

0939

Die Blitzgefährdung der verschiedenen Baumarten



von

K. k. ZENTRAL-ANSTALT
FÜR
METEOROLOGIE
UND
GEODYNAMIK
in WIEN, XIX.

Dr. Ernst Stahl

Professor der Botanik in Jena

16. MAI 1913



Jena

Verlag von Gustav Fischer

1912

Von Dr. **Ernst Stahl**, Professor an der Universität Jena, erschien ferner:

Über sogenannte Kompaßpflanzen. Mit 1 Tafel. Zweite unveränderte Auflage. 1883. Preis: 75 Pf.

Über den Einfluß des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Mit 1 Tafel. 1883. Preis: 1 Mark 50 Pf.

Pflanzen und Schnecken. Eine biologische Studie über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfrass. 1888. Preis: 2 Mark 50 Pf.

Die Schutzmittel der Flechten gegen Tierfraß. 1904. Preis: 2 Mark 50 Pf.

Zur Biologie des Chlorophylls. Laubfarbe und Himmelslicht. Vergilbung und Etiement. Mit 1 lithographischen Tafel und 4 Abbildungen im Text. 1909. Preis: 4 Mark.

„Natur und Kultur“, 1909, Heft 12:

Der Verfasser erörtert in höchst interessanter und geistreicher Weise die Fragen, warum die Blätter grün und nicht anders gefärbt sind und ob ein Zusammenhang besteht zwischen Chlorophyllabsorption und den am Himmel vorherrschenden Farben. Dabei untersucht er den Einfluß der Atmosphäre auf die Sonnenstrahlung, die Strahlenabsorption im Chlorophyll, die Beziehungen zwischen der Absorption der Sonnenstrahlung und der Kohlensäurezerlegung, die Assimilation der verschiedenen Zusammensetzung des Himmelslichtes, Regulierung der Absorption der Sonnenstrahlung, den wechselnden Chlorophyllgehalt der Assimilationsorgane, weiter betrachtet er die Biologie nichtgrüner Algen und das Nichtergrünen etiolierter Pflanzenteile, das herbstliche Vergilben der Blätter und die biologische Bedeutung von Vergilbung und Etiement.

Die Wurzelpilze der Orchideen. Ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze. Von Dr. **Hans Burgeff**, Assistent am botanischen Institut an der Universität Jena. Mit 3 Tafeln und 38 Abbildungen im Text. 1909. Preis: 6 Mark 50 Pf.

Die Anzucht tropischer Orchideen aus Samen. Neue Methoden auf der Grundlage des symbiotischen Verhältnisses von Pflanze und Wurzelpilz. Von Dr. **Hans Burgeff**, Assistent am botan. Institut an der Universität Jena. Mit 42 Abbildungen im Text. 1911. Preis: 3 Mark 50 Pf.

Das kleine pflanzenphysiologische Praktikum. Anleitung zu pflanzenphysiologischen Experimenten für Studierende und Lehrer der Naturwissenschaften. Von Dr. **W. Detmer**, Professor an der Universität Jena. Vierte, vielfach veränderte Auflage. Mit 179 Abbildungen. 1912. Preis: 7 Mark 50 Pf., geb. 8 Mark 50 Pf.

Naturwissenschaftl. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft 1909, Heft 10:

Wir haben die erste Auflage im Jahrgang 1903, die zweite im Jahrgang 1907 besprochen, und schon liegt die dritte Auflage dieses Buches vor, welches sich ungemein schnell eingebürgert hat; die schnelle Auflagenfolge hat es ermöglicht, das Werk gründlich durchzuarbeiten und auf dem neuesten Literaturstand zu erhalten. Besonders wohlthätig ist die jeder Experimentengruppe vorhergehende, nach Lehrbuchart gehaltene Orientierung. So dient das Buch auch für den, welcher nicht Gelegenheit hat, die angeführten Rezepte zu praktischen Experimenten nachzumachen, zu ausgezeichneter Belehrung, andererseits ist es für jeden Experimentator ein unentbehrlicher Ratgeber.

v. Tubeuf.

Botanische und landwirtschaftliche Studien auf Java. Von Dr. **W. Detmer**, Prof. an der Universität Jena. Mit 1 Tafel. 1907. Preis: 2 Mark 50 Pf., geb. 3 Mark 50 Pf.

Die Blitzgefährdung der verschiedenen Baumarten

von

Dr. Ernst Stahl

Professor der Botanik in Jena



Jena

Verlag von Gustav Fischer

1912

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	I
I. Häufigkeit starker Blitzbeschädigung bei verschiedenen Baumarten	4
II. Ursachen der verschieden großen Blitzbeschädigung der einzelnen Baumarten	10
Substratbeschaffenheit und Blitzgefährdung	11
III. Eigenschaften der Bäume und Blitzgefährdung	17
IV. Oberflächenbeschaffenheit der Baumrinden	24
Benetzung der Baumrinden	26
V. Experimentelles	38
VI. Versuch einer Erklärung der verschieden großen Blitzgefährdung einiger verbreiteter Baumarten	52
Wenig gefährdete Bäume	52
Stark gefährdete Bäume	57
Bäume des Mittelmeergebiets	64
Blitzgefährdung tropischer Bäume	67
VII. Praktische Folgerungen	68
Literaturverzeichnis	74

Einleitung.

Das Einschlagen des Blitzes in Bäume, die von ihm an Stamm und Ästen hinterlassenen Wirkungen, die sich oft in deutlich erkennbaren Spuren, nicht selten in vollständiger Zersplitterung äußern, haben von jeher die Aufmerksamkeit des Menschen herausgefordert. Beim Nachdenken, welche verborgenen Ursachen wohl hinter dieser so heftigen, plötzlichen Naturmacht stecken mögen, entstanden allerlei abergläubige, mit dem Bildungsgrad der Völker und ihren mytischen Gedankenkreisen wechselnde Vorstellungen. Die dichterische Phantasie hat auch die zwischen den einzelnen Baumarten beobachteten Unterschiede in der Blitzanziehungskraft verarbeitet. Die häufig vom Blitz zerschmetterte Eiche war bei den Germanen dem Gotte Donar, im klassischen Altertum dem Donnerer Zeus geweiht. Der gegen Blitz gefeierte Lorbeer, dessen Zweige sogar ihrem Träger Unversehrbarkeit verleihen sollten, gehörte zu den dem Apoll geheiligten Gewächsen. Diesen Vorstellungen liegen, wie so oft in ähnlichen Fällen, richtige Naturbeobachtungen zugrunde.

In unserem naturwissenschaftlichen Zeitalter ist in der wiederholt erörterten Frage, warum der Blitz nicht wahllos die Bäume zerschmettert, noch keine völlige Einigung erreicht worden. Während von kompetenter Seite (Robert Hartig) noch bezweifelt worden ist, daß gewisse Baumarten seltener als andere vom Blitze getroffen werden, glauben andere den alten, doch wohl auf Beobachtung gegründeten Volksglauben auf Grund eigener Wahrnehmungen und der Benutzung statistischer Erhebungen bestätigen zu dürfen.

Zur Erklärung der angenommenen verschiedenen großen Blitzgefährdung sind, wie aus der historischen Übersicht von

E. Vanderlinden (27) hervorgeht, nacheinander recht verschiedene Faktoren herbeigezogen worden, deren Mitwirkung je nach Umständen verschieden groß sein mag. Eine zufällige, bei einem verregneten Pfingstausflug gemachte Beobachtung gab mir Veranlassung mich mit dieser recht verwickelten Frage zu befassen und auf einen Faktor zu achten, der bisher bei weitem nicht die ihm gebührende Berücksichtigung gefunden hat. Ich schicke hier gleich voraus, daß meine Studien bis zu einem gewissen Grade den alten Volksglauben an die verschieden große Blitzgefährdung der einzelnen Baumarten bestätigen, ein Glaube, der in Baden und anderwärts in den bekannten Reimversen ausgesprochen ist:

Von den Eichen mußst du weichen,
Und die Weiden sollst du meiden,
Vor den Fichten sollst du flüchten,
Doch die Buchen kannst du suchen.

Die zu bewältigende Aufgabe bestand zunächst in der Durchsicht der Literaturangaben zum Zweck der Feststellung, welche Baumarten häufiger, welche andere seltener in erheblichem Maße vom Blitze beschädigt werden. Hierbei waren nicht nur die umfassenderen, wie die kleineren statistischen Erhebungen zu benutzen, sondern auch die oft belehrenderen, genauer beschriebenen Einzelfälle, die allerdings, wegen ihrer Zerstreung nicht nur in wissenschaftlichen Zeitschriften, sondern auch in Tageszeitungen, mir nur zum geringen Teil bekannt geworden sind.

Dieser Darlegung reiht sich an die kurz gefaßte Besprechung der früheren Forschern zu verdankenden experimentellen Untersuchungen des Verhaltens der Bäume und ihrer Teile gegenüber künstlichen elektrischen Entladungen und der darauf gegründeten Erklärungsversuche der verschiedenen Blitzgefährdung.

Der bei Behandlung dieser Frage schon oft behauptete Einfluß der Beschaffenheit, insbesondere der Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens, in welchem die Bäume wurzeln, durfte um so weniger unerörtert bleiben, als die im Substrat sich geltend machenden Umstände, nach meiner Auffassung, auch an den

oberirdischen Teilen des Baumes von maßgebender Bedeutung sind. Eine vergleichende Betrachtung der Eigenschaften der verschieden stark gefährdeten Baumarten wird Gelegenheit geben, an einigen Beispielen meine Auffassung auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Den Schluß bilden einige unmittelbar sich ergebende praktische Folgerungen über den Schutz, welchen Bäume benachbarten Gebäuden oder dem unter ihnen Obdach suchenden Menschen gewähren können.

I. Häufigkeit starker Blitzbeschädigung bei verschiedenen Baumarten.

Da von Blitzschlägen meist nur solche verzeichnet werden, die von erheblichen Schädigungen begleitet sind, so sagen die Angaben der Literatur nichts aus über die relative Häufigkeit des Einschlagens in die einzelnen Baumarten. Es ist nämlich recht wohl denkbar, daß gerade die Bäume, durch welche am häufigsten die elektrischen Ausgleichungen erfolgen, wegen ihres besseren Leitungsvermögens seltenere oder schwächere Spuren davon tragen als die schlechteren, stärker mitgenommenen Leiter.

Während über die starke Gefährdung mancher Baumarten (z. B. der Eichen und Pappeln), fast durchweg Übereinstimmung herrscht, gehen in betreff anderer Arten die landläufigen Meinungen auseinander. Auch in den Statistiken steht bald die eine, bald die andere Holzart in erster Reihe, was wohl ausschließlich beruht auf der nach den Gegenden wechselnden Häufigkeit des Vorkommens, sowohl der Waldbäume als der auf freiem Felde, in Alleen, Gärten, an Flußläufen stehenden Bäume.

Die ersten, beharrlich eine Reihe von Jahren durchgeführten statistischen Erhebungen wurden schon 1874 von der Fürstlich-Lippeschen Forstdirektion in dem nordwestdeutschen Waldgebiet von Lippe-Detmold eingeleitet. Aus dieser Zusammenstellung ergeben sich, nach der Umrechnung von Wolff (31 p. 461) in Prozenten der Jahressumme berechnet, folgende Zahlen:

Eichen	63,3	Lärchen	1,1
Kiefern	13,8	Akazien	1,0
Buchen	9,7	Birken	0,5
Fichten	8,3	Weiden	0,3
Pappeln	1,2	Mehlbeere	0,1

Die Eiche steht hier, wie in anderen laubwaldreichen Gegenden an der Spitze. Wenn die Buche schon an dritter Stelle, zwischen Kiefer und Fichte ihren Platz hat, so erklärt sich dies aus dem Vorherrschen dieser Baumart in den Lippeschen Waldungen. Bei Berücksichtigung des Größenverhältnisses der mit den verbreitetsten Baumarten bestandenen Areale ergibt sich nämlich, daß die Eichen 54 mal, die Nadelhölzer 15 mal häufiger getroffen werden als die Buche.

Nach Häpke (8, p. 40) bevorzugt in der Gegend von Bremen der Blitz Eichen, Pappeln, Eschen, Fichten und Birnbäume ungleich mehr als Buchen, Linden, Ulmen, Äpfel- und andere Obstbäume.

In Schleswig-Holstein ist es, nach Brodersen (2, p. 247), die Pappel, die bei weitem am meisten unter allen Bäumen unter Blitzschlägen zu leiden hat: 46% aller getroffenen Bäume sind Pappeln. Dann folgen Eichen, Linden, Eschen. Von 239 Fällen, die während der Jahre 1884—99 zur Anzeige gekommen sind, betrug die Zahl der Blitzschläge in:

Pappeln	109	Erlen	6
Eichen	26	Ulmen	3
Linden	23	Birken	1
Eschen	21	Buchen	1
Obstbäume	11	Bäume ohne An-	
Weiden	10	gabe der Art . . .	18
Nadelhölzer	10		

Brodersen ist der Ansicht, daß die Häufigkeit des Vorkommens der Bäume, deren Bedeutung er keineswegs in Abrede stellt, doch keineswegs allein ausschlaggebend sein kann. Die Buche, obwohl sie an Zahl in Schleswig-Holstein so außerordentlich die anderen Waldbäume übertrifft (43,4% des genannten Waldbestandes sind mit Buchen bewachsen), ist nach dem vorliegenden Material nur ein einziges Mal getroffen worden, während die Eiche (6,3%) der am meisten getroffene Baum ist. Da geringere Blitzspuren nicht zur Anzeige gelangen, so müßte es bei der Buche statt getroffen eher heißen in auffällender Weise beschädigt.

Nach Treichel (25, p. 18) kommen in Westpreußen von 24 Fällen auf Pappeln 7, Weiden 5, Kiefern 5, Birke 3, je einer auf Erle, Wildapfel, Linde und Eiche. Diese Liste ist die einzige mir bekannt gewordene, in der die Eiche so stark in den Hintergrund tritt. Worauf dies beruht, ob auf dem Zurücktreten der Eiche gegenüber anderen Waldbäumen in Westpreußen, muß ich dahingestellt sein lassen.

Wesentlich anders lauten die Ostpreußen betreffenden Angaben von Caspary (3). Hier stehen zwar, wie dies auch anderwärts, besonders im westlichen Europa, der Fall ist, die Pappeln in erster Linie. Von 93 Fällen kommen auf sie 34, auf Eichen 15, Kiefern und Fichten je 12, Esche, Birke, Tanne je 3, Ulme, Birnbaum je 2, Silberpappel 1.

In Schlesien steht wieder, nach F. Cohn (4), die Eiche mit 14% an der Spitze, während die Pappelarten mit 12% erst die zweite Stelle einnehmen.

Im mitteldeutschen Hügel- und Gebirgsland (Fürstentum Reuß) werden nach v. Voss (28, p. 54) vorzugsweise vom Blitze heimgesucht: Eiche, italienische Pappel, Birke, Kiefer, Fichte und Tanne. Die Birke wird nach v. Voss nächst der Eiche am leichtesten vom Blitze getroffen; nur „ist bei ihr der graphitartige Strich, welchen der Blitz bei fast allen Stämmen hinterläßt, kaum sichtbar, soweit die Rinde glatt und weiß ist“. Auf diese Angaben wird später noch zurückzukommen sein. In Holland (Vanderlinden p. 6) verteilen sich die in den Jahren 1886 bis 1903 verzeichneten Blitzschläge wie folgt: 244 Pappeln, 132 Eichen, 79 Weiden, 49 Ulmen, 29 Birnbäume, 22 Nadelhölzer, 20 Linden, 17 Eschen, 8 Nußbäume, 7 Äpfelbäume, 6 Kirschbäume, 6 Roßkastanien, 4 Erlen, 2 Birken, 1 Hollunder, 1 *Ilex aquifolium*. Bemerkenswert ist in dieser Liste die Bevorzugung des Birnbaumes gegenüber dem Apfelbaum; die seltenere Beschädigung von Nußbaum, Kirschbaum, Roßkastanie und Erle. Das gänzliche Fehlen der Buche in dieser Aufzählung mag wohl auf dem Zurücktreten großer Buchenbestände in dem flachen Schwemmlande beruhen. Die zahlreichen mächtigen Buchen, die in Anlagen und

Parken stehen, bleiben aber doch, wie es scheint, trotz ihrer Höhe in auffallender Weise verschont.

Für Belgien (Vanderlinden, pp. 13 u. 30) liegen über 23 Jahre sich erstreckende statistische Angaben vor, die nicht weniger als 1101 Fälle betreffen. In Prozenten berechnet ergaben sich folgende Zahlenverhältnisse:

Pappeln . . .	55,6	Kirschbaum . .	1,0
Eichen . . .	13,9	Nußbaum . . .	0,7
Ulmen . . .	7	Birke . . .	0,5
Nadelhölzer	6,8	Roßkastanie . .	0,5
Buchen . . .	3,8	Vogelbeere . .	0,5
Birnbäume	2,7	Pflaumenbaum .	0,4
Weiden	1,5	Edelkastanie . .	0,3
Eschen . . .	1,3	Erle . . .	0,1
Linden . . .	1,2	Weißdorn . . .	0,1
Apfelbaum	1,1	Platane . . .	0,1
Akazie	1,1	Weinstock . . .	0,1

Entsprechend der im belgischen Hügel- und Gebirgsland weiten Verbreitung von Buchenwäldern ist die Zahl der beschädigten Buchen eine ziemlich hohe. Pappeln und Eichen stehen auch hier an der Spitze. Die dritte Stelle nehmen die Ulmen ein, die auch in Holland zu den häufiger beschädigten Bäumen gehören und in England sogar mit an erster Reihe stehen sollen. In den deutschen Aufzählungen treten die Ulmen dagegen sehr zurück, fehlen in manchen vollständig, was wohl auf der hier seltenen Verwendung als Alleebäume zusammenhängen mag. Die in Belgien nicht selten angepflanzten Ahorne fehlen gänzlich; die an Wasserläufen verbreitete Erle gehört zu den am seltensten in auffälliger Weise beschädigten Baumarten.

In den von E. Ebermayer herausgegebenen Beobachtungen über Blitzschläge in den Staatswäldungen Bayerns, Beobachtungen, die sich über die Jahrgänge 1887—1890 erstrecken, sind fast ausschließlich die forstlich wichtigen Baumarten berücksichtigt, so daß sie hier nicht gut zu verwerten sind. Auch hier tritt die Buche der Eiche gegenüber sehr zurück.

Für das östliche Alpengebiet liegen die umfassenden Angaben Prohaskas (18) vor. Die 704 verzeichneten Fälle verteilen sich auf die verschiedenen Baumarten wie folgt:

Eichen . . .	151	Weiden . . .	9
Fichten . . .	145	Buchen . . .	6
Lärchen . . .	107	Birken . . .	4
Pappeln . . .	78	Ulmen . . .	3
Birnbaum . . .	60	Zirben . . .	3
Tannen . . .	27	Ahorne . . .	2
Linden . . .	24	Akazie . . .	1
Edelkastanien . . .	19	Erle . . .	1
Kiefern . . .	18	Pflaumbaum . . .	1
Kirschbäume . . .	16	Pfirsichbaum . . .	1
Eschen . . .	10	Hollunder . . .	1
Nußbäume . . .	14	Weinstock . . .	1
Apfelbäume . . .	11	Sumach . . .	1

Für einige der wichtigsten Waldbäume hat Prohaska (I, p. 33), auf Grund eines sechsjährigen Beobachtungsmaterials, bei Berücksichtigung der Häufigkeit der Baumarten in Prozenten der Landeswaldfläche, folgende Gefährdungsquotienten gefunden:

Eiche . . .	32,1	Birke . . .	1,4
Lärche . . .	9,5	Kiefer . . .	0,9
Tanne . . .	3,8	Buche . . .	0,3
Fichte . . .	1,8	Erle . . .	0,0

Gleich wie im Waldeckschen Gebirgslande nimmt hier die Eiche die erste Stelle ein, während die Pappel, entsprechend ihrer in Gebirgsländern geringeren Häufigkeit, erst auf zwei Nadelholzarten folgt. Erwägt man aber, sagt Prohaska (I, p. 34), „daß die Pappeln (Pyramiden- und Schwarzpappeln) ungleich seltener sind als die Eichen, so wird man aus der Zahl der Blitzschläge den Schluß ziehen dürfen, daß die Pappel den Blitz noch stärker anzieht, als die in dieser Hinsicht berüchtigte Eiche“. Der Gegensatz zwischen Eiche und Buche (32,1 gegen 0,3) tritt in diesen Alpengebieten noch stärker als anderwärts hervor. Sehr be-

merkwürdig ist auch die dem Birnbaum in der Liste zugewiesene Stelle. Von ihm sagt Prohaska (I, p. 34), daß er von allen Ostbaumarten den Blitz am häufigsten anzieht. „Apfelbäume werden in Steiermark und Kärnten viel häufiger gepflanzt als Birnbäume; trotzdem zählen letztere 38, erstere hingegen nur sieben Blitzschläge im 6jährigen Zeitraume.“

Auf Grund des mitgeteilten, in verschiedenen Teilen von Mittel- und Westeuropa gesammelten Materials wollen wir eine Einteilung der Baumarten nach ihrer verschieden großen Blitzgefährdung treffen. Eine erste Gruppe umfaßt die Bäume, die am häufigsten in auffälliger Weise vom Blitz beschädigt, nicht selten zersplittert werden: die baumartigen Nadelhölzer, von Laubbäumen die Pappeln, Eichen, Birnbaum, Ulmen, Weiden, Eschen, Akazien.

Die am seltensten vom Blitze in auffälliger Weise beschädigten Arten, die wir zu einer zweiten Gruppe vereinigen, sind: Erle, Vogelbeerbaum, die Ahornarten, Roßkastanie, Buche, Hainbuche. Die letztere Baumart findet sich bemerkenswerterweise in keinem der mitgeteilten Verzeichnisse; sie scheint also ganz besonders gegen Blitz gefeit zu sein.

Als Vertreter einer vermittelnden Gruppe fassen wir zusammen: Linde, Apfelbaum, Kirschbaum, Walnußbaum und Edelkastanie.

Über die Birke lauten die Angaben sehr verschieden. Einige Forstaufseher haben mir übereinstimmend erklärt, nur äußerst selten beschädigte Birken angetroffen zu haben. Nach v. Voss (vgl. weiter oben p. 6) wird dagegen dieser Baum im Fürstentum Reuß, nächst der Eiche, am häufigsten getroffen. Die wenig auffälligen Verletzungen entgehen nur leicht der Beobachtung.

Wenden wir uns nun zur Frage nach den Ursachen der zwischen den verschiedenen Baumarten vorhandenen Unterschiede.

Wie in anderen vergleichenden Untersuchungen wird man auch hier am ehesten Aufklärung erwarten dürfen aus der Gegenüberstellung der Eigenschaften der Bäume der beiden extremen Gruppen. Bevor wir jedoch den Vergleich vornehmen, wird es nicht überflüssig sein, nochmals hervorzuheben, daß das verarbeitete statistische Material nur die Fälle erheblicher Beschädigung umfaßt und mithin nichts aussagt über die relative Häufigkeit des Einschlagens des Blitzes in die verschiedenen Baumarten.

R. Hartig (I, p. 363), der ein umfassendes Material benutzen konnte und besondere Beachtung den äußerlich nicht wahrnehmbaren, erst bei der anatomischen Untersuchung erkennbaren Blitzspuren geschenkt hat, sah sich veranlaßt, den Wert der bisherigen statistischen Erhebungen stark anzuzweifeln. Er glaubt, daß von den von ihm untersuchten Blitzbäumen keine 5 % von den älteren Beobachtern als solche anerkannt worden wären. Auch ist er der Ansicht, daß keine Holzart besonders bevorzugt oder vom Blitzschaden verschont bleibt. Die Größe der Beschädigung hat Hartig bei seinem Ausspruch offenbar nicht im Auge gehabt. Wenn die statistischen Angaben sich nicht auf die Gesamtheit der Blitzschläge, sondern nur auf diejenigen beziehen, die stärkere Spuren hinterlassen oder gar die Bäume völlig zerstören, so sind sie trotzdem für unsere Betrachtung von Wert; ist es ja unsere Aufgabe, zur Aufklärung der zwischen den einzelnen Baumarten bestehenden Unterschiede beizutragen.

II. Ursachen der verschieden großen Blitzbeschädigung der einzelnen Baumarten.

Das Problem der Ausgleichung der zwischen Gewitterwolken und Erde bestehenden elektrischen Spannungen durch Bäume hindurch ist recht verwickelt. Verschiedene Umstände, von denen man annehmen kann, daß sie das Leitungsvermögen von Krone,

Stamm und Wurzel beeinflussen, sind nacheinander herbeigezogen worden zur Erklärung der Bevorzugung gewisser Bäume durch den Blitz, gegenüber der geringeren Gefährdung anderer. Hierbei hat man mit Recht sowohl die Eigenschaften des Standortes als diejenigen der Bäume in Betracht gezogen. Großes Gewicht wurde von verschiedenen Forschern auf die Beschaffenheit der Umgebung der Bäume gelegt, ob sie vereinzelt oder zwischen höheren oder niedrigeren Nachbarbäumen stehen. Die mehr oder weniger den Gewitterwirkungen ausgesetzte Lage des Standortes, die Beschaffenheit der Böden, in denen sie wurzeln, der geologische Bau, insbesondere die Wasserverhältnisse des Substrates haben eingehende Berücksichtigung, aber zum Teil recht verschiedene Beantwortung gefunden. Auch die Bearbeitung der in verschiedenen Gegenden ausgeführten statistischen Erhebungen hat merkwürdigerweise in betreff der zuletzt erwähnten Frage kein übereinstimmendes Ergebnis gezeitigt. Ich halte es deshalb für geboten, diesen Gegenstand etwas eingehender zu erörtern und im Anschluß an die Angaben früherer Forscher die Ergebnisse eigener Beobachtungen mitzuteilen.

Substratbeschaffenheit und Blitzgefährdung.

Jonescu (I, p. 54), welcher das seit 1874 von der Lippe-schen Forstdirektion gesammelte Beobachtungsmaterial über Blitzschläge in Bäume bearbeitet hat, unter Berücksichtigung der Flächenausdehnung der verschiedenen Bodenarten und der Häufigkeit der auf ihnen beobachteten Blitzschläge, kam zu dem Ergebnis, daß die Gefährdung der Bäume auf Lehmboden um ein vielfaches größer ist als auf Kalkboden (für fünf Jahrgänge im Mittel 18,43 gegen 1).

Vanderlinden (l. c. p. 17), dem die Ergebnisse der belgischen statistischen Erhebungen zur Verfügung standen, hat dagegen, bei ähnlicher Berechnung, die häufigsten Blitzbeschädigungen in den Landstrichen mit Kalk- und Lehmboden gefunden. Letzteres Substrat scheint also auch in Belgien bevorzugt zu sein

während der Kalkboden in schroffem Gegensatz zu dem, was von Lippe-Detmold berichtet wird, gerade am gefährlichsten sein soll.

Die in Belgien hervortretende, starke Gefährdung der auf Kalkboden stehenden Bäume erscheint schwer verständlich, wenn man von der nahe liegenden Annahme ausgeht, daß hierbei die Wasserverhältnisse des Bodens hauptsächlich in Betracht kommen und in dem meist tief zerklüfteten, das Wasser in die Tiefe versickern lassenden Kalkgestein doch ein relativ trockenes, die Blitzgefährdung verringerndes Substrat gegeben ist. Von auf solchem Boden wurzelnden Bäumen könnten allerdings, bei geringerer Gesamtgefährdung des Baumwuchses, diejenigen Individuen, die mit ihren Wurzeln bis zu dem Versickerungswasser hinabreichen, ganz besonders der verderblichen Wirkung des Blitzes ausgesetzt sein und starke, leicht wahrnehmbare Spuren tragen.

Die Bevorzugung des Blitzes für Bäume, die an Wasserläufen, auf durchnäßigem oder auch bloß gleichmäßig durchfeuchtetem Boden wurzeln, wird aus naheliegenden Gründen von den meisten Forschern angenommen. Auch hat man die Beschaffenheit des Wurzelwerkes herbeigezogen zum Verständnis der nach Arten verschiedenen Gefährdung,

So haben nach v. Voss (l. c. p. 54) die vorzugsweise vom Blitze heimgesuchten Bäume, also namentlich die Eiche, italienische Pappel, Birke, Kiefer, Fichte und Tanne entweder eine starke Pfahlwurzel oder reichen wenigstens mit ihrem Wurzelgeflecht in tiefere, feuchtere Erdschichten, wodurch eine bessere Elektrizitätsleitung zwischen Erde und Baum hergestellt ist. Die Bäume, welche ihre Wurzeln nur in die obere, zur Sommerzeit meist trockene Bodenschicht versenden, ist dies in geringerem Grade der Fall. Für diese Erklärung spricht gleichfalls, nach demselben Verfasser, daß die Bäume an Flußufern öfters vom Blitze getroffen werden.

Auch R. Hartig (II, p. 363) ist geneigt das wiederholte Einschlagen des Blitzes in einzelne Baumindividuen, seien es Buchen, Eichen, Tannen oder Fichten, dem Umstande zuzu-

schreiben, daß sie mit ihren Wurzeln in einem feuchten, quelligen Boden haften.

Nach Häpke (8) soll die Eiche deshalb der Buche gegenüber vom Blitze bevorzugt werden, weil sie vorzugsweise auf feuchtem Boden wächst, während die Buche trockenes, kalkreiches Substrat bevorzugt.

Prohaska (18 I, p. 34) führt die im Vergleich zum Apfelbaum viel größere Gefährdung des Birnbaumes gleichfalls auf seine tiefer gehende Bewurzelung zurück. Der Ansicht, nach welcher das Vorhandensein einer starken, den Baum direkt mit dem Grundwasser verbindenden Pfahlwurzel für manche Holzarten Gefahr bringen soll, tritt Vanderlinden (l. c. p. 9) entgegen; er hält sie für unzutreffend für erwachsene Bäume, bei denen die Pfahlwurzel sich nicht erhalten soll. Diesem Einwand fehlt jedoch die Berechtigung. Bei der besonders bedrohten Eiche ist nach Hempel und Wilhelm (11, p. 43) „das Wurzelsystem anfänglich durch eine starke, bei günstiger Beschaffenheit bis über 2 m in die Tiefe dringende Pfahlwurzel ausgezeichnet. Später, etwa vom 30. Lebensjahre des Baumes an, richtet sich das Wurzelwachstum mehr auf die Ausbildung kräftiger, teils tiefstreichender, teils weit ausgreifender Seitenwurzeln. Die vorwiegend in die Tiefe strebende Wurzelentwicklung sichert dem Baume einen ungewöhnlich festen Stand“. Bei der viel weniger gefährdeten Buche bleibt dagegen die anfänglich entwickelte Pfahlwurzel „schon frühzeitig im Wachstum hinter den Seitenwurzeln zurück, welche mit ihren Verzweigungen ein meist wenig in die Tiefe dringendes, seitlich aber oft weit ausgebreitetes Wurzelsystem bilden“. Stehen Baumarten mit derartig verschiedener Ausbildung des Wurzelsystems nebeneinander, so wird schon aus diesem Grunde die Gefährdung nicht gleich sein können, wobei wir aber gleich hinzufügen, daß noch andere Eigenschaften von ebenso großer oder vielleicht noch größerer Bedeutung sein können.

Trotzdem die Frage vom Einfluß der Wasserverhältnisse des Bodens auf die Blitzgefährdung der Bäume, wie auch von

Gebäuden, schon oft erörtert worden ist, erlaube ich mir doch näher auf sie einzugehen, wegen ihres engen Zusammenhanges mit dem von mir zu gebenden Erklärungsversuch der verschiedenen Blitzgefährdung der einzelnen Baumarten.

Wenn die Bearbeitung der statistischen Erhebungen nicht zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt hat, so darf man vielleicht Aufklärung erwarten von, an passenden Örtlichkeiten ausgeführten Einzelbeobachtungen. Viel deutlicher als in ebenem Gelände, wo auch die von offenen Wasserläufen entfernter stehenden Bäume doch noch mit ihren Wurzeln das Grundwasser erreichen können, muß der Einfluß des Wassergehaltes des Bodens an steilen Berghängen hervortreten, wenn Erd- oder Gesteinsschichten, die das Wasser rasch in die Tiefe durchsickern lassen auf solchen ruhen, die für Wasser schwer durchlässig sind.

Die so schönen Schichtenaufschlüsse der Steilwände der Umgebung Jenas sind für derartige Beobachtungen ganz besonders geeignet. Über der von der Saale durchzogenen Talsohle erheben sich beiderseits die steil ansteigenden Ränder der tief eingeschnittenen Hochebene, deren höchste Punkte sich über den Flußspiegel um 150 m und darüber erheben. Die einander gegenüberstehenden, nur 1,5—3 km voneinander entfernten Ränder der steil abfallenden Hochebene bestehen aus zerklüftetem Muschelkalk, der das Regenwasser in die Tiefe versickern läßt bis zu den Tonschichten des zur Buntsandsteinformation gehörenden Oberen Röth, wo es namentlich nach anhaltendem Regen vielerorts zutage tritt. Pechuël-Loesche (p. 3), der von seiner Wohnung das Saaletal, wie auch die beiderseitigen Abhänge weithin überschauen konnte, sah die Blitzschläge im großen und ganzen dorthin gehen, „wo das Wasser sich ansammelt, an der Ostseite nach den oberen Teilen der Erhebungen, an der Westseite nach den unteren, infolge von Verwerfung hier viel tiefer auftretenden Teilen und außerdem noch, und zwar am zahlreichsten, in die locker mit Erlen, Pappeln und Weiden bestandene Aue. Die Ränder und Gipfel der Erhebungen mit ihrem zerklüfteten

durchlässigen Gestein, also die höchsten Punkte, scheinen für die Entladungen so gut wie nicht vorhanden zu sein: dort stehen vereinzelte Stangen, hohe Masten und halbwüchsige Bäume seit Jahren durchaus unversehrt“. Ich kann Pechuël-Loesches Angaben auf Grund eigener Beobachtungen durchaus bestätigen. Reichliche Blitzspuren an Stämmen und Ästen verschiedenartiger Bäume sah ich an den meist steilen Berghängen dort auftreten, wo in der Nähe Bächlein hervorsprudeln oder doch der stark durchfeuchtete Boden einen Quellenhorizont verrät.

In dem Trießnitz genannten Wäldchen, dessen tonige, quellenreiche Unterlage das Material zur Herstellung von Ziegelsteinen liefert, sind viele der schlanken glattrindigen Bergahorne (*Acer pseudoplatanus*), Zitterpappeln (*Populus tremula*), die man sonst in der trockeneren Umgegend kaum jemals verletzt findet, mit längsverlaufenden, teils zusammenhängenden, teils unterbrochenen Blitzspuren versehen und ein sonst glatter, schlanker Buchenstamm zeigt einen etliche Zentimeter tief ins Holz reichenden, weit herablaufenden Längsriß.

Verläßt man beim weiteren Aufstieg die tonigen Röthlager, um den unteren Muschelkalk zu betreten, so tritt an Stelle des üppigen Laubwaldes magerer Kiefernwald. Man könnte geneigt sein, das Fehlen jeglicher Blitzspuren an den ziemlich dürftigen Bäumen auf deren dichten, niederen Wuchs zurückzuführen, wenn nicht noch weiter oben, am Rande des Plateaubsturzes, viel höhere Bäume auf kahlem Felde ständen, die zwar nicht ganz vom Blitze verschont sein mögen, doch viele Jahre lang sich in der anscheinend so gefährdeten Lage zu halten vermochten. Fast unmittelbar am Rande der steil abstürzenden Hochebene steht gänzlich vereinzelt eine Längsreihe gleichalteriger Pyramidenpappeln, deren Alter auf mindestens 30—50 Jahre zu schätzen ist. Die Baumreihe läßt keine Lücke erkennen. Ein Arbeiter, der seit 15 Jahren hier oben die vermittels einer Drahtseilbahn bewerkstelligte Abfuhr von Kalksteinen beaufsichtigt, hat niemals den Blitz in die genannten Pappeln fahren sehen, um so häufiger aber in den tief unten am Abhang stehen-

den Laubwald, von dessen beschädigten Bäumen weiter oben die Rede gewesen ist.

Noch höher, 386 m über dem Meere, steht auf einer der höchsten Erhebungen der ganzen Umgegend, weit von allen Seiten sichtbar, ein Meierhof — das Vorwerk Cospoth — umgeben von stattlichen Pappeln, Obst- und Nußbäumen, Roßkastanien und Linden. Auch hier sind Bäume, unter denen sich recht alte befinden, nach der Aussage der Bewohner des Meierhofes seit Menschengedenken nicht vom Blitze beschädigt worden; auch hält man es für überflüssig an Wohnhaus und Stallungen Blitzableiter anzubringen.

Nicht ganz 10 km weiter erhebt sich auf der anderen rechten Seite des Saaltals, die wegen ihrer hervorragenden Lage auf steil ansteigendem Berg, in weitem Umkreis sichtbare Leuchtenburg. Die beinahe 400 m hoch gelegene Burg überragt die nahe, von der Saale durchflossene Aue um 235 m. Zur Versorgung der auf Muschelkalk gebauten Feste, mußte ein, das Kalkgestein durchbohrender, bis zum Röth reichender, 114 m tiefer Brunnen gebohrt werden. Trotz ihrer, den durchziehenden Gewittern anscheinend preisgegebenen Lage, ist zum letzten Male im Jahre 1602 von einer Blitzbeschädigung des schlanken Burgturmes berichtet worden. Der Wirt des Burggasthofes, der neun Jahre hier zugebracht hat, erinnert sich nicht, jemals Blitzbeschädigungen an den stattlichen, zum Teil uralten Linden und anderen Bäumen des Burgberges gesehen zu haben.

Bäume, wie auch Gebäude, die man nach ihrer Lage auf die ganze Umgegend überragenden Höhen für besonders gefährdet halten möchte, sind es also keineswegs, falls sie auf einem Boden stehen von der Eigenschaft des Muschelkalkes, der das Regenwasser in die Tiefe versinken läßt. Der Ausgleich der elektrischen Spannungen zwischen Wolken und Erde findet eben ganz vorwiegend dort statt, wo wasserzurückhaltende Schichten anstehen. Die hier wurzelnden Bäume sind es, die trotz ihrer scheinbar geschützten Lage besonders häufig vom Blitze getroffen werden und namentlich, wenn sie vereinzelt stehen, der Vernich-

tung nicht selten anheim fallen. Umgekehrt ist das nicht seltene Vorkommen sehr alter, dazu oft vereinzelt stehender Bäume, an den hervorragendsten Punkten einer Landschaft dadurch verständlich, daß ihre Wurzeln nicht mit größeren zusammenhängenden Wassermengen in Verbindung stehen. Ein hohes Alter können unter solchen Umständen, ohne durch den Blitz beschädigt zu werden, nicht nur Baumarten erreichen, die dieses Schicksal in der Regel selten ereilt, sondern auch solche, die ihm am häufigsten unterliegen. Im Hügellande sind oft genug, nicht bloß auf Kalkboden, die hervorragendsten Punkte der Landschaft mit uralten Kiefern, Fichten, Linden, ja sogar Eichen, Pappeln und Birnbäumen gekrönt. So steht auf dem Dörlberg bei Jena eine mehrhundertjährige Fichte, die hoch über das niedrige Gehölz des isolierten Berggipfels emporragt. Obschon der von weitem sichtbare, geschichtlich merkwürdige Baum, der in den Berichten über die Schlacht bei Jena als Richtungszeichen erwähnt wird, an einer richtigen Gewitterstraße steht, so hat er doch ein so hohes Alter zu erreichen vermocht. Der jetzt dem Absterben entgegengehende Baum, dessen untere Äste allein noch lebenskräftig sind, zeigt an seinem Stamm keine äußerlich wahrnehmbaren Spuren von Blitzbeschädigung. Es mag der Blitz oft genug diese uralte Fichte getroffen haben; seine Wirkungen waren aber nie heftig genug um ihn, wie dies sonst so oft bei dieser Baumart der Fall ist, in bemerkbarer Weise zu beschädigen oder gar zu zersplittern. Die Erklärung ist auch hier in den Wasserverhältnissen des Bodens zu suchen. Der Baum wurzelt in dem trockenen Muschélkalk des Berggipfels; erst etwa 30 m tiefer tritt am Bergabhang, auf toniger Unterlage, ein von feuchtigkeitliebenden Kräutern und Bäumen besiedelter Quellhorizont zutage.

III. Eigenschaften der Bäume und Blitzgefährdung.

Um die Bevorzugung gewisser Baumarten gegenüber anderen zu erklären hat man sowohl äußere wie innere, nach

Arten verschiedene Eigenschaften verantwortlich gemacht. Neben der schon im vorigen Abschnitt behandelten Wurzelbeschaffenheit (Vorhandensein oder Fehlen einer ausgeprägten Pfahlwurzel, Ausbreitungsweise des Wurzelsystems), hat man berücksichtigt: Höhe des Stammes, Zahl der Äste und Zweige, ihre Neigung zum Horizont, Oberflächenbeschaffenheit der Rinde, Zahl und Gestaltung der Blätter, das Abfließen der Elektrizität befördernde Behaarung und Zuspitzung der Blätter. Eingehende Berücksichtigung fanden auch die inneren Eigenschaften von Holzkörper und Rinde, die Festigkeit von Stamm und Ästen, ihre Spaltbarkeit, endlich der Gehalt und die Verteilung des Wassers, die Gegenwart von Fetten und Harzen, alles Faktoren, von denen man vermuten darf, daß sie die Leitung der Elektrizität und mithin die Blitzgefährdung beeinflussen können.

Bei unbefangener Erwägung wird man für wahrscheinlich halten, daß sowohl die Beschaffenheit der Umgebung des Baumes, wie auch seine spezifischen und individuellen Eigenschaften von Bedeutung sind. Je nach Umständen, werden bald die einen, bald die anderen Faktoren mehr in den Vordergrund treten. Am stärksten bedroht werden solche Baumindividuen sein, bei denen beiderlei Einflüsse sich in derselben Richtung geltend machen, wo also zur Gefährdung durch Substrat und Umgebung gefahrbringende Eigenschaften des Baumes selbst hinzutreten. Fast in jeder Gegend gibt es derartig gefährdete, geradezu berüchtigte Bäume — besonders gilt dies von Eichen, Pappeln, Birnbäumen und Edeltannen — in die zuweilen der Blitz mehrmals in einem Sommer einzuschlagen pflegt.

Es ist nicht meine Absicht die gesamte Literatur, insbesondere die Angaben über die elektrische Leitungsfähigkeit der verschiedenen Teile der Bäume ausführlich wiederzugeben. Es kann dies unterbleiben angesichts der historisch-kritischen Behandlungen von Brodersen (p. 248) und besonders von Vanderlinden (p. 7), der die Literatur bis zum Jahre 1906 ausführlich bearbeitet hat. Auf mancherlei Einzelheiten wird im Laufe der Darstellung an geeigneter Stelle einzugehen sein.

Ein gewisses Aufsehen hat auf diesem Gebiet folgende Theorie von Jonesco (I, p. 40 u. ff.) hervorgerufen. Sieht man ab von sehr hohen elektrischen Spannungen, bei welchen alle Bäume vom Blitz getroffen werden können, so macht sich ein Unterschied geltend zwischen den verschiedenen Arten, je nach der Leitfähigkeit ihres Holzes. Die besten Leiter werden am meisten, die schlechtesten am wenigsten vom Blitz heimgesucht. Der Unterschied beruht jedoch nicht, wie bisher angenommen, auf dem verschiedenen Wassergehalt, sondern auf dem Fettgehalt der Bäume. Die an fettem Öl reichen Bäume, die sogenannten Fettbäume (z. B. Nußbaum, Buche, Linde, Birke) sind in hohem Maße gegen das Einschlagen des Blitzes gesichert, die an fettem Öl armen Bäume (z. B. Pappel, Eiche, Weiden, Ulme, Esche Ahorn) werden dagegen vom Blitzschlag bevorzugt.

Von verschiedenen Seiten sind Einwände gegen Jonescos Theorie erhoben worden. Nach Wolff (p. 425—471), der seine Versuche im wesentlichen nach der Methode von Jonesco an gestellt hat, kann von einem ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Fettgehalt der Zweigstücke und dem Widerstand, den das Holz dem Durchgang der Elektrizität entgegensetzt, auch nicht im geringsten die Rede sein.

Der Widerstand resp. die Leitfähigkeit, die Wolff im Freien an verschiedenen Baumarten, wie auch an frisch abgetrennten Zweigen bestimmt hat, zeigt sehr beträchtliche Unterschiede nicht nur bei den verschiedenen Baumarten, sondern auch bei einer und derselben Art während der verschiedenen Jahreszeiten. Nach Wolff bedingen der Hauptsache nach Menge und Zusammensetzung des Saftes die Widerstandsänderung eines Baumes im Laufe des Jahres. An abgeschnittenen Zweigen, die teils ungeschält, teils ohne Rinde und Cambium Verwendung fanden, hat er festgestellt, daß der Rinden-Cambium-Zylinder der bei weitem am besten leitende Teil ist, denn nach seiner Entfernung wächst der Widerstand in höherem Maße als dies durch Abnahme des Querschnittes bedingt sein könnte. Es scheint daher die Annahme gerechtfertigt, „daß auch der Blitz, sofern er nicht

große Energiemengen befördert und damit ganz andere Verhältnisse schafft, in erster Linie von diesem Baumteile abgeleitet wird und erst in zweiter Linie das Holz als Bahn benutzt“. Diese auf experimentellem Wege gewonnenen Ergebnisse stimmen überein mit den Schlüssen, die schon früher R. Hartig aus seinen an Waldbäumen angestellten Untersuchungen gezogen hatte. Während in den zahlreichen Berichten der älteren und neueren Literatur nur die gröberen, oft zur völligen Zersplitterung der Bäume führenden Blitzbeschädigungen der Bäume beschrieben sind, hat, worauf schon hingewiesen, R. Hartig (II, p. 479) auf die viel zahlreicheren, erst bei genauerer anatomischer Untersuchung hervortretenden Blitzspuren aufmerksam gemacht. Äußerlich nicht wahrnehmbar, treten sie auf als verschieden gestaltete, abgestorbene Gewebekomplexe, aus deren Verteilung und Verlauf Hartig (II, p. 361) den Schluß zieht, daß das Rindengewebe die Elektrizität sehr gut leitet und bei schwachen Blitzschlägen oft ganz ausschließlich als Leitgewebe benutzt wird. Oft ist zu beobachten (III, p. 205 u. ff.), daß die innerste Rindenschicht nebst Cambium verschont bleiben, wogegen die weiter nach außen gelegene Rindenschichten absterben. Bei kräftigeren Entladungen leiten allerdings auch die Innenrinde und das Cambium. Das beste Leitungsgewebe scheint das Jungholz zu sein. Der wasserreiche Splint leitet die Elektrizität zwar besser als der Kern, immerhin weit schlechter als Jungholz und Rinde. Es wird deshalb auch nur bei sehr kräftigen Entladungen der Blitz im Splinte verlaufen. Soweit Hartig (III, p. 239 u. ff.), dessen Beobachtungen mit den Angaben Wollfs in der Hauptsache übereinstimmen. Beide Forscher stellen, im Gegensatz zu Jonesco, nach dem der Wassergehalt der Bäume auf die Blitzgefahr ohne Einfluß sein soll, die Bedeutung dieses wichtigen Faktors wieder in das rechte Licht.

Die äußerlich erkennbaren Spuren des Blitzes beginnen häufig nicht in der Krone, sondern am Stamme oder an stärkeren Ästen des Baumes. Die hieraus gezogene Folgerung, daß hier die Einschlagsstellen des Blitzes seien, haben schon Colladon

(l. c. p. 502) und ihm sich anschließend Vanderlinden (l. c. p. 20) und Brodersen (l. c. p. 250) mit Recht bekämpft mit dem Hinweis, daß in der reich verzweigten Krone die Wirkung der Teilströme geringer sein muß als in den stärkeren Ästen oder gar dem Stamm mit seinem viel geringeren Querschnitt. Ich füge gleich hinzu, daß für das sich immer feiner verzweigende Wurzelwerk das gleiche gilt, mithin der Stamm der am stärksten gefährdete Teil des ganzen Baumes sein muß.

Die stärkeren, äußerlich wahrnehmbaren Beschädigungen werden wohl mit Recht auf die plötzliche Verdampfung von überhitztem Wasser zurückgeführt. Nach der auch von anderen Forschern geteilten Ansicht Colladons (p. 569) könnten sie zum Teil auch die Folge rein mechanischer Wirkungen der Elektrizität sein. Sie treten in verschiedener Gestalt auf und zeigen oft, nach Art und Intensität, für die einzelnen Baumarten charakteristische Merkmale, die man aus den nach den Arten wechselnden Eigenschaften von Rinde und Holz zu begreifen gesucht hat. Sehr wesentlich hängt die Schwere der Verletzungen des Holzkörpers, nach Brodersen (l. c. p. 253), von seiner Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Zerstörung, von dem Zusammenhange seiner Gewebe, insbesondere von der Spaltbarkeit ab. „Die Verletzungen werden an der Baumart am größten sein, deren Holz am leichtesten spaltbar ist. Und umkehrt wird ein schwer spaltbares Holz noch Kräften trotzen können, die ein weniger widerstandsfähiges Holz zersplittert hätten.“

Die sehr leichtspaltige Pappel, die trotz der Härte ihres Holzkörpers ziemlich leichtspaltige Eiche, leiden tatsächlich am meisten unter Blitzschlag. Im Gegensatze hierzu steht die schwer spaltbare Buche, die trotz ihrer Häufigkeit in auffallend hohem Grade vom Blitze verschont bleibt oder doch nur selten in erheblichem Maße geschädigt wird.

Das Verhalten der genannten Baumarten scheint also mit der Annahme Brodersens gut vereinbar. Erweitern wir aber den Kreis der Baumarten, so kommen wir zu abweichenden Ergeb-

nissen. Dies ist schon der Fall bei Zugrundelegung der von Brodersen angeführten Einteilung der Hölzer in drei Gruppen je nach ihrer Spaltbarkeit. Hier steht die selten beschädigte Erle neben der so sehr gefährdeten Eiche, während Ulmen und Eschen, die von Brodersen mit der Buche zu den schwerspaltigen Hölzern gebracht werden, sich in bezug auf Gefährdung den öfters heimgesuchten Baumarten anreihen.

Noch geringere Übereinstimmung zwischen Spaltbarkeit und Beschädigung von Stamm und Ästen ergibt sich bei Benutzung der von Wilhelm (30) mitgeteilten Angaben über die Spaltbarkeit der Hölzer.

Sehr leichtspaltig: Tanne, Fichte, Eiche, Edelkastanie, Pappeln, Weide, Erle, Roßkastanie, Linde.

Gut spaltbar, ziemlich leicht spaltbar: Lärche, Zirbe (*Pinus cembra*), Buche, Walnußbaum.

Weniger spaltbar: Gewöhnliche Kiefer, Schwarzkiefer (*Pinus Laricio*).

Schwerspaltig: Birnbaum, Apfelbaum, Akazie.

Sehr schwerspaltig: Taxus, Esche, Birke, Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Hainbuche (*Carpinus*), Kirschbaum, Platane, Bux, Feldulme (*Ulmus campestris*).

Etwas leichtspaltiger: *U. montana* u. *U. effusa*, Weißdorn (*Crataegus oxyacantha*), Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*).

Auf unserer Liste der selten in erheblichem Maße beschädigten Bäume stehen allerdings Arten, deren Holz schwer oder sehr schwerspaltig ist: Vogelbeerbaum, Hainbuche, Ahorne; daneben aber auch sehr leichtspaltige Arten, wie Erle und Roßkastanie. Unter den besonders gefährdeten Bäumen finden wir andererseits neben leicht spaltbaren, wie Pappeln und Eichen, wiederum solche, deren Holz durch Schwerspaltigkeit ausgezeichnet ist: Birnbaum, Esche. Aus dieser Gegenüberstellung scheint mir hervorzugehen, daß die Spaltbarkeit des Holzkörpers, deren Einfluß wohl niemand bestreiten wird, doch nicht genügt,

um die zwischen den verschiedenen Baumarten waltenden Unterschiede verständlich zu machen.

Wie verhält es sich dem gegenüber mit den Rinden, deren Beschaffenheit von Brodersen, Vanderlinden und bereits auch von älteren Forschern mit Recht als bedeutungsvoll hingestellt worden ist? Hier sind zu berücksichtigen nicht nur die inneren Eigenschaften, der anatomische Bau und das Leitungsvermögen, sondern auch, und zwar in weit höherem Grade, die Beschaffenheit der Oberfläche und deren Folgen.

Der Einfluß der mechanischen Eigenschaften der Rinden auf Intensität und Charakter der Beschädigung durch den Blitz ist wiederholt bemerkt worden. Bei der Birke, sagt v. Voss (28, p. 53), ist „der graphitartige Strich, welchen der Blitz fast bei allen Stämmen hinterläßt, kaum sichtbar, soweit die Rinde weiß und glatt ist, dagegen beschränkt sich der Blitz, sobald er an den unteren rissigen Teil der Rinde gelangt, nicht auf die gewöhnliche Furche allein, sondern er reißt die gesprungene schwarze Rinde rings um den Stamm mit ab und wirft sie radspeichenartig, oft auf 40 bis 50 Schritte Entfernung umher“. Es liegt nahe anzunehmen, daß die größere Resistenz der glatten Rinde gegen das Zersplittern auf der Gegenwart der zwar nur 3—4 mm dicken, aber äußerst zähen weißen Korkhülle dieses Baumes beruht.

A. Räuber (19, p. 20), der mit Hilfe eines zu diesem Zwecke konstruierten Apparates die Widerstände gemessen hat, welche die Rinden verschiedener Bäume einem, wie das Gebiß des Hirsches, in annähernd senkrechter Richtung schälenden, eisernen Zahnpaar entgegensetzen, konnte feststellen, daß die Rinde der Birke und des Kirschbaumes dem schälenden Zahndes Apparates im Vergleich zu anderen Bäumen einen außerordentlich großen Widerstand bieten. Schälbeschädigungen durch Wild scheinen bei diesen mit einem äußerst festen Periderm versehenen Bäumen denn auch nicht vorzukommen.

Der Blitz, der an dem glattrindigen, ringsherum von einem zähen Peridermmantel umgebenen Stamm eine kaum sichtbare

Wunde zurückläßt, verübt also an der breiteren Stammbasis die verheerenden von v. Voss geschilderten Wirkungen. Trotz der außergewöhnlichen Härte, die nach Theodor Hartig (III, p. 306) die tiefrissige Borke dieses Baumes auszeichnet, kann sie vom Blitze in gesonderten Fragmenten weit vom Stamme weggeschleudert werden. Hier ist nämlich das oben am Stamm zusammenhängende Periderm in getrennte, an der Oberfläche der Borkenstücke haftende Fetzen aufgelöst. So fest auch die Borkenstücke selbst sein mögen, ihr seitlicher Zusammenhang ist nur lose. Die rötlichgelbe Rindenoberfläche im Grund der Furchen bietet dem Messer, das nur schwer das weiße Periderm zu durchschneiden vermag, nur geringen Widerstand.

Die mechanischen Eigenschaften der Rinden beeinflussen also, wie nur an diesem besonders klaren Beispiel gezeigt werden sollte, in hohem Maße die Mächtigkeit der Zerstörungskraft des Blitzes. Es ist mithin der naheliegende und schon wiederholt ausgesprochene Gedanke, daß die bei den verschiedenen Baumarten erheblich von einander abweichenden mechanischen Eigenschaften von Rinde und Holzkörper zum Verständnis der Größe der Blitzwirkungen herbeigezogen werden müssen, durchaus berechtigt.

Das so oft berichtete, mit Zersplitterung begleitete Einschlagen in tote Äste, besonders von Eichen, dann in geköpft oft hohle Bäume, die trotz ihrer meist geringeren Höhe vom Blitz häufig getroffen werden sollen, mag zum Teil auf ihrer morschen Beschaffenheit beruhen, welche die im Vergleich zu lebenden oder gesunden Teilen häufigere und stärkere Beschädigung aus der geringeren Widerstandsfähigkeit begreifen läßt. Auf die Mitwirkung anderer Ursachen, wird noch später einzugehen sein.

IV. Oberflächenbeschaffenheit der Baumrinden.

Da dem Blitz nach dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse, der Charakter oszillierender Entladungen zukommt,

so fließt er im wesentlichen der Oberfläche der getroffenen Gegenstände entlang. Es muß daher die Oberflächenbeschaffenheit der verschiedenen Teile des Baumes, insbesondere der Äste und des Stammes, mindestens ebenso sehr Berücksichtigung finden wie die innere Struktur. Diesen Gesichtspunkt betont ausdrücklich Vanderlinden (l. c. p. 26) mit dem Hinweis, daß Bäume mit stark entwickelter unebener Borke häufiger und stärker beschädigt werden als solche mit glatterer Oberfläche. An den glattrindigen Stämmen wird die an der Außenseite des Stammes vor sich gehende Ausgleichung weniger gestört sein als an runzeligen Stämmen. Bei borkigen Rinden ist dagegen das Leitungsvermögen nicht gleichmäßig. Die vertieften Stellen, an denen das lebendige Rindengewebe beinahe bloßliegt, oder die von Organismen bewohnt sind, sind weniger dem Austrocknen ausgesetzt, also feuchter und infolgedessen bessere Leiter als die hervorragenden Partien, die aus abgestorbenem Gewebe bestehen. Der Blitz wird also vorzugsweise diese vielfach durch höher liegende Teile der Rinde unterbrochenen Kanäle verfolgen. Trifft er dann auf seinem Wege einen Korkwall, so wird er bei zu großem Widerstand, ohne zerstörend zu wirken, seitlich überspringen oder darüber hinwegfahren. Im entgegengesetzten Fall wird der Korkwall mit einem Teil der darunter liegenden Rinde, die mit dem Holze nur durch das wenig widerstandsfähige Cambium verbunden ist, weggerissen.

Brodersen (2, p. 252 u. ff.) schließt sich der eben mitgeteilten Ansicht Vanderlindens über die Bedeutung der Oberflächenbeschaffenheit der Baumrinden an, einer Ansicht, die schon früher in Maclear (zitiert nach Vanderlinden) einen Vertreter gefunden hat. Alle Baumarten können ohne Ausnahme getroffen werden. Wenn glattrindige Birken und Buchen scheinbar so sehr viel seltener getroffen werden als die rauhrindigen Pappeln und Eichen, so liegt der Grund in der Größe und Art der Beschädigung, welche die Bäume durch Blitzschlag erfahren. Die scheinbare Bevorzugung einiger Arten hat ihren Grund darin; daß sie infolge der Beschaffenheit von Rinde und Holz beim

Durchgang des Blitzes größere und leichter sichtbare Verletzungen erleiden.

Die Herbeiziehung der Eigenschaften der Außenfläche der Baumrinden zur Erklärung der zwischen den einzelnen Arten bestehenden Unterschiede war ein glücklicher Gedanke, der jedoch meines Erachtens noch nicht völlig ausgeschöpft ist. Denn man muß sich doch fragen, ob die bald glatten, bald durch Borkenentwicklung unebenen und rauhen Rinden schon durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften ihrer Außenflächen imstande sind, den Gang der elektrischen Ausgleichungen in so hohem Maße zu beeinflussen, ob es nicht vielmehr auf das Verhalten der ganzen Außenflächen zum atmosphärischen Wasser, auf ihre mehr oder weniger rasch eintretende Benetzbarkeit ankommt.

Benetzung der Baumrinden.

Wie zu erwarten ist die Wirkung der Benetzung des Stammes auf die Bahn des Blitzes schon frühzeitig, aber niemals in verdientem Maße hervorgehoben worden. So hat schon im Jahre 1794 Reimarus (20, p. 141) bemerkt: „Die Spur eines Wetter-schlages ist an Bäumen nicht allemal, seiner ganzen Bahn nach, zu entdecken. Er kann zuweilen, besonders an den jungen und benetzten Zweigen, über die Oberflächen herabfahren ohne einzudringen.

Welche Bedeutung Ebermayer (I, p. 5) der Benetzung der Rinden beigelegt hat, zeigen seine an die bayerischen Forstämter verteilten „Formulare für Beobachtungen über Blitzschläge im Walde“ mit der Frage, ob die Stämme vor dem Blitzschlag trocken oder durch Regen stark befeuchtet waren.

Nach R. Hartig (I, p. 361) dringt bei ganz schwachen Entladungen der Blitz gar nicht oder nur sehr wenig in das Innere der Bäume ein und reißt, zumal, wenn der Baum beregnet ist, nur Borkenschuppen, Flechten und trockene Äste ab.

v. Tubeuf (26, p. 31) sagt in seiner Arbeit, in der die Gipfeldürre verschiedener Nadelhölzer auf länger andauernde, aber verhältnismäßig schwächere atmosphärische Entladungen zurückgeführt wird: „Es kommt vielleicht für die Eigenart der schwachen Ausgleichungen auch in Betracht, daß im Winter die Stammoberfläche durch Benetzung mit Schnee oder Regenwasser zum Teile gut leitend ist“.

Diese Angaben, die sich noch leicht vermehren ließen, zeigen, daß von einzelnen Forschern der Benetzung der Oberfläche von Stamm und Ästen eine gewisse Bedeutung zuerkannt worden ist. Die Ergiebigkeit des Schutzes, den an Stamm und Ästen vorhandene Streifen herablaufenden Regenwassers oder gar eine geschlossene Wasserhülle zu gewähren vermögen, wird sich kaum auch nur mit annähernder Sicherheit abschätzen lassen. Gering schätzt ihn ein Leonhardt Weber (29, p. 115):

„Die in den Zweigen der Bäume und unter der Rinde vorhandene Saftschicht, sowie auch die äußerliche Benetzung durch Regen können zwar als Leiter derjenigen Elektrizität bezeichnet werden, welche beim Gewitter auftritt, insofern sie bei verhältnismäßig langsamer Ausströmung imstande sein würden, beträchtliche Mengen von Elektrizität aus der Erde zu den Spitzen oder umgekehrt zu leiten. Wenn es sich jedoch darum handelt, in dem unmeßbar kleinen Zeitraum eines Blitzschlages kolossale Mengen von Elektrizität fortzuleiten, so erweisen sich jene Leiter als unzureichend, was sich bekanntlich darin zeigt, daß dieselben in Form der Zerdampfung, Zerstäubung oder Zersplitterung zerstört werden, oder auch den Weg des Blitzes auf benachbarte bessere Leiter übertragen.“

Trotz dieses von sachkundiger Seite erhobenen Einwandes gegen eine ergiebige Schutzwirkung der Benetzung scheint es mir geboten der Frage näher zu treten, ob nicht durch eine dem Baum anhaftende Wasserhülle dem Blitz der Weg geebnet und dadurch die Beschädigungsgefahr verringert werden kann. Da Experimente mit hinreichend großen Elektrizitätsmengen nicht ausführbar sind, so sind wir auf die Untersuchung und Verwer-

tung der in der Natur gegebenen Fälle angewiesen. Durch eine zufällige Beobachtung in den Vorbergen des Thüringer Waldes wurde ich veranlaßt mich mit dieser Frage zu befassen. Von einem heftigen Gewitterregen im Walde überrascht, sah ich schon nach wenigen Minuten das Regenwasser in Strömen an den glatten Rinden hochstämmiger Buchen herabfließen und bald ihre ganze Außenfläche benetzen. Fichten, Tannen und Eichen waren dagegen auch nach länger anhaltendem starkem Gewitterregen noch fast rindentrocken. Einmal auf diese so auffälligen Unterschiede aufmerksam geworden, habe ich wiederholt in Anlagen und Wäldern Notizen über die verschieden rasch sich einstellende Benetzung der Stammrinden gesammelt, von denen hier einiges mitgeteilt werden mag. Strenge Ansprüche auf Vergleichbarkeit können diese Angaben nicht machen, da ich mich an das gerade zusammenstehende Baummaterial halten mußte. Doch wurde, sofern nicht das Gegenteil bemerkt ist, nur das Verhalten dickerer Stämme aufgeschrieben.

Botanischer Garten in Jena, 5. Juli 1908. Vormittags sanfter Regen von 2,4 mm Höhe, nach Angabe des meteorologischen Observatoriums. Bei einem am Ende des Regens vorgenommenen Gang wurden gefunden:

Stamm ringsum stark benetzt:

Buche, Roßkastanie, (*Aesculus rubicunda*),
Pyramidenulme, Birke, Ahornarten (*Acer platanoides*, *A. dasycarpum*, *A. sacharatum*), Amerikanische Sumpfeiche (*Quercus palustris*), Götterbaum (*Ailanthus*), Hasel (*Corylus avellana*),
Syringa vulgaris, Goldregen (*Cytisus Laburnum*), Eibe (*Taxus baccata*).

Stamm nur mit einzelnen herablaufenden Wasserstreifen:

Kirschbaum (*Cerasus avium*), Erlen (*Alnus glutinosa* × *incana*, *A. barbata*), *Acer pseudo-platanus*, Tulpenbaum (*Liriodendron*), Hollunder (*Sambucus nigra*), *Sophora*, *Gleditschia*, *Ginkgo*:

Stamm nicht oder kaum benetzt:

Birnbaum, Esche, Akazie (*Robinia pseudoacacia*), Stieleiche, (*Quercus pedunculata* und var. *fastigiata*), *Corylus colurna*, *Ulmus campestris* f. *suberosa*, Fichte, Lärche, Schwarzkiefer (*Pinus austriaca*).

Botanischer Garten, 9. Juli 1908, Befund morgens 10 Uhr nach einem starken Nachtregen. Regenhöhe: 4,7 mm.

Ringsherum naß:

Fagus, *Carpinus*, *Quercus palustris*, *Corylus avellana*, *Sambucus nigra*, *Acer campestre*, *Cytisus laburnum*, Pfirsichbaum (*Persica vulgaris*), *Taxus baccata*.

Nur teilweise benetzt:

Kirschbaum, Apfelbaum, Weißdorn, (*Crataegus oxyacantha*), Ginkgo, *Gleditschia*, Lioriodendron, *Quercus pedunculata*.

Noch fast ganz trocken:

Fichte, Lärche, Schwarzkiefer, *Corylus colurna*.
Robinia, *Fraxinus*, *Ulmus campestris*, Birnbaum.

Prinzessingarten und botanischer Garten in Jena, 18. Juli 1908. Nach einem andauernden Nachtregen, der 4,5 mm brachte, waren morgens früh am unteren Teil des Stammes noch trocken:

alte Eiche, Esche, *Robinia*, Silberweide (*Salix alba*), Linde (*Tilia grandifolia*), Lärche, junge Pyramidenpappel (*Populus fastigiata*) von etwa 12 m Höhe.

Alle anderen Stämme waren fast gleichmäßig ringsum benetzt. Nachdem es am folgenden Tag noch bei Windstille durchgeregnet hatte, waren die obengenannten alten Bäume alle ziemlich gleichmäßig besetzt, nur ein alter Birnbaum zeigte auch jetzt noch bloß einzelne, von einander getrennte Wasserstreifen.

Gleicher Ort, 11. Juli 1909. Starker Regen vom Vormittag bis gegen Abend 4 Uhr. Höhe: 13,2 mm.

Alle jüngeren Bäume vollständig naß, desgleichen eine alte *Aesculus hippocastanum*. Eine alte Silberweide, deren Stamm in Brusthöhe einen Umfang von über drei Metern hat, zeigte bloß einen bis zur Erde herabreichenden Wasserstreifen; die übrige Borke war noch trocken. An einer in der Nähe stehenden Linde mit einem Umfang von vier Metern liefen mehrere breite, allerdings noch voneinander getrennte Streifen bis zur Erde. Keine herablaufenden Streifen zeigte auch jetzt noch ein nicht weit davon entfernter Birnbaum.

In den mitgeteilten Aufstellungen stehen unter den Bäumen mit stark benetzter Stammrinde ganz vorwiegend Arten mit glatter Oberfläche:

Buche, Hainbuche, Hasel, Goldregen oder falls sie Borkenbildung zeigen, mit wenig rissiger Borke: Roßkastanie, Ahorne, *Quercus palustris*, *Taxus*,

Die auch nach anhaltendem Regen noch trockenen Rinden sind dagegen durch stark hervorragende Borkenschuppen oder Leisten ausgezeichnet: Birnbaum, Feldulme, Akazie, *Corylus Colurna*, Stieleiche, Silberweide, Esche; von Nadelhölzern: Lärche, Fichte, Schwarzkiefer.

Schwarzpappel (*Populus nigra*) und Kiefer (*Pinus silvestris*), die durch größere Stämme im Garten nicht vertreten sind, fehlen in dieser Aufstellung. Nach anderwärts gemachten Beobachtungen gehören beide Baumarten zu denjenigen, deren Rinde am langsamsten naß wird. Gleiches gilt von der Pyramidenpappel, von der ich ein junges im Garten stehendes, etwa 12 m hohes Exemplar wiederholt bei Regengüssen angesehen habe.

In den obigen Listen ist das Endergebnis länger andauernder Regen mitgeteilt. Da es jedoch für unsere Fragestellung besonders wichtig ist zu wissen, innerhalb welcher Frist nach dem Regenbeginn zusammenhängende, von der Krone bis zum Wurzelwerk reichende Wasserstreifen zustande kommen, erwähne ich folgende, an einer frei an einem Berghang im Thüringer Wald stehenden Buche mit gleichmäßig ausgebildeter Krone gemachte Beobachtung. Schon 5 Minuten nach Beginn eines mäßig starken Regens sah ich mehrere breite Wasserstreifen, an dem etwa 45 cm dicken Stamm bis zur Erde herabreichen. Auch nachdem der höchstens eine Viertelstunde dauernde Guß schon aufgehört hatte, floß immer noch reichlich Wasser an dem fast ringsherum benetzten Stamme herab. Gleichzeitig waren an demselben Standorte die Rinden von Bergahorn, Fichte und Tanne noch trocken, soweit wenigstens die Rinden nicht direkt von den schräg auffallenden Regentropfen benetzt waren.

Das besonders bei der Buche so rasch sich einstellende Herabfließen des Regenwassers, dessen Verlauf auch am trockenen Stamme gewöhnlich durch ein dunkles, bis zum Boden herabreichendes Band verraten wird, ist schon wiederholt Gegenstand forstbotanischer Untersuchungen gewesen, die sich auch auf andere Waldbäume erstrecken.

Nach Ebermayer (7, p. 291) ist die Menge des an den Stämmen abfließenden Regenwassers nach Baumarten, Kronenentwicklung und Regenstärke sehr verschieden. Laubbäume liefern viel mehr schaftablaufendes Wasser als Nadelstämme. Stärkere Regen, die mehr Wasser liefern als es zur vollen Benetzung der Kronen bedarf, sind erforderlich zur Veranlassung des Wasserabflusses längs der Baumschäfte. Ob das überschüssige Wasser zum größeren oder geringeren Teil an den Blatt- und Astspitzen abtropft, oder an den Stämmen abfließt, hängt nach Ebermayer in erster Linie von der Kronenbeschaffenheit bzw. von Richtung der Äste und Zweige ab. Bei Bäumen mit stark aufwärts gerichtetem Astwerk (Rotbuche, Hainbuche, Ahorn, Esche) wird ein beträchtliches Quantum des überschüssigen

Wassers von den Zweigen und Ästen zum Stamme geleitet, während es bei Bäumen, deren Äste mit zunehmendem Alter eine mehr oder weniger wagerechte oder, wie bei der Fichte, eine nach abwärts gerichtete Lage annehmen, zu keinem ergiebigen Abfluß am Stamme kommt, da der größte Teil des Wassers von den Astspitzen abtropft und direkt zum Boden gelangt. Bestätigt wird dies durch die Untersuchungen, die Riegler im forstbotanischen Garten zu Mariabrunn an den Stämmen einer 55jährigen Rotbuche, einer gleichalterigen Eiche, eines Ahornes (*Acer platanoides*) und einer Fichte gemacht hat. Am größten war die Abflußmenge am Stamm der Buche (12,8%), dann bei dem Ahorn (5,9%), bei der Eiche (5,7%), am geringsten bei der Fichte mit nur 1,3%.

In Betreff der Regenmengen, die erforderlich sind, um das Herablaufen am Stamme zu veranlassen, bemerkt Ebermayer, daß es in Fichten- und Kiefernbeständen mittleren Alters erst bei starkem Regen, über 15 mm Höhe, beginnt, während es sich bei 60—90jährigen Buchen schon bei schwachen Regenfällen, unter 5 mm Höhe, einstellt. Nach eigenen oben mitgeteilten Beobachtungen kann es im Sommer, nicht nur bei der Buche, sondern auch bei anderen Arten schon bei noch geringeren Niederschlägen (2,4 mm) eintreten.

Auch bei dichten, anhaltenden Nebeln kommt es im Spätherbst zuweilen zu starkem Schaftablauf, der sich aus den an Blättern, Ästen und Stamm niedergeschlagenen Nebeltröpfchen zusammensetzt. Ende Oktober 1909 fand ich nach zweitägiger Dauer des Nebels die Rinde fast sämtlicher glattrindiger, aber auch anderer Bäume ringsumher benetzt. Der Boden, der im Schutz der Kronen noch kaum benetzt war, zeigte sich um den Stammgrund herum völlig durchnäßt, so daß auch die Wurzeln bis zu einer nicht näher bestimmten Tiefe im Boden an ihrer Außenseite benetzt sein mußten.

Tritt nach längerer Trockenheit ein Gewitterregen ein, so werden, noch bevor unter dicht belaubten Kronen der Boden an seiner Oberfläche stärker befeuchtet sein kann, bei Bäumen mit

ergiebigem Schaftablauf nicht nur der Stammgrund, sondern auch die Wurzeln samt dem sie berührenden Erdreich bis zu einer gewissen Tiefe mit einer Wasserhülle umgeben sein. Der Ausgleich der elektrischen Spannungen zwischen Erde und Atmosphäre wird hierdurch viel von seiner Gefahr für den Baum verlieren.

Ebermayer hat mit Recht großes Gewicht auf die Richtung der Äste, auf ihre Lage zur Lotlinie gelegt, ob sie aufwärts, wagerecht oder gar abwärts gerichtet sind. Am deutlichsten macht sich dieser Einfluß geltend beim Vergleich verschiedener Wuchsformen einer und derselben Baumart. Sowohl nach Beregnung als nach starkem Nebel standen Trauerbuchen, von deren abwärts geneigten Ästen das Wasser abtropft, noch lange mit trockener Rinde da, wenn die gewöhnlichen Buchen mit den steil aufstrebenden Ästen schon längst bis zum Stammgrunde ringsherum benetzt waren. Wiederholt habe ich bei beginnendem Regen zwei nebeneinander stehende, gleich starke Buchen beobachtet. Stets rieselte nach kurzer Zeit das Wasser dem Stamm der normalästigen Buche entlang, während erst viel später und zwar nur bei heftigeren Güssen der Stamm der Trauerbuche naß wurde.

Ähnliche Wahrnehmungen kann man namentlich an jungen Ulmen machen, die in unseren Anlagen neben der normalwüchsigen Form, durch säulenförmig wachsende mit steil aufstrebenden Ästen und durch Trauerbäume mit schief abwärts geneigten Zweigen vertreten sind. Am raschesten benetzt findet man, unter sonst gleichen Umständen, stets die Säulen- oder Pyramidenformen, am langsamsten die Trauerbäume.

Die Stellung der Äste und Zweige zum Horizont ist also entscheidend für die Richtung, welche das auf die Krone gefallene Wasser beim Herabfließen einschlägt. Zum Verständnis der so verschieden rasch sich einstellenden Benetzung der Stammrinden bis zur Basis des Baumes muß jedoch noch ein anderer Faktor herbeigezogen werden. Dies erhellt schon daraus, daß bei gewissen Bäumen mit steil aufstrebenden Ästen, z. B. Pyra-

mideneiche, Pyramidenpappel, *Corylus colurna*, die Stammrinde noch trocken ist, wenn das Wasser die Rinde anderer, gleichstarker Bäume mit weniger steil ansteigenden Ästen schon gleichmäßig benetzt hat. Das Verhalten der Rinden zu den mit ihnen in Berührung gekommenen Wasser verdient eingehende Beachtung.

Schon an jungen Zweigen machen sich in bezug auf Benetzbarkeit des Periderms Verschiedenheiten geltend. Bringt man vermittels eines Tropfenzählers wiederholt Wassertropfen auf das Ende diesjähriger, vertikal gerichteter Zweige, so fließt das Wasser, wobei nur selten ein Tropfen unterwegs abfällt, bis zur Zweigbasis, z. B. bei Rotbuche, Hainbuche, Hasel, Esche, Bergahorn, Erle, Roßkastanie und manchen anderen Bäumen. Bei der Eiche fallen die Tropfen leichter ab und es dauert etwas länger, bis der Trieb bis zum Grunde einen nassen Streifen erhält.

An diesjährigen, horizontal gehaltenen Baumzweigen, deren Epidermis noch erhalten ist, oder an denen das Periderm noch sehr glatt ist, breiten sich Tropfen entweder gar nicht oder nur sehr langsam über die Zweigfläche, diese benetzend, aus. Viel schneller geht dies vor sich an mehrjährigen Zweigen, deren Periderm durch Abschülfern von Korkgewebe etwas rauher geworden ist.

Die günstigste Oberflächenbeschaffenheit für rasche Benetzung fand ich bei den Roßkastanien (*Aesculus hippocastanum*, *A. rubicunda*). Hier kann man Tropfen auf Tropfen anbringen, bevor einer abfällt. Das Wasser, das die Luft von der Zweigoberfläche hier sehr leicht verdrängt, breitet sich rasch aus und benetzt das Periderm in weitem Umkreis. Ähnlich verhalten sich Hasel, Buche, Hainbuche, Esche, Bergahorn, Linde, Apfelbaum. Bei anderen Holzgewächsen haften die Tropfen gleichfalls leicht an der Rinde, fließen auch, falls sie größer sind, mehr oder weniger schnell am vertikal gehaltenen Zweig abwärts. Die seitliche Ausbreitung ist jedoch geringer, so daß die Rinde viel langsamer gleichmäßig feucht wird als bei den vorher besprochenen Arten. Das zuletzt geschilderte Verhalten fand ich bei *Salix alba vitellina*, Goldregen (*Cytisus laburnum*), Pyramiden-

pappel, Silberpappel, Stieleiche. Ebenso fließen bei der Birke größere Tropfen längs der weißen Rinde abwärts. Da jedoch frisch bloßgelegtes Periderm nur schwer benetzbar ist, so werden sie in ihrem Laufe abgehalten, sobald sie auf durch Abblätterung älterer Peridermlagen neu bloßgelegte Schichten treffen. Der glatte Birkenstamm wird infolge dieses Umstandes, der in seiner Wirkung noch durch das Überhängen der Zweigenden unterstützt wird, langsamer naß, als man es bei seiner glatten Außenfläche erwarten sollte.

An älteren Stämmen und Ästen nehmen die Unterschiede in dem Ableitungsvermögen meist noch beträchtlich zu. Bei Bäumen, die, wie Buche, Hainbuche, Hasel, keine Borke oder solche doch nur in höherem Alter bilden, gehen Benetzung und Schaftablauf ebenso rasch von statten an alten als an jungen Stämmen. Mit dem Einsetzen der Borkenbildung tritt dagegen bei der Mehrzahl der Bäume eine wesentliche Änderung im Ableitungsvermögen ein. Die unebene, oft rissige Oberfläche erschwert an sich schon das Abfließen des Wassers und die gleichmäßige Benetzung. Es kommt hinzu die Eigenschaft der Borkenschuppen und Leisten, das ablaufende Wasser unterwegs festzuhalten. Das Aufsaugungsvermögen der Borke ist verschieden nach Arten und Alter der Bäume. Um zunächst eine ungefähre Vorstellung zu gewinnen von den Wassermengen, die zurückgehalten werden können, habe ich älteren Stämmen entnommene, lufttrockene Borkenstücke gewogen und ihre Gewichtszunahme nach zweistündigem Liegen unter Wasser bestimmt. Die prozentige Zunahme der vor dem Wiegen mit Filtrierpapier oberflächlich abgetupften Stücke war folgende:

Apfelbaum 7,5, Bergahorn 18, Aesculus rubicunda 19, Schwarzerle 21, Schwarzkiefer 23, Lärche 29, Platane 30,5, Schwarzpappel 36, Esche 40, Taxus 46, Pinus cembra 60, Birnbaum 80.

Dieser Vorversuch, zu welchem ungleich große Borkenstücke verwendet worden waren, gibt keine auch nur annähernd richtige Vorstellung von den Wassermengen, die an der Baum-

oberfläche festgehalten werden können. Ich habe daher auch einige Borkefragmente von bestimmtem Umfang erst trocken gewogen, dann wieder, nachdem sie nur einige Male mit Wasser bespritzt worden waren. Ein frisch einem alten Birnbaum entnommenes trockenenes, etwa 2,8 cm dickes Borkestück vermehrte bei dieser Behandlung sein Gewicht um 13 %. Auf die Fläche berechnet, hatte es pro Quadratcentimeter nicht weniger als 0,53 g Wasser zurückgehalten, wobei zu bemerken ist, daß das bis zu 80 % betragende Sättigungsmaximum bei weitem nicht erreicht war. In ähnlicher Weise behandelte Stücke anderer Bäume mit viel dünnerer und wenig rissiger Borke zeigten viel geringere Gewichtszunahmen. Sie betrug bei der Erle und Kastanie (*Aesculus rubicunda*) bloß 0,03 g, bei der Platane sogar nur 0,01 g pro Quadratcentimeter.

Die Wassermengen, die gleich große Rindenflächen aufzunehmen vermögen, sind also nach den Baumarten sehr verschieden. Während bei größeren Birnbäumen mehrere Kilogramm festgehalten werden können, sind im Vergleich hierzu die Mengen des zurückgehaltenen Wassers sehr gering bei glattrindigen Bäumen, wie Buche und Hainbuche, deren Periderm nur oberflächlich benetzt wird. Selbst bei Borkenschuppen tragenden Bäumen, wie Erle und Kastanie, betrug die aufgesogene Wassermenge nur etwa den zehnten Teil von dem der Birnbaumrinde, bei der Platane nur den dreißigsten Teil.

Es liegt kein Grund vor näher auf die Strukturverhältnisse einzugehen, welche nach Arten, wie auch mit dem Alter, wechselnde Wasserkapazität der Borke verursachen. Es genügt, darauf hingewiesen zu haben, daß bei gleichstarker Wasserzufuhr, sei es durch Zuleitung des Wassers von der Krone her, sei es durch direkt auffallende Regentropfen, die Baumrinden, deren Außenseite das Wasser schwerer zurückhält, günstiger gestellt sind in bezug auf rasche und gleichmäßige Oberflächenbenetzung als diejenigen, bei denen das Wasser in die toten Borkengewebe versickert. Hier finden sich an der Außenseite des Baumes nasse, gut leitende, und trockene, die Elektrizität schlecht leitende Stellen neben-

einander. Gleichmäßig nasse, von der Krone bis zur Erde reichende Streifen, werden weit langsamer zustande kommen als an glattrindigen Bäumen.

Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, daß Bäume, deren Rinde bei Regen am raschesten durch Schaftablauf gleichmäßig benetzt wird, nach Aufhören des Regens zuerst wieder trocken werden. Für die Blitzgefährdung dürfte die übrigens erst nach sehr kräftigen und andauernden Niederschlägen vollzogene, längere Zeit erhalten bleibende Benetzung stark borkiger Bäume nur ausnahmsweise, bei rasch aufeinander folgenden Gewittern von Bedeutung sein; aber auch dann sind sie nicht günstiger gestellt als glattrindige Bäume, die sich schon bald nach dem Beginn des Gewitterregens mit einer gut leitenden Wasserhülle umgeben.

Bei den oben geschilderten Versuchen mit dem Tropfenzähler waren mir wiederholt Unterschiede aufgefallen in der Benetzbarkeit und Schnelligkeit des Abfließens zwischen den in Gärten und Anlagen stehenden Bäumen, im Vergleich zu den Artgenossen im Walde und an anderen von Ortschaften ferneren Standorten. Zuerst war ich geneigt, den Grund hiervon in den in Städten niemals fehlenden Ruß- und Staubüberzügen der Baumrinden zu vermuten. Es stellte sich jedoch bald heraus, daß die oft zutage tretende Erschwerung der Benetzung auf der Gegenwart von Flechtenanflügen oder Algenüberzügen beruht, deren Gedeihen in der rauchigen Atmosphäre dicht bewohnter Orte, wenn nicht ganz verhindert, so doch sehr erschwert wird. Fehlen im Freien, etwa in sonniger, sehr trockener Lage die Flechtenüberzüge, so vollziehen sich gleichmäßige Benetzung der Rinde und Wasserablauf ohne Störung.

Wenn schon Krustenflechten, Algenüberzüge (z. B. *Pleurococcus vulgaris*), die zum Teil schwer benetzbar sind (Sievers 23, p. 302) das gleichmäßige Naßwerden der Rinden zu verzögern vermögen, so gilt dies in noch weit höherem Maße von größeren Flechten, Laub- und Lebermoosen, die einen oft erheblichen Teil des von der Krone kommenden Ablaufwassers unterwegs in Beschlag

nehmen, also ähnlich wirken wie die Wasser aufsaugenden Borken. Die gewöhnlich bei der Buche so auffälligen schwarzen Schaftlaufspuren habe ich in höheren, feuchteren Lagen des Thüringerwaldes oft vergeblich gesucht. Der an solchen Orten oft starke Flechten- und Moosbesatz an Ästen und Stämmen wird also kaum gleichgültig sein für die Blitzgefährdung der damit behafteten Bäume, da über die Oberfläche zerstreute, durch trockene Zwischenräume voneinander getrennte Feuchtigkeitsherde einen gefährlichen, weil unterbrochenen Leiter herstellen. An dem eben erwähnten Orte, einem Berghang bei Masserberg, waren denn auch fast sämtliche Buchen mit starken Blitzspuren versehen.

V. Experimentelles.

Der dieser Abhandlung zugrunde liegende Gedanke ist die Annahme, daß ein von der Krone bis zu den feuchten Bodenschichten benetzter Baum vom Blitz weniger gefährdet ist als ein solcher mit außen trockener Rinde. Am meisten gefürchtet wegen der Heftigkeit und Gefahr der Blitzschläge sind die nicht von starken Regengüssen begleiteten Gewitter, und es ist ein alter Erfahrungssatz, daß nach deren Eintritt die größte Gefahr überstanden ist. Solange Bäume, Häuser und andere Gegenstände nach anhaltender Dürre äußerlich sehr trocken sind und mithin die Elektrizität an ihrer Außenseite schlecht leiten, werden die zwischen Wolken und Erde bestehenden Spannungen sich viel schwerer ausgleichen, als wenn die über die Erde hervorragenden Gegenstände durch gleichmäßige Benetzung gute Leiter geworden sind. Nach Eintritt dieses Zustandes werden Entladungen von gleicher Stärke minder schlimme Folgen haben, da insbesondere bei Bäumen die vorher allein gut leitenden saftigen inneren Teile von Ästen und Stamm, durch Herstellung einer Wasserhülle, eine Entlastung erfahren, die im einzelnen allerdings nicht bekannt ist.

L. Weber (29, p. 115), der dieser Frage näher getreten ist, gibt zwar zu, daß die unter der Rinde vorhandene Saftschicht, sowie auch die äußerliche Benetzung durch Regen zwar als Leiter bei langsamen Ausgleichungen wirksam sein können; sich aber als ungenügend erweisen, um die kolossalen Mengen von Elektrizität in dem unmeßbar kleinen Zeitraum eines Blitzschlages fortzuleiten. Daß sie unzureichend sind, zeigte sich darin, daß sie in Form der Verdampfung, Zerstäubung oder Zersplitterung zerstört werden, oder auch den Weg des Blitzes auf benachbarte bessere Leiter übertragen.

Die hier mitzuteilenden eigenen Versuche wurden in dem physikalischen Institut der Universität Jena ausgeführt. Dankbar erinnere ich mich der freundlichen Unterstützung von seiten meines verstorbenen Kollegen Adolf Winkelmann und seines Nachfolgers im Amte, Herrn Max Wien. Die Experimente, bei denen die Funken von Elektrisiermaschinen benutzt wurden, scheinen mir gegenüber dem Einwande von Weber zu zeigen, daß dem oberflächlich anhaftenden Wasser, auch wenn es nur in dünner, rasch verdampfender Schicht vorhanden ist, doch eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zukommt. Da auch Wasserdampf ein guter Leiter ist, so kann die an dem Stamm entstandene Dampfhülle dem Blitz den Weg zum Boden ebnen (vgl. v. Tubeuf 26, p. 45), womit eine partielle Entlastung des Inneren verbunden ist. Bäume, die sich schon bald nach Anfang des Gewitterregens mit einer von der Krone bis zu dem Wurzelwerk reichenden Wasserhülle umgeben, die nicht einmal ringsherum geschlossen zu sein braucht, werden leichter der Beschädigungsgefahr entgehen, als oberflächlich trockene, bei denen nicht in gleicher Weise für äußere Ableitung gesorgt ist.

Die übrigens selbstverständliche Wirkung oberflächlicher Benetzung auf die vom elektrischen Funken einzuschlagende Bahn veranschaulichen folgende Versuche:

Zwei mit einer Holtzschen Influenzmaschine verbundene Kugelelektroden wurden so weit auseinander geschoben, bis eben noch Funken übersprangen. Eine auf einer Paraffinplatte ruhende Kieferborkenschuppe, die bis auf etwa 2 cm, parallel zum Funkengang, angenähert wurde, beeinflusste diesen nicht in merkbarer Weise, so lange sie trocken war. Einmaliges Überstreichen der Schuppe mit einem nassen oder auch bloß feuchten Pinsel verursachte sofort ein Überspringen der Funken auf die befeuchtete Borkenoberfläche, an der der Gleitfunken entlang wanderte, um am anderen Ende den feuchten Streifen wieder zu verlassen und zur anderen Kugelelektrode hinüberzuspringen. Dieser Umweg, eine Folge der Eigenschaft der Elektrizität immer die Bahn einzuschlagen, wo der Widerstand am geringsten ist, wurde mit dem Trockenwerden des Rindenstücks aufgegeben, nach abermaliger Befeuchtung aber sofort wieder eingeschlagen.

Die mit der Borke, auch mit ganzen, trockenen Zweigstücken anderer Bäume angestellten Versuche hatten denselben Erfolg. Solange die Entfernung der benetzten Rinde von den Elektroden eine je nach den Umständen wechselnde Größe nicht überschritt, benutzten die Funken die ihnen durch Befeuchtung gegebene Bahn der Borkenstücke und Zweigoberflächen.

Wie zu erwarten, stellt sich bei örtlich beschränkter Befeuchtung, nämlich nach dem Aufsetzen eines Wassertropfens auf die Außenfläche des trockenen Pflanzenteils, die eben geschilderte Wirkung auf den Funkengang am raschesten ein bei Zweigen, deren Rinde am leichtesten benetzt wird. Gleich dicke, lufttrockene, etwa daumenstarke Zweigstücke von Birke, Buche, Roßkastanie, die auf einer Paraffinplatte lagen, wurden nacheinander, durch Verschieben der Paraffinplatte, der Verbindungslinie der beiden Elektroden genähert, ohne den parallel zur Längsachse der Zweige vor sich gehenden Funkenprung zu beeinflussen. Nachdem das Überspringen der Funken, infolge der Steigerung der Entfernung der Kugelelektroden, stille gestanden hatte, konnte es durch Aufsetzen eines Wassertropfens mittels des Tropfenzählers wieder eingeleitet werden und zwar durfte

die Entfernung der Elektroden viel größer sein bei der besonders rasch benetzbaren Roßkastanie, als etwa bei der Birke, ja selbst der Buche, wo die Tropfen an den in horizontaler Lage befindlichen Zweigen sich nur wenig verflachten. Bei der Roßkastanie war nämlich in kurzer Frist, als ob man das Periderm mit einem befeuchteten Pinsel bestrichen hätte, ein weit ausgebreiteter Wasserstreifen entstanden, den die zu dem Zweig gesprungenen Funken als Gleitbahn benutzten.

Wie in einem früheren Abschnitt (p. 19) auf Grund der vorhandenen Literatur, dargelegt worden ist, wandert im Innern von Zweigen und Stamm die Elektrizität hauptsächlich in den saftreichsten Geweben, von der Innenrinde bis zum Jungholz. Es ist nun für unsere Fragestellung von nicht geringem Interesse festzustellen, in welcher Weise diese inneren Ströme mit den an der benetzten Außenseite verlaufenden in Verbindung treten können. Auf welchem Wege kann, ohne daß eine Verletzung der Gewebe einzutreten braucht, die Elektrizität aus den inneren Leitungsbahnen, den saftreichen Geweben von Rinde und Holzkörper, zu der durch Benetzung gut leitend gewordenen Oberfläche gelangen? Sind solche Verbindungen in großer Zahl vorhanden, so muß die Gefahr der Überlastung der inneren Bahnen, wenigstens bei Bäumen, deren Oberfläche sich rasch benetzt, wesentlich vermindert sein. Tritt nämlich bei Stauung des Stromes im Bauminnern starke Erhitzung ein, so werden die lebenden Teile, wie Hartig gefunden hat, getötet oder es kommt, infolge der plötzlichen Verdampfung der Säfte, sogar zum Abreißen der Rinde, ja zur Zersplitterung des Holzkörpers. Verdampfung des äußerlich der Rinde anhaftenden Wassers wird dagegen, unter sonst gleichen Umständen, dem Baume bei weitem nicht so verhängnisvoll sein.

Für den nicht mit der Pflanzenanatomie vertrauten Leser sei hier bemerkt, daß alle Organe der Landpflanzen — die hier allein in Betracht kommen — an ihrer Oberfläche von Häuten umkleidet sind, die sich als schlechte Elektrizitätsleiter erweisen. So sind die Außenwände der Oberhautzellen von Blättern und

jungen Zweigen mit einem äußerst zarten Häutchen bedeckt, der Cuticula, welche für Wasser und Wasserdampf so gut wie undurchlässig ist; oder aber die ursprüngliche Oberhaut wird, wie das bei älteren Teilen — Zweigen, Ästen, Stämmen — unserer Bäume der Fall ist, durch das aus Korkzellen bestehende Periderma ersetzt. Die meist tafelförmigen Korkzellen schließen wie die Oberhautzellen lückenlos aneinander, und ihre verkorkten Membranen sind ebenfalls wasserundurchlässig. Die dünne Cuticula der jugendlichen Teile, das oft mächtig entwickelte Periderma der älteren, schützen die inneren Gewebe vor dem Vertrocknen. Diese, auch von den Gasen der Atmosphäre schwer zu durchdringenden Häute sind nicht vollständig geschlossen, sondern durchbrochen, an Blättern durch die sehr zahlreichen Spaltöffnungen, an Zweigen und Stamm durch die Lenticellen: den schon mit bloßem Auge erkennbaren, über die Rindenoberfläche zerstreuten, meist etwas hervorragenden Wärzchen.

Durch diese dem Atmungswechsel und der Transpiration dienenden Lücken, in denen die sonst undurchlässigen Häute durchbrochen sind, kann die Elektrizität, ohne daß eine Verletzung eintreten braucht, in beiden Richtungen wandern. Da nun aber der Blitz als oszillierende Entladung nach der Oberfläche strebt, so muß eine partielle Entladung der inneren Leitungsbahnen eintreten, sobald die Außenfläche durch Benetzung zu einem guten Leiter geworden ist. Volle Wirkung stellt sich ein, wenn die Außenbenetzung des Baumes sich von der Krone bis ins Wurzelwerk erstreckt.

Die Wegsamkeit der Lenticellen für den elektrischen Funken läßt sich besonders schön beobachten bei Ästen, von deren Periderm die zerstreut stehenden Lenticellen sich scharf abheben. Nähern wir z. B. einen frisch abgesägten Birkenast den beiden Elektroden, so springen die Funken, falls die weiße Peridermoberfläche noch feucht ist, nach dieser hin, wandern als Gleitfunken an ihr entlang, um zuletzt wieder zur anderen Elektrode hinüber zu springen. Die Gleitfunkenbildung hört mit dem Trockenwerden des Periderms auf. Die Funken springen nunmehr auf die, in

Gestalt von braunen, quer zur Längsachse des Astes verlängerten, stark von der weißen Rinde sich abhebenden Lenticellen. Hier dringen sie in das Zweiginnere und kehren in der Nähe der anderen Elektrode aus den Lentizellen zu dieser zurück. Ist eine Lenticelle durch ihre Lage für das Aufspringen des Funkens bevorzugt, so wird sie als einzige Eintrittsstelle benutzt. Bringt man die Elektrode in passender Entfernung über mehrere benachbarte Lenticellen, so benutzt der Funke bald die eine, bald die andere als Eingangspforte. Ähnliches ist auch beim Funkenaustritt unter der anderen Elektrode zu beobachten. Bei derartigen Versuchen sah ich mitunter, bei unveränderter Lage des Objekts, die Funken abwechselnd bis fünf Lenticellen als Ein- und Austrittspforten benutzen.

Bei geeigneter, nicht zu geringer Entfernung der Elektroden vom Birkenast trifft der Funke nur ausnahmsweise das zwischen den braunen Lenticellen liegende weiße Periderm, um dann meist, ohne eine andere Eintrittsstelle zu benutzen, den einmal eingeschlagenen Weg einzuhalten. Das Periderm wird hier bei einer Spannungsgröße, der es nicht gewachsen ist, durchbrochen. Bestätigt wird diese Vermutung durch Anbringen von Nadelstichen an dem vorher unversehrten Periderm. Diese künstlich geschaffenen Durchtrittsstellen werden dann in derselben Weise benutzt, wie die natürlichen, der Atmung dienenden Rindenporen oder Lenticellen.

Auch bei anderen Holzgewächsen, z. B. *Ginkgo biloba*, Eiche, Grauerle, Walnußbaum, Bergahorn, Roßkastanie, Kirschbaum, Elsbeerbaum, Hollunder, Akazie, Syringe, Pulverholz (*Frangula Alnus*) wurde das Verhalten des elektrischen Funkens gegenüber den Lenticellen untersucht. Es wurde die Längsachse der Zweige und dickeren Äste bald parallel, bald senkrecht gestellt zur Richtung des zwischen den Elektroden stattfindenden Funkensprunges. Waren die Äste außen trocken und die Entfernung von den Elektroden nicht zu gering, so sprangen die Funken fast stets zu den Lenticellen.

Bei allen diesen Versuchen dürfen die Elektroden nicht zu nahe an die Schnittflächen der Äste gerückt werden, da sonst die

Funken, statt nach den Lenticellen, zu den offenliegenden feuchten Geweben von Innenrinde und Holzkörper überspringen. Oft sieht man dann nicht mehr größere Funken überspringen, sondern es tritt das „Verspratten“ der Elektrizität in zahlreiche, kaum unterscheidbare Fünckchen ein. Ein ähnliches Zerstäuben kann man auch zuweilen beobachten, wenn sich die Elektroden in zu großer Nähe von Peridermstrecken, z. B. der Birkenäste befinden, die frei von Lenticellen sind.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß an noch jungen Zweigen des Hollunders (*Sambucus nigra*), die Bevorzugung der Lenticellen nicht zum Ausdruck kommt. Hier springen die Funken sehr häufig auf andere Rindenstellen, nämlich auf die zerstreut stehenden steifen Haare. Ähnliches ist bei *Viburnum lantana*, an behaarten Trieben des Haselstrauches zu beobachten. Wir haben es hier offenbar mit der bekannten Spitzenwirkung zu tun, die aber nur dann zur Äußerung gelangt, wenn die hervorragenden Stellen gute Leiter und spitz sind. Gehen ihnen diese Eigenschaften ab, so bevorzugen die Funken tiefer liegende Rindenteile trotz deren größeren Entfernung von den Elektroden. Sehr deutlich tritt dies hervor an korkig geflügelten Ästen des Maaßholders (*Acer campestre*) und der Korkulme (*Ulmus campestris* var. *suberosa*). Hier springen die Funken nicht auf die Außenränder der hoch hervorragenden, aber schlecht leitenden Korkleisten, sondern in den Grund der dazwischen liegenden Furchen, wo die Lenticellen sitzen. An mit Borke bedeckten Rindenstücken älterer Stämme des Walnußbaumes, der Esche, der Silberweide wandern die Funken, falls die Borke nicht feucht ist, in den Lenticellen führenden Grund der oft tiefen Furchen.

An Ästen, die auch innerlich trocken sind, verlieren die Lenticellen ihre Anziehungskraft für den elektrischen Funken. Dies zeigt sich sowohl bei paralleler als bei zur Verbindungslinie der Elektroden senkrechter Stellung der Aststücke. Im ersten Fall kümmern sich die Funken nicht um das daneben angebrachte Aststück, im zweiten Fall springen die Funken um dasselbe herum, da

sie in der Luft einem geringeren Widerstand begegnen als in dem trockeneren Astinneren.

Die Rindenporen oder Lenticellen, in denen das schlechtleitende Korkgewebe durchbrochen ist, wo mithin Wasserdampf aus dem saftreichen Inneren nach außen entweichen kann, sind wie eben gezeigt worden ist, die bevorzugten Ein- und Austrittsstellen für den elektrischen Funken. In den Lenticellen besitzt also der Baum äußerst zahlreiche, über seine ganze Oberfläche zerstreute, von den dünnen, diesjährigen Zweigen bis zum ältesten Stamm, sogar auch an den im Boden verborgenen Wurzeln verbreitete offene Stellen, durch welche die inneren Leitungsbahnen mit den äußeren verbunden sind. Diese Durchtrittsstellen, die im normalen Leben der Pflanze als Atmungsorgane wirksam sind, können ihr, falls unsere Auffassung richtig ist, bei Blitzgefahr von Vorteil sein. Ihre volle Wirksamkeit wird sich allerdings erst entfalten können, wenn der Baum bis zum Boden herab und in diesen hinein von einer geschlossenen Wasserhülle umgeben ist. Doch wird auch schon die Gegenwart getrennter Wasserstreifen, die von der Krone bis zum feuchten Untergrund reichen, die Gefahr der Rindenabspaltung und der Zersplitterung vermindern.

Die an lenticellenführenden Teilen gemachten Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß an Blättern und jungen, noch peridermlosen Stengeln es die Spaltöffnungen sind, die den Ein- und Austritt der Elektrizität den geringsten Widerstand bieten. Die Spaltöffnungen sind die Ausmündungen der das Blattinnere durchsetzenden Lufträume. Durch sie entweicht der Wasserdampf des Transpirationsstromes aus dem Blattinneren, während die übrige Blattoberfläche, die aus lückenlos zusammenstoßenden Oberhautzellen besteht, nach außen durch die schon genannte Cuticula, ein bei unseren einheimischen Pflanzen meist äußerst dünnes, aber durch Einlagerung einer fettartigen Substanz für Wasser so gut wie undurchlässiges Häutchen abgegrenzt ist. Die Cuticula ist gleich den Korkhäuten, wie oben erwähnt, ein schlechter Elektrizitätsleiter (vgl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl.,

Bd. II, p. 866.) Ihre Wirkung wird allerdings eine viel geringere sein als die der Peridermhäute, die oft in großer Zahl übereinander geschichtet sind, während sie selbst stets nur als einfache Membranelle die jungen Pflanzenteile überzieht.

Nach Jonesco (13, p. 47), der das Laubblatt für einen sehr schlechten Elektrizitätsleiter ansieht und für wahrscheinlich hält, daß die noch nicht beregnete Belaubung nur in seltenen Fällen vom Blitzschlag getroffen wird, zeichnet sich besonders die Oberhaut durch ein äußerst geringes Leitungsvermögen aus. Nach ihrer Abtragung von beiden Blattseiten wird das Blatt merklich leichter vom Funken durchlöchert. Die im Vergleich zu anderen Zellhäuten geringe Leitfähigkeit der Cuticula tritt besonders deutlich hervor bei Verwendung von Blättern mit sehr starker Cuticula, wie sie besonders bei Gewächsen trockener Erdstriche zu finden ist. Benutzen wir zu den Versuchen Blätter, die nur auf der Unterseite Spaltöffnungen führen, so wird es vielleicht möglich sein, den Nachweis zu erbringen, daß die Funken bei nicht zu großer Spannung ihren Weg durch die Spaltöffnungen nehmen.

Wir legen eine frische, soeben von der Pflanze losgetrennte Blattfieder der Cycadee *Dioon edule* in geeigneter Entfernung der zwei Elektroden auf eine Paraffinplatte. Ist die Spaltöffnungen führende Unterseite den Elektroden zugekehrt, so springen die Funken auf der Unterseite ein und aus. Nach Umdrehung der Fieder verschmähen sie die ihnen näherliegende Oberseite und springen, den Umweg um den Rand zurücklegend, zur fernerer Unterseite. Falls das Blatt nicht auf der Paraffinplatte befestigt ist, wird es im Nu umgedreht.

Bei anderen Cycadeen (*Zamia furfuracea*, *Cycas revoluta*), ferner an den derben Blättern von *Pilocarpus pennatifolius*, *Ficus elastica*, den dicken aber weichen Spreiten von *Tradescantia discolor*, den sehr dünnen, von *Maranta Kerchoviana* war die Bevorzugung der allein mit Spaltöffnungen versehenen Unterseite gleichfalls zu beobachten. Nicht zu bemerken war sie bei *Tradescantia zebrina* und *Peperomia*

magnoliaefolia und anderen Arten mit ähnlicher Verteilung der Spaltöffnungen.

Sehr deutlich war dagegen wieder die Bevorzugung der Spaltöffnungen führenden Stellen an den wintergrünen Stengeln eines Schachtelhalmes (*Equisetum hiemale*).

Vor der Besprechung dieses Falles muß noch einiger anderer Erscheinungen gedacht werden. Sehr oft wird bei dünneren Blättern der Rand mit Vorliebe vom Funken aufgesucht. Sind an ihm hervorragende Zähne oder Kerben vorhanden, so springt er auf diese. Hier liegt offenbar eine Spitzenwirkung vor. Gleiches gilt dort, wo der Funke die Blattnerven der Rippen bevorzugt. Der Grund hierzu liegt nicht, wie man vielleicht annehmen möchte, in der Gegenwart der hier verlaufenden Gefäße, sondern in dem Hervorragan der Rippen über die übrige Blattfläche. Fast noch besser als durch den Funkensprung lassen sich die von der Elektrizität bevorzugten Eintrittsstellen erkennen an dem Verhalten dünner an der Elektrode angebrachter Fädchen. Wird die Unterseite z. B. eines Lorbeerblattes (*Laurus nobilis*) in den Bereich des Fadenendes gebracht, so schmiegt sich dieses sofort der nächst erreichbaren hervorragenden Rippe an. Bei Verschiebung der Spreite gleitet es der Rippe entlang; falls es sie bei zunehmender Entfernung loslassen muß, heftet es sich sofort einer günstiger gelegenen anderen Rippe an. Ganz anders sein Verhalten gegenüber den Nerven der Blattoberseite, die hier nicht erhöht, sondern rinnenförmig ausgestaltet sind. Niemals sah ich das Fadenende sich den Furchen ansetzen, unter denen die Gefäße verlaufen, sondern stets dem erhöhten Blattgewebe des Furchenrandes.

Durch diese Beobachtungen, die mit gleichem Erfolg sich mit *Oleander*, *Aucuba*, *Viburnum tinus* wiederholen ließen, soll übrigens die durch Versuche mit konstantem Strom gestützte Ansicht *Jonescos* von der Anziehungskraft der Wasserröhren führenden Gefäßbündel keineswegs in Abrede gestellt werden. Sie kommt aber, soweit es sich um Ein- und Austritt der Elektrizität handelt, nur dort deutlich zum Ausdruck, wo die schlechtleitende

Cuticula ihr nicht entgegenwirkt. Mit besonderer Vorliebe suchen nämlich Funke und Fädchen die blinden Endigungen der Gefäßbündel auf, am Blattrande oder in dessen Nähe bei Blättern, vornehmlich krautartiger Gewächse, bei denen in der Nacht, bei herabgesetzter Transpiration, überschüssiges Wasser über den Gefäßbündelenden zur Ausscheidung gelangt. Am schönsten konnte ich dies beobachten bei verschiedenen Saxifragen (*Saxifraga Cotyledon* und Verwandten). Hier liegen die der Ausscheidung dienenden Wasserspalten im Grunde von Vertiefungen auf der Oberseite der Zähne des Blattrandes. Funken und Fädchen bevorzugen, unter Vermeidung der stark cuticularisierten Zahnspitze, den Boden der Vertiefungen, in denen die Cuticula durchbrochen ist.

Die Bevorzugung der nicht mit einer Cuticula versehenen Stellen der Blattoberfläche macht es fast zur Gewißheit, daß es die Spaltöffnungen sind, durch die am Blatt der Elektrizitätsaustausch am ungestörtesten vor sich geht. Den sicheren Nachweis habe ich jedoch bisher aus den Funkenbeobachtungen nicht entnehmen können. Bei *Equisetum hiemale* sah ich die Funken zwar niemals nach den erhöhten Riefen springen; auch das Fädchenende verschmähte sie. Stets wurden die mit den Riefen abwechselnden Längsfurchen aufgesucht, in denen allein die in Längsreihen angeordneten Spaltöffnungen liegen. Die Annahme, daß die Gegenwart der Spaltöffnungen hierfür maßgebend gewesen sei, wäre jedoch nicht einwandfrei. Die Bevorzugung der Furchen gegenüber den Längsriefen kann auf der stärkeren Entwicklung schlecht leitender Häute in den Riefen beruhen, wobei man hier nicht allein an die Cuticularisierung, sondern auch an die gerade bei *Equisetum hiemale* in den Riefen so mächtige Kieselpanzerung zu denken hat. Da an angewelkten Sprossen, deren Spaltöffnungen infolge des Wasserverlustes geschlossen sind, noch immer die Funken nach den Furchen springen und auch bei *Dioon edule*, *Ficus elastica* unter gleichen Umständen die Unterseite noch immer bevorzugt wird, so scheint die Annahme gerechtfertigt, es möchte hierbei die verschiedene Mächtigkeit isolierender Häute maßgebend sein.

Die Frage nach der Bedeutung der Spaltöffnungen für Ein- und Austritt der Elektrizität ist also hiermit noch keineswegs erledigt. Vielleicht gelingt es sie durch Beobachtung der Funken an geeigneteren Gegenständen festzustellen. Mehr Aussicht haben allerdings Messungen der Widerstände, die ein konstanter Strom zu überwinden hat, einerseits bei offenen, andererseits bei geschlossenen Spaltöffnungen, an einem und demselben Blatt.

Die Wirkung einspringender Funken äußert sich in baldigem, an der Bräunung des Blattgewebes erkennbarem Absterben, das sich, wie Jonesco (p. 47) bei seinen Versuchen mit konstanten Strömen gefunden hat, am raschesten den Gefäßbündeln entlang weiter erstreckt. Es ist nun eine in hohem Grade auffallende, schon oft hervorgehobene, aber verschieden gedeutete Tatsache, daß an Bäumen, deren Stamm durch den Blitz stark gelitten hat, das Laub meist keine unmittelbaren Spuren von Beschädigung aufweist.

In einer beregneten Krone sind nicht nur die nassen Außenseiten der Blätter gute Leiter, sondern auch die sie umgebende wasserdampfreiche Luft. In ähnlichem Sinne, wenn auch weit schwächer, wird schon der fortwährend aus den Myriaden von Spaltöffnungen entweichende Wasserdampf wirken, nämlich die Leitungsbahnen im Innern der Blätter und Zweige entlasten. Nach Colladon (p. 502) entzieht ein junger Baum oder ein frisch geschnittener Ast den Wolken und leitet zur Erde eine gleich große Elektrizitätsmenge als ein metallischer Stab von gleicher Höhe. Aus der Mitteilung Colladons ist zwar nicht zu entnehmen, ob seine Versuchsobjekte benetzt waren oder nicht. Wie dem auch sein mag, so wird man annehmen dürfen, daß die relative Unversehrbarkeit der Baumkronen der stets, allerdings in wechselnder Dichte vorhandenen Wasserhülle zu verdanken sei. Erstreckt sich die Wasserhülle von der Krone bis zum Stammgrunde, so wird sich die Blitzgefährdung nunmehr für den ganzen Baum verringern, infolge der erleichterten, allmählichen Ausgleichung der zwischen Wolken und Erde

bestehenden Spannungen. Aber selbst wenn es zu plötzlichen Entladungen kommt, werden die Folgen des Schlages weniger schlimm sein als wenn an noch außen trockenen Ästen und Stamm die günstigen Leitungsbedingungen plötzlich aufhören.

Wie mag sich nun aber die zur Stammbasis gelangte Elektrizität verhalten? Man wird annehmen dürfen, daß, falls der hier bereits durchfeuchtete Boden mit den feuchten tieferen Schichten oder gar mit dem Grundwasser in Verbindung steht, das Wurzelwerk unbeschädigt bleiben wird, selbst dann, wenn an Stamm und Ästen beträchtliche Verheerungen eingetreten sind. In der Mehrzahl der Fälle bleiben denn auch selbst stark verletzte Bäume am Leben. Es sind aber auch genug Fälle bekannt, wo scheinbar ganz unbeschädigt gelassene, oder doch nur wenig verletzte Bäume, ja ganze Baumgruppen nachträglich absterben. Hartig (Lehrbuch, p. 249) hebt ausdrücklich hervor, daß das Wurzelwerk der Blitzbäume stets ganz intakt bleibt oder doch nur an einer der stärkeren Wurzeln sichtbare Beschädigungen erkennen läßt.

Mir scheint hier besonders eine Frage weiterer Untersuchungen bedürftig. Es ist denkbar, daß die bereits benetzten stärkeren Wurzeln in der Nähe des Stammes unbeschädigt bleiben, die feinsten, Wurzelhaare führenden Würzelchen dagegen abgetötet werden können. Sehr nahe liegt diese Deutung in einem von mir selbst vor einigen Jahren beobachteten Falle, dem ich damals leider nicht die genügende Aufmerksamkeit geschenkt habe.

Bei einem äußerst heftigen, von starkem Regenguß begleiteten Gewitter war, während ich am Fenster stand, unter heftiger Lichterscheinung, ein von intensivem Knall begleiteter Blitz in eine im botanischen Garten, in der Nähe eines künstlichen Teiches stehende, etwa 20 m hohe Pyramidenpappel gefahren. Abgesprengte Rindensplitter lagen am Boden bis zu einer Entfernung von 35 m vom Stamm. Zwischen der unverletzten Stammbasis und dem Teichrand war der Boden aufgewühlt, die Rasendecke abgehoben. Von den im Teiche lebenden Rotfischen,

die sich sonst im Sommer stets nahe dem Wasserspiegel herumtreiben, war etwa eine Woche lang nicht ein einziger zu erblicken. Ganz allmählich kamen sie nacheinander wieder zum Vorschein. Dagegen konnte nach dem Blitzschlag ein auf dem Rücken liegender großer mehrpfündiger Hecht, dessen Gegenwart bisher sich der Wahrnehmung entzogen hatte, herausgefischt werden. An dem Stamme der Pappel waren, wie dies bei diesem Baum häufig geschieht, nur unter einem starken Aste die Rinde und der Holzkörper außen zersplittert. Die ganze Belaubung, die übrigen Äste, wie auch der Stamm zeigten zunächst keine Spur von Beschädigung. Querschnitte durch Innenrinde, Cambium und Splintfragmente hatten gesundes Aussehen. Trotz der relativ geringen Verletzung des Baumes, dessen Erhaltung schon gesichert erschien, vertrocknete im Laufe etwa einer Woche das Laub vollständig, worauf der Baum gefällt wurde. Leider habe ich damals versäumt, die Untersuchung des Wurzelwerkes vorzunehmen, insbesondere seiner feinsten und jüngsten, mit Wurzelhaaren besetzten Verzweigungen, welche die Wasseraufnahme besorgen. Es wäre denkbar, daß unter besonderen Verhältnissen, etwa bei relativ trockenem Boden, die jüngsten Wurzelendigungen mit ihren Haaren durch die Blitzwirkung getötet werden, was Vertrocknen des Laubes und Absterben des ganzen Baumes zur Folge haben kann. So mögen auch die in der Literatur verzeichneten Fälle, in denen nicht nur ein in seinen oberirdischen Teilen durch den Blitz beschädigter Baum, sondern auch benachbarte scheinbar unversehrte Bäume nach einiger Zeit absterben. Den von mir an einer Pyramidenpappel beobachteten Fall des völligen Absterbens eines an Stamm und Krone durch die unmittelbare Blitzwirkung nur wenig verletzten Baumes habe ich etwas ausführlicher besprochen in der Hoffnung, den einen oder anderen meiner Leser zu veranlassen, bei günstiger Gelegenheit die von mir versäumte Untersuchung vorzunehmen und die hier ausgesprochene Vermutung auf ihre Berechtigung zu prüfen.

VI. Versuch einer Erklärung der verschiedenen großen Blitzgefährdung einiger verbreiteter Baumarten.

In diesem Abschnitt sollen nach einander einige der verbreitetsten Baumarten durchgenommen werden zum Zweck der Prüfung unserer Ansicht über die Ursachen, die der verschiedenen großen Blitzgefährdung zugrunde liegen. Es soll untersucht werden, inwieweit sich aus dem Zusammenwirken der Benetzbarkeit der Rinden mit anderen Eigenschaften der Bäume die Unterschiede in Häufigkeit und Größe der Beschädigung besser als bisher begreifen lassen. Ich bin mir wohl bewußt, daß an der folgenden Aufstellung manches zu ändern sein wird, gebe mich aber der Hoffnung hin, durch diesen Versuch zu weiteren Beobachtungen anzuregen auf einem Gebiet, auf dem man, wie kaum auf einem anderen, so sehr von der Gunst des Zufalles abhängig ist.

Wenig gefährdete Bäume.

Die Buche, die nach der Volksmeinung — Buchen mußst du suchen — bei Gewittern eine sicherere Unterkunft als andere Bäume bieten soll, vereinigt tatsächlich an sich verschiedene Eigenschaften, die geeignet sind, sie vor stärkeren Beschädigungen zu bewahren.

Gegenüber der Eiche mit der langen Pfahlwurzel und dem vorwiegend in die Tiefe strebenden Wurzelwerk ist die mehr flach wurzelnde, den nassen Untergrund des Auwaldes meidende Buche schon aus diesem Grunde weniger gefährdet als in nasserem Boden stehende Bäume.

Die steile Aufrichtung der Äste mit ihren zahlreichen dünnen, zudem das Ausströmen der Elektrizität begünstigenden Zweigen, befördert das Abfließen des Regenwassers nach dem leicht benetzbaren Stamm, der früher als bei den meisten anderen Bäumen bis zum Grunde benetzt ist.

Die gleichmäßige Benetzung der Rindenoberfläche kann allerdings, worauf schon früher (p. 34) hingewiesen wurde, durch Ansiedlung von Flechten und Moosen verzögert werden. Der Thallus von Krustenflechten mit schwer benetzbarer Oberfläche erschwert das Herabfließen des Regenwassers; größere Laub- und Strauchflechten, Laub- und Lebermoose, fangen größere Mengen des herablaufenden Wassers unterwegs auf. Durch dichte Überzüge solcher Gewächse wird die Bildung einer zusammenhängenden, bis zum Boden reichenden Wasserhülle oft lange hinausgeschoben, wodurch die Buche den an die leichte Benetzbarkeit ihres glatten Periderms geknüpften Vorzug verliert.

Die Buche wird nun keineswegs vom Blitze gemieden, ja sie dürfte sich, als rasch mit Wasser sich umhüllender Baum, zumal wenn ihr Wurzelwerk bereits von durchnäßtem Untergrund umgeben ist, ganz besonders eignen zur Ausgleichung der zwischen Gewitterwolken und Erde bestehenden elektrischen Spannungen. Die Blitzverletzungen sind jedoch meist geringfügig, in Gewitterlagen aber oft sehr zahlreich. Sie treten, nach Hartig (Lehrbuch, p. 241), bald auf in Gestalt mehrfach unterbrochener, kürzerer oder längerer Längsfurchen, bald als zusammenhängende, lange Blitzrinnen. Bei der Buche, wie auch bei anderen Bäumen, sind diese Blitzspuren (Hartig I, p. 193) von den oft ähnlichen Frostspalten daran zu unterscheiden, daß nach Blitzbeschädigung keine Wülste am Stamme hervortreten.

Zahlreichen Blitzspuren bin ich im Schwarzwald und im Thüringer Wald begegnet an oft von Gewittern bestrichenen Berghängen. Am Feldberg, wo nach mündlichen Mitteilungen die Fichten an den gefährlichen Stellen häufig vom Blitz zerschmettert, die Buchen dagegen verschont bleiben sollen, fand ich an fast allen Buchen des Waldrandes (bei etwa 1250 m) die von Hartig geschilderten Blitzspuren, deren Häufigkeit zum Teil auf dem starken Flechtenbesatz beruhen mag. Bei Masserberg im Thüringer Wald (bei etwa 750 m) sah ich gleichfalls zahlreiche Blitzspuren an den Buchen eines den Gewittern stark ausgesetzten Waldes. Nach einem ziemlich heftigen Regenguß fand ich die reich mit

Flechten und Moosen überzogenen Stammrinden, besonders an ihrem Grunde, noch trocken Die sonst für die Buche so bezeichnenden dunkeln Streifen, die auch bei trockenem Wetter den Weg des Ablaufwassers anzeigen, traten hier ganz zurück. Es ist wohl möglich, daß an solchen von Gewittern oft besuchten Standorten, die dank ihrer regenreichen Gebirgslage den rindenbewohnenden niederen Pflanzen günstige Ansiedelungsbedingungen gewähren, die Buchen zum Teil aus letzterem Grunde häufigere und stärkere Blitzbeschädigungen aufweisen, weil eben langsamer als anderwärts gleichmäßige Außenbesetzung eintritt. Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, daß auch Buchen mit spärlich besiedelter Rinde Blitzspuren zeigen. So fand ich eine etliche Zentimeter tief ins Holz reichende, weit am Stamm herablaufende Blitzfurchen an einer nur mit Krustenflechten bedeckten stattlichen, sonst ganz glatten Buche, die allerdings in einem Quellgebiet wurzelte, dazu an einer vom Blitz in auffälliger Weise bevorzugten Stelle, von der schon (p. 15) die Rede gewesen ist.

Wenn nach unserer Auffassung die relativ seltenere Beschädigung der Buche und auch anderer Bäume in erster Linie mit der Förderung der Außenableitung des Blitzes längs der rasch benetzten Rinde zusammenhängt, so wird man doch auch andere Umstände berücksichtigen müssen, wenn es sich darum handelt, die bei den einzelnen Baumarten so wechselnde Größe der Verheerung, das Abreißen großer Rindenstücke, die Zersplitterung von Ästen und Stamm zu begreifen. Brodersen (p. 253) führt das im Gegensatz zu Pappel und Eiche auffällige Verschontbleiben der Buche auf die schwerere Spaltbarkeit des Holzes und die Glätte und Dichte der Rinde zurück. Da die Buche keineswegs zu den schwer spaltbaren Hölzern gehört — sie wird durch Wilhelm als „gut spaltbar“ bezeichnet — so dürfte das Ausbleiben stärkerer Zersplitterung dem festen Gefüge der zwar dünnen, aber sehr harten Rinde zu verdanken sein.

Die Weiß- oder Hainbuche (*Carpinus betulus*) gehört, weit mehr als die Buche selbst, entschieden zu den am wenigsten gefährdeten Bäumen. In keiner der statistischen Mitteilungen,

die mir zu Gesicht gekommen sind, wird die Hainbuche erwähnt, was um so mehr auffällt, als mancherlei andere, weit kleinere und zumeist weniger häufige Bäume, Pfirsich, Hollunder, Weinstock, Sumach, Weißdorn, Stechpalme (*Ilex*), unter den vom Blitze getroffenen aufgezählt sind. Verschiedene daraufhin befragte Forstleute konnten sich nicht erinnern, jemals eine vom Blitz beschädigte Hainbuche gesehen zu haben. Ganz unberührt dürfte jedoch auch dieser Baum nicht bleiben. An den auffallend schlanken, alten Hainbuchen um die zwischen Eisenach und Wilhelmsthal gelegene Hochwaldgrotte sah ich vereinzelt Längsrisse an der Rinde, die ich allerdings nicht mit Sicherheit als Blitzspuren zu deuten wage.

Worin mag nun die Ausnahmestellung dieses Baumes begründet sein?

Gleich der Buche meidet die Hainbuche höhere Feuchtigkeitsgrade des Bodens. Die in Winkeln von 20—30 Graden dem Schaft aufsitzenden Äste lassen das Regenwasser leicht dem Stamm zufließen. Die glatte graue Rinde, die erst in höherem Alter der Länge nach aufreißt, bildet keine vollkommene Borke. Selbst am Grunde sehr alter Bäume stehen die Schuppen nur wenig ab. Bei Beregnung der Krone stellt sich daher die Rindenbenetzung rasch ein, allerdings etwas langsamer als bei der Buche. Dem Periderm aufgesetzte Tropfen fließen, rasch sich ausbreitend dem Stamm entlang abwärts; nur selten fällt einer ab, um aber weiter unten meist wieder die Rinde zu treffen. Wenn die Benetzung der Rinde etwas langsamer als bei der Buche erfolgt, so dürfte dies auf die weniger gleichmäßig abgerundete, mehr vom Zylinder abweichende Gestalt des Stammes zurückzuführen sein.

Suchen wir uns davon Rechenschaft zu geben, warum die in unseren Wäldern sehr verbreitete Hainbuche noch mehr als die Rotbuche vom Blitze verschont bleibt, so liegt am nächsten die Annahme, daß hierbei die mechanischen Eigenschaften des Stammes maßgebend seien. Das sehr zähe Holz wird im Gegensatz zum gut spaltbaren Buchenholz als sehr schwerspaltig

bezeichnet. Eine weitere Eigentümlichkeit des Stammes der Weißbuche ist die Spannrückigkeit. Seine „Umfangsgrenzen, wie der Jahresring im Querschnitt, sind vielfältig und tief gebuchtet, wodurch der Schaft eine durch buchtige Längsriefen unebene Oberfläche erhält“ (Theodor Hartig, p. 245). Durch diesen eigenartigen Bau des Holzkörpers dürfte es bedingt sein, daß die Rinde, die am dicksten über den Einbuchtungen des spannrückigen Holzkörpers, am dünnsten auf den hervortretenden Rücken, ist, soweit mir bekannt, niemals durch den Blitz abgeworfen wird.

Die Hasel (*Corylus avellana*), von der mir gleichfalls keine Blitzbeschädigung bekannt geworden ist, bildet auch an älteren, dickeren Stämmen keine Borke. Schon nach kurzer Beregnung fand ich stets die glatte Rinde ringsherum naß. Die so rasch sich einstellende Benetzung des außerdem höchstens etwa 8 m hoch werdenden Gehölzes macht, in Verbindung mit den anderen, soeben erwähnten Eigenschaften, sein Verschontbleiben begreiflich.

Die so häufig in Parken und als Alleebaum gezogene Roßkastanie (*Aesculus hippocastanum*) wird trotz ihres leicht spaltbaren Holzes, wie schon Colladon (5, p. 558) bemerkt hat, nur selten vom Blitze beschädigt. Auch bei diesem Baum tritt Rindenbenetzung, selbst an alten mit Borkenschuppen bedeckten Stämmen, rasch ein. Begünstigt wird das Herabfließen des Wassers durch ziemlich steile Aufrichtung der Äste, leichte Benetzbarkeit des ebenen Periderms jüngerer Stämme, wie auch der Borkenschuppen älterer Bäume, die (vgl. p. 33) nur geringe Mengen aufgesogenen Wassers zurückhalten.

Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) gehört trotz ihres Standes auf nassem Boden und des sehr leicht spaltbaren Holzes, im Gegensatz zu den oft mit ihr vergesellschafteten Pappeln und Weiden, zu den seltener als diese vom Blitze beschädigten Bäumen. Es mag dies zum Teil auf der geringeren Höhe beruhen. Sehr alte Bäume sind außerhalb von Anlagen und Parken nicht gerade häufig, da die Erle vorzugsweise dem Niederwaldbetrieb unterworfen ist. Wenn auch bei diesem Baum die Äste zum

großen Teil wagerecht vom Stamm abstehen, so sind doch im oberen Teil der Krone noch genug ziemlich steil aufgerichtete Äste vorhanden, an deren leicht benetzbarem Periderm entlang das Wasser schnell dem Stamme zugeführt wird. Die an ihrer Oberfläche meist glatten, wenig rissigen Borkenschuppen halten, wie bei der Roßkastanie, nur wenig Wasser zurück, so daß auch an älteren Bäumen die Benetzung früher als bei Pappeln und Weiden eintritt.

In den Angaben über Blitzgefährdung der Erlen werden unsere beiden verbreiteteren Arten (*Alnus glutinosa* und *A. incana*) nicht auseinander gehalten, doch dürfte in den meisten Fällen die erstere, bei weitem häufigere Art gemeint sein. Wo beide Arten nebeneinander stehen, dürfte die Grauerle seltener beschädigt werden wegen der steilen Aufrichtung sämtlicher Äste und der bis ins Alter glatt bleibenden Rindenoberfläche, welche rascher eintretende Benetzung sichern.

Stark gefährdete Bäume.

Zu dieser Gruppe gehören zunächst die baumartigen Nadelhölzer, die mit den Pappeln, Eichen und Weiden am häufigsten dem Blitze zum Opfer fallen. Den Schlüssel zum Verständnis des häufigen Einschlagens des Blitzes in die genannten Nadelhölzer gibt die erst nach lang anhaltendem Regen eintretende, ja oft ausbleibende Benetzung ihrer Rinden. Auch an noch jungen Bäumen findet man zu einer Zeit, wo die meisten, auch weit dickstämmigeren Laubbäume bis zum Boden herab naß sind, die Fichten, Kiefern, Lärchen noch trocken. Es vereinigen sich nämlich schon beim jungen Baume verschiedene, die Benetzung erschwerende Eigenschaften. An diesjährigen, aufrechten Trieben von Kiefer, Lärche, Fichte, Tanne und Eibe werden mit der Pipette aufgesetzte Wassertropfen meist zwischen den Nadeln zurückgehalten; an den älteren, bereits entnadelten Zweigen fließt zwar das Wasser besser abwärts und benetzt mehr oder weniger rasch deren Oberfläche. Bei der Lärche halten die gestauchten Kurztriebe beträchtliche Mengen von Wasser fest; bei der ge-

wöhnlichen Kiefer gelangt das Ablaufwasser an den Astquirle meist auf die Unterseite der an ihrer Ansatzstelle etwas nach unten gekrümmten Äste der Quirle, von denen es meist abfällt, ohne die Oberfläche der nächst älteren Internodien zu erreichen.

Wenn schon an den aufrechten Enden der Hauptachsen die Ableitung des Wassers nach der Stammrinde auf Hindernisse stößt, so gilt dies in noch viel höherem Maße von dem auf die meist annähernd horizontal gerichteten Seitenäste gefallenen Wasser, von dem kaum etwas zur Stammrinde gelangt.

Bei Lärche, Kiefer und Fichte erschwert ferner die frühzeitig einsetzende Borkebildung das Herabfließen des Wassers. Die selbst an alten Stämmen noch glatte, fast borkefreie Rinde der Tanne ist in dieser Hinsicht allerdings günstiger beschaffen. Doch stellt sich auch bei ihr, an alten Stämmen, infolge der schwachen Zuleitung von der Krone, eine gleichmäßige Benetzung der Rinde bis zum Grunde erst nach lang anhaltenden Regengüssen ein.

Für das östliche Alpengebiet gibt Prohaska (I, p. 33) folgende Gefährungskoeffizienten an für die einzelnen Nadelhölzer, bei Berücksichtigung ihrer Häufigkeit: Lärche 9,5 %, Tanne 3,8 %, Fichte 1,8 %, Kiefer 0,9 %. Die auffallend große Gefährdung der Lärche möchte ich zurückführen auf die bei diesem Baum so mächtige Ausbildung der Borke.

Die im Vergleich zu Fichte und Kiefer häufigere Beschädigung der glattrindigen Tanne könnte auf dem größeren Feuchtigkeitsgehalt des Substrates beruhen, da ja bekanntlich dieser Baum in dieser Hinsicht anspruchsvoller ist als die beiden anderen Arten.

Wenn die bisher besprochenen Nadelhölzer zu den am häufigsten beschädigten Bäumen gehören, trotzdem sie verschiedene Eigenschaften vereinigen, die oft als geeignet bezeichnet werden die Blitzgefährdung zu vermeiden, so ist wohl der Schluß berechtigt, daß ihnen die hierfür wichtigste Eigenschaft abgeht. Die Spitzenwirkung der Nadeln, der hohe Harzgehalt ihrer Gewebe, die vorwiegend flache Bewurzelung, bei der Tanne die

glatt bleibende Rinde, sie alle vermögen der Gefahr nicht hinreichend entgegen zu wirken, da ihnen eben die wichtigste Eigenschaft, die rasche Benetzung der Rinde abgeht.

Bei der Eibe (*Taxus baccata*) finden sich verschiedene Eigenschaften vereint, welche die Gefährdung herabzusetzen geeignet erscheinen: geringe Höhe, rasch eintretende Benetzung auch der ältesten, mit dünnen leicht benetzbaren Borkenschuppen bedeckten Stämmen, sehr schwerspaltiges Holz. Von Deutschland ist mir keine Angabe bekannt über Beschädigung dieses im Walde nur noch selten vorkommenden, in Anlagen und Gärten dagegen häufigen Gewächses. Herr Dr. Fritz Mader in Nizza, dem ich dankenswerte Mitteilung von im südöstlichen Frankreich gemachten Beobachtungen schulde, berichtet, daß in dem wohl seit vorrömischer Zeit bis heute als Teil eines Wallfahrtsortes geschonten Staatswald der Sainte-Baume bei Marseille, die dort sehr zahlreichen uralten Eiben einige Beispiele von Blitzschlag erkennen lassen.

Bei dem hohen Alter, welches diese Bäume erreichen und der Langsamkeit der Wundenaussheilung, läßt sich aus diesen Wahrnehmungen nicht folgern, daß die Eibe zu den besonders gefährdeten Bäumen gehört. Meiner oben ausgesprochenen Vermutung widersprechen jedoch Angaben von Lewis (15, p. 667), nach denen in England die Eibe, gleichwie Eiche und Pyramidenpappel, viel vom Blitze getroffen werden soll. Eine Kenntnis der näheren Umstände wäre hier sehr erwünscht gewesen: Stand der betroffenen Eiben, ob frei oder überdacht von hohen Bäumen, welche die Benetzung von Ästen und Stamm verzögern; ist der Blitz gleich bei Beginn des Gewitters oder erst später niedergefahren; Art und Größe der Beschädigung.

Unter den Laubbäumen ragen in bezug auf Häufigkeit des Einschlagens und Größe der Beschädigung Eiche, Pappel, Birnbaum, Ulme, Weide, Akazie und Esche hervor. Bei der Eiche finden sich vereint verschiedene Eigenschaften, die alle die Gefährdung erhöhen: Tiefgehendes Wurzelwerk, trotz der Härte leicht spaltbares Holz, sehr spät eintretende Benetzung der Stamm-

rinde. An der glatten Spiegelrinde des aufrechten jungen Stammes der Stieleiche fließt zwar das Regenwasser rasch abwärts. Da jedoch der junge Stamm, nicht wie bei anderen Laubbäumen gerade, sondern nach dem Ausdruck der Forstmänner unregelmäßig und knickig ist, so fallen viele der herablaufenden Tropfen an den Biegungsstellen ab. Besonders ungünstig für die Zufuhr des Wassers von den gleichfalls knickigen Seitenästen zum Stamm ist deren wenig ansteigende, oft horizontale Stellung. Schon am jugendlichen, noch mit Spiegelrinde bedeckten Baume wird hierdurch, im Gegensatz zur Buche, die Benetzung verzögert. In weit höherem Grade ist dies der Fall am älteren, mit Borke bedeckten Stamme. Das von oben schon spärlich zufließende Wasser stößt hier auf verschiedene Widerstände: An der älteren Borke bleibt es wie auch direkt aufgefallene Regentropfen haften, breitet sich aus und versickert ins Innere der rissigen Schuppen, die größere Menge von Wasser zurückhalten. Der Überschuß fällt schließlich ab in Gestalt von Tropfen, die weiter unten an anderen Schuppen haften können. Dabei wird jedoch auch in den benetzten Teilen der Rinde nur schwer eine gleichmäßig ausgebreitete Durchnässung erreicht. Die infolge des Dickenwachstums des Stammes neu zutage tretenden Peridermflächen im Grunde der die Schuppen trennenden Furchen erschweren nämlich die Wasserausbreitung von Schuppe zu Schuppe, da sie nur schwer benetzbar sind.

Es darf uns daher nicht wundern, wenn die Eiche, und ähnliches gilt von anderen mit mächtiger Borke bedeckten Bäumen, deren basale Stammteile lange trocken bleiben, während die Rinde der Äste und oberen Stammteile benetzt, zum Teil aber auch nur unterbrochen befeuchtet ist, zu den vom Blitz besonders häufig und stark beschädigten Holzarten gehört. Die den Gebäuden gefährliche Abwechslung guter und schlechter Leiter muß auch dem Baume verhängnisvoll sein, da nicht nur ein Überspringen des Funkens von feuchter zu feuchter Stelle an der Rindenoberfläche, sondern auch ein Durchschlagen der Rinde an den Orten, wo die äußere Benetzung aufhört, stattfinden dürfte. Da hier die

Elektrizität keine gute Leitungsbahn an der Außenseite findet, so dringt sie durch die offenen Lenticellen oder auch durch selbst geschaffene Rindenzellen in die inneren Leitungsbahnen. An diesen Vereinigungsstellen erreicht, infolge der Häufung der Elektrizitätsmengen die Gefahr die größte Höhe. Sehr oft bleibt bei blitzbeschädigten Bäumen die Krone völlig unversehrt; es schlägt der Blitz, z. B. in der Regel bei der Pyramidenpappel, oft auch bei der Eiche, nicht in die Spitze, sondern erst tiefer am Stamm ein, um von hier aus bis zur Basis seine Verheerung fortzusetzen. Schon Colladon (5, p. 502) hat die Ansicht, nach der in solchen Fällen nicht die Krone, sondern nur der Stamm getroffen sein soll, als unberechtigt hingestellt und eine Deutung gegeben, die in modernerer Fassung auch von Arrhenius (1, p. 772) vertreten wird. „Die Laubmasse und die kleinen Zweige bieten dem Blitze eine große Oberfläche, auf welcher sich seine Wirkung verteilt und deshalb nicht so heftig ist. Beim Eintritt in den unverzweigten Baumstamm dagegen konzentriert sich die ganze Gewalt des Blitzes und zerbricht und zerkleinert ihn ungefähr wie beim Übergang von einem guten zu einem schlechten Leiter.“ Es ist einleuchtend, daß verschiedene Verteilung der Oberflächenbefeuchtung den Gegensatz zwischen Krone und Stamm noch verstärken muß, so lange die Oberflächenbenetzung des Stammes hinter der der Krone zurückbleibt.

Die Pappeln, die mit den Weiden zu den am häufigsten vom Blitz getroffenen Bäumen gehören, sind schon gefährdet durch ihre beträchtliche Höhe und die Wurzelung auf feuchtem, ja meist durchnäßigem Boden. Die in der Regel starke Beschädigung des Stammes, die oft bis zur völligen Zersplitterung geht, erklärt sich aus der sehr leichten Spaltbarkeit des Holzkörpers. Aus den statistischen Angaben, in denen die einzelnen Arten meist nicht auseinander gehalten werden, ist nicht ersichtlich, welche von den verbreiteten einheimischen oder in Europa eingeführten Arten dem Blitz am häufigsten zum Opfer fallen. Es dürften jedoch Pyramiden- und Schwarzpappel, ferner die der letzteren in ihrem Aufbau nahestehenden amerikanischen Arten

häufiger beeinträchtigt werden als Espe (*Populus tremula* und Silberpappel (*P. argentea*). Für am meisten gefährdet, vielleicht von allen unseren Bäumen, gilt die Pyramidenpappel. Ob sie tatsächlich häufiger als die ihr sehr nahestehende Schwarzpappel getroffen wird, oder ob nicht vielleicht Blitzbeschädigungen der an verkehrsreichen Straßen, in Anlagen so häufig angepflanzten Baumart leichter bemerkt werden, wage ich nicht zu entscheiden. Nach der Architektur der Kronen der beiderlei Bäume müßte man eigentlich erwarten, daß bei der Pyramidenpappel, deren Äste unter sehr spitzem Winkel vom Stamme abgehen, das Regenwasser rascher der Stammoberfläche zugeführt werde als bei der Schwarzpappel mit ihren weit weniger steilen Ästen. Da in meiner näheren Umgebung keine einander benachbarte ältere Exemplare der beiden Baumarten stehen, so war ich nicht in der Lage festzustellen, ob bei Beregnung namhafte Unterschiede in der Schnelligkeit oder, besser gesagt, in der Langsamkeit der Rindenbenetzung zutage treten. Beide Bäume gehören zu denjenigen, welche am längsten trocken bleiben. Die rissige Borke älterer Bäume hält große Mengen aufgesogenen Wassers fest. Das glatte Periderm junger Zweige ist wenig benetzbar; auch dann, wenn das Wasser an ihnen eine Strecke weit abwärts geflossen, gelangen doch die Tropfen in der Nähe der Ansatzstelle der Zweige an den Stamm, auf deren Unterseite, von der sie gewöhnlich abfallen, ohne den Weg zur Stammrinde zu finden.

In der so sehr verzögerten Benetzung der borkigen Rinde dieser Bäume möchte ich eine wesentliche Ursache ihrer häufigen Beschädigung erblicken. Espe und Silberpappel dürften hierin der Pyramiden- und Schwarzpappel weit nachstehen. Während nämlich bei diesen beiden Baumarten die Rinde selbst an den Ästen bis hoch in die Krone hinein borkig ist, bleibt bei jenen, auch an sehr alten Exemplaren, wie sie z. B. im Parke von Weimar stehen, die bloß durch rhombische Pusteln unterbrochene, glänzend helle, glatte Rinde bis weit am Stamm herab erhalten. Der bei Beregnung von der Krone sich ergießende Wasserstrom wird hier in verhältnismäßig kurzer Zeit bis zur allein rauh-

rindigen Stammbasis gelangen, deren Benetzung nicht so lange auf sich warten läßt als dort, wo das Zufließen des Wassers zum Stamm schon in der Krone durch die frühzeitig einsetzende Borkenbildung ganz wesentlich verzögert wird.

Nach unserer Auffassung ist also zu erwarten, daß bei Silberpappel und Espe die Blitzwirkungen besonders an dem unteren Teil des Stammes zu beobachten sein werden. In der Tat findet sich bei Ebermayer (I, p. 38) folgende, eine 30jährige Silberpappel betreffende Angabe: Der Blitz fuhr über dem Boden in die Pappel, die bis auf den Kern der Länge nach aufgerissen wurde. Höchst wahrscheinlich ist in diesem Fall, zur Zeit des Blitzschlages, der ganze Baum mit Ausnahme seiner Basis außen benetzt gewesen.

Unter den Obstbäumen bevorzugt der Blitz ganz entschieden den Birnbaum. Apfel- und Kirschbaum, ja selbst der weitmächtigere werdende Nußbaum, treten auf allen Verzeichnissen ihm gegenüber zurück. Mit dem gewöhnlich mit ihm vergesellschafteten Apfelbaum hat er schwerspaltiges Holz gemein. Seine Wurzeln gehen tiefer als beim Apfelbaum, ein Umstand, der schon benutzt worden ist (Prohaska, p. 34), um seine häufigere Beschädigung zu erklären. Das größte Gewicht glaube ich jedoch auch hier auf die äußerst langsam sich einstellende Rindenbenetzung alter Bäume legen zu müssen. In der Jugend ist die Ableitung zum Stamme begünstigt durch die aufrechten Äste; im Alter sind diese jedoch bogenförmig gekrümmt, so daß der Wasserablauf nach dem Stamme nur wenig ergiebig ist. Äste und Stamm sind zudem mit einer durch scharfe Längs- und Querrisse zerklüfteten, sehr dicken Borke bedeckt, die infolge ihrer lockeren Beschaffenheit größere Wassermengen zurückhalten kann. Wie schon weiter oben (p. 33) gezeigt wurde, können beim Birnbaum von Stamm- und Astrinden mehrere Kilogramm Wasser zurückgehalten werden. An bei windigem Wetter beregneten Stämmen bleibt die einmal naß gewordene Rinde zwar lange feucht, was jedoch für die Blitzgefährdung, die am Beginn der Gewitter am größten ist, kaum in Betracht kommt. Der

Birnbaum, der weit langsamer als andere gleich dicke, ja stärkere Obstbäume von der Krone bis zu den Wurzeln reichende, zusammenhängende Wasserstreifen erhält, dürfte hauptsächlich aus diesem Grunde häufiger als diese, ja vielleicht, im Verhältnis zu Größe und Zahl der Exemplare, am häufigsten von allen Laubbäumen beschädigt werden.

Geköpfte Bäume werden erfahrungsgemäß häufig vom Blitz zerschmettert. Es mag dies zum Teil auf der geringeren Widerstandsfähigkeit des meist morschen Stammes beruhen, zum Teil aber auch auf der erschwerten Benetzung der Außenseite. Dem im Verhältnis zur Krone häufig sehr umfangreichen Stamme wird, im Vergleich zu normal gewachsenen Bäumen, weniger Wasser zugeführt und dieses wenige wird an hohlen Stämmen zu nicht geringem Teil von dem toten Holz oder dem angesammelten Mulme zurückgehalten.

Bäume des Mittelmeergebiets.

Eingehendere Erhebungen über Blitzgefährdung der Bäume Südeuropas oder anderer Länder des Mittelmeergebietes sind mir nicht bekannt. Um wenigstens einen vorläufigen Überblick zu gewinnen, habe ich mich an verschiedene Gelehrte und Naturfreunde gewendet mit der Bitte um Mitteilung eigener oder von anderen gemachter Beobachtungen. Ich spreche hierfür meinen besten Dank aus den Herren A. Berger in La Mortola, Fr. Mader in Nizza, R. Pirotta in Rom, N. Swart in Weimar, L. Trabut in Algier, wie auch den Herren Z. Kamerling in Rio-de-Janeiro und Ch. Bernard in Buitenzorg, die mir Mitteilungen über in Java gemachte Beobachtungen zukommen ließen.

Herr Dr. Fr. Mader schrieb mir folgendes: Da in Nizza nach Teyseyre in dreißig Jahren durchschnittlich etwa vierzehn Gewitter jährlich auftreten, dazu meist nur kurze Zeit dauern und

sich bald in Regengüsse auflösen, so richten sie nur selten, bisweilen im Sommer, Schaden an. Der Blitz schlägt meist in das Meer oder auf höheren, fast immer baumlosen Berggipfeln ein. Baumbeschädigungen sind in der meist sehr schmalen Küstenlandschaft sehr selten. Eine sehr alte Pinie (*Pinus pinea*), westlich von Cannes, wurde bis auf einen Stumpf vernichtet. Drei auf dem breiteren Küstenstreifen, westlich von Nizza stehende Ölbäume wurden getroffen, wobei in der Nähe eines der beschädigten Ölbäume stehende Zypressen verschont blieben. Von den beiden Wuchsformen dieses Baumes (*pyramidalis* und *horizontalis*) ist Herrn Dr. Mader von Blitzschlägen aus der dortigen Gegend nichts bekannt, auch nicht von Platanen, Palmen, *Pinus pinaster*, *P. halepensis*, *Quercus suber*. Desgleichen nicht von *Eucalyptus globulus*, von dem R. Hartig (Lehrbuch, p. 245) berichtet, daß er an der Riviera häufiger als andere Bäume getroffen werden soll.

Nach Herrn A. Berger, der die Freundlichkeit hatte bei Dorfbewohnern Erkundigungen einzuziehen, werden bei La Mortola Olivenbäume ziemlich häufig getroffen und zwar in nicht zu großer Entfernung von der See.

Niemand könne sich erinnern, daß die dort häufige Zypresse jemals beschädigt worden sei, von verdächtigen Spuren sei an den Bäumen nichts zu bemerken. An einem im Jahre 1908 niedergeschlagenen, kränkelnden *Eucalyptus* zeigte sich am gefällten Baume eine lange, vielleicht auf Blitzbeschädigung zurückzuführende Wunde. Von Rom berichtet der Direktor des botanischen Gartens, Prof. R. Pirotta, daß ziemlich häufig getroffen werden *Pinus pinea* und *P. halepensis*, verhältnismäßig häufig auch Zypressen, seltener *Quercus ilex*.

Der im Altertum gehegte Glaube an die Unversehrbarkeit des Lorbeers scheint der Berechtigung nicht völlig zu entbehren. Blitzbeschädigung dieses allerdings nicht hoch werdenden Holzgewächses sind mir nicht bekannt. Es gehört der Lorbeer (*Laurus nobilis*) zu den Bäumen, die bei Beregnung sehr rasch gleichmäßige Rindenbenetzung zeigen. Bei frei stehenden

Exemplaren fließt das auf die meist steil aufgerichteten Blätter gefallene Regenwasser den gleichfalls steil aufstrebenden Ästen zu und an diesen abwärts zu dem vertikalen Stamm, dessen Rinde auch an bis 30 cm dicken Bäumen ich schon nach kurzem Regen ringsherum benetzt fand. Auch an einigen anderen immergrünen, glattrindigen, mit aufstrebenden Ästen versehenen Bäumen der Anlagen Locarnos (Kanton Tessin) waren die Rinden nach kurzer Zeit gleichmäßig benetzt: *Ligustrum japonicum*, *Prunus laurocerasus*, *Mespilus japonica*, *Camellia japonica*. Zur gleichen Zeit waren dagegen die Stämme von Coniferen (*Cedrus deodara*, *Picea excelsa*, *Pinus strobus*, *Sequoia gigantea*, *S. sempervirens*, *Libocedrus decurrens*, *Chamaecyparis Lawsoniana*, *Cryptomeria japonica* noch rindentrocken. Wie bei unseren Nadelhölzern haftet das Wasser an den Nadeln; der Überschuß fällt ab, ohne dem Stamme zugeleitet zu werden.

Besondere Aufmerksamkeit verdient von unserem Standpunkt die Zypresse mit ihren beiden Wuchsformen. Bei *Cupressus pyramidalis*, deren Seitenäste im Gegensatz zu unseren Coniferen steil in die Höhe wachsen, muß die Astringung die Leitung des Regenwassers zum Stamm begünstigen. An etwa 5 m hohen Kübelpflanzen sah ich aufgesetzte Wassertropfen rasch an dem noch glatten Periderm abfließen. An älteren im Freien stehenden Bäumen wird die längsfaserige Rinde, nach einer mündlichen Mitteilung des Herrn N. Swart, nur sehr langsam naß. Blitzbeschädigung in Gestalt von abgerissenen Rindenstreifen auf zwei Seiten des Stammes hat Herr Swart in der Umgegend von Como beobachtet.

Von Algerien berichtet Herr L. Trabut, daß bei den dortigen Winterregen Gewitter wie auch Blitzbeschädigungen ziemlich selten sind. In den Oasen wird die Dattelpalme öfters geschädigt. An einem vor kurzem vom Blitz getroffenen Baum fand er den Gipfel tot und in Zersetzung begriffen, am Stamm einen langen Spalt.

Die starke Gefährdung der Dattelpalme erklärt sich aus ihrer alle benachbarten Gegenstände überragenden Höhe, der

infolge der Beschaffenheit von Krone und Stammoberfläche wohl nur langsam eintretenden Benetzung, und nicht zuletzt aus ihrem Stande auf wasserreichen Stellen des sonst so wasserarmen Wohngebietes.

Blitzgefährdung tropischer Bäume.

Die Blitze der heftigsten tropischen Gewitter haben nach Hann (Handbuch der Klimatologie, Band II, p. 20) die bemerkenswerte Eigentümlichkeit, daß sie sehr selten zünden oder töten. Auch die Bäume werden verhältnismäßig viel seltener als bei uns beschädigt. Während eines viermonatlichen Aufenthalts in Buitenzorg (Java), der in die Regenzeit mit ihren fast alltäglichen starken Gewittern fiel, erinnere ich mich nur von zwei Fällen gehört zu haben, von denen einer eine Palme, der andere einen großen *Ficus elastica* betraf.

Nach Seemann (22) sollen keine Beobachtungen vorliegen über Blitzbeschädigung von Kokospalmen, obgleich sie nach Tennants Werk über Ceylon ausgezeichnete Blitzableiter sein sollen.

Nach einer brieflichen Mitteilung des Herrn Z. Kamerling kommen in Java und Sumatra Blitzbeschädigungen ab und zu, jedoch ziemlich selten, z. B. bei Kokospalmen vor. „Es kommt mir vor, daß die vielen Bäume einen langsamen Ausgleich zwischen Erde und Wolken bewirken, daß die meisten Entladungen von einer Wolke zur anderen, nur selten aber von den Wolken auf die Erde stattfinden.“

Nach Herrn Ch. Bernard werden in Buitenzorg (Java) *Albizzia*, *Ficus* öfters vom Blitze getroffen, Kokospalmen getötet. „Bemerkenswert ist es, daß *Oreodoxa* und andere, oft vereinzelt stehende Palmen, nicht getroffen werden. Sind hieran vielleicht schuld die vertikal aufgerichteten Spitzen der jungen Blätter, die als Blitzableiter wirken? Keines der Exemplare der *Oreodoxa*- und *Areca*-Alleen des botanischen Gartens ist bis jetzt vom Blitz beschädigt worden.“

Pechuël-Loesche (16, p. 93) berichtet von den Ländern der Loango-Küste „Verletzungen an Bäumen habe ich, trotz eifrigen Umherspähens, ebenfalls nicht entdecken können, obgleich ich zu verschiedenen Malen den Blitz auf freistehende Riesenstämme in so unmittelbarer Nähe niederfallen sah, daß ich nur einen scharfen Knall, ein kurzes Schmettern hörte.“ . . .

Die Eingeborenen verraten keine Furcht vor dem Blitze; sie suchen unbedenklich unter Bäumen Schutz, wenn sie vom Gewitter im Freien überrascht werden. Es könnte daher die Annahme gerechtfertigt erscheinen, daß sehr wenige Blitze wirklich zur Erde gehen. Das kann ich aber nicht zugeben: denn eben, weil man sich der Möglichkeit einer Täuschung bewußt ist, beobachtet man um so gewissenhafter; und so wage ich die Erklärung, daß die vom Regen gelieferten Wassermassen, welche das poröse Erdreich erfüllen oder im Abfließen wie ein Mantel über den dicken Blätterdächern der Hütten liegen, wenigstens diesen als gute Leiter vielleicht Schutz gewähren. Pechuël-Loesch's Ansicht läßt sich ohne Bedenken auf die Baumstämme übertragen, welche in der bei tropischen Regengüssen rasch sich vollziehenden Benetzung der überdies meist glatten Rinden einen wirksamen Schutz finden.

Diese wenigen Angaben habe ich hier mitgeteilt in der Hoffnung, weitere Beobachtungen zu veranlassen und namentlich auch anzuregen zu einer zusammenfassenden Behandlung des wohl schon vorhandenen, aber an schwer zugänglichen Stellen mitgeteilten Materials über die Blitzbeschädigung von Bäumen in Südeuropa wie auch anderer Weltteile.

VII. Praktische Folgerungen.

Die Frage, ob bei Gewittern die Nachbarschaft von Bäumen den Gebäuden vorteilhaft oder gefährlich ist, hat man in recht verschiedener Weise beantwortet. Während die einen (z. B.

Colladon) das Anpflanzen hochwerdender Bäume, insbesondere der gefährdeten Pappeln, als Blitzableiter empfehlen, warnen andere vor dieser gefährlichen Nachbarschaft, da man „die Haupteigenschaft eines eigentlichen Blitzableiters, den Blitz unschädlich zur Erde zu führen, bei Bäumen nur in sehr geringem Maße erwarten dürfe“ (Leonhardt Weber 29, p. 115).

Sehr eingehend wurde diese Frage durch Cl. Heß (12) behandelt, auf Grund einer sorgfältigen Untersuchung einer Anzahl von genau beschriebenen Fällen. In dem schweizerischen Hügellande wird, wie auch häufig anderwärts, die Pyramidenpappel in der Nähe von Gebäuden zum Schutz gegen Gewitter und Sturm angepflanzt. Die genauere Prüfung von 10 Blitzschlägen hat nun ergeben, daß als wirksame Blitzableiter nur diejenigen Pappeln angesehen werden können, die eine vollkommene bis nahe dem Boden reichende Krone besitzen, mindestens 2 m vom nächsten Punkte des Gebäudes entfernt sind, auf vollständig durchnäßigem Grunde stehen oder auf ihrer Seite einen Wasserbehälter (Teich, Grube) oder Bach haben. Ist der Standort der Pappeln trocken, sind sie hochbeästet oder nur spärlich beästet und belaubt, so ist die Wahrscheinlichkeit des Abspringens des Blitzes nach dem Gebäude eine sehr hohe, ganz besonders wenn in dem Gebäude in der Nähe des Baumes Metallmassen, ein durchnäßter Boden oder irgend ein Flüssigkeitsbehälter vorhanden ist. Am Schluß seiner Erörterungen empfiehlt Heß entweder die Pappeln zu beseitigen, denn dann sei ein Haus wenigstens nicht mehr gefährdet als wenn jede Schutzvorrichtung fehle, oder aber die Bäume, nach dem Vorschlag Colladons, durch Anbringen von metallischen Leitern, zu wirklichen Blitzableitern zu ergänzen. Der gewünschte Schutz könne am einfachsten und sichersten erreicht werden durch Armierung des Gebäudes an der dem Baume zugekehrten Seite mit einem starken Eisendraht, der eine gute Erdleitung erhalten muß, um einer Seitenentladung nach dem Hause hin den besten Abfluß zu bieten.

Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangt Brodersen (l. c. p. 255) auf Grund des in Schleswig-Holstein gesammelten Materials. Unter

112 Fällen von Blitzschlägen in Bäume, die höchstens 15 m von Gebäuden entfernt standen, hat der Blitz in 53 Fällen nur den Baum getroffen, ohne dem Gebäude Schaden zuzufügen. In 6 Fällen wurden Baum und Haus gleichzeitig oder kurz nacheinander getroffen; 51 mal erfolgte ein Abspringen vom Baume auf das Haus. Wenn nun auch eine Schutzwirkung benachbarter Bäume, die sich mindestens als recht unzuverlässige Blitzableiter erweisen, im allgemeinen nach Brodersen verneint werden muß, so kommt er doch, auf Grund weiterer Erwägungen, zu dem Ergebnis, daß kein Grund vorliege, den ländlichen Gebäuden den Schmuck der Bäume zu rauben. Es erscheint nämlich immer noch fraglich, ob ein Baum die Gefahr für ein benachbartes Haus erhöht oder vermindert. Für letztere Alternative sprechen die Erhebungen von Versicherungsgesellschaften, die gezeigt haben, daß bei nichtzündenden Blitzen der Schaden durchschnittlich weit geringer — 72,50 M. gegen 119,30 M. — ausfällt, wenn der Blitz nicht direkt, sondern von einem Baume abspringend, ein Gebäude trifft.

Da Bäume nicht nur zum Schmuck, sondern in manchen Gegenden zum Windschutz von Gebäuden erwünscht sind, so wird man nicht gern auf deren Anpflanzung verzichten. Die möglicherweise aus ihrer Nachbarschaft erwachsende Gefahr kann meines Erachtens verringert werden durch eine richtige Auswahl unter den für Klima und Boden geeigneten Arten. Die Anpflanzung der, bisher wegen ihrer Höhe bevorzugten Pyramidenpappel wird man am besten vermeiden. Wenn sie auch wegen ihrer rasch erreichten beträchtlichen Höhe und der schlanken Gestalt ganz besonders zum Blitzableiter geeignet erscheint, so darf man doch aus dem häufigen Einfallen des Blitzes in diese Baumart keineswegs den Schluß ziehen, daß sie besonders geeignet sei, die elektrischen Spannungen zwischen Gewitter, Wolken und Substrat auszugleichen. Hinderlich ist hierbei, wie wir gesehen haben, das Trockenbleiben der Rinde alter Stämme, die wenigstens bei Windstille, erst nach lang anhaltendem Regen einer auch dann kaum gleichmäßigen Befeuchtung weicht. Das

von der Pyramidenpappel so oft berichtete Abspringen des Blitzes von den mittleren oder unteren Teilen des Stammes nach einem benachbarten Hause, möchte ich auf die Trockenheit der Rinde zurückführen. Mit dieser Deutung, die allerdings nur den Anspruch auf Wahrscheinlichkeit machen darf, stehen in Einklang die Wahrnehmungen von Heiß, nach denen nur diejenigen Pappeln, die eine bis nahe zum Boden reichende Krone besitzen, sich als wirksame Blitzableiter erweisen. In solchen Fällen kann der Blitz bis nahe zur Erde die benetzte Krone als Leiter benutzen.

Wenn nun auch unter besonderen Umständen die Pyramidenpappel sich als Blitzableiter bewähren mag, so wird man doch besseren Erfolg zu gewärtigen haben mit Bäumen, bei denen nicht nur die Krone, sondern auch die Rindenoberfläche schon nach kurzen Regengüssen, bis zum Boden herab, naß wird: mit Hainbuchen, Buchen, Roßkastanien, Nußbäumen oder anderen glattrindigen Bäumen, unter denen wieder die mit steil aufstrebenden Ästen, von denen das Wasser rasch dem Stamme zufließt, den Vorzug verdienen. Von Pappeln dürfte vielleicht die Pyramidensilberpappel (*Populus alba* var. *Bolleana*) zu empfehlen sein. An jungen, noch völlig glattrindigen Stämmen geht die Benetzung der Rinde bis zum Stammgrunde rasch von staten. Beobachtungen an älteren Stämmen habe ich allerdings bis jetzt nicht ausführen können.

Abzuraten ist von der Anpflanzung von Bäumen, deren Rinde nur sehr langsam benetzt wird: Birnbaum, Eiche, Akazie, Ulme, Weide, Nadelhölzer. Da bei diesen Bäumen der Ausgleich der elektrischen Spannungen auf die Krone und die inneren Leitungsbahnen beschränkt ist, so dürften sie, namentlich für nicht mit guten Blitzableitern versehene Gebäude eine recht bedenkliche Nachbarschaft abgeben. Sehr nahe liegt nämlich die Annahme eines Überspringens des Blitzes zu einem benachbarten Gebäude von denjenigen Stellen der Rindenoberfläche aus, wo deren Benetzung aufhört.

Es ist nicht unbedenklich Ratschläge zu erteilen über das Verhalten, welches der von einem Gewitter überraschte Mensch auf freiem Feld oder im Wald einzuschlagen hat. Da oft genug Menschen, sowohl auf freiem Felde, wie unter Bäumen vom Blitz erschlagen werden, so fällt die Entscheidung schwer, ob man besser tut, sich von Bäumen fernzuhalten oder ihren Schutz aufzusuchen. Obschon der drohenden Gefahr bewußt, eilt der vor Regen Schutz Suchende zu den am raschesten erreichbaren Bäumen.

Vor kurzem hat E. v. Schwartz (p. 740) folgendes Verhalten empfohlen:

Freistehende Bäume sind zu vermeiden, desgleichen auch solche mit abgestorbenen Ästen. In Alleen ist den mittleren, wenn möglich, kleineren Bäumen der Vorzug zu geben. Im Walde meide man den Rand, suche das Innere auf, wo kleinere Bäume stehen. Empfohlen wird ferner, sich niederzulegen, möglichst weit vom Stamm, noch unter dem Schutz der belaubten Zweige, aber nicht an der Sturmseite, sondern an der regen-geschützten anderen Seite, wo der Stamm vorwiegend trocken bleibt.

Diesen Ausführungen wird man wohl ohne Bedenken beipflichten dürfen.

Eine weitere wichtige Frage für den unter Bäumen Schutz Suchenden, ist die Auswahl der Baumart, der man sich anvertrauen soll. Hier fehlt es nicht an landläufigen Regeln, die der Volksmund mancherorts in Sprüchlein zusammengefaßt hat, die meines Erachtens einer strengeren Prüfung standhalten.

Hat man im Wald oder auch nur in einer Baumgruppe die Wahl zwischen verschiedenen Bäumen und Baumarten, so halte man sich, unter Beachtung der eben wiedergegebenen Verhaltensmaßregeln, an solche, deren Stamm bereits bis zum Grunde naß geworden ist. Eine umfassende Statistik der Bäume, unter denen Schutz suchende Menschen besonders häufig getötet oder auch nur niedergeschmettert worden sind, gibt es, so sehr sie erwünscht wäre, meines Wissens noch nicht. In Gebirgs-

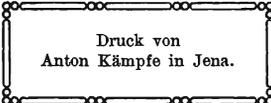
gegenden sind es Fichten und Tannen, Lärchen, unter denen alljährlich Menschen erschlagen werden. Im Hügellande und in der Ebene sind es besonders Pappeln, Weiden, Ulmen, Linden, Eschen, Birnbäume, Eichen, unter denen Menschen am häufigsten zu Schaden kommen. Das Zurücktreten der Eiche gegenüber den anderen vor ihr stehenden Bäumen erklärt sich aus ihrem Zurücktreten in der Nähe von Ortschaften. Viel seltener als unter den genannten Bäumen werden Menschen und Tiere erschlagen unter Apfel-, Kirsch- und Nußbäumen, Buchen. Von Roßkastanien Hainbuchen, Ahornen, Platanen ist mir kein einziger Fall bekannt.

Aus dieser kurzen Zusammenstellung erhellt, daß man sich einer geringeren Gefahr aussetzt, wenn man als notwendiges Obdach Bäume wählt, deren Rinde schon bald nach Beginn eines Gewitterregens bis zu den Wurzeln herab naß werden, dagegen rauhrindige, lange trocken bleibende Holzarten, vor allem aber die besonders gefährdeten geköpften Bäume tunlichst vermeidet.

Literaturverzeichnis.

- 1) Sw. Arrhenius, Lehrb. d. kosmischen Physik, 1903.
- 2) H. Brodersen, Berichte über Blitzschläge der Jahre 1884 bis 1899 in der Provinz Schleswig-Holstein. Herausgeg. v. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. Kiel 1909.
- 3) Caspary, Mitteilungen über vom Blitz getroffene Bäume. Schriften d. Königsberger physikal. ökonom. Gesellsch., Jahrg. XII, 1871.
- 4) F. Cohn, Über die Einwirkungen des Blitzes auf Bäume. Denkschr. d. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur. Breslau 1853.
- 5) Colladon, Mémoire sur les effets de la foudre sur les arbres et les plantes ligneuses et l'emploi des arbres comme paratonnères. (Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève, T. XXI, 2. partie.)
- 6) E. Ebermayer (I), Beobachtungen über Blitzschläge und Hagelfälle in den Staatswaldungen Bayerns, Jahrgänge 1887—1890. Augsburg 1891.
- 7) E. Ebermayer (II), Untersuchungsergebnisse über die Menge und Verteilung der Niederschläge in den Wäldern. Forstl. naturw. Zeitschr. Herausgeg. v. Freiherrn v. Tubeuf, Jahrg. VI, 1897.
- 8) Häpke, Beiträge zur Physiographie der Gewitter. (Programm d. Realschule i. d. Altstadt Bremen 1881.
- 9) R. Hartig (I), Untersuchungen über Blitzschläge in Waldbäumen. Forstl. naturw. Zeitschr. v. Freiherrn v. Tubeuf, VI. Jahrg., 1897.
Ders. (II), Neue Beobachtungen über Blitzbeschädigungen der Bäume. Zentralbl. f. d. ges. Forstw., Jahrg. 25. Wien 1899.
Ders. (III), Lehrb. d. Pflanzenkrankh., 1900.
- 10) Theodor Hartig, Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. p. 245, Berlin 1851.
- 11) G. Hempel u. K. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes. Wien bei Hölzel.
- 12) Cl. Hess, Über die Pappel als Blitzableiter. Mitteilungen der Thurgauischen naturforsch. Gesellsch., H 12. Frauenfeld 1896.
- 13) Dimitrie Jonesco (I), Über die Ursachen der Blitzschläge in Bäume. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württemberg 1893.
- 14) Ders., Weitere Untersuchungen über die Blitzschläge in Bäume. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1894. Bd. XII.
- 15) T. H. Lewis, Trees affected by Lightning. The Gardeners Chronicle, Nov. 1878.
- 16) Pechuël-Loesche, Über Blitze und Blitzschläge. Ausland 1891.
- 17) Ders., Die Loango-Expedition, 3. Abt., 1882, p. 93.

- 18) Prohaska (I), Blitzschläge in Steiermark und Kärnten (1886—1892 u. 1896). Meteorologische Zeitschrift 1898.
- Ders. (II), Über Blitzschäden im Jahre 1901. Ebenda 1903.
- Ders. (III), Über Blitzschäden und bemerkenswerte Blitzformen in Steiermark u. Kärnten in den Jahren 1902 u. 1903. Jahrbuch der K. K. Zentralanstalt f. Meteorologie u. Erdmagnetismus 1903, N. F., Bd. XI. Wien 1905.
- 19) A. Räuber, Die natürlichen Schutzmittel der Rinden unserer einheimischen Holzgewächse gegen Beschädigungen durch die im Wald lebenden Säugetiere. Diss. Jena 1910. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft, Bd. XLVI, N. F. XXXIX, H. 1.
- 20) Reimarus, Neuere Bemerkungen vom Blitze. Hamburg 1794.
- 21) E. v. Schwartz, Über Blitzgefahr und Blitzschutz. Süddeutsche Monatshefte 1911.
- 22) Seemann in Journal of Botany british and foreign 1867 (zitiert nach R. Caspary).
- 23) W. Sievers, Die Cisternen der Flechten. Naturwissenschaftliche Wochenschrift, N. F., Bd. III, 1904.
- Ders., Über die Wasserversorgung der Flechten. Wissenschaftliche Beilage zum 38. Jahresbericht der Landwirtschaftlichen Schule zu Helmstedt 1908.
- 24) C. Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. I. Die nicht parasitären Krankheiten. Elektrische Entladungen, p. 479.
- 25) Treichel, Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig, N. F., Bd. VI, H. 3, 1886. Eine spätere Zusammenstellung in Bd. X, 1899.
- 26) C. Freiherr v. Tubeuf, Über den anatomisch-pathologischen Befund bei gipfeldürren Nadelhölzern. Naturwissensch. Zeitschrift f. Land- u. Forstwirtschaft, 1. Jahrg.
- 27) Vanderlinden, E., La foudre et les arbres. Etude sur les foudroiements d'arbres constatés en Belgique pendant les années 1884—1906. Bruxelles 1907.
- 28) v. Voß, Über das Verhalten einiger Waldbäume gegen die Beschädigung durch Blitzschläge. Verhandl. der Gesellsch. von Freunden der Naturwissenschaft in Gera, Bd. I, 1858—62.
- 29) Leonhardt Weber, Berichte über Blitzschläge in der Provinz Schleswig-Holstein. Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein, Bd. III u. IV.
- 30) K. Wilhelm, Die Hölzer in J. Wiesner: Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, 2. Aufl., Bd. II, Leipzig.
- 31) Fried. Wolff, Über die elektrische Leitfähigkeit, nebst Beiträgen zur Frage nach den Ursachen der Blitzschläge in Bäume. Naturwissensch. Zeitschrift für Land- u. Forstwirtschaft, 5. Jahrg. 1907.
-



Druck von
Anton Kämpfe in Jena.

Bau und Leben unserer Waldbäume. Von Dr. M. Bütsen, Prof. an der Großherzogl. sächs. Forstlehranstalt in Eisenach. Mit 100 Abbildungen. 1897. Preis: 6 Mark.

Charakterbilder mitteleuropäischer Waldbäume (I). Von Dr. L. Klein, Prof. der Botanik an der technischen Hochschule in Karlsruhe. Mit 48 Abbildungen auf 30 Tafeln und 12 Blatt Text. (Vegetationsbilder, herausgegeben von G. Karsten und H. Schenck. II. Reihe, Heft 5—7.) 1904. 4°. Preis: 10 Mark.

Forstliche Rundschau, 1905, Nr. 5:

Das prächtig ausgestattete Buch bildet die Sonderausgabe einer Auswahl der von Karsten und Schenck herausgegebenen „Vegetationsbilder“. Der Verfasser bringt in einer stattlichen Reihe ganz ausgezeichnete Reproduktionen eigener photographischer Aufnahmen zunächst die durch die wirtschaftlichen und Standortsverhältnisse des Hochgebirges bedingten Wuchsformen einiger Holzarten zur Anschauung. . . . Es bietet ein außerordentlich interessantes Anschauungsmaterial, das besonders auch in Forstkreisen sicher großen Anklang finden wird und namentlich allen warm empfohlen werden kann, denen es nicht vergönnt ist, ihre Kenntnisse von der Mannigfaltigkeit der Wuchsformen unserer Waldbäume durch eigene Anschauung auf Studienreisen zu erweitern.

Vollständiges Verzeichnis der „Vegetationsbilder“ kostenfrei.

Variationen mitteleuropäischer Waldbäume. Von Otto Fench, Königl. württemberg. Forstassessor. Mit 8 Abbildungen auf 6 Lichtdrucktafeln und 5 Blatt Text. (Vegetationsbilder, herausgegeben von G. Karsten und H. Schenck. IX. Reihe, Heft 8.) 1912. 4°. Preis: 4 Mark.

Mittelmeerbäume. Von Dr. H. Schenck, Prof. an der techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 6 Abbildungen auf 6 Lichtdrucktafeln und 5 Blatt Text. (Vegetationsbilder, herausgegeben von G. Karsten und H. Schenck. III. Reihe, Heft 4.) 1905. 4°. Preis: 4 Mark.

Vorlesungen über Deszendenztheorien mit besonderer Berücksichtigung der botanischen Seite der Frage, gehalten an der Reichsuniversität zu Leiden. Von Dr. J. P. Lotsy.

Erster Teil: Mit 2 Tafeln und 124 Abbildungen im Text. 1906. Preis: 8 Mark, geb. 9 Mark.

Zweiter Teil: Mit 13 Tafeln und 101 Abbildungen im Text. 1908. Preis: 12 Mark, geb. 13 Mark.

Illustrierte Flora von Nord- und Mitteleuropa. Von Prof. Dr. H. Potonié, Vorsteher der paläobotanischen Abteilung der Kgl. preussischen Landesanstalt. Fünfte vollständig umgearbeitete Auflage. In 2 Bänden in Taschenformat (Text und Atlas). Mit rund 150 Einzelabbildungen im Text und den Abbildungen von rund 1500 Arten und Varietäten im Atlas. 1910. Preis für den Text: 3 Mark 50 Pf., geb. 4 Mark. Preis für den Atlas: 2 Mark 50 Pf., geb. 3 Mark.

Natur und Kultur, Heft 21 vom 1. Aug. 1910:

. . . Die vorzüglichen Abbildungen sind ganz überwiegend Originale. Das Register enthält die wissenschaftlichen und die deutschen Volksnamen sowie die botanischen „Kunst“ausdrücke. Wir haben so eine der besten und, schon seines praktischen Taschenbuchformats wegen, brauchbarsten Exkursionsfloren. Der Preis ist sehr mäßig.

Natur, 1910:

. . . Die Bestimmungsschlüssel erwiesen sich bei einer Probe mit Laien als sicher. . . . R. Francé.

Apotheker-Zeitung vom 18. Mai 1910:

Potoniés Buch gehört zweifellos zu den sorgfältigst bearbeiteten und daher zuverlässigsten Floren des Gebietes.

Ausführlicher illustrierter Prospekt kostenfrei.

Grundlinien der Pflanzen-Morphologie im Lichte der Paläontologie.

Von Prof. Dr. H. Potonié, Vorsteher der Paläobotanischen Abteilung der Kgl. Preuß. geologischen Landesanstalt. Mit 175 Abbildungen im Text. Zweite, stark erweiterte Auflage des Heftes: „Ein Blick in die Geschichte der botanischen Morphologie und die Perikaulom-Theorie“. 1912. Preis: 7 Mark.

Aus dem Vorwort: Das Buch behandelt in seiner jetzigen Form nur Grundlegendes; für das Spezielle gibt es eine umfangreiche, treffliche Literatur.

Es ist aber nicht nur das Bestreben, die Gesamtbotanik in unserer Disziplin — also einschließlich der Paläobotanik — reden zu lassen, das mich zu einer eingehenderen Beschäftigung mit unserem Gegenstande veranlaßt hat, sondern ausgegangen ist mein Nachdenken über morphologische Probleme von der in ihr herrschenden Unlogik, die beseitigen zu helfen, meine ursprüngliche Absicht war, eine Unlogik, die darin ihre Nahrung fand und findet, widerspruchsvoll auf der einen Seite in der Bahn der kritischen naturwissenschaftlichen Forschung mit ihren relativen Begriffen zu verfahren, auf der andern aber absolute Begriffe aufzunehmen.

Die Pflanzengallen (Cecidien) Mittel- und Nordeuropas, ihre Erreger und Biologie und Bestimmungstabellen.

Von Dr. H. Roß, Konservator am Kgl. Botan. Museum in München. Mit 233 Figuren auf 10 Tafeln nach der Natur gezeichnet von Dr. G. Dunzinger, München, und 24 Abbildungen im Text. 1911. Preis: 9 Mark.

Dendrologische Winterstudien.

Grundlegende Vorarbeiten für eine eingehende Beschreibung der Unterscheidungsmerkmale der in Mitteleuropa einheimischen und angepflanzten sommergrünen Gehölze im blattlosen Zustand. Von Camillo Karl Schneider. Mit 224 Textabbildungen. 1903. Preis: 7 Mark 50 Pf.

Illustriertes Handbuch der Laubholzkunde.

Charakteristik der in Mitteleuropa heimischen und im Freien angepflanzten angiospermen Gehölzarten und Formen mit Ausschluß der Bambuseen und Kakteen. Von Camillo Karl Schneider.

Bisher sind erschienen:

Lieferung 1—5: = Band I. Mit 460 Abb. i. Text. 1906. Preis: 20 M., geb. 22,50 M.

Lieferung 6—9: = Band II, S. 1—496. Preis: je 4 Mark.

Lieferung 10—11: = Band II, S. 497—816. Preis: je 5 Mark.

Die Schlußlieferung und die Registerlieferung befinden sich in Vorbereitung.

Lehrbuch der Experimentalphysik in elementarer Darstellung.

Von Dr. Arnold Berliner. Mit 2 lithogr. Tafeln (mit aufklappbaren Figuren) und 726 zum Teil farbigen Abbildungen im Text. Zweite Auflage. 1911. Preis: 18 Mark, geb. 19 Mark 50 Pf.

Die Zeit (Wien) vom 2. Juli 1904:

Als eines der vorzüglichsten Lehrbücher, die in leicht faßlicher Weise in das große Gebiet der Physik einführen, sowohl für den Physiker der ersten Semester als auch für den Chemiker, Mediziner wie überhaupt für jeden, der die Physik als Hilfswissenschaft benützt, dürfte sich das „Lehrbuch der Experimentalphysik“ von Dr. Arnold Berliner erweisen. Sein Vorzug besteht vor allem in einer Ausführlichkeit der Darstellung, welche die Dinge so deutlich wie möglich beschreibt und so die Leser in das Wesen der Sache einführt. Des ferneren besitzt es die gute Eigenschaft, an mathematischen Kenntnissen beim Studierenden so gut wie gar nichts vorauszusetzen. Die dadurch entstehenden Schwierigkeiten hat der Verfasser in glänzender Weise und mit voller Beherrschung der Materie zu umgehen verstanden. . . . Es enthält alle Momente in sich, ein populäres Werk im besten Sinne des Wortes zu werden.

Der Ursprung der Gewitter-Elektrizität und der gewöhnlichen Elektrizität der Atmosphäre.

Eine meteorologisch-physikalische Untersuchung. Von weil. Dr. Leonhard Sohncke, ord. Professor an der Techn. Hochschule zu München. 1885. Preis: 1 Mark 50 Pf.

Gemeinverständliche Vorträge aus dem Gebiete der Physik.

Von weil. Dr. Leonhard Sohncke, ord. Professor an der Techn. Hochschule zu München. Mit 27 Abbildungen im Text. 1892. Preis: 4 Mark.