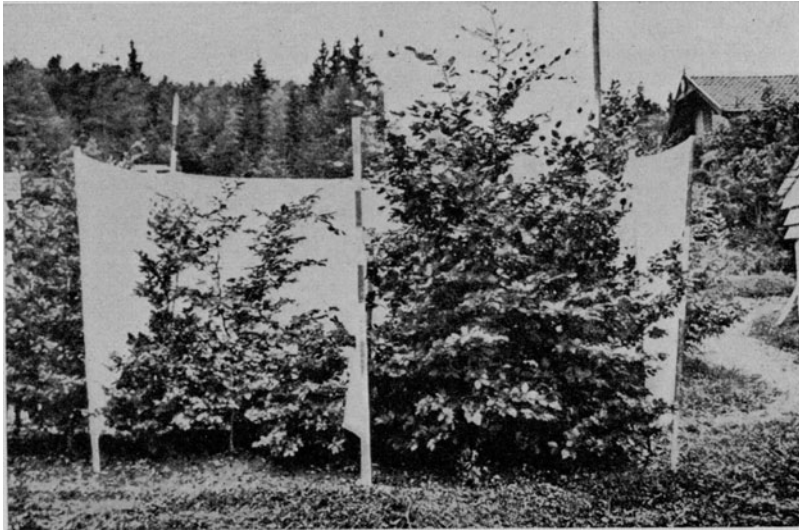
Nachwirkung der Lichtverhältnisse. Es hängt offenbar auch mit dieser nur schwer erfolgenden Anpassung an veränderte Lichtverhältnisse zusammen, daß der gegebene Licht- oder Schattencharakter bei anderen Licht-

¹ Hesselman, H.: Zur Kenntnis des Lebens schwedischer Laubwiesen. Beih. z. botan. Zbl. 1904, S. 376.

² Schramm: Über die anatomischen Jugendformen der Blätter einheimischer Holzpflanzen. Flora 1912, S. 225ff. — Taubert: Beiträge zur äußeren und inneren Morphologie der Licht- und Schattennadeln bei der Gattung *Abies*. Mitt. d. dtsh. dendrol. Ges. 1926, S. 206ff.

³ Wiedemann, E.: Die Kiefernaturverjüngung in der Umgebung von Bärenthoren. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1926, S. 269ff.

verhältnissen noch lange nachwirkt. Auch hierfür hat Arnold Engler in seinen Versuchen mit Licht- und Schattenbuchen Beweise geliefert. Einige in seinen Versuchsgarten verpflanzte Schattenbuchen zeigten noch nach 6 Jahren vollen Lichtstandes in ihrem überhängenden Wipfel und der horizontalen Blatt-



Schattenbuchen.

Lichtbuchen.

Abb. 56. Nachwirkung des ursprünglichen Lichtcharakters bei Licht- und Schattenpflanzen der Rotbuche. Noch sieben Jahre nach der Verpflanzung zeigen sich Unterschiede im Wuchs, Habitus und Austreiben. Nach A. Engler, Zürich.

stellung ihren Schattencharakter gegenüber den danebengepflanzten Lichtbuchen mit mehr aufgerichtetem Wipfel und schräg aufwärts stehender Belaubung (vgl. Abb. 56).

Licht und Assimilation. Die Wirkung des Lichtes auf die Assimilation folgt nach den Untersuchungen von Lundegårdh und anderen dem Gesetz, daß bei sonst gleichen und genügenden Bedingungen (Wärme, Feuchtigkeit, Kohlensäure) die Assimilation bei geringen Lichtgraden (Optimumferne) anfangs stark steigt, wenn das Licht erhöht wird, daß die Steigerung aber mit zunehmender Lichtintensität immer mehr nachläßt. Dabei

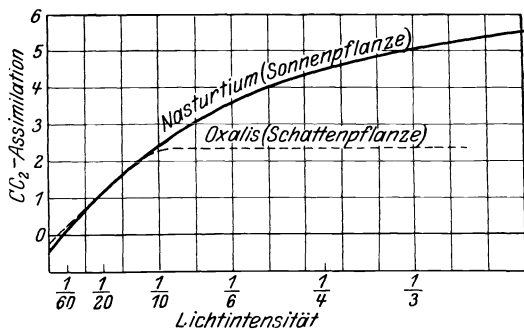


Abb. 57. Assimilationskurven einer Sonnen- und einer Schattenpflanze bei verschiedener Lichtintensität. Nach Lundegårdh. Die Schattenpflanze zeigt schon bei Lichtsteigerung über $\frac{1}{10}$ Volllicht keine erhöhte Assimilations-tätigkeit mehr.

steigt die Kurve bei Lichtpflanzen viel länger als bei Schattenpflanzen, bei denen schon bei geringeren Graden das Maximum erreicht wird (vgl. hierzu Abb. 57).

Mit der Erhöhung der Assimilationstätigkeit geht aber zumeist auch eine Steigerung der Atmung Hand in Hand. Diese wächst oft rascher an, so daß bei einem gewissen Grad der Punkt erreicht ist, bei dem sich der Stoffgewinn durch Assimilation und der Stoffverlust durch die Atmung ausgleichen (sog.

Kompensationspunkt). Auch dieser liegt nicht nur bei den verschiedenen Arten, sondern innerhalb der gleichen Art bei Licht- und Schattenblättern verschieden hoch. Bei ersteren tritt er erst bei bedeutend stärkerer Lichtintensität ein als bei letzteren¹.

Wenn man zusammenhält, daß neben der Lage des Kompensationspunktes auch Licht- und Schattenstruktur eine verschiedene Assimilationsleistung bedingen, ferner, daß im Walde auch die Zerlegung des Lichtes nach Oelkers und Knuchel bei einzelnen Holzarten und Schlußgraden verschieden ist, und daß schließlich bei allen Lichtveränderungen im Walde auch andere Lebensbedingungen, wie Wärme, Feuchtigkeit, Wurzelkonkurrenz immer stark mitverändert werden, so müssen wir uns von vornherein sagen, daß durch Untersuchungen im Walde eine zahlenmäßige Erfassung des Wirkungswertes auch beim Lichtfaktor nicht möglich ist. Man wird sich auch hier damit begnügen müssen, nur die Wirkungsrichtung und den ungefähren Gang in Näherungswerten kennenzulernen.

Licht und Zuwachs. Versuche über das Verhältnis von Lichtstärke und Zuwachs sind an Jungpflanzen in Töpfen, die täglich mit Nährlösung begossen wurden, von Schmidt² angestellt worden. Er fand dabei einen Jahreszuwachs der Versuchspflanzen, ausgedrückt im gesamten Frischgewicht:

	Bei einer Lichtmenge von				
	100 %	97 %	93 %	80 %	72 %
bei Esche	598,0	528,5	543,0	435,0	360,0
„ Fichte	70,85	53,25	66,6	53,0	34,75
„ Erle	718,0	648,7	672,7	446,3	250,0
„ Kiefer	266,0	245,0	198,0	97,2	30,5

Die Schwächung des Lichtfaktors hatte also schon bei diesen noch relativ hohen Graden überall einen beträchtlichen Zuwachsverlust zur Folge. Bei der Kiefer ging der Zuwachs bei einer 28proz. Lichtabschwächung um rund 90 %, bei der Erle um 65 %, bei der Fichte um 50 % und bei der Esche um 40 % zurück.

Diese Zahlen zeigen eine überraschende Größe, können aber zunächst nur für Jungpflanzen gelten.

Für ältere Bestände hat Cieslar³ die Größe der Zuwachsleistung in der Abhängigkeit vom veränderten Lichtgenuß untersucht. Er hat hierbei durch mehrfache vergleichende Lichtmessungen in verschieden stark geschlossenen, ca. 70jährigen Buchenbeständen im belaubten wie unbelaubten Zustand festzustellen versucht, welchen Lichtanteil vom Freilicht die verschieden starke Belaubung der Vergleichsbestände absorbierte, und ob diese Lichtmenge mit der Zuwachsleistung im entsprechenden Verhältnis stünde.

Die Versuchsflächen zeigen danach folgenden Befund:

	Fläche I stark durch- forstet	Fläche II auf 0,8 von Fläche I ge- lichtet	Fläche III auf 0,65 gelichtet	Fläche IV auf 0,5 gelichtet
Stammzahl	1004	624	404	256
Durchschnittlicher Massenzuwachs pro Stamm in 5 Jahren	0,068	0,133	0,202	0,319
Verhältnis der Zuwachsleistung des Einzelstammes	1,0	1,9	3,0	4,7
Verhältnis der durchschnittlichen Blatt- menge des Einzelstammes nach Größe der Lichtabsorption	1,0	2,6	4,5	7,7

¹ Stålfelt: Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1922, H. 5. — Vgl. auch Harder: Bemerkungen über die Variationsbreite des Kompensationspunktes. Ber. d. dtsh. botan. Ges. 1923, S. 194.

² Schmidt: Vegetationsversuche zum Ertragsfaktor Licht. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1924, S. 461ff.

³ Cieslar: Die Rolle des Lichts im Walde. Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr. 1904, H. 30.

Aus dem Mißverhältnis der beiden untersten Zahlenreihen zieht Cieslar den Schluß, daß die vermehrte Lichtabsorption durch die dichtere Belaubung der stärker freigestellten Einzelstämme den Zuwachs nicht in gleichem Maße erhöht, sondern daß dieser in steigendem Maße hinter jener zurückbleibt.

Er nimmt an, daß die dichtere Belaubung des Einzelstammes das Licht also verhältnismäßig schlecht ausnützt. Er weist dabei auf einen Versuch von R. Hartig hin, bei dem dieser zwei 99jährige, im Freiland erwachsene Rotbuchen bis auf etwa die Hälfte der Belaubung entästen ließ. Die nach 9 Jahren vorgenommene Untersuchung zeigte bei beiden Stämmen keinerlei Zuwachsrückgang. Hartig hatte daraus schon geschlossen, daß bei sehr vollbelaubten Kronen ein Teil der Blätter (wahrscheinlich gerade der untere und innere) träge assimiliert, und daß nach ihrer Entfernung die übrigen Blätter infolge vermehrter Nährstoffzufuhr energischer arbeiten und damit die kleinere Krone mit ihrem geringeren Lichtgenuß dasselbe leistet wie vorher die größere.

Ganz neuerdings hat auch Kienitz¹ durch zahlreiche Aufastungsversuche an 25jährigen Fichten ganz ähnlich gefunden, daß die Entnahme von unteren Ästen, die mehr Schattenblattcharakter tragen, den Zuwachs nicht nur nicht geschädigt, sondern sogar gefördert hat. Auch er sucht die Erklärung in gleicher Richtung wie Hartig.

Nach diesen von drei Seiten und nach verschiedenen Methoden gemachten Feststellungen² dürfte der in der forstlichen Welt bisher allgemein gültige Satz von der Proportionalität zwischen Kronengröße, Lichtgenuß und Massenleistung mindestens eine starke Einschränkung erleiden. Freilich sind die Ergebnisse nicht ohne weiteres zu verallgemeinern und auf andere Holzarten, namentlich etwa Lichthölzer, zu übertragen.

Die Frage des Lichtungszuwachses. Die Tatsache, daß eine Wegnahme benachbarter Stämme in der Regel den Zuwachs des Einzelstammes zu fördern und die Jahrringbreite zu erhöhen pflegt, ist unter der Bezeichnung als Lichtungszuwachs in der Forstwirtschaft so bekannt und so allgemein nachgewiesen, daß daran nicht zu zweifeln ist (vgl. Abb. 58). Insbesondere ist diese Erscheinung bei allen Untersuchungen über die Wirkung von Durchforstungen und Lichtungen am Einzelstamm oft bestätigt worden. Fraglich ist aber, inwieweit hieran nur das Licht beteiligt ist oder andere Faktoren mitwirken, wie vermehrte Niederschläge, Bodenfeuchtigkeit, verminderte Wurzelkonkurrenz u. a. m. Diese werden natürlich bei allen derartigen Maßnahmen mit geändert, und zwar auch immer nach der günstigen, den Zuwachs erhöhenden Richtung hin. Die Gleichsetzung von Lichtstandszuwachs = Lichtzuwachs ist also durchaus unstatthaft. Eine Steigerung durch das Licht allein findet wahrscheinlich nur bei vorher schwacher Beleuchtung (Optimumferne) statt, bei stärkerem Licht aber nicht mehr. Wo hier die optimalen Verhältnisse für eine Zuwachssteigerung durch erhöhten Lichtgenuß und Vergrößerung der Blattfläche liegen, das wissen wir jedenfalls nicht. Durch Untersuchungen an verschiedenen durchlichteten Beständen können wir immer nur die Gesamtwirkung aller hierbei veränderten Verhältnisse erfassen, niemals die des Lichtes allein. Es spricht aber doch vieles dafür, daß in unseren dicht geschlossenen Beständen mit kleinen

¹ Kienitz, M.: Die Erziehung astreinen Holzes. *Silva* 1928, Nr. 50.

² Während der Drucklegung ist eine neue Untersuchung zu dieser Frage erschienen, die ebenfalls zu dem Schluß kommt, daß die Proportionalität von Blattmenge und Zuwachs nur bis zu einem gewissen Grade besteht, bei sehr starker Belaubung aber zurückbleibt. Vgl. Burger: Holz, Blattmenge und Zuwachs. *Mittlg. d. schweizer. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswesen*. Bd. 15. H. 2. 1929.

Kronen, namentlich im jüngeren und mittleren Alter, jener günstigste Zustand meist nicht erreicht sein dürfte.

Bei seinen Untersuchungen über das Optimum der gesamten Strahlung in verschiedenen durchlichteten Versuchsflächen fand Oelkers¹ dieses für Buche schon bei 0,86 Schlußgrad, bei Fichte etwas tiefer, nämlich bei 0,81, immerhin aber schon bei ziemlich dichten Schlußgraden, ohne daß er diesen Zahlen allgemeine Gültigkeit geben will.

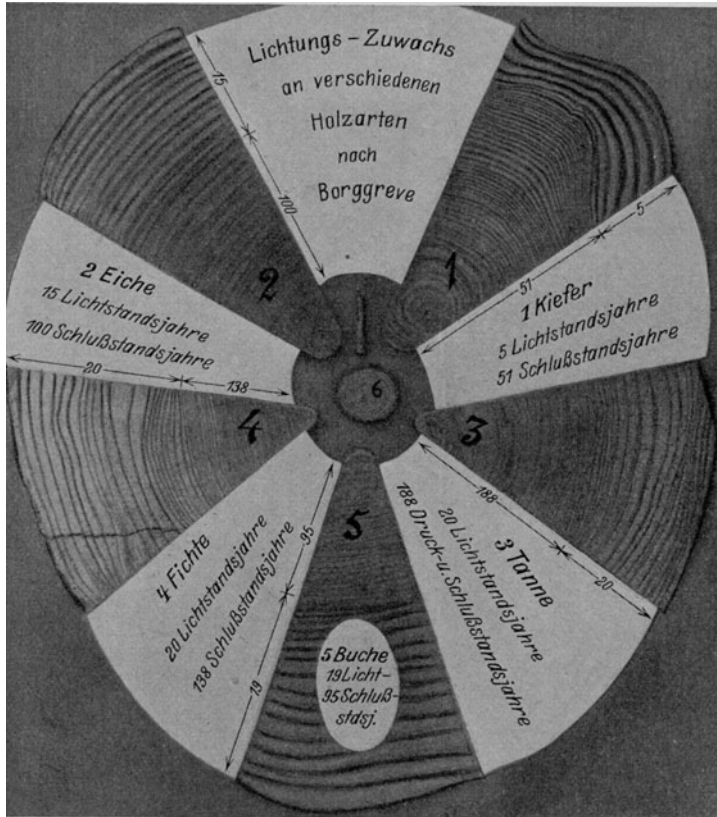


Abb. 58. Lichtungszuwachs an 1. Kiefer, 2. Eiche, 3. Tanne, 4. Fichte, 5. Buche. Nach B. Borggreve. Es handelt sich in allen Fällen um Bäume, die vorher lange in starkem Druck gestanden haben! Dengler.

Das Licht im Innern des Waldes. Daß der Wald das Licht in seinem Innern aufs stärkste beeinflusst, ist ohne weiteres klar. Es erübrigt sich hier nur, den Grad der Lichtabschwächung im einzelnen näher kennenzulernen. Es läge vielleicht zunächst nahe, die Innenlichtstärke der verschiedenen Bestände beim Minimum des relativen Lichtgenusses der einzelnen Holzarten (vgl. S. 142) zu suchen. Tatsächlich liegt sie aber meist noch weit darunter, da auch die Baumschäfte und das innere blattlose Gezweig noch viel Licht wegnehmen. So fand Cieslar² in einem sogar stark durchforsteten 70jährigen Buchenbestand des Wiener Waldes (1000 Stämme pro Hektar) im Frühjahr vor Laubausbruch bei klarem Himmel nur etwa 25% der chemisch wirksamen Lichtintensität im Vergleich zum benachbarten Freiland. (Messung nach der Methode

¹ Oelkers: Jahrring und Licht. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1918, S. 511.

² Cieslar: a. a. O., S. 20.

von Wiesner.) Und selbst in einer sehr stark durchlichteten Vergleichsfläche (nur 300 Stämme pro Hektar) stieg die Lichtintensität doch nur bis knapp auf 50 %.

Bei eintretender Belaubung sinkt das Licht unter dem Kronendach natürlich rasch und stark (vgl. Abb. 59). An einem wolkenlosen Junitage betrug die Lichtintensität in den gleichen beiden Beständen wie oben nur noch 6 % bzw. 10 % des Freilichtes. Ähnlich tiefe Herabsetzung des Lichtes im Walde zeigen Fichten- und Tannenbestände. In ersteren wurden von Wiesner in wohl extremen Fällen nur noch 1—2 %, von Ramann nach anderer Methode aber auch nur 2—10 % gefunden, in 100jährigen Tannenbeständen von Cieslar 7—11 %. Das sind überraschend tiefe Zahlen. Sie zeigen erst mit aller Schärfe, wie tief das „Waldesdunkel“ eigentlich ist, in dem alles liegt, was unter dem Kronendach des Waldes dauernd zu leben gezwungen ist! Die Bestände der Lichtholzarten verhalten sich natürlich etwas günstiger, aber doch immerhin auch niedriger als man sich gewöhnlich vorstellt. In Tiroler Lärchenbeständen maß Wiesner im Mittel etwa 25 %, in 60- und 80jährigen Schwarzkiefern Cieslar 17 bzw. 21 %. Eine graphische Darstellung zeigt den Verlauf der Lichtintensität

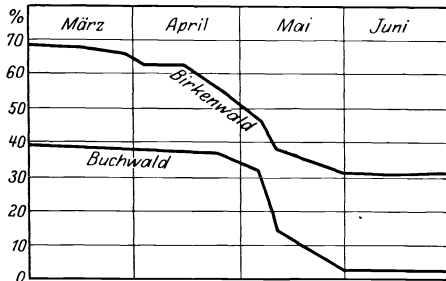


Abb. 59. Abnahme des relativen Lichtgenusses in Prozenten im Birkenwald und im Buchenwald bei der Laubentfaltung. Nach Hueck, 1926.

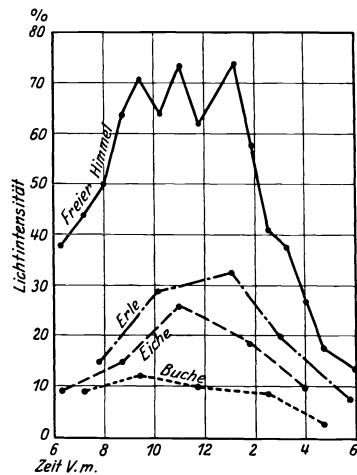


Abb. 60. Gleichzeitige Lichtstärke, gemessen am 23. Mai mit dem Graukeilphotometer unter freiem Himmel und einzelnen Bäumen. Nach H. Vallin aus Lundegårdh.

im Walde unter verschiedenen Holzarten im Verlauf eines heiteren Frühlingstages (Abb. 60).

Waldinnenlicht und Bodenflora. Alle diese Zahlen zeigen, daß das Innenlicht im Walde ganz außerordentlich stark vom Baumbestand geschwächt wird. Die Wirkung zeigt sich in erster Linie in den Unterschichten des Waldes, vor allem bei der sog. Bodenflora. Genauere Untersuchungen hierüber¹ haben ergeben, daß mit steigendem Innenlicht nicht nur die Dichtigkeit der den Boden überziehenden Moose, Gräser und Kräuter zunimmt, sondern auch die Zahl der Arten. (Natürlich hängen auch diese Veränderungen nicht nur vom Licht ab, sondern auch von den übrigen Faktoren.) Die verschiedenen Lichtgrade im Walde haben aber unverkennbar eine starke bestimmende und manchmal entscheidende Wirkung auf das Vorkommen vieler unserer Waldbodengewächse, bei denen es offenbar noch viel ausgeprägtere Licht- und Schattenarten gibt als bei den Waldbäumen selbst. Hier finden sich wahrscheinlich

¹ Cieslar: Die Rolle des Lichts im Walde. Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr., H. 30. — Hartmann: Die Bestandesbodenflora als Gesamtwirkung aller Standortsfaktoren. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1923, S. 609ff.

sogar echte Schattenarten = schattenliebende Arten, da sie von Natur aus niemals oder doch höchst selten im vollen Licht angetroffen werden. Man kann sie obligate Schattenpflanzen¹ nennen.

Dabei ist aber nicht zu übersehen, wie Lundegårdh selbst sagt, daß nicht nur der Verlauf der Assimilation, sondern auch der Wasserhaushalt (Vertrocknungsgefahr im Freien) den ökologischen Grund des Schattenlebens bilden dürften.

Hierher gehören viele Waldmoose, Farne, *Oxalis acetosella* u. a. m. Zu den stark lichtbedürftigen rechnen dagegen *Calluna vulgaris*, *Epilobium*, *Senecio*-Arten und viele Gräser, die sich erst bei sehr starken Lichtgraden, in größerer Menge oft erst bei vollem Oberlicht nach Kahlschlag als sog. Schlagunkräuter einzustellen pflegen.

Die Frage, wo diese Arten plötzlich herkommen, nachdem sie aus den alten Schattholzbeständen oft 100 und mehr Jahre wegen Lichtmangels gänzlich verschwunden waren, ist oft aufgeworfen worden. A. Peter hat dies mit dem Ruhen des Samens im Boden durch viele Jahrzehnte zu erklären versucht. Auch in der forstlichen Literatur finden sich viele Äußerungen in gleichem Sinne. Peter² hat als Beweis für die Richtigkeit seiner Anschauung einen sehr interessanten Versuch durchgeführt: Er entnahm Proben von zwei Waldböden, die eine aus einem 22jährigen Fichtenbestand auf ehemaligem Ackerland und eine andere aus einem 100jährigen Buchenbestand und setzte sie im Glashaus günstigen Feuchtigkeits- und Lichtverhältnissen aus. Nach Verlauf einiger Monate zeigte sich in beiden Proben ein gewisser Pflanzenbestand, der in der einen Probe (vom ehemaligen Ackerland) fast ausschließlich Acker- und Weideunkräuter, in der Probe aus dem alten Buchenbestand hauptsächlich Waldkräuter ergab. Da die Proben von Stellen entnommen waren, wo die Bestände dicht geschlossen waren und keinerlei Bodenvegetation in der Nähe war, glaubt Peter das Ergebnis nur daraus erklären zu können, daß die Samen seit der Entstehung des jetzigen Bestandes im Boden geruht hätten und erst durch die Lichtveränderung zum Keimen gebracht wären. Cieslar³ hat diesen Versuch sehr eingehend kritisiert, indem er auf die weitgehende Möglichkeit einer erst kürzlich erfolgten Verschleppung der einzelnen Unkrautsamen durch Wind, Vögel und andere Tiere von naheliegenden Feldern, Waldlichtungen und Wegen hinwies. In einem ähnlichen eigenen Versuch zeigte er, daß die Zahl der keimten Unkräuter in verschiedenen Proben aus einem gleichaltrigen Bestand, aber von Stellen mit verschiedenem Kronenschluß in dem Maße wuchs, als der Kronenschluß lockerer gewesen war, was offenbar nur auf stärkere Windeinschleppung zurückzuführen sei. Der Annahme eines jahrzehntelangen Ruhens der Samen im Waldboden stünde auch das Bedenken entgegen, daß sich die Keimfähigkeit bei der Gefahr der Verschimmelung oder Verpilzung im Waldboden kaum lange halten könne. Dieses Bedenken ist aber durch eine Reihe von Versuchen von Bier sogar bei dem gewöhnlich sehr leicht verschimmelnden Lupinensamen widerlegt worden. Es gelang, solche nachweislich vor 60 Jahren tief untergepflügten Lupinensamen noch reichlich zur Keimung zu bringen⁴. Endgültig geklärt ist die Frage im ganzen aber wohl noch nicht.

Der Grad des Innenlichtes im Walde entscheidet aber auch über das Ankommen und Fußfassen der natürlichen Verjüngung im Walde. Es treten daher in gemischten Beständen bei der Auflockerung des Kronendaches die Jungwüchse im allgemeinen nach dem Grade ihrer Schattenfestigkeit auf: z. B. erst Tanne oder Buche, dann Fichte, zuletzt Kiefer oder Birke usw. Eine aufmerksame Beobachtung von Bodenflora und Jungwuchs nach Dichte und Artzusammensetzung ergibt also vielfach schon ein gutes Bild von dem im Bestande herrschenden Innenlicht und kann ein guter Anzeiger für die Regelung des Lichtes zur Förderung der Verjüngung sein.

Einwirkung der Wirtschaft auf den Lichtfaktor. Gerade beim Lichtfaktor ist wie bei kaum einem anderen dem Wirtschaftler im Walde die

¹ Lundegårdh: a. a. O., S. 67.

² Peter, A.: Kulturversuche mit „ruhenden“ Samen. Nachr. d. Gött. Ges. d. Wiss. 1893, S. 673.

³ Cieslar: a. a. O., S. 90ff.

⁴ Bier: Über Keimverzug und seine Bedeutung nach Versuchen an Samen der gelben Lupine. Angew. Botanik. Z.f. Erforschung d. Nutzpfl. 1925, H. 6. — Vgl. auch dazu Allers: 40jährige Keimfähigkeit der gelben Lupine. Silva 1922, Nr. 40. — Snell: Landw. Jb. 1912.

größte Möglichkeit der Einwirkung gegeben, allerdings — und das muß eine Warnung sein — meist nur nach einer Richtung hin: nämlich einer Verstärkung des Lichtes. Diese kann mehr oder minder plötzlich und sprunghaft erfolgen, z. B. durch Kahlschlag aus dunklem Vollbestand, oder allmählich und schwach durch wiederholte Durchforstungen und Lichtungshiebe. Schon die wissenschaftlich festgestellte Anpassung des Baumhabitus, der Blattstellung und des inneren Blattbaues an die zunächst gegebene Lichtlage und die ebenso nachgewiesene langsame Umstellung auf andere Lichtverhältnisse lassen aber in allen Fällen ein langsames Vorgehen als grundsätzlich richtiger und ratsamer erscheinen. Vor allen Dingen ist hierbei auch die Gefahr der Bodenverwilderung durch vorzeitig einwandernde Unkräuter zu beachten. Ein Zurück bei Überschreitung des richtigen Lichtgrades gibt es leider nur in sehr ungenügendem Maße. Man kann zwar bei weiterer Einstellung aller Hiebe in solchen überlichteten Beständen von der Kronenverbreiterung ein Wiederdunklerwerden des Bestandes erwarten, aber das geht nach rückwärts leider viel langsamer als nach vorwärts. Und das einmal festgewurzelte Unkraut verschwindet erst wieder bei viel tieferen Lichtgraden, als es gekommen ist. Oft zeigen einzelne Arten eine unglaubliche Zähigkeit nach dieser Beziehung. So hält sich z. B. die durchaus lichtbedürftige Waldschmiele (*Aira flexuosa*) von den Kahlschlägen her durch das ganze Dickungs- und Stangenholzalter in unseren Kiefernbeständen unter dem dicht geschlossenen Kronendach. Zwar nur in kümmerndem, nie blühendem und fruchtendem Zustand, aber bei jeder späteren Lichtung setzt sofort wieder eine üppige Entwicklung ein, um bald alles zu überziehen. Ähnlich zäh hält sich auch die sog. Segge (*Calamagrostis epigeios*) durch ihre Rhizome im dunklen Bestand jahrzehntelang.

Ebenso mahnen aber auch die noch sehr unsicheren und widersprechenden Ergebnisse der Zuwachssteigerung nach stärkeren Eingriffen in den Bestand (vgl. Teil II, 16. Kap.) zur Vorsicht und zu allmählichem Vorgehen. Hier gibt es noch weniger ein Zurück. Ist die Stammzahl erst einmal zu stark verringert und leisten die wenigen Stämme nicht das Erwartete, dann ist die Minderleistung für lange Zeit festgelegt! Aus allen diesen Gesichtspunkten heraus hat sich denn auch in der neueren Wirtschaft ganz allgemein der Gedanke Bahn gebrochen, bei allen das Licht beeinflussenden Eingriffen möglichst alle Plötzlichkeit zu vermeiden und „Stetigkeit“ zu wahren!

12. Kapitel. Die Kohlensäure.

Bedeutung des Kohlensäurefaktors im allgemeinen. Die Kohlensäure ist ebenso wie das Licht ein unentbehrlicher Faktor für den Vorgang der Assimilation bei allen grünen Pflanzen. Die Kohlensäure spielt aber auch gerade beim Aufbau des Holzkörpers unsrer Waldbäume eine außerordentlich wichtige Rolle, da dessen Trockensubstanz ja bis zu 40% aus Kohlenstoff besteht. Wenn man trotzdem bis vor kurzem diesem Lebensfaktor ökologisch keine besondere Beachtung geschenkt hat, so lag das daran, daß man den Kohlensäuregehalt der Luft mit seinem durchschnittlichen Wert von 0,03% als unabänderlich gegeben und nur wenig veränderungsfähig ansah. Außerdem hatte man festgestellt, daß die Assimilation auch bei dieser geringen Konzentration unter sonst günstigen Umständen noch recht lebhaft sein kann.

In diesen Anschauungen ist aber in der letzten Zeit ein bemerkenswerter Wandel eingetreten, wenn auch die Ergebnisse der hier von Lundegårdh u. a.

ausgeführten Versuche und die daraufhin entwickelten Anschauungen von anderer Seite noch für unsicher und zweifelhaft angesehen werden¹.

Zahlreiche Untersuchungen haben jedenfalls gezeigt, daß eine Erhöhung des Kohlensäuregehalts der Luft über den Durchschnittswert von 0,03% in vielen Fällen die Assimilation zu steigern vermag. (Ebenso sollen auch Kulturversuche in Gewächshäusern wie auch auf Äckern mit künstlicher Kohlensäuredüngung z. T. ganz erhebliche Wachstumssteigerungen gebracht haben.)

Für Kiefernadeln in vollem Tageslicht wurde bei Erhöhung des Kohlensäuregehalts eine Steigerung der Assimilation gefunden, die zunächst fast proportional damit stieg, später aber stark abgeschwächt verlief (vgl. Abb. 61). Nach Lundegårdh befindet sich eben bei starkem Licht der Kohlensäurefaktor mit 0,03% im Minimum oder in Minimumnähe, so daß auch eine nur geringe Erhöhung, wie sie in der Natur allein vorkommt, schon starke Wirkungen hervorbringen kann.

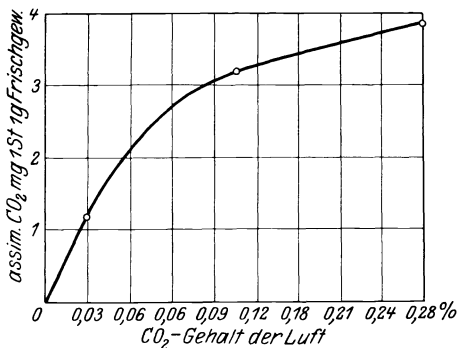


Abb. 61. Die Assimilationsintensität von Kiefernadeln bei steigendem Kohlensäuregehalt der Luft von 0,03 normal bis 0,09 starke Steigerung, von da ab rasch nachlassend. Nach Stålfelt, 1924.

Bei schwachen Lichtintensitäten spielt dagegen die Steigerung des Lichtes zunächst die größere Rolle. Aber schon bei $\frac{1}{10}$ Tageslicht, wie es doch in vielen Waldbeständen vorkommt, wird nach Lundegårdh die Assimilation vorwiegend durch den Kohlensäurefaktor beherrscht. Im Gegensatz dazu steht die von Mitscherlich und seiner Schule vertretene Anschauung, daß der durchschnittliche Gehalt der Kohlensäure von 0,03% für diesen Faktor schon Optimum oder Optimumnähe bedeutet, und daß eine Ertragssteigerung, wie sie von anderer Seite experimentell nachgewiesen wurde, auf die gleichzeitige Veränderung anderer dabei mit

veränderter Faktoren zurückzuführen sei. (Vgl. die angeführte Literatur. Eine weitere Klärung bleibt erst noch abzuwarten.)

Die Quellen der Kohlensäure. Die Quellen der Kohlensäure sind in der Hauptsache die Verbrennung von Kohle und die Atmung von Mensch, Tier und Pflanze. Den allergrößten Anteil scheinen hierbei die im Boden lebenden niederen Organismen, Pilze und Bakterien, zu haben, welche die Zersetzung der organischen Stoffe, im Walde also der Abfall- und Humusstoffe, bewirken und hierbei die organischen Kohlenstoffe wieder in die anorganische Kohlensäure überführen. Diese sog. Bodenatmung, deren Größe in letzter Zeit mehrfach messend verfolgt wurde, scheint in besonders starkem Maße den Ersatz der durch die Assimilation in großen Mengen verbrauchten Luftkohlensäure zu liefern.

Verschiedenheiten des Kohlensäuregehalts im Freien und im Walde. Die Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der Luft zu verschiedenen

¹ Aus der sehr umfangreichen Literatur sei hier nur hingewiesen auf: Lundegårdh: Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. Jena 1924. — Reinau: Kohlensäure und Pflanzen. Halle 1920. — Bornemann: Kohlensäure und Pflanzenwachstum, 2. Aufl. Berlin 1923. — Meinecke d. J.: Die Kohlenstoffernährung des Waldes. Berlin 1927. — Für die Gegenseite: Spigatis: Untersuchungen über den Wachstumsfaktor Kohlensäure. Dissert., Königsberg 1923. — Lemmermann: Mitt. d. dtsh. Landw.-Ges. 1925, S. 693. — Janert: Botan. Arch. 1922, H. 3/4. — Eine Reihe von kritischen Artikeln von Schmidt, Albert u. a. in Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1923.

Zeiten sind nicht unbedeutend. So fand Lundegårdh auf Hallands Vaderö, einer Insel im Süden Schwedens, in den Sommermonaten des einen Jahres als Mittel 0,033 ‰, im andern nur 0,028 ‰. Nachts, wo nicht assimiliert wird, ist der Gehalt höher als am Tage, im Sommer pflegt er zu sinken und im Herbst wieder zuzunehmen. Aber der Verbrauch durch die Pflanzen bestimmt den Gang nicht allein, sondern ebenso oder noch mehr die Anlieferung durch die Bodenatmung. Da diese in hohem Maße von den Wärme- und Niederschlagsverhältnissen abhängt — nach warmen Regen steigt z. B. die Bakterientätigkeit stark an —, so kommen fortwährende mehr oder minder große Schwankungen vor, die absolut zwar nicht sehr hoch sind, wohl aber relativ (20—30 ‰), und die durch den steilen Anstieg der Kurve im Minimumgebiet nach Lundegårdh nicht ohne Wirkung sein können. (In Großstädten wurden Werte von 0,05 ‰ [Stockholm], in London bis 0,07 ‰ werktags gegen 0,03 ‰ feiertags beobachtet!)

Uns berührt hier besonders die Frage, wie es mit dem Kohlensäuregehalt der Waldluft steht. Ältere Untersuchungen von Ebermayer hatten im großen Durchschnitt in 1—2 m über dem Boden nur ein Mehr von 0,001 ‰ im Walde gegenüber dem Freiland ergeben, und da Ebermayer die Kohlensäuremenge überhaupt als optimal ansah, so schloß er daraus, daß keinerlei fördernde Wirkung anzunehmen sei: Im einzelnen fand auch Ebermayer aber recht bedeutende Unterschiede. So wurde z. B. in jungen, dichten Buchenbeständen

gelegentlich ein Maximum von 0,05 ‰ und in alten Fichtenbeständen ein Minimum von 0,027 ‰ gefunden. Bei Fichtenbeständen, von denen besonders viele Untersuchungen vorliegen, fiel auch eine Zunahme des Gehalts mit höherem Alter auf. Neuere Untersuchungen von Lundegårdh und besonders von Meinecke¹ haben in vielen Fällen bedeutend höhere Werte (0,05—0,07 ‰) ergeben. Allerdings lagen diese hohen Werte meist tief am Boden. Aber Meinecke hat doch auch bis zur Höhe der Baumkronen nicht selten noch Werte von 0,04—0,05 ‰ gefunden. Fast ausnahmslos war aber der CO₂-Gehalt am Boden am höchsten, darüber sank er erst stark, dann schwächer, um in der Höhe der Baumkronen wieder sehr stark und plötzlich abzunehmen (vgl. Abb. 62), was Meinecke in Zusammenhang mit dem großen Verbrauch durch die assimilierenden Blätter bringt. Danach besteht in der Hauptsache

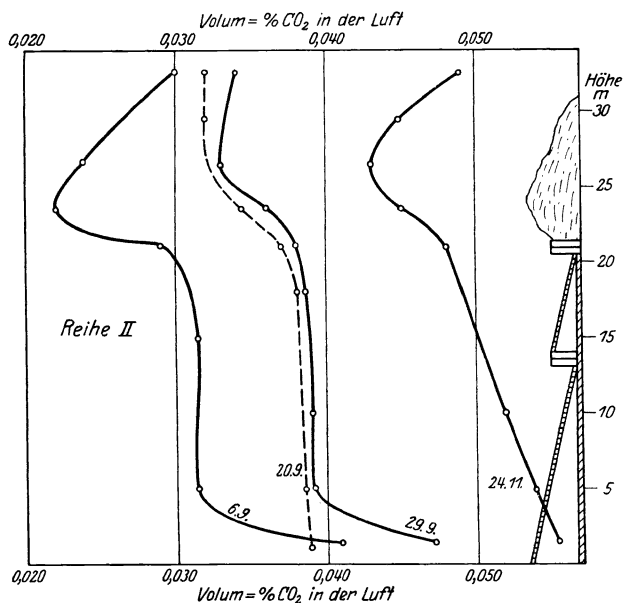


Abb. 62. CO₂-Verteilung in der Bestandesluft eines Buchenbestandes nach Meinecke d. J. an 4 Aufnahmetagen (6. September, 20. September, 29. September und 24. November). (Rechts Skizze des Aufnahmerüstes und der Baumkronenhöhe.) Alle Kurven zeigen in der Kronenhöhe eine Ausbauchung = Abfall des CO₂-Gehalts, unten über dem Boden ein Ansteigen desselben.

¹ Meinecke: a. a. O., S. 124ff.

ein Konzentrationsgefälle vom Boden bis zu den Baumkronen hinauf, in geringerem Grade auch ein solches von den Luftschichten über den Kronen zu diesen hinab.

Diese sehr interessanten und an sich einleuchtenden Ergebnisse sind aber doch wohl noch nicht sicher genug als Durchschnitt im ganzen festgestellt, denn die nicht sehr zahlreichen Messungen, die bis zu Baumhöhen und darüber hinaus ausgeführt werden konnten, zeigen bei näherer Betrachtung doch mancherlei starke Abweichungen. Die Beobachtungen sind außerdem meist bei sehr ruhiger oder nur gering bewegter Luft ausgeführt worden, wie sie bei uns nur selten vorkommt. Es ist aber gerade ein Hauptbedenken, ob der Ausgleich der verschiedenen Konzentration in den Luftschichten regelmäßig durch die sehr langsam vor sich gehende Diffusion in Richtung des Konzentrationsgefälles stattfindet, oder ob nicht vielmehr durch auf- und absteigende Luftströmungen und unregelmäßige Winde mit ihren zahlreichen Wirbelbildungen (besonders im Walde!) häufiger eine rasche Durchmischung erfolgt. Damit aber würde einer der Hauptvorteile, der dem Walde für die eigne Kohlensäureversorgung von den Anhängern dieser Anschauung zugeschrieben wird, wieder ernstlich in Frage gestellt werden. Ein nur schwacher, horizontal streichender Wind von 5 m/sek würde schon in 10 Minuten die gesamte Luft aus einem Wald von 3 km Breite ins Freie entführen, jede auf- und absteigende Böe in wenigen Sekunden die oberen und unteren Luftschichten durcheinander-mischen!

Der sehr viel stärkere Kohlensäuregehalt der untersten, dicht über dem Boden ruhenden Luftschichten ist auch von Lundegårdh festgestellt und bei Vergleichsmessungen im Walde viel höher als im Freiland gefunden worden. Zum Beispiel:

Boden		Bodenatmung			
Sandboden (ungedüngt)	0,20	g auf 1 qm in 1 Stunde			
Lehmboden (ungedüngt)	0,39	„ „ 1 „ „ 1 „			
Wiesenboden (mager)	0,33	„ „ 1 „ „ 1 „			
Waldboden (Buchewald)	1,54—2,20	„ „ 1 „ „ 1 „			
Waldboden (Erlenwald)	1,17—2,34	„ „ 1 „ „ 1 „			

Meinecke gibt dagegen als großen Durchschnitt im Walde nur 0,4 g an. Er fand aber zeitlich und örtlich sehr große Schwankungen, die er selbst auf die wechselnden Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens und die dadurch veränderte Tätigkeit der Bodenbakterien zurückführt. Auf einzelnen Waldböden hat aber auch er Werte bis zu 1,0 g stündlich festgestellt. Vergleiche mit Freilandböden fehlen bei ihm. Dagegen sind solche im Walde selbst für verschiedene Bodenzustände (Bearbeitung, Streuentnahme, Reisigdeckung u. a. m.) durchgeführt worden, die recht bemerkenswerte Ergebnisse zeigten. Sie bestätigen im allgemeinen die auch aus landwirtschaftlichen Untersuchungen schon bekannte Tatsache, daß Böden mit guter Zersetzung der organischen Stoffe (im Walde der Streu) sehr viel höhere Bodenatmung zeigen als solche, in denen die Zersetzung stockt, oder die organischen Stoffe nur äußerst spärlich sind. Lundegårdh sagt allerdings bezüglich des letzteren Umstandes, daß der absolute Humusgehalt die Intensität der Kohlensäureproduktion wenig beherrscht, sondern daß es nur eine gewisse, wahrscheinlich recht niedrige Grenze gäbe, unter die er nicht sinken darf, während im übrigen Feuchtigkeit, Wärme und Nährsalzgehalt die Intensität der Bodenatmung bestimmen.

Einfluß der Wirtschaft auf den Kohlensäurefaktor. Alle Angaben und Erfahrungen stimmen jedenfalls darin überein, daß die richtig angewandten Mittel der Bodenbearbeitung und Bodenpflege hier immer fördernd wirken. Man wird also damit nicht nur die allgemeinen Wachstumsbedingungen im Boden, sondern auch die Kohlensäureerzeugung verbessern können und auf diese Weise vielleicht nach beiden Richtungen hin dem jungen Nachwuchs im Walde helfen. Ob die Wirkung einer solchen höheren Kohlensäurekonzentration sich noch bis in die

höheren Luftschichten hinauf in ökologisch bedeutender Weise und Häufigkeit fühlbar macht, das müssen wir aber vorläufig noch als unsicher, wenn nicht sogar als unwahrscheinlich bezeichnen¹.

13. Kapitel. Der Wind.

Physiologische Wirkung des Windes. Luftbewegung ist an sich förderlich für die Transpiration der Pflanzen und damit auch für die schnellere Hebung des aufsteigenden Nährstroms. Im allgemeinen genügt dazu aber schon ein leiser Lufthauch, der die wassergesättigte Verdunstungsluft von der Blattfläche hinwegführt und dafür trocknere an ihre Stelle bringt. Stärkere Luftbewegung, wie wir sie meist erst als Wind zu bezeichnen pflegen (etwa von 3—4 m pro Sekunde) überschreitet wahrscheinlich schon das Optimum, indem dann die Transpiration übermäßig gesteigert wird, daraufhin die Spaltöffnungen der Blätter sich verengen oder gar schließen, und dadurch dann auch die Assimilation herabgesetzt wird. Allerdings besteht nicht bei allen Pflanzen nach dieser Richtung gleiche Empfindlichkeit. Sogar bei derselben Art stellte Bernbeck² verschiedene Wirkung je nach derberem oder zarterem Blattbau fest.

So fand sich bei Weinlaub folgendes Verhältnis der Assimilationsintensität bei verschiedenen Windstärken:

	Windgeschwindigkeit:	0 m	3 m	10 m/sek
a) Starkes Sonnenblatt		10	8	7
b) Mittelfestes Blatt		10	8	1
c) Sehr dünnes, großes Schattenblatt		10	3	0,5

Pathologische Wirkung des Windes. Aber nicht nur die Assimilation leidet durch den Wind, sondern es finden nach den Beobachtungen und experimentellen Untersuchungen Bernbecks auch unmittelbare Schädigungen der Gewebe an Blättern und Stengeln statt, die auf die unaufhörlichen Erschütterungen und Stöße im Winde zurückzuführen sind. Sie rufen meist unbeachtete kleine Verfärbungen (Flecken und Streifen) an den Stellen hervor, die hauptsächlich der Faltung und Biegung ausgesetzt sind. Die Schädigung durch den Wind ist hierbei also mechanischer Art, indem die Zellen und Gewebe zusammengedrückt und zusammengestaucht werden und wahrscheinlich das Zellplasma hierunter leidet. Es gelang Bernbeck³ durch Versuche bei künstlich erzeugten Windstärken an frei beweglichen und an festgelegten Pflanzen und Blättern den Unterschied nachzuweisen und die Schädigungen einwandfrei auf die Erschütterung durch den Wind zurückzuführen.

Darüber hinaus kommen wir dann schon in das Gebiet der grobmechanischen Beschädigungen, die durch gegenseitiges Reiben und Peitschen von Nadeln und Blättern an einzelnen Zweigen stattfinden. Sie zeigen an windausgesetzten Örtlichkeiten nicht nur deutlich sichtbare Spuren durch Kahlwerden und Absterben der Kronen und Äste (Abb. 63), sondern sie haben auch einen starken Zuwachsrückgang zur Folge. Sowohl an den Meeresküsten als auch mit zunehmender Höhe im Gebirge zeigen sich dann an ungeschützten Stellen eigentümliche Kronenformen, bei den Laubhölzern meist eine dichte, buschige Form mit dachartiger Abschrägung gegen die Hauptwindrichtung,

¹ Vgl. hierzu Alberts zusammenfassende, ähnliche Stellungnahme zu der ganzen Frage in Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1923, S. 711.

² Bernbeck: Wind und Pflanze. Tharandter forstl. Jb. 1920, S. 130ff. Weitere sehr ausführliche Literatur vom genannten Verfasser u. a. ebenda S. 186.

³ Bernbeck: Der Wind als pflanzenpathologischer Faktor. Dissert., Bonn 1907.

bei Nadelhölzern, besonders bei der Fichte, eine fahnenartige Ausbildung nach der windabgekehrten Seite (Windfahnenbildung, Abb. 64). Man spricht

hierbei von der sog. scherenden Wirkung des Windes. Auch die besonders windempfindliche Form der Kiefer im südwestdeutschen Tiefland zeigt nach Münch ähnliche Erscheinungen in der Krone. Ebenso soll die sibirische Lärche vielfach ihre Wipfelspitzen mit den Seitenästen in die Hauptwindrichtung einbiegen (sibirischer Jägerkompaß).

Schließlich führt an der Baumgrenze der Wind im Verein mit andern Faktoren vielfach zu noch schwereren Beschädigungen an Krone und Ästen (Wetterbäume), zur Krüppelbildung und schließlich auch vielfach zur Bildung der Baumgrenze selbst (vgl. Kap. 5, S. 43).

Auch an der stark windausgesetzten Meeresküste finden wir ähnliche Bilder, die durch die scherende und brechende Kraft des Windes verursacht sind und zur Ausformung eigentümlicher Krüppelbestände (sog. Gespensterwälder) geführt haben (vgl. Abb. 65).

Die noch gröber mechanischen Wirkungen des Windes bei den höchsten Stärkegraden, die durch



Abb. 63. Schädigung der Kronen eines Fichtenbestandes am windausgesetzten Berghang (Kickelhahn bei Ilmenau). (Gerade hier dichtete übrigens Goethe: „Über allen Gipfeln ist Ruh“!) Phot. F. Schwarz.



Abb. 64. Windfahnenbildung an der Fichte und windgescherte Buchenkronen am Haldenköpfe i. Schwarzwald (ca. 1200 m). Phot. L. Klein.

Bruch oder Wurf ganzer Stämme und Bestände schaden und oft zu schwersten Katastrophen im Walde führen, gehören ins Gebiet des sog. Forstschatzes und

sind daher hier nicht näher zu betrachten, wenn ihnen auch waldbaulich die größte Aufmerksamkeit zu widmen ist. Das Nötige hierüber wird in Teil II zu behandeln sein.

Die Zuwachsschädigungen durch den Wind schätzt Bernbeck durch Vergleich von Beständen auf sonst guten und feuchten Böden je nach der durchschnittlichen lokalen Windstärke auf ein Zuwachsverhältnis von 3 : 2 : 1 bei 0 : 5 : 10 m pro Sekunde. In Versuchen mit krautigen Pflanzen fand er ein Verhältnis von 3 : 2 : 1 bei 1 : 3 : 9 m pro Sekunde.

Münch, der in einer besonderen Arbeit¹ das ganze Sündenregister des Windes im Walde zusammengestellt hat, gibt dort auch eine sehr anschauliche graphische Darstellung des abfallenden Höhenzuwachses bei der Weimutskiefer an windausgesetzten Bestandsrändern (Abb. 66).

Wirkung auf den Boden. Neben diesen physiologischen und pflanzenpathologischen Wirkungen des Windes ist aber auch noch der Einwirkung auf den Boden durch Austrocknung und Laubverwehung zu gedenken. Auch hier sind Ränder, windausgesetzte Hänge und Bergnasen oft in sehr deutlicher Weise geschädigt („verhagert“ oder „ausgeblasen“). Allerdings darf man diese Wirkung nicht verallgemeinern und überschätzen, da der Wind im Innern des Waldes und besonders am Boden stark abgeschwächt ist, und weil eine schützende Laub- oder Nadeldecke die Austrocknung des Bodens mehr oder minder ganz zu verhindern imstande ist.

Einfluß auf Baum- und Schaftform. Den formbestimmenden Einfluß des Windes hatten wir vorher schon bei der Kronenausbildung in windausgesetzten Lagen kennengelernt.



Abb. 65. Windwirkung an der Meeresküste (sog. Gespensterwald der Kiefer; Düne bei Zinnowitz). Phot. F. Schwarz.

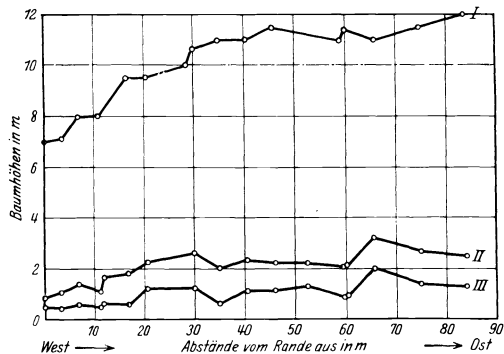


Abb. 66. Höhenprofil eines Strobenbestandes im Wuchsalter von 19 (I), 7 (II) und 5 (III) Jahren. Abdachung der Bestandeshöhe gegen den Westrand. Nach Münch.

¹ Münch: Windschutz im Walde. Silva 1925, H. 1.

Diese ist durchaus pathologischer Natur. Wie weit das auch bei Stammkrümmungen der Fall ist, wie z. B. bei dem sog. Säbelwuchs der Lärche, der häufig, aber nicht immer, mit der Hauptwindrichtung zusammenfällt, ist noch strittig.

Wahrscheinlich wirkt hier neben der äußeren biegenden Kraft des Windes, dem dann eine Aufrichtung und einseitige Verstärkung des Schaftes als Reaktion folgt, auch eine innere Anlage zur Bildung geiler Triebe in der Jugend mit. Es ist auffällig, daß gerade solche üppigen, langen Triebe bei jungen Lärchen oft derartige Krümmungen und Gegenkrümmungen zeigen, wie sie als Wirkungen des Schwerkraftreizes nach einer Verschiebung der Sproßachse aus der Senkrechten bekannt sind. In vielen Fällen, z. B. an Gebirghängen, kommt eine solche Verschiebung aber auch durch andere Ursachen als den Wind zustande, z. B. durch Erdbeben und Erddruck von oben her¹.

Einen weiteren formbestimmenden Einfluß übt der Wind auch vielfach auf den Durchmesser unserer Bäume aus, indem dieser in der Hauptwindrichtung größer wird als senkrecht dazu. Der Stammquerschnitt ist dann nicht mehr kreisförmig, sondern er bildet eine Ellipse, deren große Achse in der Hauptwindrichtung liegt. Der Mittelpunkt der Stammscheibe liegt exzentrisch, die Jahringbreiten nach der Luvseite zu sind kleiner, nach Lee größer. Man erklärt dies als Wirkung des Zugreizes auf der einen und des Druckreizes auf der andern Seite. Häufig sind solche vom Winde stark getroffenen Bäume allerdings auch gleichzeitig etwas schief gedrückt, so daß dann auch noch die dauernde ungleiche Zug- und Druckwirkung durch den Schiefstand hinzukommt und die Exzentrizität noch erhöht. Diese Erscheinung scheint sich im Walde hauptsächlich an den im Winde stark schwingenden Nadelhölzern zu finden. Sie wurde sowohl bei Kiefer als auch bei Fichte und Tanne nachgewiesen².

Sie wurde in einem älteren Versuch von Knight auch künstlich an einem jungen Obstbaum erzeugt, der so befestigt war, daß er vom Winde nur in Nord-Südrichtung bewegt werden konnte, worauf im nächsten Jahre sofort eine Vergrößerung des Jahrrings in dieser Richtung erfolgte. Die Laubhölzer dürften also grundsätzlich wohl ebenso reagieren.

Einen allgemeinen Einfluß auf die Ausbildung des Schaftes unserer Bäume übt der Wind schließlich noch insofern aus, als diese in ihrem Aufbau die Form eines Trägers gleichen Widerstandes gegen die senkrecht angreifende Kraft des Windes zeigen. Dieser Gedanke ist zuerst von Metzger³ ausgesprochen worden, der in Durchführung der berühmten Schwendenerschen Theorie vom Aufbau der Pflanze nach statischen Gesetzen nachwies, daß diese auch für die Form der Baumstämme zutreffen. Der Baumschaft ist danach als ein am Wurzelende im Boden befestigter Träger zu denken, auf den der Wind im Schwerpunkt der Krone seitlich angreift. Mit der Länge des Hebelarmes muß danach die Verstärkung nach unten zunehmen und nach oben abnehmen. Nach dem Gesetz von der möglichst sparsamen Verwendung der Baustoffe nimmt sie nun genau in dem Maße zu und ab, wie es die Gleichheit des Widerstandes nach statischen Berechnungen erfordert. Daher sind nach Metzgers weiteren Entwicklungen auch die Bäume im Schlußstand im allgemeinen immer vollholziger, d. h. nach oben hin relativ dicker als die

¹ Vgl. Tschermak: Die Formen der Lärche in den österreichischen Alpen und der Standort. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1924, H. 7/12.

² Schwarz, F.: Dickenwachstum von *Pinus silvestris*. 1899. — Hartig, R.: Wachstumsuntersuchungen an Fichten. Forstl. naturwiss. Z. 1896, S. 42. — Mer: Recherches sur les causes d'excentricité de la moelle des sapins. Paris 1889. (Sonderabdruck aus Revue des eaux et forêts.)

³ Metzger: Der Wind als maßgebender Faktor für das Wachstum der Bäume. Münchener forstl. Hefte 1893. — Studien über den Aufbau der Bäume nach statischen Gesetzen. Ebenda 1894 u. 1895. — Ferner Konstruktionsprinzip des sekundären Holzkörpers. Naturwiss. Z. f. Forst- u. Landwirtschaft. 1908.

im Freistand erwachsenen, deren Stammstärke nach oben hin rascher abnimmt (abholzigere Stammform). Nach jeder Freistellung (starke Durchforstung bzw. Lichtung) nimmt entsprechend der größeren Angriffskraft des Windes der Zuwachs im unteren Stamnteil stärker zu als im oberen, der Stamm wird abholziger. Diese auch für die forstliche Zuwachslehre und Ertragskunde höchst wichtigen Beziehungen hatte Metzger zunächst an Fichten nachgewiesen. Sie sind später von Schwarz für die Kiefer¹ und neuerdings auch von Münch² für Fichte, Kiefer und Lärche bestätigt worden. Wie genau die berechneten Werte mit den durch Messungen gefundenen übereinstimmen, zeigt eine dem letzteren entnommene graphische Darstellung (Abb. 67).

Verteilung der Winde in Deutschland. Die Windstärke und Windhäufigkeit in Deutschland ist meist durch mehr oder minder offene Lage zu den bei uns hauptsächlich aus westlicher Richtung kommenden Winden bedingt. Am windreichsten sind die Meeresküsten³. Besonders die Westküste der schleswig-holsteinischen Halbinsel zeigt in der Schwierigkeit, denen Wald- und Baumwuchs dort begegnen, die Stärke der dortigen Windwirkung. Aber auch die Ostseeküste, sowie ganz Norddeutschland haben wegen ihrer offenen Lage stärkere Winde als Mittel- und Süddeutschland in entsprechenden Höhenlagen.

So beträgt z. B. die prozentuale Häufigkeit der stärkeren Windgeschwindigkeiten von 5—10 m pro Sekunde im Jahresdurchschnitt an der Nordseeküste und in der nordostdeutschen Tiefebene etwa 25 %, in Mitteldeutschland 19—22 %, in Süddeutschland aber nur 16—17 %.

In den Gebirgen nimmt der Wind mit der Höhe zu, besonders häufen sich die starken und stärksten Windgrade. Aber auch hier haben die norddeutschen Gebirge als die ersten Windbrecher am Rande des nördlich vorgelagerten Tieflandes viel ungünstigere Verhältnisse als die süddeutschen.

So zeigen z. B. im Jahresdurchschnitt:

Windgeschwindigkeit:	5—10 m	10—15 m	über 15 m
	%	%	%
Brocken (Harz), 1140 m	33	24	14
Großer Belchen (Vogesen), 1394 m . .	27	11	5
Höhenschwand (Schwarzwald), 1005 m	15	3	1

Die Windstärke nimmt überall auch mit der Höhe über dem Boden außerordentlich stark zu, umgekehrt nach dem Boden zu

¹ Schwarz, F.: Das Dickenwachstum von *Pinus silvestris*, S. 154ff.

² Büsgen u. Münch: Bau und Leben unserer Waldbäume, S. 165ff.

³ Eingehende Darstellung der Windverhältnisse gibt das grundlegende Werk von R. Abmann: Die Winde in Deutschland. Braunschweig 1910.

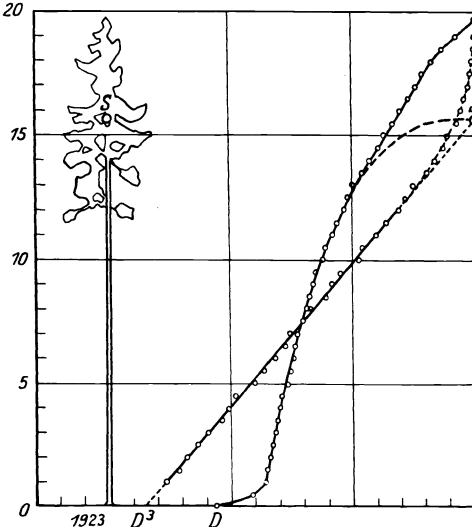


Abb. 67. Stammanalyse einer 76jährigen Fichte aus dem Tharandter Forstgarten. Der astfreie Stammteil von 1 m Höhe bis zum Kronenansatz bildet ein kubisches Paraboloid D (die Durchmesser kuben D^3 liegen auf einer durch den Kronenschwerpunkt S gehenden Geraden). Innerhalb der Krone, mit Ausnahme eines kurzen Gipfelstückes, bildet der Stamm einen Kegel. Der Stamm hat also die Form eines Trägers gleichen Widerstandes. Maßstab für die Höhen 1:200, für die Durchmesser 1:4. Nach Münch.

a b, was ökologisch außerordentlich wichtig ist. Diese Abschwächung des Windes nach unten zu macht sich schon bei recht geringen Höhenunterschieden stark geltend.

So fand Schubert¹ im Sommer 1908 auf der Feldstation bei Eberswalde folgendes Verhältnis in den verschiedenen Schichten:

4,2 m über Boden	3,81 m/sek	1,0 m über Boden	2,36 m/sek
2,2 „ „ „	3,05 „	0,2 „ „ „	1,76 „

Auf großen freien Wiesenflächen bei Potsdam wurde von Hellmann² der durchschnittliche tägliche Gang der Windgeschwindigkeit von Juli—Oktober 1918 in Höhen von 2 m bis 0,05 m über dem Boden festgestellt und dabei das in Abb. 68 dargestellte Verhältnis gefunden.

Eine Luftbewegung, die in menschlicher Kopfhöhe noch als leichter Wind (3—4 m pro Sekunde) empfunden wird, ist also schon in 10—20 cm über dem Boden nur noch ein leiser Zug (1—2 m pro Sekunde).

Die hauptsächlichste Richtung der Winde ist in Deutschland fast überall die aus NW—SW. Ihre Häufigkeit beträgt fast das Doppelte

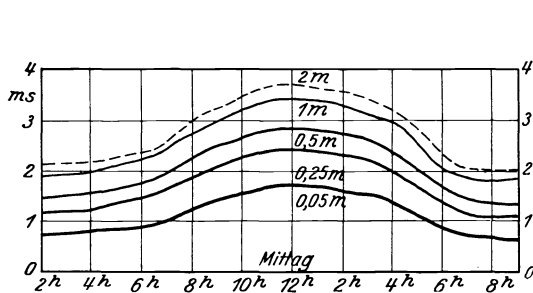


Abb. 68. Täglicher Gang der Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen (0,05—2 m) über dem Boden. Nach Geiger.

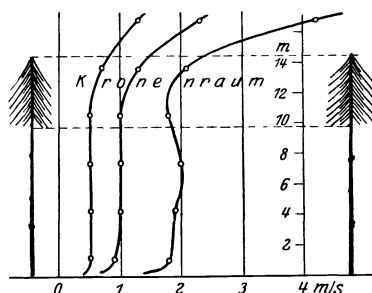


Abb. 69. Vertikale Verteilung der Windstärke im Walde bei verschiedener Windgeschwindigkeit. Nach Geiger.

wie die aus der entgegengesetzten Richtung NO—SO (rund etwa 50 gegen 25 bis 30%). Dieses Verhältnis ist insofern bedeutungsvoll, als die Westwinde bei uns immer feuchter, ja meist sogar regenbringend sind und daher nicht so austrocknend wirken wie die gefürchteten Ostwinde.

Einfluß des Waldes auf den Wind. Daß der Wind durch den Wald eine starke Beeinflussung erfahren muß, ist klar. Es wird hier nur die Aufgabe sein, die Art und das Maß dieses Einflusses festzustellen.

Wenn ein horizontaler Wind auf einen Waldrand auftrifft, so muß sich die Luft dort stauen, und der Wind wird zum Aufsteigen gezwungen, hinter dem Walde fällt er wieder ab und erreicht bald wieder seine luvseitige Stärke, wie vergleichsweise Messungen gezeigt haben.

Der Wind wird im Walde am stärksten am oberen Kronendach abgebremst, eine zweite, etwas schwächere Abbremsung findet außerdem noch am Waldboden statt. Die Abschwächung im Stammraum unter den Kronen ist je nach der Bestandeszusammensetzung verschieden stark. In einem 65jährigen, 15—16 m hohen reinen Kiefernbestand der Pfalz ergab sich nach Geigers Messungen der in Abb. 69 dargestellte sehr charakteristische Verlauf.

¹ Schubert, J.: Über die Windstärke in den unteren Luftschichten und den Windschutz des Waldes. *Silva* 1922, S. 377.

² Hellmann, G.: Über die Bewegungen der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre. *Sitzber. d. preuß. Akad. d. Wiss.* Bd. 22, S. 404, 1919.

In einem benachbarten ähnlichen, aber reichlich mit Fichte durchgestellten Bestand war aber die Abschwächung auch unter dem oberen Kronenraum noch stark ausgeprägt.

Ebenso fand Schubert¹ eine solche im unteren Stammraume eines mit Laubholz unterstellten Kiefernbestandes:

Höhe über Boden m	Windgeschwindigkeit	
	Feld m/sek	Kiefern mit Laubholzunterstand m/sek
3,2	3,7	0,9
2,2	3,3	0,5
0,2	1,8	0,2

Diese Zahlen bestätigen also nur die bereits in der forstlichen Praxis verbreitete und eigentlich selbstverständliche Annahme, daß ein geschlossener Bestand mit gleich hohem Kronendach (gleichaltriger Bestand) in seinem Stammraum die Windwirkung nicht wesentlich abzuschwächen vermag. Man hat im Gegenteil bei solchen Beständen von „Trockenschuppenwirkung“ gesprochen, da sie mit ihrem Kronendach den Regen abfangen und unten den Wind durchpfeifen ließen. Das ist allerdings eine etwas starke Übertreibung, insofern die Abbremsung der Windgeschwindigkeit im Kronenraum immer schon eine starke Herabsetzung auch im Stammraum nach sich zieht — der Wind springt eben über den Wald hinweg —, aber andererseits ist es doch richtig, daß der Unterstand oder ein geschichtetes Kronendach, wo sie vorhanden sind, die Windstärke dann noch weiter herunterzusetzen vermögen. Im allgemeinen herrscht aber „Windruhe am Boden“, von der heute viel gesprochen wird, meist auch schon ohne Baumunterstand in niedrigen Höhen von 10—15 cm, ganz besonders, wenn noch eine Bodenflora vorhanden ist.

Einige stichprobeweisen Messungen an solchen Stellen² zeigten z. B. folgende Windstärken:

	Höhe über dem Boden cm	Windstärke m/sek
Lichtung im Fichtenhochwald	180	1,3
Zwischen dürrem Gras	5	0
Heidehochwald	100	2,4
In der Heide	5	1,2
Offene Heide	180	9,3 (!)
Wipfel von Calluna	30	1,4
Zwischen Calluna	10	1,0 (!)

Berücksichtigung des Windfaktors in der Wirtschaft. Die forstlichen Maßregeln zur Erhöhung des Windschutzes werden sich in erster Linie

auf diejenigen Stellen zu richten haben, an denen dauernde Einwirkungen des Windes zu erwarten sind, also auf Waldränder, windausgesetzte Bergänge und Bergnasen. Hier kann viel durch Anlage von Windmänteln geholfen werden, indem man einen Rand schafft, der durch tiefe Bekronung und Beastung den Wind abhält. Die gern hierfür gewählte Fichte ist trotz ihrer sehr dichten Bemantelung leider unsicher, da sie zu leicht vom Sturm geworfen wird. Laubholz, wie Eichen und Buchen, bemanteln sich im Freistand zwar auch noch ziemlich tief, gewähren aber im Frühjahr erst sehr spät nach voller Belaubung richtigen Schutz. Es ist empfehlenswert, sie nach außen mit niedrigen Sträuchern oder zu köpfenden Bäumen (Hainbuche) zu umgürteln. Auch Schlehdorn, Weißdorn, Wildrosen, auf ärmeren Böden auch Besenginster sind hierfür geeignet. Natürlich ist jeder sich findende Unterwuchs zu erhalten und zu pflegen. Ein sehr gutes Mittel für ausgeblasene Hänge und Bergnasen besteht in Deckung mit

¹ Schubert: Über die Windstärke in den unteren Luftschichten und den Windschutz des Waldes. *Silva* 1922, S. 377.

² Stocker, O.: Klimamessungen auf kleinstem Raum an Wiesen-, Wald- und Heidepflanzen. *Ber. d. dtsh. botan. Ges.* 1923, S. 145ff.

dem bei Durchforstungen anfallenden Astreisig, das vor allem das leicht verwehende Laub fängt und festhält.

Man hat auch empfohlen, wo Unterbau von ganzen Beständen mit Laubholz (Buche, Hainbuche u. a.) der Kosten wegen nicht möglich ist, wenigstens die einzelnen Bestandesränder damit zu versehen, oder große gleichförmige und der Austrocknung ausgesetzte Bestände wenigstens auf Streifen senkrecht zur Hauptwindrichtung (Windkulissen) zu unterbauen.

Natürlich vermehrt jede Abstufelung des Kronendachs, jede Erhaltung lebensfähigen Unterstandes die Windruhe im Bestande. Auch die Hiebsführung wirkt darauf ein.

So zeigte eine neuere Untersuchung¹ z. B. die Überlegenheit der kleinen Lückenhiebe gegenüber einem allerdings stark aufgelichteten langen Streifenhieb (Schirmschlag). Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug in 1 m Höhe:

	Juni m/sek	Juli m/sek	August m/sek	September m/sek
Auf den Lückenhieb	0,26	0,50	0,55	0,35
Im Schirmschlag	0,54	0,85	0,72	0,49

So beachtenswert auch jede Maßregel zur Abschwächung des Windes an allen Stellen im Walde ist, so wird sich die Hauptsorge im allgemeinen immer auf die Wald- und Bestandesränder und die ausgeblasenen Hänge zu richten haben. Bei der Hiebsführung und Verjüngung ist der beste Windschutz immer ein rasch emporwachsender und sich schließender Jungwuchs. In manchen Fällen wird dieser sich freilich leichter und williger finden, wo Windruhe vorhanden ist. Aber gerade dort, wo diese am nötigsten ist, wie auf unsern trocknen Kiefernböden, ist sie im Innern ganzer Bestände meist schwer oder gar nicht zu schaffen!

14. Kapitel. Der Boden².

Gründigkeit. Der Boden stellt zunächst das Fundament dar, in dem die Bäume mit ihrem Wurzelwerk verankert sind und in dem ihre schweren Massen den festen Halt finden müssen. Man spricht in diesem Sinne auch von der Gründigkeit des Bodens und bezeichnet diese nach Übereinkommen der forstlichen Versuchsanstalten je nach der Mächtigkeit der lockren, für die Wurzeln durchdringbaren Schicht mit folgenden Stufen:

sehr tiefgründig	über 1,2 m
tiefgründig	0,6 —1,2 „
mitteltiefgründig	0,3 —0,6 „
flachgründig	0,15—0,3 „
sehr flachgründig	bis 0,15 „

Es braucht aber nicht immer ein festes Gestein die abgrenzende Schicht zu bilden, die das Eindringen der Wurzeln verhindert, auch nicht einmal eine verkittete oder verfestigte Schicht, wie z. B. der sog. Ortstein, sondern es genügt, daß andre Umstände, wie z. B. ungenügende Durchlüftung oder flach anstehendes Grundwasser den Boden nach unten hin für die Durchwurzelung abschließen. Man spricht in solchen Fällen von physiologischer Flachgründigkeit. Die

¹ Wrede, C. v.: Die Bestandesklimatologie und ihr Einfluß auf die Biologie der Verjüngung unter Schirm und in der Gruppe. Forstwiss. Zbl. 1925, S. 441ff.

² Für eine eingehendere Darstellung wird verwiesen auf Ramann: Bodenkunde, 3. Aufl. 1911. — Mitscherlich: Bodenkunde, 4. Aufl. 1923. — Lang: Forstliche Standortlehre. In Lorey-Weber: Handbuch der Forstwissenschaft, 4. Aufl., Bd. 1, Abt. IV. 1926.

Verhältnisse sind nicht für alle Holzarten gleich zu beurteilen. Für Arten, die von Natur ihre Wurzeln bis in größere Tiefen schicken, kann schon ein tief- oder mitteltiefgründiger Boden relativ flachgründig werden, wenn er zur Verkürzung des Wurzelwerks zwingt. Ein solcher Fall ist z. B. nicht selten für die Kiefer gegeben, wenn sie auf flach anstehendem Ton oder Lehm auftritt (Abb. 70). Hier pflegen dann Windwurfkatastrophen die Folge zu sein, die damit die ungenügende Fundamentierung trotz üppigen Wachstums beweisen. Meist handelt es sich in solchen Fällen aber nicht um ursprünglich natürliches Vorkommen der Kiefer, sondern nur um künst-



Abb. 70. Windwurf an Kiefer auf Lehm Boden in der Oberförsterei Chorin. (Völlig flache Wurzelteilerbildung wie bei Fichte.) Phot. F. Schwarz.



Abb. 71. Großer Windbruch in einem auf Lehm stockenden Kiefernbestand in der Oberförsterei Freienwalde a. d. O. Vorbestand eine alte Laubholzräume, die mit Kiefer aufgeforstet wurde. Phot. F. Schwarz.

lichen Anbau auf ehemaligen Laubholzböden oder nur um eine vorübergehende natürliche Ansiedlung auf alten, durch Mißwirtschaft entstandenen Laubholzräumen. Ein solcher Fall lag z. B. auch bei dem großen Windwurf in Abb. 71 vor.

Andrerseits vermögen auch flachgründige Böden, wie z. B. steinige und felsige Gebirgsböden, für die Fichte durch Umklammerung der Blöcke und Fels-

stücke mit ihren Wurzeln relativ tiefgründig zu werden und ihr einen sehr festen Halt zu geben. Überhaupt ist die Gründigkeit solcher Gesteinsböden je nach der Klüftung und dem Reichtum an Spalten zu beurteilen. Besonders zeigen einzelne Kalkgesteine, z. B. im Karstgebiet von Dalmatien, manchmal geradezu überraschende Möglichkeiten für das Gedeihen an sich tiefwurzelter Holzarten, wie das bei der Aleppokiefer in Abb. 72 auf solchen Böden der Fall ist. Auch für das Auftreten der Lärche auf manchen nur flach mit Bodenkrume bedeckten Kalkgesteinen der Schweiz gilt Ähnliches¹. Ebenso findet sich auch die Kiefer öfters auf tiefgeklüfteten Sandsteinklippen (Felsenstadt des Heuscheuergebirges in Schlesien, Sächsische Schweiz, Bodetalklippen im Harz u. a. m.).



Abb. 72. Die Aleppokiefer (*Pinus halepensis*) in den Trichtern und Spalten des Karstgebirges wurzelnd.
Phot. A. Dengler.

Im allgemeinen gilt aber doch die Regel, daß der Boden um so tiefgründiger sein muß, je tiefer die normale Wurzelentwicklung der verschiedenen Holzarten geht, während er um so flachgründiger sein darf, je flacher diese ist. Jede flachwurzeln Holzart ist aber auch für größere Tiefgründigkeit dankbar und erhöht ihre Standfestigkeit dort sofort in entsprechender Weise (vgl. S. 203).

Der Boden als Nährstoffquelle. Viel wichtiger aber ist die Rolle, die der Boden als Nährstoffquelle für die Pflanzenwelt spielt. Da die Nährstoffe (Mineralstoffe) nur im Bodenwasser gelöst von den Wurzeln aufgenommen werden können, so ist in erster Linie das Wasser im Boden hierfür entscheidend. Auch der reichste Boden kann ohne Wasser nichts hergeben, andererseits kann ein armer Boden, wenn er feucht ist, mehr leisten, als seinem Mineralstoffgehalt entspricht, weil in der größeren Menge von Wasser auch mehr gelöste Mineralstoffe angeboten und aufgenommen werden können. Da die Wurzeln aber zur normalen Lebenstätigkeit auch Luft brauchen, so tritt als drittes Erfordernis neben Mineralstoffgehalt und Wasser noch eine genügende Durchlüftung des Bodens.

Die außerordentlich verwickelten Wirkungen, die diese und andere Faktoren nun auch auf den Boden selbst ausüben, sind Gegenstand einer besonderen Wissenschaft, der Boden-

¹ Vgl. Fankhauser: Zur Kenntnis der Lärche. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1919. Dort auch eine sehr bezeichnende Abbildung für einen solchen scheinbar flachgründigen Standort.

kunde, geworden, die in ihrem Aufschwung und in ihrer Entwicklung während der letzten Jahrzehnte ein Problem nach dem anderen vor uns aufgerollt hat. Neben der Pflanzenphysiologie ist die Bodenkunde die wichtigste ökologische Grundlage für den Waldbau geworden. Die Aufgabe und der Umfang dieses Buches gestatten uns hier aber nur, auf einige der wichtigsten Beziehungen zwischen Boden und Wald einzugehen.

Neben dem Wassergehalt des Bodens, dessen Bedeutung man natürlich frühzeitig erkannt hatte, hat man früher den hauptsächlichsten Grund für die verschiedene Fruchtbarkeit der Waldböden und für das Auftreten und Gedeihen der Holzarten in dem größeren oder geringeren Mineralstoffreichtum gesucht (chemische Bodenverhältnisse). Später, bis in die neueste Zeit hinein, hat man aber mehr und mehr erkannt, daß auch die physikalischen Verhältnisse (Struktur, Wasserführung, Durchlüftung u. a. m.) eine mindestens ebenso große, wenn nicht noch größere Rolle spielen. Schließlich trat dazu die Erkenntnis, daß alle diese Verhältnisse auch die unzähligen Kleinlebewesen beeinflussen, die die obere Bodenschicht bevölkern, und daß daraus wieder Rückwirkungen auf den Boden selbst folgen, die ihn in seiner Fruchtbarkeit entscheidend verändern können (biologische Bodenverhältnisse). Wir stehen auf diesem letzteren Gebiet besonders bei unseren Waldböden vielfach erst am allerersten Anfang der Erkenntnis und werden eine weitgehendere Klärung hier erst von kommenden Zeiten erwarten können.

Chemische Verhältnisse, Gesteins- und Bodenarten. Was zunächst die verschiedenen Gesteinsarten betrifft, aus denen sich der Boden gebildet hat, so findet man hier in vielen Fällen bei der natürlichen Verbreitung unsrer Holzarten eine auffällige Indifferenz. Die gleiche Holzart tritt innerhalb engbegrenzter Gebiete auf den verschiedensten Gesteinen auf, z. B. die Buche in Westdeutschland auf Basalt, Muschelkalk und Buntsandstein, die Fichte im Harz ebenso auf Granit wie auf Grauwacke. Ja hier konnte ich sogar in einer besonderen Untersuchung¹ nachweisen, daß die natürliche Grenzlinie zwischen ihr und der Buche in geradem und glattem Zug quer über alle geologischen Scheidelinien hinweggeht. Offenbar sind hier andere Bedingungen wirksamer und allein bestimmend. Der geologische Unterschied ist aber doch sehr oft in feineren Einzelzügen (Leichtigkeit der Verjüngung, Wachstumsgang, Gesundheitszustand und Lebensdauer) zu erkennen und selten ganz gleichgültig!

Es ist übrigens nicht zu übersehen, daß die mineralogisch oft so auffällige Verschiedenheit der Grundgesteine sich im Zustand des verwitterten Bodens vielfach stark ausgleicht. Es entsteht daraus ein oft weitgehend gleicher Ton, Lehm oder Sand. Das verschiedene Korngrößenverhältnis, das diese Bodenarten als solche kennzeichnet, scheint ungleich bedeutungsvoller als das ursprüngliche geologische Substrat. Wo Lehm und Sand aneinanderstoßen, da findet sich fast überall im großen wie im kleinen ein scharf damit abgegrenzter Wechsel der Holzarten.

Nur da, wo Kalkgesteine die geologische Grundlage bilden, oder wo sehr kalkreiche mit kalkarmen Gesteinen zusammenstoßen, ist auch der geologische Unterschied meist im Wechsel der Holzarten und der sie begleitenden Bodenflora schärfer ausgeprägt. Eine solche Vorliebe für Kalkgesteine zeigen insbesondere Buche, Esche, die Ahornarten, die Elzbeere, die Mehlbeere, auch die Weißerle. Eine Bodenflora von großem Reichtum an Orchideen begleitet diese Kalkböden.

Besonders treten die seltenen Arten, wie *Cypripedium*, *Ophrys* u. a., auf, ebenso viele Schmetterlingsblütler (*Trifolium*, *Coronilla*, *Anthyllis*, *Medicago*), einige seltenere Gräser (wie *Melica*-Arten, *Sesleria* u. a.).

Es bildet sich dann geradezu eine Kalkflora, zu der auch die entsprechenden Gehölze zu rechnen sind. Man spricht bei einzelnen von diesen Arten auch von Kalkstetigkeit, wenn sie ausschließlich auf Kalkböden angetroffen werden. Von unsern Holzarten trifft das in erster Linie wohl nur auf die Elzbeere und von den krautigen Pflanzen auf die Orchideen *Cypripedium* und *Ophrys* zu. Im all-

¹ Dengler: Die Wälder des Harzes einst und jetzt. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1913.

gemeinen dürfte es richtiger sein, nur von kalkliebenden Pflanzen zu sprechen und sich bei der Beurteilung des Kalkgehaltes im Boden nicht auf vereinzelt Vorkommen, sondern auf das Gesamtbild der Flora zu stützen, da doch recht viele Ausnahmen zu beobachten sind. Noch unsicherer ist die sog. Kalkfeindlichkeit anderer Pflanzen (Kieselpflanzen). Von unsern Waldbäumen werden hierzu *Castanea vesca* und *Pinus pinaster* gerechnet, von Sträuchern *Sarothamnus scoparius*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium Myrtillus*, von den Moosen die meisten Sphagnumarten. Aber für eine ganze Anzahl von Fällen ist auch deren Vorkommen auf Kalkböden festgestellt.

Engler, Zürich¹, wies z. B. darauf hin, daß sich die Edelkastanie auch auf kalkreichen Sandsteinen und Mergeln findet, wenn diese nur genügend viel Kali enthalten. Man hat daher solche angeblich kalkfeindlichen Pflanzen auch als „Kalipflanzen“ bezeichnet. Am meisten kalkfliehend sind wohl die Sphagneen. Jedoch hat eine sorgfältige experimentelle Untersuchung² gezeigt, daß nur der kohlensaure Kalk schädlich ist, Gips dagegen gut vertragen wird. Man wird daher in der Beurteilung der Kalkstetigkeit bzw. Kalkfeindlichkeit recht vorsichtig sein müssen.

Eine Anzahl von Waldpflanzen zeigt eine besondere Vorliebe für Standorte, auf denen eine reiche Bildung von salpetersauren Salzen stattfindet. Es sind das die sog. Nitratpflanzen. Ihr reicher Nitratgehalt läßt sich sogar chemisch durch gewisse Reaktionen im Pflanzensaft nachweisen. Zu ihnen gehören vor allem die *Urtica*-Arten, auch *Epilobium angustifolium*, *Senecio*-Arten und *Rubus Idaeus*³.

Für die Brennessel ist durch Untersuchungen auf verschiedenen Standorten folgender Zusammenhang zwischen Nitratgehalt und Entwicklung der Pflanzen nachgewiesen⁴:

Nitratgehalt in 1 l frischem Boden mg	Durchschn. Höhe von <i>Urtica dioica</i> cm	Wenn es durch Untersuchungen gelänge, auch für Himbeere, Weidenröschen und andere Arten, die jeden- falls geringeren Nitratbedarf haben, eine ähnliche Stufen- folge zu finden, so würden wir dadurch vielleicht einen brauchbaren Anhalt für den Nitratgehalt unserer Wald- böden gewinnen können. Wahrscheinlich gehören nach eigenen Beobachtungen in den Eberswalder Lehrforsten auch noch andere Pflanzen hierher, die sich oft streng an den Bereich der Akazienwurzeln mit ihren Bakterien- knöllchen halten, z. B. <i>Chelidonium majus</i> , <i>Geranium Ro- bertianum</i> u. a.
rd. 226	200	
108	225	
80	160	
50	100	
41	80	
1—37	Pflanze fehlt!	

Daß Reichtum des Bodens an einem der genannten Mineralstoffe nicht nur die Zusammensetzung der Flora, sondern auch den Habitus, das Wachstum und den Gesundheitszustand einzelner Arten bestimmen kann, scheint nach vielen Beobachtungen erwiesen. So wird der Buche auf Kalkboden ein besonders guter, schlanker Wuchs, eine glatte, silbergraue Rinde und eine größere Weißkernigkeit nachgesagt. Die Fichte ist auf solchen Böden zwar auch sehr raschwüchsig, wird aber umgekehrt gerade hier frühzeitig rotfaul. Allerdings scheint das nur im wärmeren Wuchsgebiet der Fall zu sein, wie z. B. im westdeutschen Muschelkalkgebiet, wo der Unterschied des Rotfäuleprozentes gegen die angrenzenden Buntsandsteinböden tatsächlich außerordentlich scharf hervortritt. Dagegen fand ich z. B. in den kühleren Hochlagen der südosteuropäischen Kalkgebirge (Bosnien) uralte Fichten und ganze Fichtenbestände, bei denen von einer frühzeitigen Rotfäule nichts zu bemerken war.

Reicher Nitratgehalt macht sich besonders in einem auffällig lebhaften und saftigen Grün der Blätter bemerkbar. Er steigert überhaupt die Ausbildung

¹ Engler, A.: Ber. d. schweiz. botan. Ges. 1901, S. 23.

² Paul: Ber. d. dtsh. botan. Ges. 1906, S. 148.

³ Hesselman, H.: Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1916 u. 1917, S. 297.

⁴ Carsten-Olsen: J. of Ecology 1921, S. 1.

der vegetativen Organe auf Kosten der fruktifizierenden, wie man das besonders aus landwirtschaftlichen Erfahrungen bei starker Stickstoffdüngung weiß.

Auch das Fehlen oder der Mangel an einzelnen Mineralstoffen im Boden kann sich in einzelnen Fällen schon in äußeren Erscheinungen ausdrücken. So hat Möller¹ derartige als „Karenzerscheinungen“ bezeichnete Unterschiede bei der Kiefer in gewissen eigentümlichen Verfärbungen der Nadeln beobachtet und experimentell festgestellt.

Ähnliches ist auch von landwirtschaftlichen Kulturgewächsen bekannt. Stickstoffmangel zeigte sich nicht nur in kümmerlichen, kurzen Nadeln, sondern auch in einer gelblichen Farbe. Magnesiummangel erzeugte eine leuchtend gelbe bis orangerote Verfärbung der Nadelspitzen, Phosphormangel eine bläulichviolette Farbe der ganzen Nadeln. Bei Kaliummangel trat ein allgemeines starkes Kümmeren ein (ohne das bei landwirtschaftlichen Gewächsen beobachtete Schwarzfleckigwerden).

Allerdings weist Möller selbst darauf hin, daß gleiche oder ähnliche Verfärbungen auch aus anderen Ursachen auftreten können. Zum Beispiel tritt eine der Phosphorkarenz ähnliche Violettverfärbung bei unseren jungen Kiefernpflanzen sehr häufig mit anbrechendem Winter auf, um gegen das Frühjahr hin von selbst wieder zu verschwinden (sog. Winterverfärbung). Auch die Gelbspitzigkeit findet sich öfter nur vorübergehend, besonders in einzelnen Jahren. Trotzdem kann in gewissen Fällen, z. B. in älteren Saat- und Pflanzschulen, die Beobachtung solcher Verfärbungen ein wichtiger Hinweis auf Mangel an einem Nährstoff sein, dem dann durch entsprechende Düngung abgeholfen werden kann.

Mineralstoffgehalt und Fruchtbarkeit der Böden. Wie schon eingangs erwähnt, hat man in früherer Zeit dem gesamten Mineralstoffgehalt unserer Waldböden eine fast ausschlaggebende Rolle für ihre Fruchtbarkeit, also für die Massen- und Zuwachsleistung der darauf wachsenden Bestände, zuerkennen wollen². Besonders sollte das für die norddeutschen Sandböden und das Wachstum der Kiefer auf ihnen zutreffen. In Lehm Böden sind ja die Mineralstoffe an sich schon immer in reichlicher bzw. überreichlicher Menge vorhanden, so daß kleinere Unterschiede darin von vornherein nicht so wichtig erscheinen.

Für die norddeutschen Diluvialsande galt lange Zeit eine durch Analysen von Schütze³ gefundene Stufenfolge für die verschiedenen Kieferntragsklassen:

Ertrags- klass	Kalk %	Magnesia %	Kall %	Phosphor- säure %	Humus ⁴ %
I	1,89	0,05	0,05	0,05	0,09
II	0,16	0,07	0,06	0,06	0,06
III	0,10	0,08	0,04	0,04	1,83
IV	0,03	0,05	0,02	0,03	1,52
V	0,05	0,04	0,02	0,02	1,43

Ramann schrieb dazu 1893: „Unverkennbar tritt der Zusammenhang zwischen Ertragsfähigkeit und Mineralstoffgehalt hervor.“

Spätere Untersuchungen haben aber ergeben, daß auch Sandböden mit ziemlich gleichem Mineralstoffgehalt doch sehr verschiedene Ertragsstufen (von I.—IV.) ergeben können⁵, und daß andererseits Böden mit recht geringem Nährstoffgehalt, der nach den Schützeschen Zahlen nur ganz

¹ Möller, A.: Karenzerscheinungen bei der Kiefer. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1904, S. 745 ff.

² Vgl. dazu noch Ramanns Stellungnahme in seiner Forstlichen Bodenkunde, 1. Aufl., S. 348. 1893.

³ Schütze: Beziehung zwischen chemischer Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit des Waldbodens. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1869, S. 500; 1871, S. 367.

⁴ Der besseren Übersichtlichkeit wegen sind die 4stelligen Zahlen hier nur mit 2 Dezimalen und entsprechend abgerundet gegeben.

⁵ Vogel v. Falkenstein: Internat. Mitt. f. Bodenkunde Bd. 1, H. 6, S. 22, 1912.

schlechte Ertragsleistungen erwarten lassen sollte, bei günstigem Wasserfaktor (Grundwasser in 1—1,5 m) ein Wachstum der Kiefer aufweisen, das der I. bis II. Bonität entsprach¹. Umgekehrt zeigte sich, daß Sandböden mit relativ hohem Mineralstoffgehalt, die nach dem Ergebnis der chemischen Bodenanalyse etwa II. Bonität entsprechen, wegen ungenügender Wasserversorgung (grobe, sehr durchlässige Sande) bis auf V. Bonität, ja bis zum fast vegetationslosen Zustand herabsinken konnten (sog. Sibirienböden in der Niederlausitz²). Alle diese Ergebnisse schränken die frühere Überschätzung des Mineralstofffaktors dahin ein, daß er niemals alleinbestimmend für die Ertragsleistung ist, sondern daß in vielen Fällen andere Umstände, wie z. B. besonders der Wasserfaktor neben und über ihn treten können, so daß seine Wirkung ganz verschoben und verdeckt wird. Es wäre aber ebenso unrichtig und übertrieben, dem Mineralstoffgehalt im allgemeinen gar keine oder eine nur ganz nebensächliche Rolle zuerkennen zu wollen, wozu man vielfach in der Neuzeit wieder zu neigen scheint. Er behält bei sonst günstigen oder auch nur genügenden anderen Wuchsbedingungen seine volle Bedeutung, die ihm Ramann auch noch in der neuesten Auflage seiner Bodenkunde durchaus zuerkennt.

Er sagt dort: „Die Beziehungen zwischen Ertrag und Mineralstoffgehalt treten unverkennbar hervor; namentlich gilt dies für Kalk und Phosphorsäure. Verfasser kann hinzufügen, daß alle Veränderungen in den Sandböden durch Analyse verfolgt werden können und die Abhängigkeit des Ertrages vom Mineralstoffgehalt in zahlreichen anderen Fällen gleichfalls festgestellt ist. Wenn auch andere Bedingungen in Sandböden vielfach einwirken, so ist doch deren Bodenanalyse ein ausgezeichnetes Hilfsmittel, um praktische und wissenschaftliche Fragen zu verfolgen.“

„Erheblich ungünstiger stellen sich die Verhältnisse für die schwereren Bodenarten; aber immerhin haben zahlreiche Arbeiten den Beweis geliefert, daß die Bodenanalyse Grenzwerte feststellen kann, innerhalb deren sich Beziehungen zwischen der Fruchtbarkeit der Böden und dem Mineralstoffgehalt ergeben. Es würde auffällig sein, wenn dies nicht hervorträte; andererseits kann es aber auch nicht befremden, daß andere Faktoren, namentlich die Lagerungsweise der Böden, vielfach größeren Einfluß gewinnen als ein etwas Mehr oder Weniger an Nährstoffen.“

Zweifellos ist aber der Mineralstoffgehalt für die Forstwirtschaft nicht im entferntesten so wichtig wie für die Landwirtschaft. Erstens einmal entziehen unsere Waldbäume dem Boden viel weniger Mineralstoffe, dann folgen sich auch unsere Ernten viel seltener.

Mineralstoffgehalt der Bäume und Ansprüche an den Boden. Verhältnismäßig reich an Mineralstoffen sind die Blätter und die feinen Zweige unserer Waldbäume. Auch die Rinde ist etwas aschenreicher, das Holz aber weist den geringsten Mineralstoffgehalt auf. Zahlreiche Analysen darüber liegen vor³, die, ohne im einzelnen immer übereinzustimmen, doch diese Verhältnisse im allgemeinen sicherstellen. So sind in 1000 Gewichtsteilen Trockensubstanz an gesamten Mineralstoffen (Reinasche) enthalten⁴:

¹ Schoenberg, W.: Über den Zusammenhang zwischen Ertragsleistung und Bodenbeschaffenheit bei der Kiefer. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1910, S. 649 ff.

² Albert: Die ausschlaggebende Bedeutung des Wasserhaushalts für die Ertragsleistung unserer diluvialen Sande. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1924, S. 193 ff. — Der waldbauliche Wert der Dünenande sowie der Sandböden im allgemeinen. Ebenda 1925, S. 129 ff.

³ Ebermayer: Physiologische Chemie der Pflanzen. 1882. — Hartig u. Weber: Das Holz der Rotbuche. 1888. — Schröder: Forstchemische und pflanzenphysiologische Untersuchungen. 1878. — Wolff: Aschenanalysen. Berlin 1871 u. 1880. — Ferner Einzelarbeiten von Ramann u. Counciler in Z. f. Forst- u. Jagdwes. Bd. 13, 14, 18 u. 19.

⁴ In abgerundeten Zahlen nach Wolfs Aschenanalysen.

	Blätter	Junge 1-4 j. Pflanzen	Reisholz	Stammholz von alten Stämmen
	‰	‰	‰	‰
Buche . . .	50—70	27	14—18	3—4
Eiche . . .	40—50	—	17—18	2—3
Birke . . .	—	—	7	3
Kiefer . . .	19	26	12	3
Lärche . . .	36	—	—	2
Fichte . . .	26	27	—	2
Tanne . . .	33—37	—	—	2—3

Dagegen bei landwirtschaftlichen Gewächsen:

Wiesenheu	70 ⁰ / ₀₀	Weizen im Schossen . . .	97 ⁰ / ₀₀
Kartoffelkraut	86 ⁰ / ₀₀	Brennnessel	135 ⁰ / ₀₀

Die Zahlen zeigen den geringeren Aschengehalt der Waldbäume gegenüber den landwirtschaftlichen Kulturgewächsen und den verschwindend kleinen Anteil des Stammholzes gegenüber dem schwächeren Reisig und jungen Pflanzen. Bei der regelmäßigen Ernte solcher Jungpflanzen in Saat- und Schulkämpen muß sich daher auch leichter eine Erschöpfung des Bodens bemerkbar machen, und eine derartige Benutzung erfordert hier öfter schon künstliche Düngung. Am stärksten ist der Aschenanteil der Blätter, der aber doch immer noch hinter dem der landwirtschaftlichen Kulturgewächse zurückbleibt. Die Nadeln sind dabei aschenärmer wie die Laubblätter. Am reichsten fand Ramann die Blätter bei einer 30jährigen Esche, die allein ⁴⁹/₅₀ der im ganzen Stamm abgelagerten Mineralstoffe enthielten, die Nadeln einer 30jährigen Kiefer auch immerhin noch zwei Drittel.

Ebermayer hat die Holzarten nach dem Ergebnis der Aschenanalysen in eine Reihenfolge geordnet, die den Bedarf bzw. die Ansprüche, die sie an den Boden machen, angeben soll. Er setzte dabei den Anspruch gleich dem tatsächlichen Entzug. Ramann hat schon darauf hingewiesen, daß dies nicht richtig ist, indem die Pflanzen oft mehr aufnehmen als sie bedürfen und die Größe der Aufnahme sicher auch vom Wasservorrat, dem Reichtum an gelösten Mineralstoffen u. a. Verhältnissen abhängt. Trotzdem stimmt die von Ebermayer gefundene Reihenfolge leidlich mit der überein, die sich die forstliche Praxis aus der Erfahrung gebildet hat.

Ordnet man die Holzarten nämlich nach dieser letzteren, wobei allerdings zu betonen ist, daß die Ansichten darüber nicht ganz einheitlich sind, und vergleicht man sie mit der Ebermayerschen Reihe, so ergibt sich folgendes Bild:

Reihenfolge nach Ansprüchen (nach Anschauung in der Praxis)	Reihenfolge nach dem Entzug an			
	Kali	Phosphor	Kalk	Gesamtentzug
Anspruchsvolle Holzarten	1. Esche . . .	2.	1.	6.! Stelle
	2. Ahorn . . .	1.	4.	3. „
	3. Ulme . . .	4.	5.	1. „
	4. Eiche . . .	7.	8.	4. „
Holzarten mit mittleren Ansprüchen	5. Buche . . .	6.	6.	7. „
	6. Hainbuche .	8.	2.	3. „
	7. Tanne . . .	5.	7.	11. „
	8. Lärche . . .	9.	9.	9. „
Anspruchslose oder genügsame Holzarten	9. Fichte . . .	10.	10.	8. „
	10. Aspe . . .	3.!	3.!	2.!
	11. Birke . . .	11.	11.	12. „
	12. Kiefer . . .	12.	12.	10. „

Gar nicht recht stimmen will die Stellung der Esche, die zwar nach Kali- und Phosphorentzug oben ansteht, aber durch ihren geringen Kalkentzug (?)

ziemlich tief in der letzten Spalte heruntergedrückt wird. Umgekehrt steht die als genügsam bekannte Aspe in allen vier Spalten für den Entzug ziemlich obenan. Ähnliches ist übrigens auch von der Akazie bekannt. Vielleicht wird hierbei die verschiedene Größe und Intensität des Wurzelsystems eine Rolle spielen. Im ganzen stimmt aber die Reihenfolge der Anspruchseinschätzung mit der des tatsächlichen Entzuges ganz leidlich überein. Die Analysenergebnisse zeigen aber auch, daß der Entzug an den verschiedenen Mineralstoffen bei den einzelnen Arten recht verschieden ist. So steht z. B. die Esche beim Phosphor an erster, beim Kalk erst an sechster Stelle, die Ulme dagegen beim Kalk an erster und beim Phosphor an fünfter u. a. m.! Dies läßt annehmen, daß Arten in geeigneter Mischung sich weniger Konkurrenz machen und den Boden besser ausnützen können als Reinbestände der gleichen Art.

Humusgehalt des Bodens. Neben den Mineralstoffen spielt aber im Walde auch der Humus bei der Ernährung der Pflanze eine bedeutende Rolle. Sind doch gerade im Walde die pflanzlichen Abfälle, die hier erzeugt und in Humus übergeführt werden, besonders groß. Der Humus beeinflußt zunächst durch die bei seiner Verwesung auftretende Kohlensäure das Löslichwerden der Karbonate, Phosphate und Silikate im Mineralboden. Außerdem werden aber auch die im Humus selbst reichlich enthaltenen Mineralstoffe frei. So wirkt der Humus nach beiden Beziehungen zunächst mineralstoffanreichernd. Außerdem geht die Mineralstoffumsetzung infolge seines raschen Abbaus viel schneller als die besonders im kühlhumiden Klima unendlich langsam fortschreitende Verwitterung. Leider wird diese günstige Wirkung im humiden Gebiet durch die dort bestehende ständige Auswaschung z. T. wieder aufgehoben oder doch eingeschränkt.

Diese Auswaschung, die sich dann schon äußerlich in der bleichen Farbe der oberen Bodenschichten gegenüber den tieferen unverwitterten Schichten zeigt, hängt aber in hohem Maße von der Art der Humusbildung und dem Gang seiner Zersetzung ab (vgl. darüber weiter unten).

In der Hauptsache bildet der Humus bei seiner Zersetzung aber die Quelle des Stickstoffes im Boden durch Bildung von Nitraten (salpetersauren Salzen oder im Walde wohl häufiger von Ammonverbindungen). Wenn auch in einzelnen Fällen eine Bindung des Stickstoffes der Luft durch gewisse Bodenbakterien in Betracht kommen mag, so scheint doch die Hauptquelle der Stickstoffversorgung der Humus zu sein. Mit wenigen bisher bekannten Ausnahmen, wo einzelne höhere Pflanzen in Symbiose mit Bakterien den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren vermögen, scheinen alle übrigen, auch die meisten unserer Waldbäume, auf die Aufnahme des Stickstoffes aus gelösten Nitraten oder Ammoniakverbindungen im Boden angewiesen zu sein. Nur die Akazie und die beiden Erlenarten mit ihren bakterienhaltigen Wurzelknöllchen machen auch unter den Waldbäumen hier sicher eine Ausnahme.

Die Mykorrhizafrage. Ob die in den Wurzeln vieler Waldpflanzen, auch der meisten Waldbäume, regelmäßig auftretenden symbiontischen Fadenpilze, die sog. Mykorrhizapilze, irgendeine Rolle bei der Stickstoffernährung spielen, wie manche vermuten, war bislang noch völlig umstritten und unsicher.

Die Bedeutung, die diese eigenartige Verbindung von Pilzen mit den Wurzeln unserer Waldbäume besitzt, hat in der bisherigen Literatur die widersprechendste Beurteilung gefunden. Erst die bahnbrechenden Untersuchungen des Schweden Elias Melin¹, dem es zum ersten Male gelungen ist, die Mykorrhiza aus rein gezüchteten Pilzkulturen und vorher pilzfrei erzeugten Kiefernwurzeln künstlich

¹ Eine vorläufige Zusammenfassung findet sich in E. Melin: Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Eine ökologisch-physiologische Studie. Jena 1925.

herzustellen und Kiefern- und Fichtenpflänzchen mit derartigen künstlich gebildeten Mykorrhizen bis zu 3jährigem Alter in abgeschlossenen Glaskolben auf verschiedenen Nährlösungen zu ziehen, dürften eine Klärung der ganzen Frage ermöglichen. Melin fand bei der Mykorrhiza ganz verschiedene und verschieden wirkende Formen, je nach den einzelnen Pilzarten. Neben sog. echten Mykorrhizen mit mehreren unterschiedlichen Typen treten auch sog. Pseudomykorrhizen auf. Bei einigen Formen fand Melin eine deutliche gegenseitige Förderung im Wachstum (echte Symbiose), bei anderen traten aber auch gewisse Schädigungen auf (Parasitismus), so daß hier weitgehend verschiedene Wirkungen des Zusammenlebens vorliegen, die erst noch durch weitere Forschungen aufzuklären sein werden. Nach den bisherigen Ergebnissen scheint die Hauptbedeutung der Mykorrhiza auf gewissen, sonst ungünstigen Rohhumusböden in der Verarbeitung der für die unverpilzte Wurzel unaufnehmbaren Stickstoffverbindungen zu Ammoniak zu bestehen, aus dem dann ihre Wirtspflanzen leicht ihren Stickstoffbedarf decken können. Die Rückwirkung der Melinschen Untersuchungen auf die waldbauliche Praxis in unseren Rohhumusnadelwäldern wird nach weiterer Klärung der hier noch schwebenden Fragen zweifellos von weittragender Bedeutung werden. Ein Teil der mykorrhizabildenden Pilze gehört zu weitverbreiteten Hutpilzen unseres Waldes, z. B. den Boletusarten. Ihre Gebundenheit an den Wald, z. T. sogar an bestimmte Baumarten, rückt danach in ein ganz neues Licht.

Humus und Bodenfeuchtigkeit. Durch die Beimengung von Humus im Boden findet aber jedenfalls auch eine sehr weitgehende Beeinflussung der physikalischen Bodenverhältnisse statt. Vor allem wird durch die wasserhaltende Kraft der feinen Humusteilchen die Bodenfeuchtigkeit in starkem Maße erhöht. So fand ich bei einer Dürreprobe, bei der junge Kiefernkeimlinge nach erfolgtem Auflaufen in einem Gewächshaus vom 26. Mai ab ganz trocken gehalten wurden, ein viel langsames Absterben der jungen Pflänzchen im humosen gegenüber humuslosem Sand. Im letzteren waren alle Keimlinge schon am 27. Juni abgestorben, während im humosen Sand noch 40—50% frisch geblieben waren, und die letzten davon erst zwischen 11.—22. August verdorrten¹.

Wir sehen also, daß die Wirkungen des Humus, auch soweit er dem Boden beigemischt ist und ihm nicht nur aufliegt, schon recht verschiedenartig sind. Ein reicher Humusgehalt hat schon immer als Grund besonderer Fruchtbarkeit des Bodens gegolten. Thaer sah in ihm ja sogar die Grundlage aller Pflanzenernährung überhaupt, was freilich zu weitgehend war. Die ungünstige Einwirkung durch Erhöhung der Auswaschung ist nicht zu übersehen. Sie wird von anderer Seite, z. B. von Süchting², sogar meist über die Vorteile gestellt, was im allgemeinen auch wieder zu weit gehen dürfte. Auch die Landwirtschaft erkennt immer mehr die Notwendigkeit einer Beigabe von organischen Abfallstoffen (Stallmist) neben der Düngung mit Mineralstoffen.

Düngewirkung des Humus. Da Humus im Walde mehr oder minder überall vorhanden ist, so ist die Frage seiner Düngewirkung, besonders auf den ärmeren Sandböden, für die Bodenbearbeitung von größter Wichtigkeit. Wir verdanken hier einer Reihe von Versuchen von Möller³ die Feststellung, daß sich

¹ Dengler: Über die Wirkung der Bedeckungstiefe auf das Auflaufen und die erste Entwicklung des Kiefernansamens. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1925, S. 398.

² Süchting: Die Bekämpfung des Humus der Waldböden. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1929, S. 349.

³ Möller, A.: Über die Wurzelentwicklung 1- und 2jähriger Kiefern in märkischem Sandboden. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1902, S. 197; 1903, S. 257ff. — Ferner: Die Nutzbarmachung des Rohhumus bei Kiefernkulturen. Ebenda 1908, S. 273. — Möller u. Hausendorf: Humusstudien. Ebenda 1921, S. 789ff.

der Humus, auch wenn er schlecht zersetzt dem Boden aufliegt (Auflagehumus), als äußerst wirksamer Dünger erweist, wenn er gründlich zerkleinert und mit dem humuslosen Sand gemischt wird. Nur Rotbuche und Hainbuche machten eine Ausnahme, indem eine fördernde Wirkung bei ihnen ausblieb oder sogar eine gewisse Empfindlichkeit gegen die Beigabe von solchem unzersetzen Humus (Rohhumus) festgestellt wurde.

Die Möllerschen Versuche wurden teils in Versuchstöpfen, teils in Versuchsbeeten, die durch Blechwände gegen jede Seiteneinwirkung abgeschlossen waren, in möglichst exakter Weise durchgeführt. Ihre wissenschaftlichen Ergebnisse sind zweifellos unanfechtbar und bahnbrechend für unsere Erkenntnis von der Bedeutung der Humusdüngung auf Sandböden geworden. Möller hat die Hauptwirkung in der besseren Stickstoffernährung gesucht, und hierfür spricht auch vieles in seinen Untersuchungsergebnissen, trotzdem dies von anderer Seite noch bezweifelt wird¹.

Die Unterschiede in der Entwicklung auf rothumusgedüngtem und auf humuslosem Untergrundsand waren z. T. ganz außerordentlich groß, und was besonders bedeutungsvoll ist, auch nachhaltig.

So betrug die Entwicklung von zwei Versuchskiefern, die im Jahre 1903 gepflanzt waren:

	1903 m	1904 m	1905 m	1906 m	1916 m	1919 (16 jäh.) m
auf humuslosem Sand	0,31	0,38	0,45	0,50	1,0	1,3
auf humusgedüngtem Sand	0,33	0,59	0,85	1,25	5,7	7,0

Von mehreren im Jahre 1906 in Versuchsbeeten ausgepflanzten Nadelhölzern hatten die höchsten im Jahre 1919, also 13jährig, eine Höhe:

	Lärche m	Fichte m	Kiefer m	Tanne m
auf Sand	0,6	0,7	2,4	0,17
auf Sand + Humus	7,0	4,5	3,7	0,82

Eine Aufnahme eines dieser Versuche im Jahre 1909 zeigt die nachstehende Abbildung 73.

Für die Übertragung dieser Ergebnisse in die waldbauliche Praxis muß aber berücksichtigt werden, daß in den Versuchen doch sehr extreme Verhältnisse geschaffen waren. Ein so humusloser Sand aus dem Untergrund, wie ihn Möller verwendete, ist auch bei geringeren Böden selbst bei Abschälung der Humusdecke mit dem Waldpflug, dessen Anwendung Möller deswegen verwerfen wollte, wohl niemals vorhanden. Das zeigt schon die abnorm niedrige Höhe der 16jährigen Kiefer mit 1,3 m Höhe! Selbst auf den geringsten Böden (V. Bonität) beträgt sie in diesem Alter beim Durchschnittsstämmchen noch immer 1,5—2,0 m.

Andererseits ist eine derartig starke Düngung, wie sie Möller gab, indem er eine 20 cm hohe Rohhumusschicht (!) mit einer 40 cm hohen Mineralbodenschicht auf 60 cm Gesamttiefe gleichmäßig durchmischte, in der Praxis nicht nur wegen der Kosten undurchführbar, die das verursachen müßte, sondern einfach schon deswegen nicht, weil wir solche dicken Humusdecken im Walde für gewöhnlich gar nicht haben.

Die Unterschiede müssen daher unter den praktisch in Betracht kommenden Verhältnissen viel geringer ausfallen. Die amtlicherseits angeordneten Versuche auf Vergleichskulturen in vielen preußischen Staatsforsten haben denn auch nicht annähernd solche Überlegenheit gezeigt. Ja, wie Möller² selbst berichtet, standen „den günstigen Beurteilungen

¹ Vgl. Lang: Forstliche Bodenkunde. In Lorey u. Weber: Handbuch Bd. 1, S. 421.

² Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1908, S. 273.

der Zahl nach überwiegend absprechende gegenüber“. Es zeigten sich nämlich oft auf den Freikulturen mißliche Nebenumstände: „gesteigerte Dürre und Unkrautgefahr, schlechteres Auflaufen der Saat auf einem oberflächlich mit Humus gemischten Boden und eine Verteuerung der Bodenarbeit, welche mit dem zu erzielenden Erfolge vielerorten nicht in Einklang stehen soll“. Bei diesen Mißerfolgen spielte z. T. wohl auch die unvollkommene, aber eben auch sehr schwierig und kostspielig durchzuführende Zerkleinerung und gründliche Unterbringung der Rohhumusteile eine ausschlaggebende Rolle.

In neuerer Zeit hat Hesselman¹ in ähnlicher Weise wie Möller Düngungsversuche mit Auflagehumus von schwedischen Waldböden angestellt und hierbei nachgewiesen, daß die einzelnen Rohhumussorten sich hierbei sehr verschieden verhielten.

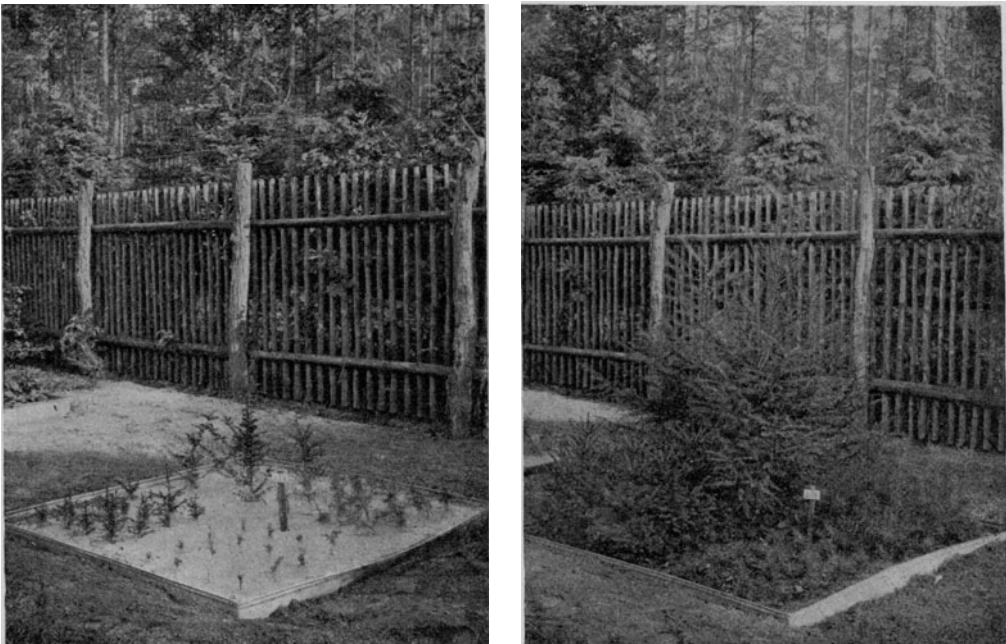


Abb. 73. Wachstum von Kiefer, Fichte, Tanne und Lärche in humuslosem Untergrundsand (links) und zu $\frac{1}{3}$ mit Rohhumus gemischtem Sand (rechts). Aufnahme nach 3jährigem Stand in den Versuchskästen. Nach Möller. In den Kästen jedesmal links: Fichten 4jährig, vorn: Tannen 4jährig, rechts: Kiefern 3jährig, hinten Lärchen 6jährig. Phot. A. Möller.

Während der Rohhumus von gewissen schlechten Waldtypen nur kleine und nicht geförderte Pflanzen lieferte, zeigten besonders zwei Sorten, eine aus einem Fichten- × Birkenmischbestand, die andere von einer Fichtenkahlschlagfläche mit mehrjähriger Freilage (!) eine ganz bedeutende Wuchssteigerung. Der Erfolg ging im allgemeinen gleich mit der geringeren und stärkeren Nitrat- bzw. Ammoniakbildung dieser verschiedenen Rohhumussorten. Die jungen Kiefernpflanzen zeigten auch je nach der Güte des verwendeten Rohhumus eine ganz verschiedene Mykorrhizenbildung.

Es dürfte danach naheliegen, daß auch bei unseren Rohhumusformen derartige Unterschiede vorkommen. Das Problem ist danach in ein ganz neues Licht gerückt und macht

¹ Hesselman: Die Bedeutung der Stickstoffmobilisierung in der Rohhumusdecke für die erste Entwicklung der Kiefern- und Fichtenpflanze. — Melin: Die Ausbildung der Kiefern- pflanze in verschiedenen Rohhumusformen. Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1927, H. 23.

Untersuchungen nach dieser Richtung hin ebenso nötig wie auch neue Versuche mit Rohhumusmengen, wie sie unter natürlichen Verhältnissen bei uns auftreten, und wie sie allein in wirtschaftlicher Ausführung bei unseren Kulturen in Betracht kommen. Die verschiedenen und z. T. widersprechenden Ergebnisse in der Praxis werden sich dann wohl aufklären und uns wertvolle Aufschlüsse über diejenigen Fälle geben, in denen die Rohhumusdüngung wirklich von praktischem Wert sein wird.

Die düngende Wirkung eines gut zersetzten Humus dürfte aber in jedem Fall schon feststehen.

Azidität des Bodens. In neuester Zeit hat man unter den chemischen Bodenwirkungen in Verfolg landwirtschaftlicher Erfahrungen auch im Walde der Säurebildung (Azidität) des Bodens eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die dabei aufgegriffenen Fragen können hier nur kurz berührt werden, um so mehr, als sie noch sehr wenig geklärt sind und ihre unmittelbare Wichtigkeit für das Gedeihen unserer Waldbäume nach manchen Beobachtungen sehr viel geringer als in der Landwirtschaft sein dürfte.

Zunächst sei eine kurze Übersicht über den Begriff der Azidität im Anschluß an die Darstellung in Langs Forstlicher Standortslehre¹ gegeben. Danach spricht man von aktueller oder aktiver Azidität, wenn das Bodenwasser freie Säuren oder saure Salze enthält. Gegenüber der aktuellen unterscheidet man als Fälle einer latenten Azidität die hydrolytische und die Austauschazidität. Hydrolytische Azidität ist diejenige Form, bei der aus Salzen mit starken Basen und schwachen Säuren, die im Wasser hydrolytisch gespalten sind, die Base durch den Boden adsorbiert und ein entsprechender Teil von Wasserstoffionen (Säurewirkung) frei wird.

Eine dritte mit dieser nahe verwandte Form ist die sog. Austauschazidität. Sie entsteht durch Wechselwirkung zwischen Boden und Neutralsalzen, bei der Eisen und Aluminiumionen ausgetauscht werden, deren Salze durch hydrolytische Spaltung dann freie Wasserstoffionen in Lösung gehen lassen.

Den verschieden großen Widerstand, den der Boden einer Reaktionsänderung (sauer oder alkalisch) entgegensetzt, bezeichnet man als Pufferungsvermögen. Gut gepuffert sind im allgemeinen die Ton- und Humusböden, schlecht gepuffert dagegen die sandigen.

Die Säuregrade werden gewöhnlich als Wasserstoffionenkonzentration in einem vereinfachten Ausdruck, dem sog. p_H -Wert, angegeben, wobei $p_H = 7$ neutral bedeutet. Werte über 7 zeigen alkalische, unter 7 saure Reaktion an, wobei Werte unter 5 schon einem ausgesprochen sauren, solche unter 4 einem sehr stark sauren Grad entsprechen.

Wichtig ist zunächst die Feststellung, daß im Waldboden die Oberschichten fast immer mehr oder weniger sauer sind, daß aber nach der Tiefe zu oft eine sehr gleichmäßige und rasche Abnahme erfolgt², so daß auch eine hohe Azidität im Oberboden meist schon in 30—50 cm Tiefe sehr gering wird, oder der Boden dort gar schon neutrale Reaktion aufweist³. Hiernach müssen die Wurzeln der Waldbäume dann in Schichten von ganz verschiedenen Säuregraden wachsen und arbeiten. Da man vorläufig keinerlei damit in Zusammenhang stehende Unterschiede im Wurzelwachstum beobachtet hat, und auch bei recht hohen Säuregraden in der Oberkrume noch ein durchaus normales Wachstum, zum mindesten bei den Nadelhölzern Fichte und Kiefer, festgestellt worden ist, so scheint eine fühlbare Beeinträchtigung der Wurzeln, wenigstens bei älteren Pflanzen, nicht stattzufinden⁴.

¹ Lang in Lorey u. Weber: Handbuch der Forstwissenschaft Bd. 1, S. 383. 1926.

² Krauss: Zur Aziditätsbestimmung in Waldböden. Forstwiss. Zbl. 1924, S. 85 u. 137ff. — Auch Nemeč u. Kvapil: Biochemische Studien über die Azidität der Waldböden. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1924, S. 323ff.

³ So wenigstens meist auf den diluvialen Sandböden. Alte Gebirgsböden zeigen oft auch in größerer Tiefe noch starke Versäuerung.

⁴ Nemeč u. Kvapil: a. a. O. und auch Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1925, S. 193ff. — Schneider: Erfahrungen in der Ödlandsaufforstung. Ebenda 1924, S. 169ff. — Wiedemann: Untersuchungen über den Säuregrad des Waldbodens im sächsischen oberen Erzgebirge. Ebenda 1928, S. 659.

An jungen Keimpflanzen haben dagegen Versuche von Schmidt schon deutliche Unterschiede ergeben¹ (vgl. Abb. 74). Kiefern- wie Fichtenkeimlinge zeigen eine starke Schädigung bei alkalischer Reaktion der Nährlösung, ebenso aber auch bei stark saurer. Unter Laubholzbeständen wurden auf zahlreichen Standorten in Böhmen von Nemeč und Kvapil in der Oberschicht meist sehr viel geringere Säuregrade als unter Fichten gefunden, unter Esche in einem Fall sogar eine alkalische Reaktion von 7,25—7,3 p_H . Ebenso wiesen Nadel- und Laubholzmischbestände geringere Säuregrade wie reine Nadelholz- und besonders reine Fichtenbestände auf. Untersuchungen über Zusammenhang mit der Ertragsleistung haben aber nicht stattgefunden.

Jedenfalls ist nach der Ansicht unserer Bodenkundler, wie Albert, Lang u. a., für unsere Waldbestände, vor allem die älteren, die unmittelbare Bedeutung der Azidität offenbar nicht sehr erheblich, während die landwirtschaftlichen Kulturgewächse vielfach große Empfindlichkeit zeigen.

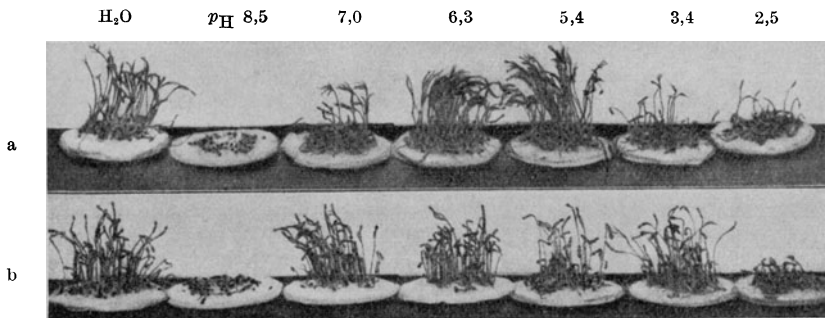


Abb. 74. Reaktionsempfindlichkeit von a) Fichten- und b) Kiefernkeimlingen bei verschiedenen Säuregraden. Nach W. Schmidt. Links Wasserkontrolle, daneben der Verlauf bei alkalischer Reaktion ($p_H = 8,5$) über neutral (etwa bei 6,3) bis zu stark saurer 2,5.

Viel bedeutsamer dürfte die Säurewirkung im Walde für das Auftreten der Bodenflora und Bodenfauna sein. Hier haben eine Reihe von neueren Arbeiten² deutliche Zusammenhänge gezeigt.

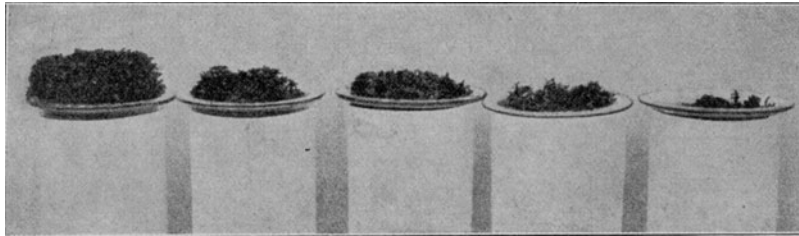
Im Topfversuch konnte Olsén das verschiedene Verhalten einzelner Arten der Bodenflora sehr schön nachweisen. Die Abb. 75 zeigt das üppigste Wachstum bei dem säureliebenden Sphagnummoos ganz links bei dem hohen Säuregrad von $p_H = 3,5$, bei der säurefliehenden *Sanguisorba minor* dagegen rechts bei schon alkalischer Reaktion von 7,6, bei *Senecio silvaticus* aber bei dem mittleren Säuregrad von 5,2—5,4.

Untersuchungen von Hartmann zeigten für das Auftreten der hauptsächlichsten Vertreter der nordostdeutschen Kiefern- und Buchenflora ebenfalls ein sehr abweichendes Verhalten je nach dem Säuregrad des Oberbodens. (Vgl. Abb. 76). Einzelne häufige Begleiter des Kiefernbestandes, wie besonders *Hypnum Schreberi* und *purum* haben eine große Breite des Vorkommens von stark sauren bis zu alkalischen Böden. Bei der Waldschmiele (*Aira flexuosa*) zeigt sich schon ein Fehlen auf schwach sauren bis alkalischen, aber auch auf den stark sauren Böden. Preiselbeere und Heidelbeere haben engere und fast ganz im sauren bis stark saurem Reaktionsgebiet liegende Verbreitung.

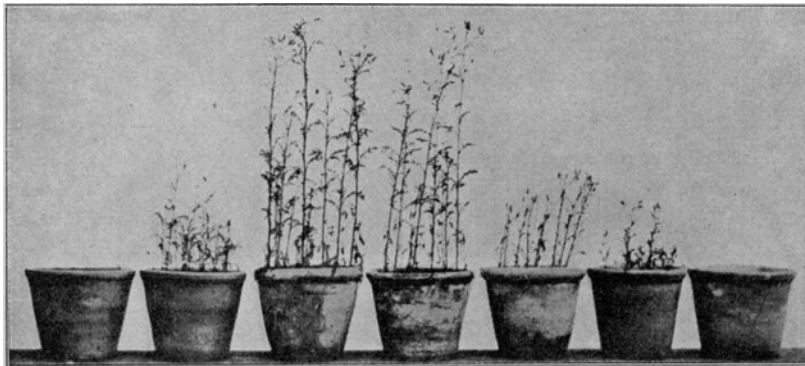
¹ Schmidt: Reaktionsempfindlichkeit von Keimlingen. Forstarchiv 1927, S. 82.

² Olsén, C.: Studies on the hydrogen ion concentration of the soil and its significance to the vegetation, especially to the natural distribution of plants. Compt. rend. d. trav. du Laborat. Carlsberg 15, Nr. 1, 1923, Kopenhagen. — Hartmann, F. K.: Untersuchungen zur Azidität märkischer Kiefern- und Buchenstandorte unter Berücksichtigung typischer Standortsgewächse als Weiser. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1925, S. 321 ff.

Erdbeere, Sauerklee, *Dactylis glomerata* und vor allem *Geranium Robertianum* (Akazienflora) kommen dagegen nur mehr auf mittel-schwach sauren Böden vor und gehen bis ans alkalische Gebiet heran. Die Ergebnisse bestätigen in bester Weise unsere auf Grund allgemeiner Beobachtungen im Walde gewonnenen Anschauungen über die bodenanzeigende Bedeutung dieser Standorts-



p_H 3,5 4,5 5,5 6,5 7,5
Wachstum von *Sphagnum rubellum* in Wasserkultur bei verschiedenen p_H -Werten.



p_H 3,6 4,7 5,2 5,4 6,7 7,6 7,7
Wachstum von *Senecio silvaticus* in Böden mit verschiedenen p_H -Werten.



p_H 3,6 4,7 5,2 5,4 6,7 7,6 7,7
Wachstum von *Sanguisorba minor* in Böden mit verschiedenen p_H -Werten.

Abb. 75. Wachstum von 3 verschiedenen säureempfindlichen Pflanzen bei Kultur unter verschiedenen Säuregraden (links stark sauer, rechts alkalisch). Nach Olsen¹.

gewächse. Sie werden bei Ergänzung durch weitere Untersuchungen ermöglichen, den Säuregrad unserer obersten Waldbodenschichten schon nach der Zusammensetzung und dem mehr oder minder üppigen Entwicklungsgrad der Bodenflora annähernd einzuschätzen.

Eine noch viel höhere Bedeutung dürfte die Azidität für das Vorkommen und die Lebenstätigkeit der im Boden lebenden

¹ Aus: Mevius: Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstums. Freising, Verlag Datterer.

Mikroflora und Mikrofauna besitzen. Dies haben schon die ersten hier vorliegenden Untersuchungen gezeigt. Die Wichtigkeit des ganzen Aziditätsproblems dürfte sich überhaupt mehr und mehr auf dieses Gebiet verschieben, woraus sich dann natürlich auch mittelbare Folgen für den Wald im ganzen ergeben können.

Physikalische Bodeneigenschaften. Die physikalischen Eigenschaften des Bodens werden hauptsächlich durch die Zusammensetzung des Bodens aus mehr oder minder groben bis feinsten Teilchen (Feinkorngehalt) und deren gegenseitige Lagerung (Krümelstruktur oder Einzelkornstruktur) bedingt. Daraus ergeben sich dann weiter die Wärme- und Wasserverhältnisse und die Durchlüftung des Bodens, und diese sind oft in weit höherem Grade ausschlaggebend für das Wachstum unserer Bestände als die chemischen Verhältnisse.

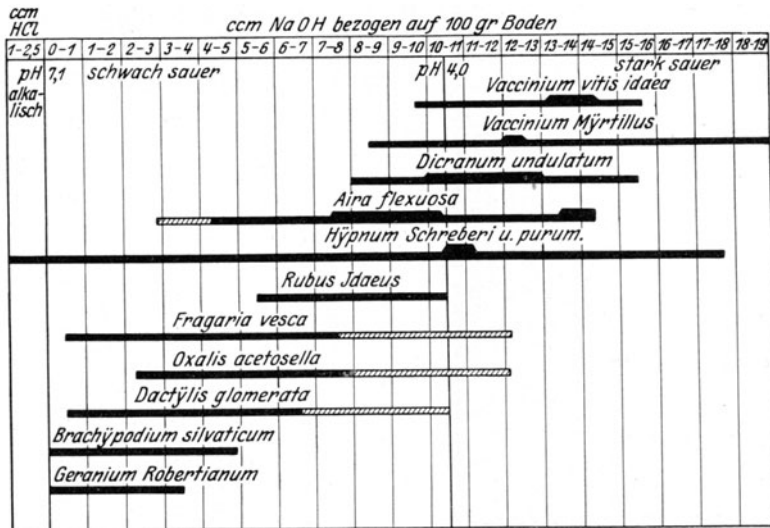


Abb. 76. Variationsbreite verschiedener Bodenpflanzen in bezug auf ihr Vorkommen auf verschiedenen sauren Böden nach Hartmann. Links alkalisch, rechts stark sauer. Verdickung der Balken bedeutet häufigeres, Schraffierung selteneres Vorkommen nach dem Umfang der Aufnahmen.

Wärmeverhältnisse. Über die Bodentemperaturen ist das Nötige schon beim Wärmefaktor (S. 118) gesagt worden. Es erübrigt sich hier nur noch auf einige physikalische Grundlagen der Bodenwärme hinzuweisen. Wärmekapazität und Wärmeleitung hängen in hohem Grade von dem Wassergehalt des Bodens ab, so daß sie oft geradezu durch diesen bestimmt werden.

Der Einfluß des Wassers wirkt hier abkühlend, da es sich viel schwerer erwärmt als feste Bodenteile. Ebenso findet durch die an der Oberfläche stattfindende Verdunstung ein starker Wärmeverlust statt. Wenn Ton- und Moorböden im allgemeinen als kalte Böden gelten, so beruht das auf ihrer starken Verdunstung bei hohem Wassergehalt und ihrer langsamen Erwärmung im Frühjahr. Ausgetrocknete Humusböden erhitzen sich u. U. sehr stark. Diese Verhältnisse haben aber offenbar in der Landwirtschaft mehr Bedeutung als im Walde, dessen Bodenwärmegang wegen der Beschirmung ja überhaupt viel ausgeglichener ist.

Feuchtigkeitsverhältnisse. Die Bodenfeuchtigkeit hat bereits beim Wasserfaktor eine weitgehende Besprechung erfahren. Hier spielt die Zusammensetzung des Bodens nach der Größe der einzelnen Körner gerade auf den Sandböden trockenerer Gebiete oft die entscheidende Rolle.

Die Wasserhaltung ist um so besser, je höher der Anteil der feinen Körner (unter 0,2 mm) ist. Der Feinkorngehalt bestimmt auf derartigen Böden oft die Wachstumsmöglichkeiten unserer Holzarten. Albert¹ hat durch vergleichende Analysen hier folgende Abstufung von Bodentypen aufgestellt: Bei einem Feinerdegehalt von unter 10%, der nur auf den sog. Sibirienböden in der Niederlausitz gefunden wurde, lückiger, krüpplicher Wuchs der Kiefer und fast vegetationsloser Zustand, bei 10% Feinerde: Existenzminimum des reinen Kiefernbestandes geringster Bonität, bei 20%: Bestände mittlerer Ertragsklassen, unter denen sich vereinzelt auch schon die Buche als Unterholz erhalten kann, bei 30% wird die Buche der Kiefer schon gleichwüchsig, bei 40% treten die besten Ertragsklassen auf und Eiche und Buche wachsen gleich freudig mit der Kiefer in hochwertigen Mischbeständen. Natürlich geben diese Zahlen nur ungefähre Anhaltswerte. Es hat sich auch durch neuere Untersuchungen noch gezeigt, daß auch der Anteil der feinsten Teilchen unter 0,02 mm (Schluff) und unter 0,002 mm (Kolloide) hier oft eine ausgleichende Rolle spielen kann. Wenige Prozente davon können auch einem sonst gröberen Sande schon höhere Ertragsfähigkeit geben².

Auch eine stärkere Humusbeimengung im Boden wirkt ähnlich erhöhend auf den Wassergehalt, da diese im allgemeinen auch den Anteil an feinen Teilchen erhöht und die Humusteile selbst hygroskopisch Wasser aufnehmen.

Der durch Feinkorngehalt und Dichte der Lagerung bedingte kapillare Aufstieg des Wassers im Boden ist nur dann günstig, wenn Überfluß an Wasser im Untergrund vorhanden ist (hoher Grundwasserstand). Sonst wirkt er sich leicht ungünstig aus, indem er das Wasser bis zur Oberfläche führt, und dieses dort dauernd verdunstet. Es ist daher an der Oberfläche immer eine Unterbrechung der Kapillarität durch Bedeckung (Streu) oder durch künstliche Auflockerung (Bodenbearbeitung) erwünscht. Alle diese Verhältnisse spielen auf den Sandböden der norddeutschen Tiefebene eine besonders große Rolle. Die an feinen und feinsten Teilchen reichen bis überreichen Lehm- und Tonböden, wie sie sich meist in West- und Süddeutschland finden, sind anders zu beurteilen. Feuchtigkeit ist dort meist genügend vorhanden. Dagegen tritt dort mehr der Gesichtspunkt der Durchlüftung in den Vordergrund.

Durchlüftung. Hierfür sind in erster Linie die strukturellen Verhältnisse (Krümel- und Einzelkornstruktur, Porenvolumen und Luftkapazität) bestimmend.

Natürlich sind diese auch bei Sandböden nicht gleichgültig. Sie sind bei diesen aber in der Regel schon an sich günstiger und treten gegen den Wasserfaktor zurück.

Eine gute Krümelstruktur des Bodens, bei der, wie schon der Name sagt, die Bodenteilchen in kleinen Gruppen (Krümeln) zusammengeballt sind, verbürgt gegenüber der dichten Einzelkornlagerung zunächst ein besseres Eindringen der Luft und ebenso ein leichteres Eindringen und Arbeiten der feinsten Würzelchen. Wir finden daher auf solchen Böden auch immer eine reichere und tiefere Bewurzelung, dagegen auf dicht gelagerten flachstreichende, oft kranke Wurzeln (Wurzelfäule), obwohl der Zusammenhang nicht immer klar und sicher zu erweisen ist³. Die Krümelstruktur

¹ Albert: Der waldbauliche Wert der Dünensande. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1925, S. 129 ff.

² Hartmann: Kiefernbestandestypen des nordostdeutschen Diluviums, S. 76. Neudamm 1928.

³ Vgl. Albert: Besteht ein Zusammenhang zwischen Bodenbeschaffenheit und Wurzelkrankung der Kiefer auf aufgeforstetem Ackerland? Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1907, S. 283 ff.

erleichtert aber auch, namentlich auf schwereren Böden, bei Regen das Eindringen des Niederschlagswassers und verhindert in trocknen Zeiten durch Unterbrechung der Kapillarität die zu rasche Verdunstung. Sie geht Hand in Hand mit noch allerlei anderen günstigen Nebenerscheinungen und bezeichnet jenen aus der Landwirtschaft bekannten Zustand der „Bodengare“, bei dem alle Wachstums- und Lebensvorgänge der Pflanzenwelt, wie auch die Zersetzung der organischen Abfallstoffe am besten vor sich gehen.

Das Vorkommen und die Verteilung der Bodenarten in Deutschland. Eine statistische oder gar kartographische Darstellung der Bodenarten im deutschen Walde besitzen wir leider noch nicht. Erst neuerdings ist eine Übersichtskarte der Hauptbodenarten in Deutschland erschienen, die aber Feld- und Waldfläche zusammenfaßt¹. Man kann sich also nur durch Vergleich mit entsprechenden Übersichtskarten der Wälder ein Bild machen, wie die Hauptbodenarten anteilig auch auf den Wald entfallen mögen.

In der norddeutschen Tiefebene herrschen an sich schon die leichten und mittleren Bodenarten (Sand und lehmiger Sand) vor. Alle größeren Flächen mit schwereren Böden (Lehm-, Ton- und Marschböden) sind hier meist längst und ausschließlich von der Landwirtschaft in Anspruch genommen. Dem Walde sind nur kleinere Lehmeinsprengungen verblieben, die in den Endmoränenzügen liegen, und die durch starke Hügeligkeit des Geländes sich nicht zur Beackerung eignen. Auch andere kleine Lehminseln, die zufällig in größere Waldgebiete mit Sandboden eingeschlossen sind und ihrer abgelegenen Lage wegen der landwirtschaftlichen Benutzung entgangen sind, sind dem Wald noch hier und da verblieben. Endlich findet sich dieser noch auf den schweren, fruchtbaren Schlickböden im Überschwemmungsgebiet der großen Ströme und Seitenflüsse der norddeutschen Tiefebene (sog. Auewälder). Zum allergrößten Teil aber stockt der Wald in der ganzen norddeutschen Tiefebene doch auf Sandböden. Man wird nicht fehlgehen, wenn man diesen Anteil unter Anlehnung an die mit Kiefer bestandene Fläche, zu der auch noch ein Bruchteil vom Laubholz zuzurechnen sein wird, auf etwa 85% des gesamten Waldbodens in der norddeutschen Tiefebene einschätzt. Die Fruchtbarkeit dieser Sande ist durch ihren Gehalt an feinen Körnern (Feinsand) bzw. feinsten Teilchen (lehmige Sande), durch etwa unterliegende Lehmschichten oder günstigen Grundwasserstand gegeben. Sehr arme Böden bilden meist die großen Talsandgebiete und die zahlreichen Binnendünen im östlichen Teil, ebenso die stark ausgewaschenen und z. T. durch Wind umgelagerten Heidesande in Nordwestdeutschland und auf der Cimbrischen Halbinsel. Die an Feldspat und anderen Silikaten, teilweise auch Kalkkarbonaten reicheren unteren Diluvialsande (sog. Spatsande) zeigen ihre größere Fruchtbarkeit meist schon durch reichere Beimischung von Laubhölzern an. Ebenso bilden die oberen Diluvialsande (Decksande) meist kräftigere Waldböden.

Ungleich besser ist das Verhältnis in West- und Süddeutschland. Hier hat die Berglage dem Wald noch große Gebiete fruchtbarer Lehm Böden erhalten. Man wird hier umgekehrt den Anteil der Sandböden im Walde als sehr gering gegenüber den Lehm- und Tonböden annehmen dürfen (vielleicht 10:90%). Größere reine Sandgebiete finden sich nur in der Rhein-Main-Ebene, im fränkischen Keupergebiet (Bamberg—Erlangen—Nürnberg), in einem Teil der Buntsandsteingebiete von Hessen-Nassau, sowie im Schwarzwald und in der Pfalz. In den übrigen Gebieten aber herrschen die Lehm Böden

¹ Krische, P.: Bodenkarten und andere kartographische Darstellungen der Faktoren der landwirtschaftlichen Produktion verschiedener Länder, S. 19. Berlin 1928.

auch im Walde vor. Hervorragend fruchtbare Böden liefern die zahlreichen Basaltberge in Westdeutschland (Vogelsberg, Rhön und viele andere kleinere Köpfe) und die großen Kalkgebirge (Muschelkalk, Jura u. a.), ebenso die Löß-überlagerungen in einigen Mittelgebirgen und Hügellandschaften.

Im übrigen findet sich zwar überall in West- und Süddeutschland eine reiche Abstufung und eine waldbaulich wechselnde Einstellung der einzelnen verschiedenen Böden¹, aber abgesehen von den klimatisch ungünstigen höheren Gebirgslagen, sind sie doch fast alle fähig genug, um auch die anspruchsvolleren Laubholzarten zu tragen.

Zu der klimatischen Begünstigung West- und Süddeutschlands tritt so noch schwerwiegend der reichere und bessere Boden. In Norddeutschland haben wir nur Brocken davon im Walde, im Westen und Süden aber ist der nährstoffreichere Lehm fast überall des Waldes tägliches Brot!

Der Einfluß des Waldes auf den Boden. Der Einfluß des Waldes auf den gegebenen Boden ist offenbar tief einschneidend. Waldboden ist auch bei gleicher geologischer Grundlage und gleichem Außenklima ökologisch etwas ganz anderes als nackter Boden oder Acker- und Wiesenboden.

Wir sehen das vielleicht am krassesten, wenn solcher Boden aufgeforschet wird, und dann die durchaus standortsgemäßen Nadelhölzer, wie Kiefer oder Fichte, Erkrankungen und Absterben, die sog. „Ackersterbe“ oder „Acker-tannenkrankheit“, zeigen, während sie oft dicht daneben auf altem Waldboden gut gedeihen².

Mineralstoffentzug. Die Beeinflussung des Waldbodens durch den aufstockenden Bestand in bezug auf Wärme, Feuchtigkeit, Licht, Kohlensäure und Wind ist schon bei diesen einzelnen Faktoren besprochen worden. Hier haben wir zunächst noch den Einfluß des Waldes auf den Mineralstoffvorrat zu behandeln.

Wir hatten schon gesehen, daß der Mineralstoffgehalt nur in den Blättern und im feinen Reisig stark ist. Diese werden aber im allgemeinen dem Boden beim Abfall wieder zurückgegeben. Ja, es kann hier sogar eine gewisse Bereicherung eintreten, indem die von den Wurzeln aus größeren Tiefen entnommenen Mineralstoffe an die Oberfläche gebracht und aufs neue dem Kreislauf zugeführt werden. Wie bedeutend diese Mengen sind, aber auch wie verschieden bei den einzelnen Holzarten, zeigt die von Albert entworfene anschauliche Darstellung in Abb. 77. Da bei den verschiedenen Holzarten auch ein verschieden starker Entzug an den einzelnen Mineralstoffen vorliegt, so kann durch Holzartenmischung ein günstiger Ausgleich stattfinden, während bei Reinbeständen leichter eine einseitige Ausnutzung und Verarmung an einem Stoff eintreten kann. Man hat sogar teilweise hierauf die sog. Bodenmüdigkeit bei Reinanbau auf ärmeren Standorten zurückführen wollen, z. B. bei der Rotbuche auf Buntsandstein. Allerdings ist bisher kein Nachweis dafür erbracht worden, daß die Wuchsleistung tatsächlich mit den Generationen zurückgegangen ist, und daß der Vorrat an irgendeinem Mineralstoff damit abgenommen hat³.

¹ Eine vorzügliche Darstellung dieser waldbaulichen Verhältnisse bei wechselnder geologischer Grundlage gibt Rebel in seinen fein ausgezeichneten Einzelbildern: „Waldbauliches aus Bayern“ Bd. 1 u. 2. 1922 u. 1924.

² Vgl. hierzu Teil II, Kap. 13.

³ Andere wollen die Erscheinung sogar auf die Ausscheidung ungünstiger oder giftiger Stoffe aus den Wurzeln oder im Streuabfall zurückführen. „Keine Pflanze wächst gern in ihrem eignen Mist.“ Derartige Annahmen sind natürlich ohne tatsächliche Unterlagen zunächst völlig willkürlich und aus der Luft gegriffen!

Die Frage der Bilanz zwischen Mineralstoffentzug und Vorrat im Boden hat schon immer in der forstlichen Welt Interesse erweckt.

Freilich steht jede Berechnung auf ganz unsicheren Grundlagen. Vor allem gilt das für den Vorrat: Kann die mit Salzsäure aufgeschlossene Mineralstoffmenge mit der durch

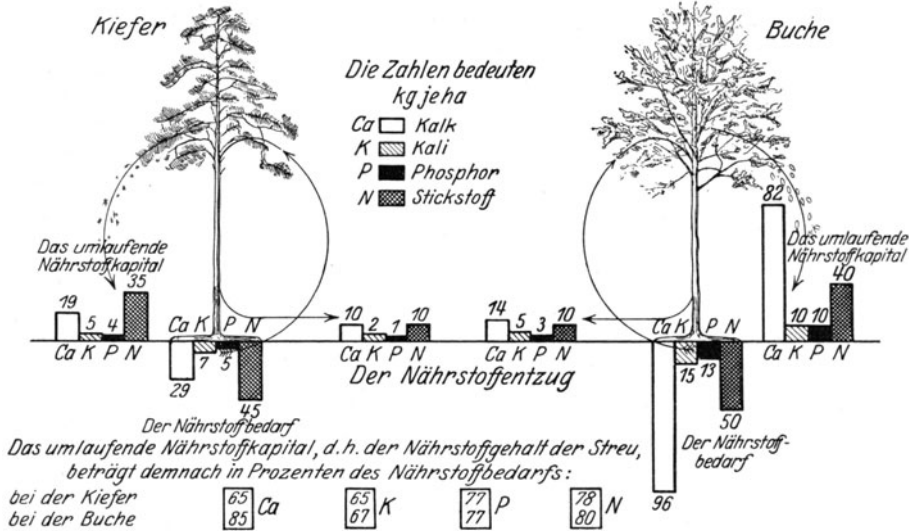


Abb. 77. Der Nährstoffhaushalt des Waldes. Von den Nährstoffen, die der Wald zu seinem Aufbau benötigt (Nährstoffbedarf), wird nur ein verhältnismäßig geringer Teil durch die Holznutzung dem Boden für immer entzogen (Nährstoffentzug). Der weitaus größte Teil kehrt mit den abfallenden Blattorganen und Zweigen (Waldstreu) in den Boden zurück und steht dem Walde wieder zur Verfügung (umlaufendes Nährstoffkapital). Die Waldstreu ist der Dünger des Waldes. Ihre Entfernung (Streunutzung) stört das Gleichgewicht in seinem Nährstoffhaushalt und schädigt ihn schwer.

die Wurzeln aufnehmbaren in Vergleich gebracht werden? Welcher Raum soll als Wurzelraum gelten? Kann Auswaschung einerseits, kapillarer Aufstieg andererseits nicht weitgehende Vorratsverschiebung in der Wurzel-schicht bewirken u. a. m.? Hausrath¹ hat einmal für die Kiefer und für diluviale Sandböden eine schätzungsweise Berechnung aufgestellt, wie lange bei Entnahme des gesamten Holzes der Vorrat an den einzelnen wichtigsten Mineralstoffen reichen dürfte und ist zu folgenden ungefähren Zahlen gekommen:

Auf Stand- orts-kategorie für Kiefer	an Kali nach Jahren	an Kalk (auf 100 abgerundet)	an Phos- phorsäure
I	4900	57000	9500
II	7100	5300	9800
III	5600	4100	9500
IV	4200	1300	8800
V	4600	2900	7600

Es wird eine Erschöpfung eintreten:
 Diese Zahlen dürften aber nur insofern einen tatsächlichen Wert haben, als sie zeigen, daß auch bei voller Holzernte der Mineralstoffvorrat in der Wurzelschicht vorläufig noch auf Generationen hinaus reichen wird, und daß sich vielleicht am ehesten beim Kalk auf geringeren Ertragsklassen eine Erschöpfung bemerkbar machen könnte.

Sehr lehrreich sind die Zahlen für den Entzug bei Derbholz- und bei Reisholz-nutzung. Er beträgt im Durchschnitt je Festmeter bei der Kiefer:

	Kali g	Kalk g	Phosphorsäure g
Derbholz (altes Holz) . .	166	683	69
Reisholz (junges Holz) . .	793	2150	626

¹ Hausrath: Pflanzengeographische Wandlungen der deutschen Landschaft, S. 242. Leipzig 1911.

Eine Belassung des wirtschaftlich sowieso schlecht verwertbaren schwächeren Reisis kann also das Nährstoffkapital nicht unbedeutlich strecken!

Es ist bei der ganzen Frage der Mineralstoffbilanz nicht zu verkennen, daß wir dem Urwald gegenüber, in dem ja dem Waldboden alle Mineralstoffe wiedergegeben werden, im Wirtschaftswald zweifellos einen langsamen Raubbau treiben. Aber die Frage eines Ersatzes durch künstliche Düngung wird und kann erst dann einmal brennend werden, wenn die Erträge an Holz nachweisbar durch Nährstoffmangel nachlassen sollten, und der Preis des Holzes damit steigen wird. Vorläufig ist sie nur ein Problem ferner Zukunft!

Der Mineralstoffentzug durch die Sträucher, Kräuter und Gräser des Waldbodens spielt im allgemeinen keine Rolle, da ja alles an den Boden zurückfällt. Der Verzehr durch Wild und Weidevieh, bei dem nur ein Teil dem Boden in den Exkrementen zurückgegeben, ein Teil aber zum Körperaufbau der Tiere verwendet wird, dürfte auch kaum ins Gewicht fallen. Bedenklicher ist schon ein regelmäßig ausgeübter Grasschnitt, das Mähen von Beerkraut, Heide, vor allem aber eine regelmäßige Streunutzung. Eine mehrmalige Wiederholung auf der gleichen Fläche muß bei dem verhältnismäßig hohen Mineralstoffentzug hierdurch auf ärmeren Böden eine empfindliche Schmälerung des Nährstoffvorrates herbeiführen. Wir haben allen Grund, diese Nebennutzungen aufs Unumgänglichste zu beschränken!

Abfallstoffe und Humusbildung. Den wichtigsten Einfluß auf den Boden übt der Wald aber durch die organischen Abfallstoffe der Bäume und der Bodenflora (Waldstreu) bei der Bildung des Humus aus. Sind es doch alljährlich gewaltige Mengen, die beim Abstoßen der Nadeln, Blätter, Knospenschuppen, Äste und Borke, sowie beim herbstlichen Absterben der Gräser und Kräuter auf dem Waldboden abgelagert werden und dort nun der Humifizierung, d. h. einer Zerstörung und Verwesung durch allerhand physikalische, chemische und biologische Vorgänge entgegengeführt werden. Diese dann weitgehend veränderten, aber noch dem Boden aufliegenden Stoffe kann man mit Spitzenberg als „Auflagehumus“ bezeichnen und sowohl der noch unveränderten Streu (Förna der Schweden) wie auch den schon in den Mineralboden durch Regen, Tiere usw. eingebrachten Humusteilchen, dem Bodenhumus, gegenüberstellen. Die Zersetzung der Streu kann nun sehr verschieden vor sich gehen. Erfolgt sie rasch und gut, so werden die organischen Bestandteile weitgehend zerkleinert und bald in eine feinkörnige, lockere Masse von Humusteilchen übergeführt, in der man mit unbewaffnetem Auge keine Pflanzenstruktur mehr erkennen kann, und die wir als „Moder“ bezeichnen können. Geht sie langsam und schlecht vor sich, so bleiben die Abfallstoffe in gröberen Teilchen zurück, deren Pflanzenstruktur man noch deutlich erkennen kann. Sie sind dann mehr oder minder dicht von Pilzfäden durchzogen und miteinander verflochten. Bleibt die ganze Masse dabei noch locker, so liegt nach dem von Ramann geprägten und allgemein eingebürgerten Wort der sog. „Rohhumus“ vor. Ist die Verflechtung und Verfilzung aber so dicht und so fest, daß man beim Herausbrechen große, torfartig zusammenhängende Stücke erhält, so liegt nach Albert¹ „Auflageorf“ vor (vielfach auch Trockentorf genannt).

Der in den Boden eingehende Humus kann entweder nur mechanisch durch Regen oder wühlende Tiere in kleinen Körnchen den Mineralteilchen zwischenlagert sein (Bodenmoder oder Modererde), oder er ist in Lösung gegangen und überzieht dann glasurartig die Mineralteilchen (Mull oder Mullerde).

¹ Albert: Die Bezeichnung der Humusformen des Waldbodens. Forstarchiv 1929, S. 103. Wir halten die hier vorgeschlagene einfache und übersichtliche Einteilung und Benennung gegenüber den vielfach recht verworrenen und in verschiedenem Sinne gebrauchten bisherigen Bezeichnungen für sehr glücklich und folgen ihr daher auch hier.

Die günstigsten Verhältnisse nach allen Beziehungen liegen da vor, wo die Abfallstoffe im Verlauf eines Jahres so vollständig zersetzt und dem Boden zugeführt, „mineralisiert“ werden, daß beim Neuabfall im Herbst kein alter Auflagehumus mehr vorhanden ist. Wo dies nicht geschieht, sondern eine Anhäufung stattfindet, da tritt nicht nur ein ungünstiger Abschluß des Bodens von Luft, Wärme und Wasser, sondern auch meist eine starke Säurebildung und verstärkte Auswaschung der oberen Schichten ein. Diese werden ausgebleicht (Bleicherden), die ausgewaschenen Eisen- und Humusverbindungen werden in der Tiefe wieder ausgefällt und führen dort oft zu einer mehr oder weniger festen Verkittung des Mineralbodens (Orterde, Ort-

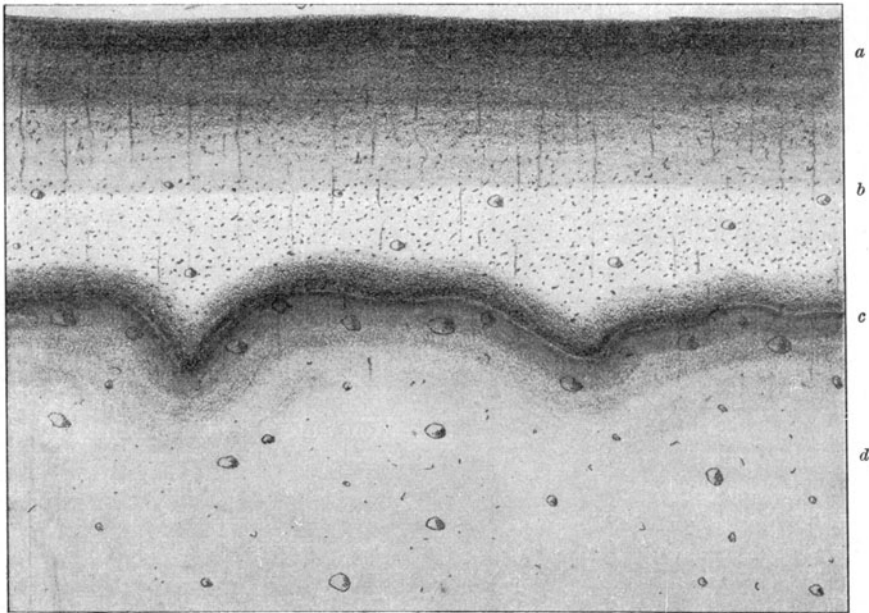


Abb. 78. Normales Profil eines Ortsteinbodens. Nach Emeis. *a* humoser Sand, *b* Bleichsand, *c* Ortstein, *d* Untergrund.

stein, Abb. 78). Die Pflanzenwurzeln werden dann von dem darunterliegenden unausgewaschenen Mineralboden mehr oder weniger vollständig abgeschlossen.

Diese Vorgänge zeigen sich nun in den verschiedensten Graden der Ausbildung in Waldböden mit schlechter Humuszersetzung. Sie sind besonders im Norden und Nordosten Europas verbreitet und werden in Rußland auch mit „Podsolierung“ bezeichnet (von *podsol* = Asche nach der grauen Farbe der oberen ausgebleichten Schichten). Ein kühles und feuchtes Klima, wie es dort und auch im höheren Gebirge herrscht, begünstigt diesen Vorgang. Aber ebenso findet sich ein solcher auch in starkem Maße auf gewissen Böden des feuchten und wintermilden, aber sommerkühlen atlantischen Klimas, so besonders im nordwestdeutschen Heidegebiet, und hat hier zu schweren Bodenkrankungen unter z. T. mächtigen Decken von Auflagehumus geführt, die den Wald nach Erdmann dort in seiner Lebensfähigkeit aufs ernsteste bedrohen¹.

¹ Erdmann: Die nordwestdeutsche Heide in forstlicher Beziehung. Berlin 1907. — Dauerwald. Allg. Forst- u. Jagdtztg. 1924.

Neben dem Klima scheint aber auch der Boden selbst, auf dem die Abfallstoffe auflagern, eine bedeutende Rolle bei der Zersetzung zu spielen. Basenarme, insbesondere kalkarme Böden verhalten sich immer am ungünstigsten (sog. untätige Böden), während auf kräftigeren kalkreichen (tätigen) Böden auch im ungünstigen Klimagebiet die Zersetzung immer viel besser vor sich geht.

Neben Klima und Bodenart ist aber auch die Bestockung durch die verschiedenen Holzarten mit ihren verschiedenen Abfallstoffen und die Art der Bodenflora von großem Einfluß.

Als leicht rohhumuserzeugend gilt insbesondere die Fichte, in etwas geringerem Grade, und meist im Zusammenhang mit ihrer Begleitflora, auch die Kiefer. Tanne und Buche bilden nur in Ausnahmefällen, meist auf matten, untätigen, zu nassen oder zu trocknen Böden und in besonders ungünstigem Klima Rohhumus unter sich (z. B. die Tanne auf Buntsandstein in

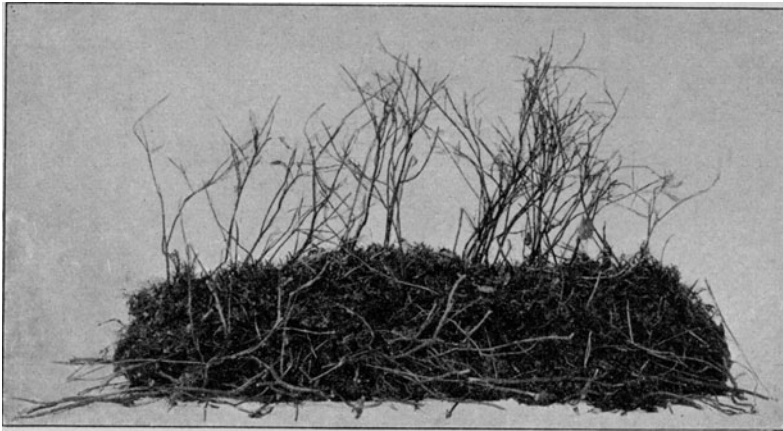


Abb. 79. Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), locker gelagerte Schicht von Rohhumus von den Kriechtrieben der Pflanze durchwachsen. Die Wurzeln dringen nicht in den Mineralboden ein. Orig.-Phot. Prof. Albert, 1909.

Hochlagen des Schwarzwaldes, die Buche auf trocknen Rücken und Kuppen im westdeutschen Buntsandsteingebiet, aber auch auf Sandböden in der nordwestdeutschen Heide bis nach Dänemark hinein. Übrigens sind solche Rohhumusbildungen unter Buche auch auf Sandböden im trockneren Osten festgestellt worden (Bärenthoren¹).

Als besonders günstig für rasche Zersetzung gilt der Streuabfall der Haselnuß, Hainbuche, Linde, Birke, auch der Eiche und von den Nadelhölzern der Lärche.

Unter den verschiedenen Vertretern der Bodenflora steht in bezug auf Rohhumusbildung die Preißebeere (*Vaccinium Vitis idaea*) obenan², ihr nahe die Blaubeere (*Vaccinium Myrtillus*, vgl. Abb. 79). Der Rohhumus der Heide (*Calluna vulgaris*) gilt besonders auf etwas trockneren und ärmeren Böden als nicht so stark und ungünstig, kann aber unter Umständen, namentlich im nordwestdeutschen Gebiet, auch sehr schädliche Formen annehmen.

¹ Wiedemann: Die praktischen Erfolge des Kieferndauerwaldes, S. 44 ff. Analysen von Hesselman. Neuerdings hat auch Hartmann ähnliche Trockentorfbildungen unter Buche in den Forsten um Eberswalde gefunden.

² Im Norden und im Gebirge scheinen auch *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*, *Arctostaphylos uva ursi* u. a. ähnlich stark rohhumusbildend zu sein.

Von den Farnen hat vielfach der Adlerfarn (*Pteris aquilina*) Rohhumus unter sich. Im nordostdeutschen Küstengebiet, wo er eine ungewöhnlich üppige Entwicklung zeigt (bis über Mannshöhe), findet man mächtige Rohhumuspolster unter ihm.

Andererseits habe ich ihn aber auch (mit *Sambucus Ebulus* zusammen!) auf großen Kahlflächen auf verkarstendem Kalkboden in Bosnien ohne jede Rohhumusbildung gefunden.

Von den Moosen zeigen die *Leucobryum*-, *Dicranum*- und *Polytrichum*-Arten bei uns meist Rohhumusunterlagen, während die *Hylocomium*-

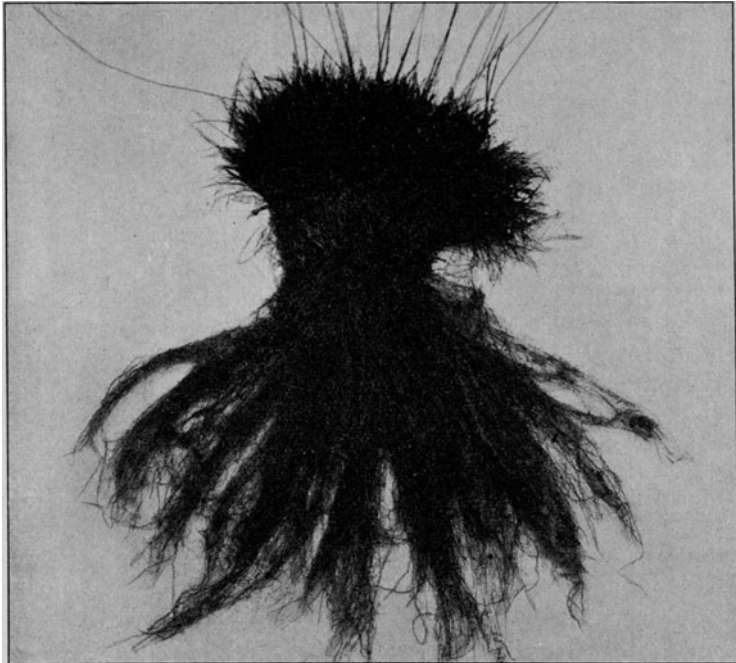


Abb. 80. Wurzelstock von *Aira flexuosa* (Wurzellänge 40 cm). Orig.-Phot. Prof. Albert. Die sehr dichten und feinen Faserwurzeln gehen senkrecht in die Tiefe. Keine horizontale Verflechtung wie bei den Beerkräutern, der Segge (*Calamagrostis*) u. a. horstbildenden Unkräutern mit Wurzelstöcken, Ausläufern u. dgl. Keine ausgesprochene Bildung von Auflagetorf.

und *Hypnum*-Arten schon eine etwas besser zersetzte Form (sog. Moosmoder) aufweisen. Den schlimmsten Grad der Vertorfung auf nassen Böden zeigen aber immer die Sphagneen an. Von den Gräsern findet sich das Pfeifengras (*Molinia coerulea*) fast regelmäßig auf Rohhumus. Die im Kiefernwald weitverbreitete Waldschmiele (*Aira flexuosa*) zeigt meist schon etwas besseren Zersetzungszustand an, aber ihre Stellung nach dieser Beziehung scheint noch nicht recht geklärt (Abb. 80). Die breitblättrigen Süßgräser (*Holcus*, *Festuca*, *Aira caespitosa*), die Simsen (*Luzula*-Arten) und Kräuter wie die Erdbeere, *Fragaria vesca*, der Sauerklee, *Oxalis acetosella*, *Galium*, *Galeobdolon* und viele andere kommen entweder nur auf vollständig zersetztem Humus (Mullerden) vor oder auf solchen, die ihnen doch schon nahestehen (Modererden). Als besonders bezeichnend für beste Humuszersetzung darf das Auftreten des Waldmeisters (*Anthoxanthum odoratum*) gelten, der geradezu die Leitpflanze der Buchenmullflora geworden ist.

Eine große und noch nicht geklärte Frage ist aber die, ob und inwieweit bei den verschiedenen Zersetzungszuständen der pflanzlichen Abfallstoffe, die Bäume bzw. die Bodengewächse selbst oder klimatische Verhältnisse und der Bodenzustand die primäre Rolle spielen. Man hat wohl von Rohhumusbildnern bzw. Rohhumusmehrern und Rohhumuszehrern gesprochen und zu den ersteren vor allem die Fichte, die Kiefer, die Beerkräuter, zu den letzteren Lärche, Eiche, Birke und viele Gräser gerechnet. So augenscheinlich auch die Rolle der ersteren bei der Rohhumusbildung ist, so müssen doch wohl immer noch andre Umstände dabei mitwirken. Denn unter günstigen Verhältnissen, z. B. auf Kalk, kann sogar bei der Fichte jede Rohhumusbildung fehlen. Noch unsicherer ist der Begriff der Rohhumuszehrer. Eine unmittelbare Aufnahme oder auch nur eine Zersetzung des Rohhumus durch die Wurzeln der höheren Pflanzen scheint nach allen pflanzenphysiologischen Kenntnissen nicht möglich zu sein. Ob die bei der Verwesung des Abfalls dieser Pflanzen auftretenden Vorgänge oder Stoffe etwa die Zersetzung des vorhandenen Rohhumus befördern können, ist auch unbekannt. Zu denken wäre vielleicht an eine Auflockerung durch die obersten Wurzeln, dadurch eine Beförderung der Durchlüftung und damit dann auch der Verwesung.

Die Pflanzen- und Tierwelt im Boden. Die wichtigste Rolle bei der ganzen Humuszersetzung spielen aber die Kleintiere und besonders die Pilze und Bakterien des Waldbodens. Hierbei könnte auch am ehesten an eine Abhängigkeit von Lebensbedingungen gedacht werden, die ihnen gerade die sog. Rohhumuszehrer, sei's durch ihre Abfälle, sei's durch Wurzel-ausscheidungen, sei's auch nur durch Außenfaktoren, wie Licht, Feuchtigkeit u. a. m. zu bieten imstande sind. Welche Verkettungen feinsten Art hier bestehen, die das erste Auftreten dieser Mikroflora und -fauna ermöglichen und dann ihre Weiterarbeit im Rohhumus begünstigen, darüber wird uns erst die heute noch in den allerersten Anfängen stehende Mikrobiologie des Waldbodens aufklären müssen¹.

Wir kennen vorläufig nur einzelne Arten der hier mitwirkenden Pilze und Bakterien und wissen von ihren genaueren Lebensbedingungen noch wenig. Daß sie sehr bedeutsam sein müssen, geht aber schon aus ihren ungeheuren Zahlen hervor. Ramann fand z. B. in 1 g Trockensubstanz in der Waldstreu bis zu 50 Millionen Spaltpilze und unzählbare Mengen Fadenpilze. Im allgemeinen wiegen bei dicht gelagerten und sauer reagierenden Böden die Fadenpilze vor, und es nimmt die Gesamtzahl der Organismen überhaupt ab. Bei locker gelagerten und in guter Zersetzung befindlichen Böden nimmt sie dagegen zu, vor allem die der Bakterien. Da beide Gruppen in bezug auf Licht, Wärme und Feuchtigkeit, soweit dies bisher untersucht ist, große Unterschiede und hohe Empfindlichkeit zeigen, so müssen alle Änderungen nach dieser Beziehung die Zusammensetzung der Mikro-Flora und Fauna und damit auch die Zersetzung der organischen Abfälle stark beeinflussen, in denen und von denen sie ja leben.

Auch der Einfluß der Tierwelt des Waldes auf den Boden ist zweifellos groß, angefangen von den nur wühlenden und grabenden Groß- und Kleintieren (Wildschwein, Maulwurf, Mäuse, Käfer, Larven u. a.) bis zu denen, die Erde und Pflanzenteile in sich aufnehmen und in ihren Exkrementen meist fein gekrümelt dem Boden wiedergeben.

Bekannt ist hier seit Darwin die große Bedeutung der Regenwürmer. Diese treten aber bei uns meist nur im Laubwald auf. Im Kiefernwald unter Rohhumus, also da,

¹ Vgl. hierzu die ersten Arbeiten auf diesem Gebiet von Hesselman in Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1916; ferner von Wittich: Dissert., Eberswalde 1925. Falck: Mykolog. Untersuchungen und Berichte Bd. 2, S. 11. Kassel 1923.

wo ihre Arbeit gerade besonders erwünscht wäre, fehlen sie fast ganz. Nach Ramann dürfte auf Sandböden die Tätigkeit der hier allein zahlreich auftretenden Springschwänze (Collembolen) wichtiger sein, zumal auch sie von organischen Abfallstoffen leben. Es werden aber hier doch auch wohl noch eine Anzahl anderer Kleintiere und Kerfe in Betracht kommen, die auch im Sandboden leben und ihn durchwühlen und seine Abfälle benagen. Auf den Nutzen und die Notwendigkeit der Erhaltung der ganzen Tierwelt im Waldboden hat besonders Spitzenberg in seinen verschiedenen Veröffentlichungen immer wieder hingewiesen. Die hohen Zahlen, die auch für das Vorkommen von Würmern und anderen Kleintieren im Boden festgestellt sind — in Schweizer Waldböden wurden 5000—8000 auf den Quadratmeter gefunden —, dürfte in ihrer Wichtigkeit bei der Rohhumuszersetzung sowie bei der Durchlüftung der Böden nicht zu unterschätzen sein.

Jedenfalls bevölkert den Boden, namentlich den humosen Boden und seine Abfalldecke, eine Lebewelt von größeren bis kleinen und kleinsten Tieren und Pflanzen, die mit ihm und unter sich wieder besondere Lebensgemeinschaften bilden, deren verwickelte Beziehungen zueinander und deren Wirkungen auf den Boden wir heute noch nicht annähernd zu durchschauen vermögen. Francé¹ hat diese Kleinwelt des Bodens mit dem Namen „Edaphon“ bezeichnet und in einer Reihe von Untersuchungen die Arten, die Zahl der Individuen und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Bodenzuständen aufzuklären versucht. In guter Walderde (Mull) fand er sie am höchsten. Sie betrug dort ohne Großwürmer und ohne Bodenbakterien allein 100—150 Tausend Individuen pro Kubikzentimeter!

Rolle der Baumwurzeln im Boden. Für die Durchlüftung des Waldbodens spielen schließlich nach Burger² auch die Wurzeln der Waldbäume selbst bzw. die von den abgestorbenen Wurzeln hinterlassenen Kanäle eine besonders wichtige Rolle. Sie erhöhen seine Luftkapazität, da sie wegen ihrer Größe nicht kapillar wirken und sich daher auch in feuchten Zeiten und bei wassergesättigtem Boden nie ganz mit Wasser füllen, sondern immer noch Luft enthalten. Im Gegensatz dazu fehlt es den Acker- und Wiesenböden (wenn dort nicht etwa durch Regenwürmer und andere Erdtiere Ersatz geschaffen wird!) an solchen Hohlräumen. Burger fand daher auf den von ihm untersuchten Freilandböden immer eine viel geringere Luftkapazität. Er hat mit einem sehr treffenden Ausdruck von der besonderen „Architektur des Waldbodens“ gesprochen, die durch dieses Gerippe von Wurzelkanälen entsteht. Die Wichtigkeit dieses Einflusses, den hier der Wald auf den Boden ausübt, ist unverkennbar. Aber sie dürfte auf den von Burger untersuchten meist sehr feinerdigen und zu Verschlammung und Verdichtung neigenden Lehm- und Tonböden ungleich höher sein als auf durchlässigen, grobkörnigen Sandböden.

Sehr wichtige Ergebnisse über den Einfluß der Bäume auf den Lockerheitsgrad des Bodens hat eine neuere Arbeit³ geliefert, die auf diluvialen Sandböden festgestellt hat, daß die Festigkeit (Druckwiderstand) im Oberboden unter Akazien-, Roteichen- und Lärchenhorsten immer viel geringer war als im benachbarten Kiefernbestand (vgl. Abb. 81). Ob dies mehr auf die Tätigkeit der Wurzeln oder auf die günstigere Zersetzung der Abfallstoffe mit allen ihren Folgen (Krümelbildung) zurückzuführen ist, bleibt noch aufzuklären.

Sicher ist aber, daß die physikalischen Verhältnisse der schweren und der leichten, sandigen Böden von ganz verschiedenen

¹ Francé, R. H.: Das Edaphon. München 1913.

² Burger, H.: Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Mitt. d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. Bd. 13, 1926.

³ Albert u. Penschuck: Über den Einfluß verschiedener Holzarten auf den Lockerheitsgrad des Waldbodens. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1926, S. 181.

Gesichtspunkten zu beurteilen sind¹. Für die ersteren mag vielfach mehr die Durchlüftung entscheidend sein, für die letzteren aber in den allermeisten Fällen die Wasser- und vielleicht auch die Stickstoff- (Humus-) Frage.

Einfluß der Wirtschaft auf den Boden im Walde. Aus allem Vorhergesagten erhellt mit zwingender Gewißheit, daß der Boden in hohem Grade durch viele Maßnahmen der Wirtschaft beeinflußt werden muß, und daß hier Veränderungen eingeleitet werden können, die im Gegensatz zu den andern Wachstumsfaktoren von größter Tragweite und längster Dauer sein können. In einzelnen Fällen müssen sie fast irreversibel genannt werden. Die Sorge um den Boden und für den Boden ist daher auch in der Forstwirtschaft schon immer betont worden. Männer wie Gayer, Ramann u. a. haben die „Bodenpflege“ in der Forstwirtschaft längst als eine der wichtigsten Produktionsgrundlagen erkannt und bezeichnet. Es bleibt aber das unbestreitbare Verdienst Möllers und Wiebeckes, dieser Erkenntnis durch die fortreißende Kraft ihrer Gedankengänge und ihrer Beredsamkeit in ihren Schriften und Vorträgen

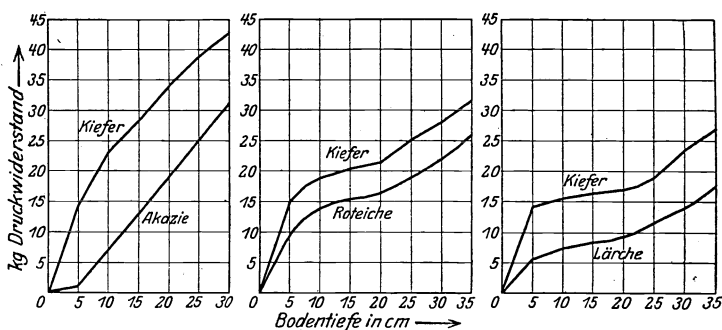


Abb. 81. Die Bodenlockerheit unter Akazie, Roteiche und Lärche im Vergleich zur Kiefer. Gemessen am Druckwiderstand bis zu 30–35 cm Tiefe mit der Meyenburgschen Bodensonde. Nach Albert und Penschuck.

über den Dauerwaldgedanken einen neuen und kraftvollen Anstoß gegeben zu haben.

Allerdings scheint bei kritischer Abwägung doch manches stark übertrieben. So z. B. die These Möllers: „Die Zuwachsleistung ist nicht durch die Bodenkraft, sondern durch die Wirtschaft bedingt, welche dem Boden erst Kraft verleiht oder entzieht²“. Und ähnlich bei Wiebecke: „Die Bodenbonität ist ein Erfolg des Waldes, der sich langsam die Güte des Bodens heranschuf.“ Beiden Sätzen liegt die Anschauung zugrunde, daß der Mineralstoffgehalt des Bodens überall genügt, um auch Höchstleistungen zu erzielen, und daß diese nur vom Humusvorrat und seinem Zersetzungsstand abhängen. Dafür aber sei allein die Art der Wirtschaft bestimmend, die durch Vermeidung von Kahlschlag, durch Erziehung ungleichaltriger Bestände, durch Holzartenmischung u. a. m. jenen guten Zustand hervorbringen könne, der bei „Stetigkeit des Waldwesens“ sich überall von selbst herstellen würde. Demgegenüber hat schon Ramann³ richtig darauf hingewiesen, daß auch in dem von der Wirtschaft unberührten Urwald in Nordamerika, Rußland und Sibirien geringe und arme Böden vorkommen, die auch

¹ Vgl. auch Bungert: Die Unterschiede schwerer und leichter Böden in physikalischer Beziehung und ihre Bedeutung für die waldbauliche Praxis. Forstarchiv 1925, H. 11.

² Möller: Der Dauerwaldgedanke, S. 30. Berlin 1922. — Wiebecke: Der Dauerwald, S. 18. 1920. ³ Ramann: Bodenkunde, 3. Aufl., S. 280.

entsprechend schlechte Bestände tragen. „Überall tritt auch hier die Abhängigkeit vom Boden hervor.“ Auch im Urwald des Nordens und Ostens treten auf weiten Strecken Rohhumusbildungen auf. Ja Hesselman¹ hat ihn sogar in dem bekanntesten Urwaldrest am Kubany in Böhmen an einer Stelle im Fichten- × Tannenmischwald festgestellt. Die Auffassung Möllers und Wiebeckes, daß man durch Buchenunterbau u. a. m. auch den ärmsten und trockensten Sandboden, der bisher nur kümmerliche Kiefern trug, in hohem Maße verbessern könne — man rechnete mit Bonitätssteigerungen von 2 bis 3 Stufen —, ist nach den Untersuchungen von Wiedemann², Albert³ u. a. doch zweifellos übertrieben. Man kann wohl sagen: Eine starke Verschlechterung der natürlichen Bodenkraft ist in vielen Fällen leicht möglich, eine Verbesserung ist ungleich schwerer und auf viel geringeres Maß beschränkt!

Übertrieben oder zum mindesten unbewiesen ist auch die Behauptung von der grundsätzlichen Schädlichkeit des Kahlschlags für den Boden. Für viele Fälle mag sie zutreffen, z. B. für die schweren, leicht zu Verschlammung und Verdichtung neigenden Böden oder für Böden mit tadelloser Mullbildung im lockren Bestandesschluß, die nach Kahlschlag dann eine unnötige und schädliche Verunkrautung erhalten. Für andere Fälle aber, wo schon im Bestand starke Vergrasung vorhanden ist oder starke Rohhumusdecken von Natur auftreten, dürfte die Frage ganz anders zu beurteilen sein. Es mehren sich in der neuesten Zeit die Untersuchungsergebnisse⁴, daß bei solchen Rohhumusansammlungen, die schon im Bestande auftreten, der Kahlschlag u. U. sogar förderlich wirken kann, indem die Nitrifikation und die Bakterientätigkeit danach stark ansteigen, während früher gerade umgekehrt behauptet wurde, daß das Bakterienleben absterben müsse. Man wird vorläufig auch derartige Ergebnisse nicht gleich verallgemeinern dürfen, sondern erst noch weitere Untersuchungen abwarten. Sicher ist aber durch alle bisherigen Untersuchungen schon erwiesen, daß jeder Eingriff in den Bestand durch die Veränderung von Wärme, Licht und Feuchtigkeit sofort auch auf die biologischen Verhältnisse zurückwirkt. Welches im einzelnen die Folgen für die verschiedenen Böden sind, muß erst noch genauer bestimmt werden.

Daß im übrigen eine richtige Holzartenmischung und geeigneter Schattholzunterbau in Lichtholzbeständen meist bodenpfleglich wirken, ist sicher. Man wird solche Maßnahmen daher immer und überall empfehlen können, wo sie möglich und wirtschaftlich durchführbar sind.

Ein höchst wichtiges Kapitel der Bodenbeeinflussung durch die Wirtschaft bildet die Bodenbearbeitung. Auch hier stehen sich in der Gegenwart noch recht auseinandergehende Anschauungen gegenüber. Sie werden aber erst im zweiten Teil dieses Buches bei der Technik des Waldbaus eingehender besprochen werden.

¹ Hesselman: Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1925, S. 510.

² Wiedemann: Die praktischen Erfolge des Kieferndauerwaldes.

³ Albert: Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1924, S. 193 ff.; 1925, S. 129 ff.

⁴ Hesselman: Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes. Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1926. — Ferner: Studien über die Entwicklung der Nadelholzpflanzen im Rohhumus. Ebenda 1927. — Wittich: Untersuchungen über den Einfluß intensiver Bodenbearbeitung. Dissert., Eberswalde 1926. — Wiedemann: Fichtenwachstum und Humuszustand. 1924.

15. Kapitel. Die inneren Anlagen. Arteigentümlichkeiten und Rassenbildung.

Allgemeine Gesetze der Erbllichkeit. So sehr auch die äußeren Faktoren das Wachstum und die Form der Pflanzen bestimmen, so bringt doch jede Pflanze auch eine innere Veranlagung mit, die der Entwicklung gewisse Grundlinien verleiht und ihr bestimmte Grenzen setzt, über die hinaus auch die äußeren Faktoren keine Veränderungen hervorzubringen vermögen. In der neueren Erbllichkeitslehre unterscheidet man nach Johannsen¹ den Typ, der nur durch die erblichen inneren Anlagen (Gene) bedingt ist, als Genotypus von dem ganzen, durch innere Veranlagung und äußere Einflüsse hervorgerufenen Phänotyp. Die Veränderungen durch die äußeren Faktoren, die nicht erblich sind, bezeichnet man als Modifikationen, und soweit sie durch den natürlichen Standort gegeben sind, auch wohl als Standortmodifikationen.

Was an der äußeren Erscheinungsform, am Phänotyp, auf rein innere Anlagen zurückzuführen ist, und was die äußeren Umstände bewirken, ist im Einzelfall ohne Vererbungsversuche und experimentelle Prüfung oft unmöglich zu entscheiden.

Ein sehr bezeichnendes Beispiel dafür hat Erwin Bauer gebracht. Kultiviert man von zwei konstanten Rassen der chinesischen Primel die eine weiß blühende bei 20° und 30°, so sind ihre Blüten in beiden Fällen weiß. Die andere Rasse aber blüht bei 20° rot, bei 30° aber auch weiß, um bei Erniedrigung der Temperatur auf 20° wieder rote Blüten hervorzubringen! Erbllich ist also nicht die Blütenfarbe selbst, sondern nur die Anlage der einen Rasse, bei bestimmten Temperaturen rote, bei anderen weiße Blüten hervorzubringen, bei der anderen Rasse aber bei allen Temperaturen gleich weiß zu blühen.

Der Begriff, daß nicht die äußeren Merkmale selbst vererbt werden, sondern nur die Anlagen für die Reaktion auf bestimmte Außenbedingungen, ist heute grundlegend für die ganze Auffassung der Erbllichkeitsfrage geworden.

Trotz der Unsicherheit darüber, was an der äußeren Erscheinung, namentlich unter Verhältnissen der freien Natur, wirklich auf innere Anlagen zurückzuführen ist und was die äußeren Umstände bewirkt haben, kann man jedoch auch bei vorsichtiger Beurteilung durch vergleichende Beobachtung von Merkmalen, die sich unter den verschiedensten Verhältnissen wiederholen, doch annehmen, daß diese genetisch bedingt sind, während man andererseits bei solchen, die sich mit dem Wechsel äußerer Umstände verändern, im allgemeinen auf nicht erbliche Modifikationen schließen wird. Sicherheit gibt allerdings nur der exakt durchgeführte Versuch.

Man hat schon längst aus der Beobachtung heraus eine Reihe von solchen unter verschiedensten Verhältnissen gleichbleibenden und daher als erblich angesehenen Merkmalen zur Abgrenzung und Unterscheidung der Arten benutzt und sie als Artmerkmale bezeichnet. Es hat sich freilich bei feinerer Beobachtung herausgestellt, daß diese ursprünglichen sog. „guten Arten“ Linnés vielfach nicht die letzten genetischen Einheiten darstellen, sondern daß viele von ihnen noch in eine mehr oder minder große Zahl von Unterarten, Varietäten oder Rassen aufzulösen sind, die sich durch kleinere Abweichungen voneinander unterscheiden.

Eines der bekanntesten Beispiele bildet das sog. Hungerblümchen (*Draba verna*), das schließlich in weit über 100 sog. „kleine Arten“ aufgelöst werden mußte.

¹ Johannsen: Elemente der exakten Erbllichkeitslehre. Jena 1912.

Die letzten Einheiten mit ganz gleichen Erbanlagen werden heute nach Johannsen als sog. „reine Linien“ bezeichnet. Auch diese ergeben in ihren Nachkommenschaften niemals ganz gleiche Individuen, da immer mehr oder minder zufällige Unterschiede in den äußeren Faktoren die Gleichheit der Entwicklung stören. Züchtungsversuche mit solchen reinen Linien ergeben vielmehr bei genügend hoher Individuenzahl immer das Bild einer Variabilitätskurve, die große Übereinstimmung mit der sog. Zufallskurve zeigt, wie sie sich nach mathematischen Gesetzen eben unter der Einwirkung zufälliger Ursachen bei großen Zahlen bildet. Ordnet man z. B., wie Johannsen das getan hat, die Bohnen einer reinen Linie nach Größenstufen, so findet man immer für die mittlere Größe die höchste Zahl, nach oben und unten hin aber immer kleinere Zahlen (vgl. Abb. 82). Die vom Mittelwert (Standard) nach oben und unten abweichenden Individuen werden Plus- bzw. Minusvarianten genannt, der Größenabstand der äußersten Plus- und Minusvarianten bezeichnet die Variationsbreite der reinen Linie. Mischt man nun die Bohnen mehrerer Linien zusammen und ordnet sie wieder nach der Größe, so kann sich, wie das im obigen Versuch der Fall war, wieder das Bild einer regelmäßigen Variabilitätskurve ergeben, trotzdem kein erblich einheitliches Material mehr vorliegt, sondern ein Gemisch aus verschiedenen reinen Linien. Ein solches Gemisch nannte Johannsen eine „Population“. Bei allen Pflanzenbeständen mit großer Individuenzahl, die aus Fremdbestäubung hervorzugehen pflegen, liegen wahrscheinlich trotz einheitlicher Variabilitätskurven nicht reine Linien, sondern Populationen vor. Auch unsere Waldbestände zeigen bei statistischen Aufnahmen von Höhe, Durchmesser u. a. regelmäßig solche Variabilitätskurven, sind aber wahrscheinlich auch nur Populationen.

Da innerhalb einer reinen Linie alle Varianten die gleichen Anlagen haben, so kann eine Auslese hier niemals einen Erfolg haben! Auch die größte Bohne aus der Linie *A* wird immer wieder eine Nachkommenschaft mit der gleichen Variationskurve *A* erzeugen. Liegt aber eine Population vor, so ist ein gewisser Züchtungserfolg möglich, indem beim Herausgreifen einer Bohne diese etwa der Linie *C* mit den

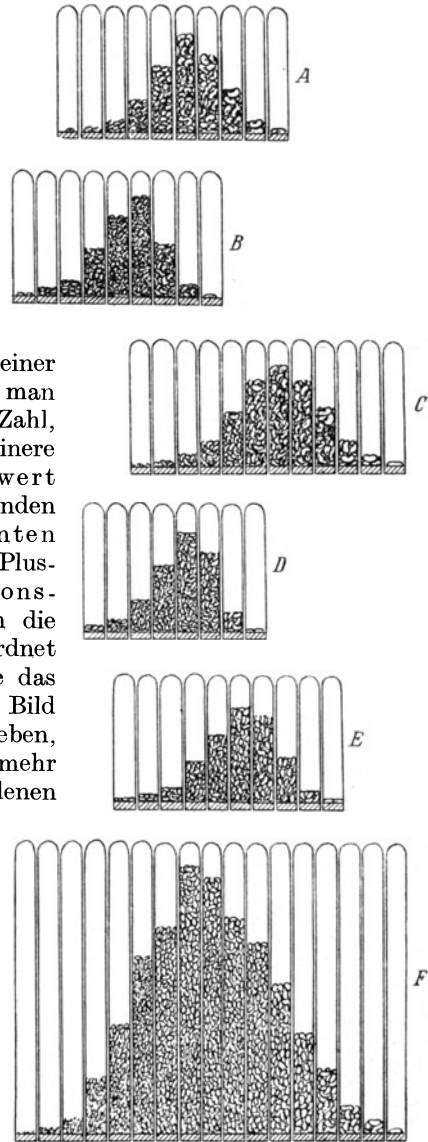


Abb. 82. Variabilität von 5 Linien der Feuerbohne (*A*, *B*, *C*, *D*, *E*) nach Größenklassen in Glasröhren geordnet. Jede gibt für sich das Bild einer Variabilitätskurve. Bei Durcheinandermischung der 5 Linien zu einer Population (*F*) ergibt sich aber wieder eine ähnliche Variabilitätskurve. Nach Johannsen.

relativ größten Individuen angehören kann. Die Nachkommenschaft wird dann ein anderes Bild, durchschnittlich größere Bohnen, zeigen können als vorher die ganze Population. Aber neue Eigenschaften oder Anlagen entstehen dabei nicht, es findet nur die Absonderung einer reinen Linie aus der Population durch die Auslese statt. Es ist das große Verdienst Johannsens, diese Verhältnisse durch zahlreiche Versuche klargelegt zu haben. Sie sind von grundlegender Bedeutung für alle Züchtungsversuche. Viele Züchtungserfolge sind nichts weiter als eine solche Auslese einer oder mehrerer reinen Linien aus einer Population. Sie haben also nichts Neues geschaffen. Reine Linien dürften im allgemeinen in der Natur nur bei Selbstbefruchtern auftreten. Bei obligaten Fremdbefruchtern, bei denen nur eine Befruchtung von einem Individuum zum andern Erfolg hat, können sowohl die Anlagen einer reinen Linie zusammentreffen, oder es können sich auch die Anlagen zweier verschiedenen Linien miteinander verbinden (Kreuzung). Man nennt solche Individuen, die die Anlagen zweier verschiedenen reinen Linien in sich vereinigen, Heterozygoten (auch Bastarde im weiteren Sinne) und im Gegensatz dazu Individuen mit den Anlagen nur einer Linie Homozygoten. Solche Bastarde und Bastardzüchtungen können durch Vereinigung verschiedener Anlagen von Vater und Mutter her (Kombination) wirklich neue Formen bilden. Es hat sich nun gezeigt, daß die einzelnen Anlagen sich getrennt vererben und verbinden können. Es kann also ein solcher Nachkömmling in bezug auf einzelne Anlagen heterozygotisch sein, in bezug auf andere dagegen homozygotisch. Man kann aber dem Bastard oft nicht einmal ansehen, ob er in seinen Anlagen rein oder unrein ist, da die Anlage des einen Elters herrschen, die des anderen zurücktreten kann, sodaß nach der Kreuzung sich nur das Merkmal des einen Elters zeigt. Man spricht dann von Dominanz der einen Anlage, die andere nennt man rezessiv. Jeder Bastard zeigt seine volle Bastardnatur nur in der ersten Generation. Kreuzt man Bastarde gleicher Veranlagung unter sich weiter, so kommen in der zweiten Generation schon wieder neben Bastardformen die ursprünglichen, reinen Elternformen heraus. Es tritt eine sog. Aufspaltung ein, die nach mathematischen Gesetzen wegen der doppelt so großen Wahrscheinlichkeit, daß die Anlage a des einen Elters sich mit b des andern verbindet, als a mit a und b mit b , das Verhältnis $a : ab : b = 1 : 2 : 1$ aufweist. Diese Gesetzmäßigkeit in der Bastardierung wurde zuerst von dem Augustinerpater Gregor Mendel in Brünn entdeckt¹, und man hat die Erscheinung nach ihm kurzweg „mendeln“ genannt. Kreuzt man aber den Bastard mit einem der beiden Eltern, etwa a (Rückkreuzung), so ist das Verhältnis in der Nachkommenschaft $a : ab = 1 : 1$. Immer also treten in den nachfolgenden Generationen die Elternformen wieder hervor, wenn die einmal entstandene Bastardform sich selbst überlassen bleibt und nicht immer wieder züchterisch durch Neukreuzung beeinflußt wird.

Eine dritte Art von Verschiedenheit unter den Individuen tritt mitunter plötzlich und mit sehr auffälligen Abweichungen vom Normaltyp bei Einzelpflanzen eines Bestandes auf, z. B. bei Bäumen Schlitzblättrigkeit, Buntfarbigkeit der Blätter, Hängeform der Zweige, Kugelform der Beastung u. a. m. Man spricht dabei von Mutationen, die sich vielfach vererben und damit eine Änderung der Erbanlagen zeigen. Über die Auffassung vom eigentlichen Wesen dieser Mutationen ist man sich noch nicht einig. Für die züchterische Praxis in Land- und Forstwirtschaft spielen sie kaum eine Rolle, eher in der Gärtnerei, wo solche abweichend geformten Pflanzen als Merkwürdigkeit einen gewissen Seltenheitswert besitzen.

¹ Später und unabhängig davon wurde die gleiche Entdeckung von Correns und von Tschermak gemacht und inzwischen durch eine Fülle von anderen und höchst verwickelten Beziehungen ergänzt.

Erblichkeit erworbener Eigenschaften, Akklimatisation. Die Frage, ob die äußeren Umstände nicht unter Umständen doch auch einen abändernden Einfluß auf die Erbanlagen gewinnen können, im weiteren Sinne also die Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften, ist heute noch immer umstritten. Die Mehrzahl der Vererbungsforscher lehnt sie ab. Auch diejenigen, die auf Grund mancher, sonst schwer erklärbarer Tatsachen für eine solche Möglichkeit eintreten, halten sie doch nur unter ganz besonderen Bedingungen für möglich, z. B. bei sehr langer, generationenweiser Einwirkung oder bei Einwirkung in besonders empfänglichen Entwicklungszuständen, z. B. bei Bildung der Fortpflanzungs- oder Keimzellen. In vielen Fällen kann man jedenfalls auch bei generationenlanger Dauer keine erbliche Beeinflussung durch äußere Umstände feststellen, selbst wo eine solche zweckmäßig wäre. So findet z. B. beim Anbau von Pflanzen in andern Klimatalagen eine Akklimatisation im erblichen Sinne bei der Nachkommenschaft nicht statt. H. Mayr hat schon darauf hingewiesen, daß die bei uns durch Jahrhunderte hindurch angebauten und durch hier gewonnenen Samen weitergezüchteten Gleditschien, Akazien und Nußbäume ihre aus der wärmeren Heimat mitgebrachte Frostempfindlichkeit noch in keiner Weise abgeändert haben.

In anderen Fällen aber finden sich doch deutliche Akklimatisationserscheinungen. So verlängern manche unserer winterkahlen Laubbölzer, z. B. die Eiche, wenn sie in die Tropen verpflanzt werden, ihre Vegetationszeit allmählich immer mehr, so daß sie schließlich fast immergrün werden: Das kann aber nur eine Reaktion auf die veränderten Außenbedingungen sein, ohne daß die Erbanlagen selbst verändert worden sind. Eine erbliche Beeinflussung in der Richtung, daß nun die Nachkommen solcher Pflanzen, z. B. bei Rückversetzung in ihr Heimatsklima, eine veränderte Periodizität zeigen, ist bisher nicht nachgewiesen worden.

Die Waldbestände nach ihrer inneren Veranlagung. Die Frage, was die Bestände unserer Baumarten in Hinsicht auf ihre innere Veranlagung eigentlich sind, ob reine Linien oder Gemische reiner Linien oder Bastarde solcher in mendelnder Aufspaltung, ist nicht mit Sicherheit zu beantworten, da die experimentelle Klärung wegen des späten Eintritts der Mannbarkeit und der Unzugänglichkeit der Blüten gerade bei den Waldbäumen dem größten Widerstand begegnet.

Im allgemeinen neigt man dazu, nach Analogie von andern windblütigen Fremdbestäubern, z. B. Wiesengräsern, züchterisch nicht beeinflusstem Getreide u. a. m., auch die Waldbestände für bunte Mischungen von mehr oder minder reinen Linien mit Bastarden (Populationen) anzusehen.

Ob aber die Bestäubungsverhältnisse im Waldbestand wirklich so ähnlich sind wie in einer Wiese oder in einem Getreidefeld, erscheint doch noch etwas fraglich. Schon die Trennung der Geschlechter nach männlichen und weiblichen Blüten, auch deren oft recht getrennte Verteilung am Baume, kann hier neben anderen befruchtungsbiologischen Verhältnissen doch ganz wesentliche Unterschiede bedingen.

Trotz der Unsicherheit in diesen Fragen können wir aber doch eine ganze Reihe von Merkmalen, die unter den verschiedensten Verhältnissen immer wiederkehren, als erblich bedingt ansehen. Das gilt vor allem für diejenigen Merkmale, denen wir bei einer und derselben Art immer wieder begegnen, und die wir als Arteigenschaften auffassen dürfen. Zeigen sich dagegen innerhalb einer Art Abweichungen vom Normaltyp, die man nicht auf äußere Umstände zurückführen kann, so wird man zunächst auf das Vorliegen besonderer Linien oder Liniengruppen (Varietäten, Rassen, Sorten) schließen dürfen. Man muß sich dabei nur immer klar sein, daß das so lange eine Annahme bleibt, bis man den exakten Nachweis der Erblichkeit erbracht hat.

Innere Veranlagung der einzelnen Arten. Unter den Art- und Rasseigenschaften spielen nun gerade eine Reihe von Eigentümlichkeiten der Stamm-,

Kronen- und Wurzelform eine wichtige Rolle im Walde, wobei die Stammformen meist nur technische Unterschiede bedingen, während die Kronen- und Wurzelformen vor allem ökologische Unterschiede hervorrufen.

So zeichnen sich z. B. die Stämme aller unserer Nadelholzarten durch einen geraden und langen bis zur Spitze durchlaufenden Stamm aus, der sie vorzüglich zur Verwendung als Langnutzholz geeignet macht. Bei Lärche, Fichte und Tanne gilt das bis ins hohe Alter. Die Kiefer neigt dagegen in ihrem nord- und noch mehr im westdeutschen Verbreitungsgebiet mit zunehmendem Alter zu einer Auflösung des Schaftes in Seitenäste. In andern Gegenden (Gebirge und Nordeuropa) behält sie den durchlaufenden Schaft bis ins hohe Alter bei. Man sieht dies daher als Folge einer besonderen Rassenbildung an, zumal da vergleichende Anbauversuche eine gewisse Erblichkeit zu zeigen scheinen (vgl. S. 208). Von den Laubhölzern hat nur die Schwarzerle eine lang durchlaufende Stammbildung. Alle anderen besitzen kürzere Schäfte, die sich verhältnismäßig tief in Seitenäste auflösen. Die kürzeste und meist krümmste Schaftbildung haben unsre Weiden, in geringerem Grade auch Akazie, Aspe, Birke und Hainbuche. Aber auch für diese gilt, daß sie in anderem Klima längere und geradere Stammformen bilden, z. B. die Akazie in Ungarn und Rumänien, Aspe, Birke und Hainbuche dagegen im Norden, schon von Ostpreußen an. Da vergleichende Anbauversuche bei diesen Holzarten fehlen, kann man über die innere Natur dieser Abweichungen hier nichts aussagen.

Auch in der Beastung finden sich starke Unterschiede zwischen den Nadelhölzern einerseits und den Laubhölzern andererseits. Am schwächsten und feinsten beastet ist unter den ersteren im allgemeinen die Lärche, dann die Fichte und Tanne, am stärksten dagegen die Kiefer. Unter den Laubhölzern zeigen die feinste Beastung die Schwarzerle und Birke. Im Gegensatz dazu stehen besonders die Eichen, vor allem die Stieleiche. Die Traubeneiche zeigt meist etwas schwächere Äste. Es ist aber sehr unsicher, ob das nicht vielfach nur auf äußere Umstände zurückzuführen ist (Aufwachsen der Stieleiche in früherem Freiland in sog. Mittelwäldern [Teil II, Kap. 19] u. a. m.). Die Äste der Rotbuche strahlen deutlich besenartig von einem Mittelpunkt auseinander, ähnlich bei der Birke, während die der übrigen Laubhölzer stärker abgespreizt von verschiedenen Punkten ausgehen.

In Zusammenhang mit der Beastung steht dann auch die Form der Krone. Sie ist bei den Nadelhölzern kegelförmig und läuft nach oben in eine scharfe Spitze aus. Fichte und Lärche zeigen diese Form bis ins höchste Alter. Bei der Tanne stumpft sich die Spitze später ab, indem der Höhentrieb in seinem Wachstum gegenüber den obersten Seitentrieben nachläßt, so daß es zur Bildung eines Horstes oder sog. Storchnestes kommt. Am stärksten wölbt sich die Krone der Kiefer im hohen Alter ab, aber auch hier verschieden nach Klimagebieten: am meisten in Südwestdeutschland, wo sie z. T. geradezu schirmartig wird, weniger im Gebirge und im Norden, wo sie bis ins Alter hinein mehr schlanken, fichtenartigen Habitus behält (vgl. Abb. 83 u. 84). (Über die auch hier zu vermutende erbliche Veranlagung vgl. S. 217 u. Abb. 102.) Die Laubhölzer, die in der Jugend immerhin noch eine unregelmäßige stumpfkegelförmige oder doch nach oben verschmälerte Krone zeigen, runden diese schon frühzeitig mehr und mehr ab und zeigen im Alter meist eine halbkugelige Form.

Über die Größe der seitlichen Ausladung nach innerer Veranlagung besitzen wir leider keine genügenden Unterlagen, da die Bäume im Bestand sich gegenseitig immer einengen und es nur an Waldrändern oder breiten Wegen zur einseitigen vollen Ausbreitung der Krone kommt. Im allgemeinen dürften die Eichen aber die breiteste Ausladung haben, Birken und Lärchen die geringste.

Bei der Wurzel Ausbildung unterscheiden wir 3 Typen: die Pfahlwurzler, bei denen eine oder mehrere rüben- bis pfahlartige Hauptwurzeln in große Tiefe gehen, während die Hauptseitenwurzeln mit ihren Nebenwurzeln mehr wagerecht in der Oberflächenschicht verlaufen. Hierzu gehört vor allem die Kiefer, die häufig neben der Hauptpfahlwurzel sogar noch einige kürzere Nebenpfahlwurzeln in die Tiefe schickt, ferner die Eiche und schon weniger ausgeprägt die Buche. Den Gegensatz dazu bilden die Flachwurzler, bei denen keine eigentliche Hauptwurzel gebildet wird und alle Seitenwurzeln strahlenförmig und in der Mehrzahl wagerecht unter der Oberfläche entlang streichen (Wurzeltellerbildung). Hauptvertreter hierfür ist die Fichte, auch Birke und Hainbuche stehen diesem Typ vielfach nahe. Die dritte und häufigste Form ist die der sog. Herzwurzler, bei denen von einem Knotenpunkt, dem Wurzelherz aus, zahlreiche Seitenwurzeln nicht nur wagerecht, sondern auch



Abb. 83. Südwestdeutsche Tieflandskiefern mit typischen Schirmkronen und teilweise krummen Stämmen, Alte Überhalter b. Kaiserslautern i. d. Pfalz. Nach Münch.



Abb. 84. Ostpreußische Kiefern, schmal-kronig, feinastig und geradschäftig. 170jähr. Bäume über 30 m, 49 cm Durchm. (Gräfl. Dohnascher Forst Finkenstein im ostpreuß. Oberland.) Nach Münch.

schräg abwärts in die Tiefe laufen. Hierher gehören, soweit die Wurzelbildung überhaupt bekannt ist, alle übrigen Holzarten, besonders Tanne und Buche. (Beide haben übrigens in der ersten Jugend noch eine ausgesprochene Pfahlwurzel, die aber dann nicht weiterwächst und sich zur Herzwurzel umbildet. Wahrscheinlich gilt das auch noch für mehrere andere Arten.)

Auch die Seitenbewurzelung unserer Waldbäume scheint trotz der großen Unregelmäßigkeit in der Zahl und der Richtung der verschiedenen Wurzeln doch auch gewissen inneren Veranlagungen nach 2 Haupttypen zu folgen, die Büsgen¹ als Extensiv- und Intensivsystem bezeichnet hat. Bei dem ersteren finden sich verhältnismäßig lange und wenig verästelte Wurzelzweige — hierher gehört

¹ Büsgen: Bau und Leben der Waldbäume. Flora 1905, Erg.-Bd.

z. B. die Esche und Erle —, bei dem letzteren verhältnismäßig kürzere, aber dicht mit Saugwürzelchen besetzte Seitenwurzeln, wie z. B. bei Buche, Eiche und Birke. Bei der Buche stellte Hilf¹ die sehr eigenartige Erscheinung fest, daß die schräg abwärts verlaufenden Seitenwurzeln Abläufer nach oben senden, die dann in der humosen Schicht sehr dicht verzweigte Saugwurzelbüschel entwickeln (vgl. Abb. 85). Ob dieser bisher unbekannte Typ auch noch bei anderen Baumarten auftritt, bedarf noch der Untersuchung.

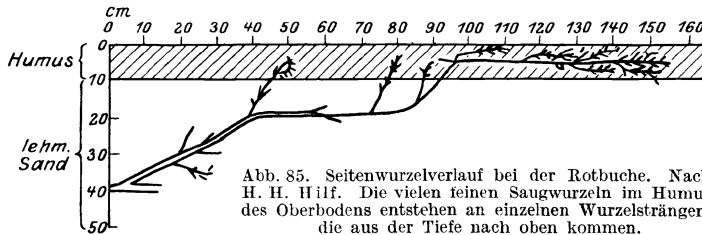


Abb. 85. Seitenwurzelsverlauf bei der Rotbuche. Nach H. H. Hilf. Die vielen feinen Saugwurzeln im Humus des Oberbodens entstehen an einzelnen Wurzelsträngen, die aus der Tiefe nach oben kommen.

Die äußeren Einflüsse (Modifikationen). Alle vorgenannten Erscheinungsformen in Stamm, Krone, und Wurzel, die wir als innerlich bedingte

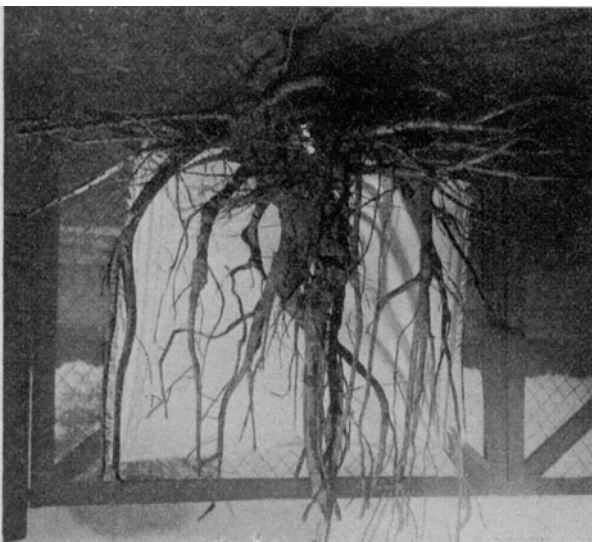


Abb. 86. Kieferbewurzelung auf kräftigem Spatsand. Reiche Seitenbewurzelung mit zahlreichen Abläufern in die Tiefe. Phot. H. H. Hilf.

Arteigentümlichkeit ansehen, unterliegen aber bei den verschiedenen Holzarten in mehr oder minder starkem Maße dem umformenden Einfluß äußerer Faktoren. Die Geradheit und Länge des Schaftes wird besonders durch Windwirkung verändert. Hierauf wird in vielen Fällen die einseitige Stammkrümmung vieler Lärchen (sog. Säbelwuchs) zurückgeführt, auch die Douglasie zeigt vielfach ähnliche, wenn auch meist schwächere Krümmungen. In sehr windausgesetzten Örtlichkeiten zeigt auch die Kiefer und die Buche oft mehrfach gekrümmte bis

korkzieherartig gewundene Stämme. Fichte und Tanne behalten dagegen auch in solchen Fällen ihren geraden Stamm bei (vgl. dazu Abb. 63—65). Wie also den einzelnen Arten hier eine erblich verschiedene Widerstandsfähigkeit nach dieser Beziehung innewohnt, so könnte das auch innerhalb der gleichen Art natürlich bei verschiedenen Rassen der Fall sein. (So wird z. B. für die Säbelwüchsigkeit der Lärche angenommen, daß sie rassenweise verschieden sein soll. Doch ist ein überzeugender Beweis dafür, etwa durch vergleichswisen Anbau auf windausgesetzten Orten, noch nicht erbracht worden.)

¹ Hilf, H. H.: Studien über die Wurzelverbreitung von Fichte, Buche und Kiefer. Dissert., Hannover: Verlag Schaper 1927.

Auch die Kronenform unterliegt vielen Änderungen durch äußere Einflüsse. Hier spielt neben dem Wind das Licht eine besondere Rolle. Bei allen im vollen Freiland erwachsenen Bäumen wird das Umrißbild der Krone immer viel breiter und abgestumpfter, einseitige Belichtung bildet auch einseitig entwickelte Kronenformen aus u. a. m. Dagegen dürfte in dem Auftreten besonders schmaler und spitzer Kronen bei der Kiefer und besonders der Fichte im Norden und im Gebirge wieder mehr innere Veranlagung die Ursache sein, da diese Formen sich unabhängig von verschiedenen Belichtungsgraden in den betreffenden Gebieten sehr häufig und ausgeprägt zeigen.

Die Wurzelbildung wird in weitgehender Weise durch die Bodenbeschaffenheit beeinflusst. Auf flachgründigen Böden und bei hohem Grundwasserstand kann sich natürlich keine Pfahlwurzel ausbilden. Auch die Kiefer wird dann zum Flachwurzler. Untersuchungen haben aber gezeigt, daß auch noch feinere Bodenunterschiede hier starke Veränderungen des ganzen Wurzelsystems hervorrufen können.

So fand Hilf bei der Kiefer auf feinkörnigen, humosen Spatsanden einen sehr reichen Wurzeltyp mit vielen Nebenpfahlwurzeln und dichter Ausfüllung des ganzen Raumes zwischen diesen und der Oberfläche (Abb. 86), bei geringeren Beckensanden waren nur wenig Nebenpfahlwurzeln entwickelt und der Achselraum zwischen horizontalen Seiten- und Pfahlwurzeln schon recht leer, am dürftigsten aber war die Seitenbewurzelung bei Kiefern auf trockenem, humuslosem Ödland (Abb. 87).

Andererseits kann auch die Fichte auf trockenen humosen Sandböden und auf lockeren, milden Lehm Böden durch die Bildung von zahlreichen Abläufern, die von den horizontalen Seitenwurzeln bis 1 m tief nach unten gehen, ihren Charakter als Flachwurzler ganz verlieren (Abb. 88), den sie am stärksten auf oberflächlich vernähten Böden zeigt (Abb. 89). (Ähnliche Modifikationen der Wurzelbildung wurden auch noch von anderer Seite und bei anderen Holzarten festgestellt¹.)

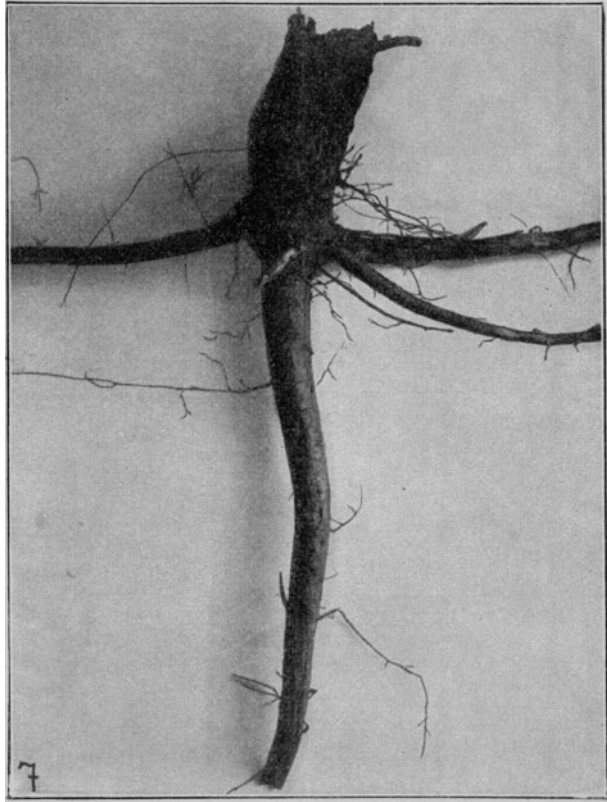


Abb. 87. Kiefernbewurzelung auf armem Sandboden (Ödland). Wenige, weitstreichende Hauptwurzeln, dürftige Faserwurzelbildung. Phot. H. H. Hilf.

¹ Vater: Die Bewurzelung der Kiefer, Fichte und Buche. Tharandter forstl. Jb. 1927, S. 65 ff. — Groth: Die Wurzelbildung der Douglasie. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1927, S. 186.

Klimarassen (Provenienzfrage). Unterschiede in der Schaftbildung in verschiedenen Gegenden waren es, die schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der

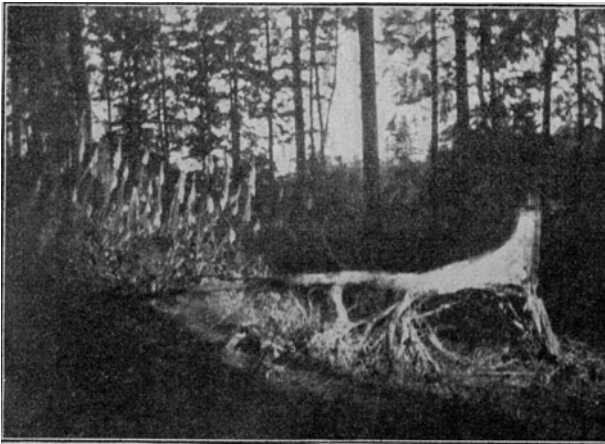


Abb. 88. Tiefgehende Bewurzelung der Fichte auf lockerem Lehmboden. Reiche Abläuferbildung. Phot. H. H. Hilf.



Abb. 89. Flache Tellerwurzelbildung bei der Fichte auf nassem, flachgründigem Boden. Phot. H. H. Hilf.

Forstleute erweckten und eine verschiedenen inneren Veranlagung nach dieser Beziehung vermuten ließen. Mehr oder minder im Zusammenhang damit hat sich dann die wichtige Frage der Rassenbildung bei unseren Waldbäumen überhaupt und die Frage der Herkunft des Saatgutes, die Provenienzfrage, entwickelt.

So war es u. a. die im Holzhandel berühmte Geradschäftigkeit der baltischen Kiefer (Rigakiefer), die schon im Anfang des 18. Jahrhunderts den französischen Dendrologen Vilmorin veranlaßte, auf seinem Gut Les Barres vergleichende Anbauversuche mit Samen von dieser Rigakiefer und aus einigen anderen Gegenden (Elsaß und Frankreich) auszuführen. Der besonders gerade Wuchs der Rigakiefer gegenüber den anderen wurde hierbei schon damals als erblich erkannt. Fortlaufende Berichte und Messungen über diesen Versuch liegen leider nicht vor. Heute sind die betreffenden Bestände schon wieder abgetrieben. Jedenfalls sind die Versuche von Vilmorin zunächst nicht weiter verwertet worden.

Von ganz anderen Gesichtspunkten aus nahm Kienitz¹ im Jahre 1879 eine Untersuchung von Saatgut einzelner Waldbäume aus klimatisch verschiedenen Gegenden Mitteleuropas vor. Er prüfte dabei ihre Keimung unter verschiedenen Temperaturen und fand je nach dem Herkunftsgebiet ein deutlich anderes Verhalten. Er ist wohl der erste gewesen, der schon damals vor unterschiedsloser Ver-

¹ Kienitz, M.: Vergleichende Keimversuche mit Waldbaumsamen aus verschiedenen Gegenden Mitteleuropas in Müller, N. J. C.: Botanische Untersuchungen Bd. 2, H. 1. 1879.

wendung von Saatgut aus stark abweichenden Klimagebieten gewarnt hat. Später hat dann Cieslar¹, durch die Ergebnisse von Kienitz angeregt, in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts vergleichende Anbauversuche mit österreichischem und schwedischem Kiefern- und Fichtensamen gemacht und aus ihrem verschiedenen Wuchsverhalten bei sonst gleichen Bedingungen zuerst den Schluß gezogen, daß hier erbliche Verschiedenheiten, „Klimavarietäten“, vorliegen müßten. Wenig später, im Jahre 1890 auf dem Internationalen Kongreß für Land- und Forstwirtschaft in Wien, hat er daraufhin bereits den Gedanken einer „forstlichen Zuchtwahl“ entwickelt.

Einen mächtigen Anstoß bekam die ganze Frage aber erst durch die schlechten Erfahrungen, die man auf den Kiefernkulturen in Norddeutschland in einzelnen Jahren beim Ankauf von Saatgut aus westdeutschen Klengen gemacht hatte, die ihre Zapfen verschiedentlich auch aus dem Ausland, besonders aus Frankreich, bezogen hatten. Wo daneben Kulturen mit einheimischem Saatgut ausgeführt waren, zeigte sich oft der schroffste Gegensatz durch befriedigenden Stand der einheimischen gegenüber den vollständig mißlungenen Flächen aus angekauftem Samen.

Im Jahre 1900 setzte dann der Internationale Verband der forstlichen Versuchsanstalten die Untersuchung der Herkunfts- (Provenienz-) Frage auf sein Arbeitsprogramm, und eine große Anzahl von vergleichenden Anbauversuchen in allen möglichen Ländern Europas wurde angelegt.

Provenienzversuche. Wir wollen nun zunächst eine Übersicht über die Ergebnisse dieser vergleichenden Anbauversuche geben, wobei hier nur das Hauptsächlichste und Wichtigste herausgegriffen werden kann und im übrigen auf die reiche darüber entstandene Literatur hingewiesen werden muß.

1. Kiefer. a) Höhenwuchs. Für die Kiefer hat Schott² Anbauversuche mit Samen aus mehreren Ländern an drei klimatisch verschiedenen Orten der Pfalz angestellt. Die Herkunftsorte waren: Finnland, südfranzösisches Zentralgebirge, Westungarn, Belgien und Pfalz. Im 4-jährigen Alter zeigten sich bereits erhebliche Höhenunterschiede. Alle drei Versuchsflächen (I = Rheinebene, II = Pfälzer Mittelgebirge-Hochebene und III = Tallage) zeigten annähernd die gleiche Abstufung, nämlich in Prozenten der einheimischen Herkunft:

Fläche	Höhenwuchs der Herkünfte:				
	Pfalz	Belgien	Westungarn	Südfrankreich Gebirge	Finnland
	%	%	%	%	%
I	100	106	60	50	30
II	100	96	64	54	31
III	100	96	69	46	31

In der Schweiz hat Engler dann mit Kiefern Saatgut aus verschiedenen Höhenlagen der Alpen, sowie mit solchem aus Südfrankreich (1100 m), aus Elsaß-Lothringen, Belgien, dem Baltikum, Rußland (Gouv. Perm), Schweden und Norwegen und Schottland vergleichende Versuche auf vielen Flächen von sehr verschiedener Höhenlage (370—1980 m) angestellt. Aus dem sehr umfangreichen Zahlenmaterial ergibt sich in bezug auf die Wuchsleistungen und die Wuchsformen, daß die erreichten Höhen im 7-jährigen Alter im allgemeinen um so geringer waren, je höher oder nördlicher gelegen der Herkunftsort des Samens war. Im einzelnen fanden sich freilich noch manche Ausnahmen. Die aus dem Tiefland stammenden Samen zeigten in hoch gelegenen Versuchsflächen zwar teilweise rascheren Wuchs, litten aber durch Schnee und Gipfeldürre und nahmen allmählich immer mehr schlechte Formen an. Umgekehrt zeigten die aus alpinen Standorten stammenden Kiefern in den Tieflagen die kleinsten und schlecht geformtesten Pflanzen.

¹ Cieslar: Über den Einfluß des Fichtensamens auf die Entwicklung der Pflanzen nebst einigen Bemerkungen über schwedischen Fichten- und Weißföhrensamens. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1895, S. 7.

² Schott: Forstwiss. Zbl. 1904, S. 123 ff.; 1907, S. 199 ff.

Das größte Interesse aber bieten die auf Anregung der Versuchsanstalten an verschiedenen Orten in Europa mit gleichem Saatgut ausgeführten Anbauversuche der Kiefer aus dem Jahre 1907¹.

Die verschiedenen Provenienzen sind in der folgenden Tabelle auf den einzelnen Versuchsflächen der mittleren Höhe nach absteigend geordnet.

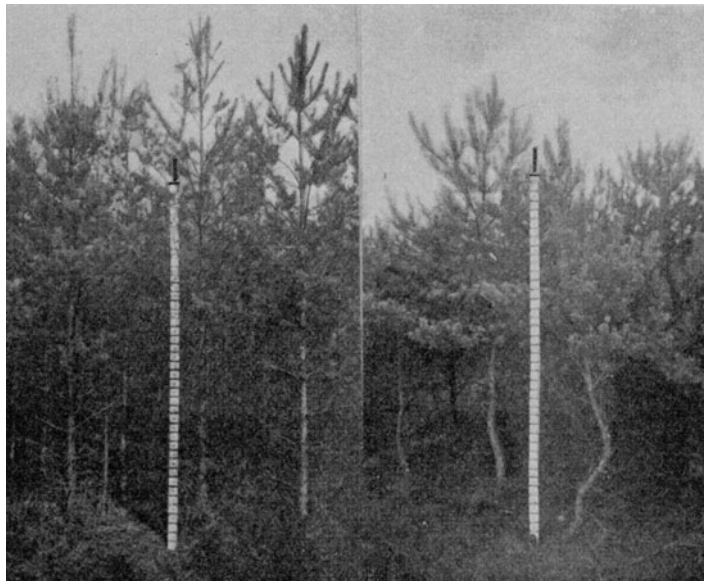
Lage der Versuchsfläche (Jahr der Aufnahme und Alter); Höhe in cm.
(Die Höhen sind Bestandesmittelhöhen bis auf Tharandt, wo die mittleren Bestandesoberhöhen gemessen wurden.)

Hessen		Tharandt (1921 — 14jähr.)	Chorin (1919 — 13jähr.)	Holland (1920 — 10jähr.)	Schweden	
I. Schiffenberg bei Gießen (1922 — 15jähr.)	II. Raunheim (Rheinebene) (1920 — 13jähr.)				57,5° n. Br., 180 m Seehöhe (1914 — 7jähr.)	63° n. Br., 350 m See höhe
Belgien . 472	Pfalz . . . 312	Belgien . 445	Ostpneu- ßen . . . 301	Belgien . 344	Ostpneu- ßen . . . 81	Branden- burg . . . 38
Pfalz . . . 452	Belgien . 302	Ostpneu- ßen . . . 423	Branden- burg . . . 295	Pfalz . . . 342	Branden- burg . . . 79	Kurland . 37
Schott- land . . . 425	Ostpneu- ßen . . . 249	Schott- land . . . 363	Belgien . 254	Branden- burg . . . 288	Ural (Perm) . . 73	Pfalz . . . 36
Ural (Perm) . 420	Kurland . 225	Kurland . 356	Pfalz . . . 220	Ostpneu- ßen . . . 253	Branden- burg . . . 66	Belgien . 35
Branden- burg . . . 389	Schott- land . . . 185	Branden- burg . . . 351	Kurland . 195	Kurland . 238	Branden- burg . . . 66	Ostpneu- ßen . . . 34
Kurland . 367	Frank- reich . . 166	Pfalz . . . 346	Ural (Perm) . 174	Frank- reich . . 176	Pfalz . . . 66	Schott- land . . . 24
Frank- reich . . 363	(Brandenburg auf Flug- sandstelle durch Dürre vernichtet.)	Ural (Perm) . 309	Schott- land . . . 161		Schott- land . . . 64	Schott- land . . . 24
Ostpneu- ßen auf zu nas- sem Standort 262	Die ganze Fläche durch Waldbrand 1921 ver- nichtet.	Frank- reich . . 309	Frank- reich . . 150 (vgl. dazu Abb. 90)		Frank- reich . . . 52	Frank- reich . . . 19

Über den Herkunftsort ist noch zu sagen: Das belgische Saatgut ist nicht autochthon, der Mutterbestand ist aus eingeführtem Saatgut entstanden, dessen Herkunft nicht mehr festzustellen war. Die übrigen Provenienzen dürften aber einwandfreien Ursprungs sein. Alle stammen aus geringen Höhenlagen, mit Ausnahme der französischen, die von 1140 m Höhe, also aus einem entsprechend kühlen Gebirgsklima, kommt (Jahrestemperatur 5,6°, Julimittel 13,4°, etwa entsprechend dem Thüringer Wald bei 800—900 m Höhe). Der Standort der Permer Provenienz liegt schon jenseits des Ural in 300 m Höhe, in einem extrem kontinentalen Klima mit sehr geringen Niederschlägen.

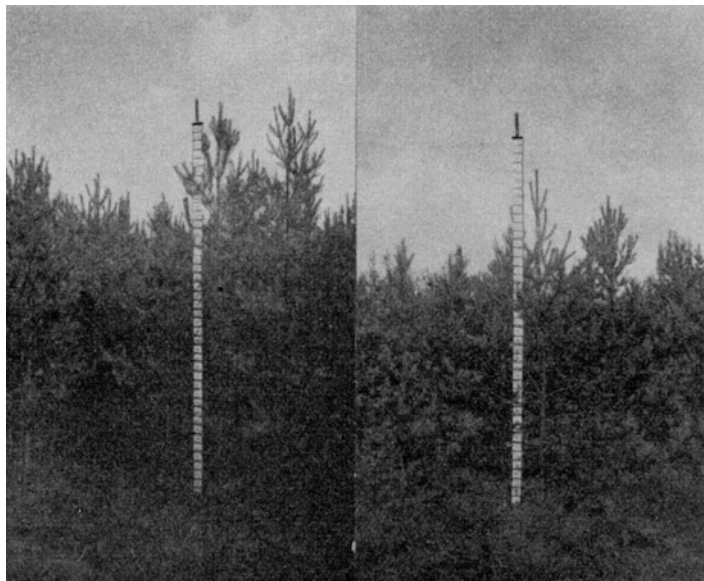
Vergleicht man die nach 7—15 Jahren erreichten Durchschnittshöhen, so zeigen sich überall sehr bedeutende Unterschiede. Die besten Provenienzen haben fast überall die doppelte Länge erreicht wie die schlechtesten. Die Reihenfolge an den einzelnen Versuchsarten ist aber recht verschieden. Im allgemeinen kann man aber sagen, daß die Ergebnisse um so schlechter sind, je verschiedener das Klima des Herkunftsortes von dem des Anbauortes war. (Einzelne Ausnahmen sind durch offenbare Versuchsfehler [z. B. für die Ostpreußen und Brandenburger in Hessen] zu erklären.) Sehr auffällig ist die gleichmäßig schlechteste Stellung der französischen Gebirgskiefer, von der man mindestens in Schweden (letzte Spalte) bessere Ergebnisse als etwa von den Pfälzern hätte erwarten müssen. Auch sonst finden sich noch manche nicht recht

¹ Wir entnehmen die folgende Zusammenstellung der Ergebnisse, soweit sie bisher veröffentlicht wurden, einem Vortrag von König in einer Versammlung des Deutschen Reichsforstwirtschaftsrates (Mitt. d. Reichsforstwirtschaftsrates 1927, Nr. 21). Im übrigen vgl. dazu: Schotte: Mitt. d. Kgl. schwed. forstl. Versuchsanst., 1915, H. II. — Kienitz: Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1922, S. 65. — Wimmer: Forstwiss. Zbl. 1924, S. 534. — Groß: Anbauversuch in Tharandt (Mitt. d. Sächs. forstl. Versuchsanst. 1925.)



Ostpreußen.

Pfalz.



Schottland.

Frankreich.

Abb. 90. Vier verschiedene Kiefernherkünfte auf der Choriner Versuchsfläche. Alter 18jährig. Aufnahme in gleichem Maßstab. Meßstock 4 m hoch. Man beachte die verschiedene Durchschnittshöhe. Aufn. von Dengler.

erklärliche Unregelmäßigkeiten, die auf Ungleichheiten im Boden und in der Lage der einzelnen Parzellen und andere Fehler zurückzuführen sein mögen. (So wird für die Tharandter Fläche z. B. angegeben, daß die Brandenburger und

Permer durch Seitenschatten des benachbarten Altholzes gelitten haben!) Am gleichmäßigsten dürften wohl die Verhältnisse auf der Choriner Fläche liegen, die daher als besonders wertvoll gelten muß. Eine vergleichende Aufnahme im 18 j. Alter gibt die Abb. 90. Sie konnte nur unter großen Schwierigkeiten von der schmalen, mittleren Trennungslinie der Parzellen aufgenommen werden, gibt aber doch einigermaßen richtig den Durchschnitt wieder.

Neben der verschiedenen Höhenentwicklung sind aber noch einige andere sehr bemerkenswerte Erscheinungen beobachtet worden.

b) Geradschäftigkeit: In Tharandt wie in Chorin fallen besonders die Kurländer, Permer und Ostpreußen durch ihren geraden Wuchs auf, auf der anderen Seite die Pfälzer durch sehr krumme, oft geradezu korkzieherartig gewundene Stämme. (Vgl. auch die vorstehende Abbildung.)

Eine Neuaufnahme der Choriner Fläche vom Jahre 1927 durch die Preußische forstliche Versuchsanstalt, deren Ergebnisse mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden, ergaben bei Auszählung folgenden Anteil der verschiedenen Provenienzen nach Geradschäftigkeitsstufen:

	a	b	a + b	c	d	c + d
	ganz gerade	schwache Krümmungen	%	starke Krümmungen	ganz unbrauchbar	%
1. Perm	35	59	94	6	—	6
2. Ostpreußen . .	19	60	79	17	4	21
3. Kurland	14	59	73	21	6	27
4. Brandenburg . .	13	55	68	29	3	32
5. Schottland . .	2	53	55	54	1	55
6. Frankreich . .	3	29	32	53	15	68
7. Belgien	—	31	31	60	9	69
8. Pfalz	1	15	16	68	16	84

Die geringe Geradschäftigkeit der belgischen Fläche, die aus den obigen Zahlen hervorgeht, ist weder Kienitz noch mir, die wir als Revierverwalter von Chorin die Versuchsfläche oft begangen haben, derartig aufgefallen. Dagegen stimmen die übrigen Zahlen vollständig mit unserer Schätzung überein.

c) Winterverfärbung (vgl. S. 173). Diese wurde von Kienitz¹ in den ersten Jahren sorgfältig beobachtet und auch durch farbenphotographische Aufnahmen festgelegt. Sie zeigte sich am stärksten bei den Permern, dann bei den Kurländern und Ostpreußen, während Schotten und Franzosen ganz frisch grün blieben. Die aus dem Norden und Osten stammenden Herkünfte zeigten also eine auffallend starke Verfärbung, während sie bei den westlichen fehlte.

Dies stimmt auch ganz mit Beobachtungen Englers überein, der noch zeigen konnte, daß die Verfärbung nur eine Kältereaktion ist, da sie bei Pflanzen, die ins Gewächshaus genommen wurden, in wenigen Tagen verschwand. Wenn man dabei allerdings in dem unterschiedlichen Verhalten der Herkünfte eine Anpassung an das heimische Winterklima sehen will, wie Kienitz und Engler das tun, so bildet die französische Kiefer doch eine bemerkenswerte Ausnahme. Denn sie hat in ihrer Heimat in 1100 m immerhin einen Winter mit einer Januartemperatur von -1° und mittlerem Minimum von -15° , was etwa der pommerschen Küste entspricht. Möglicherweise bedingt die stärkere Bereifung ihrer Nadeln (Wachsausscheidung) hier eine Ausnahme.

d) Krankheitserscheinungen. Besonders wichtig war hier das Verhalten gegen die Schütte. Es zeigten sich auch dabei recht bedeutende Unterschiede, aber die Beobachtungen stimmen nicht überein, was wohl teilweise an dem zufälligen Fehlen von Infektionsmöglichkeit gelegen haben mag. In Chorin

¹ Kienitz: Ergebnis der Versuchspflanzungen von Kiefern verschiedener Herkunft in Chorin. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1922, S. 65ff.

haben besonders die französischen Kiefern durch Schütte gelitten, die danebenliegenden Schotten nicht, in den Tieflagen der Schweiz aber die Kiefern aus Hochlagen.

Am wenigsten empfindlich erwiesen sich dort die skandinavischen und ostrussischen. In der Pfalz litten die Franzosen und auch Ungarn sehr stark.

Im Jahre 1922 konnte ich bei den schottischen und französischen Kiefern in Chorin einen sehr starken Befall von *Cenangium abietis* feststellen. Die betreffenden Parzellen sahen vollständig scheckig aus, während auf den übrigen nur ganz selten ein befallener Zweig zu finden war. Das Krankheitsbild schneidet geradezu haarscharf mit den Grenzlinien der Parzellen ab und bewies aufs schlagendste die verschiedene Empfänglichkeit.

e) Frühreife. Die schon aus der Praxis bekannte Erscheinung, daß manche aus fremdländischem Saatgut entstandenen Dickungen schon vorzeitig blühen und Zapfen tragen, hat sich inzwischen auch in Chorin und Tharandt bestätigt.

In Chorin zeigen besonders die französischen und die schottischen Kiefern, in Tharandt dieselben und auch die belgischen eine krankhafte Frühreife durch fast alljährlichen Zapfenbehang im 20jährigen Alter. Die daraus gewonnenen Samen hatten nach meinen Versuchen durchaus normale Keimkraft.

f) Morphologische Merkmale. Es wäre natürlich von großem Wert für die Unterscheidung in der Praxis, wenn man für die einzelnen Herkünfte auch bestimmte äußere Kennzeichen in Form und Farbe der Nadeln, Knospen und Zweige angeben könnte. Sie sind auch vorhanden, und wer oft durch die Versuchsfelder gegangen ist, sieht sie auch. Sie sind aber doch so gering und im einzelnen so veränderlich, daß sie zu einer untrüglichen Unterscheidung in der Praxis nicht hinreichen.

Am meisten auffällig und regelmäßig ist noch die blaugrüne Nadelfarbe bei den Franzosen und Schotten und eine fahle, gelbgrüne Färbung der Permer, ferner die rotbraunen Knospen und die starre, dichte Benadelung der Franzosen mit vielfach weit ausladenden unteren Ästen, die sich an den Enden oft armluchterartig erheben und ihr, wie auch von Tharandt bestätigt wird, etwas Bergkiefernartiges im Aussehen geben. Doch trifft auch das durchaus nicht bei allen zu. Solche Typen findet man aber sonst nirgends auf den anderen Flächen, und wo sie heute in Dickungen aus fremdem Saatgut auftreten, kann man mit großer Sicherheit auf südfranzösische Herkunft schließen.

Die Höhenunterschiede haben sich nun bei den älteren Flächen im allgemeinen mit zunehmendem Alter verstärkt, wobei unter den einzelnen Herkünften allerdings hier und da kleine Verschiebungen eingetreten sind.

Im Jahre 1908 habe ich eine Kiefernfläche mit verschiedener Herkunft des Saatgutes in der Oberförsterei Eberswalde untersucht¹, die ursprünglich nur zur Prüfung verschiedener Schüttestabilität angelegt war und heute wohl mit zu den ältesten in Deutschland zählt! Sie enthielt neben einheimischen Kiefern noch russische (Nähe von Petersburg), südfinnische und norwegische. Alle drei fremdländischen Herkünfte verhielten sich ziemlich gleich, blieben aber schon damals, 21jährig, im Gebiet der maximalen Stammzahlen um etwa 2 m hinter den beiden einheimischen zurück (vgl. Abb. 91). Die Kurven der beiden letzteren liegen sehr gut beieinander und verlaufen deutlich ganz anders wie bei den nordischen, die wieder unter sich große Übereinstimmung zeigen (Beispiel für Variabilitätskurven näher und weiter verwandter Rassen). Auch für die Nadel-Längen und -Breiten konnte ich ein ähnliches Verhalten feststellen. Schon damals habe ich durch Jahrestriebmessungen an Probestämmen gefunden, daß die Unterschiede im Höhenwachstum sich mit zunehmendem Alter vergrößert hatten. Heute ist die russische Fläche, die nur 6 Reihen breit zwischen den 2 einheimischen

¹ Dengler: Das Wachstum von Kiefern aus einheimischem und nordischem Saatgut in der Oberförsterei Eberswalde. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1908, S. 137ff.

liegt, von diesen völlig überwachsen und durch zahlreiche Abgänge so gut wie vernichtet (vgl. Abb. 92 und 93). Es ist dies ein schlagendes Beispiel dafür, wie eine schlecht angepaßte fremde Rasse im Kampf mit der besser angepaßten heimischen ausgemerzt werden kann! Doch darf man das nicht in allen Fällen

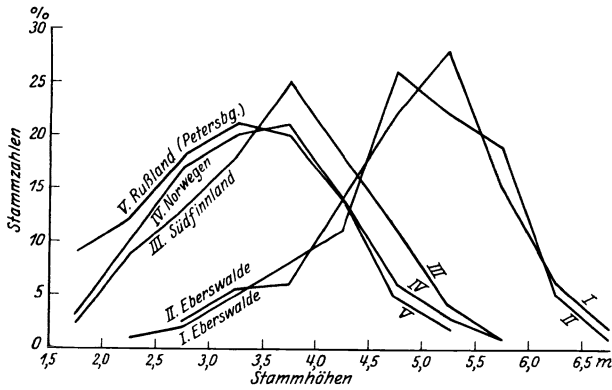


Abb. 91. Stammhöhen von 21 jährigen Kiefern verschiedener Herkunft in Oberförsterei Eberswalde, ermittelt an je 250–300 Stämmen im Jahre 1907 durch Dengler. Die Kurven stellen Variabilitätskurven dar und zeigen einerseits die gute Übereinstimmung der beiden Versuchsflächen der einheimischen Rasse und der drei Flächen mit den nordischen Rassen, andererseits den scharfen Unterschied zwischen diesen und jener.

erhoffen, z. B. nicht von der an sich recht wuchskräftigen, aber krummen Pfälzer Kiefer!

Wieweit die Differenzierung der verschiedenen Herkünfte gehen kann, hat schließlich noch ein sehr umfangreicher schwedischer Anbauversuch von Schotte¹ gezeigt. Bei diesem wurde Kiefersamen aus verschiedenen Klimagebieten Schwedens an zwölf verschiedenen Orten zwischen dem 60.—67. Breitengrad verwendet. Schotte hatte Herkunfts- und Anbauorte in fünf Klimazonen geordnet, die durch je 1° Unterschied in der mittleren Wärme der vier Vegetationsmonate (dort Juni bis September) bezeichnet wurden.

Das Ergebnis nach 10 bis 14 jährigem Anbau zeigte überraschend weitgehende und feine Unterschiede, besonders in der Anzahl der abgegangenen Pflanzen. Das Stammzahlprozent war fast überall am größten bei Herkunft aus der gleichen



Abb. 92. Sechs Reihen nordischer Kiefern zwischen einheimischen (rechts und links). Oberförsterei Eberswalde. Aufnahme im Jahre 1908. 21jährig. Phot. A. Dengler.

oder doch nur um 1° verschiedenen Klimazone. Die Höhe der Pflanzen war meist ebenfalls am größten aus der gleichen oder 1° wärmeren Zone, die der kühleren waren in der Regel schon niedriger, und noch mehr war das der Fall bei Pflanzen, die aus Klimazonen mit 2°

¹ Schotte, G.: Tallfroets Proveniens. Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1923, H. 20. Mit französischem Résumé.

Unterschied — gleichgültig, ob wärmer oder kälter — stammten. Vor allem aber zeigte sich eine sehr ungleiche Widerstandsfähigkeit gegen die Schneeschütte, einen im nördlichen Schweden häufig als Kulturschädling auftretenden Pilz (*Phacidium infestans*). Diesem unterlagen besonders die aus wärmeren Zonen stammenden Herkünfte in viel stärkerem Maße. Schotte empfiehlt daher möglichst strenge Beschränkung des Samenbezuges auf den gleichen Klimabezirk oder höchstens den um 1° wärmeren. Allerdings wird man bei diesen überraschenden Ergebnissen innerhalb eines Landes die Größe der klimatischen Unterschiede und die besondere klimatische Bedingtheit des Schneeschüttepilzes in Schweden nicht übersehen dürfen. Bei uns beträgt selbst zwischen Ostpreußen und der Rheinebene derentsprechende klimatische Unterschied nur etwa die Hälfte, 2,5°, gegen 5—6° in Schweden.

Die Provenienzfrage ist bei der Kiefer infolge ihrer weiten Verbreitung und des vielfachen künstlichen Anbaues, meist noch aus angekauftem Samen, besonders wichtig, und darum auch am eifrigsten untersucht worden. Für die übrigen Holzarten liegen weniger Versuche vor.

2. Fichte. Für die Fichte haben Cieslar¹ und Engler¹ das Verhalten bei Herkunft aus verschiedener Höhenlage untersucht. Ausgeprägte Unterschiede vom Tieflandssaatgut zeigten sich in Österreich und der Schweiz meist erst bei Höhenlagen über 1000 m, oft sogar erst von 1300 m an. Hochgebirgsfichten wachsen in unteren Lagen immer viel langsamer wie Tieflandsfichten (vgl.



Abb. 93. Dieselbe Fläche wie in Abb. 91 im Jahre 1928. 41jährig. (Man beachte den gleichen Chausseestein bei + auf beiden Aufnahmen.) Die nordischen Kiefern sind, bis auf wenige Stämme, in den mittleren Reihen von den einheimischen Nachbarn total überwachsen und verschwunden.
Phot. A. Dengler.

Abb. 94). Nach der Höhe zu erfolgt allgemeine Abnahme des Höhenwuchses, aber sie erfolgt bei den Tieflandsfichten rascher und stärker, und da offenbar noch Schäden durch Frost und Schnee bei ihnen hinzutreten, so wurden sie fast überall in sehr hohen Lagen von den Gebirgsfichten bald eingeholt und auch überholt. Besonders wichtig ist hierbei die von Engler beobachtete längere Vegetationsdauer der Tieflandsfichten, die im

¹ Cieslar: Über die Erbllichkeit des Zuwachsvermögens bei den Waldbäumen. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1895. — Engler: Einfluß der Provenienz der Samen auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitt. d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. 1905, S. 92ff.

Hochgebirge meist mit noch unvollendetem Höhentrieb von den ersten Herbstfrösten überrascht werden. Diese und manche anderen Schädigungen, die sich auch verschiedentlich in einer krankhaften Nadelfarbe ausdrückten, zeigen daher trotz des anfänglich rascheren Wachstums der Tieflandsfichten eine mangelhafte Anpassung an das rauhe Hochgebirgsklima.

3. Tanne und Lärche. Für die Tanne und Lärche hat Engler ebenfalls Anbauversuche aus verschiedenen Höhenlagen ausgeführt¹. Bei der Tanne fanden sich bei Herkünften aus Höhenlagen zwischen 680—1330 m keine Unterschiede. Von höheren Standorten, an denen die Tanne in der Schweiz, wenn auch seltener, noch vorkommt, war kein Saatgut zu beschaffen. Für die Lärche wurden Herkünfte von 650—2100 m verwendet. Bis etwa 1700 m zeigten sie kein verschiedenes Wuchsverhalten, darüber hinaus ergab sich aber eine rasche und starke Abnahme des Höhenwuchses (Auspflanzung in der Tieflage: Versuchsgarten Adlisberg bei Zürich 680 m). Sehr auffällig war auch hier der Unterschied in der Vegetationsdauer. Die Hochgebirgslärchen aus 1900—2100 m schlossen ihr Höhenwachstum etwa 1—2 Monate früher ab als die aus 700—1700 m stammenden.

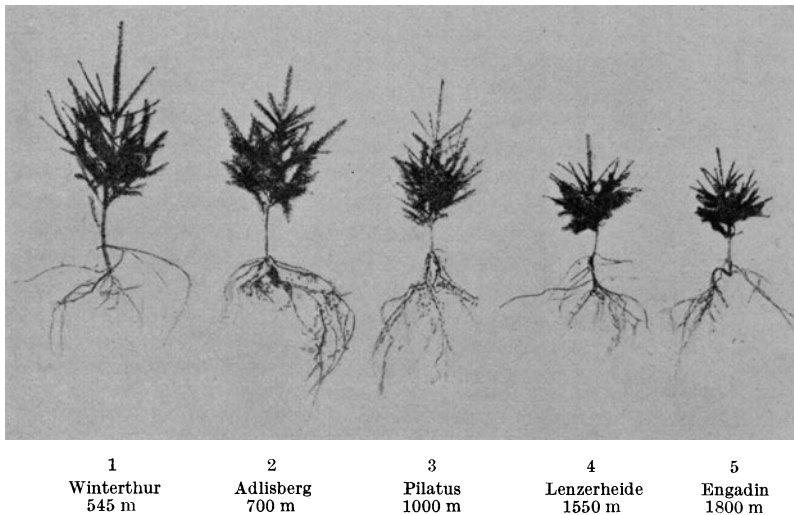


Abb. 94. 5jährige Fichten verschiedener Herkunft, erzogen im Versuchsgarten auf dem Adlisberg bei Zürich, 670 m ü. M. (Nach Engler.) Die Pflanzen zeigen je nach der Höhenlage des Herkunftsortes eine deutliche Abstufung in der Größe. Ausgeprägt dürftige Pflanzen erzeugten aber erst die Herkünfte 4 und 5 aus über 1500 m.

Auch Cieslar² fand bei der Alpenlärche bis 1700 m keine deutlichen Unterschiede im Höhenwachstum, dagegen erwies sich die von ihm untersuchte Sudetenlärche, die ja nur in tiefen Lagen vorkommt, als etwas raschwüchsiger und soll auch einzelne Unterschiede in Geradschaftigkeit, Bestattung und Kronenform gezeigt haben. Die Beobachtungen sind aber nur an noch recht jungen Pflanzen und in einem kleinen Versuch gemacht worden, so daß die Ergebnisse noch nicht ganz gesichert erscheinen.

4. Eiche. Von den Laubböhlzern ist besonders die Eiche von Hauch in Dänemark³ und von Cieslar am Wiener Wald⁴ untersucht worden. Bei den Cieslarschen Versuchen handelte es sich durchweg um Stieleichen. Sie umfassen 21 Proben von Südfrankreich im Westen bis zur Bukowina im Osten und von Istrien im Süden bis Mittelschweden im Norden. Die Versuche sind aber nicht ohne weiteres mit den übrigen Provenienzversuchen zu vergleichen, insofern die Samen nicht aus ganzen Beständen, sondern nur von einzelnen oder 2—3 nahestehenden Mutterbäumen gesammelt sind. Dadurch sind zwar recht

¹ Engler: a. a. O., S. 201 u. 209 ff.

² Cieslar: Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1907.

³ Hauch: Provenienschforsøg med Eg. in Det forstlige Forsøgsvaesen in Danmark Bd. 4, S. 295; Bd. 5, S. 195; Bd. 10, S. 1.

⁴ Cieslar: Untersuchungen über die wirtschaftliche Bedeutung der Herkunft des Saatgutes der Stieleiche. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1923, S. 97 ff.

interessante Anhaltspunkte für eine Vererbung individueller Anlagen gewonnen worden, aber es ist dafür auch die Wirkung der rein klimatisch bedingten Veranlagung etwas durchkreuzt. Trotzdem zeigte sich eine solche auch hier unverkennbar. Die südfranzösischen und schwedischen Herkünfte standen im 18jährigen Alter an letzter Stelle und ihr Höhenunterschied gegenüber den besten Herkünften aus Bosnien, Kroatien



Abb. 95. 19jähr. Stieleichenpflanzbestand. Heimat Apatin im ehemal. Südungarn. Anbauort Wienerwald.
Phot. A. Cieslar.



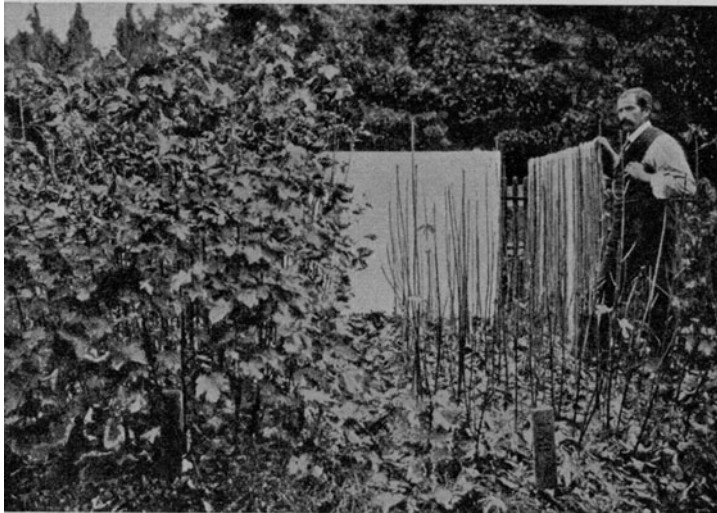
Abb. 96. 19jähr. Stieleichenpflanzbestand. Heimat Lipovljane in Kroatien. Anbauort Wienerwald.
Phot. A. Cieslar.

und der Bukowina betrug 1,5—2,0 m. Bemerkenswerte Unterschiede wurden auch in der Neigung zur Johannistriebbildung gefunden, die bei den aus südlichen Wuchsgebieten stammenden Eichen sehr groß war, bei den aus nördlichen, z. B. Schweden, ganz fehlte. Hand in Hand damit gingen Frostbeschädigungen und Mehltaubefall, Laubverfärbung und Laubabfall, sowie auch eine mehr oder minder große Geradschäftigkeit, welche letztere allerdings stark durch individuelle Veranlagung vom Mutterbaum beeinflusst zu sein schien. Welche Unterschiede in der Stammausformung hier auftraten, das zeigen die Abb. 95

und 96. Alle diese Beobachtungen Cieslars stehen in guter Übereinstimmung mit denen von Hauch in Dänemark. An dem Vorhandensein starker Unterschiede bei klimatisch verschiedener Herkunft ist danach auch bei der Stieleiche ebensowenig zu zweifeln, wie sie bei anderen weitverbreiteten Holzarten erwiesen wurde.

5. Bergahorn und Roterle. Für die übrigen Laubhölzer liegen nur vereinzelte Untersuchungen vor. So z. B. für den Bergahorn¹, der, ähnlich wie die Fichte, erst bei Herkunft aus relativ hohen Lagen starke Unterschiede im Wuchs und besonders auffällig auch im herbstlichen Blattabwurf zeigte (vgl. Abb. 97). Auch für die Roterle dürfte die Herkunftsfrage nach Beobachtungen von Bansi² in Ostpreußen eine Rolle spielen, insofern die aus angekauften Pflanzen unbekannter Herkunft entstandenen Bestände in Ostpreußen vielfach krüppelig erwachsen sind, dem Valsapilz zum Opfer fallen und vorzeitig absterben, während einheimische Wildlingspflanzen dicht daneben gut gedeihen (vgl. Abb. 98).

Zusammenfassung der Ergebnisse. Die Fülle der Ergebnisse, die bei den zahlreichen Anbauversuchen mit Saatgut aus verschiedenen Klimagebieten ge-



Bergahorn Nr. 3,
aus 1050 m, noch belaubt.

Bergahorn Nr. 6,
aus 1570 m, schon entlaubt.

Abb. 97. Verschiedener Höhenwuchs und verschiedene Vegetationsdauer bei zwei Bergahornherkünften aus 1050, bzw. 1570 m Höhe. Anbauort Adlisberg bei Zürich, 670 m ü. M. Aufnahme am 10. Oktober 1904. Alter der Pflanzen 4jährig.

wonnen wurden, läßt sich im großen und ganzen dahin zusammenfassen, daß die Nachkommen der fremden Herkünfte besonders bei sehr weitverbreiteten Holzarten und dementsprechend großen Unterschieden im Klima fast immer ein deutlich anderes Verhalten als die der dicht daneben angebauten einheimischen gezeigt haben. In der Hauptsache drückt sich dies in der Stärke des Wachstums, in anderer Vegetationsdauer, in verschiedener Empfindlichkeit gegen klimatische Schädigungen und Empfänglichkeit gegen parasitäre Erkrankungen aus, in minderm Grade bemerkt man auch morphologische Unterschiede feinerer Art. Der Schwerpunkt liegt jedenfalls auf physiologischem Gebiet. Nicht immer, aber doch in der größten Mehrzahl der Fälle zeigen dabei die einheimischen Herkünfte früher oder später Überlegenheit gegenüber den fremden.

¹ Engler: Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. 1905, S. 225.

² Bansi: Zur Provenienzfrage der Roterle. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1924, S. 164.

Erklärung der Versuchsergebnisse. Die Frage ist nun: Wie ist das zu erklären? Man könnte zunächst an eine Nachwirkung äußerer Umstände, z. B. der Temperatur auf das ja noch im fremden Klima ausgereifte Samenkorn denken. Und tatsächlich ist dieser Gedanke auch ausgesprochen worden. Es ist aber kaum vorstellbar, daß eine derartige Nachwirkung sich so lange zeigen sollte, wie es die ältesten Flächen tun. Auch ist wohl noch niemals beobachtet worden, daß Saaten aus verschiedenen Jahren, die ja oft einen ebenso verschiedenen Klima-Charakter haben können, wie er entfernten Gebieten entspricht, jemals derartige Unterschiede gezeigt hätten wie etwa die kurländische und ostpreußische Kiefer in Chorin oder die Fichten aus verschiedenen Höhenlagen auf dem Adlisberg bei Zürich. Das hätte bei der jährlichen Verwendung großer Samenmengen im Forstbetrieb längst einmal bemerkt werden müssen. Zu allem Überfluß hat aber auch



Abb. 98. Absterbende (x) und gesunde (x x) Schwarzerlen aus einer Pflanzung. x = Pflanzen unbekannter Herkunft, vom Händler bezogen, x x = einheimischer Herkunft, selbst erzogen in der Oberförsterei Gertanken i. Ostpr. (Nach Bansi.)

Engler nachweisen können, daß Nachkommen von Tieflandsfichten, die über 40 Jahre im Hochgebirge gestanden hatten, neben solchen aus dem Hochgebirge erzogen, also in zweiter Generation, auch noch die gleichen Wuchsunterschiede ergaben¹ (vgl. Abb. 99). Hier konnte von Nachwirkung keine Rede sein.

Ähnliches konnte Münch für die Nachkommenschaft 60jähriger nordischer Kiefern nachweisen, die im Erzgebirge angepflanzt waren². So spricht alles dafür, daß es sich um eine erblich andere Veranlagung handeln muß. Man hat daher wohl mit Recht von verschiedenen Rassen gesprochen (physiologische oder besser Klimarassen).

Wie man sich deren Entstehung vorstellen will, ist eine Frage der allgemeinen Einstellung zu den Entwicklungs- und Vererbungstheorien. Nach Darwin

¹ Engler: Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. 1913, S. 364.

² Münch: Das Verhalten der Nachkommen fremder Kiefernrasen in zweiter Generation. Forstwiss. Zbl. 1924, S. 45.

könnte man an eine zunächst zufällige Variabilität denken, die gelegentliche Veränderungen erzeugte, die günstig für ein etwas anderes benachbartes Klima waren und diesen Formen dort die Einwanderung erlaubten, während andere etwa mitverschleppte Varianten im Kampf ums Dasein von den besser angepaßten unterdrückt wurden. Die Variation nach der günstigen Richtung würde sich dann nach Darwinscher Anschauung mehr und mehr befestigt und verstärkt haben, so daß eine entsprechende Weiterwanderung stattfinden konnte. Im Lamarckschen Sinne würde man an eine allmähliche Umstimmung und direkte Anpassung der ursprünglichen Art bei langsamem Vorwärtsdringen zu denken haben, wie das im allgemeinen Engler und Cieslar getan haben. Die neuere Vererbungslehre, die eine solche erblich werdende Umstimmung auf Grund vieler Versuche und Beobachtungen ablehnen zu müssen glaubt, läßt nun noch einen dritten Weg offen: Die ursprüngliche Mischung aller bestehenden reinen Linien, die Population, ist beim Weiterwandern in ein fremdes Klima aussortiert worden, indem die ungünstigeren Formen benachteiligt

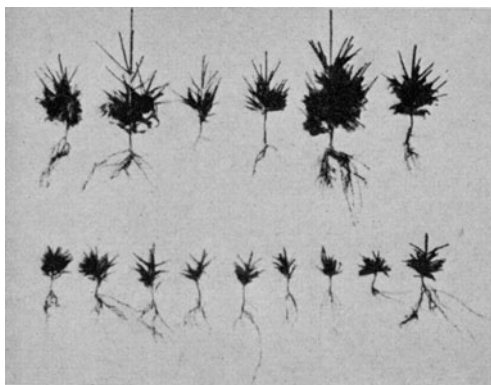


Abb. 99. 5jährige Fichten, erzogen im Versuchsgarten auf dem Adlisberg. Oben: Herkunft Samaden, 1750 m ü. M., aber von 40jährigen Mutterbäumen, die aus dem Tiefland stammten. Unten: Herkunft St. Moritz, 1820 m ü. M., aber von 50jährigen einheimischen Mutterbäumen. Die erbliche Veranlagung zur Raschwüchsigkeit ist bei der Samadener Herkunft also trotz 40jähriger Verpflanzung ins Höhenklima erhalten geblieben.

wurden und ausschieden. Die Klimarassen würden also dann engere Populationen oder Liniengemische, u. U. vielleicht auch mehr oder weniger reine Linien darstellen. An ganz reine Linien wird bei der dauernden Bastardierungsmöglichkeit unserer meist windblütigen Waldbäume kaum zu denken sein.

Die letztere Erklärung ist heute, dem Zuge der Zeit und der Stellung der führenden Vererbungsforscher folgend, wohl die am meisten verbreitete, der wir uns hier auch anschließen wollen, obwohl nicht zu verkennen ist, daß auch sie für manche Fragen keine befriedigende Lösung zu bieten vermag (z. B. für die Möglichkeit des Bestehens langsamwüchsiger Linien neben raschwüchsigen Linien im Ursprungs-

gebiet u. a. m.). Ähnliche Bedenken bestehen aber auch bei den beiden andern Theorien, wie ja überhaupt diese allgemeinen entwicklungsgeschichtlichen Fragen noch heute unentschieden und strittig sind.

Jedenfalls ist aber daran festzuhalten, daß nicht etwa alle im fremden Klimagebiet beobachteten Eigenschaften aus dem Heimatgebiet mitgebracht werden, sondern daß sie oft nur als Reaktion der mitgebrachten inneren Anlage auf die veränderte Lebenslage hin auftreten. So sind z. B. die südfranzösischen Kiefern in ihrer Heimat durchaus nicht langsamwüchsig und krummschäftig, sondern nur bei uns. Dagegen bringen die nordischen Kiefern ihren langsamen Wuchs und ihre gerade Schaftbildung aus ihrer Heimat zu uns mit. Das Ergebnis bei der Einführung fremder Rassen ist also niemals vorauszusehen!

Standortsrassen. Ähnliche Unterschiede wie bei der Herkunft aus einem entfernten, andersartigen Klima hat man nun auch bei Besonderheiten lokaler Faktoren beobachtet (Lokalrassen oder Standortsrassen). So hat Münch¹

¹ Münch: Die Knospenentfaltung der Fichte und die Spätfrostgefahr. Allg. Forst-

bei der Fichte gefunden, daß früh austreibende neben spätaustreibenden in frostfreien Lagen zahlreich nebeneinander vorkommen, während in Spätfrostlagen die Frühfichten viel häufiger erfrieren und dann von den Spätfichten so überholt werden, daß sie allmählich im Bestand verschwinden würden. Münch konnte das Entstehen einer solchen „frostharten Lokalrasse“ durch Ausmerzungen ungeeigneter Linien im Erzgebirge unmittelbar beobachten (vgl. Abb. 100).

Auf einen andern auslesenden Standortsfaktor, der die Kronenform unserer Waldbäume betrifft, hat Kienitz hingewiesen. Es ist eine bekannte und sich überall wiederholende Beobachtung, daß in Hochgebirgslagen und im hohen Norden die Fichte ausgeprägt schmale und spitze Kronen zeigt, so daß man geradezu von Spitzfichten sprechen kann (vgl. Abb. 101). Auch für die Kiefer gilt Ähnliches für Gegenden mit ausgeprägt strengen Wintern, während in den



Abb. 100. Entstehung einer frostharten Lokalrasse der Fichte in Frostlage. Die Frühfichten sind durch wiederholte Spätfröste getötet oder verstümmelt, die Spätfichten sind unversehrt geblieben und bilden allein den künftigen Bestand. Nach Münch und Liske.

Gegenden mit milderem Winterklima (Südwestdeutschland, Schottland) mehr breitkronige Formen vorherrschen. Kienitz hat dies durch eine große Zahl von typischen Einzelbildern aus verschiedenen Gegenden zu belegen versucht, von denen einige der wichtigsten in Abb. 102 hier wiedergegeben werden.

Er erklärt das ebenso wie bei den Spitzfichten durch die auslesende Wirkung der Schneeeauflage, die die breitkronigen Formen durch Schneebbruch allmählich ausmerzt.

Oppermann¹ hat die auffällige Häufigkeit knorriger, dicht und gewunden beasteter Buchen, sog. „Renkformen“, in Dänemark auf die dort besonders starke und durch parzellierte Lage noch erhöhte Windwirkung zurückgeführt (vgl. Abb. 103), welche die schlanken und hochkronig angesetzten Formen im Gegensatz zu den niedrigeren und buschig gewachsenen zurückgedrängt hat. Eine erblich verschiedene Veranlagung ist nach den Beobachtungen und Aussaat-

u. Jagdztg. 1923. — Münch u. Liske: Die Forstgefährdung der Fichte in Sachsen. Tharandter forstl. Jb. 1926.

¹ Oppermann: Vrange Bøge i det nordostlige Sjaelland. Mitt. d. dän. forstl. Versuchsves. 1908.

Engler nimmt an, daß die Bonaduzer Kiefern schon seit Generationen auf dem kiesigen Boden stehen, wo die Pfahlwurzel verkümmert und Stamm und Krone verkrüppeln. Diese durch Generationen wiederholte, zunächst rein äußere Einwirkung habe schließlich eine Rückwirkung auf die Keimzellen gehabt und zu einer Veränderung der Erbanlagen geführt. (Lamarcksche Theorie der direkten Anpassung im Gegensatz zur neueren Vererbungslehre.) Wie dem auch sei, jedenfalls ist das Auftreten solcher Buschformen, wie in der Abb. 105 unten, etwas ganz Ungewöhnliches und spricht jedenfalls sehr für eine innere Veranlagung.

Daß aber äußere Einflüsse, namentlich bei kürzerer Dauer, für gewöhnlich keine erblichen Wirkungen haben, betont auch Engler und hat er an einigen anderen Fällen¹ auch nachgewiesen. So können auch die Nachkommen unsrer auf Ödland herangewachsenen „Kusselkiefern“, wie verschiedene Versuche gezeigt haben, durchaus geradschäftige Nachkommen liefern (vgl. Abb. 106). Die schlechte Form der Mutterbäume ist hier also u. U. nur auf Beschädigungen (Tortrix) oder vorübergehende ungünstige Aufwuchsverhältnisse (Freistand) zurückzuführen. Immerhin wird eine gewisse Vorsicht bei Samen von solchen Kusselkiefern geboten sein!

Das Vorkommen einer andern „Bodenrasse“ haben Münch und Dieterich bei der Esche² nachzuweisen versucht. Das Saatgut stammte teils von Jurakalk, teils aus sächsischem Auenwald. Münch spricht daher von Kalkesche und Wasserresche. Die Nachkommenschaft der Kalkeschen zeigte nach Münch eine erheblich größere Widerstandsfähigkeit gegen

Trockenheit als die Wasserreschen und dementsprechend schließlich auch im Tharandter Versuchsgarten nach eingetretenen Trockenperioden einen bedeutend kräftigeren Wuchs (vgl. die



Abb. 103. Alter, renkwüchsiger Buchenbestand in der Forst Slagslunde i. Dänemark. Nach Oppermann.



Abb. 104. Schlechtwüchsige Föhren auf Rhenschotter bei Bonaduz i. d. Schweiz. (Nach Engler.)

¹ Engler: a. a. O., S. 321.

² Münch u. Dieterich: Kalkeschen und Wasserreschen. *Silva* 1925, S. 129 ff.

2jährig verschulten Durchschnittspflanzen in Abb. 107). Nach Münchs Auf-
fassung hat die auf Kalkböden periodisch auftretende größere Trockenheit

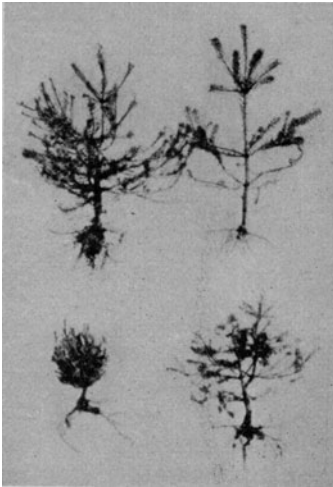


Abb. 105. Nachkommen der schlechtwüchsigen Bonaduzer Föhren, auf dem Adlisberg erzogen, 6jährig. Nach Engler. Neben leidlich normalen Formen (oben) tritt ein großer Prozentsatz schlechtformiger bis krüpplicher Formen auf!



Abb. 106. Sehr schöne und geradwüchsige Nachkommen von sog. Kusselkiefern in Oberförsterei Rohrwiese. (Versuch von Spletstößer.)
Phot. A. Dengler.

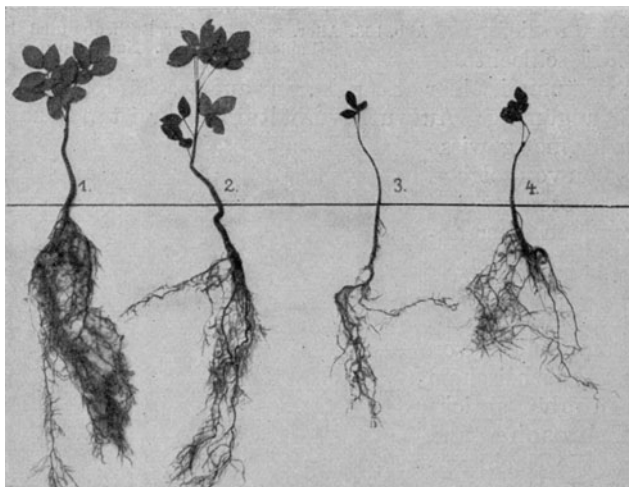


Abb. 107. Nachkommen von Muttereschen von feuchtem Niederungsboden (1, 2) und von trockenem Kalkhöhenboden (3, 4), erzogen im Versuchsgarten Tharandt i. Sa. (Nach Münch.)

hier zu einer Ausmerzung der dürrerempfindlicheren Linien und somit zur Ausbildung einer besonderen Rasse geführt.

Für die Kiefer hat neuerdings auch Seitz¹ das Vorhandensein von Standortsrassen angenommen, die er z. T. auch auf verschiedene Trocken-

¹ Seitz: Edelrassen des Waldes. 1927.

heit des Bodens, z. T. aber auf andere Verhältnisse, z. B. Alter der Einwanderung u. a. m., zurückführen will. Seitz glaubt, daß die innere, verschiedene Veranlagung sich bei diesen Rassen auch äußerlich besonders in der Art der Rindenbildung (plattige und schuppige Borke) ausprägte, und unterscheidet danach Platten- und Schuppenkiefer als Edelrassen, neben der noch eine dritte, weniger ausgeglichene Rasse stehen soll, die Landkiefer, die sich von den beiden anderen hauptsächlich durch die tiefer heruntergehende dünne Spiegelrinde unterscheidet. Neben diesen Unterschieden in der Rindenbildung sollen auch noch andere in der Holzqualität, Kernbildung usw. nebenhergehen.

Die Art und Stärke der Borkebildung ist aber, wie wir wissen, in hohem Maße von den äußeren Einflüssen abhängig. Man kann z. B. bei schief stehenden alten Kiefern fast immer beobachten, daß sie auf der Zugseite mehr dünne und plattige und auf der Druckseite, die auch im Holzzuwachs gefördert ist, dickere und schuppigere Borke zeigen (typische Platten- und Schuppenborke am selben Stamm!). Daher muß dieses Merkmal vorläufig als sehr unzuverlässig bezeichnet werden. Wenn, wie Seitz beobachtet hat und bestätigt werden kann, auf trockeneren Standorten mehr Plattenborke und auf feuchteren mehr Schuppenborke auftritt, so kann das ebensogut nur eine Standortmodifikation infolge schwächeren oder stärkeren Zuwachsganges sein wie ein Ausfluß innerer Veranlagung¹.

Jedenfalls wäre es verfrüht, hier von einer Rassenbildung zu sprechen, ehe nicht durch einwandfreie Vergleichsversuche nachgewiesen ist, daß die Nachkommenschaften sich verschieden verhalten. Und das ist hier, im Gegensatz zu den meisten übrigen der vorerwähnten Rassen, noch nicht geschehen.

So beachtenswert im allgemeinen auch alle Beobachtungen und Versuche bezüglich einer Rassenbildung durch einzelne Standortfaktoren sind, da sie durchaus im Bereich des Möglichen liegen, so sind ihre Ergebnisse doch gegenüber den Feststellungen bei den klimatischen Rassen vorläufig fast durchweg noch nicht genügend gesichert.

Selbst da, wo Unterschiede im Nachwuchs gefunden sind, läßt sich gegen die Deutung meist noch manches einwenden. Ergebnisse, die nur einmal und an einer Stelle gefunden wurden, sind immer noch von Zufälligkeiten und unvermeidlichen Versuchsfehlern abhängig, wie das z. B. auch bei den Provenienzversuchen der Versuchsanstalten hervorgetreten ist (vgl. S. 207 bei Tharandt).

Wir werden daher erst von der weiteren Forschung auf diesem Gebiet ihre volle Sicherstellung und Bestätigung abwarten müssen. In jedem Fall aber sind sie eindringlich genug, um die Praxis bei der Verwendung von Saatgut zur äußersten Vorsicht zu mahnen und immer wieder den Vorzug der Sicherheit des eng standörtlich erprobten, insbesondere des eigengewonnenen Samens, zu unterstreichen.

Individuelle Vererbung. Wir haben zum Schluß noch auf die Fragen der sog. individuellen Vererbung einzugehen. Wenn unsere Bestände wirklich ein Gemisch reiner Linien bilden, mehr oder minder mit Bastarden durchsetzt, dann könnten die einzelnen Bäume eines solchen Bestandes genotypisch recht verschieden veranlagt sein. Wenn wir dies aber durch vergleichende Nachzucht von einzelnen Mutterbäumen prüfen wollen, so stoßen wir sofort auf die Schwierigkeit, daß wir zwar die Mutter, aber nicht den Vater kennen, da die Bestäubung ja von einem genotypisch anders veranlagten Nachbarbaum aus stattgefunden

¹ Vgl. hierzu die Untersuchungen von Schmidt: Holzgüte als Zuchtziel. Forstarchiv 1928, H. 5, sowie den Bericht über die Versammlung d. märk. Forstver. in Havelberg 1928, wo die ganze Frage eingehend erörtert worden ist.

haben kann. Nur wenn gewisse Anlagen des Mutterbaums sich dominant verhalten sollten, würde ein sichtbarer Erfolg in der Nachkommenschaft auftreten. Würden aber Anlagen vom unbekanntem Vater her dominant sein, so würde man sogar ein ganz verwirrendes Ergebnis erhalten. In jedem Fall würde man bei Bastardbefruchtung eine in zweiter Generation wieder aufspaltende Nachkommenschaft erhalten, also keine dauernde Verbesserung. Nur wenn Vater und Mutter in bezug auf die gewünschte Eigenschaft der gleichen reinen Linie angehören würden, würde eine solche dauernde Verbesserung herauspringen. Überlegt man sich ferner, wie schwer es im Einzelfall einer Eigenschaft anzusehen ist, ob sie innerlich veranlagt oder nur durch vorübergehende äußere Einflüsse bedingt ist, so ist damit von vornherein die ganze Schwierigkeit und die große Unsicherheit gegeben, die alle Einzelbeobachtungen und Einzelversuche auf dem Gebiet der sog. Individualauslese mit Beurteilung durch die Nachkommen-

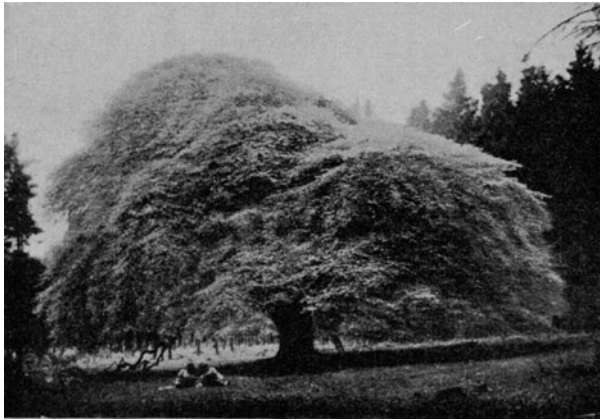


Abb. 108. Sog. Süntelbuche (wahrscheinlich Mutationsform) bei Baden
I. Hann. Phot. Fläm es.

schaft bei unseren Waldbäumen haben müssen. Immerhin glaubt man gerade in dem Umstand der Windbestäubung einen gewissen Vorteil zu haben, indem man annimmt, daß der Pollenstaub beim Fluge durch die Luft gleichmäßig durchgemischt wird und daher als gleichwertig zu betrachten sei. Wenn dann die Nachzuchten von einzelnen Mutterbäumen verschiedene Nachkommenschaften liefern, so müßte das auf das Durch-

schlagen der mütterlichen Veranlagung zurückzuführen sein. Man kann danach gute und schlechte Vererber unterscheiden und diese je nachdem zur Samengewinnung auswählen bzw. davon ausschließen.

Bekanntlich sind auf dem Gebiete der Roggenzüchtung auf diesem Wege die berühmten Erfolge des Herrn von Lochow sen. in Petkus, erreicht worden. Die Forstwirtschaft hätte vor der Landwirtschaft hierbei den Vorteil voraus, die als gute Vererber erkannten „Elitebäume“ durch Samengewinnung am stehenden Stamm immer wieder benutzen zu können.

Bei der Kiefer und der Fichte ist dieses Verfahren der Zapfengewinnung durch besonders ausgebildete und mit Steigeisen versehene Pflücker (scherzhaft wegen ihrer Gewandtheit „Baumaffen“ genannt) schon in älterer Zeit bekannt und jetzt verschiedentlich neu ausgebildet worden (Preußische Oberförsterei Wolfgang b. Hanau, von Neumann in Hanseberg i. d. Mark und von Lochow in Petkus).

Jedenfalls ist es sehr verdienstlich, daß Herr v. Lochow jun. in Petkus in jüngster Zeit mit Versuchen einer solchen Individualauslese von Elitestämmen begonnen hat, die, wie ich mich bei einem Besuche dort überzeugen konnte, in einzelnen Fällen deutliche Unterschiede zu zeigen scheinen. Gesicherte Ergebnisse sind aber erst in einigen Jahren nach öfterer Wiederholung zu erwarten.

Mutationen. Alles, was bisher über individuelle Vererbung bezüglich Geradschäftigkeit, Zwieselwuchs u. a. m. beobachtet worden ist, beruht vorläufig mehr oder minder nur auf Vermutungen. In ein ganz anderes Gebiet gehört die nachgewiesene Vererbung von einzelnen abnormen Baumformen (Blutblättrigkeit, Hängeformen, Kugelformen u. dgl.). Bei diesen sog. Spielarten handelt es sich in den meisten Fällen wohl um sog. Mutationen, die forstlich leider meist wertlose und sogar minderwertige Eigenschaften aufweisen. Unter der Nachkommenschaft zeigt meist nur ein Bruchteil die Eigenschaften des Mutterbaumes unverändert, ein anderer Teil hat die alte Normalform. Daneben kommen öfters noch Übergangs- und Zwischenformen heraus. Eine solche bei uns in einigen Waldungen in Hannover auftretende Form ist z. B. wahrscheinlich die sog. Süntelbuche (vgl. Abb. 108). Ähnliche Hängeformen finden sich häufiger in Dänemark, und an ihren Nachzuchten konnte Oppermann¹ die oben erwähnte sehr verschiedenartige Zusammensetzung beobachten. Ebenso fand Engler für eine abnorm buschig beästete Fichte bei Ringgenberg in der Schweiz² in der Nachkommenschaft 53 % buschige bis kugelige Jungfichten, 16 % normale, die aber auffallend langsamwüchsig waren, und 31 % Übergangsformen.

Das Bestehen besonderer Standortsrassen und die Erblichkeit von Wachsanlagen bei einzelnen Mutterbäumen ist also bis heute noch nicht genügend einwandfrei oder genügend häufig genug nachgewiesen, um daran schon große Hoffnungen für praktische Züchtungserfolge knüpfen zu können. Dagegen haben die zahlreichen Anbauversuche mit Samen aus verschiedenen Klimagebieten zweifellos das Bestehen besonderer Rassen ergeben, die zwar durchaus kein erblich einheitliches Material darzustellen brauchen, die aber jedenfalls im Durchschnitt ein besonderes Bild zeigen, das sich von dem Durchschnittsbild der anderen Rasse deutlich abhebt. In der Landwirtschaft spricht man in ähnlichen Fällen von „Landsorten“, z. B. märkischem, pommerschem Roggen u. dgl. Die in einem Gebiet alteinheimische Rasse stellt also schon etwas vom dortigen Klima Durchgeseibtes und dafür Erprobtes dar, was zunächst eine größere Sicherheit bietet als eine unerprobte fremde Rasse. Hierfür sprechen nicht nur die wissenschaftlichen Provenienzversuche, sondern auch die vielen Mißerfolge, die die Praxis bei Bezug von fremdem Saatgut festgestellt hat.

Entwicklung der Saatgutenerkennung. Erst durch diese Mißerfolge war die ganze Frage in Fluß gekommen. Sie hat in der Folge dann immer weitere Kreise gezogen, die schließlich sogar zu forstpolitischen Maßnahmen führten. Schweden und Norwegen sicherten sich durch hohe Prohibitivzölle gegen die Einfuhr fremden Samens. In Deutschland bildete sich eine Kontrollvereinigung von Samenhändlern, die sich verpflichtete, nur Samen garantiert deutscher Herkunft zu liefern, und sich zur Sicherung dafür einer Kontrolle ihrer Bücher und Betriebe durch den Deutschen Forstverein unterwarf. Schließlich erkannte man aber, daß auch dies nicht genügte, da die fremdländischen Bestände in Deutschland schon frühzeitig und z. T. sehr reichlich Samen trugen, der von den einheimischen Sammlern natürlich wahllos und wegen des bequemen Pflückens an den niedrigen und z. T. krüpplichen Beständen sogar besonders gern genommen wurde. Außerdem stellte sich heraus, daß auch innerhalb des Landes die einheimischen Bestände einzelner Klimagebiete in ihren Nachkommenschaften Wuchsunterschiede zeigten. Schließlich vertrat man sogar den Gedanken, daß gut gewachsene Bestände ganz allgemein auch bessere Nach-

¹ Oppermann: Renkbuchen im nordöstlichen Seeland. Mitt. d. dän. forstl. Versuchswes. 1908.

² Engler: Mitt. d. schweiz. Zentralsant. f. d. forstl. Versuchswes. 1905, S. 198.

kommenschaftern liefern würden als schlecht- und besonders krummwüchsige, ästige oder stark von Krankheiten verseuchte. Man entschloß sich zur Organisation einer Saatgutenerkennung nach landwirtschaftlichem Vorbild. Es bildete sich im Jahre 1924 in Deutschland der „Hauptausschuß für forstliche Saatgutenerkennung“ mit seinen über das ganze Land verteilten Ortsausschüssen, die auf Antrag einzelne Reviere bereisen und besichtigen und die einzelnen Bestände als geeignet für die Saatgutgewinnung „anerkennen“ bzw. als ungeeignet „aberkennen“, wenn sie schlecht sind oder sich schlechte, besonders verdächtige fremdländische Bestände in ihrer Nähe befinden. Die anerkannten Reviere werden in den Fachzeitschriften veröffentlicht, und der Handel mit anerkanntem Saatgut unter eingetragenem Warenzeichen genießt gesetzlichen Schutz. So weit steht heute die praktische Seite der Frage in Deutschland.

Rassenbezirke in Deutschland. Da das Ideal der Saatgutbeschaffung aus eigenen oder in nächster Nähe befindlichen Beständen sich bei dem großen Bedarf und dem oft mangelhaften Samenertrag unserer Bestände nicht immer verwirklichen lassen wird, so hat man versucht, eine Abgrenzung von Rassenbezirken in Deutschland teils nach klimatischen Gesichtspunkten, teils nach Unterschieden der Holzarten in Wuchs, Form und sonstigem Verhalten vorzunehmen. Zunächst ist das für die Kiefer als die wichtigste Art durchgeführt worden. Selbstverständlich haftet einer solchen Einteilung, soweit noch vergleichende Anbauversuche fehlen, immer etwas Willkürliches an.

Einen gewissen Ersatz könnte nur eine genaue Analyse typischer Durchschnittsbestände bieten. Eine solche hat Vanselow¹ durch sehr sorgfältige Messungen für Bestände der Kiefer im oberhessischen Bergland (Grebenu) und in der hessischen Tiefebene (Eberstadt b. Darmstadt) ausgeführt und dabei bestimmte zahlenmäßige Unterschiede in relativer Kronenlänge, Schiefstand und Krummwüchsigkeit gefunden. Wie aber Vanselow selber einschränkend bemerkt, brauchen diese Unterschiede nicht allein auf innerer Veranlagung zu beruhen, sondern sie sind teilweise vielleicht auch auf den verschiedenen Standort zurückzuführen.

Das Sicherste ist und bleibt auch hier immer der vergleichende Anbauversuch, der freilich erst nach Jahren zu Ergebnissen führt. Solche liegen zunächst nur für die deutschen Herkünfte Ostpreußen, Brandenburg und Rheinpfalz vor und haben, wie wir sahen, sichere Rassenunterschiede gezeigt. In einer sehr ausführlichen Arbeit hat Münch² alles, was aus Versuchen, allgemeinen waldbaulichen Beobachtungen und den Ertragsuntersuchungen der verschiedenen deutschen Versuchsanstalten an Besonderheiten und Unterschieden der Kiefer in Deutschland bekannt ist, zusammengestellt und durch zahlreiche Abbildungen veranschaulicht.

In Anlehnung daran und in teilweiser Erweiterung der Münchschen Rassengliederung hat der Hauptausschuß für forstliche Saatgutenerkennung 7 Kiefernrassegebiete in Deutschland ausgeschieden: 1. die ostpreussische Kiefer (Ostpreußen), 2. die nordostdeutsche Tieflandskiefer (Tiefland zwischen Weichsel und Elb-Saale-Linie), 3. die nordwestdeutsche Tieflandskiefer (südliches Hannover und Altmark, soweit natürlich vorkommend), 4. die ost- und mitteldeutsche Höhenkiefer (schlesisches, sächsisches und thüringisches Mittel- und Vorgebirge bis nach Kur- und Oberhessen und mit dem fränkischen und oberpfälzischen Berg- und Hügelland), 5. die süddeutsche Kiefer (oberbayrisch-schwäbische Hochebene), 6. die Schwarzwaldkiefer (badischer und württembergischer Schwarzwald mit Vorbergen),

¹ Vanselow: Höhenkiefer und Tieflandskiefer. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1928, S. 193 ff.

² Münch: Beiträge zur Kenntnis der Kiefernrasse Deutschlands. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1924 u. 1925.

7. die südwestdeutsche Tieflandskiefer (hessische und badische Rhein-Main-Ebene und Rheinpfalz).

Man kann diese Gliederung vom praktischen Standpunkt aus als angemessen und zweckmäßig bezeichnen, um für den Samenhandel zunächst einmal eine feste Abgrenzung zu schaffen. Wissenschaftlich ist sie nur teilweise zu begründen, und manches daran wird sich wohl durch spätere Untersuchungen noch ändern. Selbstverständlich wird es überall da, wo keine isolierten Gebiete vorliegen, überhaupt keine bestimmte Rassengrenze geben. Sondern ebenso, wie die Klimacharaktere ganz allmählich ineinander übergehen, werden das auch die Rassen tun. Für den Saatgutbezug in der Praxis wird man sich auch durchaus nicht nur an den eignen Rassebezirk zu binden brauchen, sondern da, wo eine benachbarte Rasse gute oder bessere Leistungen zeigt, auch diese versuchen, z. B. in Brandenburg die ostpreußische, die ja schon in den Provenienzversuchen neben der märkischen Besseres in Geradschäftigkeit und feinerer Bestung bei gleichem Höhenwuchs geleistet hat.

Aussichten für eine forstliche Hochzucht. Den Hauptwert der forstlichen Saatgutenerkennung in Deutschland sehe ich vorläufig darin, daß sie die untauglichen Fremdbestände im anerkannten Saatgut ausschließt. Damit ist schon viel gewonnen. Im übrigen aber liegen die Verhältnisse im Walde ganz anders wie in der Landwirtschaft, so daß man aus der Saatgutenerkennung auf forstlichem Gebiet wahrscheinlich niemals die gleichen Erfolge erzielen wird wie dort.

Es ist von vornherein einem alten Waldbestand sehr schwer anzusehen, ob sein guter oder schlechter Wuchs auf innerer Veranlagung beruht oder auf Zufälligkeiten in seiner Entstehungsgeschichte. Eine gute geschlossene Verjüngung, eine von Wildverbiß, Insektenbefall und andern Beschädigungen freie Entwicklung kann ebenso einem schlechter veranlagten Bestand ein viel besseres Bild verleihen wie beim Vorliegen solcher Zufälle dem besser veranlagten ein schlechteres. Sicher hat bei dem scharfen Kampf ums Dasein im Walde und der langen Lebensdauer der Bestände auch schon eine starke Auslese des Wuchstüchtigsten und Widerstandsfähigsten durch die Natur stattgefunden (Naturauslese). Da, wo die Naturzüchtung mit unseren wirtschaftlichen Zielen nicht übereinstimmt bzw. sich indifferent verhält, wie z. B. bei Geradschäftigkeit, Ästigkeit usw., treffen wir heute diese Auslese durch die immer wiederkehrende Durchforstung in zweckmäßiger Weise selbst ohne züchterische Absichten. Man kann also wohl annehmen, daß durch diese sich gegenseitig ergänzenden Verhältnisse schon ziemlich alles herausgeholt wird, was aus der vorliegenden Population herauszuholen ist. Ob darüber hinaus durch Samenbezug von Elitebeständen oder durch Individualauslese von Elitestämmen die Leistung noch wesentlich zu steigern sein wird, darf vielleicht bezweifelt werden. Ja, man wird sich hier sogar die Frage stellen müssen, ob die Verwendung solch besonders wertvollen und daher auch teureren Saatgutes nicht eine gewisse Verschwendung bedeutet, da von den vielen Zehntausenden bis Hunderttausenden von Samenkörnern, die wir bei der Saat auf einen Hektar bringen, doch nur einige Hundert Stämme bis zu dem Zeitpunkt übrigbleiben, wo es erst auf besonders gute Stammeigenschaften, wie Geradschäftigkeit, Astreinheit u. dgl., ankommt. Für das in jüngeren Beständen anfallende Durchforstungsholz spielen derartige Eigenschaften ja keinerlei Rolle. Es ist daher auch schon der Gedanke aufgetaucht, ob man derartiges auserlesenes Saatgut nicht mit gewöhnlichem mischen soll. Das er-

scheint aber doch bis zu einem gewissen Grade gefährlich, da bei nicht rechtzeitiger und sorgfältiger Bestandespflege das minderwertige durch Breitkronigkeit, Ästigkeit u. dgl. leicht die Oberhand gewinnen könnte. Eher würde zu empfehlen sein, daß man sich bei Verwendung von besonders wertvollem und teurem Saatgut von vornherein auf die Pflanzung beschränkt, die selbst bei nicht zu weitem Verband erheblich sparsamer mit derartigem Samen umgeht wie die Saat. (Daß man damit freilich wieder auf manche Vorteile der Saat gegenüber der Pflanzung verzichten muß, ist sicher.) Jedenfalls aber muß verlangt werden, daß mindestens ein Teil der mit Saatgut von Elitebeständen oder Elitestämmen begründeten Bestände unter dauernde Beobachtung gestellt wird, und daß geeignete Vergleichskulturen angelegt werden, damit wir wenigstens nach einigen Jahrzehnten wissen, ob wir auf dem so eingeschlagenen Wege wirklich etwas erreichen oder nicht.

Dritter Abschnitt. Die Lebenserscheinungen und der Ablauf des Lebens im Walde.

16. Kapitel. Blüten und Früchten.

Allgemeine Bedingungen des Blühens. Zur Ökologie des Waldes gehört auch die Kenntnis seiner hauptsächlichsten Lebenserscheinungen und des Entwicklungsganges, wie er sich im großen Kreislauf von der Verjüngung bis zur Ernte bzw. bis zum natürlichen Tode abspielt. Wir wollen mit denjenigen Vorgängen beginnen, die die Vorbedingungen für die Verjüngung sind, nämlich mit dem Blühen und Früchten.

Blühen und Früchten ist nicht immer miteinander verbunden. In manchen Jahren blühen unsere Waldbäume reichlich und tragen doch nur wenig oder gar keine Früchte. Im allgemeinen werden uns nur die guten und schlechten Samenjahre bekannt, da diese sich bei der Verjüngung oder beim Sammeln des Samens deutlich bemerkbar machen. Die Beobachtung des Blühens aber ist wegen der Unscheinbarkeit unserer Baumblüten und ihrer Entfernung von der Erde einigermaßen erschwert. Ein Teil unserer Waldbäume wirft aber bald nach dem Blühen die männlichen Blütenstände ab, die sich dann oft in großer Menge auf dem Boden, besonders auf den Waldwegen finden und danach immerhin auf den Umfang der eingetretenen Blüte einigermaßen schließen lassen.

So finden wir die ähnlich wie großer Raupenkot aussehenden männlichen Blütenstände unserer Nadelhölzer, die wurmförmigen Kätzchen der Erlen und Hainbuchen, die unregelmäßigen Träubchen der Eichen und die büscheligen Köpfe der männlichen Buchenblüte. Eine aufmerksame Beobachtung dieser Zeichen am Boden des Waldes ermöglicht oft schon eine richtige Einschätzung des Umfangs der Blüte.

Bei der Rotbuche ist der Blütenansatz sogar schon im Winter vorher zu erkennen, da die Blütenknospen sich durch ihre Größe und rundlichere Form von den schlanken Blattknospen unterscheiden und bei einiger Übung auch von unten her gegen den freien Himmel ganz gut als solche erkannt werden können.

Daß die verschieden starke Blütenbildung der einzelnen Jahre irgendwie von der Witterung abhängen muß, geht schon aus der oft schlagartig über große Gebiete hin einsetzenden Blüte vieler Waldbäume in manchen Jahren hervor, während in anderen Jahren auf ebenso großen Gebieten jede

Blütenbildung unterbleibt. Da die Anlage der Blütenknospen aber schon im Sommer vorher erfolgt, so kann der Zusammenhang niemals in der Witterung des Blütejahres selbst gesucht werden, sondern er muß im Vorjahr liegen. Tatsächlich haben statistische Beobachtungen des Samenertrages bei einzelnen Waldbäumen gezeigt, daß ein heißer und trockener Vorsommer den Blütenansatz zu begünstigen scheint¹. Das tritt besonders bei Bäumen mit selteneren Blütejahren, vor allem bei der Buche hervor, ist aber auch bei den Obstbäumen beobachtet worden.

Die physiologischen Ursachen der Blütenbildung sind von namhaften Botanikern, besonders eingehend von Klebs, auf experimentellem Wege erforscht. Es ist danach bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich gemacht worden, daß eine Anhäufung der organischen Nährstoffe, insbesondere der Kohlenhydrate, im Verhältnis zu den anorganischen Stoffen (Nährsalzen) die Blütenbildung bedingt, so zwar, daß sie erst bei einer gewissen Größe des Faktors $\frac{C}{N}$ eintritt und mit ihm steigt und fällt.

Es stimmen damit auch eine ganze Anzahl von ökologischen Beobachtungen gut überein. So könnte man den reichen Blütenansatz in heißen, trockenen Sommern mit der gesteigerten Assimilation bei verringerter Nährsalzaufnahme erklären. Ebendahin gehört die gärtnerische Erfahrung, daß Wurzelverschnitt oder Ringelung bei Obstbäumen, die bisher unter geblüht haben, diese zum Blühen veranlassen kann. Eine ähnliche Wirkung beschränkter Nährstoffzufuhr (Hungerfruchtbarkeit genannt) kann man mitunter an jungen, sonst noch nicht mannbaren Bäumchen beobachten, wenn sie irgendwie schwer erkrankt sind. So fand ich einmal eine junge Douglasie, deren Wurzel vom Hallimasch befallen war, und die als einzige unter vielen Hundert gleichaltrigen Pflanzen kurz vor ihrem Eingehen noch vorzeitig und reichlich geblüht und Zapfen angesetzt hatte (Abb. 109). Ähnlich würde vielleicht auch das frühe und häufige Blühen unserer Ödlandkiefern (Kusseln) zu erklären sein, die bei verhältnismäßig großen und allseitig belichteten Kronen ein sehr extensives und oberflächlich entwickeltes Wurzelsystem haben, so daß in Trockenzeiten die Nährstoffaufnahme

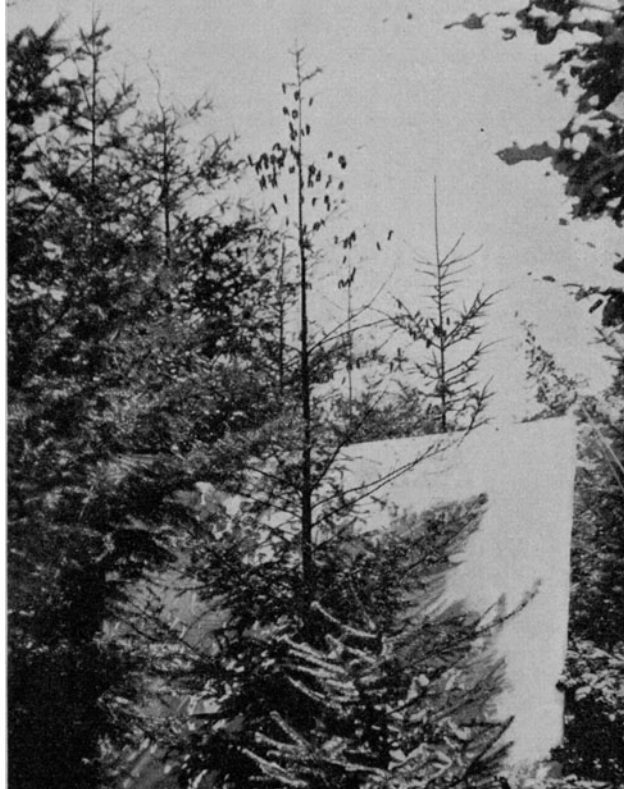


Abb. 109. Fröhreife einer ca. 15jährigen Douglasie kurz vor ihrem Eingehen durch den Hallimasch. Der Wipfel war dicht mit Zapfen besetzt, die auch einige keimfähige Samen enthielten. Einziger fruchtender Baum unter vielen Hundert gleichaltrigen (Oberförsterei Chorin).

Phot. A. Dengler.

¹ Seeger: Samenproduktion der Waldbäume in Baden. Naturwiss. Z. f. Forst- u. Landwirtsch. 1913, S. 529.

recht beschränkt sein wird, während verhältnismäßig viel Assimilate gebildet werden können.

Diesen Beispielen für die Klebssche Anschauung scheinen aber auch andere Beobachtungen entgegenzustehen. So die Tatsache, daß Stockausschläge viel früher fruchten wie aus Samen hervorgegangene Bäume, trotzdem die ersteren doch meist ein größeres Wurzelsystem haben und daher die Nährsalzzufuhr verhältnismäßig erhöht sein muß, wie sich das auch in dem üppigeren vegetativen Wachstum verrät. Ähnlich müßte das in Amerika hier und da geübte „Mulchen“ wirken, bei dem der Boden unter Obstbäumen mit Streu, Gras u. dgl. dick abgedeckt und damit feuchter erhalten wird. Es sollen bedeutende Steigerungen des Obstertrages danach beobachtet sein. Widersprechend ist auch die oft gemachte Beobachtung, daß geköpfte oder sonstwie verstümmelte Bäume und Äste zu vorzeitiger und manchmal abnorm starker Samenbildung neigen¹. In Frankreich wird nach den Mitteilungen von Schott ein solcher Verstümmelungsbetrieb bei der Kiefer geradezu zur leichteren und reichlicheren Zapfengewinnung durchgeführt. Ein ähnlicher Versuch von Busse² bei etwa 20-jährigen Kiefern zeigte ebenfalls ein verstärktes Blühen. Man hat daher derartige Maßregeln sogar für Züchtungszwecke bei Waldbäumen vorgeschlagen, um bei Elitezuchten rasch wieder Samen in der zweiten Generation zu erhalten. In allen derartigen Fällen scheint die Theorie von Klebs nicht zu stimmen oder doch zur Erklärung nicht hinreichend. Auch vom rein physiologischen Standpunkt bestehen noch manche Bedenken³.

Mannbarkeit. Im allgemeinen blühen unsere Waldbäume erst nach Erreichung eines gewissen Lebensalters (Mannbarkeitsalter). Dieses ist bei den einzelnen Arten verschieden, unterliegt bei derselben Art aber auch äußeren Einwirkungen. Alle Arten blühen im Freiland gewöhnlich früher als im geschlossenen Bestand, im Durchschnitt etwa 10—20 Jahre. Dementsprechend zeigen auch Randstämme immer reichlicheres Blühen und Fruchten als Innenstämme, und es ist ein alter und durch die Erfahrung erprobter Grundsatz, daß man durch Freistellung der Kronen diese zu reichlicherem Blütenansatz erziehen kann.

Zu den am frühesten mannbar werdenden Holzarten rechnen im allgemeinen Birke, Erle, Lärche und Kiefer (im Freiland 10—12 Jahre). Danach folgen Hainbuche, Linden, Ahorne mit etwa 20—30 Jahren, Eichen und Fichten mit 30—40 Jahren, die Rotbuche mit 40—50 und am spätesten die Tanne mit 50—60 Jahren. Doch sind das nur grobe Durchschnittswerte, die im einzelnen vielerlei Abweichungen zeigen.

Blütezeiten der Holzarten. Die Blütezeiten der einzelnen Arten im Jahre sind sehr verschieden. Im wärmsten Teil von Süddeutschland liegen sie etwa 3 Wochen früher wie im kältesten Teil Nordostdeutschlands (Ostpreußen). Die durchschnittliche Blütezeit fällt im mittleren Norddeutschland etwa in folgende Monate: Ende Februar—Mitte März: Hasel; März—April: Erle, Weiden, Aspe, Rüstern, Spitzahorn; April—Mai: Lärche, Esche, Birke, beide Eichen, Hainbuche, Bergahorn; Mai—Juni: Fichte, Kiefer, Tanne; Juni—Juli: Linde, Eßkastanie, Akazie.

Vielfach wird angegeben, daß die Stieleiche 8—14 Tage vor der Traubeneiche blühen und austreiben soll. Weder die 10-jährigen forstlich-phänologischen Beobachtungen der deutschen forstlichen Versuchsanstalten⁴, noch die in der Schweiz von Burger⁵ haben das bestätigen können. Da reine Vertreter beider Arten auf vergleichbaren Standorten nicht immer vorhanden sind, so sind die Beobachtungen wohl oft sehr erschwert. Wo der Fehler liegt, ist nicht zu entscheiden.

¹ Im Jb. d. dtsh. dendrol. Ges. 1919, Tafel 20, findet sich die Abbildung einer jungen *Picea pungens*, der jahrelang die oberen Triebe ausgebrochen wurden, und die sich dann mit Hunderten von Zapfen bedeckte.

² Busse: Blüten- und Fruchtbildung künstlich verletzter Kiefern. Forstwiss. Zbl. 1924, H. 8.

³ Vgl. dazu Benecke u. Jost: Pflanzenphysiologie, 4. Aufl., Bd. 2, S. 182.

⁴ Herausgegeben von Wimmenauer. Berlin 1897.

⁵ Burger: Über morphologische und biologische Eigenschaften der Stiel- und Traubeneiche. Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. 1914, S. 332.

Die großblättrige Sommerlinde blüht 8—10 Tage früher als die kleinblättrige Linde. Hier liegen übereinstimmende Beobachtungen, besonders von seiten der Bienezüchter, vor.

Bestäubung und Befruchtung. Die Bestäubung und damit auch der Eintritt der Befruchtung ist wie bei allen Blütenpflanzen in hohem Maße vom Wetter abhängig. Nasses und regnerisches Wetter behindert sowohl die Bestäubung durch den Wind, weil sich die Antheren dann nicht öffnen und etwa in der Luft befindlicher Blütenstaub von den Regentropfen zu Boden geführt wird, ebenso hemmt der Regen auch den Blütenbesuch durch Insekten. Kurze Regenschauer mit dazwischen auftretendem Sonnenschein sind aber offenbar weniger schädlich, da nach eigenen Beobachtungen bei der Kiefer das Stäuben in Zwischenzeiten von oft nur einstündiger Dauer bereits wieder beginnt, ebenso fliegen auch die Bienen dann wieder.

Die meisten unserer einheimischen Waldbäume sind Windbestäuber, so alle unsere Nadelhölzer, und unter den Laubbälzern die Eiche, Buche, Erle, Hasel, Birke, Hainbuche und Aspe. Alle diese Arten haben ja getrenntgeschlechtliche Blüten, die weder in Farbe und Duft noch durch Nektarbildung irgendwelche Anlockungsmittel für Insekten besitzen, dagegen durch ihren großen Pollenreichtum, vielfach auch durch lockere, hängende Form der männlichen Blütenstände (Kätzchen) ganz auf Windverbreitung eingerichtet sind.

Allerdings wird der Pollen mancher Arten, z. B. der Tanne, auch von den Bienen gesammelt, ohne daß aber der Besuch auch weiblicher Blüten beobachtet ist. Die Eßkastanie, deren Blütenstände unten meist weiblich, oben männlich sind, und deren Blüten neben einem starken Duft auch gelegentlich Nektartröpfchen zeigen, soll teils wind-, teils insektenblütig sein. Auch die mehr oder minder zwittrblütigen Rüstern sind Windbestäuber, während umgekehrt die nicht nur eingeschlechtlichen, sondern sogar einhäusigen Weiden wieder vorwiegend durch Insekten bestäubt werden und dementsprechend auch Nektarausscheidung besitzen. Bekannt ist ja die wichtige Rolle der frühen Sahlweidenblüte für die ersten Ausflüge der Bienen.

Unsere Linden, Ahorne, die Sorbus-, Prunus- und Pirusarten sowie die eingeführte Robinie sind reine Insektenblütler.

Offenbar ist die vorherrschende Windblütigkeit in der Baumflora der mittel- und nordeuropäischen Länder im Gegensatz zu den subtropischen und tropischen Wäldern eine Anpassung an das ungünstigere Klima der Blütezeit, die notwendigerweise früh sein muß, damit der Same noch ausreifen kann, andererseits aber den Insektenbeflug oft behindert. Man kann in der relativen Seltenheit des Vorkommens unserer insektenblütigen Waldbäume gegenüber dem massenhaften Auftreten der Windblütler, besonders der am meisten pollenerzeugenden Nadelhölzer vielleicht einen gewissen Zusammenhang mit diesen Verhältnissen sehen. Aber daß dabei auch noch andere Umstände mitsprechen, ist sehr wahrscheinlich.

Für die Sicherheit und die Art der Bestäubung, ob Kreuzbestäubung oder Selbstbestäubung, ist natürlich die Stellung und Verteilung der Blüten in der Baumkrone von Bedeutung. Darwin sah schon in der auffälligen Häufigkeit der eingeschlechtigkeit bei den Waldbäumen ein Mittel, um die Eigenbestäubung möglichst zu verhindern. Doch dürfte außerdem auch die Verteilung der männlichen und weiblichen Blüten am Einzelbaum hierbei von starkem Einfluß sein.

Bei Fichte und Tanne sind diese ziemlich voneinander getrennt, indem die weiblichen sich meist auf die obere Kronenspitze beschränken, während die männlichen mehr unten sitzen. Bei der Kiefer ist diese Trennung zwar nicht so stark ausgeprägt, aber eine Neigung dazu ist ebenfalls unverkennbar. Bei den Laubbälzern, soweit diese nicht überhaupt zwittrblütig sind, sind aber männ-

liche und weibliche Blütenstände durcheinandergestellt, bei Eiche und Buche stehen sie sogar vielfach ganz dicht beieinander am selben Kurztrieb. Daß eine derartige Mischung bzw. Nachbarschaft die Eigenbestäubung eigentlich erleichtern müßte, ist anzunehmen. Genauere Beobachtungen fehlen aber vollständig.

Im allgemeinen will man bei alleinstehenden Waldbäumen, besonders bei der Buche und noch mehr bei Parkbäumen, vielfach Unfruchtbarkeit oder Taubsamigkeit beobachtet haben, die man auf die Erfolglosigkeit der Eigenbestäubung zurückführt. Da man in anderen Fällen aber wieder die Bildung durchaus keimfähiger Samen feststellen mußte, so kann man hier keine allgemeinen Folgerungen ziehen.

Für die Fichte hat Sylvén¹ die Möglichkeit erfolgreicher Eigenbestäubung nachgewiesen, doch zeigten die Samen etwas geringere Keimfähigkeit und die Keimlinge anscheinend auch Degeneration, da etwa 33 % davon eingingen, während von den aus Kreuzbestäubung hervorgegangenen Vergleichspflanzen nur 9 % abstarben. Auch für die Kiefer ist nach einem Versuch von Sylvén und einigen von mir angestellten die Selbstbestäubung zwar möglich, aber offenbar schlechter und unsicherer. Ich habe im Vergleich zu Kreuzbestäubungen sehr oft gar keinen Zapfenansatz, und in den wenigen gut ausgebildeten Zapfen auch sehr viele taube Samen erhalten.

Die Menge des Pollens ist besonders bei den windblütigen Nadelhölzern ungeheuer groß. Bei der Flugfähigkeit des Pollens werden in Blütejahren oft riesige Mengen weit weggeführt und bei Regen niedergeschlagen, so daß sich Straßen und Rinnsteine gelb färben, was im Mittelalter zu abergläubischen Vorstellungen von „Schwefelregen“ geführt hat. So wurde in Kopenhagen am 25. Mai 1804 ein solcher außerordentlich starker Pollenanflug beobachtet, der nach der Windrichtung aus den mecklenburgischen Kiefernwaldungen stammen mußte, also aus mindestens 150 km Entfernung.

Sehr interessante Beobachtungen hat Hesselman im Jahre 1918 auf zwei Feuerschiffen im Bottnischen Meerbusen angestellt, wobei der anfliegende Pollen täglich in Petrischalen aufgefangen und dann mikroskopisch bestimmt und gezählt wurde. Die Zahl der Pollen, die in der Zeit vom 16. Mai bis 26. Juni anflug, betrug pro Quadratmillimeter Fläche:

	Feuerschiff I 30 km vom Land	Feuerschiff II 55 km vom Land
Fichte	7 Stück	4 Stück
Kiefer	2 ..	1 ..
Birke	7 ..	4 ..

Der Pollen stammte jedenfalls wohl von der schwedischen Küste, da meist westliche Winde wehten und auch die Verdünnung des Pollens auf Schiff II (25 km weiter

seewärts) dafür spricht. Dort betrug ja die Pollenmenge nur noch die Hälfte wie auf Schiff I. Wenn Hesselman nach diesen Ergebnissen auf die Möglichkeit einer Fernbestäubung unserer Waldbäume durch eine entfernte Rasse hinweist, so ist das nicht abzuleugnen. Immerhin sind 4 Pollenkörner je Quadratmillimeter auf 55 km Entfernung doch wohl zu wenig, um eine mehr als vereinzelte Bestäubung der vielen Samenanlagen einer weiblichen Kiefernblüte zu bewirken. Außerdem ist die Zeit der Empfängnisfähigkeit nach meinen bisherigen Beobachtungen und Bestäubungsversuchen wahrscheinlich höchst kurz, bei der einzelnen Blüte wohl nur wenige Tage, am ganzen Baum etwa 10—14 Tage, so daß es schon eines Zusammentreffens vieler besonderer Umstände bedürfen wird, wenn einmal eine umfangreichere Fernbestäubung glücken soll.

Störungen der Bestäubung und Fruchtbildung. Sehr viel Schaden richten oft die späten Frühlingfröste in der Blütezeit an. Besonders ist das bei der

¹ Sylvén: Über Selbstbestäubungsversuche mit Kiefer und Fichte. Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1910, H. 7.

Eiche und Buche beobachtet worden¹, wo nach solchen Frösten die Blüten schwarz werden und abfallen. Auch die weitere Witterung ist gerade bei diesen beiden Arten von Einfluß auf die erfolgreiche Samenausbildung. So bleibt in kalten Sommern die Eichel klein und grün bis in den Spätherbst hinein, erfriert dann bei den ersten Oktoberfrösten und wird dabei innen ganz schwarz. Bei der Buche vertrocknen in heißen und trockenen Sommern die Bucheckern und bleiben massenhaft taub. Auch tierische Schädlinge haben gelegentlich großen Ausfall der Ernte verursacht.

So *Balaninus glandium* an der Eiche (wurmige Eicheln), *Orchestes fagi* an der Buche (verkrüppelte Kupula). Die häufige Taubheit des Birkensamens ist auf eine Gallmücke (*Cecidomyia betulae*) zurückzuführen. Ebenso schadet bei der Eiche der Fraß des Wicklers (*Tortrix viridana*) mittelbar dadurch, daß er die Assimilation stark unterbindet, und es dann nicht zur Blütenbildung kommen läßt. Bei der Kiefer dürfte auch der Fraß des großen Waldgärtners (*Hylesinus piniperda*) in den jungen Trieben, die dann abbrechen, viele Blütenansätze gerade im oberen Kronenteil vernichten und damit bei starkem Auftreten oft schmälernd wirken.

Fruchtreife. Die Reifezeit nach der Blüte ist bei einigen Waldbäumen sehr kurz: Weiden, Pappeln und Rüstern reifen ihren Samen schon im Spätfrühling (Mai—Juni). Er fällt dann auch gleich vom Baum und besitzt nur ganz kurze Zeit danach noch Keimfähigkeit, die bei allen drei Arten überhaupt sehr gering ist. Bei den Rüstern ist oft sogar aller Same trotz reichen Ansatzes taub. Die Birke reift etwa vom Juli ab, doch bleiben ihre Samenkätzchen z. T. noch bis spät in den Herbst hinein am Baum. Diese sind dann auch meist taub, während die früher ausfallenden meist etwas besser keimen, obwohl der Anteil der keimfähigen Samen auch bei der Birke nur gering ist. Alle übrigen Holzarten werden erst im Spätherbst reif, die Kiefernarten, die Zerreiche und die amerikanische Roteiche sogar erst im Herbst des zweiten Jahres. Der Same fällt teils noch im Herbst ab, teils bleibt er noch bis zum nächsten Frühjahr am Baum. So bei Kiefer und Lärche und größtenteils auch bei Fichte, die aber bei warmer Spätherbstwitterung einen Teil schon dann abfliegen läßt. Die Weimutskiefer, Tanne und Douglasie entlassen ihre Samen ganz allgemein schon im Herbst von September an. Von den Laubhölzern behalten Esche und Akazie, auch Bergahorn und Winterlinde ihre Samen oft bis spät in den Winter bzw. bis ins Frühjahr hinein am Baum. Daß diese Verhältnisse für die Fortpflanzung und Verbreitung der Arten von Bedeutung sein müssen, liegt auf der Hand. Genauere Beobachtungen darüber, wie sich hier Vorteile und Nachteile nach der einen und anderen Richtung hin auswirken, besitzen wir aber nicht. Das frühe Abfallen im Herbst bringt wohl bessere Bedeckung und Einbringung der Samen ins Keimbett mit sich, dagegen vergrößert es auch wieder die Gefahr des Verschimmeln und Verderbens und bedingt stärkeren Verlust durch die Tiere des Waldes, besonders Wild und Mäuse.

Eine Beobachtung von Michaelis² nach der reichen Buchenmast des Jahres 1909 ergab, daß von durchschnittlich 522 Bucheln je Quadratmeter im Herbst 316 Stück oder 61 % bis zum Frühjahr verschwunden waren. Von den noch übriggebliebenen 206 Stück waren 68 taub, 31 faul. Die Anzahl der tauben war fast gleichgeblieben (68 gegen 66 im Herbst), ein Zeichen, daß die Tiere diese erkennen und liegenlassen. Hauptsächlich beteiligt waren Mäuse und große Scharen von Bergfinken.

So schlimm solche Verluste zunächst aussehen, so notwendig erscheint doch letzten Endes eine starke Einschränkung bei starkem Samenertrag, damit die

¹ Vgl. die langjährigen Beobachtungen von Lauprecht über Buchen- und Eichenblüte- und Samenjahre im Zusammenhang mit der Witterung. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1875, S. 246 ff.

² Michaelis: Einiges zur Buchenmast. 1909. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1911, S. 267.

Verjüngung sich nicht gegenseitig auffressen und frühzeitig verkümmern soll. Wir müssen darin vielmehr oft eines jener Mittel sehen, die das Gleichgewicht in der Lebensgemeinschaft des Waldes zum eigenen Vorteil regeln.

Größe und Häufigkeit des Samenertrages. Die Größe des Samenertrages ist bei den einzelnen Holzarten von Jahr zu Jahr in den einzelnen Gegenden schwankend. Erhebungen hierüber sind in Preußen während der 20 Jahre 1875—94 durchgeführt und von Schwappach¹ bearbeitet worden. Die danach berechnete Ernteziffer gibt in Prozenten an, wieviel im Durchschnitt des ganzen Landes von einer Vollernte für jede Holzart eingekommen ist.

Die einzelnen Arten bilden danach bezüglich ihrer Samenerzeugung folgende Reihe:

1. Birke . .	mit durchschnittlich jährlich	44,8 %	einer Vollernte		
2. Hainbuche	„ „	42,0 %	„	„	„
3. Erle . . .	„ „	39,9 %	„	„	„
4. Kiefer . .	„ „	37,6 %	„	„	„
5. Fichte . .	„ „	37,1 %	„	„	„
6. Tanne . .	„ „	34,5 %	„	„	„
7. Esche . .	„ „	33,3 %	„	„	„
8. Eiche . .	„ „	17,1 %	„	„	„
9. Rotbuche .	„ „	16,2 %	„	„	„

Die leichtsamigen Laubhölzer erzeugen danach relativ am häufigsten, die schwersamigen am seltensten eine Vollernte, die Nadelhölzer und die Esche stehen etwa in der Mitte, verhalten sich aber mehr wie die leichtsamigen Laubhölzer. Trotzdem die obigen Zahlen nach der Art der Erhebung und ihrer Berechnung mehr die wirtschaftlich wichtige Größe der Samenernte innerhalb des ganzen Landes zum Ausdruck bringen, spiegeln sich in ihnen doch offenbar auch die ökologischen Eigentümlichkeiten wieder. Besonders spricht sich im Verhalten der Eiche und Buche die schon von Hartig festgestellte starke Inanspruchnahme der Reservestoffe für die Samenbildung aus.

Hartig² fand gerade bei der Buche nach vollen Samenjahren eine fast vollständige Entleerung der Markstrahlzellen von Stärkekörnern, die sich dann erst langsam wieder auffüllen müssen, ehe neuer Samen gebildet werden kann. Es folgt daher auch bei der Buche nach einem besonders guten Samenjahr meist ein besonders schlechtes.

Den Wechsel der größeren und geringeren Ernten im Verlauf von 20 Beobachtungsjahren zeigen die graphischen Darstellungen, die der Schwappachschen Arbeit entnommen sind (vgl. Abb. 110).

Die Ernte bei der Eiche ist erheblich mehr ausgeglichen als bei der Buche, die sich in den schärfsten Sprüngen nach oben und unten bewegt. Ähnlich verhält sich unter den Nadelhölzern die Kiefer gegenüber der Fichte und Tanne, die im Samenertrag der verschiedenen Jahre überhaupt eine bemerkenswert große Übereinstimmung zeigen, die eben ihrer auch sonst großen Ähnlichkeit in ökologischer Beziehung entspricht.

Innerhalb Preußens zeigen die westlichen Bezirke bei Eiche, Buche und Hainbuche viel öfter gute Samenjahre als die östlichen, während dies für Birke, Erle, Kiefer und Fichte nicht hervortritt. Die Tanne fehlt in zu vielen Bezirken, um dafür Anhaltspunkte zu bieten. Für Baden fand

¹ Schwappach: Die Samenproduktion der wichtigsten Waldholzarten in Preußen. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1895, S. 147 ff.

² Hartig, R.: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, S. 252. 1891. Übrigens sprechen diese Feststellungen Hartigs wieder sehr stark zugunsten der Klebsschen Theorie von der Bedeutung des Quotienten $\frac{C}{N}$!

Seeger¹ für die Tanne den besten Samenertrag im Schwarzwald, und zwar besonders auf den Westhängen. Bei Eiche und Buche zeigte sich ein deutlicher Minderertrag in ausgesprochenen Spätfrostgebieten.

Im allgemeinen bestätigen die statistischen Feststellungen das schon von H. Mayr ausgesprochene Gesetz, daß die Holzarten in ihrem Optimum den besten und regelmäßigsten Samenertrag zeigen, und daß dieser besonders nach der Kältengrenze zu stark abnimmt.

Im nördlichen Finnland² trägt die Kiefer nur noch alle 10—20 Jahre Samen, und nach der Waldgrenze zu nimmt der Zeitraum dann so rasch zu, daß man dort nur etwa alle 100 Jahre einmal auf eine ausreichende Verjüngung rechnen kann, wobei allerdings auch die ungünstigen Verhältnisse für die Keimung und erste Entwicklung der jungen Pflanzen mitsprechen werden.

Die Größe des Samenertrages pflegt man nach altem Sprachgebrauch in der forstlichen Praxis als Vollmast, Halbmast, Viertelast und Fehlmast

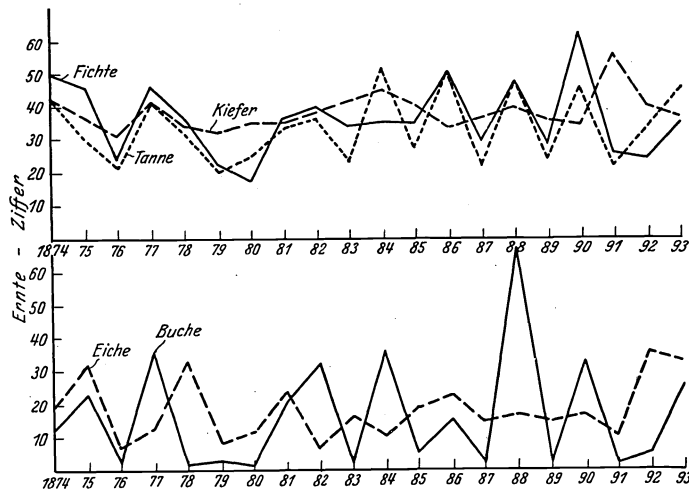


Abb. 110. Samenertrag der Hauptholzarten in Preußen in den Jahren 1874/93. Ernteziffer in Prozenten einer Vollernte. Nach Schwappach.

zu bezeichnen. Wenn nur vereinzelte Bäume Samenbehang zeigen, spricht man von Sprengmast, wenn nur die obersten Kronenspitzen solchen haben, auch wohl von Gipfelmast. Diese Ausdrücke stammen noch aus der Zeit, wo die Eichen- und Buchenwäldungen regelmäßig von Schweinen beweidet wurden, und wo die „Mästung“ oder „Feistung“ ganz von dem jeweiligen Samenertrag abhängig war. Man findet daher noch in vielen alten Chroniken solche guten Mastjahre ebenso wie Fehlmastjahre besonders verzeichnet. Aus der Zahl der eingetriebenen Schweine kann man schließen, daß der Samenertrag früher viel reicher gewesen sein muß, was wohl mit der viel lockeren Stellung der Oberholzbäume in dem damaligen Mittelwaldbetrieb zusammenhängt³.

Die Zeitspanne, in der man in Nord- und Mitteldeutschland im einzelnen Wald auf eine den wirtschaftlichen Bedarf deckende gute Jahresernte rechnen

¹ Seeger: Ein Beitrag zur Samenproduktion der Waldbäume im Großherzogtum Baden. Naturwiss. Z. f. Forst- u. Landwirtschaft. 1913, S. 529 ff.

² Lakari: Studien über Samenjahre und Altersverhältnisse der Kiefernwälder auf nordfinnischem Heideboden. Acta forestalia fennica 1915.

³ So betrug nach Hausrath die Einnahme aus der Mastnutzung in der Lußhardt in der Pfalz im Jahre 1547 = 10000 Gulden oder etwa 10 M. je Hektar!

darf, beträgt etwa im Durchschnitt bei den Hauptholzarten: alljährlich: bei Birke, Erle, Hainbuche; alle 1—2 Jahre: bei Ruster, Ahorn, Esche und Linde; alle 3—4 Jahre bei Kiefer, Fichte, Tanne; alle 5—6 Jahre bei der Eiche; alle 6—8 Jahre bei der Buche.

Im einzelnen treten aber viele Abweichungen auf.

Besonders hervorragende Vollmasten im vergangenen und diesem Jahrhundert waren 1811 und 1834 für Eiche und Buche gleichzeitig, 1888 und 1918 vorwiegend für die Buche. Eine Reihe weniger allgemeiner Vollmasten schieben sich aber dazwischen.

So werden noch genannt für Eiche: 1811, 1822, 1825, 1829, 1834, 1840, 1842, 1850, 1857, 1874, 1878, 1881, 1886, 1892, 1893;

für Buche: 1800, 1811, 1823, 1834, 1847, 1853, 1858, 1869, 1877, 1884, 1888, 1890, 1909, 1912, 1918, 1922.

Einzelne dieser guten Mastjahre, besonders bei der Eiche, sollen auffällig mit guten Weinjahren zusammentreffen!

Samenertrag der einzelnen Bäume. Über die absolute Größe des Samenertrages von Einzelbäumen und Beständen wissen wir einiges aus Untersuchungen von Kienitz¹ und mehrerer russischer Forscher. Kienitz stellte in dem guten Samenjahr 1880 an drei Kiefern im Alter von 90 bis 100 Jahren mit einzelstehenden großen Kronen je 1560, 1630 und 2730 Zapfen fest. Da man auf einen Zapfen etwa 30—40 gut ausgebildete Körner rechnen kann, hätte ein Stamm allein 50—80000 Samen erzeugt. Sehr viel geringer war die Zahl der Zapfen aber in einem geschlossenen 90jährigen Kiefernbestand. An 42 Stämmen wurden zusammen nur 4537 Zapfen, also je Stamm wenig mehr als 100 Zapfen gefunden. Die Einzelstämme zeigten aber sehr große Schwankungen von 0 bis 526, ohne daß ein bestimmter Zusammenhang mit der Kronenausbildung gefunden werden konnte. Sehr viel höhere Durchschnittszahlen im Bestande — je Stamm bis 900 Stück — wurden in Rußland gefunden². Aber auch hier zeigten Überhälter und frei stehende Bäume bedeutend mehr Zapfenansatz. Sehr wertvoll ist hierbei die Feststellung, daß bei diesen 1 kg Zweigreisig 5—12 Zapfen erzeugt hatte, im geschlossenen Bestand aber nur 1—3 Zapfen. Die Samenerzeugung wächst also nicht proportional mit der Kronengröße, sondern bedeutend stärker.

Auf andere Weise, nämlich durch Aufstellung großer trichterartiger Auffanggefäße haben andere russische Forscher die auf die Bodenfläche auffallenden Samenmengen festzustellen gesucht. In einem Kiefernbestand wurden danach auf 1 qm im Durchschnitt 292 Samenkörner gefunden, wobei es sich nicht um ein einzelnes, besonders günstiges Samenjahr handelte, sondern um den Durchschnitt aus vier aufeinanderfolgenden Beobachtungsjahren. Die Zahlen in den einzelnen Gefäßen schwankten aber sehr stark, zwischen 537 bis nur 51 Körnern! Ähnliche Untersuchungen in einem 100 bis 120jährigen Fichtenbestande ergaben pro Quadratmeter im Bestand selbst 700 Körner, am Bestandsrand 544, auf einer angrenzenden Schlagfläche, 21 m von dem einen und 42 m vom anderen Bestand entfernt, nur 76 Körner. Hält man damit die Feststellung von Michaelis für die Buche in einem guten Samenjahr — 522 Samen je Quadratmeter — und die ungefähre Berechnung von Borggreve für eine große Birke zusammen, die nach ihm ungefähr 30 Millionen Samen erzeugt hatte, so kann man allerdings mit Morosow sagen, daß „die Natur mit vollen Händen sät“. Man muß aber einschränkend hinzusetzen: leider auch zeitlich und örtlich sehr ungleichmäßig! Davon kann man

¹ Kienitz: Beobachtungen über die Zapfenmenge an Kiefern. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1881, S. 549.

² Vgl. hierzu die sehr eingehende Darstellung der russischen Arbeiten auf diesem Gebiet bei Morosow: Die Lehre vom Walde, S. 217 ff. 1928.

sich bei jeder Naturverjüngung überzeugen, wo immer neben übervollen Plätzen solche vorkommen, wo viel zu wenig bis gar keine Samen hingefallen sind, was für die wirtschaftlichen Anforderungen, die wir an die Entwicklung des Bestandes stellen müssen, oft von recht weittragender Bedeutung ist.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen über das Blühen und Fruchten in den Unterschichten des Waldes. Während bei den Waldbäumen, wie wir sahen, die Windblütler vorherrschen, finden wir diese in der Strauchschicht nur durch die Hasel und den Wacholder vertreten, alle anderen hauptsächlichlichen Waldsträucher sind Insektenblütler. In der Kräuterschicht treten zwar in den Gräsern wieder die Windblütler mehr hervor, aber viele davon sind wohl weniger auf Fortpflanzung durch Samen als durch Ausläufer, Kriechtriebe u. dgl. eingestellt. Ebenso gilt das für unsere weitverbreiteten Zwergsträucher, die Vacciniumarten und Calluna, die zwar starken Blüten- und oft auch reichlichen Fruchtansatz zeigen, ohne daß man im Durchschnitt viel junge Keimpflänzchen im Walde findet. Am meisten ist das noch bei der Heide der Fall. Die Blütezeit ist bei den Unterschichten des Waldes sehr verschieden. In den Schattholzbeständen, besonders im Buchenwald, treten fast nur Frühblüher auf, die die Zeit vor dem Laubausbruch ausnützen, wie z. B. Anemone, Waldmeister, Leberblümchen, Simse u. v. a. Im lichten Birken- und Kiefernwald aber ist die Blütezeit über den ganzen Sommer verteilt und treten auch noch Spätblüher, wie die Heide, auf. Es zeigt sich also eine feine Anpassung an die verschiedenen Lichtverhältnisse der einzelnen Bestandesarten.

17. Kapitel. Vermehrung und Verbreitung.

Die Arten der Vermehrung. Die hauptsächlichste Vermehrungsart bei den Waldbäumen ist die durch Samen (sexuelle Vermehrung). Doch treten hier und da auch im Naturwalde, noch mehr aber im Wirtschaftswalde, auch vegetative Vermehrungsformen auf. Man pflegt die aus Samen hervorgegangenen Jungpflanzen als Kernwuchs zu bezeichnen, die aus vegetativer Vermehrung als Ausschlag. Je nachdem dieser an verschiedenen Teilen der Mutterpflanze entsteht, unterscheidet man Stockausschlag, Stamm-, Ast- und Wurzel-ausschlag.

In der forstlichen Wirtschaft wird bei manchen Betriebsformen fast ausschließlich die Ausschlagverjüngung, und zwar schon seit Jahrhunderten, wenn nicht Jahrtausenden (vgl. S. 96) angewendet. Man hat daran vielfach die Vermutung geknüpft, dies müsse zu Entartungserscheinungen führen. Eine solche glaubte man z. B. bei der nur durch Stecklinge vermehrten Pyramidenpappel¹ zu finden, als sich gelegentlich Kümmern und Absterben ganzer Pappelalleen zeigte. Die Erscheinungen sind aber wahrscheinlich nur auf äußere ungünstige Umstände zurückzuführen. Auch an den fast nur durch Stecklinge vermehrten Kulturweiden und an den vielen jahrhundertealten Stockausschlagbeständen des Eichenniederwaldes ist nichts zu bemerken, was wirklich auf Entartung hindeuten würde. Die in Kreisen der forstlichen Praxis vielfach verbreitete Meinung, daß Stockausschlagbestände keinen keimfähigen Samen ergeben, ist jedenfalls nicht richtig. Geringe Wüchsigkeit und frühzeitige Kernfäule lassen sich meist durch Bodenrückgang und Infektion von den alten Mutterstöcken aus erklären und haben nichts mit Entartung zu tun.

Vegetative Vermehrung im Walde. Die Fähigkeit zur Ausschlagbildung ist den einzelnen Holzarten in sehr verschiedenem Maße eigen. Den Nadel-

¹ Es kommen hier fast nur männliche Individuen in Deutschland vor, und es sind nur ganz wenige weibliche bekannt.

hölzern fehlt sie so gut wie ganz. Nur die Eibe besitzt sie unter unseren einheimischen Nadelhölzern, und zwar in hohem Grade. Es kommen sowohl Absenkerbildungen aus niederliegenden Ästen als auch Stockausschläge am unteren Stamme bei ihr vor.

Sehr starke Eiben sind häufig deswegen in ihrem Alter überschätzt worden, weil sie aus mehreren solchen dicht stehenden und später ganz miteinander verwachsenen Stockausschlägen bestanden. Von den ausländischen Nadelhölzern zeigen noch mehrere andere Arten Ausschlagsfähigkeit, z. B. die Thuja-Arten.

Die Laubbölzer besitzen mehr oder minder alle Ausschlagfähigkeit. Am stärksten wohl Weiden, Pappeln, Erlen, Hainbuche und Haselnuß, am geringsten Birke und Rotbuche. Am reichlichsten und kräftigsten pflegt die Ausschlagbildung im jugendlichen Alter zu sein. Etwa vom 40. Jahre an nimmt sie mehr und mehr ab. Besonders tritt das bei den an sich schon schlechter ausschlagenden Arten, wie Birke und Rotbuche, hervor.

Kräftiger und feuchter Boden, sowie Licht (oder Wärme) begünstigen die Ausschlagbildung, Schatten hält sie zurück, so daß man das geradezu benützt, um unerwünschten Ausschlag zu unterdrücken, z. B. bei Umwandlung alter Mittelwäldungen in Hochwald.

Manche Holzarten schlagen besser tief am Stock aus, andere etwas höher. Gute Ausschlagfähigkeit bis hoch in den Stamm herauf besitzen Weiden, Pappeln, Hainbuche, wohl auch noch einige andere Arten, bei denen das aber nicht so bekannt ist wie bei den genannten, die früher vielfach geköpft wurden, um aus dem dichten Ausschlag Flechtruten oder Laubheu zu gewinnen. Sehr tief am Wurzelstock und z. T. schon unter der Erde treiben besonders gern Birke und Eßkastanie, ebenso die Haselnuß aus.

Eigentliche Wurzelbrut, d. h. Ausschläge an oberflächlich streichenden Seitenwurzeln, oft mehrere Meter weit vom Stamm entfernt, besitzen vor allen Dingen Aspe, Weißerle, Rüster, Feldahorn, die Wildobstbäume und die Robinie. Die Wurzelbrut erfolgt besonders gern nach Wurzelverletzungen an Wundstellen, oft aber auch ohne solche nach Abtrieb des Stammes, und gelegentlich auch scheinbar ohne äußere Veranlassung.

Absenkerbildung durch Bewurzelung tief auf dem Boden liegender Äste findet sich in der Natur bei der Krummholzkiefer und Fichte an der oberen Waldgrenze und dient dort bei letzterer vielfach als Ersatz für die ausbleibende Samenbildung (vgl. S. 42).

Im Kunstwalde wird bei Weiden und Pappeln die Vermehrung meist durch Stecklinge (schwächere Zweigstücke) oder Setzstangen (stärkere Äste) betrieben. Diese werden in die Erde gesteckt und bewurzeln sich dann unten, um oben neue Triebe zu bilden. Dies geht im allgemeinen am besten vor sich, wenn der untere Zweigteil (Wurzelpol) auch nach unten in die Erde kommt, der obere (Sproßpol) aber nach oben.

Vermehrung und Verbreitung durch Samen im Walde. Die häufigste Vermehrung und Weiterverbreitung der Waldbäume erfolgt in der Natur aber durch Samen. Man bezeichnet in der forstlichen Praxis die aus Samen hervorgegangene Verjüngung bei den leichtsamigen Holzarten als Anflug, bei den schwersamigen als Aufschlag und kennzeichnet damit schon zwei der hauptsächlichsten Verbreitungsmittel. Auch bei den schwersamigen Arten tritt aber selbst bei nur senkrechtem Abfall der Früchte immer ein Weiterwandern bis zur halben Kronenbreite ein. Meist findet aber durch Schwingungen der Äste im Winde darüber hinaus noch eine geringe Weiterverbreitung statt. Die leichtsamigen Holzarten haben fast alle besondere Einrichtungen für die Verbreitung durch den Wind. Entweder ist das Samenkorn selbst beflügelt, wie z. B.

bei Kiefer, Fichte und Tanne, oder die das Samenkorn einschließende Fruchthülle läuft in solche Flügel aus, wie z. B. bei Esche, Ahorn, Rüstern und Birken. In anderen Fällen sind besondere Deck- oder Tragblätter ausgebildet, die das Fliegen bewirken, wie z. B. bei Hainbuche und Linde.

Durch die Lage des Schwerpunktes und die Form des Flügels wird beim Abfliegen des Samens vielfach eine schraubenartige Drehung und damit eine Verlängerung der Fallzeit bewirkt, so daß das Samenkorn bei Wind weiter hinausgetragen wird (Typ der Schraubendrehflieger¹). Die Samen der Weiden und Pappeln tragen kleine Haarschöpfe, die sich mit denen benachbarter Samen zu Flocken zusammenballen und dann bei ihrer Leichtigkeit vom Winde sehr weit fortgetragen werden.

Bei dem Samen der Erlen findet sich in der Samenkapsel ein Hohlraum, und an beiden Kanten zwei luftgefüllte Schwimmkissen (Abb. 111), die neben der Verbreitung durch den Wind auch die durch das Wasser ermöglichen. Der Samen hält sich durch diese Einrichtungen monatelang schwimmfähig.

In nördlichen Gegenden, in denen der Fichten- und Kiefernnsamen im Frühjahr oft schon abfliegt, wenn der Boden noch von verfirtem Schnee bedeckt ist, soll dieser oft massenhaft und kilometerweit vor dem Wind auf der glatten Schneedecke gleiten und dadurch weiterverbreitet werden.

Bei den schwersamigen und beerenfrüchtigen Holzarten findet offenbar eine starke Verbreitung durch die Tiere des Waldes statt. Vor allen Dingen sind hier die sog. Vogel- oder Hähersaaten durch den Eichelhäher (*Garulus glandarius*) bekannt, der im Herbst Eicheln und Bucheln, die er nicht gleich verzehren kann, zahlreich in angrenzende Nadelholzbestände verschleppen und dort im Moos verstecken soll, wo er sie dann nicht wiederfindet

und so zur Unterbauung solcher Bestände mit beiträgt. An der Tatsache an sich ist wohl kaum zu zweifeln, da man sich den Jungwuchs solcher schwerfrüchtigen Laubhölzer oft weitab von den nächsten samentragenden Bäumen kaum anders erklären kann. Man hat aber neuerdings bestritten, daß es sich um ein absichtliches Verstecken am Boden handelt. Es soll vielmehr nur ein unwillkürliches Auskröpfen (Ausspeien) aus dem überfüllten Kropf stattfinden. Genaue Beobachtungen nach der einen oder anderen Richtung hin fehlen und sind bei der Scheuheit des Vogels wohl auch schwierig. In der forstlichen Praxis wird der Umfang der Wirksamkeit des Hähers nach dieser Beziehung jedenfalls mit Recht sehr hoch eingeschätzt.

Auch die Eichhörnchen verschleppen wohl gelegentlich Eicheln und Bucheln, und Mäuse legen sich in ihren Nestern oft Vorräte davon an, die dann, wenn die Nestbesitzer über Winter eingegangen oder vom Fuchs und Raubvögeln weggefangen sind, im Frühjahr in dichten Büscheln aus dem Lager hervorbrechen.

Bei den beerenfrüchtigen Bäumen findet die Verbreitung meist durch den Kot der beerenfressenden Vögel, hauptsächlich der Drosseln, statt. Vieler Ebereschenunterstand, besonders an Waldrändern, dürfte so entstehen.

Birken- und andere sehr leichte Samen sollen auch gelegentlich durch Ameisen verschleppt werden².

Wanderungsvermögen der Holzarten. Im allgemeinen muß man eine mehr schrittweise und dann vielfach massenhafte Weiterverbreitung und

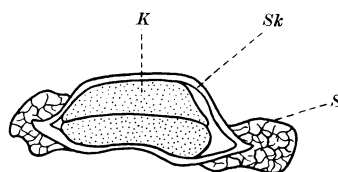


Abb. 111. Querschnitt der Erlenfrucht. Vergr. K Embryo, Sk Fruchtwand, S Schwimmpolster. Nach Büsgen.

¹ Dingler: Die Bewegung pflanzlicher Flugorgane. München 1889.

² Sernander: Den Skandinaviska vegetationens spridningsbiologie. Upsala u. Berlin 1901.

Weiterwanderung der Holzarten von einer mehr vereinzelt sprunghaft über weitere Entfernungen hin unterscheiden. Die letztere kann dann, wenn der Standort passend ist, wieder der Mittelpunkt zu nachfolgender schrittweiser Wanderung werden. Nur so kann man sich die natürliche Besiedelung von vielen inselartigen Standorten erklären, die oft rings von anderen Gebieten umschlossen sind, auf denen die betreffende Art nicht gedeihen oder sich doch nicht gegen besser angepaßte durchsetzen kann. Das gilt z. B. von unseren zahlreichen Erlensbrüchern, wo der auf dem Wasser schwimmende Erlensamen, wohl am Gefieder des Wassergeflügels anhängend, von Bruch zu Bruch übertragen worden ist. Ebenso gilt das aber auch wohl von den zahlreichen, in arme Sandgebiete eingebetteten Lehminseln des norddeutschen Diluvialgebietes, die mit einer geradezu staunenswerten Sicherheit und Vollständigkeit von Eiche und Buche aufgefunden und besiedelt sind. Man kann sich das kaum anders vorstellen, als daß hier in der Hauptsache der Eichelhäher die sprunghafte Verbreitung besorgt hat. Diese uns zunächst doch sehr zufällig und unsicher erscheinende Verbreitungsart muß also doch wohl viel häufiger sein als wir denken, und im Laufe der Jahrtausende, die seit der Einwanderung der Eiche und Buche bei uns vergangen sind, einen viel höheren Grad der Sicherheit für die Verbreitung erreicht haben, als man annehmen möchte.

Ohne die Annahme einer sprunghaft Wanderung würde man auch zu ganz unmöglichen Einwanderungszeiten kommen. Nimmt man z. B. bei der Buche die Weite bei schrittweiser Wanderung hoch gerechnet mit 20 m an, so würde der zweite Schritt frühestens erst wieder nach 60 Jahren erfolgen können, da die Buche nicht eher Samen trägt. Zu 1 km Wanderung würden schon 3000 Jahre und zu der ganzen Wegstrecke etwa von Frankreich, wo die Buche während der Eiszeit einen Rückzugsstandort gehabt haben könnte, bis nach Ostpreußen würden 3—4 Millionen Jahre erforderlich gewesen sein, was nach allen geologischen und prähistorischen Berechnungen viel zu hoch wäre. Da die Einwanderung der Buche etwa am Ende der jüngeren Steinzeit erfolgt sein muß, darf man höchstens mit 4000—5000 Jahren rechnen. Die sprunghafte Verbreitung durch Tiere würde daher die Schnelligkeit annähernd vertausendfacht haben!

Eine Feststellung der früheren und heutigen Südwestgrenze der Fichte in Schweden¹ auf Grund alter Karten und Waldbeschreibungen hat für den Zeitraum von 200 Jahren ein Vorrücken um etwa 10—15 km ergeben. Das würde für 1 Jahr etwa 50—70 m ausmachen und entspräche recht gut unseren Beobachtungen über die Verbreitung durch den Wind. Die weitverbreitete Anschauung, daß die schwersamigen Hölzer langsamer wanderten wie die leichtsamigen, ist offenbar nicht allgemein richtig. Auch die frühe Einwanderung der Eiche und der Haselnuß nach der Eiszeit (vgl. S. 89) spricht dagegen!

Am weitesten fliegt wohl unter allen Waldbäumen der Aspen-, Weiden- und Birkenamen, der sich auch auf großen, kilometerlangen Brandflächen sehr bald reichlich einzufinden pflegt, obwohl oft weit und breit kein Samenbaum zu sehen ist. Für diese 3 Holzarten ist daher auch die sehr schnelle Einwanderung nach der Eiszeit erklärlich. Bei Kiefer, Fichte und Lärche darf man im allgemeinen höchstens auf etwa 1 Baumlänge (30—40 m) auf derartig reichlichen Anflug rechnen, daß er unter günstigen Umständen noch zur geschlossenen Bestandsbildung ausreicht, bei Esche, Ahorn und Hainbuche meist noch etwas weiter.

Vermehrung und Verbreitung in den Unterschichten des Waldes. Die Sträucher und Zwergsträucher des Waldes sind fast alle beerenfrüchtig und daher größtenteils der Verbreitung durch die Tiere unterworfen. Sehr oft herrscht aber bei ihnen, ebenso wie bei der Gras- und Krautflora über-

¹ Hesselman u. Schotte: Die Fichte an ihrer Südwestgrenze in Schweden. Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1906, S. 1.

haupt die vegetative Vermehrung durch Ausläufer, Kriechtriebe und Wurzelstöcke vor. Die großen, zusammenhängenden Horste von *Vaccinium*, *Pteris aquilina*, *Calamagrostis epigeios*, *Carex brizoides* und vielen anderen Waldunkräutern verdanken meist nur solcher Vermehrung ihre dichte Ausbreitung. Im Buchenschattenbestand herrschen sogar fast ausschließlich Arten mit vegetativer Fortpflanzung vor, ohne daß die durch Samen aber ganz unterbunden wäre. Auch bei den beerenfrüchtigen Kräutern und Sträuchern scheint eine sprungweise Wanderung (durch Samenverschleppung) mit der danach einsetzenden schrittweisen (durch vegetative Vermehrung) den Gang der Besiedelung gebildet zu haben.

18. Kapitel. Keimung und Fußfassen der Verjüngung.

Reifezustände des Samens. Die Keimfähigkeit des Samenkorns ist von der Erlangung eines gewissen Reifezustandes abhängig. In der Natur wird es im allgemeinen nicht eher entlassen, als bis es seine Vollreife erreicht hat¹, wohl aber wird es öfter noch darüber hinaus am Baum behalten. In der Wirtschaft muß oft schon ein früherer Zeitpunkt für die Ernte des Samens gewählt werden, da z. B. die Samenstände sonst auseinanderfallen, wie bei den Zapfen der Tanne und den Samenkätzchen der Birke, oder weil man sonst mit der vollständigen Gewinnung des Saatgutes bei großem Bedarf nicht rechtzeitig bis zur Saatzeit fertig werden würde. Es hat sich nun gezeigt, daß ein noch nicht vollreifer Samen, sofort ausgesät, oft trotzdem, wenn auch meist in geringerem Grade, keimfähig ist. Man bezeichnet diese Entwicklungsstufe gewöhnlich als Notreife.

Nobbe² hat bei Fichte und Bergkiefer Versuche mit Zapfen ausgeführt, die in 3- bis 4wöchentlichen Zwischenräumen von Juli bis November geerntet wurden. Bei der Fichte hatte die Ernte vom 15. Juli noch kein Keimergebnis, am 1. August begann die Keimung aber schon mit 41 % und stieg dann bis Anfang November stetig bis auf 88 %. Ähnliche Verhältnisse ergaben sich bei der Bergkiefer. Auch Haack³ konnte an Samen der gemeinen Kiefer, der im August geerntet war, schon kräftige Keimung erzielen.

Solcher vor der Vollreife gesammelte Same kann bei entsprechender Aufbewahrung noch eine Nachreife durchmachen, die seine Keimfähigkeit meist stark, u. U. bis zum Zustand der Vollreife, erhöht. Ebenso vollzieht sich eine solche Nachreife natürlicherweise immer am Baum. Allmählich nimmt aber nach der Vollreife, oft allerdings erst sehr spät und langsam, die Keimfähigkeit wieder ab, bis sie namentlich bei künstlich aufbewahrttem Samen schließlich erlischt (Todreife).

Keimruhe. Bei den meisten Samen der Waldbäume liegt zwischen Reife und Beginn der natürlichen Keimung eine längere Zeit, die man als Keimruhe bezeichnet. Bei den Weiden, Pappeln und Rüstern fällt diese ganz weg. Sie keimen sofort nach der Reife und verlieren sogar ihre Keimfähigkeit oft schon nach wenigen Tagen. Bei der Birke verhalten sich die einzelnen Samen verschieden: früh, d. h. schon im Sommer abgeflogene Körner keimen sofort, die später abfliegenden dagegen überwintern und machen eine halbjährige Ruhezeit durch, wie das überhaupt die meisten unserer Waldbäume tun. Ein merkwürdiges ökologisches Verhalten zeigen aber noch einige andere Arten: sie keimen erst im übernächsten Frühjahr nach der Reife. Man nennt dies „Überliegen“. Hierzu gehören Eibe, Zirbel, Linde, Hainbuche und Esche, in geringerem Grade auch die Ahorne.

¹ Doch ist das nicht ausnahmslos der Fall. Bei *Gingko biloba* vollzieht sich sogar die Befruchtung erst nach dem Abfall des Samens!

² Nobbe: Handbuch der Samenkunde, S. 343. Berlin 1876.

³ Vgl. hierzu die verschiedenen Arbeiten Haacks über Keimung des Kiefern- und Fichtensamens. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1905, S. 302; 1906, S. 441; 1912, S. 194.

Auch bei Buche und Kiefer hat man öfters beobachtet, daß ein Teil der Samen, der im ersten Frühjahr nicht keimt, dies im zweiten nachholt. Man bezeichnet dies als „Nachlaufen“. Wahrscheinlich tritt das aber nur bei ungünstigen Umständen ein, z. B. bei großer Trockenheit kurz nach der Aussaat. Eigentümlicherweise findet ein solches Nachlaufen im Laufe des Sommers auch bei reichlicher Feuchtigkeit und günstiger Wärme nicht oder nur in geringem Umfange statt, sondern in der Hauptsache erst im nächsten Frühjahr, während trocken aufbewahrter Same im Keimapparat zu jeder Jahreszeit gut keimt! Es scheinen also durch die Einbringung ins Keimbett im Freien schon gewisse Veränderungen (Einleitung von Keimungsvorgängen) ausgelöst zu werden, die sich erst langsam wieder ausgleichen können.

Ein besonderes Verhalten zeigt die Traubeneiche, die zum großen Teil schon im Herbst gleich nach dem Abfall, manchmal bei feuchtem, warmem Wetter sogar schon am Baum etwas vorkeimt, dann aber in der Natur durch die eintretenden tiefen Temperaturen zunächst wieder zur Ruhe kommt und, oft nach Verlust des kleinen Keimtriebes durch Frost, im Frühjahr von neuem und endgültig ankeimt.

Die äußeren Bedingungen der Keimung. Die hauptsächlichsten äußeren Bedingungen für die Keimung sind Feuchtigkeit und Wärme. Daneben scheinen auch in der Natur noch andere Umstände gewisse auslösende Reizwirkungen, aber auch Hemmungen auszuüben.

Die Aufnahme des nötigen Wassers erfolgt durch Benetzung des oberflächlich liegenden Samens bei Regen oder im feuchten Boden, dem die Körner aufliegen oder in den sie bei Regen mehr oder minder eingewaschen werden. Die Samenschale ist zu diesem Zweck hygroskopisch. Bei Eicheln und Bucheln scheint der Grund- oder Kupulafleck, d. h. die kleine rauhe Scheibe am Grunde des Samens, besonders wasseraufnahmefähig zu sein¹. Die Menge des aufgenommenen Wassers ist nicht unbeträchtlich, bei Kiefern Samen z. B. rund 40% des Trockengewichtes. Davon werden die ersten 30% schon nach 10 Stunden aufgenommen².

Das Wasser dient im Samen nicht nur zur Einleitung und Unterhaltung der nun beginnenden Lebensvorgänge, sondern auch zur Sprengung der Samenschale durch Quellung des Embryos und seines Nährgewebes. Ist die Samenschale geplatzt, so tritt aus ihr zunächst das Würzelchen hervor und krümmt sich nach unten. Damit gilt die Keimung als vollzogen. Ist der Same bedeckt, so vollzieht sich dieser Vorgang unterirdisch und unsichtbar. Das sichtbare Hervortreten des Keimlings über den Boden, das sog. „Auflaufen“, erfolgt erst bedeutend später.

Zur Keimung ist auch eine gewisse Wärme und eine mehr oder minder lange Dauer derselben notwendig. Bei welchen Temperaturen die Keimung der einzelnen Arten im Freien beginnt, wissen wir nicht und läßt sich auch schwer feststellen, da die Temperaturen ja fortwährend wechseln. Im Versuch mit gleichbleibender Temperatur fand Haack³ bei der Kiefer ein Minimum von 5—6°. Das Optimum lag zwischen 25—29°, also so hoch, wie es in der freien Natur auch am Boden im Frühling niemals erreicht werden dürfte. Das Maximum liegt etwa bei 37—38°, wo zwar noch Keimung erfolgte, aber nur noch wenige und krankhaft aussehende Keimlinge erschienen. Bei der Fichte

¹ Oelkers: Frucht und Entwicklung der Rotbuche im ersten Jahre. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1911, S. 283.

² Nach Untersuchungen von Prof. W. Schmidt in der Samenprüfungsanstalt d. Forstl. Hochsch. Eberswalde.

³ Haack: Die Prüfung des Kiefern Samens. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1912, S. 193 ff.

war das Optimum etwas tiefer, etwa 23° , ebenso auch das Maximum, da bei 33° schon jegliche Keimung ausblieb. Da in der Natur die Temperaturen bei flacher Einbettung des Samenkornes sehr schwanken — ein regelmäßiger Wechsel findet ja schon zwischen Tag und Nacht statt —, so untersuchte Haack auch den Einfluß eines solchen Temperaturwechsels. Bei Kiefer schien dadurch eine Reizwirkung hervorgerufen zu sein, die sich in einer Erhöhung der Keimung über den Durchschnitt ausdrückte. Bei der Fichte war aber eher das Gegenteil der Fall. Auch in bezug auf das Licht war bei beiden Holzarten ein verschiedenes Verhalten festzustellen. Während beide im Licht, und zwar besonders im weißen, gelben und roten Licht eine Förderung zeigten, wirkte blaues Licht nur bei der Kiefer begünstigend. Bei Fichte, übrigens auch bei Lärche, trat eine hemmende Wirkung ein. Das Licht wirkt offenbar nur als Reiz, da Haack bei kurzer Beleuchtung die gleichen Ergebnisse erhielt wie bei Dauerbeleuchtung.

Das unterschiedliche Verhalten verhältnismäßig so nahestehender Arten hat nach dieser Beziehung noch viele ähnliche Fälle bei den landwirtschaftlichen Kulturgewächsen aufzuweisen. Gerade die Reizwirkungen sind äußerst verwickelt und ohne Versuche unberechenbar.

Keimprozent, Keimschnelligkeit und Pflanzenprozent. Haack hat bei seinen ausgedehnten und sehr sorgfältigen Unters-

suchungen aber noch einige weitere, für die Ökologie der Keimung höchst wichtigen Beziehungen aufgedeckt. Die rasch keimenden Körner sind im allgemeinen viel lebensfähiger als die langsam und spät keimenden. Schon äußerlich findet man bei genauer Betrachtung dieser „Mattkeimer“ vielfache Mißbildungen und eine mangelhafte Streckung von Hypokotyl und Wurzel gegenüber den lebhaft keimenden (vgl. Abb. 112). Im allgemeinen kommen solche Mißbildungen nur unter den spät keimenden Körnern vor. Ein hoher Prozentsatz an solchen deutet meist auf einen verdorbenen, wenig brauchbaren Samen hin. Es ist daher für die Praxis wichtiger, die **Keimschnelligkeit** oder Keimenergie, d. h. den Anteil der rasch gekeimten Körner zu kennen, als das Keimprozent, d. h. den Anteil der bei langer Dauer der Keimprüfung überhaupt noch gekeimten Körner, zumal da diese Prüfungen

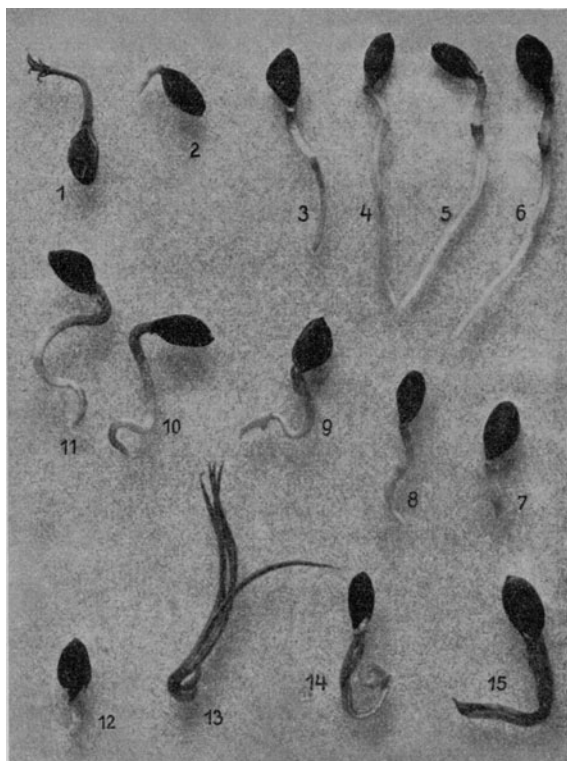


Abb. 112. Verschiedene Keimungstypen bei der Kiefer. Nach Haack. 1. Verkehrte Keimung mit den Kotyledonen zuerst (verkehrte Lage des Embryos). 2–6. Normale Keimung. 7–11. Matte Keimung ohne kräftige Streckung der Wurzel. 12–15. Keimung mit verkümmert oder verkrüppelter Wurzel (meist stark bei verdorbenem Samen).

ja unter optimalen Bedingungen durchgeführt werden, wie sie in der freien Natur kaum jemals geboten sind.

Die Wichtigkeit dieser Tatsache ist zwar schon vor den Haackschen Untersuchungen in der landwirtschaftlichen Samenprüfung bekannt gewesen. Haack hat nur ihre Gültigkeit auch für die Sämereien unserer Waldbäume nachgewiesen und sie durch die Beobachtung der Mißbildungen bei den Mattkeimern erweitert. Er hat auch zuerst nachdrücklich die Berücksichtigung und Angabe der Keimenergie neben dem Keimprozent bei den Keimzeugnissen unserer Waldsamen gefordert. Heute werden danach auch bei den deutschen Samenprüfungsanstalten die Keimzahlen für Kiefer und Fichte für den 7., 14. und 21. Tag angegeben, wobei das Ergebnis des 21. Tages dem Keimprozent, das des 7. der Keimenergie entspricht. Der Verlauf vom 7. über den 14. bis zum 21. Tage bezeichnet die Keimschnelligkeit, die man heute im allgemeinen als besten Maßstab und Ausdruck für die Güte des Samens betrachtet. Es zeigt sich dabei, daß bei gutem Samen mit einem Keimprozent von 90 oft schon 80 und mehr Körner in den ersten 7 Tagen keimen!

Ein neuer Begriff, den Haack geschaffen und durch seine Untersuchungen begründet hat, ist der des Pflanzenprozent. Haack will darunter diejenige Pflanzenzahl von 100 Samenkörnern verstanden wissen, die sich bei Aussaat im Freien unter normalen Verhältnissen als lebensfähig erweist und zur Überwinterung kommt.

Die Untersuchungen hierüber wurden in sorgfältig hergerichteten Versuchsbeeten vorgenommen, in denen verschieden günstige Verhältnisse hergestellt wurden, indem ein Teil der Beete mit Humus gedüngt und bei Trockenheit begossen wurde, ein anderer Teil nicht. Auf diesen Beeten wurde dann Kiefern Samen von verschieden hohem Keimprozent in Reihen nebeneinander ausgesät, dauernd beobachtet und mehrfach gezählt. Die Beetversuche wurden außerdem noch durch größere Vergleichssaaten auf freier Kulturfläche ergänzt und nachgeprüft.

Das Ergebnis zeigte übereinstimmend mit aller Schärfe, daß das Pflanzenprozent ungleich rascher sinkt als das Keimprozent.

Haack gibt darüber folgende Übersicht:

	Das Pflanzenprozent beträgt bei Kiefer bei einem Keimprozent von:				
	90	80	70	60	50
I. unter günstigen Verhältnissen	54	41	30	20	11
II. „ mittleren „	37	26	18	11	5
III. „ ungünstigen „	20	12	7	2	0

Die Zahlen zeigen zunächst ganz allgemein die starke Auslese, die unter den Keimlingen im Freien schon im ersten Lebensjahre stattfindet. Selbst vom besten Saatgut (90%) bleiben unter günstigen Verhältnissen (Humusbeimischung, durch Begießen dauernd feucht gehalten) nur 54 Pflanzen, d. h. etwa die reichliche Hälfte am Leben, unter ungünstigen Verhältnissen (humusloser Sand, nicht begossen) aber nur 20, d. h. ein knappes Viertel!

Setzt man in der obigen Übersicht die Leistung des 90proz. Samens gleich 100, so ergibt sich folgendes Bild:

Keimprozent . . . 100 : 89 : 78 : 67 : 56 Pflanzenprozent II . . . 100 : 70 : 49 : 30 : 14
Pflanzenprozent I . 100 : 76 : 57 : 37 : 20 „ III . . . 100 : 60 : 35 : 10 : 0

Man ersieht daraus das außerordentlich viel stärkere Sinken des Pflanzenprozent gegenüber dem Keimprozent, das sich, je ungünstiger die Verhältnisse sind, um so mehr verschärft. Haack hat danach die Samen-

menge, die man bei Kiefer nehmen muß, um bei verschieden hohem Keimprozent die gleiche Anzahl lebensfähiger Pflanzen zu erzielen, in runden Ziffern auf folgende Größen berechnet:

Keimprozent . . .	95,0	85,0	75,0	65,0
Samenmenge . . .	0,7-	1,0-	1,4-	2,2 fach

vom Üblichen je Hektar in der Praxis. Ein Keimprozent von 85 wurde dabei als normal angesehen. Unter 65proz. Same sollte überhaupt nicht verwendet werden.

Keimhemmungen. Haack hat schließlich auch noch festgestellt, daß es gewisse Hemmungsstoffe gibt, die die Keimung sehr stark herabdrücken können. Die Untersuchungen bezogen sich zunächst nur auf Verunreinigungen der Luft im Keimprüfungsraum. Hierbei wurde aber die bemerkenswerte Entdeckung gemacht, daß die Keimproben in einem frischen Kiefernholzschränk, der stark nach Kien roch, immer erheblich schlechter ausfielen. Es konnte dann nachgewiesen werden, daß das Einlegen von Kienspänen zwischen die Proben die gleichen Hemmungen bewirkte. Haack hat daran anknüpfend den Gedanken ausgesprochen, daß der Harzgehalt der Nadelholzzapfen vielleicht die zweckmäßige Wirkung haben könne, das eingeschlossene Samenkorn nach der Vollreife vor einem vorzeitigen Beginn von Keimungsvorgängen zu bewahren, was freilich nur eine Annahme ist und auch nur sein soll.

Jedenfalls zeigen alle Untersuchungen über die Reizwirkungen und Hemmungsstoffe, wie außerordentlich empfindlich das keimende Samenkorn ist. Die Bedingungen jenes merkwürdigen Ruhezustandes im Samen, der sich oft haarscharf auf der Grenze zwischen Leben und Tod zu bewegen scheint, sind bis heute weder physiologisch noch ökologisch genügend aufgeklärt, um für die im einzelnen auftretenden Erscheinungen immer eine genügende Erklärung finden zu können¹.

Keimung und Fußfassen in der Natur. Wenn wir in der Keimprobe unter optimalen Wärme-, Feuchtigkeits- und Lichtverhältnissen schon nach 3—4 Tagen die ersten Samenkörner keimen sehen, so ist in der freien Natur je nach Gunst oder Ungunst der Witterung und des Keimbettes wohl immer ein sehr viel längerer Zeitraum notwendig. Im allgemeinen erscheinen unsere künstlichen Nadelholzsäaten erst nach etwa 3 Wochen über der Erde. Aber je früher sie kommen, desto besser ist es im allgemeinen. Ein spätes Auflaufen hat immer irgendwelche Störungen zur Ursache. Namentlich ist es die gefürchtete Frühjahrsdürre, die die obersten Bodenschichten so austrocknet, daß ihr viele der frisch angekeimten Körner zum Opfer fallen, und die Säaten dann auch nach späterem günstigen Wetter sehr lückig bleiben. Bei der natürlichen Verjüngung erfolgt der Samenabfall fast nie gleichzeitig. Die Natur setzt nicht, wie wir das aus technischen Gründen meist tun müssen, alles auf eine Karte. Die russischen Untersuchungen in Samenauffanggeräten zeigten für die Fichte einen Abflug von März bis Mai, für die Kiefer von Mitte April bis in den Juni hinein, wobei allerdings über 50% der Körner in 7—15 Tagen abfielen. Immerhin vermag auch ein kleiner Unterschied von wenigen Tagen oft schon über Gelingen oder Mißlingen der Keimung zu entscheiden, wie mir Beobachtungen im eigenen Revier verschiedentlich gezeigt haben.

Ganz offenbar ist es eine äußerst nützliche Einrichtung, daß alle keimenden Samen zuerst ihre Wurzel austreiben, und daß diese erst mehrere Tage rasch in die Tiefe wächst, wo der Boden dauernd frisch bleibt, ehe die Streckung der Sproßachse nach oben beginnt. Man kann nur bedauern, daß dieses erste Fußfassen des Keimlings nicht noch länger dauern und tiefer gehen

¹ Vgl. dazu die Ausführungen über „ruhende Samen“ und die dort angeführte Literatur S. 156.

kann, weil die Erschöpfung der Reservestoffe dies nicht zuläßt und gebieterisch die Aufnahme der Assimilation zur Aufrechterhaltung des Lebens erfordert. Für das Gelingen der Naturverjüngung ist wohl in erster Linie das Keimbett entscheidend, das der Same beim Abfall findet. Hier sind die im Herbst abfallenden Laubhölzer Eiche und Buche im allgemeinen dadurch im Vorteil, daß ihre Samen von dem abfallenden Laub zugedeckt werden, das den Boden im Frühjahr auch vor Austrocknung schützt. Wie sich bei Fichte und Kiefer die Einbettung auf dem Boden vollzieht, darüber fehlen uns leider noch genauere Beobachtungen. Zunächst hindert der anhaftende Flügel jedenfalls ein Eindringen in Boden, Streu und Moospolster. Erst nach eintretenden stärkeren Regen und Loslösung vom Samenflügel tritt wahrscheinlich ein Einwaschen bzw. Einspülen in den Boden oder Bodenüberzug ein. Sonst ist der Samen ganz dem Zufall und allen Fährlichkeiten des Obenaufliagens ausgesetzt. Ein solches gestattet wohl nur ausnahmsweise einmal bei längerer feuchter und warmer Witterung eine Keimung und ein Fußfassen. Lockere, flache Moospolster sind entschieden günstiger. Bei zu starker Entwicklung entsteht aber öfter ein loses Hängen der Keimlinge im Moosrasen, ohne daß die Wurzel festen Boden faßt. Ähnliches findet man bei Buchenkeimlingen in dicken unzersetzten Laubschichten, wie sie sich gern in Bodenvertiefungen ansammeln. Die Keimwurzel, die dann nicht senkrecht in die Tiefe dringen konnte, biegt seitlich ab, und man kann mit den oberen Blattlagen oft den ganzen jungen Keimling abheben. Alles kommt jedenfalls darauf an, daß die junge Wurzel rasch den Mineralboden erreicht.

So fand Nowak¹ in einem aus Kiefern mit Laubholz gemischten russischen Waldbestand folgende Abhängigkeit der Anzahl von Keimlingen von der Höhe der Streudecke:

Mächtigkeit der Streudecke	Anzahl des Anflugs
0,3 cm	11421
1,0 „	9948
2,0 „	4416
3,0 „	1228
4,0 „	380
5,0 „	132
6,0 cm u. darüber	0

Dem Boden auflagernde Rohhumusschichten wirken vielleicht nicht nur mechanisch durch die vielen unzersetzten und übereinander gelagerten harten Teile, sondern auch durch die Wasser- und Ernährungsverhältnisse ungünstig². Man findet sowohl bei jungen Buchen auf Rohhumus als auch bei der Fichte in der schlecht zersetzten Streu und schließlich auch bei der Kiefer, hier ganz besonders auf Cladonia-

Böden, oft eine vollständig flache Wurzelentwicklung nicht nur beim Keimling, sondern auch noch bei älteren Jungpflanzen. Eine längere Trockenperiode bringt dann alle solche Verjüngungen wieder zum Verschwinden. Bei dem häufiger zu findenden Kiefernflug zwischen Renntierflechte ist das im deutschen Osten eine ganz allgemein zu beobachtende Erscheinung.

Die ersten Jugendgefahren. Aber selbst wenn der junge Keimling zunächst gut und sicher Fuß gefaßt hat, ist er in der ersten Zeit vielen besonderen Gefahren ausgesetzt. Eine der häufigsten ist Unkraut, das wohl in der Hauptsache durch Wurzelkonkurrenz, nur zum Teil auch durch Lichtentzug schadet³. Daneben treten aber noch mannigfache andere Schädigungen auf. Bei der Buche und Tanne ist es vor allem die Gefahr der Mai- und Junifröste, bei der Kiefer die Dürre, die viele Keimlinge wieder zum Absterben bringt. Eine besondere Keimlingskrankheit ist die an der Buche durch

¹ Nach Morosow: Die Lehre vom Walde, S. 226. Die Angabe der Größe der 50 untersuchten Probeflächen fehlt leider.

² Vgl. hierzu auch die Untersuchungen von Schmidt über die Säureempfindlichkeit junger Keimlinge, S. 181.

³ Vgl. darüber die bemerkenswerten Versuchsergebnisse von Fabricius, S. 144.

Phytophthora, die in manchen Jahren die Keimlinge massenhaft tötet. Von den Tieren des Waldes stellen die Rehe besonders gern den jungen Keimblättern der Buche nach, die sie oft reihen- und plätzweise abäsen (Buchensalat!). Die Nadelholzkeimlinge werden von den Vögeln abgebissen, meist solange die Samenschale noch auf den Kotyledonen sitzt. Im Herbst werden die kleinen Keimlinge von Fichte, Kiefer und Tanne oft durch das absterbende und sich überlagernde Unkraut oder durch übergewehtes Laub von Mischhölzern erstickt. Im Beginn des zweiten Lebensjahres tritt bei der Kiefer auf vielen Standorten die Schütte (*Lophodermium Pinastri*) vernichtend auf, an Fichte und Kiefer beginnt der große Rüsselkäfer (*Hylobius abietis*) seinen Plätzefraß an den jungen Stämmchen. Zuweilen reißen auch die wurzelbrütenden Hylesinen und die Larve des Maikäfers große Lücken in den Jungwuchs. Erst mit zunehmendem Alter, wenn dieser „aus dem Gras heraus“ ist, nehmen alle diese das junge Leben bedrohenden Gefahren und Schädigungen in Natur- wie Kunstverjüngung allmählich ab. Erst dann kann die Verjüngung als „gesichert“ betrachtet werden! Der Wald ist aus seinem zarten und schwerbedrohten Säuglingsalter herausgetreten.

19. Kapitel. Die weitere Entwicklung in der ersten Jugend (Aufwuchs- und Dickungsalter).

Wenn sich auch bereits in der ersten Stufe der Verjüngung, namentlich bei dichten Ansammlungen, der Charakterzug der Vergesellschaftung, wie er den Waldbestand auszeichnet, mit allen seinen Folgen auszubilden beginnt, so tritt dieser mit voller Schärfe doch erst in den späteren Stufen hervor, sobald der Kampf um Licht und Nahrung bei inniger werdender Berührung der Bestandsglieder in immer stärkerem Grade einsetzt. Es lassen sich hier gewisse Abschnitte unterscheiden, die man teils nach ökologischen, teils mehr nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten als natürliche Wuchsklassen bezeichnet und wie folgt benannt hat:

1. Anwuchs, Aufwuchs, Jungwuchs oder Hege — bis zum Beginn des eintretenden Bestandsschlusses;
2. Dickung, von da bis zum Eintritt stärkerer Astreinigung und Stamm-ausscheidung;
3. Stangenholz, von da bis zur Erreichung größerer Stammstärke, und zwar a) schwaches Stangenholz bis 10 cm¹, b) starkes Stangenholz bis 20 cm;
4. Baumholz, und zwar a) geringes bis 35 cm, b) mittleres bis 50 cm, c) starkes über 50 cm.

Man bedient sich dieser von den forstlichen Versuchsanstalten festgesetzten Ausdrücke allgemein bei der Bestandsbeschreibung, um damit sofort ein allgemein verständliches und plastisches Bild von dem jeweiligen Zustand der Bestandsentwicklung zu geben.

Äußere Gefahren. In der Folgezeit werden die Jungpflanzen widerstandsfähiger. Frost und Dürre schaden zwar auch noch, aber sie wirken meist nicht mehr tödlich. Der Hallimasch (*Agaricus melleus*) befällt meist nur einzelne Pflanzen von Kiefer und Fichte und bringt sie zum Absterben. Die Schütte ist bei der Kiefer nicht mehr vernichtend. Den Hauptschaden bringt in dieser Zeit in unseren wildübersetzten Kulturwäldern meist der Verbiß durch Rehe und Rotwild. Aber auch er wirkt meist nur hemmend und verunstaltend, nicht tödlich.

¹ In Brusthöhe.

Stammausscheidung. Der Hauptabgang an Einzelindividuen fällt jetzt vielmehr dem gegenseitigen Kampf der jungen Baumpflanzen untereinander zu. Es beginnt das große Wettrennen nach oben, wo jede durch schwächere Wuchskraft, aber auch durch Zufälle zurückbleibende Pflanze in rascher Steigerung der ungünstigen Verhältnisse „unterdrückt“ wird, immer mehr kümmernd und schließlich abstirbt. Wir sind über diese erste Phase der Stammausscheidung nur sehr ungenau unterrichtet. Sie ist auch je nach dem lockeren oder dichteren Stand der Natur- und Kunstverjüngungen sehr verschieden. Wenn wir aber wissen, daß in guten Nadelholzsaaten von 2—3jährigem Alter noch 30—50 Pflanzen auf den laufenden Meter, also 25—40 Tausend je Hektar stehen, daß in Naturverjüngungen bei der Kiefer ebenfalls bis 25 000, für die Tanne aber sogar bis 75 000 Jungpflanzen¹ gezählt worden sind, während im Alter von 20 Jahren bei der Kiefer meist nur noch 4—5000, bei der Tanne etwa 10—15 000 vorhanden sind, so kann man sich daraus ungefähr eine Vorstellung machen, wie Jahr für Jahr Tausende von Individuen unauffällig und unbemerkt dahinstirben, damit die besser Veranlagten, vielfach auch nur die Glücklicheren, die kein ungünstiger Zufall betroffen hat, Platz bekommen. Daß eine solche rasche und fortlaufende Stammausscheidung nützlich und nötig für die Gesamtentwicklung des Bestandes ist, beweisen viele überdichte Saaten und allzu volle Naturverjüngungen namentlich auf geringeren Böden. Hier sitzen dann tatsächlich oft zu viele an einem Tisch und keiner kann mehr recht satt werden. Der Wuchs gerät im ganzen ins Stocken, statt vorwärts zu eilen. Es gibt dann sog. verhockte oder sitzengebliebene Jungwüchse, in denen man nichts Besseres tun kann, als mit Kulturmesser oder Baumschere künstlich Luft zu schaffen, wonach dann der Höhenwuchs meist in Zug zu kommen pflegt.

Höhenwachstum der einzelnen Arten. Über die Unterschiede im Höhenwachstum während der ersten Jugend besitzen wir mehrere Untersuchungen, die sowohl die verschiedene Wuchskraft einzelner Individuen der gleichen Art als auch die durchschnittliche Größe der verschiedenen Holzarten unter sonst gleichen Umständen ermittelt haben.

So die Untersuchungen der Forstlichen Versuchsanstalt der Schweiz² im Versuchsgarten auf dem Adlisberg bei Zürich (etwa 670 m). Die jungen Holzpflanzen wurden hier auf gleichem Boden und in gleichem Klima erzogen, und um auch den Unterschied in der Witterung der einzelnen Jahre möglichst auszuschalten, hat man fortdauernd neue Jungpflanzen nachgezogen, so daß für jedes Lebensjahr die Zahlen mehrerer Kalenderjahre zu einem Durchschnitt vereinigt werden konnten. Die Ergebnisse zeigen trotzdem noch manche Unregelmäßigkeiten, die auf gewisse Störungen hindeuten.

Die Höhen betragen für die gebildete Gruppe der mittleren Pflanzen;

	Lebensjahr:								
	1. cm	2. cm	3. cm	4. cm	5. cm	6. cm	7. cm	8. cm	9. cm
Tanne	3	5	7	11	15	23	29	33	55
Fichte	5	11	16	24	34	39	57	70	102
Buche	9	13	20	31	38	51	—	—	—
Eiche	10	18	29	52	77	99	120	—	—
Birke	2	39	102	209	—	—	—	—	—
Schwarzerle	9	47	217	340	—	—	—	—	—

Zunächst ist in allen Reihen zu ersehen, wie die Länge der einzelnen Jahrestriebe in diesem Jugendalter rasch zunimmt. Der jugend-

¹ Nach Morosow: Die Lehre vom Walde, S. 228 u. 229.

² Flury: Untersuchungen über die Entwicklung der Pflanzen in der frühesten Jugendperiode. Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. 1895, S. 189 ff.

liche Organismus erarbeitet sich also einen Überschuß, der ihn zunächst noch zu immer höherer Steigerung der Leistung befähigt, und den er in diesem Alter hauptsächlich in verstärktes Höhenwachstum umsetzt. Dieser Zustand dauert im allgemeinen bei unseren Holzarten etwa bis zum 20. bis 25. Jahre an.

Vergleichen wir die einzelnen Holzarten miteinander, so zeigt sich dabei eine Abstufung in der obigen Reihenfolge von den langsamwüchsigen Holzarten Tanne, Fichte und Buche zu der außerordentlich raschwüchsigen Birke und Erle. Dabei ist für die Birke sehr charakteristisch, daß sie im ersten Jahr ganz besonders klein bleibt, um schon im zweiten Jahr raschwüchsig zu werden. Ebenso ist für die Tanne bezeichnend, daß sie nach einer Reihe von Jahren mit sehr geringem Wachstum ziemlich unvermittelt mit längeren Trieben einsetzt, was hier erst zwischen dem 8.—9. Jahre (22 cm gegen vorher 5—6 cm) eintritt, häufig aber auch schon etwas früher beobachtet wird.

Von Bühler¹ wurden in seinem Versuchsgarten bei Tübingen an 11 jährigen Pflanzen vergleichsweise folgende Endhöhen festgestellt.

1. <i>Taxus baccata</i>	0,77 m	} unter 1 m	9. <i>Fraxinus excelsior</i>	2,86 m	} 2—3 m
2. <i>Abies pectinata</i>	0,90 m		10. <i>Quercus pedunculata</i>	3,00 m	
3. <i>Picea excelsa</i>	1,10 m	} 1—2 m	11. <i>Pinus silvestris</i>	3,00 m	} 3—4 m
4. <i>Fagus sylvatica</i>	1,85 m		12. <i>Larix europaea</i>	3,50 m	
5. <i>Carpinus betulus</i>	2,20 m	} 2—3 m	13. <i>Tilia grandifolia</i>	3,50 m	} 4 m über 4 m
6. <i>Acer pseudoplatanus</i>	2,60 m		14. <i>Ulmus montana</i>	3,74 m	
7. <i>Quercus sessiliflora</i>	2,70 m		15. <i>Alnus glutinosa</i>	3,75 m	
8. <i>Acer platanoides</i>	2,80 m		16. <i>Alnus incana</i>	4,40 m	

Im allgemeinen stimmen beide Reihenfolgen (Flury und Bühler) untereinander und auch mit den Anschauungen der Praxis gut überein. Aholne und Esche erscheinen allerdings etwas zu niedrig. Es fehlen bei Bühler leider Birke und Akazie, die mit unter die raschwüchsigsten einzureihen sein würden.

Beide Versuchsgärten befanden sich aber in sehr günstiger klimatischer Lage und hatten fruchtbaren Lehmboden. Für das kühlere Klimagebiet und Sand besitzen wir leider keine entsprechenden Beobachtungen². Sicher würde nicht nur das absolute Ausmaß, sondern auch die Reihenfolge etwas anders ausfallen.

Immerhin dürfte der große Unterschied der langsamwüchsigen Holzarten, Tanne, Fichte, Buche, gegenüber den besonders raschwüchsigen, Erle, Akazie, Birke, Lärche, überall ziemlich gleichbleiben. Unverkennbar scheint übrigens auch ein gewisser Zusammenhang mit dem Lichtverhalten der Arten zu bestehen, indem die Schattholzarten anfangs mehr zu den langsamwüchsigen, die Lichthölzer zu den raschwüchsigen gehören. Ökologisch ließe sich das wohl aus dem verschiedenen Lichtgrad der Mutterbestände erklären, in denen die Verjüngung unter natürlichen Verhältnissen aufzuwachsen gezwungen ist. Die Anpassung an diese natürlichen Verhältnisse bleibt als innere erbliche Anlage auch unter veränderten Bedingungen eben immer bis zu einem gewissen Grade erhalten.

Entsprechend sind auch die individuellen Unterschiede zwischen den größten und kleinsten Pflanzen der gleichen Art bei den langsamwüchsigen meist viel geringer als bei den raschwüchsigen.

So betrug z. B. der Unterschied in den von Flury gebildeten Gruppen großer und kleiner Pflanzen:

¹ Bühler: Waldbau Bd. I, S. 521.

² Die von Bühler: a. a. O., S. 518 u. 519, gegebenen Zahlen von Versuchen auf verschiedenen Bodenarten, die, von verschiedenen geologischen Böden stammend, in Versuchsbete eingefüllt worden waren, sind so voll offener Unstimmigkeiten, daß sie nicht zu brauchen sind. Wahrscheinlich beruhen die Fehler auf der veränderten Lagerung und Struktur der umgefüllten Böden (Dichtschlämmung u. a. m.).

	groß	klein	Unterschied
bei Tanne 9jährig	70	gegen 43 cm	= 37 cm
„ Fichte 9jährig	138	„ 93	„ = 45 „
„ Birke 4jährig	311	„ 72	„ = 239 „
„ Akazie 4jährig	302	„ 56	„ = 246 „

Jedenfalls ist das Verhältnis derjenigen Stämmchen, die als größte und stärkste sich rasch über die anderen zurückbleibenden herausarbeiten, je nach Holzarten verschieden. Hauch¹ hat dies das Ausbreitungsvermögen genannt und fand es nach seinen Beobachtungen groß bei Eiche, Buche und Kiefer, bei denen die Anzahl der führenden Stämmchen geringer ist und diese daher weiteren Wuchsraum gewinnen. Gering soll es bei Fichte und Esche sein, wo eine Mehrzahl von Stämmchen in scharfem Wettbewerb bleibt. Es fehlt aber doch wohl noch an genügend vergleichsfähigen Beobachtungen, um diese Verschiedenheit im ersten Entwicklungsgang unserer Holzarten genügend sicher beurteilen zu können. Auch scheint mir der Name „Ausbreitungsvermögen“ für diesen Vorgang nicht besonders treffend zu sein, da es sich gar nicht so sehr um ein In-die-Breite-gehen, sondern ebensosehr oder noch mehr um das raschere In-die-Höhe-gehen handelt, wodurch die langsameren unterdrückt werden. Ich möchte dafür den Ausdruck „Ausscheidungsvermögen“ vorschlagen.

Eine in der forstlichen Praxis viel umstrittene Frage ist das gegenseitige Verhalten der Buche und der Eiche, weil diese oft in Mischbeständen vorkommen und ein Überwachsen der Eiche durch die Buche meist sehr verhängnisvoll wird. Nach allen Untersuchungen ist aber die Eiche in diesem jugendlichen Alter meist vorwüchsig. Das gilt sogar nach eignen Beobachtungen und Stammanalysen junger Stangen auch für norddeutsche Laubholzstandorte. Wo die Eiche zurückbleibt, ist das fast immer nur auf Wildverbiß zurückzuführen, da die in Buchen stehenden jungen Eichen vom Wilde geradezu herausgesucht werden.

In diesem Jugendabschnitt tritt der Bestand bereits in den sog. „Schluß“ ein, indem die Einzelstämmchen mit ihren Kronen hart aneinanderstoßen und sogar ineinander überzugreifen beginnen. Hand in Hand damit beginnt das Absterben der unteren Äste auch bei den führenden und mittleren Individuen (Stammreinigung). Der Bestand geht durch das sog. Dickungsalter zum Stangenholzalder über. Diese Begriffe, die in erster Linie freilich nur auf unsere großen, aus künstlicher Kultur hervorgehenden Jungbestände Anwendung finden, treffen aber auch bei natürlicher Verjüngung und auf kleiner Fläche zu, sogar auch im Urwald überall da, wo auf Lücken der Jungwuchs gruppen- oder horstweise heranwächst, wie das sehr oft der Fall ist.

20. Kapitel. Entwicklung und Wachstum im Stangen- und Baumholzalder.

Auch in der Folgezeit wird die Entwicklung von Baum und Bestand zunächst noch stark durch das Streben nach oben beherrscht. Das Höhenwachstum nimmt weiterhin noch zu oder bewegt sich doch nahe an maximalen Leistungen. Mehr und mehr tritt dann aber daneben schon die Verstärkung des Schaftes in den Vordergrund und lenkt den Aufbau aus der Vertikalen nunmehr in die Horizontale. Diese aus inneren Anlagen hervorgehenden, aber in hohem Maße durch äußere Faktoren beeinflussten Wachstums-

¹ Hauch: Über das sog. Ausbreitungsvermögen unserer Holzarten. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1905, S. 41. — Zur Variation des Wachstums bei unseren Waldbäumen mit besonderer Berücksichtigung des sog. Ausbreitungsvermögens. Forstwiss. Zbl. 1910, S. 565.

vorgänge sind von größter Wichtigkeit für die forstliche Wirtschaft, da sich auf ihnen die ganze Erzeugung an erntefähiger Holzmasse aufbaut. Zahlreiche Untersuchungen über den Wachstumsgang der einzelnen Holzarten in den verschiedensten Gegenden Deutschlands sind hier durch die forstlichen Versuchsanstalten ausgeführt und ihre Ergebnisse zu Durchschnittswerten in den sog. Ertrags- tafeln zusammengestellt. Ehe wir uns diesen Ergebnissen zuwenden können, haben wir aber noch einige allgemeine ökologische Grundlagen des Wachstums zu erörtern.

Periodizität. Das Wachstum ist mehr oder minder bei allen Pflanzen periodisch. In unsern Breiten ist es deutlich in eine winterliche Ruhezeit und eine im wärmeren Teil des Jahres liegende Zeit der Tätigkeit geschieden, die man auch Vegetationszeit schlechthin genannt hat. Im allgemeinen sieht man diese schon äußerlich begrenzt durch das Austreiben der Knospen im Frühjahr und das Vergilben und den Abfall des Laubes im Herbst. Das sind aber nur die Anzeichen für starke innere Veränderungen. Solche inneren, vorbereitenden Vorgänge gehen dem Austreiben im Frühjahr lange voraus (Umsetzung von Reservestoffen, Anschwellen der Winterknospen), andere abklingende folgen dem herbstlichen Laubfall noch lange nach. Dem Abfall des Laubes im Herbst geht meist eine Rückwanderung von Mineralstoffen in den Holzkörper voraus.

Für die wissenschaftliche Erforschung der Zusammenhänge zwischen Wachstumsleistung und äußeren Bedingungen, z. B. der Witterung, liegen hierin zweifellos große Schwierigkeiten. Sie sind die Ursachen für die vielen hier festgestellten Unstimmigkeiten und Unsicherheiten, da wir Beginn und Ablauf dieser inneren Vorgänge nicht äußerlich beobachten können.

Der Ruhezustand scheint im allgemeinen mehr ein Zustand der Hemmung für gewisse Lebensvorgänge zu sein als ein solcher wirklicher und notwendiger Ruhe infolge eingetretener Erschöpfung. Es gelingt nämlich unter besonderen Bedingungen die bestehenden Hemmungen auszuschalten und die Pflanzen vorzeitig zum Austreiben zu bringen, wovon ja im gärtnerischen Betrieb bei der sog. Frühreibung im weitesten Maße Gebrauch gemacht wird. Die verschiedensten Mittel können hier die Ruhezeit abkürzen und aufheben, z. B. Warmwasserbäder, Narkotisierung der Zweige (Ätherverfahren) u. a. m. Bei vielen Holzpflanzen scheint auch die winterliche Temperaturherabsetzung eine ähnliche Rolle zu spielen, da vorhergehende Frostperioden das Antreiben von Zweigen erleichtern.

Bei der Buche, die allen Versuchen des Frühreibens bisher am hartnäckigsten widerstand, gelang es Klebs¹ schließlich, sie durch dauernde elektrische Beleuchtung mitten im Winter, u. a. von Dezember bis März, fünfmal zum Austreiben zu zwingen.

Im allgemeinen lassen sich in der Ruhezeit drei Abschnitte erkennen, die Vorruhe, die Mittel- und die Nachruhe, von denen die Mittelruhe den tiefsten Hemmungszustand darstellt, der am schwersten aufzuheben ist, während dies in den beiden andern Abschnitten leichter gelingt.

Vegetationsbeginn. Das natürliche Austreiben im Frühjahr erfolgt bei unsern Waldbäumen zu recht verschiedenen Zeiten. Im allgemeinen ist aber die Reihenfolge der einzelnen Arten doch eine ganz bestimmte, wenn auch manchmal kleine Verschiebungen vorkommen.

Einige unserer Holzarten zeigen das Erwachen aus der Winterruhe zunächst durch das Erscheinen ihrer Blüten an, denen der Blattausschub erst

¹ Klebs: Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Abh. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., Heidelberg 1914.

nach einiger Zeit nachfolgt. Hierher gehört vor allen Dingen die Haselnuß und die Erle, die schon im März¹, selbst Februar, mit der Vegetation beginnen und den sog. Vorfrühling bezeichnen. Zu den vor Laubausbruch und sehr früh blühenden Holzarten gehört auch noch die Eibe, manche Weiden, besonders die Sahlweide, die Aspe und die Rüstern, deren Vegetation meist etwas später wie bei den vorigen (Ende März, Anfang April) einsetzt. Dann folgen im sog. Erstfrühling mit dem Blattausbruch Lärche, Birke, Hainbuche (Mitte bis Ende



Abb. 113. Rechts 50jähriger reiner Stieleichenbestand, im Frühjahr bereits ergrünt, links gleichaltiger Eichenbestand mit vorwiegendem Traubeneichencharakter, noch kahl. Oberförsterei Havelberg.
Nach Seitz.

April). Am Anfang Mai ergrünen Rotbuche, Stiel- und Traubeneiche und die übrigen Laubhölzer, und wenig später um Mitte Mai folgen Tanne, Fichte und Kiefer nach (Vollfrühling). Bei der Kiefer setzt die Entfaltung der Nadeln meist erst ein, nachdem die Streckung der Triebe schon stark vorgeschritten ist. Zu den spät austreibenden Laubhölzern gehört vor allem die Akazie.

Bezüglich des Blattausbruchs bei Stiel- und Traubeneiche ging die Schulmeinung in der forstlichen Literatur und Praxis bisher allgemein dahin, daß die Stieleiche 8—14 Tage früher ergrünen soll. Die 10jährigen forstlich-phänologischen Beobachtungen der deutschen forstlichen Versuchsanstalten² haben dies nicht bestätigt. Nur an ganz wenigen von über 200 Stationen zeigte sich ein Vorsprung der Stieleiche, aber dann meist nur um 2—3 Tage. Es kamen aber auch umgekehrte Fälle vor. Auch Burger³ konnte in unteren milden Lagen bei Zürich, wo

beide Arten in gut ausgeprägten Formen nebeneinander vorkommen, keinen Zeitunterschied feststellen. Gegenteilige Beobachtungen hat Seitz⁴ gemacht, wonach auf Niederungsböden die Stieleiche 10 Tage vor der Traubeneiche, auf nur 20 m höher liegenden, trockenen Höhenböden aber 10 Tage später austreiben soll. Vielleicht klären sich die

¹ Die Angaben beziehen sich hier überall auf das mittlere Norddeutschland. Im süd westlichen Deutschland tritt dagegen eine Verfrühung von 10—14 Tagen, im nordöstlichsten eine Verspätung von 8—10 Tagen im Durchschnitt ein.

² Wimmenauer: Die Hauptergebnisse 10jähriger forstlich-phänologischer Beobachtungen in Deutschland. Berlin 1897.

³ Burger: Über morphologische und biologische Eigenschaften der Stiel- und Traubeneiche. Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. 1914.

⁴ Seitz: Edelrassen des Waldes, S. 14. Berlin 1927.

Widersprüche dadurch auf, daß es bei beiden Arten früh und später ergrünende Rassen gibt, die bei dem vielfachen künstlichen Anbau durcheinander gekommen sind. Für die Stieleiche hat ja Cieslar durch seine Provenienzversuche das Vorkommen solcher Rassen mit verschiedener Vegetationszeit schon nachgewiesen (vgl. S. 212). Die in Ungarn und Slawonien gelegentlich auftretende, erst im Juni austreibende Späteiche (*var. tardissima*) soll ebenfalls eine Stieleiche sein.

So günstig an sich ein frühes Austreiben für die Verlängerung der Vegetationszeit erscheint, so gefährlich ist es für die frostempfindlichen Holzarten, wie Tanne, Fichte, Buche und Eiche.

Für die Fichte hat Münch dies in besonders anschaulicher Weise nachgewiesen (vgl. Abb. 100). Für die Eiche konnte Seitz ähnliches für eine andere Gefahr, nämlich den Kahlfraß durch den Wickler (*Tortrix viridana*) beobachten. Ein später ausgetriebener Bestand dicht neben einem früher ausgetriebenen blieb vollständig verschont (vgl. Abb. 113 u. 114). Übrigens treibt bei der Tanne und Fichte die Terminalknospe immer etwas später aus als die Seitenknospen. Der führende Höhentrieb entgeht dadurch öfter dem Spätfrost. Bei der Fichte ist ein individuell sehr verschiedener Vegetationsbeginn zu beobachten, auch bei der Buche fallen oft einzelne Spätreiber auf, während bei der Kiefer das Antreiben mehr gleichmäßig erfolgt.

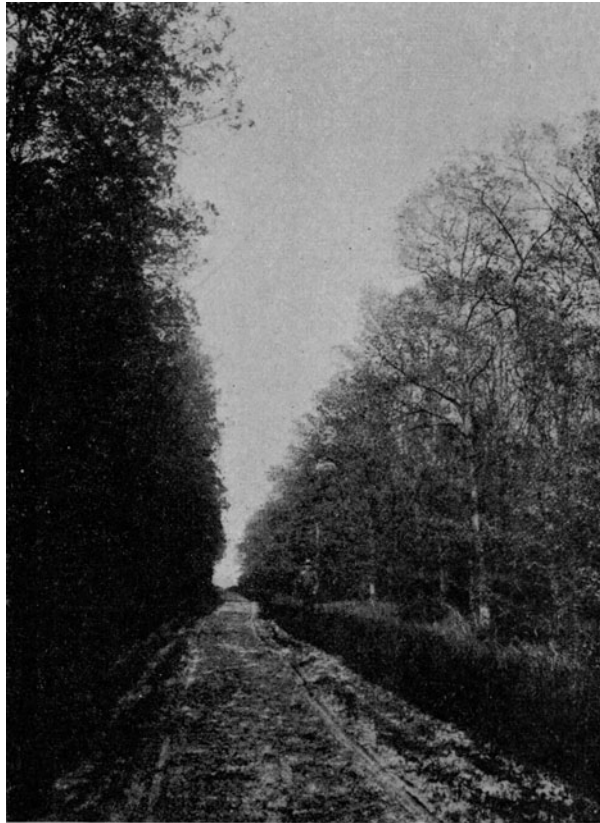


Abb. 114. Die gleichen beiden Bestände wie in Abb. 113, 3 Wochen später. Jetzt der rechte vom Wickler kahlgefressen, der linke, spätreibende, im vollen Laub. Wichtigkeit richtiger Rassenwahl!
Nach Seitz.

Jährlicher Verlauf des Längenwachstums. Der Verlauf des Längenwachstums am einzelnen Trieb geht meist überaus rasch vor sich. Nach einer längeren oder kürzeren Reihe von Tagen mit kaum meßbaren Knospenverlängerungen setzt eine zweite, meist sehr stürmisch verlaufende Phase ein, in der tägliche Zuwachslängen von 1—2 cm, bei manchen Arten auch 3—3,5 cm vorkommen. (Esche nach Büsgen, Esche, Eiche und Rotbuche nach Burger¹.) Diese Hauptwachstumsperiode umfaßt aber meist nur eine sehr kurze Zeit, bei manchen Arten nur 2—3 Wochen, in denen der größte

¹ Büsgen: Blütenentwicklung und Zweigwachstum der Rotbuche. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1916, S. 289 ff. — Burger: Untersuchungen über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten. Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. 1926.

Teil des Höhentriebes gebildet wird. Darauf fällt dann das Wachstum ziemlich rasch ab. Diesem Typ (sog. schubweises Wachstum) folgen in der Hauptsache Eiche, Buche, Bergahorn und Esche, etwas weniger ausgeprägt auch Fichte und Kiefer. Ein anderer Typ, darunter auch sehr raschwüchsige Arten, haben dagegen ein viel länger anhaltendes kräftiges Wachstum ohne so starke Tagesleistungen wie die vorigen. Hierzu gehören z. B. Hainbuche, Birke und Schwarzerle (vgl. die Wachstumskurven Abb. 115).

Einige unserer Holzarten zeigen die merkwürdige Erscheinung, daß sie nach bereits eingestelltem Höhenwachstum und einer mehrwöchigen Ruheperiode noch

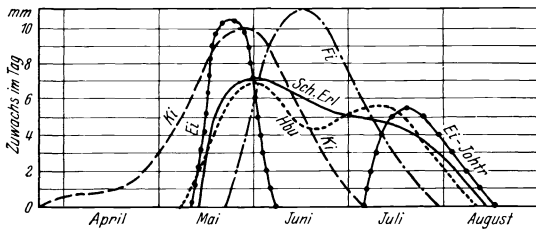


Abb. 115. Normalverlauf des jährlichen Höhenwachstums verschiedener Holzarten auf dem Adlisberg b. Zürich. Nach Burger.

Ki = Kiefer aus mitteleuropäischer Tieflage. Fi = Tief-landsfichte. Ei = Eiche. Sch.Erl = Schwarzerle. Hbu = Hainbuche. Johr = Johannistrieb.

nur an jüngeren Pflanzen und besonders nach Beschädigungen durch Frost, Insektenfraß u. dgl. Sog. „verkappte Johannistriebe“ bilden vielfach die Ahorne, indem das Längenwachstum bei ihnen nicht ganz zur Ruhe kommt,

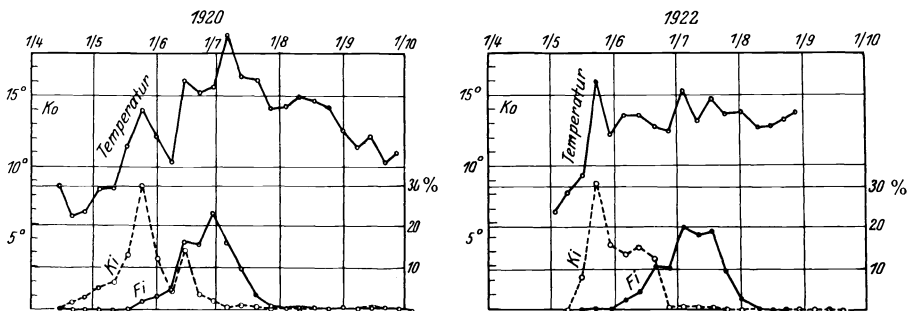


Abb. 116. Vergleich zwischen dem Verlauf der Temperatur und des Höhenwachstums bei Kiefer und Fichte in den Jahren 1920 und 1922 in Kollberga i. Südschweden. Nach L. G. Romell.

Oben: Temperaturkurve.

Unten: - - - - - Wöchentlicher Höhenzuwachs der Kiefer in Prozent des Gesamtzuwachses.
 „ ——— „ „ „ „ Fichte „ „ „ „

sondern nur sehr stark abflaut und die Internodien ganz kurz werden, um dann noch einmal wieder anzusteigen und danach erst endgültig zur Ruhe überzugehen.

Die Witterung des laufenden Jahres ist nicht ohne Einfluß auf den Verlauf des Höhenwachstums. Es setzt gern mit einem scharfen Temperaturanstieg im Frühling ein, wenn die Holzart an sich bereit zum Austreiben ist. Es zeigt auch bei Kälterückfällen ein deutliches Nachlassen, um bei Wiederanstieg der Temperatur wieder zuzunehmen, wenn die Zuwachsperiode noch nicht ab-

¹ Späth: Der Johannistrieb. Berlin 1912.

gelaufen ist. Die günstigste Witterung vermag aber kein vorzeitiges Austreiben zu veranlassen, wenn die Holzart innerlich noch nicht fertig ist, auch keine Verlängerung des Wachstums, wenn die durchschnittliche Dauer der Wachstumszeit vorüber ist. In sehr anschaulicher Weise zeigen das zwei Wachstumskurven einer Arbeit von Romell¹ über den Zuwachsgang von Kiefer und Fichte in Schweden (vgl. Abb. 116).

Die Kiefer beginnt am Versuchsort (Kolleberga i. Südschweden) stets erheblich vor der Fichte, die dort erst später fertig ist. Daher treibt mit dem starken Temperaturanstieg Mitte Mai 1920 (von 8° auf 14° C) nur die erstere aus. Der Temperatursturz Anfang Juni drückt dann den Zuwachs bei der Kiefer stark herab, aber da ihre Zeit noch nicht abgelaufen ist, reißt der Temperaturanstieg Mitte Juni den Zuwachs noch einmal etwas hoch. Dann aber geht er trotz steigender Temperatur abwärts und ist schon am 1. Juli dauernd zum Abschluß gekommen. Die Fichte, die ihren Zuwachs erst Mitte Mai begonnen hat, zeigt den Einfluß des Temperatursturzes Anfang Juni nur in einer leichten Einknickung der Wachstumskurve, vom 1. Juli an fällt sie rasch und unaufhaltsam, trotzdem die Temperatur im ganzen Juli und dem größten Teil des August noch sehr günstig ist. Schon Ende Juli ist auch die Fichte vollständig zur Ruhe gekommen. Vergleicht man damit die Kurven des Jahres 1922, so zeigen sich trotz des viel gleichmäßigeren Temperaturverlaufes im Juni, Juli und August doch ganz unverkennbar große Übereinstimmungen in dem ganzen Ablauf der Phasen. Man beachte auch hier die Einknickungen der Kurven im Zusammenhang mit dem Temperaturgang. Beide Holzarten schließen auch ihr Höhenwachstum in der gleichen Reihenfolge und mit dem gleichen Abstand von etwa 1 Monat ab, trotzdem die Temperatur dauernd günstig und gleichmäßig bleibt.

Für Norddeutschland liegen so eingehende und genaue Untersuchungen leider nicht vor. Eigene Messungen² aus dem Jahre 1910 in Dickungen und jungen Stangenhölzern bei Eberswalde ergaben bei der Kiefer den Beginn des Wachstums in den ersten Maitagen und den Abschluß schon Anfang Juni. Auch Büsgen³ hat bei den von ihm untersuchten Laubhölzern meist einen Beginn des Austreibens um Ende April bis Anfang Mai beobachtet, und die Streckung war ebenfalls nach 1—1¼ Monat fast überall beendet.

Etwas längere Zuwachsperioden bis zu 50 und 60 Tagen hat Burger im Versuchsgarten bei Zürich festgestellt. Die Unterschiede beruhen dort wohl aber mehr auf der Miterfassung der anfänglich kaum merkbaren Knospenverlängerung durch sehr feine Messungen als auf tatsächlich viel längerer Wachstumszeit. Für die Buche bei Hann.-Münden stellte Büsgen folgende Wachstumsabschnitte fest:

- | | | |
|------------------------|---------------|----------------|
| 1. Schwaches Wachstum: | 27. April bis | 6. Mai |
| 2. Mittleres | „ | 7. Mai „ 10. „ |
| 3. Starkes | „ | 11. „ „ 18. „ |
| 4. Mittleres | „ | 19. „ „ 26. „ |
| 5. Schwaches | „ | vom 27. Mai ab |
- danach Stillstand (kein Johannistrieb).

Alle Forscher, die sich mit der Frage beschäftigt haben, sind aber darin einig, daß die Gesamtlänge des Jahrestriebes nicht oder doch nur ganz unbedeutend von der Witterung des laufenden Jahres abhängt, dagegen sehr stark von der Witterung des Vorjahres bestimmt wird, weil da schon die Knospen für das nächste Jahr angelegt und die Reservestoffe dafür aufgespeichert werden.

So fand Hesselman⁴ bei der Kiefer in Schweden nach dem ungewöhnlich warmen (auch trockenem) Sommer 1901 die Jahrestriebe von 1902 um 50—100 % länger als im Vorjahr, trotzdem der Sommer 1902 dort ungewöhnlich kalt und naß war. Die Folge dieses un-

¹ Lars-Gunnar Romell: Växttidsundersökningar å Tall och Gran. Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1925, H. 22. Mit französischem Resümé.

² Nicht veröffentlicht. ³ Büsgen: a. a. O., Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1916, S. 289ff.

⁴ Hesselman: Über den Höhenzuwachs und die Sproßbildung der Kiefer in den Sommern 1900—1903. Mitt. d. schwed. forstl. Versuchsanst. 1904. Deutsches Resümé.

günstigen Sommers zeigte sich dann erst im Jahre 1903 in einer außerordentlichen Verkürzung der Triebe, die es in Nordschweden sogar oft nur zur Bildung kleiner büscheliger Gebilde brachten. Andererseits beobachtete Cieslar an der Fichte bei Wien nach dem besonders heißen und trockenen Sommer 1904 im folgenden Jahre eine ungewöhnlich starke Verkürzung der Triebe. So betrug an 9jährigen Fichten der Höhenzuwachs:

1902	1903	1904	1905	1906
11,9	13,3	13,0	7,5	17,5 cm

Während in Schweden also ein heißer Sommer des Vorjahres eine Verlängerung der Triebe erzeugte, erfolgte in Österreich dadurch eine Verkürzung. Cieslar hat den scheinbaren Widerspruch wohl ganz richtig damit erklärt, daß in kälteren Klimaten die Wärme des Sommers fördernd wirkt, während in wärmeren die mit heißen Sommern immer verbundene Trockenheit den Zuwachs schädigt. Auch Möller¹ konnte bestätigen, daß für die Länge des Höhentriebes bei der Kiefer die Ernährungsverhältnisse des Vorjahres entscheidend sind, während die Länge und Stärke der Nadeln durch die Verhältnisse des laufenden Jahres bestimmt wird, wie das auch schon Hesselman gefunden hatte.

Die Witterung des laufenden Frühlings begünstigt und verzögert aber den Beginn des Austreibens. Nach 20—30jährigen Beobachtungen in Gießen² betragen die Unterschiede in der Blattentfaltung zwischen extremen Jahren bei den meisten Holzarten 3—4 Wochen, bei der Buche sogar 5 und bei der Roßkastanie fast 6 Wochen. Aber ein verspäteter Beginn wird dann oft durch rascheres Wachstum oder durch eine Verlängerung der Wachstumszeit wieder ausgeglichen. Deswegen zeigt die Witterung des laufenden Jahres beim Höhenwachstum meist nicht den ausschlaggebenden Einfluß, den man ihr von vornherein geben möchte.

Jährlicher Verlauf des Dickenwachstums. Auch das Dickenwachstum der Stämme zeigt in unseren Breiten einen ausgesprochenen Ruhezustand, der mit der ungünstigen Jahreszeit im Winter zusammenfällt. Da die im Anfang des Wachstums gebildeten Zellen meist dünnwandiger, aber dabei weiltumiger gebaut sind (Frühholz) als die am Abschluß gebildeten, von denen namentlich die letzten sehr eng, dickwandig und abgeplattet zu sein pflegen (Spätholz), so prägt sich die Periodizität des Dickenzuwachses schon für das unbewaffnete Auge mehr oder minder deutlich in den sog. Jahrringen aus. Man kann aus ihrer Breite den Zuwachs ersehen, den der Stammdurchmesser während einer Vegetationszeit erfahren hat. Aus der Zerlegung des Schaftes in kurze Abschnitte kann man dann aus der Jahrringfläche und der Länge der Abschnitte auch die gesamte jährlich zugewachsene Masse berechnen. Diese sog. Stammanalysen nach dem sektionsweisen Verfahren bilden das große Grundlagematerial der Ertragstafeln unserer forstlichen Versuchsanstalten.

So gut und umfassend wir dadurch auch über den Dickenzuwachs des Stammes nach Jahren unterrichtet sind, so wenig ist das für den jahreszeitlichen Verlauf der Fall.

Die Versuche, durch sehr fein empfindliche Meßapparate auch die schwächsten Vergrößerungen des Durchmessers bzw. des Baumumfanges während der Vegetationszeit festzustellen³, haben zu dem bedauerlichen Ergebnis geführt, daß der verschiedene Wassergehalt des Stammes, vielleicht auch die verschiedene Wärme das Volumen so stark verändern, daß man stets mit großen Fehlern zu rechnen hat, die die ganze Brauchbarkeit des Verfahrens aufheben. So erfolgt z. B. neben unregelmäßigen Schwankungen im Laufe des Jahres auch eine regelmäßige Zunahme des Stammumfanges in der Nacht und eine Abnahme

¹ Möller: Die Nutzbarmachung des Rohhumus bei Kiefernkulturen. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1908.

² Nach Beobachtungen von H. Hoffmann, zusammengestellt von Danckelmann in Phänologie der Holzarten. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1898, S. 268.

³ Friedrich: Über den Einfluß der Witterung auf den Baumzuwachs. Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr. 1897, H. 22. — Romell, L. G.: a. a. O. (vgl. Fußnote S. 253).

am Tage, die offenbar durch den Wasserverlust infolge der Transpiration bedingt wird und sehr genau der Kurve der relativen Feuchtigkeit folgt. Eine andere Methode besteht in der Entnahme von Bohrspänen mit dem Preßlerschen Zuwachsbohrer und der Messung und Zählung der neugebildeten Zellen unter dem Mikroskop. Hier besteht aber die Schwierigkeit, daß man nicht fortlaufend Späne von demselben Baum und an derselben Stelle entnehmen kann, ohne Störungen befürchten zu müssen. Man muß sich nur mit Stichproben begnügen. Die meisten Untersuchungen sind aber auf diese Weise ausgeführt worden¹.

Die Ergebnisse sind im einzelnen recht verschieden, was verständlich ist, wenn wir erfahren, daß Hartig an einem Nordhang am 26. Mai noch keinen Zuwachs in einem Fichtenbestand fand, während etwa 100 Schritt davon entfernt an einem sonnigen Standort schon ein Viertel des Jahresringes gebildet war. Ja sogar am selben Stamm wurde ein verschiedener Zuwachsbeginn zwischen Nord- und Südseite beobachtet und auch bei gleichem Standort wurden individuelle Unterschiede von mehreren Wochen gefunden. Im allgemeinen läßt sich aber aus den vielen Einzelbeobachtungen zusammenfassend doch folgendes entnehmen: Auch das Dickenwachstum beginnt anfangs langsam, bei uns etwa in den Monaten April bis Mai. Bei vielen Arten setzt es ziemlich gleichzeitig mit dem Knospenaufbruch ein, öfter aber auch etwas später, nur bei einzelnen wenigen Arten auch schon vorher. So ist das z. B. bei Eiche und Esche beobachtet worden.

Auf das Anfangsstadium folgt dann ebenso wie beim Längenwachstum eine Zeit starken Wachstums, aber hier erst in den Monaten Juni und Juli, um dann im August bis in den September hinein abzuklingen. Bei uns dürfte das Dickenwachstum überall schon in der ersten Hälfte des September vollständig abgeschlossen werden, vielfach aber sogar schon im August. Gerade die Dauer der Wachstumszeit scheint beim Dickenwachstum je nach Standort, Jahreswitterung, aber auch nach individueller Wuchskraft besonders starken und oft unerklärlichen Schwankungen unterworfen zu sein, so daß die Gewinnung einer klaren Einsicht in die ursächlichen Zusammenhänge äußerst erschwert ist.

Die methodisch besonders sorgfältigen und umfangreichen Untersuchungen von Romell² in Schweden haben das aufs eindringlichste gezeigt. So wurden z. B. an 20 etwa 17jährigen Kiefern in Nordschweden folgende Verhältnisse gefunden.

Jahr	1921	1922	1923
Wachstumsbeginn	21. Mai	6. Juni	26. Juni
Wachstumsdauer	103	79	52 Tage
Zahl der gebildeten Zellen	28	32	25
Mitteltemperatur der Wachstumszeit	11,5°	13,5°	13,5°

Trotzdem die Mitteltemperatur in den Jahren 1922 und 1923 gleich war, war die Wachstumsdauer um 4 Wochen verschieden, 1921 war sie fast doppelt so lang wie 1923, trotzdem die Temperatur erheblich niedriger war!

Wie schon durch Untersuchungen von F. Schwarz³ festgestellt wurde, zeigen übrigens jüngere Pflanzen den Einfluß der Witterung auf das Wachstum meist sehr viel unsicherer als ältere, weil die hohe Wachstumsenergie im Jugendstadium, die sich in dem steilen Aufstieg der Wachstumskurve ausprägt, hemmende Einflüsse oft überflügelt und verdeckt. An alten Stämmen hat Schwarz einen Zusammenhang zwischen der Größe des

¹ So von R. Hartig: Holz der deutschen Nadelwaldbäume. 1885. — Holz der Rotbuche (mit R. Weber zusammen). 1888. — Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes. Forstl. naturwiss. Z. 1884. — Ferner Wieler: Über die Periodizität im Dickenwachstum der Holzbäume. Tharandter forstl. Jb. 1898, S. 39ff.

² Romell: a. a. O.

³ Schwarz, F.: Dickenwachstum und Holzqualität von *Pinus silvestris*, Berlin 1899.

Dickenwachstums und dem Temperaturgang der Monate Januar bis März gefunden, indem große Kälte in dieser Zeit den Beginn des Wachstums verspätete und die Gesamtleistung herabdrückte, andererseits warme Vorwitterung sie erhöhen soll. So überzeugend auch die von Schwarz gegebenen Beispiele seiner sehr sorgfältigen und ausgedehnten Untersuchungen sind, so sind doch in anderen Fällen wieder ganz andere Verhältnisse ausschlaggebend. Besonders gilt das für Jahre mit extremer Trockenheit. Der Einfluß solcher Dürrejahre, wie z. B. bei uns 1904 und 1911, prägt sich auf fast allen Stammscheiben sehr deutlich aus, sofern sie nicht von feuchten Standorten stammen. Namentlich bei Kiefer und Fichte

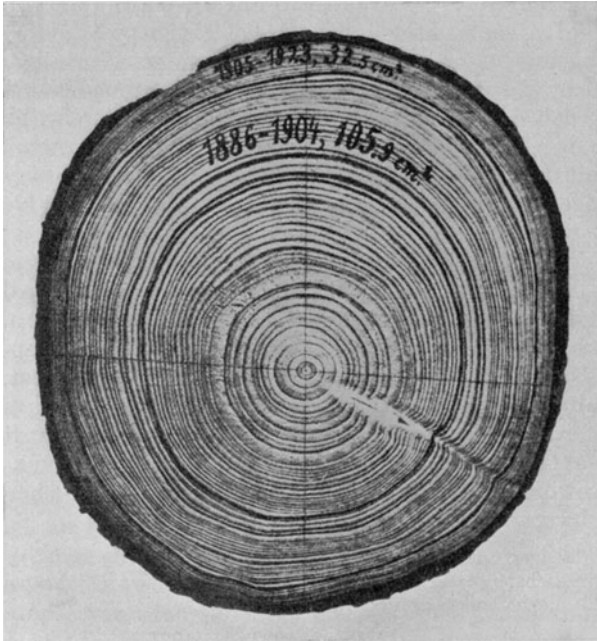


Abb. 117. Stammscheibe der Fichte. Der Flächenzuwachs ist nach dem Dürrejahr 1904 auf weniger als $\frac{1}{3}$ des vorherigen zurückgegangen und hat sich seitdem nicht wieder erholt. Nach Münch.

finden wir einen so auffällig schmalen Jahresring, daß der ursächliche Zusammenhang hier ganz unverkennbar ist. Solchen

Zuwachsrückgang durch große Trockenheit im Sommer, wobei hauptsächlich diejenigen Monate in Betracht kommen, in die die Hauptwachstumszeit fällt, sind von den verschiedensten Beobachtern¹ festgestellt worden. Das Schlimmste dabei ist, daß nicht nur der Zuwachs des einen Jahres herabgesetzt ist, sondern daß sich oft noch sehr lange Nachwirkungen einstellen und der Zuwachs sich noch jahre- bis jahrzehntelang nicht erholen kann (vgl. Abb. 117). Offenbar findet hier wohl ein Absterben oberfläch-

lich streichender Wurzeln statt, so daß das verringerte Wurzelsystem dann nicht sobald wieder eine ausreichende Wasserversorgung leisten kann. Welche schweren Schäden hierdurch besonders bei der flach wurzelnden Fichte in bestimmten Gebieten und auf gewissen Böden angerichtet werden, hat besonders Wiedemann in Sachsen für die Dürrejahre 1892, 1904 und 1911 nachgewiesen².

Verlauf des Wurzelwachstums. Über die Bedingungen und den Verlauf des Wurzelwachstums sind wir nur wenig unterrichtet. Ein gewisser Wechsel zwischen Ruhe und Wachstumstätigkeit zeigt sich auch bei

¹ Cieslar: Einige Beziehungen zwischen Holzzuwachs und Witterung. Zbl. f. d. ges. Forstwes. 1907. — Böhmerle: Die Dürreperiode 1904 und unsere Versuchsbestände. Ebenda 1907. — Schwappach: Laufend jährlicher Zuwachs in Buchenbeständen. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1904. — Die Kiefer, S. 72. 1908. — Wiedemann: Zuwachsrückgang und Wuchsstockung der Fichte. Tharandt 1925. — Henry: Influence de la sécheresse de l'année 1893 sur la végétation forestière en Lorraine. Compt. rend. de Séance de l'Acad. de Sci. Bd. 19, S. 1025, 1894. ² Wiedemann: a. a. O., S. 28 u. Tafel 19.

ihnen. Aber es findet jedenfalls keine so deutliche Anpassung an unsere Jahreszeiten statt, was offenbar mit dem viel ausgeglicheneren Bodenklima und der Verspätung des jahreszeitlichen Wärmeverlaufs in den tieferen Bodenschichten zusammenhängt. Das Wachstum setzt im Frühjahr nach den meisten Beobachtungen an den Wurzeln erst etwas später ein als an den oberirdischen Teilen, namentlich an den feineren und vom Wurzelknoten etwas entfernteren. Engler¹ fand meist eine gewisse Ruhezeit im Spätsommer (August, September), danach erneutes Wachstum, welches sich bei den Laubhölzern bei milder Witterung noch bis spät in den Winter hinein fortsetzte, während die Nadelhölzer dann eine ausgesprochenere längere Ruhezeit haben. Volle Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Beobachter besteht aber nicht, insbesondere nicht über die Ruhezeit im Spätsommer und die Tätigkeit der Laubholzurzeln bis tief in den Winter. Noch weniger wissen wir über das fortschreitende Wachstum der Wurzeln in die Tiefe. Jedenfalls ist aber so viel festgestellt, daß die Entwicklung hierbei schon in der ersten Jugend sehr rasch vor sich geht. An 1jährigen Kiefern sind schon Pfahlwurzellängen bis zu 1 m und darüber und an 22jährigen Kiefern schon solche von über 3 m gefunden worden. Es scheint also, daß die endgültige Tiefe verhältnismäßig sehr früh erreicht wird und das weitere Wachstum sich dann nur auf die Anlage und Ausbildung neuer Seitenwurzeln und die Verstärkung der alten Wurzeln durch Dickenwachstum beschränkt.

Das Wachstum in den verschiedenen Lebensaltern. Wenn wir schließlich den Verlauf des Wachstums in Abhängigkeit vom Lebensalter betrachten wollen, so werden wir hierbei in der Hauptsache auf die in den Ertrags- tafeln der forstlichen Versuchsanstalten niedergelegten Messungen und Zahlen zurückgreifen können.

Allerdings ist zu beachten, daß diese nur Durchschnittsergebnisse enthalten, die noch dazu größtenteils meist durch Aneinanderreihung von Untersuchungen an verschieden- altrigen Beständen zu einer Ertragsreihe (Bonität) gewonnen sind. Fehlende Zwischenstücke sind vielfach nur durch Interpolation eingefügt. Ebenso ist zu beachten, daß die Bestände, an denen die Zahlen gewonnen sind, in ihrem Wachstum und in ihrer Zusammensetzung durch die Eingriffe der forstlichen Wirtschaft (regelmäßige Durchforstungen) stark beeinflußt sind. Sie können also nur für die Verhältnisse des Wirtschaftswaldes, nicht für die des unberührten Naturwaldes gelten, den wir nirgends mehr haben.

Gang des Höhenzuwachses nach dem Lebensalter. Die Entwicklung des Höhenwachstums vollzieht sich zwar bei den einzelnen Holzarten verschieden rasch, aber überall im Zuge einer Kurve, die nach langsamem Anstieg in der allerersten Jugend sich sehr rasch erhebt, um nach früher Erreichung eines Maximums wieder langsam und stetig abzunehmen, um einem in weiter Ferne liegenden Nullpunkt zuzustreben, der bei Erreichung der überhaupt möglichen Höchsthöhe liegt (Kurve der sog. großen Periode). Diesen Verlauf pflegen eine große Anzahl von rein physikalischen, aber auch von Lebensvorgängen zu zeigen, bei denen mit der Steigerung der Leistung in gleichem Maße auch ein Widerstand zunimmt. Beim Längenwachstum liegt es nahe, hierbei an die zunehmende Schwierigkeit der Wasserhebung zu immer größeren Höhen zu denken. Es dürften aber daneben doch auch innere Gründe mitsprechen (Alterserscheinungen).

Der durchschnittliche Jahreszuwachs der mittleren Bestandeshöhe beträgt in optimalen Klimlagen und auf besten Böden bei den einzelnen Holzarten nach den Ertragstafeln:

¹ Engler: Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitt. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. Bd. 8, S. 247ff., 1903.

	Alter in Jahren					
	1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
Fichte in Preußen ¹ . .	30,5	48,0	38,0	25,0	17,5	11,5
Kiefer in Preußen ² . .	41,5	40,0	27,0	19,0	14,5	11,5
Buche in Preußen ³ . .	27,5	40,5	34,0	27,0	19,0	<u>13,5</u>
Eiche in Hessen ⁴ . .	46,5	45,0	29,5	19,5	14,0	10,0
Tanne in Baden ⁵ . .	12,5	54,0	<u>48,0</u>	<u>27,5</u>	17,0	11,0
Erle in Preußen ⁶ . .	72,5	32,0	16,0	7,0	—	—

Den Gang des Höhenwachstums in den verschiedenen Altersperioden gibt außerdem die auf Grund der obigen Zahlen entworfene graphische Darstellung an (Abb. 118).

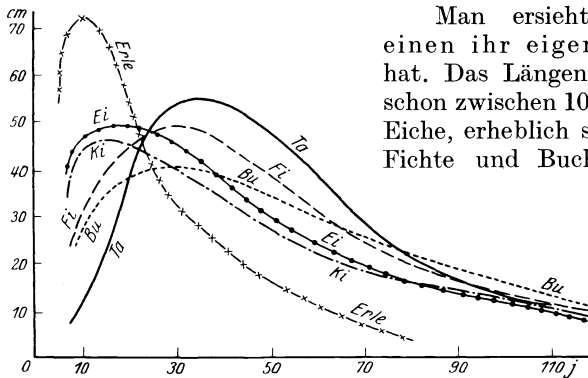


Abb. 118. Altersverlauf des jährlichen Höhenwachstums der Hauptholzarten Deutschlands auf besten Standorten. Entworfen nach den Ertragstafeln.

Man ersieht daraus, daß jede Holzart einen ihr eigentümlichen Zuwachsverlauf hat. Das Längenwachstum kulminiert sehr früh, schon zwischen 10—20 Jahren, bei Erle, Kiefer und Eiche, erheblich später, etwa um das 35. Jahr, bei Fichte und Buche und am spätesten, um das 40. Jahr herum, bei der Tanne. Es fällt dann sehr rasch wieder bei der Erle, verhältnismäßig rasch bei Eiche und Kiefer, langsamer bei Fichte und Tanne und am langsamsten bei der Buche. Auf ungünstigeren Standorten (geringeren Ertragsklassen) ist der Höhenzuwachs natürlich absolut viel geringer, und die Kulmination tritt entsprechend später auf. Z. B. für Fichte in Preußen:

auf Ertragsklasse	I	II	III	IV	V
im Alter	30	35	45	50	60 Jahren
mit einem jährlichen Höhenzuwachs von	50	43	36	30	24 cm

Ähnliches wiederholt sich mehr oder minder auch bei den übrigen Holzarten. Aus den angeführten Zahlen scheinen sich folgende ökologischen Beziehungen zu ergeben: 1. Die Schattholzbestände wachsen anfangs langsamer als die Lichtholzbestände, im späteren Alter aber kehrt sich das Verhältnis um. 2. In der Jugend sehr raschwüchsige Holzarten (Erle, ganz ähnlich auch Birke, Aspe und Akazie bei uns) lassen auch rasch wieder nach, sie verpuffen ihre Wuchsenergie gewissermaßen schon in der Jugend, langsamwüchsigere holen oft im späteren Alter nach, was sie in der Jugend versäumt haben.

Selbstverständlich gibt es auch Ausnahmen, aber die obigen Beziehungen treten doch so augenfällig zutage, daß sie eine gewisse Regel zu bilden scheinen. Auch unter ganz andersartigem, viel ausgeglichenerem und günstigerem Klima zeigen sich derartige Erscheinungen z. B. bei dem in der ersten Jugend so überaus raschwüchsigen Teakholz in Indien, das in der

¹ Ertragstafel A, Schwappach 1890.

² Schwappach 1896.

³ Schwappach 1893 A.

⁴ Wimmenauer 1900.

⁵ Eichhorn 1902.

⁶ Schwappach 1902.

Jugend 2 m lange Triebe macht, aber schon im 35. Lebensjahr das Höhenwachstum abschließt und deswegen doch nicht über 30—40 m hoch wird. „Es ist dafür gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen.“

Gang des Dicken- und Massenzuwachses nach dem Lebensalter. Für die Massenerzeugung der Holzarten spielt neben dem Längenwachstum das Dickenwachstum des Stammes die wichtigere Rolle, besonders im höheren Alter, wo die Höhenzunahme nur gering ist. Auch die Jahrringbreiten nehmen von innen nach außen immer mehr ab, aber da ja auch der Umfang immer größer wird, so könnte der Zuwachs trotzdem der gleiche bleiben. Entscheidend ist nur der Ringflächen- oder, wie man in der Ertragskunde gewöhnlich zu sagen pflegt, der Kreisflächenzuwachs in der ganzen Höhe des Baumes und schließlich auch an den Ästen. Ökologisch ist der gesamte Massenzuwachs für die Wuchsleistung entscheidend. In der Wirtschaft kommt es wegen der geringen Verwertbarkeit der ganz schwachen Sortimente (Reisholz = unter 7 cm Durchmesser) mehr auf den Derbholzertrag (alles Holz über 7 cm Stärke) an.

Betrachten wir den Gang des gesamten Massenzuwachses (Derbholz + Reisig) bei den einzelnen Beständen wie vor, so ergibt sich folgendes Bild nach den Ertragstafeln für die I. Ertragsklasse.

Der laufend jährliche Gesamtzuwachs je Hektar beträgt:

	Jahr									
	30. fm	40. fm	50. fm	60. fm	70. fm	80. fm	90. fm	100. fm	110. fm	120. fm ¹
bei Fichte in Preußen . . .	16,6	20,0	21,0	19,8	19,6	19,0	17,4	15,2	13,6	11,6
„ Kiefer in Preußen . . .	13,2	12,8	11,6	10,0	8,4	7,4	6,1	5,6	5,0	4,3
„ Buche in Preußen . . .	12,0	14,5	15,2	14,4	13,4	12,6	11,7	11,0	10,2	9,5
„ Eiche in Hessen . . .	10,7	11,4	10,7	10,1	9,6	9,3	8,6	8,1	7,6	7,1
„ Tanne in Baden . . .	13,8	31,0	30,6	26,6	24,6	18,8	15,8	13,2	11,2	9,8
„ Erle in Preußen . . .	12,4	9,8	7,8	5,8	4,4	3,2	—	—	—	—

Auch hier zeigt sich also ein ähnlicher Verlauf der Kurven wie beim Längenwachstum, nur verlaufen sie viel flacher und die Kulmination des Massenzuwachses findet bedeutend später statt, bei der Kiefer und Erle um das 30. Jahr, bei Eiche und Tanne um das 40., bei Fichte und Buche um das 50. Jahr. Die größte Massenerzeugung auf der Fläche haben die Schatt Holzarten, vor allem die Tanne, die in der ersten Zeit die Führung hat, während im späteren Alter die der Fichte höher ist. Die beiden Lichthölzer Eiche und Kiefer haben ziemlich gleiche Leistung. In der Jugend ist die erstere etwas überlegen, im Alter die letztere². Die Erle nimmt wieder eine Sonderstellung ein. Ihr Zuwachs ist nur in der Jugend hoch und läßt dann überaus rasch nach.

Auch für die verschiedenen Ertragsklassen gelten ähnliche Beziehungen wie beim Längenwachstum. Der Gesamtzuwachs kulminiert:

auf Ertragsklasse . . .	I	II	III	IV	V
bei Fichte im Alter . .	50	55	55	55	60 Jahren
mit einem Zuwachs von	21,0	18,0	15,8	12,6	9,6 Festmeter je Hektar.

Die Zuwachsleistung fällt also mit abnehmender Ertragsklasse, kulminiert aber später.

¹ fm = Festmeter, im forstlichen Sprachgebrauch = cbm feste Holzmasse.

² Die Zahlen sind hier aber sehr viel unsicherer als beim Längenwachstum, da die Art der wirtschaftlichen Behandlung, vor allem die Handhabung der Durchforstung, große Unterschiede bedingt. Die Ertragstafeln geben recht abweichende Zahlen. Doch dürften die Verhältnisse der Holzarten zueinander sich dadurch nicht sehr verschieben.

Schichtenbildung und Stammausscheidung. Hand in Hand mit der zunehmenden Höhe der Bestände geht auch ein Längenwachstum der Seitenzweige und damit eine Verbreiterung der Baumkrone. Damit ist ein dauernder Kampf um den Raum verbunden. Ein Teil der Stämme bleibt zurück und hält sich je nach dem Grade des Lichtbedürfnisses noch neben und sogar unter den voraneilenden Nachbarstämmen. Es bilden sich verschiedene Kronenschichten und Stammklassen von vorwüchsigen, herrschenden bis zu den mehr und minder unterdrückten aus. (Näheres hierüber in Teil II, Kap. 16.) Fortdauernd findet dabei ein Ausscheiden der stärker unterdrückten Stämme statt und auch von den herrschenden und vorwüchsigen wird im Laufe der Jahre der eine oder andere durch Krankheiten oder Beschädigungen zum Absterben gebracht. In diese Verhältnisse greift heute die Wirtschaft in einschneidender Weise ein, indem sie dauernd im Wege der Durchforstung die Stammzahlen künstlich vermindert und nicht nur der Natur zuvorkommt, indem sie die früher oder später dem Untergang verfallenen unterdrückten Stämme wegnimmt, sondern darüber hinaus auch noch in den herrschenden Bestand eingreift. Die Stammzahlen sind daher heute im Wirtschaftswald viel niedriger als es die natürliche Entwicklung mit sich bringen würde.

Unter dieser Einschränkung ist die folgende Übersicht über die Stammzahlverhältnisse bei den einzelnen Holzarten nach den Ertragstafeln zu betrachten.

Stammzahlen je Hektar des sog. Hauptbestandes, in Klammern die des ausscheidenden Nebenbestandes, der im Wege der Durchforstung entnommen werden soll.

	Alter in Jahren				
	40	60	80	100	120
Fichte I. Bonität Preußen	2800 (700)	1250 (230)	770 (80)	550 (40)	473 (12)
Kiefer I. „ „	1770 (335)	924 (150)	578 (59)	427 (29)	348 (15)
Buche I. „ „	2335 (645)	1057 (183)	672 (65)	491 (36)	393 (19)
Eiche I. „ Hessen	1250 (360)	586 (90)	388 (29)	281 (22)	211 (15)
Tanne I. „ Baden	3200 (1600)	1140 (280)	645 (80)	485 (30)	400 (15)
Erle I. „ Preußen	677 (117)	476 (31)	405 (11)	—	—

Die Stammzahlen sind am höchsten bei den Schatthölzern, besonders im jüngeren Alter. Im höheren Alter findet eine gewisse Annäherung statt. Die Stammausscheidung ist überall am stärksten in der Jugend, mit zunehmendem Alter verringert sie sich stark. Der Ausscheidungskampf liegt also der Hauptsache nach in den früheren Lebensabschnitten.

Auch hier besteht eine gesetzmäßige Beziehung zwischen den verschiedenen Ertragsklassen. Die geringeren Ertragsklassen haben immer höhere Stammzahlen als die besseren.

So hat z. B. die Fichte in Preußen nach der Schwappachschen Tafel A (mitteldeutsche Gebirge und Norddeutschland) vom Jahre 1890 folgende Stammzahlen je Hektar:

	Alter in Jahren		
	40	80	120
Ertragsklasse I	2800	770	473
„ II	3370	980	610
„ III	4810	1250	800
„ IV	6760	1620	—
„ V	9800	2000	—

und die Kiefer (Schwappach 1896):

	Alter in Jahren		
	40	80	120
Ertragsklasse I	1770	578	348
„ II	2126	714	406
„ III	2695	883	491
„ IV	3541	1137	610
„ V	4998	1526	—

Ähnlich wie die abnehmende Bodengüte wirkt auch kühleres Klima erhöhend auf die Stammzahl. So fand z. B. Schuberg¹ für verschiedene Höhenlagen in Baden folgende Durchschnittszahlen für das 41.—80. Jahr:

	bis 400 m	bis 800 m	bis 1200 m
Buche	1524	1904	3694
Fichte	1437	1662	2726

Allerdings gilt das nur innerhalb der Zone der geschlossenen Waldbildung. Nach der Baumgrenze zu werden die Bestände dann rasch immer lichter und stammzahlärmer.

Es ist aber hier nochmals zu betonen, daß die ganzen, aus den Ertragstafeln gewonnenen Zahlen nur die Verhältnisse des Wirtschaftswaldes wiedergeben, und daß die hierauf begründeten Gesetze nicht mit denen des unbeeinflussten Naturwaldes bzw. des Urwaldes übereinstimmen, der sich oft grundverschieden von unseren auf großer Fläche gleichaltrig entstehenden und gleichaltrig heraufwachsenden Beständen entwickelt. Selbst da, wo dieser schließlich ein mehr gleichstufiges Bild zeigt, sind die Altersverhältnisse bei näherer Analyse doch meist auch auf kleinster Fläche recht verschieden, und muß auch der ganze Entwicklungsgang einen ganz anderen Verlauf gehabt haben.

Natürlich sind auch die Stammzahlen in nicht oder wenig durchforsteten Wirtschaftswäldern viel höher als in den obigen, den deutschen Ertragstafeln entnommenen Fällen². So zeigen z. B. russische Aufnahmen von Kiefernbeständen³ im Gouvernement Petersburg ganz erheblich viel höhere Stammzahlen, nämlich:

im Alter	20	40	60	80	100	120	
	5060	2800	1300	750	580	490	Stück.

Zusammenfassung. Überblicken wir den Entwicklungsgang unserer deutschen Wirtschaftswaldungen zum Schluß noch einmal im ganzen, so kann man die Grundzüge etwa in folgende Linien zusammenfassen:

In den ersten Entwicklungsstufen hat der Wald besonders unter vielen und schweren Jugendgefahren durch Konkurrenz mit dem Mutterbestand und der ihn hart bedrängenden Bodenflora, aber auch durch klimatische Schäden, besonders Frost und Dürre, schließlich auch durch viele, besonders auf dieses Jugendstadium eingestellte Feinde aus der Pilz- und Insektenwelt zu leiden. Die Natur sucht diesen Gefahren durch eine sonst unerklärliche Verschwendung bei der Fortpflanzung und Verbreitung zu begegnen. Auch in der Wirtschaft muß hierauf durch die Verwendung reichlicher Mengen von Samen und Pflanzen Rücksicht genommen werden, um so mehr, je weniger wir uns bis jetzt gegen jene Gefahren zu sichern vermögen.

¹ Schuberg: Das Gesetz der Stammzahl und die Aufstellung von Waldertragstafeln. Forstwiss. Zbl. 1880, S. 227.

² Es sind aus diesem Grunde hier schon die älteren Tafeln gewählt worden, weil die neueren infolge verschärfter Durchforstungen noch mehr von den natürlichen Verhältnissen abweichende Ergebnisse liefern.

³ Aufnahmen von Graf Vargaçe de Bedemar nach Morosow: Die Lehre vom Walde, S. 215.

Nach diesem ersten Entwicklungsabschnitt setzt dann ein zweiter ein, der gegen äußere Gefahren und Störungen besser gesichert ist. Im Anfang liegt der Schwerpunkt in möglichst raschem Höhenwachstum. Durch die Überfülle der Pflanzen in der ersten Jugend kehrt sich der Kampf ums Dasein jetzt nach innen. Eine starke Ausscheidung von zurückbleibenden Individuen schafft Luft für die Masse der herrschenden und vorherrschenden. Dieser Kampf ist daher notwendig und nützlich und bedroht, von Ausnahmefällen abgesehen (Wuchsstockungen überfüllter Jungwüchse auf ärmeren Böden), niemals die Biozönose im ganzen, sondern fördert sie nur. Nachdem auch zwischen den herrschenden Stämmchen der Schluß eingetreten ist und diese nun auch ihre unteren Äste abzustoßen beginnen, beginnt bei immer noch lebhaftem Längenwachstum nun auch das Dickenwachstum rascher anzusteigen. Die Massenerzeugung steigt schon im früheren oder späteren Stangenholzalter auf ihr Höchstmaß auf der gegebenen Fläche. Alle Vorgänge bei der Produktion sind aufs äußerste angespannt. Für viele Bestände ist gerade dies das kritische Alter, in dem sich bei schlechten Wachstumsbedingungen oft schwere Wuchsstockungen und Erkrankungen zeigen. Später lassen die Spannungen langsam und allmählich nach. Das Höhenwachstum tritt sehr zurück, das Dickenwachstum sinkt zwar auch, aber doch nur sehr langsam. Ökologisch und wirtschaftlich ruht das Schwergewicht jedenfalls auf der Verstärkung des Schaftes. Nach der Sturm- und Drangperiode der Jugend ist der Bestand gewissermaßen in sein ruhiges und gesichertes Mannesalter getreten, in dem er, wenn Störungen von außen ausbleiben, oft durch viele Jahrzehnte bleibt. Ganz allmählich macht sich dann aber im Schlußstand eine neue Bewegungsrichtung geltend. Während anfänglich das Ausscheiden einzelner Stämme meist infolge Unterdrückung durch kräftigere Nachbarn erfolgt und Lücken im oberen Kronendach dabei überhaupt nicht entstehen oder doch bald von den zurückbleibenden Stämmen durch Seitenwachstum der Kronen wieder geschlossen werden, beginnen sich schließlich Alterserscheinungen des Bestandes zu zeigen. Der eine und andere Stamm stirbt auch ohne unterdrückt oder bedrängt zu sein ab. Die Wuchskraft der anderen ist nicht mehr groß genug, um die entstandene Lücke zu schließen, der Bestand verlichtet immer mehr und damit ist nun wieder Platz für den Nachwuchs. Es beginnt die Verjüngung und damit eine neue Generation.

Es ist eine bemerkenswerte Erscheinung, daß sich der Wald bei uns erst dann verjüngen kann und verjüngt, wenn die Bestände Alterserscheinungen zu zeigen beginnen, nicht in der Vollkraft seiner Mannesjahre. Wenigstens liegen die Verhältnisse in unseren Wirtschaftswaldungen so. Wie es im Urwald damit steht, ist noch wenig bekannt und schwer zu sagen.

21. Kapitel. Altern, Krankheit und Tod.

Begriff des Alterns. Die Frage der Alterserscheinungen ist auch in der forstlichen Literatur öfters aufgeworfen und recht verschieden beantwortet worden. Sie ist eine ganz andere für den Bestand als Ganzes wie für den Einzelstamm.

Es ist zunächst überhaupt eine schwierige Frage, was man unter Alterserscheinungen aufzufassen hat. Die Physiologie vermag hierfür keine bestimmte Fassung zu geben. Es ist daher nicht so verwunderlich, wie es zunächst klingt, daß ein berühmter Mediziner einmal auf die Frage, wann der Mensch zu altern anfange, die Antwort gegeben haben soll: Von der Stunde der Geburt an!

Tatsächlich sind es nach Ansicht der Physiologen fortwährende Einwirkungen der Außenwelt und kleine schädigende Wirkungen des Stoff- und Energieumsatzes im Organismus, die vom Augenblick seiner Bildung an auf ihn einwirken, sich allmählich häufen und verstärken und schließlich auch ohne gewaltsame Störungen zum Tode des Individuums führen. Jedenfalls gilt das allgemein für die höheren Organismen mit vielzelligem Körperbau. Wenn man aber mit dem großen Pflanzenphysiologen Sachs allgemein das Gesetz der großen Periode des Lebens gelten läßt, das eine Steigerung der Leistungen bis zu einem gewissen Höhepunkt, dann aber einen mehr oder minder starken Abfall zeigt, so könnte man den Beginn des Alterns noch am ehesten bei der Überschreitung dieses Höhepunktes annehmen. Hier zeigt sich aber, daß die einzelnen Lebenserscheinungen diesen Punkt zu ganz verschiedenen Zeiten erreichen, und daß seine Lage nicht nur vom Alter bestimmt, sondern auch durch die äußeren Umstände stark verschoben wird. So sahen wir, daß das Höhenwachstum bei allen unseren Holzarten schon sehr frühzeitig kulminiert. Für das Dickenwachstum bzw. die Gesamtmassenerzeugung fanden wir dagegen einen erheblich späteren Höhepunkt. Dies gilt aber überhaupt nur für die Bestände des Wirtschaftswaldes im ganzen. Die Einzelbäume verhalten sich hierin vielfach ganz anders. Die unterdrückten und zurückbleibenden Stämme erreichen das Maximum verhältnismäßig früh, die vorherrschenden Stämme aber viel später. Ja, viele Einzelanalysen solcher Stämme haben noch in sehr hohem über 100jährigem Alter keine Abnahme, sondern ein lang andauerndes Gleichbleiben des Dickenwachstums gezeigt. Selbst wenn die Stammscheiben in den unteren Lagen schon eine geringe Abnahme des Kreisflächenzuwachses zeigen, pflegen die oberen noch zuzunehmen. Es zeigt sich also unten am Stamm schon ein Altern, oben noch nicht!

An einigen alten Rieseneichen in Dänemark fand Holten¹ z. B. eine Durchmesserzunahme vom 150.—200. Jahre von 100 cm auf 125 cm, vom 200.—300. Jahre auf 160 cm, vom 300.—400. Jahre auf 190 cm und vom 400.—500. Jahre auf 215 cm. Danach blieb der Flächenzuwachs in dieser ganzen Zeit mit 77—79 qm jährlich ziemlich konstant². Ähnliche Fälle dürften sich bei Analysen alter Urwaldriesen wohl noch öfter finden, wie das auch einige von mir in bosnischen Urwäldern entnommenen Bohrspäne an ca. 300jährigen Weißtannen bewiesen, bei denen der Zuwachs in den letzten 100 Jahren kein Sinken zeigte! Aber man darf dabei nicht vergessen, daß es sich bei solchen alten Riesenstämmen doch nur um Ausnahmen, um die wenigen besonders wuchskräftigen und lebensfähigen Individuen handelt, die als die einzigen ihrer Generation übriggeblieben sind, und daß der Durchschnitt und die große Masse eben viel rascher altern und dahinsterven. Man kann wohl verstehen, wie R. Weber³ auf Grund seiner Zuwachsuntersuchungen an alten, erlesenen Stämmen zu dem Gesetz kommen konnte, daß nach Überschreitung einer gewissen raschwüchsigeren Jugendstufe der Flächenzuwachs am Einzelstamm konstant bleibe. F. Schwarz⁴ hat neben gewissen Bedenken gegen die Weberschen Berechnungsmethoden auf Grund seiner eigenen Untersuchungen an Kiefern und allgemeiner physiologischer Erwägungen aber wohl mit Recht die Gültigkeit dieses Gesetzes bestritten. Auch die bestwüchsigen Bäume werden einmal nachlassen und altern müssen, wenn dieser Wendepunkt bei ihnen auch vielleicht erst bei mehrhundertjährigem Alter eintritt. Die große Mehrzahl zeigt im Durchschnitt diese Erscheinungen aber schon viel eher und altert früher. Solche

¹ Holten: Alter und Zuwachsuntersuchungen an alten Eichen in holländischen Wäldungen. Naturwiss. Z. f. Forst- u. Landw. 1920, S. 261.

² Allerdings sind diese Berechnungen etwas unsicher, da keine ganzen Stammscheiben einzelner Bäume vorlagen, sondern nur kürzere Bohrspäne verschiedener alter Stämme miteinander verglichen wurden!

³ Weber, R.: Lehrbuch der Forsteinrichtung mit besonderer Berücksichtigung der Zuwachsgesetze der Waldbäume. 1891. — Untersuchungen über den Flächenzuwachs von Querschnitten verschiedener Nadelholzstämmen. Forstl. naturwiss. Z. 1896, S. 220.

⁴ Schwarz, F.: Dickenwachstum und Holzqualität von *Pinus silv.* 1899. — Altert die Kiefer? Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1901, S. 460.

Ausnahmefälle einer weit über das durchschnittliche Maß hinausgehenden Jugendfrische und Leistungsfähigkeit bis in verhältnismäßig hohes Alter zeigen sich eben überall im Reich des Organischen.

Lebensalter der Waldbäume. Zweifellos gehören unsere Bäume in der höheren Pflanzenwelt zu den besonders langlebigen Gewächsen. Aber auch hierin zeigen die einzelnen Arten wieder ein recht verschiedenes Verhalten. Die höchsten Lebensalter an besonders starken Bäumen sind freilich meist nur nach dem Stammumfang geschätzt worden. In wenigen Fällen konnte das Alter auch historisch nachgewiesen oder nach Fällung ausgezählt werden. Eine besondere Zusammenstellung solcher Baumveteranen verdanken wir Kanngießer¹. Die ältesten und stärksten Bäume der Erde stehen wohl in Mexiko und Kalifornien. Im ersteren Lande findet sich noch eine Sumpfyzypresse (*Taxodium distichum*) von 11 m Durchmesser, deren Alter auf 6000 Jahre geschätzt wird. In Kalifornien sind es die wenigen noch erhaltenen Mammutbäume (*Sequoia gigantea*), deren stärkste 3000—4000 Jahre alt sein dürften. Die europäischen Baumarten erreichen solche Alter wohl niemals. Aus der Kanngießerschen Zusammenstellung seien hier die folgenden Zahlen herausgegriffen:

<i>Taxus baccata</i>	11—16 m	Umfang, 2000—3000	Jahre
<i>Juniperus communis</i>	rd. 2 ¹ / ₂ m	„	2000 „
<i>Quercus pedunculata</i>	14—18 m	„	1500—2000 „
<i>Tilia</i>	14—16 m	„	800—1000 „
<i>Ulmus</i>	15—17 m	„	500—800 „
<i>Castanea vesca</i>	9—15 m	„	700—1200 (?) „
<i>Fagus sylvatica</i>	6—8 m	„	600—900 „
<i>Abies pectinata</i>	7—8 m	„	300—400 „
<i>Picea excelsa</i>	4—5 m	„	300—400 „
<i>Pinus silvestris</i>	4—5 m	„	300 „

Hainbuchen, Birken, Pappeln und Erlen werden kaum in mehrhundert-jährigem Alter angetroffen. Bei ihnen setzt meist schon sehr frühzeitig Stock- und Kernfäule ein, die sie dann bei nächster Gelegenheit zusammenbrechen läßt, ebenso wie auch alle die alten Riesen der langlebigen Arten schließlich faul und hohl werden, wenn ihr lebenskräftigeres Splintholz auch oft noch jahrhundertlang den Stamm aufrecht hält und ihre Krone noch grün bleibt.

Fäulnis und Zopfrocknis als Alterserscheinungen. Gerade in der von der Wurzel ausgehenden Stockfäule dürfen wir wohl eine besonders häufige Alterserscheinung sehen. Die Wurzel scheint ja ihr Wachstum verhältnismäßig früh einzustellen. Es ist nun eine allgemein zu beobachtende und auch experimentell erhärtete Tatsache, daß Vegetationspunkte, die nicht mehr wachsen, bald zu kränkeln anfangen und absterben. So finden wir denn an sehr alten Bäumen immer auffällig viel faule Wurzeln. Von hier zieht sich die Fäule dann in den Stock und Stamm hinauf und höhlt diesen aus. Hand in Hand mit dieser Wurzelfäule zeigt sich dann an alten Bäumen auch ein Trockenwerden der obersten Äste in der Krone (sog. Zopfrocknis), die langsam nach unten weiterschreitet, wobei merkwürdigerweise oft einzelne Zwischenäste grün bleiben. Das alles dürfen wir als typische Anzeichen der Vergreisung bei unseren Waldbäumen ansehen.

Gewaltsamer und natürlicher Tod. In den meisten Fällen tritt der Tod bei solchen Baumgreisen dann durch gewaltsamen Bruch bei Sturm ein, seltener sterben sie durch langsam weiterschreitende Trocknis eines natürlichen Todes. In jüngerem Alter aber tritt dieser Fall bei unterdrückten Stämmen sehr oft ein, wobei Licht- und Nahrungsmangel zu einer allgemeinen Erschöpfung

¹ Kanngießer: Über Lebensdauer und Dickenwachstum der Waldbäume. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1906, S. 181ff. — Zur Lebensdauer der Holzpflanzen. Flora 1909, S. 414.

und zum schließlichen Eingehen führen. Vielfach laufen aber auch dabei noch besondere Erkrankungen und Beschädigungen durch Insekten nebenher, die gerade solch geschwächtes Material besonders gern aufsuchen.

Krankheitserscheinungen. Auch in der Pflanzenwelt muß bei Erkrankungen vielfach, wenn nicht immer, eine gewisse Empfänglichkeit gegeben sein. Wir können hier ebenso wie bei Mensch und Tier eine lokale, eine temporäre und eine individuelle Disposition unterscheiden.

So ist bekannt, daß der Schüttepilz besonders stark in Mulden und Einschnitten mit feuchter, unbewegter Luft auftritt, daß der Hallimasch die jungen Nadelholzpflanzen vorwiegend in der Nähe alter Laubholzstöcke befällt u. a. m. (lokale Disposition).

Die Schütte der Kiefer in Norddeutschland hat aber im Zusammenhang mit der Witterung auch Zeiten, in denen sie heftiger und allgemeiner auftritt, und wieder andere, wo man wenig von ihr spürt. Andere Pilzkrankheiten treten oft ziemlich plötzlich in einzelnen Jahren auf, um dann jahre- und jahrzehntelang wieder zu verschwinden, so z. B. *Cenangium abietis* an den Triebspitzen sonst gesunder kräftiger Kiefern (temporäre Disposition).

Beim Kienzopf (*Peridermium Pini*) stellten Haack und Klebahn die Empfänglichkeit einzelner Stämmchen neben scheinbar völliger Unempfindlichkeit anderer fest (individuelle Disposition).

Es gibt bei unseren Holzarten ebenso Massenerkrankungen, denen kaum eine Pflanze zu widerstehen scheint, die mit dem Infektionsstoff in Berührung kommt, wie die schon mehrfach genannte Pilzschütte (*Lophodermium pinastri*), und auch der seltener auftretende Kiefernadelblasenrost (*Coleosporium Senecionis*), und wieder andere, die immer nureinzeln oder kleinstenartiger auftreten, wie z. B. *Agaricus melleus* an jungen Nadelholzplantagen und der Kienzopf (*Peridermium Pini*). Wir finden also alle Analogien mit menschlichen Krankheiten. Ebenso gibt es typische Jugend- und Alterskrankheiten. Ähnliches wie für die Pilzkrankheiten gilt aber auch für den Insektenbefall und andere Schädigungen.

Es ist nicht zu verkennen, daß für die großen „Kalamitäten im Walde“, wie wir sie gerade in der letzten Zeit wieder in dem riesigen Forleulenfraß 1924—1927 in Norddeutschland in erschreckendem Maße gehabt haben, der gleichaltrige und reine Bestand eine besonders geeignete Verbreitungsmöglichkeit darstellt. Es ist daher in der Neuzeit der Gedanke immer dringlicher geworden, durch Schaffung ungleichartiger Verhältnisse (Mischbestände, Ungleichaltrigkeit, Kleinflächenwirtschaft) die Massenerkrankungen unserer Waldbestände durch eine Art „Waldhygiene“ zu bekämpfen. Diese an sich richtigen Wünsche finden aber ihre Beschränkung an wirtschaftlichen Forderungen und waldbaulich-technischen Möglichkeiten, worüber im II. Teil näher zu sprechen sein wird.

Im übrigen ist es unrichtig und eine Übertreibung, daß erst die menschliche Wirtschaft derartige Kalamitäten geschaffen habe. Einzelne uns überkommene Nachrichten aus früherer Zeit, bis ins 15. und 16. Jahrhundert hinein, bezeugen, daß es solche auch früher gegeben hat¹. Und auch dem Urwald sind solche Katastrophen größten Umfanges nicht fremd². Sie scheinen bis zu einem gewissen Grade naturnotwendig und unabwendbar zu sein.

¹ Vgl. Dengler: Die Hauptfragen einer neuzeitlichen Ausgestaltung unserer Kiefernwirtschaft. Z. f. Forst- u. Jagdwes. 1928, S. 65 ff.

² Schenck: Der Waldbau des Urwaldes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1924, S. 377 ff.

Im Urwald, der sich selbst überlassen bleibt, wird aber die alte Lebensgemeinschaft nach ihrer Zerstörung, oft auf einem Umweg über andere Formen, immer wieder aufgebaut. Das ist selbstverständlich kein Grund für uns, zuzusehen und die Hände in den Schoß zu legen. Wir haben keine Zeit, zu warten, bis der Wald sich unendlich langsam wieder von selbst bildet. Wir haben alle Veranlassung, derartige schwere Störungen möglichst zu beschränken und gegen sie alle Mittel der Hygiene wie der unmittelbaren Bekämpfung einzusetzen, soweit dies wirtschaftlich und möglich erscheint. Wir haben aber auch keinen Grund, angesichts solcher Katastrophen an der Zukunft und am Bestand unseres Waldes zu verzweifeln. Wo die klimatischen Bedingungen für ihn einmal gegeben sind, würde er sich so oder so immer wieder durchsetzen. „Auf Massentod folgt Massenauferstehung“¹, ebenso wie im natürlichen und ungestörten Entwicklungsgang auf Altern naturnotwendig die Verjüngung folgt und damit den Kreislauf des Lebens im Walde zu einer Kette ohne Ende zusammenschließt.

¹ Schenck: a. a. O.

Namen- und Ortsverzeichnis¹⁾.

- | | | |
|---|--|--|
| <p>Albert, R. 130, 138, 174, 184, 188.</p> <p>Bansi, E. 214.</p> <p>Bauer, E. 196.</p> <p>Bernbeck, O. 161.</p> <p>Bertsch 91.</p> <p>Borggreve, B. 10, 144.</p> <p>Brockmann-Jerosch 33, 46, 48, 49, 113.</p> <p>Bühler, A. 247.</p> <p>Burger, H. 193.</p> <p>Büsgen, M. 28.</p>
<p>Cieslar, A. 145, 152, 154, 156, 205, 211, 212.</p>
<p>Darwin, Ch. 4.</p>
<p>Ebermayer, E. 159, 175.</p> <p>Engler, A. 148, 151, 205, 211, 212, 219, 257.</p> <p>Erdmann, F. 15.</p>
<p>Fabricius, L. 144.</p> <p>Flury, Ph. 246.</p> <p>Francé, R. H. 193.</p> <p>Fricke, K. 144.</p>
<p>Geiger, R. 120, 166.</p> <p>Gräbner, P. 11, 12.</p>
<p>Haack, Fr. 240, 241, 242, 243.</p> <p>Hartig, R. 153, 232.</p> <p>Hartmann, F. K. 181,</p> <p>Hauch, L. A. 212, 248.</p> <p>Hausrath, H. 92, 187.</p> <p>Hesmer, H. 91, 92.</p> | <p>Hesselman, H. 13, 61, 150, 179, 230.</p> <p>Heyer, G. 143.</p> <p>Hilf, H. H. 202, 203.</p> <p>Höhnel, F. R. v. 132, 135.</p> <p>Holmsen, H. R. 64.</p> <p>Hoppe, E. 132.</p> <p>Humboldt, A. v. 36.</p>
<p>Imhof, E. 48.</p>
<p>Jedlinski, W. 60.</p> <p>Johannsen, W. 196, 197, 198.</p>
<p>Kanngießer, Fr. 264.</p> <p>Kautz, H. 14.</p> <p>Kienitz, M. 153, 204, 208, 217, 234.</p> <p>Kihlmann, A. O. 41, 42.</p> <p>Klebs, G. 227.</p> <p>Knuchel, H. 141.</p> <p>Krause, E. H. L. 11, 12.</p> <p>Kvapil, K. 181.</p>
<p>Laspeyres, H. 60.</p> <p>Lundegårdh, H. 157, 158, 159, 160.</p>
<p>Mattfeld, J. 68.</p> <p>Mayr, H. 25, 33, 34, 45, 52, 113, 127, 199.</p> <p>Meinecke d. J., Th. 159, 160.</p> <p>Melin, E. 176.</p> <p>Mendel, G. 198.</p> <p>Metzger, K. 164.</p> <p>Michaelis, C. 231.</p> <p>Mitscherlich, E. A. 111, 158.</p> <p>Möller, A. 173, 177, 178, 194.</p> | <p>Münch, E. 163, 165, 215, 216, 219, 224.</p>
<p>Němec, A. 181.</p> <p>Nobbe, Fr. 239.</p>
<p>Oelkers, J. 114, 141, 154.</p> <p>Olsén, C. 181.</p> <p>Oppermann, A. 55, 217.</p>
<p>Peter, A. 156.</p>
<p>Ramann, E. 129, 133, 155, 174, 194.</p> <p>Rebel, K. 186.</p> <p>Romell, L. G. 253.</p> <p>Rubner, K. 65.</p>
<p>Schmidt, W. 152, 181.</p> <p>Schott, K. 205.</p> <p>Schotte, G. 210, 211.</p> <p>Schroeter, C. 50.</p> <p>Schubert, J. 120, 123, 132, 166, 167.</p> <p>Schütze, W. 173.</p> <p>Schwappach, A. 97.</p> <p>Schwarz, F. 165, 255.</p> <p>Seitz, W. 221.</p> <p>Spitzenberg, G. K. 188.</p> <p>Stahl, E. 149.</p> <p>Sylvén, N. 230.</p>
<p>Vanselow, K. 224.</p> <p>Volkens, G. 36.</p>
<p>Wagner, Chr. 121.</p> <p>Wiedemann, E. 63, 128, 256.</p> <p>Wiesner, J. 140, 142, 155.</p> <p>Willkomm, M. 56.</p> <p>Wimmenauer, K. 117.</p> |
|---|--|--|

¹⁾ Nur soweit im Text darauf Bezug genommen ist, nicht für die Literaturhinweise der Fußnoten.

Sachverzeichnis.

- Abholzigkeit 165.
Abies cephalonica 45.
 — *Nordmanniana* 45.
 — *pectinata* 45, 105, 212.
 — *pichta* 44.
 — *sibirica* 44.
 Abietum 35.
 Absenkerbildung 236.
Acer campestre 85.
 — *platanoides* 85.
 — *pseudoplatanus* 85.
 Ackertannenkrankheit 186.
Agaricus melleus 245, 265.
 Ahorn, Berg- 85.
 — Feld- 85.
 — Spitz- 85.
 Akklimatisation 199.
Alnus glutinosa 83.
 — *incana* 83.
 — *viridis* 38, 39, 84.
 Alpenlärche 79.
 Alpinetum 35.
 Alterserscheinungen bei den Bäumen 262.
 Anflug 236.
 Anwuchs 245.
 Aperstellen 43.
 Arten, gute nach Linné 196.
 Artmerkmale 196.
 Aschenanalysen der Holzarten 175.
 Aspe 82.
 Assimilation, allgemein 138.
 — und Kohlensäure 157.
 — und Licht 141, 151.
 Auewaldgebiete 110.
 Auflagehumus 188.
 Auflagetorf 188.
 Auflaufen des Samens 240.
 Aufschlag 236.
 Aufwuchs 245.
 Ausbreitungsvermögen 248.
 Ausscheidungsvermögen 248.
 Ausschlagbildung 236.
 Austreiben, Beginn 253.
 Azidität, Formen der 180.
 — der Waldböden 180.
 Bajonettbildung 40.
 Bastard 198.
 Baumform, Grenze für 2.
 Baumgrenze, allgemein 39.
 Baumgrenze, alpine 46.
 — Höhenlage in Europa 47.
 — Holzarten an der 44.
 — polare 45.
 Baumhöhenklassen 2.
 Baumholz, Begriff 245.
 Baumsteppe 3.
 Baumwürger (Liane) 21.
 Befruchtung 229.
 Bergahorn 85.
 Bergkiefer 38, 39, 42, 45.
 — natürliches Verbreitungsgebiet 81.
 Berggrüster 85.
 Beschattungsversuche 145.
 Bestäubung, Allgemeines 229.
 — Störungen der 230.
Betula Ermanni 44.
 — *pubescens* 44, 82.
 — *verrucosa* 82.
 Blattstellung und Licht 140.
 Bleicherde 189.
 Blühen, allgemeine Bedingungen 226.
 Blütezeiten der Holzarten 228.
 Binnendünen 185.
 Biozönose 3.
 Birken 44, 82.
 Birkenzeit 89.
 Boden, Allgemeines 168.
 Bodenansprüche der Bäume 175.
 Bodenarten und Verteilung der Holzarten 171.
 — und Verteilung in Deutschland 185.
 Bodenatmung 158.
 Bodenazidität 180.
 Boden, Durchlüftung 184, 193.
 — Einzelkornstruktur 184.
 — Feinkorngehalt 184.
 Bodenfeuchtigkeit, allgemein 128, 177, 183.
 — im Walde 133.
 Bodenflora und Waldinnenlicht 155.
 Bodengare 185.
 Boden, Gründigkeit 168.
 Bodenhumus 188.
 Bodenhumusgehalt 176.
 Boden, Krümelstruktur 184.
 Boden, Luftkapazität 193.
 Bodenmikroflora und Mikrofauna 192.
 Boden, Mineralstoffentzug durch den Wald 186.
 — Mineralstoffgehalt 173.
 — Nährstoffquelle 170.
 Bodenpflege 194.
 Bodenrassen 219.
 Bodenwärme 118.
 Buche, Hauptverbreitungsgebiet in Deutschland 104.
 — Höhengrenzen 38.
 — Keimlingskrankheit 244.
 — klimatische Bedingungen 73.
 — Maximum 72.
 — natürliches Verbreitungsgebiet 71.
 — Optimum 72.
 — Vorkommen auf Bodenarten 74.
 — Weißkernigkeit 172.
 Buchengebiet, westdeutsches 107.
 Buchenzeit 89.
 Brettwurzel 20.
Calluna vulgaris 10.
Carpinus betulus 84.
 Castanetum 34, 37.
 Catingas 29.
 Dauerwaldbewegung 5.
 Decksande 185.
 Dickenwachstum, jährlicher Verlauf 254.
 Dickenzuwachs nach Lebensalter 259.
 Dickung, Begriff 245.
 Dornwäldungen 29.
 Dryaszeit 89.
 Durchforstung, Wirkung auf Wasserfaktor 138.
 Durchlüftung des Bodens 184, 193.
 Dürrejahre, Einfluß auf Zuwachs 256.
 Dürresistenz 126.
 Edaphon 3, 193.

- Eibe, natürliche Verbreitung 81.
- Eiche, Hauptverbreitungsgebiet in Deutschland 104.
— Provenienzversuche 212.
- Eichengebiet, rheinisch-westfälisches 107.
- Eichenzeit 89, 90.
- Einzelkornstruktur 184.
- Eisanhang an der Waldgrenze 42.
- Engerlingsschäden im Jungwuchs 245.
- Epiphyten 20.
- Erblichkeit erworbener Eigenschaften 199.
— Gesetze der 196.
- Erica tetralix* 10.
- Ertragstafeln 249, 254.
- Esche 85.
- Etiolement 146.
- Exzentrizität der Stammscheibe 164.
- Exposition (Hanglage) 120.
- Fagetum 35.
- Fagus silvatica*, vgl. Buche 38, 71, 104, 107, 172.
- Fäulnis als Alterserscheinung 264.
- Feinkorngehalt des Bodens 184.
- Feldahorn 85.
- Feldrüster 85.
- Feuchtigkeitsgrenze = Waldgrenze 7.
- Fichte, Hauptverbreitungsgebiet in Deutschland 104.
— Höhengrenzen 38.
— klimatische Bedingungen 62.
— Maximum 62.
— natürliches Verbreitungsgebiet 58.
— Optimum 62.
— Provenienzversuche 211.
— Rotfäule 172.
— Vorkommen auf Bodenarten 65.
- Fichtengebiet, mitteldeutsches 108.
— schwäbisch-bayrisches 109.
- Flachgründigkeit 168.
- Flachwurzler 201.
- Flatterrüster 85.
- Flechtenwuchs 40.
- Fraxinus, excelsior* 85.
- Freilandklima 122.
- Fruchtbildung, Störung der 230.
- Fruchtreife der Holzarten 231.
- Frühholz 254.
- Frühling, Erst- 250.
— Voll- 250.
- Frühling, Vor- 250.
- Gariguen 9.
- Genotyp 196.
- Geradschäftigkeit bei Kiefer nach Rassen 208.
- Gesteinsarten und Verbreitung der Holzarten 171.
- Gleichgewicht, biozotisches 5.
- Graslärche 79.
- Grenzhorizont 89.
- Grenztorfschicht 13.
- Gründigkeit des Bodens 168.
- Grundwasser 128.
- Grundwasserspiegel 133.
- Grundwasserstand 129.
- Hähersaaten 237.
- Hainbuche 84.
- Halbschattholzarten 143.
- Hallimasch 245, 265.
— Jugendschäden durch 245.
- Hartlaubwälder 17, 22.
- Hauberge, Siegener 96.
- Heide 10.
— Entstehungsfrage 11.
- Heidegebiet, nordwestdeutsches 107.
- Heidesande 185.
- Herzwurzler 201.
- Heterozygoten 198.
- Hitzetod 115.
- Hochmoor 12.
- Hochzucht, forstliche 225.
- Höhenkiefer 224.
- Höhenwachstum in der ersten Jugend 246.
— der Kiefer nach Rassen 209.
- Höhenzuwachs nach Lebensalter 257.
- Holzarten, Verteilung in Deutschland 103.
- Holzartenwechsel, geschichtlicher 98.
- Homozygoten 198.
- Hornäste 40.
- Humusarten 188.
- Humusbildung im Wald 188.
- Humus und Bodenfeuchtigkeit 177.
— Düngewirkung 177.
— Stickstoff im 176.
- Hungerfruchtbarkeit 227.
- Hygrophyten 126.
- Hylobius abietis* 245.
- Individualauslese 222.
- Insektenblütler 229.
- Isotherme, 10⁰ Juli 45.
- Jahreszuwachs, durchschnittlicher, der mittleren Bestandeshöhe 257.
- Jahrringbildung im tropischen Regenwald 21.
- Jochlärche 79.
- Johannistrieb 252.
- Jugendgefahren für Keimlinge 244.
- Juniperus communis* 81.
— *nana* 38.
- Kahlschlag, Beurteilung seiner Wirkung auf den Boden 195.
- Kalamitäten im Walde 5, 265.
- Kalkesche 219.
- Kalkflora 171.
- Kandelaberbildung 40.
- Kardinalpunkte (d. Lebensfaktoren) 111.
- Karenzerscheinungen 173.
- Karpathenlärche 79.
- Keimbett 244.
- Keimenergie 241.
- Keimhemmungen 243.
- Keimlingskrankheit der Buche 244.
- Keimprozent 241.
- Keimruhe 239.
- Keimschnelligkeit 241.
- Keimung des Samens in der Natur 243.
— äußere Bedingungen 240.
- Kiefer, Berg- 38, 39, 42, 45.
— Darmstäcker 108.
— Geradschäftigkeit nach Rassen 208.
— Hauptverbreitungsgebiet in Deutschland 104.
— Höhen- 224.
— Kienzopf 265.
— klimatische Bedingungen 56.
— Maximum 56.
— natürliches Verbreitungsgebiet 53.
— Optimum 56.
— Platten- 221.
— Provenienzversuche 205.
— Rassengebiete 224.
— Schuppen- 221.
— Schütte 245, 265.
— Schwarzwald- 224.
— Tieflands- 224.
— Winterverfärbung sog. (Karenzerscheinung) 173.
— Winterverfärbung nach Rassen 208.
— Zirbel- 45, 81.
- Kieferngebiet, nordostdeutsches 105.
- Kiefernkußwald 106.
- Kiefernzeit 89.
- Kienzopf 265.
- Kieselpflanzen 172.
- Klima, arides 130.
— humides 130.

- Klima, auf kleinstem Raum 115.
 — kontinentales 33, 49.
 — ozeanisches 33, 53.
 Klimarassen 204, 215.
 Klimatyp, kontinentaler 33, 49.
 — ozeanischer 33, 49.
 Klimax 6.
 Kohlensäure und Assimilation 157.
 — Bedeutung im allgemeinen 157.
 — im Freien und im Wald 158.
 — Gehalt der Luft 158.
 — Quellen 158.
 Kombination der Erbfaktoren 198.
 Kommensalismus 4.
 Kompensationspunkt 112, 152.
 Krankheitserscheinungen der Bäume 265.
 Kreuzung 198.
 Kronenform nach Arten und Rassen 200.
 — und äußere Umstände 203.
 Kronenschichten 260.
 Krümelstruktur 184.
 Krüppelgrenze 39.
 Kusselkiefern 219.
- Lagerholz im Urwald 97.
 Längenwachstum, Einfluß der Witterung auf 253.
 — jährlicher Verlauf 251.
 Lärche, natürliches Verbreitungsgebiet 79.
 — Provenienzversuche 212.
 Laricetum 35.
Larix europaea 79, 212.
 — *sibirica* 44.
 Laubabwurf im sommergrünen Laubwald 24.
 — im wintergrünen Laubwald 28.
 Laubholzgebiet, süddeutsches 109.
 Laubholz, Verdrängung durch Nadelholz 100.
 Laubverwehung 163.
 Laubwald, immergrüner 17.
 — periodisch grüner 24.
 — sommergrüner 24.
 — — Klima 27.
 — — Laubabwurf 24.
 — — Vorkommen 27.
 — wintergrüner 28.
 Lauretum 34.
 Lebensalter der Waldbäume 264.
 Lehmböden 185.
 Lianen 20.
 Licht und Assimilation 151.
- Lichtbedürfnis der Holzarten 142.
 Lichtblätter, Struktur 149.
 Licht und Blattstellung 140.
 — formbestimmende Wirkung 139.
 Lichtgenuß der Pflanzen 140.
 — Messung 142.
 — Minimum der Holzarten 142.
 Lichthabitus 147.
 Lichtholzarten 143.
 Licht im Innern des Waldes 154.
 Lichtquellen (Sonnen- und diffuses Licht) 139.
 Lichtungszuwachs 153.
 Licht, Wirkung im allgemeinen 138.
 — verschiedene Zusammensetzung 141.
 — und Zuwachs 152.
 Linde 84.
 Linien, reine 197.
 Lokalrassen 216.
Lophodermium pinastri 245, 265.
 Lorbeerwälder, allgemeines 17, 22.
 — Klima 24.
 — Vorkommen 24.
 Lückenhiebe, sog. kleine 137.
 Luftfeuchtigkeit, absolute und relative 130.
 — im Walde 132.
 Lufttemperatur in Wald und Freiland 123.
- Macchien 9.
 Mannbarkeitsalter 228.
 Massenzuwachs nach Lebensalter 259.
 Mast, Fehl- 233.
 — Halb- 233.
 — Spreng- 233.
 — Voll- 233.
 Mesophyten 126.
 Mikrofauna im Boden 192.
 Mikroflora im Boden 192.
 Mikroklima 115, 119, 121.
 Mineralstoffentzug durch den Wald 186.
 Mineralstoffgehalt der Bäume 174.
 Mittelruhe 249.
 Mittelwald, allgemeines 96.
 Moder 188.
 Modifikationen 196, 202.
 Monsunwälder 17, 28.
 Mull 188.
 Mutationen 198, 223.
 Mutualismus 4.
 Mykorrhiza 176.
Myrica gale 10.
- Nachlaufen des Samens 240.
 Nachreife 239.
 Nachruhe 249.
 Nadelform, immergrüne 30.
 Nadelwälder, allgemein 18.
 Nadelwald, immergrüner 29.
 — Klima 32.
 — Vorkommen 32.
 Nebennutzungen 98.
 Niederschläge, Minimum für den Wald 127.
 — Verteilung der in Deutschland 127.
 — im Walde 131.
 Niederungsmoor 13.
 Niederwald, Allgemeines 96.
 Nitratpflanzen 172.
 Notreife 239.
- Optimum nach H. Mayr 52.
 Ortstein und Orterde 189.
- Palmetum 34.
 Parasitismus 4.
 Park 3.
 Parkwaldungen 9.
Peridermium pini 265.
 Periodizität des Wachstums 249.
 Pfahlwurzler 201.
 Pflanzenprozent 242.
 Phänologie 117.
 Phänotyp 196.
 Photometer 142.
Picea ajanensis 44.
 — *alba* 44.
 — *excelsa* 38, 44, 58, 104, 108, 172, 211.
 — *obovata* 44, 58.
 — *sitchensis* 44.
 Picetum 35, 37.
Pinus cembra 45, 81.
 — *leucodermis* 45.
 — *montana* 38, 45.
 — — *pumilio* 39, 42, 81.
 — — *uliginosa* 81.
 — — *uncinata* 81.
 — *silvestris* s. auch Kiefer 44, 53, 104, 105, 106, 173, 205 ff., 221, 224.
 Pionierbestand 97.
 Plattenkiefer 221.
 Podsolierung 189.
 Polaretum 35.
 Pollenanalyse 88.
 Pollenflug 230.
 Population 197.
Populus tremula 82.
 Provenienzfrage 204.
 Provenienzversuche 205.
- Quercus pedunculata*, vgl. bei Eiche, bzw. Stieleiche 74, 213.
 — *sessiliflora*, vgl. bei Eiche, bzw. Traubeneiche 74.

- Raschwüchsigkeit 247.
 Rassen 196.
 Rassenbezirke bei der Kiefer 224.
 Regenfaktor 130.
 Regenwälder, tropische und subtropische 17, 18.
 Regenwald, tropischer, Verbreitung 22.
 Reizwirkungen 240.
 Renkformen 217.
 Resonanzholz 41.
 Rindenbrand, allgemein 115.
 Rodungsperioden, geschichtliche 94.
 Rohhumus, Allgemeines 188.
 Rohhumusbildung 106, 107.
 Rohhumusmehrer und Rohhumuszehrer 192.
 Rotbuche, s. Buche und *Fagus sylvatica* 38, 71, 104, 107, 172.
 Roterle, Allgemeines 83.
 Rotfäule 107.
 Rüsselkäferschäden an Jungpflanzen 245.

 Saatgutenerkennung 223, 225.
 Säbelwuchs 164, 202.
 Samen, Auflaufen 240.
 — -Ertrag der einzelnen Bäume 234.
 — — Größe 232.
 — — Häufigkeit 232.
 — Nachlaufen 240.
 — Reifezustände 239.
 — Ruhen im Boden 156.
 — Überliegen 239.
 — Verbreitung durch 236.
 Sandbirke 82.
 Saprophytismus 4.
 Sättigungsdefizit 130.
 Savannenwälder 8, 29.
 Schattenblätter, Struktur 149.
 Schattenfestigkeit 146.
 Schattenhabitus 147.
 Schattenholzarten 143.
 Schattenwirkung 144.
 Schichtenbildung im Bestande 260.
 — im Walde 3.
 Schlagunkräuter 156.
 Schlinggewächse 20.
 Schlußstand 2.
 Schneeanhang an der Waldgrenze 42.
 Schneedecke im Walde 132.
 Schuppenkiefer 221.
 Schütte 245, 265.
 Schütteempfindlichkeit nach Rassen 208.
 Schutzwald 41.
 Schwarzerle 83.
 Setzstangen 236.

 Sommerlinde 84.
 Sommerwälder 17, 24.
 Sonnenscheindauer in Deutschland 139.
 Spätfrost 115.
 Spätholz 254.
 Spatsande 185.
 Sphagneen 12.
 Spitzhorn 85.
 Spitzfichten 217.
 Stammanalysen 254.
 Stammausscheidung 246, 260.
 Stammbildung nach Arten und Rassen 200.
 Stammsukkulenz 29.
 Stammzahlen im Wirtschaftswald 260.
 Standortsrassen 216.
 Stangenholz, Begriff 245.
 Stecklinge 236.
 Steidlärche 79.
 Steppe 7.
 Steppenwald 8.
 Stickstoff im Humus 176.
 Stieleiche, klimatische Bedingungen 77, 78.
 — Maximum und Optimum 77.
 — natürliches Verbreitungsgebiet 74.
 — Vorkommen auf Bodenarten 79.
 Strauchformationen 8.
 Sturmbeschädigungen an der Waldgrenze 42.
 Sudetenlärche 80.
 Sukzession 6.
 Süntelbuche 223.
 Synökologie 4.

 Talsandgebiete 185.
 Tanne, klimatische Bedingungen 69.
 — Hauptverbreitungsgebiet in Deutschland 105.
 — Maximum und Optimum 69.
 — natürliches Verbreitungsgebiet 66.
 — Provenienzversuche 212.
 — Vorkommen auf Bodenarten 71.
Taxus baccata 81.
 Teakholz 28.
Tectona grandis 28.
 Tetratherme 113.
 Tieflandskiefer 224.
Tilia grandifolia 84.
 — *parvifolia* 84.
 Tonnenstämme 29.
 Traubeneiche, s. auch Eiche.
 — klimatische Bedingungen 77, 78.
 — Maximum und Optimum 77.
 Traubeneiche, natürliches Verbreitungsgebiet 74.
 — Vorkommen auf Bodenarten 79.
 Trockenperioden 127.
 Trockentorf 188.
 Tundra 7, 89.
 Tundrenflora 88.
 Überliegen des Samens 239.
Ulmus campestris 85.
 — *effusa* 85.
 — *montana* 85.
 Unterarten 196.
 Urwald, unberührter 97.

 Variabilität 197.
 Varietäten 196.
 Vegetationsbeginn 249.
 Vegetationslinien 52.
 Vegetationstherme 113.
 Vegetationstypen 1.
 Vegetationstyp, Veränderung durch Wärme 37.
 Vegetationszeit 117, 249.
 — Länge der 118.
 Veranlagung, innere der einzelnen Holzarten 199.
 Verbiß 245.
 Verbreitung durch Samen 236.
 Verbreitungsgebiet, natürliches, Allgemeines 50 ff.
 — — der Ahornarten 85.
 — — der Arve 81.
 — — der Bergkiefer 81.
 — — der Birken 82.
 — — der Buche 71.
 — — der Eibe 81.
 — — der Erlen 83.
 — — der Esche 85.
 — — der Fichte 58.
 — — der Hainbuche 84.
 — — der Kiefer 53.
 — — der Lärche 79.
 — — der Linden 84.
 — — der Pappeln 82.
 — — der Stieleiche 74.
 — — der Traubeneiche 74.
 — — der Ulmen 85.
 — — der Weiden 82.
 — — der Weißtanne 66.
 — — der Wildobstbäume 86.
 — — der Zirbelkiefer 81.
 Verbreitungszonen nach Mayr 52.
 Verdunstung, Allgemeines 129.
 — im Walde 132.
 Vererbung, individuelle (s. auch Erbllichkeit) 221.
 Vermehrung, sexuelle 235.
 — vegetative 235.
 Vermoorung 44.
 Versumpfung an der Waldgrenze 44.

- Versumpfungsgefahr des Waldes 14.
 Vogelfraß an jungen Keimlingen 245.
 Vollmastjahre 234.
 Vollreife 239.
 Wacholder 81.
 Waldaufbau, Änderungen in der geschichtlichen Zeit 95.
 Waldbäume, Lebensalter der 264.
 Waldbestandsgrenze 39.
 Waldboden, Architektur, nach Burger 193.
 Wald, Bodenfeuchtigkeit im 133.
 — Bodenklima des 123.
 Waldbodentemperatur 122.
 Wald, Entwicklungsgeschichte 86.
 Wald, Feuchtigkeitsgrenze 7.
 Waldfläche, Änderungen in der geschichtlichen Zeit 92.
 — prozentuale der europäischen Länder 102.
 Waldformen, Beeinflussung durch Wärme 33.
 — Einteilung, allgemeine 16.
 — nach Höhenstufen 35.
 — Einteilung nach Mayr 33.
 Waldgebiete, Einteilung Deutschlands in 105.
 Waldgeschichte, postglaciale 89.
 Waldgrenze, alpine 38, 46.
 — Eisanhang 42.
 — Holzarten an der 44.
 — nördliche, Verlauf 45.
 — polare 38.
 — Schneeanhang 42.
 — Sturmbeschädigungen 42.
 — Veränderung 49.
 Wald, Humusbildung im 188.
 Waldinnenklima 122.
 Waldinnenlicht 155.
 Wald, Kalamitäten im 265.
 — Kohlensäure im 158.
 — Lebensgemeinschaft des 3.
 — Licht im Innern des 155.
 — Luftfeuchtigkeit im 132.
 — Niederschläge im 131.
 Wald, Neubildung 6.
 — als Organismus 5.
 Waldregionen 35.
 Wald, Schichtenbildung im 3.
 — als Schlußformation 6.
 — Schneedecke im 132.
 Waldsteppe 8.
 Wald, Verbreitung des auf der Erde 6.
 — Verdunstung im 132.
 — Verteilung des in Deutschland 103.
 — Versumpfungsgefahr 14.
 — Wärmegrenze 7.
 — Wesen und Begriff 1.
 Waldzonen, Hauptformen und Übersicht 33.
 Wanderungsvermögen der Holzarten 237.
 Wasser, allgemeine Bedeutung 125.
 — Bedürfnis der Holzarten 135.
 — im Boden 128.
 Wasseresehe 219.
 Wasserfaktor, Einfluß der Wirtschaft auf 137.
 Wasserverbrauch der Holzarten 135.
 Wärme, Bedürfnis der Holzarten 124.
 — Boden- 118.
 — Einfluß auf Waldformen 33.
 — Extreme 115.
 Wärmegrenze des Waldes 7.
 Wärmeverhältnisse in Deutschland 116.
 Wärmewirkung, Allgemeines 111.
 — Versuche zur Berechnung 112.
 Weiden 82.
 Weißerle 83.
 Weißtanne, klimatische Bedingungen 69.
 — Hauptverbreitungsgebiet in Deutschland 105.
 — Maximum und Optimum 69.
 — natürliches Verbreitungsgebiet 66.
 — Provenienzversuche 212.
 Weißtanne, Vorkommen auf Bodenarten 71.
 Welken der Blätter 126.
 Wetterbäume 40.
 Wind, Austrocknung des Bodens 163.
 Windbestäuber 229.
 Wind, Einfluß auf Baum- und Schaftform 163.
 — Einfluß auf Vollholzigkeit 164.
 — Einfluß des Waldes auf 166.
 — und Exzentrizität 164.
 Windhäufigkeit 165.
 Windkulissen 168.
 Windmantel 138, 167.
 Wind, pathologische Wirkung 161.
 — physiologische Wirkung 161.
 Windruhe am Boden 167.
 Wind, scherende Wirkung 162.
 Windschutz, wirtschaftliche Maßregeln 167.
 Windstärke 165.
 Wind, Verteilung in Deutschland 165.
 Winterfeuchtigkeit 129.
 Winterlinde 84.
 Winterverfärbung, sog. bei Kiefer (Karenzerscheinung) 173.
 — bei Kiefer nach Rassen 208.
 Winterwälder 17.
 Wuchsklassen, natürliche 245.
 Wurzelbildung und äußere Umstände 203.
 Wurzelbrut 236.
 Wurzelfäule 107.
 Wurzelkonkurrenz 144.
 Wurzelwachstum 256.
 Xerophyllie 23.
 Xerophyten 126.
 Zirbelkiefer, natürliches Verbreitungsgebiet 81.
 Zitterpappel 82.
 Zopftrocknis als Alterserscheinung 264.

Der Waldbau. Vorlesungen für Hochschul-Studenten von Dr. phil. **Alfred Möller** †, weiland Professor der Botanik, Oberforstmeister und Direktor der Forstakademie Eberswalde.

Band I: **Naturwissenschaftliche Grundlagen des Waldbaues.** Nach dem Tode Alfred Möllers bearbeitet und herausgegeben von Helene Möller geb. Soenke, und Dr. phil. Erhard Hausendorff, Preuß. Oberförster in Grimnitz, Uckermark. Mit einem Bildnis, 6 farbigen und 15 schwarzen Tafeln sowie 60 Textabbildungen. XIV, 560 Seiten. 1929. Gebunden RM 42.—

Band II: **Angewandter Waldbau.** In Vorbereitung.

Deutsche Waldwirtschaft. Ein Rückblick und Ausblick von Dr. phil. **Erhard Hausendorff**, Preuß. Oberförster in Grimnitz, Uckermark. Mit physiologischen Untersuchungen von Dr. agr. **Georg Görz**, Diplomlandwirt an der Preußischen Geologischen Landesanstalt, und Dr. phil. **Wilh. Benade**, Chemiker an der Bodenkundlichen Abteilung der Preußischen Geologischen Landesanstalt. Mit 9 Abbildungen und einer farbigen Tafel. VIII, 90 Seiten. 1927. RM 4.80

Der Dauerwaldgedanke. Sein Sinn und seine Bedeutung. Von Dr. Dr. phil. **Alfred Möller** †, weiland Professor der Botanik, Oberforstmeister und Direktor der Forstakademie Eberswalde. II, 84 Seiten. 1922. RM 1.60

Der Dauerwald. Von **Philipp Sieber**, Fürstlich reußischer Forstmeister. XI, 110 Seiten. 1928. RM 4.20

Die Kohlenstoffernährung des Waldes. Von Dr. phil. **Th. Meinecke** d. J., Doktor der Forstwissenschaft, Diplomforstwirt. Mit 22 Textabbildungen und 26 Tabellen. VII, 176 Seiten. 1927. Gebunden RM 7.80

Edelrassen des Waldes. Ein Wegweiser zur Zuchtwahl für Forstmänner und Jäger. Ein Führer zur Walderkenntnis für Naturfreunde. Von **Walter Seitz**, Preuß. Forstmeister, Havelberg. Mit 98 Abbildungen auf 51 Tafeln. IV, 64 Seiten. 1927. Gebunden RM 14.—

Anatomische und mykologische Untersuchungen über die Zersetzung und Konservierung des Rotbuchenholzes. Von Dr. **Joh. Tuszon**, Priv.-Doz. am Polytechnikum in Budapest. Mit 17 Textfiguren und 3 farbigen Tafeln. VIII, 90 Seiten. 1905. RM 5.—

Die Pflanzenzucht im Walde. Ein Handbuch für Forstwirte, Waldbesitzer und Studierende. Von Dr. **Hermann v. Fürst**, bayr. Oberforstrat, Direktor der Forstlehranstalt Aschaffenburg. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 66 in den Text gedruckten Holzschnitten. XII, 383 Seiten. 1907. RM 7.—

Die Aufforstung landwirtschaftlich minderwertigen Bodens. Eine Untersuchung über die Zweckmäßigkeit der Aufforstung minderwertig oder ungünstig gelegener landwirtschaftlich benutzter Flächen mit besonderer Berücksichtigung des Kleinbesitzes. Vom Sächs. Ministerium des Innern preisgekrönte Arbeit. Von Dr. **K. J. Moeller**, Forstassessor in Schandau. IV, 102 Seiten. 1908. RM 2.80

Die Waldbautechnik im Spessart. Eine historisch-kritische Untersuchung ihrer Epochen. Von Dr. rer. pol. et phil. **K. Vanselow**, ordentl. Professor an der Universität Gießen. Mit 11 Textabbildungen und 4 Tafeln. IV, 234 Seiten. 1926. RM 15.—

Handbuch der Forstpolitik mit besonderer Berücksichtigung der Gesetzgebung und Statistik. Von Dr. **Max Endres**, o. ö. Professor an der Universität München. Zweite, neubearbeitete Auflage. XVI, 906 Seiten. 1922. Gebunden RM 25.—

Lehrbuch der Waldwertrechnung und Forststatik. Von Dr. **Max Endres**, o. ö. Professor an der Universität München. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 7 Abbildungen. XIV, 326 Seiten. 1923. Gebunden RM 12.—

Die Forsteinrichtung. Von Geh. Forstrat Dr. **H. Martin**, Professor der Forstwissenschaft i. R. Vierte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 5 Textabbildungen und 11 Tafeln. X, 286 Seiten. 1926. Gebunden RM 18.—

Die forstliche Statik. Ein Handbuch für leitende und ausführende Forstwirte sowie zum Studium und Unterricht. Von Geh. Forstrat Dr. **H. Martin**, Professor der Forstwissenschaft i. R. Zweite Auflage. Mit 8 Textabbildungen. XV, 486 Seiten. 1918. RM 16.—

Die Forstwirtschaft. Von **W. Schultz**, Landforstmeister a. D. (Handbuch der Gesetzgebung in Preußen und dem Deutschen Reiche, Teil XIV, Band II.) XII, 428 Seiten. 1903. Gebunden RM 7.—

Die Berechnung des Waldkapitals und ihr Einfluß auf die Forstwirtschaft in Theorie und Praxis. Von Dr. **Theodor Glaser**, bayr. Forstamtsassessor, Bayreuth. Mit 2 Textfiguren. VII, 131 Seiten. 1912. RM 5.—

Durchforstungs- und Lichtungstafeln. Nach den Normalertragslisten der Deutschen Versuchsanstalten bearbeitet von Dr. **Hemann**. 35 Seiten. 1913. RM 2.60

Vervollkommnungen in der Gewinnung von Nadelholzsamen. Von **Kuno von Pentz**, Geheimer Baurat. (Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.) Mit 4 Abbildungen. 31 Seiten. 1926. RM 1.50
Von 25 Exemplaren an je RM 1.10; von 50 Exemplaren an je RM 1.—

Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Zugleich Organ für forstliches Versuchswesen. Begründet von **Bernhard Danckelmann**. Herausgegeben unter Mitarbeit der Professoren der Forstlichen Hochschulen zu Eberswalde und Hann.-Münden, sowie nach amtlichen Mitteilungen von Professor Dr. **A. Dengler** an der Forstlichen Hochschule zu Eberswalde. Erscheint monatlich im Umfang von etwa 72 Seiten. Preis vierteljährlich RM 6.—; Einzelheft RM 2.50