

Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden

Unter Mitarbeit von über 700 bedeutenden Fachmännern herausgegeben von
Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Emil Abderhalden
 Direktor des Physiologischen Institutes der Universität Halle a. d. Saale

**Abt. XI, Chemische, physikalische und
 physikalisch-chemische Methoden zur
 Untersuchung des Bodens und der
 Pflanze, Teil 5, Heft 1**

Oskar D r u d e - Dresden:

Pflanzengeographische Ökologie

Mit einer Übersichtskarte

Heinrich H a n d e l - M a z z e t t i - Wien:

Der Ökologe auf Reisen

Rudolf S c h a r f e t t e r - Graz:

**Die kartographische Darstellung der
 Pflanzengesellschaften**

Mit 7 Abbildungen

Paul J a c c a r d - Zürich:

**Die statistisch-floristische Methode als Grundlage
 der Pflanzensoziologie**

Mit 5 Abbildungen

Albert F r e y - Zürich:

**Anwendung graphischer Methoden
 in der Pflanzensoziologie**

Mit 16 Abbildungen

Eduard R ü b e l - Zürich:

Lichtklima und Lichtgenuß

Mit 15 Abbildungen

BIBLIOTEKA

ZAKŁADU SYSTEMATYKI

I GEOGRAFII ROŚLIN

UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO

Berlin N 24

Friedrichstraße 105b

Urban & Schwarzenberg

1928

Wien I

Mahlerstraße 4

T. 34

Die vorliegende Lieferung **279** gehört zum Bande:

Pflanzengeographische Ökologie

Gesamtinhaltsübersicht des Bandes:

Lieferung 279

- Pflanzengeographische Ökologie. Von Geh.-Rat Prof. Dr. O. D r u d e - Dresden.
Der Ökologe auf Reisen. Von Dr. H. H a n d e l - M a z z e t t i - Wien.
Die kartographische Darstellung der Pflanzengesellschaften. Von Prof. Dr. R. S c h a r f e t t e r - Graz.
Die statistisch-floristische Methode als Grundlage der Pflanzensoziologie. Von Prof. Dr. P. J a c c a r d - Zürich.
Anwendung graphischer Methoden in der Pflanzensoziologie. Von Priv.-Doz. Dr. A. F r e y - Zürich.
Lichtklima und Lichtgenuß. Von Prof. Dr. E. R ü b e l - Zürich.

In Vorbereitung:

- Boden und Bodenwasser. Der Standort. Von Dr. F. S e i f e r t - V a c h a a. d. Werra.
Temperaturmessung im Gelände. Wärmestrahlung. Phänologische Reaktion. Von Geh.-Rat Prof. Dr. O. D r u d e - Dresden.
Formationssoziologie. Von Dr. H. B e g e r - Berlin.
Pflanzenassoziationen. Von Dr. G. D u R i e t z - Uppsala.
Die Sukzession in den Formationen infolge ökologischer Ursachen. Von Priv.-Doz. Dr. W. L ü d i - Bern.
Erforschung der Ökologie der Steppen. Von Prof. Dr. B. A. K e l l e r - V o r o n e z (U. S. S. R.).
Erforschung russischer Steppen in meteorologischer Hinsicht. Von Prof. Dr. W. A l e c h i n - Moskau.
Russische Wiesenforschung. Von Priv.-Doz. Dr. A. P. S c h e n n i k o w - Leningrad.
Wald- und Wiesenforschung. Von Prof. Dr. A. I l j i n s k i j - Leningrad.
Grundsätzliches über Methode und Methodologie in der induktiven Ökologie und vergleichenden Pflanzengeographie. Von Prof. Dr. C. M o n t f o r t - Halle a. d. Saale.
Erforschung der Waldtypen. Von Prof. Dr. V. N. S u k a t s c h e w - Leningrad.

Inhaltsverzeichnis und Sachregister zu Abt. XI, Teil 5.

Inhaltsverzeichnis und Sachregister

werden erst der letzten Lieferung des abgeschlossenen Bandes beigegeben!

Original-Einbanddecken (Halbfranz) können schon jetzt bestellt werden.

Genauen Aufschluß über Anlage und Einteilung des Gesamtwerkes gibt ein ausführlicher Prospekt, der durch jede Buchhandlung oder unmittelbar vom Verlage zum Preise von RM 3.— bezogen werden kann.

401

1279310

16 80
18 80

Inw. № 1742

Inw. Nr 1896

BIBLIOTEKA
ZAKŁADU SYSTEMATYKI
I GEOGRAFII ROŚLIN
UNIWERSYTEU WARSZAWSKIEGO

Pflanzengeographische Ökologie. bei Kuhnert

Von **O. Drude**, Dresden.

(Mit einer Übersichtskarte.)

I. Begriff, Name, Inhalt und Umfang.

Die pflanzengeographische Ökologie hat zum Forschungsgegenstande das in unbegrenzter Mannigfaltigkeit von **Lebensformen**, welche jeder Landschaft bestimmte „physiognomische“ Züge aufprägen, über die Kontinente, Tafeln und in die Ozeane hinein ausgebreitete **Vegetationskleid** der gesamten Biosphäre der Erde nach Entstehung, Gliederung und Abhängigkeit von den tellurischen Lebensbedingungen.

Die Ökologie der Pflanzenwelt soll sich aufbauen auf einem Fundamentalprinzip, in welchem sich der ganze tellurische Charakter der Vegetation verkörpert: das ist ihre **Bodenständigkeit** in Verbindung mit der **Entfaltung assimilatorischer Kraft am Licht**. Hiervon macht eine Ausnahme nur das Plankton des süßen und salzigen Wassers, allein beweglich, aber gleichfalls auf seine assimilatorische Kraft unter Lichteinfluß angewiesen. Die parasitischen und saprophytischen Minderzahlen leben auf Kosten ihrer autotrophen Standortsgenossen, sind abweichende Ernährungsformen, sonst gleicher Eigenschaften und Verteilungsbedingungen.

Die Hauptfaktoren dieser Verteilung bilden neben der Ausdehnung von Land und Meer und der Orographie der Landmassen die von der Sonne periodisch eingestrahltene **Licht- und Wärmeenergien**, im Jahreszyklus vom Äquator bis zu den Polen sehr ungleich, sowie die jährliche Verteilung der Hydrometeore, also klimatische Beziehungen auf tellurischer Basis.

So wie die Gesamtwirkung des Klimas die Kontinente und Inseln in **phreatische, aride und nivale Länder**¹⁾ bzw. Höhenstufen scheidet, so ist das Vegetationskleid in den größten Zügen dieser Scheidung entsprechend physiognomisch gegliedert, indem es an den entsprechenden Stellen auch entsprechende Lebensformen zu **Formationen** vereinigt. Diese Formationen sind je nach der Zugehörigkeit zu einem der (etwa zwölf an Zahl) **Hauptflorenreiche** aus durchgängig verschiedenen Spezies, meistens auch aus anderen Gattungen und vielfach aus besonderen Pflanzenfamilien zusammengesetzt: Die

¹⁾ Erklärung folgt später.

BIBLIOTEKA
UNIWERSYTECKA
w Toruniu

2.61/2013

BIBLIOTEKA
ZAKŁADU SYSTEMATYKI ROŚLIN
UNIWERSYTEU WARSZAWSKIEGO

Formationen tragen die Fazies des Florenreiches bzw. des Florengebietes zur Schau.

Hier also trifft der ökologische Gesichtspunkt der Pflanzengeographie auf den phylogenetisch-systematischen der Spezies- und Gattungsareale; das Vegetationskleid der Erde gliedert sich auch nach Florenreichen, beide Gesichtspunkte zusammen vereinigen sich zu der in einander ergänzenden Methoden vorschreitenden Pflanzengeographie oder Geobotanik.

Die neue Richtung hat auch außer ihrer reichen Literatur an größeren Lehrbüchern und monographischen Arbeiten verschiedenster Richtung und wechselnden Umfangs einige die Methodik allein zur Darstellung bringende und die Terminologie der neuartigen Gruppenbildungen kritisch zusammenstellende Schriften hervorgebracht, welche denen, die sich für eigene Arbeiten rüsten wollen, zum dauernden Vergleich zu empfehlen sind, und sei es in manchen Fällen auch nur, um sich von dem Wirrwarr drängender Gesichtspunkte und Verbesserungsvorschläge für Begriffsbildung und Namenwahl zu überzeugen, wie sie die Freiheit der Forschung zum Ausdruck eigener Gedanken mit sich bringt. Es seien hier in chronologischer Reihenfolge nur folgende fünf genannt:

Frederic E. Clements: Research Methods in Ecology. Illustrated. 334 S. mit 10 S. alphabet. „Glossary“ und 10 S. Literatur. Nebraska 1905.

Helmut Gams: Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Begriffserklärung und Methodik der Biöcönologie. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich. Jg. 63, S. 293 bis 493, November 1918.

Eduard Rübel: Geobotanische Untersuchungsmethoden. 290 S. mit 69 Abb. und 1 Taf. Berlin 1922, *Gebr. Borntraeger*.

Die nützlichste und inhaltsreichste Zusammenstellung der für die Ökologie zur praktischen Verwendung kommenden Methoden.

Friedrich Markgraf: Kleines Praktikum der Vegetationskunde. 64 S. mit 31 Abb. Berlin 1926, *Jul. Springer*.

Beschäftigt sich mit den Pflanzengesellschaften und den Standortsermittlungen.

A. G. Tansley und *T. F. Chipp*: Aims and Methods in the Study of Vegetation. Published by the British Empire Vegetation Committee and the Crown Agents for the Colonies. 382 S., 4. Millbank, Westminster, S. W. London 1926.

Enthält außer Methodischem zugleich wertvolle exotische Aufnahmebeispiele.

*

Für die Entstehung des Wortes und Begriffes „Ökologie“ im ersten und zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts vergleiche:

O. Drude: Abh. naturw. Ges. Isis, Dresden 1905, S. 100 bis 115. (Proc. Intern. Congr. Sc. and Arts, St. Louis, 23. September 1904); ferner

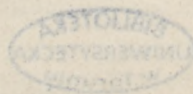
Camillo K. Schneider: Ill. Handwörterb. d. Bot. Leipzig 1905, S. 420;

Eug. Warming: Lehrb. d. ökol. Pflanzengeogr. 3. Aufl. Berlin 1914, S. 2;

Einar Du Rietz: Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie, Kap. I: Stellung der Pflanzensoziologie im System der Biologie. Akad. Abh. Upsala 1921. S. 18 bis 35 u. f.

Die Abgrenzung der „Ökologie“ ist vielfach noch jetzt schwankend und umstritten. Vgl. *Hans Fitting*: Aufgaben und Ziele einer vergleichenden Physiologie auf geographischer Grundlage. S. 29, Anm. 6. Jena 1922.

Übrigens, wer ökologisch arbeiten will, braucht sich nicht lange bei der Definition aufzuhalten. Wir denken an die Streitfragen der Umgrenzung von Geographie als eigenem Lehrgebiet und sprechen mit *Wiesner* aus: „Man kann die Wissenschaft nicht wie einen Baugrund parzellieren. Die Scheidewände zwischen den einzelnen Wissenszweigen haben wir selbst gezogen, gedrängt durch die



Beschränktheit unseres Geistes, welche uns zur Teilung der Arbeit nötigt. Aber mit unseren Fortschritten fallen diese Grenzen, die einzelnen einander gegenüber gestandenen Disziplinen vereinigen sich zu einem einheitlichen Ganzen." *J. Wiesner*: Natur — Geist — Technik. Leipzig 1910, S. 131.

*

Bekanntlich ist der Name und Begriff der pflanzengeographischen Ökologie erst im letzten Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts aufgetaucht und hatte sich in seiner wissenschaftlichen Bedeutung erst durchzukämpfen, wurde daher, als eine vielseitig verbindende Disziplin, auch je nach den Standpunkten ihrer Beurteiler verschieden umgrenzt und bewertet. Aber es ist klar, daß ein so vielseitiges Wissensgebiet, welches heute bereits über eine starke Eigenliteratur verfügt, sich nicht aus eigener Kraft allein so schnell aufbauen konnte, sondern daß es dies nur durch die Indienststellung der schon von Systematik, Morphologie, Physiologie und der physiographischen Erdkunde in fruchtbarem Zusammenwirken gelieferten Materien zustande brachte. Der Umstand, daß man in den Arealen der Pflanzen nicht nur den phylogenetischen Systemcharakter suchte, sondern zugleich die von äußeren Umständen und Einwirkungen abhängige Lebensform, im Zusammenhange mit der Umgestaltung der beschreibenden Pflanzenanatomie in eine physiologische und mit den Fortschritten der Experimentalphysiologie zur Erkenntnis der Lebensvorgänge in diesen Lebensformen und ihrer Bedürfnisse, der führte zu dem großen Ziel: die verwickelten Vorgänge des Pflanzenteppichs in dem Zusammenwirken der freien Naturkräfte auf dem Erdball selbst zu erkennen und den ursächlichen Zusammenhang der „angepaßten“ organischen Form mit diesen zu ergründen. Aus den natürlichen Familien, Gattungen und Arten hat die Geobotanik ihre Florenreiche und Gebiete hergeleitet; die Ökologie entnimmt aus denselben die Kreise ihrer Lebensformen, in denen diese Familien, Gattungen, Arten auftreten als Bewohner der Meere, der süßen Gewässer und der durch das mannigfaltigste Klima geschiedenen Landmassen; sie begründet in den Vegetationszonen der Erde mit ihren Höhenstufen in den Gebirgen eine ganz andere, aber anschaulich ansprechende geobotanische Gliederung des großen *Oikos*, der Erde. Die Lebensformen und ihr gegenseitiger Anschluß zum Pflanzenkleid der Erde bilden das Eigengebiet der Ökologie.

Dieser hier den weiteren Ausführungen zugrunde gelegte Standpunkt deckt sich nicht ganz mit den von *G. Karsten*¹⁾ in diesem Handbuch entwickelten Ansichten, die wir mit den unserigen

¹⁾ *G. Karsten*: Handb. d. biol. Arbeitsmeth. Abt. XI (Pflanzenorganismus). Teil 1, S. 309 u. f. (1922).

zu vergleichen haben. Der Grund der Verschiedenheit liegt darin, daß *Karsten* besonders die von *Schimper*¹⁾ in seinem großen Werke und entsprechenden Monographien, wie über Epiphyten und Mangroven, befolgten Anschauungen als Physiologie weiter zu führen sich bemüht hat. Es gibt ja neben der ökologischen Geobotanik auch eine physiologische, innig mit ersterer verwachsen und notwendig zur weiteren wissenschaftlichen Vertiefung dienend. Was sie will und mit welchen Mitteln sie den Fortschritt der Ökologie erstrebt, geht am deutlichsten für den heutigen wissenschaftlichen Zustand aus drei ausgezeichneten Reden von *Fitting*²⁾ hervor, die eine Fülle von Anregungen enthalten und zu einer eigenen großen Abhandlung: Methoden der ökologischen Physiologie, verarbeitet werden sollten, um ihren Zweck ganz zu erfüllen.

Allein in dieser und den sich hier anschließenden Abhandlungen soll der geographische Standpunkt herrschen, dem auch *Karstens* kurze Abhandlung über die Methoden der Pflanzengeographie gewidmet ist, und es kann dem Anfänger und Lernenden auf diesem großen und vielseitigen Gebiete nur von Vorteil sein, die Grundsätze verschiedener Autoren je nach deren Standpunkt zu vergleichen. Nicht gegenseitige Kritik ist hier der Zweck, sondern nur die Aufforderung an die künftigen Ökologen, sich ihre Wege nach den verschiedenen Anschauungen und Methoden selbständig zu wählen.

Wir können die Dreiteilung der Pflanzengeographie in eine floristische, ökologische und genetische (*Karsten*: a. a. O. S. 309) gern gelten lassen, müssen dann aber sogleich der floristischen Seite eine doppelte Wirksamkeit zusprechen: sie bildet die Grundlage sowohl der weiteren ökologischen als auch der genetischen (deutlicher gesagt: phylogenetischen) Forschung und ist weit davon entfernt, lediglich statistisches Material zusammenzutragen. Oh, die Floren der Erde bilden in ihrem verschiedenen Gewande von kleinen Hilfsbüchern bis zu großen, kritisch herangereiften und illustrierten Standardwerken (wie die „*Flora Brasiliensis*“, in Jahrzehnten erarbeitet) ein wundervolles und unentbehrliches Hilfswerk der Ökologie, aus dem der systematisch geschulte Botaniker schöpft, während der Physiogeograph hauptsächlich mit dem physiognomischen Antlitz der in *Karstens* Abhandlung (S. 320 bis 322) genannten pflanzengeographischen Formationen zu tun hat. Aber auch deren

¹⁾ *A. F. W. Schimper*: Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. (Mit 502 Abb., 5 Taf. u. 4 geogr. Karten.) 876 S. 8°. Jena 1898.

²⁾ *Hans Fitting*: Die Pflanze als lebender Organismus. Akad. Rede. 27. Jan. 1917; Jena 1917; Aufgaben und Ziele einer vergleichenden Physiologie auf geographischer Grundlage. Akad. Rede. 2. Nov. 1921, Jena 1922; Die ökologische Morphologie der Pflanzen im Lichte neuerer physiologischer und pflanzengeographischer Forschungen. Vortrag in Stuttgart, Mai 1926. Jena 1926.

Charakter liegt wissenschaftlich nur in den zugehörigen Florenwerken begründet und wird aus der floristischen Ökologie übernommen. Die causal-physiologischen Fragen schließen sich dann erst an das gewonnene Erdbild mit seinem ungeheuer reichen Formationskleide an und harren noch größtenteils ihrer Inangriffnahme.

Also der angehende Ökologe hat sich für pflanzengeographische Arbeiten zunächst als Florist seines Arbeitsgebietes gründlich auszubilden¹⁾. Die systematisch-diagnostische Schulung zur Benutzung der in lateinischer oder in modernen Sprachen verfaßten Florenwerke muß er besitzen, auch mit Herbarsammlungen umzugehen gelernt haben; ja, er wird zum Zweck irgendeiner ökologischen Dissertation oder Monographie sich ein Hilfsherbar anlegen, welches er ökologisch nach Lebensformen und innerhalb dieser nach den Systemklassifikationen anordnen kann oder nach frei gewählten mit der Häufigkeit, oder mit der ökologischen Phänologie in bezug auf Austreiben im Frühling und Entfaltung der Blüten usw. zusammenhängenden Normen.

Um dem Anfänger, der noch nicht in der die Pflanzengesellschaften floristisch behandelnden Literatur bewandert ist, einige Proben derselben aus mitteleuropäischer Flora und recht verschiedenen Formationen zu nennen und ihm dadurch Anweisung zu einer ähnlichen Behandlung zu erteilen, folgen hier die für sich selbst sprechenden Titel von zehn Abhandlungen aus den letzten beiden Jahrzehnten, chronologisch geordnet, in buntem Inhalt.

Henrik Hesselman: Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Eine physiologisch-biologische und pflanzengeographische Studie. Jena 1904. (Beih. z. bot. Zentralbl. **13**. 308 bis 460, mit Taf. 4 bis 8.)

Hans Preuß: Die Vegetationsverhältnisse der Tucheler Heide. Ein Beitrag zur Pflanzengeographie des nordostdeutschen Flachlandes. Danzig 1908. (Sonderabdruck aus Jahrb. d. Westpreuß. Lehrervereines f. Naturk. 2./3. Jg. 95 S. u. 6 Abb.)

C. E. Moss: Vegetation of the Peak District. 236 S. mit 36 Taf. u. 2 kolor. Karten. Cambridge 1913.

Walther Wangerin: Die Pflanzenwelt der Moore Ost- und Westpreußens und ihre Gefährdung durch die Kultur. (1915). (Beitr. z. Naturdenkmalpf. **5**. H. 2, S. 187 bis 238. Berlin 1916.)

Fr. Markgraf: Die Bredower Forst bei Berlin. Eine botanisch-ökologische Studie. Herausgegeben von der Brandenburger Provinzkommission für Naturdenkmalpflege. 91 S. Berlin-Lichterfelde 1922.

Herbert Beger: Assoziationsstudien in der Waldstufe des Schanfiggs. Beilz. Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubündens. 147 S., Chur 1922 (Bot. Mus. Univ. Zürich. Mitt. 96).

Ferdinand Tessendorf: Vegetationsskizze vom Oberlaufe der Schtschara (Gouv. Minsk und Grodno). Ber. d. Freien Ver. f. Pflanzengeogr. u. Syst. 1920/21, S. 25 bis 103 (Berlin-Dahlem 1922).

Alvar Palmgren: Zur Kenntnis des Florencharakters des Nadelwaldes. Eine pflanzengeogr. Studie aus dem Gebiete Alands. Mit Karte. 116 S. Helsingfors 1922 (Acta Forestalia Fennica **22**).

Hans Rabbow: Beitrag zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse des Kieshofer Moores. 126 S. mit 2 Taf. Greifswald 1925 (Mitt. Naturw. Ver. f. Neuvorpommern u. Rügen. Jg. **50** und **51**).

¹⁾ Vergl. die einleitenden Sätze bei *Handel-Mazzetti* in Abh. 2.

Max Scherrer: Vegetationsstudien im Limmattal. 116 S. Zürich 1925, Rascher & Co. (Veröffentl. d. Geobotan. Inst. Rübel in Zürich, H. 2.).

Fritz Koppe: Die biologischen Moortypen Norddeutschlands. (Arbeitsgemeinschaft. f. Floristik in Schleswig-Holstein.) Ber. d. Deutsch. bot. Ges. 44. H. 9, S. 584 bis 588 (1926).

Diese Beispiele aus der Literatur der Gegenwart zeigen zugleich die starke Anteilnahme botanischer Gesellschaften und der Naturschutzbestrebungen an der heutigen ö k o l o g i s c h umgestalteten Floristik, welche der früheren Darstellungsmethode einen ungeahnt starken Impuls verliehen hat.

Alle die hier angeführten Abhandlungen behandeln auf Grund eigener und möglichst vertiefter Studien auf Botanisierfahrten eine einzelne oder mehrere örtlich aneinander angeschlossene „Formationen“, welche von der Arealverbreitung der ihnen zugrunde liegenden S p e z i e s mit der diesen jeweilig zukommenden Lebensform als Baum, Strauch, Gras, Staude, Moos usw. ihre besondere „floristische Facies“ erhalten und als A s s o z i a t i o n e n dieser Spezies Sammelnamen führen. Mit dem Florenexkursionsbuch in der Tasche haben die Verfasser erstmalig die gesamten Lebensformträger dieser Assoziationen feststellen, „bestimmen“ müssen, und von der Brauchbarkeit dieses Führers, der zugleich neben der systematischen Diagnose auch die biologischen Notizen über Physiognomie, Lebensdauer, Blütezeit und Standortsbedingungen zu bringen hat, hängt es ab, wie leicht und sicher zumal der Anfänger sich an eigene Assoziationsaufnahmen heranwagen darf. Die Genauigkeit in der Methode erfordert durchaus korrekte Bestimmung und wo möglich auch genaue Angaben in solchen polymorphen Formenkreisen, welche wie *Rubus* und *Rosa*, *Hieracium* und *Euphrasia* auch dem gewiegten Floristen oft genug größere Schwierigkeiten bereiten. Denn die Zugehörigkeit solcher schwächer charakterisierter Sippen im Art- oder Varietätenrange zu dieser oder jener Assoziation gehört vielfach mit zu dem Artbildungsprozeß auf Grund einer Scheidung in den Standorten. Dies ist an anderem Orte breiter ausgeführt¹).

Neben Assoziationsstudien von derartig floristischer Vertiefung umfaßt die Biosphäre der Erde aber weite Räume, deren Flora kaum notdürftig erschlossen dem Ökologen selbst die Bestimmung der Arten aufzwingt, die er zur physiognomischen Charakterisierung auf seinen Pfaden braucht. Dies weit schwierigere Arbeitsproblem behandelt in dieser Sammlung die Abhandlung von *Dr. Handel-Mazzetti*.

In den noch größtenteils unerforschten Ländergebieten werden naturgemäß nur solche Expeditionen und Einzelforscher ihre Arbeiten aufnehmen, die sich in den seit lange mit Florenwerken

¹) *O. Drude*: Die Ökologie der Pflanzen. S. 247 u. f. (Die Wiss. 50. Braunschweig 1913, *Fr. Vieweg*.)

kleiner und großer Art versehenen Gebieten an die ökologische Denk- und Arbeitsweise gewöhnt haben. Aber es wäre verfehlt zu glauben, daß in diesen seit lange gut durchforschten Ländern die floristische Arbeit abgeschlossen wäre: im Gegenteil zeigen große Monographien jüngster Zeit, wie durch Verbindung der systematischen und ökologischen Floristik erst jenes Gesamtbild der Vegetationsdecke eines kleinen Landbezirkes ersteht, welches als Forschungsziel allgemein für die natürlichen Bestände der Erde gelten muß. Die Richtlinien solcher vorbildlicher Monographien werden dann in immer weiter gedehnten Länderkreisen Nachahmung finden und schließlich ihren Einfluß auf die zusammenfassenden Vegetationskarten der Erde ausüben, die gegenwärtig doch nur ein einseitiges Bild von dem auf weite Strecken vorherrschenden physiognomischen Charakter der Pflanzenwelt liefern. Allerdings wird dieser erstrebte Fortschritt zu einer gewaltigen Verbreiterung der geobotanischen Darstellung in Text und Kartenmaßstab zwingen.

Als Muster eines vorzüglich durchgearbeiteten kleinen Gebirgskomplexes, aufsteigend von Auen und Wald bis zu vegetationslosen Firnen, mag hier die Doppelbearbeitung des Bernina-Bezirktes in Graubünden vom Nordhang über den Kamm bis zum Valtellina genannt werden, in welcher sich die beiden Züricher Botaniker *Brockmann-Jerosch*¹⁾ und *Rübel*²⁾ vereinigt haben.

Bearbeitungen dieser Art ordnen gegenüber den Bestimmungsbüchern ihren Stoff durchaus anders und überlassen die botanische Diagnostik, abgesehen von bedeutungsvollen Ausnahmen, den großen Florenwerken und Exkursionsbüchern. Der pflanzengeographische Grundton hebt mit orographisch-geologischen Übersichten des behandelten Bezirkes an, dem die klimatischen Auseinandersetzungen, möglichst auf eigene Messungen gestützt, folgen. Die besonderen Wirkungen des Substrates auf Wasser und Wärme an den einzelnen Standorten kann zweckmäßig mit der Einteilung der Formationen und den an bestimmte Hauptarten gebundenen Assoziationen (als deren Unterteile) verbunden werden, da die besonderen Eigenschaften des Bodens, mit *Schimper* als „*edaphische*“ bezeichnet³⁾, im Zusammenhang mit der Höhenlage die Assoziation in ihrer Ausbreitung bedingen. Dieses Hauptkapitel geht zumeist unter dem Titel „Pflanzengesellschaften“. Die floristische Arealgeographie erhält in Hervorhebung gewisser Hauptzüge der „*Facies*“ mit Vegetationslinien, Höhenstufen und

¹⁾ *H. Brockmann-Jerosch*: Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. 438 S. mit 5 Veget.-B. u. Karte. Leipzig 1907.

²⁾ *E. Rübel*: Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. 615 S. mit 59 Veget.-B. u. synökol. Karte. Leipzig 1912, *W. Engelmann*. (Sonderabdruck aus Bot. Jahrb. f. Pflanzengeogr. u. Syst. 47. H. 1 bis 4.)

³⁾ Es mag hier auf die Ergänzung von „*edaphisch*“ durch „*geomorphologisch*“ hingewiesen werden, worüber *Scharfetter* im Abschn. III seiner Abhandlung sich treffend verbreitet.

Einzelstandorten ihre besonderen Rechte und kann nach der genetischen Seite¹⁾ hin soweit als möglich ergänzt werden. Ein Standortskatalog, der außer den Gefäßpflanzen mindestens noch die Bryophyten und die wesentliche Anteile an den Assoziationen nehmenden Lichenen aufzuführen hat, ist solchen Monographien für alle Einzelheiten von Belang beigelegt (er hat in den als Beispiel genannten Bernina-Abhandlungen je 200 bzw. 250 Seiten Länge!) und dient als neues Quellenwerk für zusammenfassende Floren, also für das „statistische Material“.

Daß diesen Arbeiten eine topographische Karte mit geobotanischen Eintragungen angehängt wird, erscheint unumgänglich. Wie eine solche herzustellen ist als Hauptwerk, wird in der Abhandlung von *R. Scharfetter* ausführlich behandelt werden.

Und noch viel ausführlicher wird zur Behandlung kommen, weil es das jetzige Hauptarbeitsgebiet der floristischen Ökologen darstellt, die Unterscheidung, Charakterisierung und Benennung der Formationen, Assoziationen (Bestandestypen) und ihrer Unterenteile (Nebentypen). Hier liegen die größten Schwierigkeiten, wie sie schon *Rübel* (a. a. O., S. 86) einleitend ausdrückt: „Die Vegetation der Erde hat eine ungeheure Mannigfaltigkeit, kein Fleck Erde ist identisch mit einem anderen. Um aber dem menschlichen Geist verständlich zu werden, muß Ähnliches zusammengefaßt und dafür Begriffe und dann Namen geschaffen werden, damit man sich verständigen kann. Man muß eine Einteilung haben, ohne die jede Masse von Dingen eben eine ungegliederte Masse bleibt. Als Grundlage, als Einheiten drängen sich gesetzmäßig wiederkehrende Verbindungen von Pflanzen auf: Pflanzengesellschaften.“

In diesem Satz steckt ein bedeutungsvoller Fragepunkt. Handelt es sich nur darum, sich über eine Einteilung zu verständigen und Begriffe und Namen zu schaffen, damit die ungegliederte Masse anschaulich behandelt werden kann? Oder handelt es sich um wirklich „gesetzmäßig wiederkehrende Verbindungen“, die sich als „Einheiten“ natürlicher Art dem Verständnis des Forschers darbieten? Wenn das der Fall ist, wo sind sie? Wie sehen sie aus und wieweit beanspruchen sie das Recht eines eigenen Platzes im Vegetationsteppich der Erde oder an den Gestaden der Ozeane im Wasser?

Man hat diese ökologischen Einheiten im wechselnden Gewande nebeneinander mit dem Begriff der „phylogenetischen Spezies“ in ihren oft sehr verschiedenartigen Formerscheinungen vergleichen wollen. Aber dieser Vergleich trifft nicht zu. Alle Varianten einer Spezieseinheit sind durch ihren Ursprung miteinander reell verbunden, die Varianten einer als gleichartig

¹⁾ Siehe *Karsten*: Methoden der Pflanzengeographie. S. 308, 322 u. f. (1922).

erfaßten Assoziation sind aber nur durch die freie Standortwahl einer gemeinsamen größeren Gruppe von durchaus selbständig über sich verfügenden und variierenden Arten verbunden, deren jede ein Areal für sich, weit zerstreut, nicht mit dem der anderen zusammenhängend sich erworben hat.

Überdenkt man diese Sachlage, so erkennt man, daß an Stelle der inneren, hier fehlenden Verwandtschaft ein äußerer gemeinsamer Zwang die Verbindung so ungleichartiger Genossen, wie sie oft in einer Felsflur, einer Wiese, einem Tropenwalde stärkster Mannigfaltigkeit vereinigt wachsen, ausüben muß. Dies einigende Band bildet der Standort im Vollbesitz seiner eigenen sowie der ihm durch das geographisch bestimmte Klima verliehenen Eigenschaften. So ist das Schwergewicht des Standortes für die theoretische Formationsbildung herausgekommen, welches *Warming*¹⁾ aus seinen Grundanschauungen heraus zum Fundament seiner Einteilung ökologischer Formationen in 16 übergeordnete Serien gemacht hat. Aber der „Standort“ ist selbst ein toter Komplex von vielem Verschiedenartigen, er ist nichts weniger als ein zur Paarung geeigneter Organismus. Nur ideell abgeleitete Eigenschaften können ihn zum Träger einer Einheit machen, wie besonders auch die hier später folgende Abhandlung von *Seifert* zeigen wird. Die Vegetation ihrerseits könnte diese Einheit auf gleichem Standort nur durch lebendige, gleichsinnig gerichtete Kräfte erzielen, welche im gleichsinnigen Wirken sogar gegenseitige Förderung auswirken können.

Diese Frage einer exakten Lösung näherzubringen ist eine der wichtigsten theoretischen Aufgaben der heutigen Ökologie, und sie liegt, wie man von selbst erkennt, auf spekulativ darwinistischem Gebiete des Kampfes um den Raum. Die später folgenden Abhandlungen sollen denselben in seinen Einzelzügen entwickeln; aber hier sei zunächst versucht, seine ökologische Grundlage kurz zusammenzufassen. Sie liegt in der an bestimmte, vom Wohnort und dessen Charakter gewährleistete Lebensbedingungen gebundenen Lebensform, unter welcher jede phylogenetisch entstandene Art mit in ihr gleichzeitig entwickelten Anpassungseigenschaften imstande ist, im Kampfe um den Raum in der Biosphäre der Erde sich zu behaupten, und zwar mit spezifischen „dynamischen Propagationskräften“.

Diese dynamischen Propagationskräfte, von Art zu Art verschieden, so daß ja schon das Gesamtareal jeder Spezies ein Ding für sich ist und erst recht ihre Häufigkeit innerhalb desselben,

¹⁾ *Eugen Warmings* Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 3 Auflage von *Eugen Warming* und *P. Graebner*. Illustr. Ausg. mit 395 Abb., 988 S. und 64 S. Literatur. Berlin 1918.

die sind das besondere Leitmotiv der Ökologie und werden nach gewissen äußerlich leicht zu erfassenden Merkmalen in den verschiedenen Lebensformgruppen der heutigen Ökologen mit dem Streben nach Vertiefung zusammengestellt. Dem Alter und der Größe in langdauernder Besiedlungskraft am Einzelort gibt man dabei den Vorrang, aber wichtige andere Eigenschaften bleiben dabei zu oft noch unberücksichtigt. So z. B. die vegetative Besiedlungskraft durch wandernde Rhizome und Stockausschläge, die Sicherheit der Samenverbreitung, Erhaltung der Keimkraft, Sicherheit der Bestäubung in der Blütenschau, Dauer der Assimilationstätigkeit innerhalb der durch das Licht gewährten Periode und vieles mehr.

Auch die Grundfragen in der Wasserökonomie jeder Lebensform an ihren Standorten führen zu der innigsten Verbindung von ökologischer Morphologie mit experimenteller Physiologie, die sich veranlaßt sehen muß, die im Laboratorium erprobten Methoden hinauszutragen in die freie Natur und dort in den frei gewachsenen Pflanzenvereinigungen gemischter Lebensformen die Tragweite ihrer Schlüsse zu erproben und vor vorgefaßten Meinungen zu bewahren. Anregungen dazu hat *Fitting* glänzend gegeben, wie bereits oben hervorgehoben wurde.

Verlassen wir aber zunächst die Beziehungen zwischen morphologischer Ökologie und experimenteller Physiologie, um in den offensichtlichen Beziehungen zwischen den Lebensformen, ihrer floristischen Mannigfaltigkeit und Arealbegrenzung die nächstliegenden Aufgaben der pflanzengeographischen Ökologie festzustellen.

Eine ungeheure Entfaltung von Mannigfaltigkeit wird hier durch Hinzufügung des geographischen Moments zu System und Lebensform erzeugt, indem die Resultate geologischer Entwicklung neben die der organischen gesetzt, in Verbindung und Abhängigkeit gebracht werden sollen zur Lösung der Frage nach den Gesetzmäßigkeiten in den Beziehungen der Organisation zur Stätte ihrer Entstehung und Erhaltung im gegenseitigen Kampf um den Raum. Wobei die über die Erde ausgebreiteten, von Sonne, Luft, Wasser- und Landverteilung, Jahreszeitenwechsel und geognostischer Grundlage gegebenen geographischen Faktoren die stabilen Größen darstellen, während die zur Erhaltung des Lebens in ewig neuen, fortschreitenden Generationen gezwungene Vegetation der in scheinbarer Dauerhaftigkeit doch innerlich unruhige, wechselvolle, ringende Partner ist, dessen äußere Beharrlichkeit am gleichen Ort nur einer als „soziologische Anpassung“ bezeichneten Gleichgewichtslage vieler miteinander ringender oder sich auch unterstützender Organisationen zu verdanken ist.

Diese nach ihren Elementen nachzuweisen und in die vielen schon lange festgestellten Floren der Erde einzuordnen, ihnen überzuordnen, ist Aufgabe der pflanzengeographischen Ökologie. Sie stellt sich als verbindender, einheitlicher Gesichtspunkt zwischen die verschiedensten geographisch-geognostischen Bedingungen und die ganze Welt der Organismen selbst, soweit diese die Gliederung des Vegetationskleides der Erde in der Ausprägung der Gegenwart und als Erbe der vorhergegangenen Generationen zum Gegenstande der Forschung nimmt. Und dabei ist die Erforschung der Einzelart in ihren Beziehungen zur Außenwelt in der Hauptsache Baustein zur Erkenntnis des Ganzen: die phylogenetische Art wirkt als solche in ihrer ökologischen, d. h. „*adaptogenetisch* entstandenen Lebensform“.

Die Größe und Würde dieser Aufgabe muß mit Enthusiasmus erfüllen. Der Forscher sieht vor seinem geistigen Auge das geographisch gegliederte Erdbild, die Weltmeere aus ungeheuren Tiefen anbränden an die Küsten, Felsen zernagend, Geröllufer überflutend, seine Strömungen im Ausgleich der von der Sonne gespendeten Wärme sich bis zu den eisumgürteten Polarkappen erstrecken, wo in der Polarnacht trotzdem noch Meeresalgen zur Vermehrung schreiten. Und, von den Ozeanen umgürtet, dehnen sich Kontinente aus, so verschieden in ihrem Pflanzenkleid, wie sie aus ihrer dunklen geologischen Entwicklung hervorgingen, von großen Strömen durchfurchte Tiefländer mit Becken süßen Wassers, in denen fast nichts von den Ozeanen her Bekanntes wächst; hochragende Gebirge, deren Höhenstufen in jedem Kontinent je nach dessen Pflanzenwelt für sich in analoger Weise gegliedert bis zu den höchsten Erhebungen, wo dauerndes Eis die kühnsten Pioniere der Pflanzenwelt zurückhält; und dazu die Beziehungen der Winde nach Herkunft und Richtung zu den Regenzeiten und der Regenfülle in niederen und hohen Breiten: das alles prägt sich im Vegetationskleide aus.

Jeder Kontinent und jedes Inselreich unterliegt Jahr für Jahr dem Wechsel der Jahreszeiten, dem sich die Pflanzenwelt mit einer wundervollen, an adaptogenetischen Modifikationen allerreichsten phänologischen Periodizität unterworfen hat. Dabei ist die phylogenetische Sippenherkunft mitmaßgebend für die angewendeten Mittel, und jeder Standort bietet nach seiner Position, seiner orographischen Lage und geognostischen Geschichte jeweilig verschiedene Besiedlungsbedingungen für den Wettbewerb der nach Abstammung und Organisation verschiedensten Pflanzenarten, oft schon in kurzen Entfernungen das Gesamtbild wechselnd: so sieht das Pflanzenkleid der Erde aus, dem die nahrungsuchende Tierwelt mit psychisch gesteigertem Auswahlvermögen folgt, während die Areale der Pflanzen negativ begrenzt sind.

II. Die Adaptiogenese.

Die Gesetzmäßigkeiten in den Beziehungen der Organisation zur Gewinnung einer Heimat und zur Erhaltung eines Areals im Kampf um den Raum als Forschungsgebiet der pflanzengeographischen Ökologie fallen in das Gebiet der Anpassungen.

Viele derselben werden nur auf dem Wege der vergleichenden Physiologie auf geographischer Grundlage auf ihre Ursachen zurückgeführt werden können und liegen versteckt, wie folgendes von *Fitting*¹⁾ angeführte Beispiel erläutern mag: Bei geographisch-physiologischen Untersuchungen über den Stoffaufbau bei den Alpenpflanzen zeigte sich in Messungen von *Marg. Henrici*²⁾, daß die Alpengewächse in sehr starkem Licht oder bei tiefen Temperaturen in schwachem Licht viel mehr Kohlensäure assimilieren als die Ebenenpflanzen unter gleichen Bedingungen. Demgemäß erscheinen Alpen- und Ebenenpflanzen an ihre normalen Standorte auf das vortrefflichste „angepaßt“, soweit der Stoffaufbau in Betracht kommt, denn die alpine Vegetationsperiode ist durch Lichtfülle, aber bei mangelndem Sonnenschein durch stark erniedrigte Temperaturen ausgezeichnet.

Seitdem durch *Nägeli* und seine Nachfolger allgemein auf die Unterscheidung zwischen Merkmalen der Organisation und solchen der Anpassung hingewiesen wurde, stellt man der phylogenetischen Forschung zwar allgemein die Verfügung über die Merkmale der Organisation und der Ökologie die Verfügung über die der Anpassung zu, geht aber dabei von der unbewiesenen Voraussetzung aus, daß die Anpassung eine Zuchtwahl im darwinistischen Sinne als Auswirkung des Standortes sei.

Hier möchten wir aber eine Unterscheidung eintreten lassen: soweit die Anpassungen inhärente, den Einzelarten zukommende „dynamische Propagationskräfte“ (wie oben auseinandergesetzt) darstellen, haben sie als zugleich mit den übrigen rein morphologischen Organisationsmerkmalen in den *Arteigenschaften* entwickelt zu gelten; soweit aber ganze Gruppen verschiedener Arten soziologisch unter gleichem physiographisch begrenzten Areal zusammengehalten werden, gelten die darwinistischen Anschauungen der *Auslese des Bestgeeigneten* im Kampf um den Standort.

Die hier gegebene Anschauung nimmt eine Gleichzeitigkeit in der Entwicklung morphologischer und biologischer Organisationsmerkmale an, vielleicht bald diese, bald jene Gruppe umbildungsfähiger Eigenschaften voranschreitend und die andere nachfolgend. Wir wissen ja davon noch nichts Rechtes, da das Problem der Evolution in unseren weit vorgeschrittenen Kenntnissen von Vererbungsgesetzen noch keine sichere Stellung erlangt hat. Die Vererbungslehre nimmt nach ihren vielseitigen Prüfungen eine Stabilität der in den Geschlechtszellen verankerten Vererbungs-träger an, die Evolution aber beruht auf Durchbrechung dieser Vererbung durch fortschreitende Mutation.

¹⁾ *H. Fitting*: Aufgaben und Ziele usw. Jena 1922, S. 26.

²⁾ *Marg. Henrici*: Verh. d. Naturf. Ges. Basel. 30. 43 (1918/19).

Dieser Gedanke, in jüngster Zeit auf dem Kongreß für Vererbungswissenschaft (1927) durch *Richard v. Wettstein* mit großer Schärfe als notwendiges Bearbeitungsthema gefordert, ist an sich nicht neu. Bereits vor 20 Jahren trug ihn *Lotsy* in seinen Vorlesungen¹⁾ vor, und meine Ökologie²⁾ entwickelte seine Konsequenzen. „Ohne eine mystische *Vis vitalis* anzunehmen, welche übrigens nichts erklären würde, kann man keinen anderen Grund für die Entstehung der Abweichungen finden, als den Einfluß äußerer Bedingungen auf die reizbare Protoplasmasubstanz, und ohne eine Vererbung dieser erworbenen Abweichung oder Eigenschaft keine Fixierung derselben. Leugnet man absolut die Möglichkeit einer Vererbung solcher ‚Biaio-Metamorphosen‘, so heißt das die Evolution selbst leugnen!“

Es ist unschwer zu verstehen, weshalb die Kulturversuche zur Erprobung der Vererbung neu erworbener Eigenschaften bisher fehlschlagen mußten. Es fehlte der von *Charles Darwin* bei seinen Darlegungen, die ja allerdings immer die Tendenz der phylogenetischen Artumänderung befolgten, stets mit hohem Nachdruck betonte Faktor *Zeit*. Was soll das, wenn ich aus *Taraxacum* und anderen Arten des Tieflandes die alpine Wuchsform rasch in hohen Gebirgslagen erzeuge, um sie dann schon nach einem Jahrzehnt in das Tiefland zurückzuverpflanzen? Der auf die Reizbarkeit ausgeübte Stoß erfolgt dann in entgegengesetzter Weise. Ist aber ein Jahrtausend darüber vergangen und haben im Verlauf desselben im Hochgebirge spontane Mutationen im Organismus sich erzeugt, so können mit diesen auch erblich fixierte physiognomische Umänderungen schon durch dauernde Einwirkung einer gänzlich geänderten phänologischen Periode als solche einer korrespondierenden Gebirgsform auftreten. Dies ist allerdings einstweilen nur unbewiesene Theorie. Vgl. *Charles Darwin*: The origin of Species by means of natural selection. VI. Ausgabe. S. 74 bis 79 und 106 bis 109 (Correlated variation). London 1899.

Das Leben bewältigt den Raum, aber nicht ohne die stärkste Rückwirkung des Lebensraumes auf die Ausgestaltung der Lebensform. Die Veränderlichkeit der Lebensgrundlage in Umgestaltung der äußeren Lebensbedingungen mußte den Anstoß geben zu der sich immer mehr entwickelnden Mannigfaltigkeit, in der die organische Welt die Biosphäre „in Anpassung“ zweckmäßig zu besiedeln vermag.

So haben wir uns die Fülle der physiognomischen Vegetationsformen nebeneinander als in Äonen von Jahrtausenden im Anschluß an ihre Phylogenie entstanden vorzustellen, reizbar und anpassungsfähig, im Kampf untereinander oder miteinander alljährlich dem Pulsschlage gemeinsam sich beugend, der vom Auf- und Niedergehen des strahlenden Himmelsgestirns geordnet wird.

Über die Entstehung der Anpassungen, die „Adaptiogenese“, hat unter Vergleich mit der *Darwinschen* und *Lamarckschen*

¹⁾ *J. P. Lotsy*: Vorlesungen über Descendenztheorien I und II; S. 750. Jena 1906—1908.

²⁾ *O. Drude*: Ökologie der Pflanzen. S. 276 bis 278. (Die Wiss. 50. Braunschweig 1913.)

Anschauung A. E. Parr¹⁾ eine zugleich die Erblchkeitslehre in ihrer gegenwärtigen Form streng berücksichtigende Abhandlung herausgegeben, die dem Ökologen zur Prüfung empfohlen werden soll. Sie soll zu den Endurteilen führen,

daß Adaptiogenese und Phylogenese zwei ganz verschiedene Vorgänge sind, von welchen die erstere von dem Verlauf der letzteren (nicht umgekehrt) abhängig ist;

daß die Adaptiogenese selbständig erklärt werden kann;

daß alle Anpassungsverhältnisse, soweit sie negativ aufgefaßt werden können, durch das Selektionsprinzip erklärbar sind;

daß aber das Selektionsprinzip nicht im darwinistischen Sinne verwendbar ist, weil ihm nur der Wert eines rein negativen Faktors beigelegt werden kann, der keinen richtungsbestimmenden Einfluß auf die Phylogenese selbst auszuüben vermag, indem er nur die Richtung der Lebensfähigkeit, nicht die der Phylogenese bestimmt — und weil dieses Prinzip die Verhältnisse durch eine Auslese der Umgebungen in der Weise erklärt, daß die von ihrer selbständigen Phylogenese gerichteten Stammeslinien sich innerhalb angepaßter Umgebungen bewegen.

So im Pflanzenreich. Den Tieren steht für das Anpassungsverhältnis die aktive Wahlmöglichkeit der einzelnen Organismen zur Verfügung.

Zur Nutzenanwendung auf unsere ökologischen Arbeitsmethoden bedarf es noch einiger Erläuterungen zum vorhergehenden, nach dem Ausdruck ihres Verfassers. Zunächst die Warnung vor dem Fehler, Anpassungen als Eigenschaften der Organismen aufzufassen, während sie nur eine Relation darstellen, ein gegenseitiges Verhältnis zwischen dem Organismus und seiner „Umwelt“ (seinen Umgebungen). Die Umwelt aber zeigt nur „prospektive Adaptationen“, d. h. sie bietet dem sie zum Standort wählenden Organismus je nach ihrer Naturbeschaffenheit nur eine beschränkte Auswahl von Möglichkeiten, andere im Ozean und Binnengewässer, andere im regenreichen Äquatorallande und in hoch polaren Breiten. Das Wahlvermögen der „organismischen Tätigkeit“ bei den Pflanzen ist, entsprechend Darwins Selektionsprinzip, negativ wirksam, indem die wahllos nach allen möglichen Richtungen ausgestreuten Keime an den für sie ungünstigen Orten sterben, während ein Anpassungsverhältnis zwischen dem bezüglichen Organismus und seiner Umwelt besteht, „wenn die reellen, vom totalen Mechanismus des Organismus und seiner Umgebungen zusammen bestimmten Funktionen einen für die Bewahrung des Organismus günstigen Charakter haben. Denn erst wenn die Form zum Sitz einer

¹⁾ Albert Eide Parr: Adaptiogenese und Phylogenese. Zur Analyse der Anpassungserscheinungen und ihrer Entstehung. Abh. z. Theorie d. org. Entw. Neue Folge. H. 1, 60 S. Berlin 1926.

Funktion wird, deren Charakter sie bestimmt, bekommt sie biologische Bedeutung als ein aktiver, organischer Mechanismus" ¹⁾. Es wird also erst durch ihre Funktionen bewirkt, daß die Organismen zu ihren Umgebungen in derartige Verhältnisse treten, daß diese zu den biologischen Anpassungsverhältnissen gerechnet werden dürfen.

Die „Funktion der Umgebung“ erscheint dabei zunächst als ein etwas dunkler Begriff, den ein von *Eide Parr* gegebenes kleines Beispiel erläutern mag: „Wenn ein vierfüßiges Tier sich über den Boden bewegt, fungiert der letztere durch seinen Gegendruck gegen die Unterstütsungsebenen der Glieder. Es zeigt sich dies am besten, wenn man Bewegungen über verschiedenartige Böden vergleicht, z. B. über Flugsand und über festen Felsen, wo die Bewegungen des Tieres verschieden werden, nicht aus inneren Ursachen, sondern weil die Funktionen der Umgebungen verschieden sind.“ Wie klar liegen die Vergleiche für die Wurzel-tätigkeit der Pflanzen hiermit!

Unter „prospektiven Funktionen“ eines Organismus versteht man sämtliche Funktionen, die er in allen denkbaren Umgebungen würde ausführen können. Die „reellen Funktionen“ müssen natürlich unter allen Umständen unter den für jedes Korrelat abstrakt möglichen sein und sind praktisch sehr begrenzt; denn eine jede Lebenstätigkeit ist einem mit bestimmten dynamischen Propagationskräften ausgestatteten Organismus unmöglich, solange nicht sämtliche notwendige Lebensfunktionen unter den prospektiven, im Anpassungsverhältnis zwischen ihm und seiner Umwelt vorhandenen Bedingungen gewährleistet sind.

In den Bereich solcher prospektiven Funktionen gehören auch — als ein Faktor der dynamischen Propagationskräfte jeder Lebensform und Art — die äußerst mannigfaltigen Züge in der Verbreitungsbiologie. In ihrem allgemeinen Charakter in jedem Lehrbuch der Pflanzengeographie abgehandelt, verdient sie für jedes Ländergebiet in Beziehung zu den Winden, zum Meer, zu den phänologisch bestimmten Samenreifezeiten, auch zur Tierwelt, eine Sonderdarstellung. Als Muster einer solchen für Nordeuropa sei hier auf die Verbreitungsbiologie der skandinavischen Pflanzenwelt von *Rutger Sernander* hingewiesen. (*Rutger Sernander*: Den Skandinaviska Vegetationens Spridningsbiologie. Mit einem deutschen Résumé. Upsala 1901.)

Diese Gewährleistung mag zunächst zufällig sein: Durch Eingreifen der biologischen Gesetze kann aber dies zufällige Zusammenstoßen, dies Übereinstimmungsverhältnis befestigt und permanent werden. Ist diese Übereinstimmung gesetzmäßig bestimmt und befestigt, so müssen alle Organismen gleicher Art in demselben Anpassungsverhältnis zu den Umgebungen stehen, denn gleiche Organismen müssen gleichen Gesetzen gehorchen. Wenn ihr Verhältnis aber in einer bestimmten Beziehung frei variiert, ist mindestens der variiierende Teil dieser Beziehungen nicht bestimmten

¹⁾ Die organismische Tätigkeit wird von mir kurz als Inbegriff der dynamischen Propagationskräfte bezeichnet. Bereits in Ökologie (1913) habe ich mit Nachdruck darauf hinzuweisen versucht, daß die Einteilung der „Lebensformen“ unter Berücksichtigung ihrer Ökologie zu geschehen habe, d. h. ihrer Funktion. Diese ihre Funktion ist aber sehr häufig eine in der Phylogenese mitgegebene Adaptogenese.

eindeutigen Gesetzen unterworfen und kann folglich kein Anpassungsverhältnis sein¹⁾. Nur wenn die Art feste Begrenzung zu den passenden Umgebungen zeigt, ist das Verhältnis als ein Anpassungsverhältnis zu betrachten. Die kleinen Verbesserungen der Anpassung, wie sie *Darwins* Richtungen als Anpassungslinien bezeichnen, sind Voraussetzungen aus der Variation an sich, und die Eigenschaft, wegen welcher der eine Variant ausgewählt wird, ist eben seine bessere Anpassung, die ihm den Sieg im Kampfe um den Raum bringt, eine Voraussetzung der Selektionswirksamkeit.

Nach dieser kritischen Untersuchung des Begriffes der Anpassungen und des negativen Wertes des Selektionsprinzips ist die Frage der Auslese in eine andere Stellung gebracht. Sie lautet nicht mehr: „Wie sind die Organismen angepaßt worden?“, sondern „Wie sind die Anpassungsverhältnisse zwischen Organismus und Umwelt entstanden?“ Dementsprechend ergibt sich auch eine ganz andere Antwort. Es sind nicht die Organismen, die durch Selektion an die Umgebungen angepaßt worden sind, sondern das Verbreitungsgebiet der Organismen, das durch Selektion der Umwelt auf diejenigen Umgebungen begrenzt worden ist, die im Anpassungsverhältnis zu den bezüglichlichen Organismen stehen. Nur gewisse angepaßte Umgebungen sind zur fortgesetzten Existenz des Typus auserlesen worden.

In den einzelnen Fällen, fügt *Eide Parr* (S. 14) hinzu, wird die reelle Grundlage dieser Antwort und der des Darwinismus dieselbe sein: Die Art und Weise aber, wie die allgemeinen Gesetze der Adaptiogenese aus den einzelnen Fällen abgeleitet werden, ist grundverschieden. Nach der hier dargelegten Theorie werden die Umgebungen der Organismen durch die selbständige Richtung der phylogenetischen Linien bestimmt, nach darwinistischer Anschauung wird die Richtung der phylogenetischen Linien von den Umgebungen diktiert.

Die Ausführungen, welche dann über die lamarekistische Theorie, welche zum negativen Selektionsprinzip das positive durch Rückwirkung von der Funktion zum fungierenden Mechanismus in der Phylogenese hinzufügt, weiter folgen, können wir hier übergehen, da sie die Nichterblichkeit erworbener Eigenschaften als Resultate der heutigen Erbliehkeitsforschung mit zugrunde legen,

¹⁾ Dieser letztere Satz verdiente große Beachtung in den neuerdings so sehr überhand nehmenden Bearbeitungen kleiner und kleinster Gebiete auf Assoziationswerte ihrer Besiedlung. Beispiel: *Anemone nemorosa* ist sowohl Laubwaldart als auch Besiedlerin von Bergwiesen in Mitteleuropa; sie steigt aber auch über die Fichtenwaldgrenze in die subalpine Höhenstufe der Gebirge wie viele andere, z. B. *Trientalis*. Oder: *Epipogon aphyllus*, in Südhannover Seltenheit der Buchenhochwälder im modernden Laubhumus; in Graubünden (Schanfigg, *H. Beger*, Literaturzitat S. 5, 1922) als treue Art des geschlossenen Fichtenwaldes. Vgl. weiter unten den Begriff der „Elementarassoziation“.

welche, wie eingangs kurz gesagt, der Evolutionstheorie überhaupt jede Begründung entziehen würde¹⁾.

Aber was von Anpassung und Auswahl des Standortes unter den prospektiven Funktionen gesagt wurde, erscheint von grundlegender Bedeutung nicht nur für die Einzelart und ihr Areal, sondern fast noch mehr für die Fragen der Soziologie im Vegetations-teppich der Erde, bei denen unausgesetzt Änderungen der Umwelt (*peribologenetisch* nennt *Eide Parr* dieselben) durch die Vegetation selbst herbeigeführt werden.

Eide Parr macht mit Recht auf die Beschränktheit unseres Wissens bezüglich des inneren Getriebes im „Totalitätsmechanismus des Organismus“ und der Herleitung seiner Gesetze aufmerksam. Wenn wir ein Anpassungsverhältnis betrachten, untersuchen wir nur ein Organ oder eine Gruppe von solchen, nie den ganzen Organismus mit der Gesamtheit seiner dynamischen Propagationskräfte. Und ebenso zerlegen wir die Erforschung der „peribologenetischen“ Änderungen von Ort zu Ort in getrennte Faktoren, während sie im Zusammenhange ihre Wirkung erfüllen. Diese Mängel führten auch *Fitting* (1926²⁾ zu seiner Äußerung: „Die bisherige ökologische Morphologie wurde wohl allzusehr von dem Banne der teleologischen Betrachtungsweise und der hiermit verbundenen Überschätzung aller Baumerkmale als nützlicher oder gar nötiger Anpassungen an die Umwelt sowie von dem Vorurteil beherrscht, an einseitige Außenbedingungen müßten sich einförmige Anpassungen ausgebildet haben, während die belebte Welt uns doch immer wieder zeigt, daß meist mehrere oder gar viele Wege zum gleichen Ziele führen können. . . . Unter Berücksichtigung der Organisationsmerkmale neben den Anpassungsmerkmalen stehen wir aber jetzt, trotz der ganz zweifellos sehr weiten Verbreitung nützlicher Eigenschaften, den Baueigentümlichkeiten wieder vorurteilsfreier gegenüber. . . . Es mögen Formen (z. B. Xerophyten) aus florententwicklungsgeschichtlichen Gründen an Wohnplätze verschlagen worden sein, wo sie sich ohne besondere Anpassungen daran halten können. Was wissen wir denn Sicheres für die meisten Wohnplätze der Erde über die Stärke des Kampfes ums Dasein — ein Lieblingsbegriff der Ökologie — zwischen ihren Bewohnern, zumal wenn es sich dabei um so

¹⁾ Es würde zu weit führen, diese für die Artanpassung der Lebensform und für die Vereinigung in gewisser Weise gleichgerichteter Arten und Lebensformen zu angepaßten Formationen, bzw. Assoziationen floristischer Gemeinschaft, nicht direkt zur Erklärung heranzuziehenden Gesichtspunkte weiter zu verfolgen. Es mag genügen, dafür auf die geistreiche Abhandlung von *Julius Wiesner*: Erschaffung, Entstehung, Entwicklung, und über die Grenzen der Berechtigung des Entwicklungsgedankens (Berlin 1916) zu verweisen, wo besonders auf S. 181 bis 188 für die wahre phylogenetische Entwicklung eingetreten wird.

²⁾ Siehe oben Anmerkung S. 4.

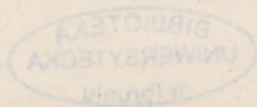
unähnliche Formen wie Bäume, Sträucher und Kräuter handelt? Es wird sich also bei allen ökologisch-morphologischen Spekulationen immer rächen müssen, wenn man historisch-pflanzengeographische Gesichtspunkte außer acht läßt, wie es die Ökologie bisher allzusehr getan hat."

So dunkel, so schwierig steht es also gerade heute, wo die vielseitig gewordene Wissenschaft uns vorsichtiger macht, um die Begründung der letzten Einheiten im ökologischen Zusammenwirken des Vegetationsteppichs aus floristisch bestimmten Elementen, die wir „Elementarassoziation“ nennen wollen, unbekümmert um die noch ausstehende „exakte“ Umgrenzung. Aus ihnen soll sich eine Lokalität, eine Vegetationsregion, eine Vegetationszone aufbauen, das Pflanzenkleid der Erde im einzelnen ökologisch und floristisch verständlich werden.

Schon jede Elementarassoziation trägt natürlich eine besondere „Physiognomie“, denn sie besteht aus mancherlei Arten, deren jede einzelne ihre besondere Physiognomie besitzt. Erkennen wir nicht auch im Winter alle unsere Bäume und Gesträuche am nackten, blattlosen Gezweig? Aber diese malerische Intuition ist nicht die richtige Grundlage der Beurteilung von Lebensformen; dieselben sind mehr: jede Physiognomie ist die Trägerin organismischer Tätigkeit, Inhaberin „dynamischer Propagationskräfte“ für die Erhaltung ihrer selbst in dem durch die prospektiven Möglichkeiten ihrer Umwelt ihr verstatteten Umkreis. Die winterkahlen Bäume und Gesträuche kennen wir zwar als ruhend, aber doch befähigt, bei Einwirkung höherer Temperaturen in genügender Zeit Blätter zu treiben, zu blühen, Früchte zu reifen, alles in spezifisch von der Klimalage geregelterm Tempo, Samen auszustreuen, oft eine Million für einen Keimling. Das meint die „ökologische Physiognomie“, welche die in der Phylogenese zugleich mitentstandenen adaptiogenetischen Eigenschaften auf ihre Gesamtwirkung bezieht. Aus vielen phylogenetisch geschiedenen Kreisen sind durch Konvergenz der Adaptiogenese sehr ähnliche Lebensformen entstanden, wenigstens was ihre Äußerung im Zusammenwirken einer Elementarassoziation betrifft. Ein einfaches Beispiel: die Rhizomtätigkeit von *Anemone nemorosa* und *Paris quadrifolia* im tiefen Moderhumus des Laubwaldes. Und viele nahe Verwandte verhalten sich verschieden; Beispiel: *Ranunculus* Sect. *Batrachium* und *R. repens*, *lanuginosus*.

III. Ökologische Physiognomie. Vegetationszonen und Florenreiche.

Zur Lebensform und ihren dynamischen Funktionen in „Epharbose“ mit den prospektiven Funktionen ihrer Umwelt müssen wir also immer wieder zurückkehren, wollen wir die Asso-



ziationen und ihre Komplexe zu Formationen feststellen und auf ihre Causalität untersuchen. Was gibt es dabei zu tun, damit wir das Gesetz der Darstellung uns vom Gegenstande selbst geben lassen? Dieser Gegenstand ist die ökologische Physiognomie einer bestimmten Landschaft. Wir müssen

1. die Assoziationen auf Grund allseitiger floristischer Aufnahmen physiognomisch herauschälen, d. h. ihre Lebensformen, getragen von der floristischen Facies, zum besonderen Charakter erheben¹⁾;

2. die Lebensbedingungen bzw. die zusammenhaltenden Faktoren der Assoziation, innerhalb der allgemeinen klimatischen Periodizität aus den prospektiven Funktionen ihres Mediums (Wasser, Humuserde, Sand, Fels usw.) entsprechend den ökologischen Bedürfnisfragen feststellen;

3. die inneren Beziehungen der die Assoziation (Bestandestypen) zusammensetzenden Lebensformarten nach ökologischer Morphologie, klimatischer Phänologie und den physiologischen Experimentalmethoden prüfen und als Auswirkungen ihrer Epharrose erklären;

4. ihre Dauerhaftigkeit auf den stabilen oder migratorischen Charakter (z. B. Torfmoor im Vergleich mit Sanddüne) hin unter voller Berücksichtigung der Sukzessionsfragen beurteilen;

5. die Formationen nach den großen Arealscheidungen der genetischen und klimatischen Geobotanik in klimatisch geschiedenen Vegetationszonen zum Gesamtbilde des Vegetationskleides der Erde vereinigen, welches sich mit dem der Florenreiche überdeckt.

Während Punkt 1 bis 4 der vorhergehenden Arbeitsfolge in den späteren Abhandlungen der an dieser Abteilung beteiligten Herren Mitarbeiter selbständige Behandlung erfahren, erscheint es notwendig, zu Punkt 5 das Verhältnis der Florenreiche zu den klimatischen Vegetationszonen der Erde in gedrängter Kürze hier zu erläutern.

Die Florenreiche sind der höchste zusammenfassende Ausdruck der systematisch-phylogenetisch die Areale gleicher Verwandtschaft zusammenfassenden floristischen Pflanzengeographie, deren Methode von *G. Karsten*²⁾ bereits kurz in diesem Handbuch (1922) dargelegt worden ist, auf S. 310 bis 313. Auch sind zum Schluß jener Abhandlung und als Auslauf paläontologischer, auf dasselbe Ziel hinlaufender Befunde und Richtschnuren die Florenreiche in der jetzt zumeist üblichen Zusammenordnung

¹⁾ Vgl. die Abh. von *Scharfetter*: Abschn. II, Gliederung der Pflanzengesellschaften.

²⁾ Siehe vorn S. 3.

Methode, die hier nicht zu besprechen ist, muß mit den von gewissen Zentren weithin ausstrahlenden Elementen jedes Florenreichs rechnen, in einer Darstellung, wie sie von mir bereits im Jahre 1884 zuerst versucht¹⁾ und seitdem unablässig weiter verfolgt worden ist. Sie soll in einer neuen Ausgabe des Handbuches der Pflanzengeographie weiter erörtert werden.

Hier genügt unter Hinweis auf die nebenstehende Karte die kurze Darlegung, daß von beiden Polen arktische und antarktische Florenelemente nach Süden und Norden ausgestrahlt sind, die in Nordamerika und Eurasien das große, breit zusammenhängende boreale Florenreich durchsetzt haben, während die schwachen antarktischen Elemente in Neuseeland und Patagonien auf nothogäische (= australe) Floren stoßen.

Südlich der bedeutenden Wald- und Wiesenländer des Borealen Florenreiches folgen in Nordamerika das vielfach ineinander fließende Sonorische und Apalachische Florenreich bis zur Nordgrenze der echten Tropenflora, in Eurasien das Mediterran-orientalische und das Ostasiatische Florenreich mit einem von diesen umschlossenen und sie selbst durchsetzenden Florenreich arider Wüstensteppen: Arabien—Innerasien. Diese, man darf fast sagen, aus Bequemlichkeit, mit dem borealen Florenreich zu einem Riesenkomples unter der Bezeichnung „Holarktisches Florenreich“ neuerdings wieder vereinigten Gebiete dreier Kontinente sind untereinander floristisch so stark differenziert, ebenso in ihrer geologischen Entwicklung, daß unter Anwendung der *Jaccardschen* später folgenden Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsbestimmung schon im Gattungswerte die Unmöglichkeit dieser Zusammenhäufung rein arealstatistisch hervorgeht.

Die drei kontinentalen Südspitzen im Atlantischen, Pazifischen und Indischen Ozean sind, abgesehen von den schon genannten antarktischen Florenelementen, von den drei selbständigen „nothogäischen“ Florenreichen besetzt, die wir als das Andine, das Südafrikanische und das Australasische Florenreich kurz bezeichnen können. Was nun übrigbleibt, gehört der eigentlichen Tropenflora an, die in Tropisch-Amerika, Tropisch-Afrika und Tropisch-Indien ihre drei Zentren hat, ohne dabei der schwierigen Sonderstellung von Madagaskar zu Afrika, Vorderindien zu Afrika und Hinterindien, Neuseeland zu Neuguinea und der Antarktis des näheren hier zu gedenken.

Es sollte nämlich hier nur die große Hauptsache hervorgehoben werden, daß innerhalb der hier aufgezählten und auf unserem Kärtchen mit ihren heutigen Entwicklungszentren eingetragenen Florenreiche nicht eine einzige selbständige

¹⁾ *O. Drude*: Die Florenreiche der Erde. Karten, Taf. I bis III; *Petermanns Mitt. Erg.-H. 74*. Gotha 1884.

Assoziation aufzuzählen ist, die (von benachbarten Einstrahlungen abgesehen) auch für ein anderes Florenreich Gültigkeit hätte. Und dieser Grundsatz ist methodisch nicht zu übersehen für die Assoziationen.

Ganz von dieser floristischen Erdgliederung abweichend verhält sich das Klima, demnach ebenso abweichend die klimatisch bestimmten Formationen, obwohl dieselben mit ihrer nach Gattungen und Arten gegebenen Grundlage doch stets den einseitigen Charakter des Florenreiches tragen. Die floristische Facies und die Gruppierung der Lebensformen gehen also nicht konform! Denn das aktinische Klima folgt in seinen Temperaturen den Breitenkreisen, und diese schneiden quer über die Weltmeere und finden diesseits und jenseits derselben analoge Formationsanordnung auf thermischer Grundlage, Tropenwälder, Savannen, Steppen, Sommerlaubwälder und grüne Wiesen, Moore, Tundren, vereiste Hänge mit spärlichem Pflanzenwuchs von Moosen und Flechten.

Gibt es eine Möglichkeit, die dem Antlitz der Erde vom Sonnenstande und Wechsel der Jahreszeiten aufgeprägte Gesamterscheinung dem Vegetationskleide entsprechend zusammenzufassen? *Penck*¹⁾ hat die Lösung dieser Frage versucht durch Bezug auf den jährlichen Kreislauf der Niederschläge. Ungeheure Flächen von Land geben ihre aus den Niederschlägen gewonnenen Wassermengen in den Quellen, Bächen, Flüssen und Strömen dauernd wieder an das Meer ab; diese werden als phreatisch bezeichnet. In anderen Ländergebieten geht alles durch Niederschläge empfangene Wasser durch Verdunstung verloren; Flüsse, welche aus phreatischen Nachbargauen in ein solches Gebiet Eintritt nehmen, dorren aus, ohne das Meer zu erreichen: diese Gebiete heißen aride. In einer dritten, kalten Ländergruppe fallen die Niederschläge als Schnee; wird das Land vergletschert, geht das Wasser in Gestalt von Gletschereis zu Tale oder in das Meer: sie werden als nival bezeichnet. Durch abschwächende oder verstärkende Präpositionen zu diesen Hauptbezeichnungen kann man nun die unendliche Mannigfaltigkeit in den faktisch auf der Erde sich darbietenden Niederschlagsverhältnissen einigermaßen adäquat zum Ausdruck gelangen lassen. Besonders sind da auch für unsere Assoziationen die einschneidenden Standortswirkungen zu berücksichtigen, welche mitten in phreatischen Gebieten quellenlos dürre Plätze erstehen lassen, z. B. schroffe Felswände mit Exposition gegen Sonnenstrahlung, die

¹⁾ *Albrecht Penck*: Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin. 12. 236 (1910); vgl. Meteorwasser in Handwörterb. d. Naturw. 6. 864 (1912).

im Sommer wasserlos, im Winter dagegen regenfeucht sind. *Penck* gebraucht für diese Verhältnisse das Wort *pseudoaride*.

Die bereits von *de Candolle* eingeführte Bezeichnung für das *Wärmebedürfnis* der Pflanzengesellschaften kann dann besonders den Bezeichnungen für die phreatischen, am meisten zwischen Süd und Nord ausgedehnten Landgebiete zur inneren Einteilung zugefügt werden, wie für die Übergänge von dauernd phreatischen zu dauernd nivalen Standorten die oft gebrauchten Bezeichnungen prä-nival, subnival, intranival die geobotanischen Steigerungen bezeichnen müssen. Somit erhält man für die Hauptgruppen von Besiedelungsorten klimatischer Assoziationen folgende ökologisch bedeutungsvolle Klassifikation:

Niederschläge	Vegetationstemperaturen
per- hemi- pseudo- phreatisch:	<ul style="list-style-type: none"> Megathermen (um 25° C); Hygrophyten, Mesophyten. Mesothermen (zirka 10 bis 20° C Jahresmittel) Mikrothermen (zirka 0 bis 10° C)
per- semi- pseudo- arid:	<ul style="list-style-type: none"> Megatherme Xerophyten, xerochimen Mesotherme Xerophyten, xerother Mikrotherme Xerophyten, psychrochimen
intra- semi- prä- nival	<ul style="list-style-type: none"> Hekistotherme Niphotheren (unter 0° C, Schneefälle auch im Sommer) Mikrotherme Brachytheren (schneefreie Sommerperiode kurz) Mikrotherme Psychrochimenen (in den prä-nivalen Formationen)

Es ist dies natürlich nur ein rohes Schema, welches die Methode darlegen soll, wie sich *Pencks* Methode, das Antlitz der Erde ökologisch für die Vegetationszonen, bzw. ihre Höhenstufen zu beurteilen, mit den für unsere Zwecke unerläßlichen thermischen Gesamtwerten zu verbinden gestattet. Die hiernach möglichen Kombinationen sind bereits sehr mannigfaltig, erhalten aber durch Berücksichtigung der weiteren Frage, wie groß der Temperatur- und Niederschlagsunterschied zur Zeit des höchsten und niedersten Sonnenstandes ist, einen noch komplizierteren Aufbau. Nach dieser letzteren Grundlage sind von mir in der „Ökologie“¹⁾ früher 18 Klimatypen aufgestellt, die sich unschwer in das *Pencksche* Schema eingliedern lassen. In dessen Sinne aber die Wirkung des meteorischen Wassers im Wechsel der Jahreszeiten voranzustellen,

¹⁾ *O. Drude*: Die Wiss. 50. 154 bis 161, Braunschweig 1913; Dasselbst Angaben weiterer Literatur.

entspricht insofern den herrschenden ökologischen Anschauungen am besten, als die Wasserversorgung der Landpflanzen als die erste Lebensbedingung derselben durch den Boden vermittelt angesehen wird, und dann das süße Wasser selbst mit seinen Bewohnern (Hydrophyten) und endlich die Ozeane mit ihren submersen Halophytenformationen sich folgerichtig anschließen. —

Die geobotanische Ökologie hat in der Formationsbezeichnung grundsätzlich die Physiognomie der Lebensformen voranzustellen und die Umgebung als Inbegriff der Lebensbedingungen folgen zu lassen. Also z. B.:

Äquatoriale Regenwälder = Megatherme Hygrophyten in perphreatischem Lande.

Camposbuschvegetation = Megatherm-xerochimene Mesohygrophyten auf semiariden Hochflächen.

Saxaulvegetation Hochasiens = Psychrochimene Xerophyten auf perariden (bis pseudophreatischen) Sanddünen usw.

Die darstellende Pflanzengeographie wird es natürlich zu meist bei den Spezialnamen (links) bewenden lassen und die langatmige Erklärung (rechts) nur in Überschriften anführen.

Den von *F. W. Schimper*¹⁾ für die ökologischen Generalklassen: Hygrophyten, Mesohygrophyten (= Mesophyten), Xerophyten und Tropophyten, gebrauchten Formbegriff der letzten Gruppe kann man in diese hier gemachten Einteilungen nicht einreihen (vgl. *Drude*: Ökologie S. 120). Abgesehen von der geographischen Verwechslungsmöglichkeit, ist er keiner biologisch-einheitlichen Definition fähig, da von den Wendekreisen bis zu den Polen hin bald durch Hitze und Dürreperioden, bald durch Fröste und Schneebedeckung gezwungen die Vegetation zum Stillstand gebracht wird und in dieser Ruheperiode die ungünstige Jahreszeit überdauert. Zwingt nicht sogar der Lichtwechsel mit sinkender Temperatur submerse Hydrophyten zu „tropophytischer“ Lebensweise?

Vegetationstypen. Immer soll das Streben darauf gerichtet sein, die Formerscheinungen der Pflanzenwelt, also deren korrekt ökologisch verstandene Physiognomie, mit den causal als erfüllte Lebensbedingungen der Adaptiogenese sie verbindenden klimatisch-hydrographischen Verhältnissen im großen Maßstab darzustellen. Dies ist allgemein die Aufgabe der „Physiogeobotanischen“, kurzweg der „Physiographischen Ökologie“.

¹⁾ *A. F. W. Schimper*: Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898, *G. Fischer*. S. 24. Gerade die physiologische Ökologie darf das Abwechseln durch Trockenis oder Kälte nie verwechseln; nivale und peraride Assoziationen stimmen nirgends auf der Erde überein. *Schimper* liebte öfters zu starke derartige Zusammenziehungen in seinem berühmten Buche.

Über die floristische Facies in allen Formationen entscheidet dabei, wie oben auseinandergesetzt, der Charakter des jeweiligen Florenreiches; die allgemeinen physiographischen Zustände der herrschenden Umgebung fallen unter die Klassifikation der phreatischen, ariden, nivalen Landschaftszustände und ihrer die Vegetationszonen und Gebirgsstufen scheidenden thermischen (zugleich die aktinische Sonnenwirkung mitenthaltenden) Hauptwerte; die physiognomischen Haupteinheiten, die Gegenseite der Physiogeographie, bleiben noch kurz anzuführen. Wir nennen dieselben Vegetationstypen; sie bilden ein weiterer Bearbeitung anheimgegebenes Kapitel.

Es ist für das Folgende wichtig, eine knappe Zusammenstellung dafür zu geben, wie sie als ein der Verbesserung bedürftiger Rahmen in „Ökologie“ (1913) S. 225 bis 232 schon veröffentlicht wurde. Sie zerfallen naturgemäß sehr ungleich nach Land und Wasser. Jeder Typus besitzt gewisse physiognomische Lebensformen als Grundlage der zu ihm gehörigen Formationen und floristischen Assoziationen für sich allein und bildet für diese eine meist auch klimatisch mehr weniger scharf umgrenzte Zentralstelle.

A. Phreatische, aride und nivale Vegetationstypen des Landes.

1. V.-T. der immergrünen Tropenwäldungen. (Phreatische Regenwälder, Megathermen.) Besondere Merkmale: Schopf- und Kronenbäume, Baumgräser, Holzlianen, Kletter- und Knollenstammepiphyten, Baumfarne, epiphytische Farne, mannigfaltige Parasiten. Periodizität in Abhängigkeit von den Regenzeiten.

2. V.-T. der tropisch-regengrünen Wäldungen. (Hemiphreatisch mit ausgesprochener Trockenperiode, Megathermen.) Besondere Merkmale: Phänologie der Belaubung und Blüte in strenger Abhängigkeit vom Einsetzen der Zenithalregen. Schopfbäume und Epiphyten mit xerophiler Organisation. Pseudoaride Standorte verbreitet.

3. V.-T. der subtropisch-immergrünen Hartlaubwäldungen. (Phreatisch und hemiphreatisch ohne Frostperioden, Mesothermen.) Besondere Merkmale: Phänologie der Belaubung und Blüte in Abhängigkeit vom Ansteigen der Temperaturkurve. Baumfarne und Schopfbäume noch mit Kronenbäumen gemischt, dazu frostempfindliche Nadelhölzer. Holzlianen abnehmend.

4. V.-T. der temperiert-borealen sommergrünen Laub- und frosthart-ausdauernden Nadelwäldungen. (Phreatisch bis prä-nival, streng periodisch durch Frostruhe; Mesothermen und Mikrothermen.) Besondere Merkmale: Nur Kronenbäume der Dikotylen und — zum Prä-nivalen ansteigend — immergrüne und sommer-

grüne Nadelhölzer, ebensolche Gesträuche. Holzlianen wenig formenreich, nach Norden abnehmend, oft fehlend. Epiphyten: Flechten und Moose. Alle Formen von rediviven und geophilen Stauden gemischt mit Zwerggesträuch und Gräsern.

5. V.-T. der immergrünen und sommergrünen Niederholzformationen aus Gebüsch und (den Boden deckendem) Gesträuch. (Phreatisch und pseudoaride, hemiphreatisch bis seminival; Mega-, Meso- bis Mikrothermen.) Als selbständige Formationen schließen diese „Niedergehölze“ den Wald aus, in den sie sich an den Verbindungsstellen mit dem Waldklima einmischen, um ihn nival zu überragen. Beispiel: Heiden, Krummholzgebüsche, Macchien u. a.

6. V.-T. der periodisch an die Regenzeiten gebundenen Savannen und Hochgrassteppen, Baum- und Strauch-Grassteppen. (Hemi- und pseudophreatisch durch überdauerndes Grundwasser, Mega- und Mesothermen.) Dieser Typus enthält die tropische Form der im periodischen Regenklima zu mächtiger Entwicklung gelangenden Grasfluren, welche sogar Schopfbäume (Palmen!) nicht ausschließen. Seine Formationen schließen sich an Typus 2 an; Übergänge zu Typus 8.

7. V.-T. der ausdauernden Graswiesen und Grasmoore, Grassmatten und Staudenfluren. (Phreatisch, pseudophreatisch bis seminival; Meso- und Mikrothermen.) Herrschend die geselligen Formen der auch im Winter oberirdisch grün ausharrenden Gräser und Riedgräser mit gemischtem Kräuterwuchs.

8. V.-T. der Xerophytensteppen und Wüstensteppen. (Aride in allen Graden bis zum Pränival; Poikilothermen, d. h. im Sommer megatherm und im Winter mikro- bis hekistotherm.) Das Jahresklima und zumal das des Sommers, entscheidet über das hier herrschende Gemisch von Lebensformen aller Xerophyten, von Niedergehölzen (Dornsträucher), Sukkulente (Kakteen, Kandelaber-Wolfsmilche), Zwergsträuchern („Sage-brush“ im Sonorischen Florenreich, s. u., S. 28), Hartgräsern mit Büschelwuchs, Dauerstauden, Zwiebeln, kurzlebigen Sommergewächsen, auch zugehörigen „Halophyten“ auf schwach versalztem Trockenboden.

9. V.-T. der Moosmoore, Tundren, chamaephytischen Stauden, Bryochamaephyten und Flechtenformationen. (Nival in allen Graden; Mikro- und Hekistothermen mit kurzer, oft sehr kurzer Vegetationsperiode.)

Nur in den untersten Stufen der die Waldgrenze überschreitenden „Oreophyten“, wo sich der V.-T. 5 einmischt, gehören Niedergebüsche mit zu den Lebensformen dieses Typus und sinken zu hingestreckten Halbsträuchern herab. Sonst gehört dieser Typus der Gesellschaft aller Staudenformen im Zwergwuchs, den Moosen und Flechten, meist im Kampf mit Gestein und Schnee, auf schwärzlich torfigem Boden oder auf durch die Vegetations-

decke selbst erzeugtem Torf. Die vergletscherten Gebirgshöhen werden von diesen, aus festem Teppich mehr und mehr aufgelösten Einzelgruppen von Niphophyten (Bryochamäphyten und Lichenen) umrandet.

B. Die Hydrophyten- bzw. halophilen Hydrophyten-Gemeinschaften.

10. V.-T. der limnischen, unter Süßwasser wurzelnden oder ganz untergetauchten und schwimmenden Hydrophyten.

a) Gefäßpflanzen (Ufer- und Seichtwasserbestände).

b) Algen, Bacillariaceen, Peridineen (Plankton, Schwebeflora).

11. V.-T. der von Ebbe und Flut des Ozeans abhängigen halophytischen, an die Küsten gebundenen Formationen (Megabis Mikrothermen).

Durch die Stranddünen einerseits und Salzseen im Innern der Landmassen werden Verbindungen zu den V.-T. 6, 7 und 8 gebildet.

12. V.-T. der unter der Flutmarke submersen halophytischen und im Salzwasser assimilierenden Lebensformen.

a) Gefäßpflanzen und Seetange, im Flachwasser wurzelnd.

b) Plankton der Hochsee, im durchleuchteten Wasser schwebend.

Diese Vegetationstypen erhalten nun in jedem Florenreich (s. Karte S. 20), in welchem sie in mehr oder minder großer Anzahl neben- und übereinander angeordnet sind, den besonderen Assoziationscharakter als „floristische Facies“ der Gesamtheit ihrer sie bildenden Arten aufgeprägt.

* * *

Die vorstehende Gliederung vermag zum mindesten das Arbeitsthema, um das es sich hier handelt, seine praktische Bedeutung für die Länderkunde im großen physiognomischen Blick, und endlich seine inneren Schwierigkeiten in ökologischer Hinsicht — Gesamtwirkung der Umgebung auf höchst verschiedenartige Pflanzen zum Einlenken in eine gewisse gleichmäßige Genossenschaftswahl — aufzuweisen. Auch die Frage der Aufteilung oder Zusammenziehung in eine größere oder kleinere Zahl als zwölf ist der Diskussion wert, so sehr dieselbe Sache des Geschmacks und Taktes sein mag.

Eine sehr ähnliche, durch bunte Karte trefflich veranschaulichte Einteilung von *Brockmann-Jerosch*¹⁾, welche zugleich die ariden Flächen weitester Ausdehnung und ebenso die nivalen

¹⁾ *H. Brockmann-Jerosch*: Baumgrenze und Klimacharakter. Karte. Ber. d. Schweiz. bot. Ges. **26**. Zürich 1919.

in minder zutreffender Eintragung wiedergibt, soll hier noch genannt werden. Sie unterscheidet für Festland und Inseln neun Einheitsgruppen unter den Namen: 1. Regenwälder, 2. Lorbeerwälder, 3. regengrüne Wälder, 4. Hartlaubwälder, 5. Heiden, 6. Sommerwälder, 7. Nadelwälder, 8. Trockeneinöden und Hartwiesen, 9. Kältewüsten. Auf diesen Einheiten bauen sich dann die großen Formationsgruppen in stärkerer Gliederung auf, deren Assoziationen je eine bestimmte floristische Facies tragen. (So ausgeführt von *Brockmann-Jerosch* und *E. Rübél* in Einteilung der Pflanzengesellschaften nach ökologisch-physiognomischen Gesichtspunkten. Leipzig 1912.)

Die Serienanordnung von *Warming* (Ökologische Pflanzengeographie S. 318) ist, indem sie bald die Physiognomie, bald den Standort und Boden, bald das Klima zum Charakter der einzelnen Gruppen erhebt, trotz innerer mühsamer Durcharbeitung keine nachahmenswerte Methode. — Es bleibt noch die von *Schimper* in seinem großen Werk eingeführte und von *Karsten* in diesem „Handbuch“, Abt. XI, 1 (S. 320 und 321), wiedergegebene Zusammenziehung nach nur drei „klimatischen Formationsmöglichkeiten“ zu besprechen, welche Morphologen und Physiologen, durch die Knappheit des Ausdruckes bewogen, gern zu ihrer Grundlage wählen, wenn sie von ökologischen Assoziationen sprechen. Die drei klimatischen Hauptvegetationstypen, die überall in verschiedenem Gewande wiederkehren sollen, sind *Gehölz*, *Grasflur* und *Wüste*. Zunächst fehlt der nivale Klimacharakter, der mit der ariden Wüste so wenig wie mit der Grasflur vereinigt werden darf. Und in die Grasfluren sind die Steppen einbezogen, wobei es zweifelhaft sein muß, ob aus Gesträuchen zusammengesetzte Formationen nicht dem Gehölzklima zuzurechnen sind. Aber, wo diese Gesträuchsteppen sich länderweit ausdehnen, sind eben die Bedingungen des Gehölzklimas nicht erfüllt. Ein Beispiel: Weithin durch Utah und Nevada erstrecken sich die nach *Artemisia tridentata*, *Atriplex confertifolia* und *Eurotia lanata* mit dem Landesnamen als „*Sagebrush*“, „*Shadscale*“ und „*Winter-Fat*“-Assoziation bezeichneten Steppen, lückiger oder geschlossener Zwergstrauchwuchs, kein Hochstrauch oder Baum, kein geselliger Graswuchs; siehe *Tidestrom*¹⁾ in der Flora of Utah and Nevada. Solche Zwergstrauchsteppen sind nicht dem Gehölzklima zuzurechnen; sie bilden eine eigene Gruppe von machtvoller Entwicklung, die nur im perariden Extrem als Wüste bezeichnet werden mag. Wiederum sehr verschieden von diesen *zusammenhängenden* Zwergbuschsteppen sind diejenigen mit riesigen Succulenten, Hartgräsern und xerophilen Bäumen, wie sie *Schimper*s so anziehend

¹⁾ *Ivar Tidestrom*: Contributions from U. St. Nat. Herbarium. 25. Taf. 6, 7. Washington 1925.

verfaßtes Werk (Pflanzengeographie usw. S. 668) in Fig. 371 als „nordamerikanische Wüste“ im Gila-desert darstellt. Ein wundervolles Bild unseres V.-T. 8!

*Reiche*¹⁾ bezeichnet die entsprechenden chilenischen Formationen als „Xerophyten-Gebüsch“ bzw. Strauchsteppe. Chylophytensteppe würde noch bezeichnender sein für den ökologisch-physiognomischen Charakter. Wiederum entsprechende Vegetationsbilder liefern die felsigen „Catingas“ Brasiliens, wie sie *Ule*²⁾ trefflich geschildert und abgebildet hat. Das wäre den Geographen, welche Landschaftskunde behandeln, wie *Passarge*³⁾ unmöglich, diese Landschaften zusammen mit etwa der Libyschen Wüste unter gleichen physiognomischen Typus zu bringen. Zumal derselbe überhaupt kein Vegetationstypus ist, sondern nur eine auf Sterilität des Bodens durch Wassermangel bezogene Negation darstellt.

Etwas Ähnliches ist entsprechend vom Typus 5 und 9 zu sagen, welche beide Wald und Grasflur einschränken, ohne Wüste zu sein. Und auch der Wald selbst ist in seiner Konstitution zu verschieden, als daß er unter einem Gehölzklima zusammenzufassen wäre, da er teils gegen das aride, teils gegen das nivale Klima anzukämpfen hat. Diese erzeugen ihre eigenen, vom besonderen physiognomischen Ausdruck beherrschten Bilder, einerseits von xerophytisch, andererseits von niphophytisch organisierten Lebensformen, die nicht Baum, Strauch oder geselligen Graswuchs einschließen. Um auch aus letzteren ein Beispiel zu bringen, sei nochmals auf *Reiche*⁴⁾ verwiesen. Besonders das Bild von *Bolax glebaria* aus dem Magallanosgebiet ist charakteristisch: weit gedehnte Flächen mit Riesenpolstern, welche erratischen Blöcken ähnlich die kühle Ebene bedecken. Ist das Grasflur ohne Gras? Ist es von geschlossenem Zwergwuchs überzogene Wüste? Es soll nur das Unzulängliche einer Methode dargelegt werden, zum Zweck einer erstrebten Vereinfachung durch Sammelbegriffe unter diesen inkongruente Ausdrücke der Natur zu vereinigen.

IV. Die Lebensformen (Vegetationsformen).

Die im vorhergehenden besprochenen großen, als Vegetationstypen der Erde und Ozeane bezeichneten ökologisch-physiognomischen Einheiten setzen sich aus für sie

¹⁾ *Karl Reiche*: Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. V. d. E. 3. 193, Taf. 19 und S. 202, Taf. 20. Leipzig 1907.

²⁾ *E. Ule*: Vegetationsbilder von *Karsten* und *Schenck*. 6. Taf. 15 u. a. Ferner in Ber. Freie Vereinigung f. Syst. u. Pflzg. 1907, Taf. 5 u. a. Wiedergegeben in *Drude*: Ökologie S. 55, 230.

³⁾ *Siegfried Passarge*: Grundlagen der Landschaftskunde. 2. 83 bis 137 Taf. 3 bis 18, Hamburg 1920.

⁴⁾ Siehe oben: V. d. E. 3. 261 mit Taf. 31.

genetische System des Pflanzenreiches unter sich nach ökologischen Grundsätzen aufteilen. Die Lebensformen, ihre Lebensbedingungen und ihre dynamischen, an bestimmte Funktionen ihrer Umgebung und Umwelt gebundenen Propagationskräfte bilden das bereits oben als solches bezeichnete Arbeitsmaterial geobotanischer Ökologie.

Die Lebensformen stellen die morphologischen Grundlagen der spezifischen Adaptiogenese dar, um in die biologischen Assoziationseigenschaften („Soziologie“) als Standortwirkung im Rahmen der physiographischen Ökologie einzuführen. Diese letztere setzt die Eigenschaften der Standorte nach allen klimatischen Faktoren in Zusammenwirkung mit ihren edaphischen Eigenschaften auseinander, untersucht ihre Einflüsse und ordnet das Vegetationskleid der Erde nach Vegetationstypen und Vegetationsformationen, welche durch die sie bildenden Lebensformen ihren physiognomischen Charakter erhalten. Diese physiognomischen Formationen stehen in direkter Abhängigkeit vom Areal der sie konstituierenden Spezies und sie erhalten demnach durch ihr übergeordnetes Florenreich eine territorialfloristische Facies. Solche floristische Formationen bezeichnet man allgemein als Assoziationen, ihre kleinsten wesentlichen Einheiten als Elementarassoziationen bestimmter Arten der herrschenden Landesflora.

Während die Assoziationslehre den folgenden Abhandlungen überlassen bleibt, handelt es sich hier um das Wesen der ökologischen Lebensformen.

Bekanntlich gehört es zu *Alexander v. Humboldts* eigenen Verdiensten um die Pflanzengeographie, die Physiognomik in dem Landschaftscharakter auf bestimmte Erscheinungsformen von Pflanzen zuerst bezogen zu haben. Allmählich erst hat sich dann die richtige Methode, das Pflanzenreich nach Lebensformen aufzuteilen, herausgebildet, dadurch, daß die ursprüngliche Auffassung von *Humboldts* Physiognomik als einer malerischen Intuition sich mehr und mehr in eine ökologische Intuition wandelte.

Diese allein ist die richtige, wissenschaftliche, und ihr Verständnis erleichtert man sich leicht durch ein einfaches Beispiel aus der Gartenkultur. Auch diese nämlich arbeitet, zumal im freien Lande, mit physiognomisch-malerischen Wirkungen, stellt Bäume, Sträucher, Hochstauden an richtige Stellen, fügt Grasflächen ein, deckt Lauben mit Holzlianen, Felswände mit immergrünem Efeu, baut Felsgrotten für Polsterpflanzen, Rosettenstauden, Krummholz, baut Teiche mit niederem Bambusgesträuch am Ufer und Seerosen, auf dem Wasser erblühend. Sie entnimmt ihr Material den klimatisch passenden Florenreichen, z. B. für die Klimmer *Aristolochia*, *Ampelopsis*, *Clematis* aus der ganzen borealen

maßgebenden Lebensformen zusammen, die das ganze phylosphäre, aber sie arbeitet durchaus ökologisch mit den Erfahrungen der Klima- und Bodenansprüche, indem sie z. B. *Dahlia*- und *Gladiolus*-Knollen nur für die Sommerperiode dem Erdreich bei uns anvertraut und genau mit dem Licht- und Wasserbedürfnis jeder Art rechnet, die sie physiognomisch, einschließlich ihrer erwünschten Blütenperiode, verwerten will. Sie schafft also physiognomisch wirkungsvolle Bilder mit ökologisch richtiger Kulturerfahrung. Die botanischen Gärten können diese natürlich auch in Glashäusern frostfrei mit dem reichsten Material und exaktem Wissen vorführen.

Der Begriff der Lebensformen war zu *Humboldts* Zeiten noch nicht verarbeitet, wickelte sich vielmehr (besonders durch *Grisebach*¹⁾) aus den von jenem gegebenen Beispielen methodisch heraus.

Noch heute sind die damals geäußerten Grundsätze *Grisebachs* als richtig und methodisch lehrreich anzusehen, weshalb sie hier im Auszuge (S. 335) wiedergegeben werden: „Die Vegetation ist der unmittelbarste Ausdruck der geographischen Stellung eines Landes und dadurch zugleich von dessen klimatischer Eigentümlichkeit. Von jedem Reisenden muß daher gefordert werden, daß er eine anschauliche Darstellung von der vegetativen Bekleidung des Bodens entwerfe, durch welche innerhalb der durch das Relief bestimmten Grenzlinien des Landschaftsbildes die Physiognomie der Natur in ihrem ursprünglichen Zustande fast allein bedingt wird. Diese Charakteristik kann durch Zeichnungen und Photographien gewinnen, aber nicht ersetzt werden. Es bedarf der systematischen Bezeichnung solcher Gewächse und zu diesem Zwecke einer angemessenen Auswahl nach ihrer physiognomischen Bedeutung, der Aufbewahrung derselben zu späterer Untersuchung.“

„Der Sammler bedarf einer nach den Vegetationsorganen gegliederten Bezeichnungsweise der physiognomisch verbundenen Formen, um eine anschauliche Darstellung des landschaftlichen Charakters geben zu können. Diesem Bedürfnis entspricht *Humboldts* System der Vegetationsformen, welches ... zugleich noch einen anderen Gesichtspunkt darbietet, der für den Fortschritt der Pflanzengeographie noch wichtiger ist....“

„Die Vegetationsformen sind nämlich in weit höherem Maße, als die von den Fortpflanzungsorganen abgeleiteten systematischen Gliederungen des Pflanzenreiches, ein Maßstab für die klimatischen Abstufungen, von denen die geographische Anordnung der Gewächse bedingt wird. Die Familie der Gräser reicht so weit, wie das Pflanzenleben auf gelockertem Erdreich überhaupt, aber die Savannengräser tropischer Klimate zeigen eine andere Bildungsweise der Vegetationsorgane als die Wiesengräser höherer Breitengrade. ... Als wertvoll sind besonders die Beobachtungen zu bezeichnen, wo dem Reisenden zuerst eine neue Vegetationsform begegnete, weil aus diesen geographischen Grenzlinien sich häufig bestimmte klimatische Grenzwerte ableiten lassen, an welche das eben noch mögliche Fortkommen jener Form gebunden ist.“

Diese Sätze mögen zugleich die innere Bedeutung der hier nächstfolgenden Abhandlung von *Handel-Mazzetti* in das rechte Licht stellen.

Seit dieser Zeit ging das Arbeiten an einem befriedigenden „System der Vegetationsformen“ (kürzer: *Lebensformen*,

¹⁾ *A. Grisebach*: Pflanzengeographie in *F. Neumayers* Anleitung zu wiss. Beobachtungen auf Reisen. 1. Aufl. S. 335 bis 339; *R. Oppenheim*: Berlin Dezember 1874.

zur schärferen Unterscheidung von dem Worte „Vegetationstypen“) los, vielfach ernst, vielfach skizzenhaft hingeworfen, wichtig für weitere Zukunft.

Humboldts Beginn damit war erst noch skizzenhaft, wenn auch in den Beispielen gut gewählt, ist aber darin charakteristisch, daß seine Pflanzenformen, nur 16 an der Zahl, mit Ausnahme allein der Lianen sämtlich phylogenetischen Systemgruppen entnommen sind, die also *pars pro toto* darstellen und zwischen sich enorme Lücken lassen. Nadelhölzer und (baumartige) Farne kann man im Sinne ökologischer Physiognomie gelten lassen, aber Kaktusform steht für Stammsucculenten im weiteren Sinn, Pothosgewächse für weichstämmige Wurzelkletterer, Orchideenform für Knollenepiphyten, Palmen, Bananen und Liliengewächse greifen Charakterformen von hohen Monokotylen heraus, Ericaceen solche immergrüner Zwergsträucher, und endlich wird das im Laube so unendlich mannigfaltige Chaos der Baum- und Strauchformen tropischer Dikotylen unter Bombaceen, Mimosen, Myrten, Melastomen- und Lorbeerform zusammengefaßt, ergänzt durch die blattlosen Casuarinen und die schmalblättrig-sommergrüne Weidenform. Immerhin zeigt dieser Anfang, daß zwischen der Phylogenese gewisser Sippen und der mit ihr ebenso dunkel im Zusammenhange entwickelten Adaptiogenese gewisse Korrelationen bestehen, welche für die Aufstellung von Lebensformen beachtlich sind: Gewisse Systemgruppen fallen ganz oder hauptsächlich in eine bestimmte umfassendere Gruppe von Lebensformen, und gewisse Lebensformen beziehen sich auf einige wenige, ja auf eine einzelne Sippe des phylogenetischen Systems und erhalten dadurch (wie bei Palmen und Coniferen) physiognomisch eine erhöhte Bedeutung. Dies wird auch für die Zukunft ein bedeutungsvolles Gesichtsfeld für die ökologische Morphologie bilden können.

Es muß als Ziel, nach welchem die Gliederung der Pflanzenwelt in physiognomische Gruppen strebt, gelten: die Rolle zu bezeichnen, welche den Einzelformen hinsichtlich ihrer Besiedlungskraft im Kampfe um den Raum und ihrem Vermögen, mit gleichen oder ungleichen Genossen soziologische Einheiten zu bilden, zukommt. Und dabei muß diese Gliederung das ganze Pflanzenreich — genau wie das systematisch-phylogenetische Werk — in sich aufnehmen können.

Die ökologische Intuition der Physiognomie basiert nun auf dreierlei verschiedenen Gesichtspunkten: I. der Grundform jedes Gewächses; II. auf der ihm adaptiogenetisch zukommenden Standortserhaltung; III. auf seiner ökologischen Organisation, welche die Physiognomie mit der Physiologie verbindet.

Diese Dreierverbindung mag folgendes Schema erläutern:

I.	II.	III.
<p><i>Physiognomische Hauptformen</i>, nach Lebensdauer, Wachstumsart und -größe, Überdauern der ungünstigen Jahresperiode, vegetativ oder in Samenruhe.</p>	<p><i>Standorte</i> zur physiognomischen Auswirkung: A. Im Ozean; B. im Süßwasser; C. auf humoser Erde, Torf, Sand, Schlamm, naß oder trocken; D. auf anderen Pflanzen; E. auf Fels.</p>	<p>Funktionen der ökologischen Organisation, ganzjährig oder periodisch:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Nahrungsaufnahme und Assimilation; b) Wasseraufnahme, Transpiration und Verdunstungsschutz (bei Landpflanzen); c) mechanische Festigkeit, Sicherung am Ort; Schutz gegen Wind, Regen- und Wasserflut; d) Überdauern der kalten oder der trockenen ungünstigen Jahresperiode, Knospenschutz; e) Blühen, Schaustellung der Blüten und Sicherung der Befruchtung; f) Verbreitungsmittel der Früchte, Samen, Sporen, Sicherung der Keimung; g) besondere Abhängigkeit v. organischen Mitbewohnern nach Nutzen und Schaden.

Das eben ist das Wesentliche in der Fülle von Lebensformen, daß sie alle, oft bis zu den Einzelarten naher Verwandtschaft herunter, sämtlich dieselben Hauptfunktionen für ihr Leben in jeweilig eigenartiger („spezifischer“) und von allen anderen Pflanzen verschiedener Kombination in zweckmäßiger Auswahl unter den demselben Zweck dienenden Organisationstypen erfüllen und damit eine Mannigfaltigkeit der Erscheinung hervorrufen, welche in eine einheitliche Form zu zwingen zunächst überhaupt einmal der Freiheit der Forschung widerspricht. Es werden daher hier auch nur drei methodische Beispiele von *Raunkiaer*, *Warming* und *Drude* aufgeführt.

Vorerst aber wären die hauptsächlichsten sogenannten *Grundformen* (als Elemente der Vegetationstypen S. 25) anzuführen, auf welche alle physiognomischen Charakterisierungen mehr oder weniger gleichmäßig zu beziehen sind und die oben unter Rubrik I nur in ihrem Wesen als „Hauptformen“ zusammengefaßt wurden. Wir beschränken uns auf eine Zahl von zehn *Abteilungen*, unter Ausschluß der Wasserpflanzen.

A. Vieljährig ausdauernde, frei auf eigenem Stamm wachsende Bäume und Sträucher.

1. *Schopfbäume* mit nur einer Blätter entwickelnden *Endknospe* am Hauptstamm oder an dessen Gabelungen. Zeichen $\frac{\oplus}{\ominus}$.

2. **Kronen- oder Wipfelbäume** mit reich verästeltem Stamm, Ästen und Zweigen, an diesen stets neue Verjüngungsknospen bildend. Zeichen \ddagger .
 3. **Vielstämmige**, aus dem Wurzelstock sich verzweigende Sträucher; Knospen wie unter 2. Zeichen \ddagger .
- B. Windende, schlingende, klimmende, rankende Gewächse, fremder Stütze bedürftig.**
4. **Lianen** mit windendem Stamm oder durch Ranken klimmend. Stamm verholzt, vieljährig oder kurzlebig unverholzt. Zeichen \triangle §.
 5. **Kletterwurzler**, langlebige holzige oder weichstämmige Pflanzen mit Beiwurzeln an Bäumen (A) oder Felsen angeheftet. Zeichen \triangle .
- C. Fleischige, keine Blattknospen ausbildende Stammgewächse.**
6. **Chylokaulen**, langlebige Säulen- oder Kugelstämme, die niederen Formen oft über dem Erdboden polsterförmig verzweigt, meist verdornt. Zeichen \bigcirc .
- D. Kurzjährig audauernde, niedere, aus dem Wurzelstock sprossende Niedergehölze.**
7. **Zwerg- und Halbsträucher**, buschig-aufrecht oder hingestreckt. Zeichen \ddagger bzw. \ddagger 2.
- E. Kräuter, vieljährig ausdauernd und sich aus dem Rhizom verjüngend, oder mit Knollen, Zwiebeln usw. unterirdisch ausdauernd, oder nach ein bis zwei Jahren absterbend.**
8. **Kriech- und Wanderstauden** mit oberirdischen Läufern oder mit unterirdischen, aus Kraftknospen sich bildenden Verjüngungsknospen. Zeichen $\underline{2}$ und $\underline{2}$.
 9. **Bodenständige**, zwei- bis vieljährige Stauden mit Rosette oder kopfartig verdickter Rhizomsprossung an der Erdoberfläche. Zeichen $\underline{2}$, $\odot\odot$.
 10. **Kurzlebige Therophyten**, in einer Vegetationsperiode schnell Früchte reifend und die nächste Periode in Samenruhe erwartend. „Einjährige“, Zeichen \odot .
- Bemerkung: Die Gräser und Verwandten verteilen sich nach Lebensdauer unter Nr. 3, 7, 8, 9, 10.
- F. Zellenpflanzen: Bryophyten, Algen, Lichenen. Heterotroph: Myceten.**

Raunkiaers biologisches Spektrum. Ein Überblick zeigt so gleich, daß auch schon die hier genannten zehn Hauptgruppen von Lebensformen nicht überall vom Äquator bis zu polaren Breiten hin anzutreffen sind, sondern daß das Klima besonders aus den

Gruppen 1 bis 6 eine Auswahl trifft, und daß die Frequenz derselben in Verbindung mit der Frage, welche Anteile in einer gegebenen Flora auf jede der zehn Gruppen entfallen, wie groß überhaupt die Anteile der gesamten Gefäßpflanzen der Erde an ihnen sind, belangreicher dasteht als etwa die früher noch zur Zeit der ersten älteren Ausgabe von *Berghaus'* physikalischem Atlas so oft durchgearbeitete und jene alten Karten mit einem verwirrenden Text von Prozentzahlen bedeckende Statistik vom Verhältnis der Mono- zu den Dikotyledonen oder einzelner Pflanzenfamilien zueinander. Ein Beginn der Statistik von Lebensformen!

Einen modernen Versuch in dieser Hinsicht hat *C. Raunkiaer* in Kopenhagen seit dem Jahre 1905 gemacht, in welchem Jahre seine „Types biologiques pour la géographie botanique“¹⁾ erschienen, die dann in mehrfach neuen Abhandlungen erweitert und begründet, doch ihr altes Gewand im Wesen beibehalten haben. Als ein erster Versuch zu solchen statistischen Arbeiten, auf Grund der Ökologie Verhältnisse des Klimas in der Vegetation der Länder ziffernmäßig sich spiegelnd zu finden, ist denselben hier eine erhöhte Bedeutung einzuräumen, obwohl aus zwei Gründen recht bald schon eine Umformung dieser Methode eingreifen möchte. Einmal nämlich sind die Beispiele und Belege aus der Gesamtflorea herausgegriffener Länder und Inseln gewählt, während doch deren bezügliche Pflanzen gemeinschaften als Grundlage genommen werden müssen. Zweitens stellt die Einteilung der „Grundformen“, der „Types biologiques“, ein künstliches, auf ein einseitig angenommenes Prinzip begründetes und daher unbefriedigendes System dar, begründet zwar auf den Schutz der Ausdauerorgane in der ungünstigen Jahreszeit, aber nun dieser Schutz ausgedrückt in den Lagen der Ruheknospen hoch, weniger hoch, flach oder niedrig über der Erde oder unter der Bodenoberfläche oder endlich in Samenruhe.

Nun drücken sich aber die klimatischen Beziehungen zu dem Überdauern in der ungünstigen Jahreszeit besonders darin aus, daß geeignete Schutzeinrichtungen dort fehlen, wo eine positiv ungünstige Jahreszeit nicht vorhanden ist, also im Bereich der äquatorialen Regenwälder. Eine Palme, ein *Pandanus*, ja auch die Banane im Vergleich mit einer Eiche, einer Tanne oder einem strauchigen Fruchtträger der Rosaceen stehen ganz anders da: Erstere können gar keine geschützten Knospen anlegen und machen auch in der Entwicklung ihrer Endknospe keine den Zyklus abschließende Pause; letztere sind sämtlich zur Anlage geschützter Knospen befähigt und müssen in der Sphäre ihrer Verbreitung

¹⁾ Bull. Acad. roy. Sc. Danemark 1905, S. 347 bis 437 mit 41 Figuren.

sich meistens derer bedienen. Es fehlt also bei *Raunkiaer* die Mitwirkung der Periodizität in der Pflanzenverjüngung und damit die besondere Hervorhebung der dauernd fortwachsenden großen Gewächse, besonders aus dem Reich der Monokotyledonen. Und dann: während in der Unterscheidung der über der Erdoberfläche (bis 25 cm hoch), im Bereich der Bodenkrume selbst und unter deren Oberfläche in den Typen 6, 7 und 8 von *Raunkiaer* eine sehr oft gerade dem kritischen Beobachter schwierige Unterscheidung auferlegt wird, fehlt die andere für die Lebensformen im Kampf um das Licht so sehr bezeichnende und — abgesehen von den nirgends in biologischen Formen fehlenden Übergängen — ungemein leicht festzustellende des Windens und Kletterns (Lianen) holziger wie krautiger Pflanzen. Überhaupt darf man die Betätigung der sich ernährenden und fortpflanzenden Gewächse im Anschluß an ihre Sommerperiode als gleichwertig mit ihren Schutzeinrichtungen in der schlechten Periode ansehen, und muß darnach den Versuch *Raunkiaers*, so wie *Eug. Warming* ihn für seine Einteilung als nur künstlich auf ein Prinzip gegründet verworfen hat, nur als starkes Mittel für den Hinweis auf Vervollkommnung ansehen. Neue Versuche müßten überhaupt auf eigene Beobachtungen in den Floren begründet, dürften nicht aus der Literatur als Grundlage (herausgegriffene Listen aus dem „*Index Kewensis*“) ausgewählt werden.

Die Einteilung der Lebensformen für *Raunkiaers* statistische Methode mit Einführung einer neuen, nicht immer notwendigen Namensgebung (alle Holzgewächse werden als „*Phanerophyten*“ zusammengefaßt) ist folgende:

Den acht großen Gruppen für Holzgewächse, Halbsträucher, Stauden und Annuelle (Therophyten) gehen für das Spektrum noch die Stammsucculenten (Saftstämme) und Epiphyten voraus. Dadurch entstehen 10 mit je einer einfachen oder doppelten Buchstabenbezeichnung gekennzeichnete Gruppen:

1. S. Stammsucculenten, Chylophyten.
2. E. Epiphyten.
3. MM. Megaphanerophyten mit Höhe über 30 m und Mesophanerophyten mit 8 bis 30 m Höhe.
4. M. Mikrophanerophyten mit 2 bis 8 m Höhe.
5. N. Nanophanerophyten von 0.25 bis 2 m Höhe.
6. Ch. Chamaephyten: Halbsträucher und über der Erde ausdauernde Stauden, nicht über 0.25 m hoch.
7. H. Hemikryptophyten: $\frac{2}{4}$ in Erdoberfläche ausdauernd.
8. G. Geophyten: $\frac{2}{4}$ in der Erde ausdauernd, Stock, Knolle, Zwiebel.
9. HH. Helophyten und Hydrophyten im Sumpf und Wasser.
10. Th. Therophyten: Sommergewächse mit Winterruhe im Samenkorn.

Raunkiaer hat nun im Jahre 1908 auf 400, im Jahre 1916 auf 1000 listenmäßig aus dem ganzen Reich der Blütenpflanzen ausgewählten Pflanzenarten ein „*Normalspektrum*“ herausgerechnet, dessen statistische Grundlage doch bei so kleiner Zahl für die ganze Vegetation der Erde zweifelhaft erscheint. Um den Zweck der Methode zu erläutern, wird das Spektrum vom Jahre 1916 hier mit einigen vom Verfasser berechneten typischen Beispielen verglichen. (Gesamtarten jeder Flora in Klammern.)

Normalspektrum:	S.	E.	MM.	M.	N.	Ch.	H.2	G.2	HH.	Th.
Prozente von 1000 Arten:	2	3	8	18	15	9	26	4	2	13
Seychellen (258)	1	3	10	23	24	6	12	3	2	16
Death Valley, Kalif. (294)	3	—	—	2	21	7	18	2	5	42
Libysche Wüste (194)	—	—	—	3	9	21	20	4	1	42
Dänemark (1084)	—	—	1	3	3	3	50	11	11	18
Island (329)	—	—	—	—	2	13	54	10	10	11
St. Lawrence (Alaska) (126)	—	—	—	—	—	23	61	11	4	1
Küste von Labrador (246)	—	—	2	1	8	17	52	9	5	6
Franz-Josephs-Land (25)	—	—	—	—	—	32	60	8	—	—

Man sieht sogleich: von den berechneten Beispielen haben nur die Seychellen Vertreter aller zehn Gruppen, Beispiel des äquatorialen Klimas; das megatherme Xerophytenklima (zwei Beispiele) schließt Großhölzer und Epiphyten aus, bevorzugt die schnelllebigen Sommergewächse mit fast zur Hälfte der Gesamtzahl; das temperiert-poikilotherme Klima bevorzugt die an oder unter der Bodenoberfläche ausdauernden Gewächse; das mikrotherme und hekistotherme Klima der beiden letzten Beispiele beschränkt sich, schließlich auch unter Ausschluß der Sumpfgewächse besonderer Organisation, mehr und mehr auf dicht an der Erdoberfläche (im Schneeschutz) überwinternde und dort Stockknospen erzeugende Kräuter und Halbsträucher.

Wie wir hier den Vergleich weit voneinander gelegener Florenbezirke vor uns haben, so hat *Raunkiaer* seine Berechnungen auch auf die Höhenstufen eines einzelnen Florenbezirkes ausgedehnt, und zwar auf die durch *Brockmann-Jerosch* sehr genau festgelegte Flora des Puschlav in den rhätischen Alpen. Hier tritt der Vergleich noch viel wirkungsvoller hervor und berechtigt zu der Hoffnung, daß diese statistische Methode unter Verwendung von noch mehr Untergruppen der natürlichen Lebensformen (z. B. Schlinggewächsen, Knollen- und Zwiebelpflanzen, besonders aber unter Hinzufügung der Artenzahlen von Moosen und Flechten in die sich dann stark vergrößernde Gesamtzahl) recht charakteristische Bilder geben würde, die sich ja in diesem Falle auch mit zunehmender Höhe immer mehr einheitlichen Formationen annähern. Die Tabelle ist folgende:

Verteilung der Lebensgrundformen nach Höhenstufen im Puschlav (Schweiz)¹⁾.

Höhenstufe	Artenzahl	S.	E.	MM.	M.	N.	Ch.	H.2	G.2	HH.	Th.
		in Prozentzahlen									
über 2850	51	—	—	—	—	—	35	61	2	—	2
2550—2850	199	—	—	—	—	—	25	67	4	—	4
2250—2550	348	—	—	—	1	3	18	64	7	1	6
1900—2250	492	—	—	—	1	3	13	68	8	1	6
1550—1900	487	—	—	—	3	4	11	62	10	1	8
1200—1550	449	—	—	2.5	2.5	4	7	60	9	1	14
850—1200	604	—	—	2	3	5	5	55	9	2	19
unter 850	447	—	—	3	4	3	5	55	8	1	21
Normalspektrum	1000	2	3	8	18	15	9	26	4	2	13

¹⁾ Hier ist Anlaß gegeben, die statistisch-floristischen Sätze nach *Jaccard* in diesem Bande (Abschn. I) auf das Verhältnis der Gattungen und Arten eines gegebenen Gebietes zu den Lebensformen und zu der Mannigfaltigkeit seiner ökologischen Bedingungen auszudehnen (*Diversité florale élémentaire*).

Die unter *MM*, *M* und *N* getrennt aufgeführten Phanerophyten, welche *Raunkiaer* für summarische Zusammenstellungen unter einer *P*-Signatur vereinigt, fallen also von 10% auf 4% in der Stufe 2550 m; von da an nehmen die Chamäphyten außerordentlich stark zu (natürlich: die niederen Zwerggesträuche wie *Empetrum* und *Dryas*), während die Hemikryptophyten sich schon von 1200 m an auf 60% erhoben haben und in diesem hohen Prozentsatz noch steigen, die Geophyten wieder abnehmen, die Wassergewächse verschwinden und die einjährigen Sommergewächse, welche in den unteren Höhenstufen weit über dem Normalspektrum standen, nunmehr weit unter dessen Betrag sinken. Aus diesen Differenzen lassen sich pflanzenklimatische Grenzlinien ableiten, die „Biochoren“ *Raunkiaers* in Anlehnung an *Köppens* klimatologische Arbeiten. Zu ihrer Konstruktion sollen wesentlich die Vergleiche mit dem Normalspektrum dienen.

Die hier angegebene Methode, besonders unter Bezug auf ein Normalspektrum, ist die einzige in einem größeren Maßstabe bisher vergleichend angewendete, und sie soll nach des Verfassers zuletzt ausgesprochenen Absichten (1918¹) als Methode der Pflanzeklimatologie die Untersuchung verfolgen, „wie die Pflanzen es anfangen, um die ungünstige Jahreszeit zu überdauern, weil das in erster Linie ihre Existenz oder Nichtexistenz in einem gegebenen Klima bestimmt; und da die ungünstigen Jahreszeiten verschiedener Gebiete sich voneinander weit mehr unterscheiden als die günstigen, so wird auch die Pflanzenwelt weit stärker den Stempel der Anpassung an die erstere als an die letztere tragen: daher ist die Anpassung an die ungünstige Jahreszeit als Richtschnur gewählt“.

Ohne Vergleich so weit entlegener Floren wie in den oben angeführten Beispielen ist eine statistische Gliederung nach 21 Lebensformen von Gefäßpflanzen aus der Gesamtzahl von 744 Blütenpflanzen und Farnen usw. in der Flora des Harzes als ein methodisches Beispiel vom Verfasser dieser Abhandlung im Jahre 1896²) beigebracht worden.

Unter Zusammenziehung der herzynischen Lebensformgruppen zu 15 Einheiten ergibt sich folgendes Bild:

A. Gefäßpflanzen.

21 Arten von Bäumen	= 2.8%
28 „ „ Sträuchern	= 3.8%
25 „ „ Zwerg- und Schößlingssträuchern	= 3.4%
24 „ „ Halbsträuchern, Holzstauden	= 3.2%
124 „ „ Rosettenstauden (Dikotylen).	= 16.7%
31 „ „ Polsterbildnern (Dikotylen)	= 4.2%
3 „ „ Blattsucculenten (Hügelregion)	= 0.4%
40 „ oberirdische Kriechstauden	= 5.4%
107 „ monokotyle Rasenbildner	= 14.4%
204 „ Erdstauden, Zwiebeln und Knollengewächse	= 27.5%
24 „ Rosetten- und Kriechfarne	= 3.2%

¹) *C. Raunkiaer*: Bot. Tidsskr. 29. 42 bis 83 (1908); Beih. z. Bot. Zentralbl. 27. (2.) 171 (1910); Recherches statist. format. végét. in Vidensk. Selsk. Meddel. 1. H. 3; Biol. Normalspektrum. a. a. O. 1. H. 4 (1918).

²) *O. Drude*: Deutschlands Pflanzengeographie. 1. 59 und 60, Stuttgart 1896.

51 Arten	zweijährige Kräuter	= 6.9%
79 „	einjährige Kräuter (Therophyten)	= 10.6%
15 „	Schwimm- und Tauchpflanzen	= 2.1%
8 „	von Parasiten und Saprophyten	= 1.0%

B. Dazu kommen von Zellenpflanzen:

15	Flutende und wassersaugende Moosarten	= 2.1%
68	Polsterlaubmoose	= 9.2%
186	Rasen und Decken bildende Laubmoose	= 25.0%
90	„ „ „ „ Lebermoose	= 12.1%

in Prozentzahlen der Gefäßpflanzen.

Dieses „Spektrum“ würde in die Einteilung von *Raunkiaer* übertragen etwa ergeben: *MM.* 2.8%, *M.* 3.8%, *N.* 3.4%, *CH.* 13%, *H.* 38%, *G.* 28%, *HH.* 2%, *Th.* 11%, würde sich also gut den unteren Stufen des Puschlav anreihen. Es ist übrigens gar nicht so leicht, ein ökologisches Schema für Lebensformen in ein anderes zu übertragen, da in den sehr zahlreichen Zweifelsfällen, wie sie z. B. die Zurechnung der Gräser und Binsen bietet, jeder Autor auf seine eigene Gewohnheit hin entscheidet oder eigene neue Gruppen bilden muß.

Warming¹⁾ hat unausgesetzt an den Grundlagen einer ökologisch-morphologischen Darstellung der Lebensformen gearbeitet und seine ersten Arbeiten darüber (1884) unausgesetzt vervollkommen, zumal auch durch Vorarbeiten in der brasilianischen, grönländischen und jütländischen Flora. In der dritten Ausgabe seines Lehrbuches der Ökologischen Pflanzengeographie (1915) wird Abschnitt II den Lebensformen gewidmet, zunächst (Kap. 21 und 22, S. 151 bis 194) ihren „Grundformen“. (Siehe oben, S. 33.)

Es sei aus der Begründung hervorgehoben: „Wie die Arten die Einheiten sind, womit die systematische Botanik rechnet, so sind die Lebensformen die Einheiten, die in der ökologischen Pflanzengeographie die größte Rolle spielen.“ Der Vergleich trifft aber nur zu, wenn die Lebensform dann zu jeder einzelnen Art als biologischer Charakter zugefügt, die Lebensformgruppe aber einer Familie gleichgestellt wird. „Die leitenden Grundsätze bei ihrer Aufstellung sind zunächst ökologische Rücksichten: Die rein systematisch-morphologischen und anatomischen Charaktere (solche wie Sproßfolge, monopodiale oder sympodiale Verzweigung) und viele Formen sowie Nervatur der Blätter spielen keine Rolle. Aber welche biologische Grundsätze die wichtigsten seien und daher die erste Grundlage für ein ökologisches System der Lebensformen bilden müßten, ist eine schwierige, durchaus nicht hinreichend durchgearbeitete Frage. . . .“

Was die Sache ungemünst schwierig macht, ist auch das, daß alle die verschiedenen Lebensformen durch die allmählichsten Übergänge und zahlreichen Zwischenformen verbunden sind. Eine andere Schwierigkeit liegt in der Auffindung kurzer und bezeichnender Namen; am besten sind natürlich solche, mit welchen jedermann vertraut ist.

Um sich in dem unendlichen Reichtum von Lebensformen zu orientieren, wird es praktisch sein, gewisse ‚Grundformen des Lebens‘ hervorzuheben, welche wohl zum größten Teile Vererbungsformen sind, die aber vielfach den Charakter von Anpassungserscheinungen zeigen, zum Teil aber auch nicht erbliche Abänderungen darstellen.“

¹⁾ *Eugen Warming*: Om Planteriget's Livsformer. Akad. Abh. Kopenhagen. 86 S. 4^o. (1908). — Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Dritte Ausgabe, Berlin 1915. — Om Jordudløbere. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter. Nat. u. Math. Afd. 8 R. 2. (6.) 297 bis 378, mit 42 Abb. (1918). — Bemerkungen über Lebensform und Standort. (Vortrag Kristiania 1916.) Übersetzt von *H. Gams* in Bot. Jahrb. Syst. u. Pflanzeng. 56. 1 bis 20 (1920). — Ökologiens Grundformer. Udkast til en systematisk Ordning. Kgl. Danske Vid. Selsk. Skr. 4. (2.) 121 bis 187 (1923).

Dieser letzte Satz enthält zugleich ein gewisses Maß für die Mitwirkung des phylogenetischen Systems in der Bewertung der Lebensform, von hoher Bedeutung! *Warming* stellte damals 22 „Grundformen“ auf, in einer schönen, durch Abbildungen reizvoll verdeutlichten Übersicht mit nachfolgenden ökologischen Einzelheiten der Anpassung. Nachdem noch einige ausführende Abhandlungen über den Bau der Wurzelstöcke, Rhizome und Ausläuferbildungen bei Stauden erschienen waren, gab *Warming* dann seine revidierte Gesamtübersicht über die „Grundformen“ (er behielt den Namen bei) 1923 heraus, welche hier in einer als Auszug verfertigten sehr knappen Zusammenstellung folgt (siehe Tabelle).

I. Autotrophie (Klasse 1—15).

1. *Wasserpflanzen, Hydatophyten. Klasse 1—3. Liberae*, frei: Mikro-, Mega-Plankton, Pleuston. Beispiel: Algen- und untergetauchte Gefäßpflanzen.

Klasse 4—7. Affixae (gebunden): Herpo-, Rhizo-, Hapto-, Endobenthos. Beispiel: Algen und Gefäßpflanzen.

2. *Aërophyten*, Anpassung an Luftleben (*Klasse 8—17*).

A. Selbständig (Wuchs autonom).

B. EPIPHYTOIDEN (Aërisches Wasser zur Versorgung).

C. Klasse 8. Atmosphiten. Wasserversorgung unabhängig von Wurzeln, mit ganzer Oberfläche aufnehmend. Atmosphile Algen, Lichenen, Moose auf Erde, Rinde, Stein, Geröll, Sumpf und Wasser.

CC. Klasse 9. Ombrophyten, Wasserversorgung durch Regen. Beispiel: Farne, Orchideen, Bromeliac., Araceen, dikotyl. Holzpflanzen.

BB. CHTHONOPHYTEN (Terrestrisches Wasser zur Versorgung).

C. Boden wasserarm. Klasse 10. Saftpflanzen, Chylophyten.

a) Kräuter: 1—2jährig, vieljährig (*Sempervivum, Aloë*).

b) Halb- und vollholzige $\frac{1}{2}$. *Phyllocactus, Opuntia, Euphorbia, Kleinia*. Boden physiologisch trocken, salzhaltig. *Klasse 11. Halophyten.*

a) Kräuter: beblättert und blattlos, ein- bis vieljährige Strandbewohner.

b) Halb- und vollholzig $\frac{1}{2}$. Beispiel: *Suaeda, Tamarix, Salicornia, Haloxyton, Rhizophora*.

CC. Humus und feuchte Erde. Klasse 12, 13, 14, 15, enthalten die Hauptmasse der auf mittelfeuchter Erde wachsenden Formen.

D. Pl. herbaeae. Klasse 12. Agrophyten. (Breitblättrige Kräuter.)

Blätter breit mit ausladenden Nerven.

Sieben große Ordnungen: \odot und $\odot\odot$, Stauden mit Grundstock, Xylopodien, Sarkopodien (Zwiebel, Knolle), mit ober- und unterirdischer Wanderknospe¹⁾, Rhizomstauden bis zum Bananentypus.

Klasse 13. Poioiden (grasartige Gewächse). Blätter schmal, linien- und bandförmig. Beispiel: Familien *Gramineae, Juncaceae, Cyperaceae, Restionaceae* und *Xyrideae*

Von \odot - bis vieljährigen, Rasen und Ausläufer bildenden Stöcken mit Rohrhalmen bis zu hohen verholzenden Stämmen.

DD. Pl. lignosae. Klasse 14. Xyloiden (Lignosen). Umfaßt alle Bäume,

Sträucher und Zwergsträucher der Farne, Mono- und Dikotyledonen mit Nadelhölzern. Beispiele: *Welwitschia* und *Espetelia* und *Linnaea*,

¹⁾ Das für die rediviven Stauden so ungemein charakteristische und vielgestaltige Wandern mit Ausläufern hat *Warming* im Jahre 1918 in besonderer Abh. d. Akad., Kopenhagen, Abt. 8, Reihe II. 6, dargestellt.

Erica, *Rosmarinus* und die holzigen Halbparasiten (Mistel). Einteilung nach System und Wachstumsform: Vollrosette, Buschkrone, Zweigkronen, letztere Hauptgruppe nach Größe und Kriechwuchs bzw. unterirdischer Ausläuferbildung gegliedert.

AA. Mit **Stützen** zum Licht **aufwärts strebend**. Klasse 15. Klimophyten, Klimmpflanzen, Lianen. 1. Halblianen (Spreizklimmer); 2. Schlingpflanzen; 3. Wurzelkletterer; 4. Pflanzen mit reizbaren Ranken. Diese letzte, größte Abteilung zerfällt in die der Klasse 12 und 14 entsprechenden Gruppen mit besonderen Klettervorrichtungen.

II. Allotrophie (Heterotrophie) (Klasse 16—17).

A. SAPROPHYTISCHE LEBENSWEISE.

Klasse 16. Saprophyten.

- a) Gemischte Ernährungsweise. Beispiel: Orchideen, Moose, Insektivoren u. a.
- b) Holosaprophyten. Beispiel: *Monotropa*, *Epipogon*, *Neottia*, *Burmannia* usw.

B. SYMBIOTISCHE LEBENSWEISE (Klasse 17).

- a) Kommensalismus: der geringste Grad.
- b) Mutualismus: Mykorrhizen. Beispiel: Leguminosen, Orchideen.
- c) Parasitismus: Halbschmarotzer. Beispiel: *Loranthaceae*, *Santalaceae*, *Rhinanthaceae*.
Vollschmarotzer auf Wurzeln: Beispiel: *Orobanche*, *Balanophoreae*, *Hydnora*, *Rafflesia* u. a.
Mit windendem Stengel. Beispiel: *Cuscuta*, *Cassytha*.
Mit Hyphen befallend: Pilzmycelien.

Legt man sich die Frage vor, wie sich diese letzte Darstellung von *Warmings* Lebensformen zu der Lösung der Aufgabe verhält, die Vegetationstypen nach seinen Klassen 1 bis 17 zu charakterisieren, so findet man sich weniger befriedigt, natürlich nur in geobotanischer Hinsicht, als durch *Warming* und *Graebners* Darstellung dieses Kapitels in der dritten Auflage des Hauptwerkes¹⁾. Die dort gebildeten 22 Hauptgruppen sind nach ihren kurzen Benennungen leicht zu verstehen und in einer Reihenfolge von Heterotrophie zu den herrschenden autotrophen Landpflanzen in folgende Reihe geordnet:

1. Heterotrophe Lebensformen (Holo- und Hemisaprophyten und Parasiten).
2. Flechten (Lichenes) als verbundene, vom Lichte abhängige Lebensform.
3. Wasserpflanzen, Hydrophyten. (Spezialgliederung auf S. 461 bis 499.)
4. Die muskoide Lebensform. (Aus atmosphärischem Wasser sich ernährend. Hier angeschlossen *Hymenophyllum*, *Tillandsia usneoides*.)
5. Lianen (Spreizklimmer, Wurzelkletterer, Schling- und Rankenpflanzen).
6. Sommerannuelle (einjährige) Kräuter, Therophyten (*Raunkiaer*).
7. Winterannuelle (einjährig überwinternde) Kräuter.
8. Zweijährige (bienn) Kräuter.
9. Mehrjährige (pleiozyklische), einmal blühende Pflanzen (Beispiel: *Agave*).
10. Pollakanthe Langstauden. Große Mannigfaltigkeit von Typen: a) ohne Wandersprosse, b) mit oberirdischen Ausläufern, c) mit unterirdischen Ausläufern, d) mit wandernden, Nahrung speichernden Rhizomen, e) Zwiebel- und Knollenpflanzen.
11. Blattstauden (Laubblätter von unterirdischen Wandersprossen entwickelt).

¹⁾ *Eug. Warmings* Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 3. Aufl. Berlin 1915, S. 151 bis 194.

12. Rosettenstauden (mit nicht grasartigen Blättern); Farnkräuter und Blütenpflanzen.

13. Pollakanthe Kräuter der Grasform (herausgehoben wegen ihrer physiognomischen wie landschaftsgeographischen Eigentümlichkeit und Bedeutung). 4 Abteilungen.

14. Halbsträucher und Holzstauden (Verbindungsgruppe zu den Gehölzen).

15. Polsterpflanzen, mit kurzgliedrigen, aus dem Wurzelkopf entspringenden Sprossen.

16. Pflanzen mit Weichstämmen (krautartig ausdauernde Stämme, dick und weich).

17. Stammsucculenten (Kaktusform) (Stamm verholzt oder krautartig).

18. Dikotyle Sträucher und Zwergsträucher.

19. Monokotyle Sträucher (Bambusform und Rohrpalmenform).

20. Wipfel- oder Kronenbäume, Coniferen und Dikotyledonen (darunter auch Tonnenstämme, Mangroven, Zwergbäume).

21. Schopfbäume (Palmen, Liliaceen, *Strelitzia*-Form).

22. Kriechpflanzen (oberirdisch ausdauernd, Kräuter wie *Hydrocotyle*, *Ipomoea pes caprae*, oder Spaliersträucher, wie *Arctostaphylos uva ursi*, *Dryas*).

Zahlreiche, vortrefflich gewählte Abbildungen erleichtern das Verständnis der beabsichtigten Einteilung, so daß jedem, der eigene Arbeiten unter Darstellung der Lebensformen unternehmen will, diesen Teil von *Warmings* Buch genau studieren soll.

Trotzdem befriedigt das Resultat für Charakterisierung der Vegetationstypen und ihrer Formationen auch hier nicht ganz: Gewisse physiologische Eigentümlichkeiten, wie Saprophytismus, sind über ihre soziologische Bedeutung herausgehoben; die Steigerung der Holzgewächse zu den Bäumen hin wird durch Gruppe 22, welche zwischen Gruppe 10 und 11 (ohne Spaliersträucher wie *Dryas*) einzustellen gewesen wäre, gebrochen; Gruppe 20 von den Nadelhölzern bis zu den Mangroven enthält zuviel Heterogenes, was gerade für die klimatische Charakterisierung ganzer Zonen bedeutungsvoll wäre, und manches andere fehlt zu diesem Zweck.

Dieser Zweck aber muß in der Bildung der physiognomischen Gruppen, die aus den Grundformen hergeleitet werden, voranstellen; die physiologisch-ökologischen Organisationsfragen, welche sich hauptsächlich auf die Fragen der Ernährung und Transpiration beziehen, haben dann deren Unterteile zu bilden; das Verhältnis von Ruheperiode zu Vegetationsperiode ist möglichst in phänologischer Physiognomie ausgedrückt beizufügen.

Drude. Nach dieser Tendenz wurde unter Umstürzung der von *Grisebach* in einem Gemisch richtig ökologischer und unverständlich physiognomischer Einteilung aufgestellten Vegetationsformen (bei *Neumayer*, siehe oben S. 31), welche dem gleichen Zwecke dienen sollten, eine neue Gliederung der ökologisch-physiognomischen Lebensformen in vielfacher Übereinstimmung mit *Eug. Warmings* Grundsätzen (siehe Tabelle S. 40) in der „Ökologie“¹⁾ erstrebt und ausführlich, auch mit Abbildungen, begründet.

¹⁾ *Oscar Drude*: Die Ökologie der Pflanzen. Abschnitt I und II, S. 3 bis 186; Die Wiss. 50. Braunschweig 1913.

Es folgt hier eine nochmals umgearbeitete Zusammenstellung nach 40 Lebensformklassen selbständig oder parasitisch sich ernährender Landpflanzen, denen als 41. die Großpilze beigegefügt werden, und nach in vier große Gruppen zusammengezogenen Wasserpflanzen, die trotz höchster Bedeutung für Erhaltung des organischen Lebens doch in der physiographischen Ökologie eine nur bescheidene Stellung einnehmen.

TABELLE.

I. Von Meteorwasser abhängig und der Transpiration unterworfen: *Terrestrische, epilithische und epiphytische Aërophyten.*

A. Autotroph und frei für sich bestehende Holzgewächse,

ま ち ち.

Gruppe 1—4: Holzgewächse der Monokotyledonen.

1. Schopfbäume (*Lodoicea, Cocos, Dracaena, Pandanus, Ravenala*).
2. Rohrstammgebüsch mit Ausläuferwurzelstock (*Rhapis, Bactris, Chamaedorea*).
3. Niederstämmige Großblattbüsch, sprossend (*Chamaerops, Nipa, Puya, Freycinetia*).
4. Baumgräser, buschig verzweigte *Bambusen*.

Gruppe 5—6: Holzgewächse der Gymnospermen und Archeoniaten.

5. Baumfarne und Cycadeen mit dauernder Großblattrosette.
6. Nadelholzbäume und Sträucher. Meist Dauerlaub. *Coniferae*.

Gruppe 7—11: Reich beblätterte Holzgewächse der Dicotyledonen.

7. Wipfel- oder Kronenbäume mit Triebknospen an allen Zweigen. Mannigfaltigste Physiognomie und Laubökologie.
8. Stelzwurzler, Banyanen, Mangroven, sich auf ein System von Nebenwurzeln stützend (*Ficus Benjamina*).
9. Dauerlaub-Schopfbäume, physiognomisch wie Klasse 1, 5 (*Espeletia* = Frailejon-Form).
10. Großsträucher und Büsch, vom Grunde aus vielstämmig verzweigt mit Triebknospen an allen Zweigen.
11. Federbuschgehölze, niederstämmig, mit Blattschöpfen auf den Spitzen der wenig zerteilten Äste. Strauchform zu Klasse 9.

(Diese Wachstumsform verbindet Klasse 9 mit Klasse 27 und geht öfter aus Gattungen hervor, die das boreale Klima als Stauden kennt, wie *Echium, Lobelia, Senecio*.)

Gruppe 12—13: Xeromorphe Sträucher und mikrophylle Zwerggesträuche.

12. Blattarme Dornsträucher und Rutengehölze, $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{2}$ (*Casuarina*, *Calligonum*, *Colletia*).
13. Zwergsträucher, Kriech- und Spaliergehölze, $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{2}$ (*Lavandula*, *Erica*, *Arctostaphylos*, *Dryas*).

B. Winder, Klimmer und Ranker.

Gruppe 14—17: Mit fremder Stütze zum Lichtgenuß strebende, holzige und krautige Pflanzen, Mono- und Dikotylen, auch Farne.

14. Palmlianen (Rotangform, *Calamus*, *Desmoncus*).
15. Holzlianen der Dikotylen, mit Dauerstämmen.
16. Smilaceen-Lianen, mit biegsam-unverholzten Schlingstämmen, sprossend.
17. Redivive und annuelle Weichstammlianen, Klimmer und Ranker von nur einer Vegetationsperiode (*Bowiea*-Zwiebel), (*Convolvulus* und *Ipomoea*, *Humulus*, *Cucurbita*, *Tropaeolum*, *Lygodium*).

C. Epiphyten, autotroph oder parasitisch lebend, auch Felswurzler.

Gruppe 18—22: Wurzelkletterer der Mono- und Dikotylenweichstämmige Epiphyten und zwergstrauchige Holzparasiten.

18. Kletterwurzler-Epiphyten, a) mit Holzstamm oder b) Weichstamm wandernd (*Hedera*, *Marcgravia*, *Pothos*, *Philodendron*).
19. Knollenstamm-Epiphyten, mit kurzen Wandertrieben und ausdauernden Lederblättern (*Vanda*, *Epidendrum*).
20. Nest-Epiphyten, mit Schalenblättern: *Platyserium*.
21. Großblattrosetten der Monokotylen, nicht wandernd, auch terrestrisch (*Bromeliaceen*, *Araceen*).
22. Stammparasiten und Hemiparasiten, vieljährig, unter der Baumrinde wurzelnd und wandernd (*Loranthus*).

D. Chylophyten, xeromorphe Succulenten.

Gruppe 23—24: Chylokaulen und Chylophyllen.

23. Stammsucculenten, Tonnen- und Fleischstämme, armlättrig oder blattlos, meist mit verdornten Blattpolstern, hochstämmig, kuglig oder zu

Polstern verzweigt (*Cereus*, *Echinocactus*, *Euphorbia* Sect. *Candelabrum*, *Adenium*, *Dendrosicyos*).

24. **Blattsucculenten**, mit fleischigen, den weichen Stamm oder Stengel umschließenden Blättern; Blattrosetten, oberirdisch ausdauernd, unverholzt (Monokotylen: *Agave*, *Aloë*. Dikotylen: *Sempervivum*, *Echeveria*).

E. Grasartige Gewächse der Monokotyledonen.

Gruppe 25—26: Vieljährig ausdauernde bis einjährig vergehende Rasen- und Horstbildner.

25. **Poioïden**, Gräser, Riedgräser, Seggen mit beblätterten Halmen.
26. **Scirpoïden** und **Juncoiden**, vieljährig sprossende, blattlose Schäfte mit Blattschopf und Spirren treibende Simsen und Binsen (*Cyperus Papyrus*, *Scirpus maritimus*, *Juncus*).

F. Autotrophe, seltener saprophytisch-parasitisch lebende, 2 bis ∞ Jahre ausdauernde Kräuter der Monokotylen, Dikotylen und Archegoniaten.

Gruppe 27—32: Halbsträucher, perenne Dauerstauden und redivive Kräuter.

a) Perenn, d. h. oberirdisch ausdauernd, Dauerstauden.

27. **Xylochamaephyten**, Holzstauden und Halbsträucher (*Rubus*, *Vaccinium Oxycoccus*, *Linnaea*, *Empetrum*).
28. **Podochamaephyten**, Horststauden auf holzigem Wurzelkopf, der alljährlich neu sproßt (*Casselia*, *Artemisia campestris*); (hierher auch *Testudinaria*).
29. **Polsterstauden**, aus dicht gedrängt über der Erde sich aneinander schließenden Verzweigungen, unverholzt (*Bolax glebaria*, *Raoulia*, *Androsace* Spec., *Silene acaulis*).
30. **Kriechstauden**, mit oberirdisch sich ausbreitenden und wurzelnden Kriechsprossen (*Fragaria*, *Asarum*, *Lysimachia nummularia*).
31. **Rosettenstauden**, auf bleibender fleischiger Hauptwurzel, zwei- bis vieljährig, nicht wandernd (*Taraxacum*, *Digitalis purpurea*, *Daucus*, *Verbascum*).

b) Rediviv, d. h. unterirdisch ausdauernd und aus Kraftknospen Neutriebe entwickelnd. Autotroph oder heterotroph.

32. **Geophyten**, teils wandernd, teils fixiert. Sehr formenreich bezüglich der unterirdischen Organe als **Rhizom** (*Anemone nemorosa*, *Tormentilla*, *Paris*),

Knolle (*Corydalis*, *Colchicum*, *Eranthis*), Zwiebel (*Lilium*, *Amaryllis*, *Allium*), Saprophyten (*Neottia*, *Monotropa*) und Wurzelparasiten (*Rafflesia*, *Langsdorffia*, *Lathraea*, *Orobanche Hederae*).

G. Therophyten, Blütenpflanzen mit einer einzigen Vegetationsperiode.

Gruppe 33—34: Schwache, kurzlebige oder starke, kräftige Stengel entwickelnde und die Jahresperiode voll ausnutzende Kräuter, nicht windend (siehe Klasse 17), ohne Winterschutzknospen.

33. Halophile Chylophyten, einjährige Seestrandpflanzen mit besonderer Organisation (*Cakile maritima*, *Salicornia herbacea*, *Suaeda maritima*, *Atriplex*, *Anabasis*).

34. Ephemere und annuelle Dikotylen. Auf Sommerperiode angewiesen (*Koenigia islandica*, einzige arktische Art), oft auf aridem oder pseudoaridem Standort (*Alsineae* u. a.), Unkräuter. Auch im Walde: *Melampyrum*, *Impatiens*. Darunter Hemiparasiten, selten Holoparasiten: *Orobanche spec.*

H—K. Gruppen der gefäßlosen Zellenpflanzen.

H. Bryophyten:

35. Rasen- und Polstermoose (*Hypnaceen*, *Leucobryum glaucum*).

36. Decken- und Filzmoose (*Jungermannia*, *Marchantia*).

37. Wassersaugmoose, semiaquatisch (*Sphagnum*).

J. Lichenen:

38. Strauchförmige Großflechten (*Usnea*, *Cladonia*, *Cetraria*).

39. Lagerbildende Blattflechten (*Parmelia saxatilis*, *Umbilicaria*).

40. Krustenflechten, oft epilithisch (*Rhizocarpon geographicum*).

K. Myceten:

41. Großpilze, parasitisch-saprophytisch. Für die Formationen sind die terrestrischen Arten in Betracht zu ziehen.

II. Pflanzen auf Leben im Wasser angewiesen.

Limnische, fluviatile und ozeanische Hydrophyten.

A. Unter Wasser wurzelnd oder epiphytisch auf Wasserpflanzen lebend.

Gruppe 42—43: Grundsiedler der Seen, Flüsse und Meere.

42. Semiaërische Limnophyten, Schwimmblattwassergewächse (nur Blütenpflanzen: *Victoria*, *Trapa*, *Hydrocharis*).
43. Submerse Limnophyten mit untergetauchten Wasserblättern (Blütenpflanzen, Moose) oder Thallus (Algen). (*Lobelia Dortmanna*).
44. Submerse Halophyten, Formen der Braun-, Rot- und Grüntange aller Familien (*Sargassum*, *Laminaria*).

B. Freischwimmende limnische und ozeanische Hydrophyten.

Gruppe 45—46: Plankton des süßen und salzigen Wassers.

45. Limnische, amphibische und submerse Gefäßpflanzen (*Pistia*, *Eichhornia*, *Utricularia*, *Hottonia*).
46. Limnisches und ozeanisches Mikroplankton (*Dinoflagellatae*, *Diatomeae*).

Die hier in knappster Form nur des Vergleiches der Methode wegen mitgeteilte Übersicht soll der Einteilung des Pflanzenreiches in der neuen Ausgabe des Handbuches der Pflanzengeographie zugrunde gelegt werden, um neben dem phylogenetisch-systematischen Familienwesen für das Verständnis der klimatischen Vegetationszonen, ihrer Vegetationstypen und -formationen zu wirken, in denen das phylogenetische System nur die floristische Facies bestimmt. Beide Systeme, das phylogenetische und ökologische, reichen sich die Hand, und den durch die Adaptiogenese klargelegten inneren Verbindungen muß ein hohes Gewicht beigelegt werden, obwohl adaptiogenetische Konvergenz entfernter Gruppen oft starke Unterschiede verwischt. Aber bei jeder natürlichen Pflanzenfamilie kann man die Frage aufwerfen: Welche adaptiogenetische Entwicklung repräsentiert sie in ihrem heutigen Areal? In welchen physiognomischen Formen tritt sie auf?

So unvollkommen auch jede Einteilung des Gewächsreiches nach einer Verbindung von morphologischen und ökologischen Grundsätzen sein muß, da sie niemals der Mannigfaltigkeit der Verbindungen gerecht werden kann, so ist doch mit einer solchen, die wie vorstehend die wichtigsten Gegensätze des aus der Grundform gewordenen berücksichtigt, immerhin etwas anzufangen. *Raunkiaers* abgekürztes „Spektrum“ gilt vielen als „bequem“; es wird aber nichtssagend, wenn unter *Phanerophyten* Pflanzen wie *Cyathea*, *Corypha Gebanga*, *Ficus Benjamina*, *Adansonia digitata*, *Platanus orientalis* und *Sequoia gigantea* mit *Larix* nur der Größe wegen zusammenstehen. Macht man dagegen mit diesen 40 Land-

pflanzengruppen die Probe auf Charakterisierung der zehn Vegetationstypen, denen zur leichteren Übersicht bereits einige Charakterformen auf S. 25 bis 27 beigelegt worden sind, so wird man eine beachtenswerte Differenzierung finden, sowohl absolut als in den Prozentzahlen. Und dieselbe steigert sich schon in unserer mitteleuropäischen Flora bedeutend, sobald sie vom Florendurchschnitt zu den Formationen Wald, Wiese, Felsabhang, Moor, Sanddüne übergeht. Und dazu soll ja die Gruppierung der Lebensformen viel mehr bestimmt sein als zu den statistischen Florendurchschnitten.

Alle diese grundlegenden Arbeiten haben sich bislang fast nur aus europäischer und nordamerikanischer Flora entwickelt, an die Tropen hat sich nach diesen Beziehungen fast noch niemand herangewagt. So sei der Worte von *Kraus*¹⁾ hier gedacht, die dem Arbeitsfelde in den Tropen gewidmet sind: „Wahrlich, wer den Reichtum an Aufgaben, wer die herrlichen Materialien und die wunderbar günstigen Versuchsbedingungen kennengelernt hat, welche ein tropischer Aufenthalt darbietet, dem erscheint auf einmal das Arbeitsfeld in Europa dürrig und abgewirtschaftet; der ist geneigt, für eine gewisse Einförmigkeit und Verflachung, die unleugbar neuerdings in der botanischen Literatur an manchen Stellen Platz gegriffen hat, die Ärmlichkeit der europäischen Vegetation mitverantwortlich zu machen.“ Gilt dies nicht auch für die jüngste Entwicklung der Soziologie bei uns?

In den Tropen lebt die Pflanze unter Bedingungen, die der Physiologe die Optima der Lebensprozesse nennt. So spielen sich alle Lebensvorgänge in reinster Form ab, und die Tropenpflanzen zeigen, wie groß überhaupt bei völliger klimatischer Unbeschränktheit das Gestaltungsvermögen einer Pflanze ist, das „ganz morphologische und physiologische Können der Pflanze überhaupt“.

Um so mehr sind also auch in den Lebensformen diese höchsten Leistungen herauszuheben und so weit zu verwerten, als sie an die Tropen gebunden sind. Bäume gibt es zwischen Patagonien und Nordcanada, zwischen Neuseeland und Kamtschatka; aber wie weit sie die Möglichkeit haben, den Rückgang der Sonne ohne Ausbildung einer besonderen Winterknospe zu ertragen, das ist ein besonderes ökologisches Moment. Wenn dieses sich nun auch noch auf besondere auserwählte Familien des Gewächsreiches beschränkt, um so viel besser für das Verständnis der Adaptiogenese. Nur in wenigen Lebensformgruppen geht dieselbe für Mono- und Dikotylen so parallel, daß richtige Konvergenzreihen vorliegen, meist halten sich beide Entwicklungsreiche wohl gesondert. Nur muß man, um dies wahrzunehmen, nicht auf dem oben getadelten Standpunkt der „malerischen“ Intuition stehen, sondern auf dem

¹⁾ *Gregor Kraus*: Festschriften der vier Fakultäten zum 200. Jubiläum Halle-Wittenberg. Halle 1894. S. 211 bis 217.

der ökologischen, welcher z. B. bei Lianen auch die Verjüngungsform und Verjüngungsnötigkeit berücksichtigt. Dann erscheint *Smilax* anders als *Aristolochia*, was, bei physiognomischer Intuition des Windesprosses selbst, *Hayek*¹⁾ in seiner meist guten Wiedergabe der Lebensformen nicht anerkennen wollte. In der Kultur, in den botanischen Gärten mit Freibeeten unter Glasschutz, müssen viele Formen auf ihr ökologisches Verhalten geprüft werden, um zu ihrem Verständnis zu kommen, das auch die besten Vegetationsbilder fremder Länder uns nicht überliefern können.

Da es sich hier um die Methodik handelt, welche vor Irrwegen bewahrt werden soll, so sei an dieser Stelle der Fehlerhaftigkeit in *Grisebachs* Gruppenbildung gedacht, wenn er in jenen Anfangszeiten morphologischer Ökologie bestimmte Baumgruppen nach der Blattform (Buche, Esche usw.) unterscheiden wollte. Das geht natürlich nicht, da hat jeder Baum sein eigenes Recht. Wenn wir aber z. B. bei *Paulownia imperialis* im September die großen, für den Vollfrühling des nächsten Jahres zum Erblühen bestimmten Infloreszenzen sich frei auf den Zweigspitzen in die herbstlich kühl werdenden Lüfte erheben sehen, ohne anderen als inneren Kälteschutz, so ist das natürlich ein ökologisches Moment von Bedeutung, gerade so wie der Nadelzweigherbstfall von *Taxodium*, der Nadelfall von *Larix*; denn jeder Bezug auf die Phänologie ist ökologisch, drückt gewisse Notwendigkeiten und Möglichkeiten innerhalb einer Klimazone aus.

Auch ein weiteres Moment für die ökologisch-physiognomischen Lebensformen in bezug auf deren Rolle in den Vegetationsformationen liegt darin, ihre dynamischen Propagationskräfte in die Erhaltung der Art am Orte, nicht die des Individuums selbst, zu legen. *Corypha* ist eine hapaxanthe Palme; aber wenn im Verlauf von drei bis fünf Jahrzehnten ein einzelner Baum dann mit kolossaler Endrispe erblüht und im Absterben ein paar tausend reifer Samen auf seinen Standort ausschüttet, so leistet er daselbe in anderer Weise wie etwa *Oreodoxa* mit viele Jahre hindurch andauernder Samenproduktion in kleinen Mengen. Ein Hain von *Corypha* hält den Platz wie ein solcher von *Oreodoxa*, nur spezifisch verschieden. So ist in unserem Entwurf die Gruppenbildung nach Hapaxanthen, ebenso auch die nach Saprophyten und Parasiten auf ein soziologisch erträgliches Maß herabgesetzt. Denn jede Einzelgruppe zerfällt ja in eine große Masse lebendiger Einzelformen, die sich schließlich in ihren spezifischen Komplexen floristisch zu den Assoziationseinheiten zusammensetzen und als solche im Weben und Wirken erfaßt sein wollen.

¹⁾ *August Hayek*: Allgemeine Pflanzengeographie. S. 91. (Lebensformen S. 102 bis 124.) Berlin 1926.

Solcher mühsamen Spezialarbeiten aber sind bis jetzt nur wenige, die die Lebensweise der Artzusammengehörigkeit in äußere Abhängigkeit eingliedern. In Sachsen schuf solche mustergültige Beispiele *Kästner*¹⁾ aus den Wäldern des Zschopautales.

Sobald aber von solchen einzelnen Assoziationen die Rede ist, tritt erst die ungeheure Mannigfaltigkeit in jeder einzelnen Lebensformgruppe hervor, die Freiheit der einzelnen Art. Es gilt der Grundsatz: „In jeder Assoziation erhält sich jede Art mit der ihrer Lebensform zukommenden spezifischen Propagationskraft ihrer Vegetations- und ihrer Reproduktionsorgane ... hier setzt für Vertiefung der experimental-physiologische Gesichtspunkt ein²⁾.“

Hier tritt die Ökologie in vollem Umfang auf als Lehre von der epharmonischen Anpassung des Organismus an die Umwelt, als Auswirkung der ökologischen Morphologie im Verhältnis zu den am Standort herrschenden Lebensfaktoren. Da ist *Fittings*³⁾ Urteil maßgebend: „Für eine Organismenart ist nicht nur bezeichnend ihre eigenartige Gestalt, ihr morphologisches Gepräge, sondern eben so sehr, ja sogar noch mehr, ihr besonderes physiologisches Verhalten. Dieses, die Reaktionsweise, müssen wir also in allen Einzelheiten ebenso genau zu erfassen suchen wie die Form, um ein klares Bild von den Eigentümlichkeiten eines Organismus zu gewinnen.“

Zu dem Zweck muß die experimentelle Methodik der physiologischen Laboratorien hinausgetragen werden in die Assoziationen selbst in freier Natur, in das Sonnenlicht, in die nivale Region, in die aride Wüstensteppe. Was wissen wir denn eigentlich schon vom Beginn der Assimilationstätigkeit immergrüner Pflanzen in unseren Wäldern oder in der Region der Alpenrosen? Die oft genannten Werke von *Schimper* und *Warming* wollten zu solchen Fragen in besonderen einleitenden Kapiteln die Anregung geben; als Hauptziel dieser Richtung setzte sich *Negers*⁴⁾ „Bionomie“ dafür ein, deren Einzelkapitel den Titel von Anpassungen führen, zumal Kapitel 7: „S o z i a l e A n p a s s u n g e n“ (S. 380 bis 573).

Als Richtschnur dafür gilt der Satz (S. 18): „Ebenso wie die Verfolgung rein physiologischer Probleme ohne Bezugnahme auf das Lebensganze nur beschränktes Interesse haben kann, so fehlt der ökologischen Betrachtung der

¹⁾ *Max Kästner*: Ökologie einiger Waldpflanzen aus der Flora von Frankenberg und Roßberg. Frankenberg i. Sa. 1911. (Im Ber. üb. d. Lehrerseminar d. selbst.) Teil II im XVIII. Ber. d. Naturw. Ges. Chemnitz; Pflanzenvereine und -bestände des Zschopantales im XX. Ber. d. Naturw. Ges. Chemnitz 1920.

²⁾ Ber. d. Freien Vereinigung f. Pflanzeng. 1925, S. 41; *Feddes Repert. Beiheft. 41.* Dahlem 1926.

³⁾ *Hans Fitting*: Aufgaben und Ziele einer vergl. Physiologie auf geogr. Grundlage. S. 5. Jena 1922.

⁴⁾ *Fr. W. Neger*: Biologie der Pflanzen auf experimenteller Grundlage (Bionomie). Stuttgart 1913, *F. Enke*.

Lebensvorgänge gewissermaßen das innere Gerüst, wenn nicht gleichzeitig auf dem Wege der experimentellen Forschung soweit als möglich die ursächlichen Beziehungen festgelegt werden."

Da diese Beziehungen darlegen, in welcher Weise eine bestimmte Lebensform die günstigen Chancen ihrer Umwelt ausnutzt und ihren Gefahren vorbeugt, so tritt „das finale Moment“ in der Ökologie in den Vordergrund, wenn von der ökologischen Bedeutung irgendeines Lebensvorganges oder einer Organbildung die Rede ist. Große Vorsicht ist aber unseres Erachtens bei diesen Deduktionen angebracht, um das Nebensächliche nicht mit dem Notwendigen zu vermengen: Man denke an die ökologische Mannigfaltigkeit aller der Standorte, welche eine Art mit weitem Areal und in verschiedenen Elementarassoziationen zu Hause unentwegt für die Aufrechterhaltung ihrer Gewohnheiten erträgt.

* * *

V. Schlußbetrachtungen.

Wie es überhaupt keine feindlichen Schranken zwischen den Ideenrichtungen verschiedener Art im Bereich einer Naturwissenschaft gibt, so sind die Ziele der physiologischen Ökologie und der geographischen Ökologie keine disjunktive Grundsätze: ihre Verschwisterung ist das höhere Ziel. Und dabei hat man dieses höhere Ziel bisher sehr wenig ins Auge gefaßt, die Ökologen, weil sie zu meist bei den Fragen der Assoziationsgruppierung stehen blieben, die Physiologen, weil sie ihre Methodik von vornherein mehr auf ein Einzelkapitel, hauptsächlich das der Wasserversorgung, beschränkten, als auf die Gesamtheit der an einem Standort zur Auswirkung gelangenden Faktoren, und sich scheuten, diesen Fragenkomplex auf eine einheitlich gegebene Assoziation auszu dehnen. — Nur die Moorformationen sind so recht eigentlich zum Zielpunkt einheitlich physiologisch-ökologischer Studien gemacht worden; ausgehend von *Schimpers* Begriff der „physiologischen Trockenheit“ hat *Montfort*¹⁾ eine Reihe auch methodisch trefflicher Abhandlungen aus ihrem Studium hervorgehen lassen (Xeromorphie der Hochmoorpflanzen, Moorökologie, aktive Wurzelsaugung, Wasserbilanz in Hochmoorwasser usw.). Und da hier gerade der Verknüpfung physiologischer und physiognomisch-ökologischer Forschung das Wort gilt, so sei für letztere die kurze Zusammenfassung von *Oswald*²⁾ „Die Hochmoortypen Europas“ genannt, welche die Bedingungen und inneren Verschiedenheiten dieser ziemlich einförmigen Vegetation auseinandersetzt, für die *Montforts* Arbeiten maßgebend sein sollen. Die Moosmoore sind nur ein kleines pränivales Fragment des oben (S. 26) unter Nr. 9 aufgeführten Vegetationstypus, der sich in den Tundren meilenweit polwärts erstreckt. Welch ungeheurer Arbeits-

¹⁾ *Camill Montfort*: Zeitschr. f. Bot. 10. (1918); 14. 97 bis 172 (1922); Sitzungsber. d. Ges. f. Natur- u. Heilk., Naturw. Abtg., 2. Juni, Bonn 1919; Jahrb. f. wiss. Bot. 59. (1920); 60. 184 bis 255 (1921).

²⁾ *Hugo Oswald*: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich. III. (Festschrift *Carl Schröter*), S. 707 bis 723 mit 5 Taf. Zürich 1925.

stoff liegt noch vor uns ausgebreitet, wenn wir die Gesamtheit der Vegetationstypen und ihrer sie konstituierenden Lebensformen überschauen!

Zumal da für jedes Florenreich die Gattungen und Arten, oft auch die großen Familien als Träger all dieser Lebensformen gesondert sind, besondere systematisch-floristische und biologisch-geographische Unterlagen fordern!

Man versteht, daß die so weit gefaßte geobotanische Ökologie trotz ihrer neuerdings so stark in Zunahme begriffenen Literatur doch noch in den Anfängen steckt. Die Begeisterung muß die Schwere der Aufgaben in der Seele des Forschers entzünden und zur Vollendung reifen lassen. Wie *Plato* von den Dichtern sagt: Wer ohne der Musen Begeisterung an die Pforten der Poesie kommt, überzeugt, daß das Erlernen der Technik genügt, ein Dichter zu werden, der ist ungeweiht, und sein Werk des Verstandes wird fortgewischt von dem Werke der Begeisterung. *Alexander v. Humboldt* aber war ein solcher von Begeisterung erfüllter Forscher, aus dessen „Ansichten der Natur“ sich Quellen ergossen haben, die befruchtend wirkten auf die Fortführung seiner Ideen; ihm folgten *Grisebach*, *Schimper*, *Warming*.

* * *

Werfen wir zum Schluß dieser Einleitung noch einmal einen Blick auf die Allgemeinheit der ökologischen Arbeitsaufgaben, so ist dabei, von großen Gesichtspunkten ausgehend, aus den Beziehungen zwischen den Lebensformen und dem sie beherrschenden Klima (Klima als Inbegriff der Gesamtheit von Licht, Wärme und Wasser spendenden Faktoren) gegenüber der immerfort hier geschilderten enormen Mannigfaltigkeit doch zunächst eine bedeutungsvolle Gleichheit im Aufbau physiognomischer Stufen festzustellen. Dieses Grundgesetz wäre zuerst zu untersuchen. Als Beispiel mag ein unterm Äquator gelegener Berggipfel, wie der Kilimandjaro, untergelegt werden und sein Abfall nach Süden oder ostwärts bis zum Meer, wo auf die ozeanischen Formationen die des Seestrandes, dann die megathermen Wald-, Gras- und Steppenfluren des Inlandes je nach Niveau und Lage zu den regenspendenden Winden folgen.

Auf den höheren Bergterrassen folgen dann aus anderen Lebensformen und Arten zusammengesetzte Wälder ohne monokotyle Bäume; Bambusen steigen noch am höchsten auf, und es mischen sich an ihrer Stelle unten nunmehr oben auch die Nadelholzphysiognomien. Der Baumwuchs sinkt, Gebüsche von Manneshöhe bis zur Unterkniehöhe herabgehend vertreten den Wald, sie sind zumeist immergrün, wechseln mit weitgedehnten Grasfluren

von neuem Charakter, tragen in dikotylen Schopfbäumen höchst bizarre Gebirgsphysiognomie, bis auch diese aufhört und nun chamäphytischer Wuchs von Zwerggesträuch, immergrün-perennen oder im Jahrestrieb rediviven Stauden die Erdoberfläche und Felsgehänge bedeckt, während diese Lebensformen unten ein in Wald und Grasflur eingestreutes Leben, wo nicht gar epiphytisch auf Baum und Strauch, geführt haben. Dasselbe gilt von den Bryophyten, die mit den Lichenen zusammen noch über Gräsern und perennen Kräutern dominieren, bis in der intranivalen Höhenstufe das Pflanzenleben erstirbt.

Dieser Aufbau, unendlich variiert, ist als Grundzug allen äquatorialen Gebirgen in analoger Abwechslung der Lebensformen eigen, wird selbstverständlich überall seine besondere floristische Facies tragen und geht nun nach Nord und Süd über die weiten Länderflächen in analoger Vertretung polwärts hinweg, wobei allerdings in Wüsten und Wüstensteppen einerseits und in den sommergrünen Laubwäldern und Gebüschern der zwischen Frostwinter und Hitzesommertagen sich bewegenden Länder Lebensformen herrschen, die in solcher Physiognomie nicht äquatorial zu finden sind. Also doch wirklich etwas ganz positiv Neues! Dann aber treten über den Baumgrenzen doch wieder diejenigen Lebensformen gesellig ein, welche auch in allen drei Tropenbreiten die Berggipfel bekleiden, bis der Schnee rings um die Polkappen gerade wie auf den höchsten Gipfeln der Vegetation Halt gebietet.

Diese Konformität, um es so zu bezeichnen, im Gesamtaufbau des Vegetationskleides hat in der geringen Zahl von Vegetationstypen ihren Ausdruck gefunden; diese sind die einzelnen Kleidungsstücke in den buntesten Farben.

Weit mannigfaltiger ist der floristische Charakter: Je nach dem Florenreich wechseln die Farben, und es zeigt sich also die Gemeinschaft gewisser Lebensformen oder Lebensformgruppen, welche die verschiedensten Gattungen und Familien in ihren Bann zwingen, der phylogenetischen Abstammung überlegen. Nur zum geringsten Teile fallen ganze Familien von Bedeutung und reicher Gliederung in den Bann einer einzigen Lebensform. Es erscheint daher so, als ob die adaptiogenetische Differenzierung die Tragweite in der Besiedlungskraft der meisten Familien gesteigert hat, am meisten in denjenigen Familien, welche gleichzeitig Hydrophyten, Bäume und Sträucher phreatischer wie pseudoarider Gebiete, Stauden und Therophyten bis zu den nivalen Grenzen hin zur Besiedlung stellen, wie in erster Linie Gräser und Leguminosen.

Da nun jede Art, Spezies, für sich nach ihrer eigenen morphologischen Ökologie innerhalb ihres Areals die Wahl der Standorte je nach den prospektiven Funktionen des Standortes

(s. o. S. 15) freihat, so ist es klar, daß die Soziologie mehr mit dieser faktischen Freiheit und Ungebundenheit rechnen muß als mit einer theoretisch vielleicht willkommeneren engen Gebundenheit, d. h. daß sie selbst den die kleinste Einheit darstellenden Elementarassoziationen schon einen genügend weiten Raum zur Entfaltung aller ihr gegebenen Möglichkeiten gönnen muß, um in den gebotenen Grenzen der Natürlichkeit zu bleiben. Es erscheint auch die aus einem lokal variablen Mosaik zusammengesetzte Elementarassoziation nur als ein durch Konvergenz gleicher prospektiver Funktionen verschiedener Lebensformen (mit zum gleichen Ziel hinlaufenden dynamischen Besiedlungskräften) im soziologischen Verbände gehaltenes „Abstractum“, nicht zu vergleichen den Varianten einer phylogenetisch einheitlichen „Spezies“, aber ein würdiges Thema für die Bearbeitung der Fragen, welche sich an solchen Verband und die ihn zusammenhaltenden Bedingungen anschließen.

Diesem die neueste Literatur bei uns so überwiegend beherrschenden Problem sind besonders die weiter folgenden Abhandlungen von *Du Rietz*, *Beger* und *Lüdi* gewidmet. Und wie sich das Nebeneinander ganz verschiedenartiger Assoziationen, ja Vegetationstypen im mannigfach gestalteten Gelände ausdrückt, ist *Scharfetters* Abhandlung zu erläutern bestimmt. Die Untersuchung der Faktoren als Lebensbedingungen bringt den Anschluß an experimentalphysiologische Richtungen, und die statistischen Vergleiche stellen eine Verbindung der floristischen und ökologischen Richtung her (s. *Jaccard* und *Frey*).

In jeder der hier kurz bezeichneten Richtungen bietet sich für sich allein eine Fülle von Aufgaben, sehr verschiedenartig nach der Wahl des Florenreiches bzw. Florengebietes, und noch mehr verschiedenartig je nach der Absicht, entweder die floristischen Grundlagen einer Gruppe von Assoziationen oder deren inneres Leben und Weben nach morphologischer und physiologischer Ökologie zu erforschen oder endlich auf den Grundlagen einer physiogeographischen Karte die Gesamtheit der die Landschaft bevölkernden Assoziationen als Glieder der vom Landesklima beherrschten Formationen bzw. Vegetationstypen darzustellen und so, durch den Vergleich größerer Länderkomplexe, zum Begriff der großen Vegetationszonen der Erde aufzusteigen, welche schon seit alten Zeiten der Geobotanik als Parallelausdruck zu den nach Jahrestemperaturen, Wärmeschwankung in Extremen, Niederschlagshöhen und ihrer monatlichen Verteilung abgegrenzten großen Klimazonen in Unterscheidung und zumeist noch oberflächliche Charakterisierung gekommen sind. Je mehr große

Ländergebiete solche durchgreifende Bearbeitungen in richtiger Methodik erhalten haben werden, desto vertiefter wird das Gesamtbild der Vegetationszonen der Erde mit ihren für sie maßgebenden physiognomischen Vegetationstypen (und Lebensformgruppen) sich ausgestalten.

Eines der ausgezeichnetsten Muster solcher Arbeiten ist zugleich eines der ältesten im ökologischen Stil geschriebenen, nämlich das von *Warming*¹⁾ über ein brasilianisches Gebiet in der Provinz Minas Geräes. Die größte zusammenhängende Durcharbeitung hat Afrika durch *Engler*²⁾ erfahren, wie auch alle übrigen 15 Bände der „Vegetation der Erde“ für die in ihnen behandelten Landschaften maßgebend sind.

Sie stellen zugleich die moderne Form für geobotanische Monographien nach Länderabteilungen dar in Verbindung von Formationen auf floristischer und physiographischer Grundlage, die mehr und mehr an Stelle der früher üblichen Florenwerke in systematischer Aufzählung der Familien, Gattungen und Arten mit ihren Einzelstandorten treten, ohne jedoch solche Werke entbehrlich zu machen.

Wo solche Werke fehlen, hat es der Ökologe schwer; die Charakterisierung seiner Vegetationstypen und Assoziationen bleibt mangelhaft. Aber er kann, wie hier aus dem *H. Handel-Mazzettis* Abhandlung beigegebenen Beispiel der reichgegliederten Flora von Südwestchina hervorgehen soll, seine Arbeit als Expeditionsbotaniker mit den physiognomischen Lebensformen operierend in verhältnismäßiger wissenschaftlicher Vollständigkeit vollführen, wenn er die ihm unbekanntes Charakterarten sammelt und als Belege heimbringt. Er braucht auch den systematischen Teil nicht einmal selbst zu bearbeiten, wenn er dafür geeignete Hilfe in den großen Museen und Herbarien findet.

Aus dieser sich gegenseitig ergänzenden pflanzengeographischen und systematischen Arbeit sind für manche große, einst botanisch kaum oberflächlich bekannt gewesene Länder die vollständigen geographischen Grundlagen ihres Formationscharakters mit den führenden Arten hervorgegangen. Bis 1870 war Argentinien ein solches unbekanntes Land; da machte *Prof. P. G. Lorentz* von Cordoba aus weite Forschungsreisen zwischen 26 und 31° südlicher Breite, deren Sammlungsergebnisse bis 1872 von *A. Grisebach* im Göttinger Herbarium bearbeitet wurden und im Jahre 1874 als Florenkatalog unter dem Titel „*Plantae Lorentzianae*“³⁾ erschienen, denen 1879 eine starke Ergänzung folgte. Und schon

¹⁾ *Eugen Warming*: Lagoa Santa. Kgl. Danske Vid. Selsk. Skr. — Naturv.-math. Afd. 6. (3.) Kopenhagen 1892.

²⁾ *E. Engler*: Die Pflanzenwelt Afrikas. I. Abt.: Allgemeiner Überblick; 5. Abt.: Schilderungen der Vegetationsverhältnisse. In: Die Vegetation der Erde. 9. Leipzig 1892—1926.

³⁾ *A. Grisebach*: Abh. d. Ges. d. Wiss. Göttingen. 19. (Februar 1874).

im Jahre 1876 war *Lorentz* durch diese Zusammenwirkung von Natur- und Herbarstudien imstande, eine pflanzengeographische Karte Argentiniens unter Schilderung aller Charakterarten der Assoziationen zu veröffentlichen¹⁾. Für solche Reisen erwachsen dem Ökologen ganz besondere Aufgaben, die einer Pionierarbeit.

* * *

Unsere Erklärung von pflanzengeographischer Ökologie hat es abgelehnt, dieselbe nur aus „Beziehungen“, Beziehungen der Pflanzen zur Umwelt oder ähnliches, zu konstruieren; sie hat deren eigenes Arbeitsmaterial gesucht und gefunden: das Vegetationskleid der Erde in Abhängigkeit von der geologischen Florentwicklung (die „Facies“) und auf physiogeographischer Grundlage, dem *Oikos*. Dies gibt eine den physiogeographischen, systematisch-phylogenetischen und erklärend physiologischen Gesichtspunkt der Botanik verbindende, eigenartig-neue Behandlung. Aus den Verbindungen mit den drei anderen entstammen die „Beziehungen“, ihr Eigentum ist die Vegetation.

Die Vegetation besteht aus Gemeinschaften geselliger Lebensformen von Pflanzen, getragen von jeweilig floristisch gegebenen Arten. Mit deren Phylogenie im heutigen Bilde der Pflanzenfamilien haben sich zugleich, und mehr oder weniger unabhängig von ihren erblichen Organisationsmerkmalen, deren Lebensformen gebildet und haben sich ihrer Adaptiogenese entsprechend ausgebreitet. Die Gesamtheit der Formen des phylogenetischen Systems wird in ein auf Grundformen des Wachstums gegründetes ökologisches System ungeordnet. Die speziellen Lebensbedingungen zeichnen jeder Art in ihrer Lebensform eine besondere Haushaltungsführung (Autökologie) in Licht- und Wärme- und Wasserwirtschaft vor, und weisen ihr ferner zur Befestigung und Ernährungsquelle einen bestimmten Standort (Boden) an, der sie mit gleichgestimmten, aber andersgearteten Genossen „soziologisch“ verknüpft. Diese Soziologie folgt aber auch durchaus florentwicklungsgeschichtlichen Umständen.

Die Ökologie umfaßt demnach als Arbeitsmaterial und Arbeitsrichtung die Zusammensetzung der Vegetationsformationen in Abhängigkeit von allen klimatischen, geomorphologischen und edaphischen Faktoren unter den lokal in der Erdgeschichte begründeten besonderen florentwicklungsgeschichtlichen Wirkungen, wie sie sich als Resultante aus den adaptiogenetisch neben der Phylogenie entstandenen spezifischen Propagationskräften im Kampf um Leben und Raum soziologisch gestaltet hat und wie sie sich in Generationen veränderlich erhält.

¹⁾ *P. G. Lorentz*: Vegetationsverhältnisse der Argentinischen Republik. Buenos Aires 1876, Soc. Anom.

Der Ökologe auf Reisen.

Von **Heinrich Handel-Mazzetti**, Wien.

Wer eine Forschungsreise in ein wenig bekanntes Land unternimmt, wo wissenschaftliche Institute, gute Unterkünfte und Verkehrsmittel fehlen, steht vor einer schwierigeren Aufgabe, als jener, der in Gegenden, wo alle diese Hilfsmittel vorhanden sind, nach den in den folgenden Teilen dargelegten Methoden arbeiten will, und doch muß es sein Streben sein, diese möglichst vollständig zu verwenden. Wie er zu diesem Zwecke seine Reise anlegt und durchführt, soll hier dargelegt werden.

Die Grundlage für jede ökologische Arbeit ist die Kenntnis der in Betracht kommenden **Pflanzen**. Da der Reisende nur in den seltensten Fällen die Flora eines Landes so vollkommen beherrschen wird, daß er allein oder fast allein mit dem Notizbuche arbeiten kann, ist ein je nach seinen Pflanzenkenntnissen mehr oder weniger erschöpfendes Sammeln und herbarmäßiges Präparieren unerläßlich. Dafür bedarf es aber einer eigenen, recht umfangreichen Ausrüstung, und auch die Art des Reisens, ja der ganze Plan der Reise muß dem angepaßt sein.

Ist der Botaniker allein oder der unabhängige Leiter der Expedition, so hat er es in dieser Hinsicht leicht; ist er aber einer anderen Zwecken dienenden Expedition angeschlossen, so wird er darauf bedacht sein müssen, die Ansprüche seiner wissenschaftlichen Arbeit durchzusetzen, soweit es das gute Einvernehmen mit seinen Reisegegnossen zuläßt, und dennoch auf manches verzichten müssen, was zur Vollständigkeit der Forschung gehört. Es ist seine Sache, im voraus zu erkennen, ob und wie weit er sich den anderen Teilnehmern anpassen und was er ihnen für Opfer bringen kann, und auch, welches Entgegenkommen er von ihnen zu erwarten hat. Wen man am Biertisch als den nettesten Menschen kennengelernt zu haben glaubt, der kann sich im Ernst als der hemmungsloseste Egoist und vollständig unmöglicher Reisebegleiter erweisen. Eine Expedition aber, die etwa so angelegt ist, daß die als Grundlage jeder ökologischen Forschung nötige Handarbeit unmöglich ist, macht der Botaniker besser von vornherein nicht mit.

Hier aber soll die vom Ökologen selbständig und allein für seine Fachstudien unternommene Reise Gegenstand der Besprechung sein, denn auch, wer nebenbei nichtbotanische Untersuchungen auf der Reise anstellt, wird dadurch oft nur zu sehr von seinem Fache abgezogen. Für ethnographische z. B. muß er sich möglichst bei den Leuten und ihren Wohnstätten aufhalten, für botanische im Gegenteil im Freien. Topographische Aufnahmen bedingen mitunter Abstecher auf Gipfel oder andere Punkte, die biologisch nichts bieten, wodurch Zeit für die Facharbeit verloren geht; sie ziehen in verwickelt gebautem Gelände die Aufmerksamkeit merklich von der Bedeckung des Bodens ab und zu seinen großen Formen hin, und die Notwendigkeit gleichmäßiger Geschwindigkeit für die Wegaufnahme macht Aufenthalte für andere Untersuchungen unmöglich.

Die Dauer der Reise muß nicht nur nach der Größe des zu untersuchenden Gebietes, sondern auch nach dessen Artenreichtum und dem Wechsel von Vegetationszeiten bestimmt werden. In einem Gebiete, das so reich ist wie z. B. die chinesische Provinz Yünnan, wird man in einem Jahre vom Formenreichtum erdrückt. Man hat vollauf zu tun mit dem Zusammenraffen des Materials, das die Grundlage bieten muß für die ökologischen Studien, die man daher im ersten Jahre nicht sehr intensiv betreiben kann. Sucht man sich aber einen allzu kleinen Teil eines Gebietes zu genauer Untersuchung aus, so läuft man Gefahr, an einem Orte gemachte Beobachtungen und Erfahrungen zu verallgemeinern. Man muß daher nach einer solchen Detailuntersuchung einen größeren Teil des offenkundig demselben Typus angehörigen Gebietes wenigstens rasch zur Übersicht bereisen. Wer z. B. den Yüling-schan, das reichste Gebirge in Yünnan, noch so genau untersucht, bekommt noch kein richtiges Bild von den Formationen Yünnans, denn dort fehlt wegen der Steilheit der Hänge und ihrer Schuttbedeckung die in der Umgebung sehr charakteristische Moder-matte¹).

Für den Ökologen ist es oft besser, nicht gerade den reichsten Teil eines Gebietes zur Untersuchung auszuwählen. Floristischer Reichtum beruht oft auf der Störung oder Mischung von Formationen. Die Untersuchung solcher Stellen ist z. B. vom Standpunkte der Sukzessionen aus gewiß sehr fruchtbar, kann aber nur nach Festlegung der typischen, geschlossenen Formationen ein befriedigendes Ergebnis liefern. Die geschlossenen Formationen aber sind immer artenärmer; sie bilden oder ent-

¹) Ich will dies nicht gerade als so ganz sicher hinstellen, da ich den Yüling-schan nicht nach allen Richtungen untersuchte, aber mir begegnete die Formation dort nicht, und solche Fälle werden praktisch öfter vorkommen.

halten klar begrenzte Assoziationen, und die Arbeit soll immer vom Einfachen auf das Komplizierte ausgedehnt werden.

Viele Assoziationen, wie jene der Wüste und Steppe, zeigen — selbst auch als Formationen — zu verschiedenen Jahreszeiten ein so verschiedenes Aussehen, daß man sie durch einmalige Untersuchung unmöglich richtig beurteilen kann. Wenigstens ein Vertreter jedes solchen Vegetationstypus muß daher mindestens in zwei verschiedenen Jahreszeiten besucht werden. Schon bei uns ist es schwer, im Spätsommer den frühjährlichen Bestand einer *Crocus*-Wiese und sein Aussehen zu erkennen. In der Steppe und Wüste aber sind die annuellen Frühjahrspflanzen im Sommer meist überhaupt zu Staub zerfallen, so daß sich auch keine Bestimmungsproben mitnehmen lassen. Die Chenopodiaceenassoziationen wieder können erst im Spätsommer erkannt werden.

Am besten tut man, im Arbeitsgebiete angelangt, nicht gleich auf eine große Reise zu gehen, sondern in anfangs ganz kleinen und später größeren Ausflügen zunächst die Umgebung des ersten Aufenthaltsortes zu untersuchen. Man hat so Gelegenheit, nicht nur reichlich zu sammeln, was ja auch unterwegs möglich ist, sondern auch das Gesammelte zu präparieren, was unterwegs große Schwierigkeiten macht. Man eignet sich dabei die nötige Pflanzen- und Vegetationstypenkenntnis an, braucht dann auf der Reise nicht alles immer wieder mitzunehmen, sondern kann teilweise mit dem Notizbuch arbeiten, natürlich jeder nur nach Maßgabe dessen, was er seinem Formengedächtnis und Formenblick zutrauen kann.

Auf einer wirklichen Forschungsreise darf die Beobachtung nie unterbrochen werden. So wie dem Geographen in der Wegaufnahme kein Stückchen fehlen darf, so muß auch der Botaniker alles beachten, was er zu sehen bekommen kann, und muß jeden Augenblick bereit sein, den Boden, und was darauf wächst, genauestens zu untersuchen und zu sammeln. Die Vegetation ist gewöhnlich, je weiter von Ansiedlungen, desto besser ursprünglich erhalten, über die interessantesten Stellen kommt man auf den größten Tagemärschen durch unbewohntes Gebiet, und dies verbietet schon, sich von einem Nachtlager zum anderen in irgendeinem Kasten, aus dem man womöglich nicht einmal heraussehen kann, befördern zu lassen und mit dem Arbeiten um die Ortschaften zu rechnen, um die vielleicht alles bebaut, abgeweidet oder doch stark beeinflußt ist.

Der Reisende muß vielmehr möglichst unabhängig beweglich sein. Schickt er den Führer mit der Karawane voraus, so läßt er sich von diesem nötigenfalls seinen Weg an Gabelungen, an denen er ihn beim Nachfolgen verfehlen könnte, mit farbigen Papier-

zetteln markieren; geht er aber mit dem Führer voraus, so tut er dies für die nachfolgende Karawane. Oder, während diese zum nächsten Nachtquartier natürlich den kürzesten Weg eventuell durch bewohntes und bebautes Land nimmt, läßt er sich selbst oft besser kleine Wege abseits führen, wo er den ursprünglichen Pflanzenwuchs besser untersuchen kann. Daß man bei Abstechern, Bergbesteigungen u. dgl. möglichst nicht denselben Hinweg und Rückweg nimmt, ist wohl selbstverständlich.

Wenn der Botaniker seinen Weg zweckmäßig einteilen will, so sorgt er dafür, daß keine zu großen Tagemärsche gemacht werden. Wenn man in einem Wagen von früh bis abends Trab fahren muß, um nur die Unterkunft zu erreichen, so ist ein solcher Reisetag für botanische Forschung soviel wie verloren. Auch die Sänfte ist nicht geeignet, denn die Träger können sie nicht an jeder Stelle absetzen; auf manchen Wegen ist es fraglich, ob man gerade an der betreffenden Stelle aussteigen kann; man muß oft weit zurückgehen und, was man im Vorbeihuschen gesehen hat, von neuem suchen; alles viel zu umständliche Arbeit. Auch beim Kamelreiten, das in manchen Gegenden, freilich solchen, die dem Botaniker am wenigsten bieten, wohl nicht zu vermeiden ist, kann man nicht ohne weiteres ab- und wieder aufsteigen, wie man es braucht, doch kann man jedenfalls ununterbrochen beobachten und auch sammeln, wenn man einen Burschen dafür hat, der einen zu Fuß begleitet. Automobil- oder Radfahren kommt natürlich in den wenigsten Ländern in Betracht.

Anweisungen für das Fußwandern zu geben, das immer zum Ziele führt, ist hier nicht der Platz, aber in gewissen Klimaten, wo der nicht Angepaßte Dauermärsche nicht verträgt, in Ländern, wo das Ansehen des Europäers ihm das Fußwandern verbietet, oder auf schlechten Wegen, wo, den Fuß richtig zu setzen, die Aufmerksamkeit ganz in Anspruch nimmt und vom Beobachten abzieht, oder auch, wenn man sich der Sicherheit halber von seiner Karawane nicht weit entfernen darf, sie also rasch wieder einholen können muß, ist es entschieden besser, ein gutes Pferd oder Maultier, eventuell einen Esel zu reiten, vorausgesetzt, daß man ein Zaumzeug hat, mit dem man das Tier lenken und anhalten kann, und einen Sattel mit Bügeln, auf den man ohne weiteres aufsitzen kann. Im Oriente z. B. benutzen die Einheimischen nur einen Halfter, mit dem man das Tier kaum anhalten kann, und legen nur gelegentlich ein grausam scharfes Gebiß ein. Beides ist für den Forschungsreisenden unbrauchbar, und er tut besser, wenn er solches voraussehen kann, einen eigenen Trensenzaum mitzubringen, dazu einen haltbaren langen Zügel, denn er wird oft unterwegs das Pferd anhalten, um etwas ins Notizbuch zu schreiben; da steckt es den Kopf ins Gras und reißt ihn mit einem zu kurzen

Zügel fortwährend an den mit Buch und Bleistift beschäftigten Händen. Auch muß man es an einen Busch oder Baum immer so lang anhängen, daß es nicht das Bedürfnis fühlt, sich loszureißen; denn man wird nicht immer mit Vollblutarabern zu tun haben, die ruhig stehen bleiben, wo man steht, und einem nachgehen, wenn man weitergeht.

Oft bekommt man einen hölzernen Packsattel vorgesetzt, womöglich ohne Bügel, auf dem man festgesetzt wird, bis man nach einigen Stunden, steif und zerschunden und kaum mehr arbeitsfähig, in die tiefe Kniebeuge herabkommt. Wo man also solches zu erwarten hat, bringe man einen eigenen Sattel mit, der, weil man vielfach mit kleineren Pferden als unseren zu tun haben wird, nicht zu groß sein darf und einen Gurt haben muß, der sich recht kurz schnallen läßt. Satteltaschen dürfen selbstverständlich nicht fehlen. Ob man ein gelernter Reiter ist oder nicht, ist ziemlich gleichgültig. Besonders unter etwas Anleitung wird man bald so viel Übung haben, daß einem das Reiten keine Qual mehr, sondern ein Vergnügen ist, und mehr braucht man nicht, denn Sport hat der Forschungsreisende ja nicht zu betreiben. Auch wenn man nicht darauf angewiesen ist, ist es unter Umständen gut, das Reitpferd zu besitzen und nicht nur zu mieten. Man kann sonst bei vielen Leuten keinen Einfluß darauf nehmen, daß es sauber gehalten wird. „Putzen? Beileibe nicht, da wird es ja krank!“ ist die faule Ausrede. Aber, auf einem lebenden Misthaufen zu reiten, wie er einem in China gebracht wird, ist kein Vergnügen. Auch ist fortwährender Wechsel des Reittieres und Gewöhnung an ein neues keineswegs angenehm. Freilich, wenn man ein Pferd besitzt, muß man auch schon etwas davon verstehen und sich etwas darum kümmern. Das kann hier nur angedeutet werden, und auch das soll hier nur in Kürze gesagt sein: man steife sich beim Kaufe nicht auf ein junges Tier, denn erstens kann man nicht wissen, was unter einer nicht sehr erfahrenen Hand daraus wird, und zweitens kann es körperlich vollständig versagen, während ein älteres doch schon erprobt ist. Die Tibeter in China nehmen auf die Reise nach Lhasa kein Tier unter 10 Jahren mit, weshalb ich allerdings dies keineswegs als die untere Grenze angeben will. Es wird ja nicht darauf ankommen, daß man es viele Jahre lang behält. Auch große Schnelligkeit hat nichts zu sagen, außer etwa in Gegenden, wo man mit Flucht rechnen muß; wichtiger ist, daß es gutmütig und folgsam ist oder, daß man ihm doch gewachsen ist, denn man kann nicht auf einem Tiere wissenschaftlich arbeiten, mit dem man fortwährend raufen muß.

Für die Ausrüstung gilt: Alles fest und haltbar, aber dabei möglichst leicht. Soweit als möglich soll der Reisende sich von den

im Lande erhältlichen Lebensmitteln ernähren. Ein eiserner Vorrat an Konserven wird nur für Reisen durch weite unbewohnte Strecken nötig sein, sowie dann, wenn man damit rechnen muß, daß einem irgendwo die Bevölkerung nichts verkaufen will oder kann. Ein Feldbett braucht man wohl auf jeder Reise, die Anspruch darauf macht, als Forschungsreise bezeichnet zu werden. Bei der anstrengenden Arbeit, die eine solche bis in die Nacht hinein erfordert, braucht man dann Nachtruhe, um den körperlichen und geistigen Strapazen gewachsen zu sein, und diese ist auch für den abgehärtetsten Reisenden nicht möglich, wenn er sich nicht vor Ungeziefer bewahren kann. Unter das Bettzeug ein Öltuch zu breiten, soll gegen Insekten schützen. Ein Schlafsack ist nur in kaltem Klima brauchbar. Gegen Wanzen, gegen die kaum ein Insektenpulver nützt, kann man die Bettfüße in kleine, mit Wasser gefüllte Näpfe stellen oder wenigstens den Boden herum anfeuchten, muß aber dann darauf achten, daß nicht die Decke oder etwas anderes den Boden berühre. Gegen Flöhe nützt es, sich mit einer Pferdedecke zuzudecken, vorausgesetzt, daß das betreffende Pferd keine Hühnerläuse oder Zecken hat, was allerdings nur bei sehr schlechter Haltung vorkommt.

Während der zu bloß geographischen, ethnographischen oder anderen Zwecken Reisende für Freilager mit einem Schlafsack auskommen mag, braucht der Botaniker in Gebieten, die nicht in der betreffenden Zeit verläßlich regenlos sind, unbedingt ein Zelt, denn er muß ja sein Material trocknen können. Die meisten größeren Zelttypen besitzen ein Vordach, an das man aus wasserdichtem Stoffe noch Seitenwände anbringen läßt, um einen Raum herzustellen, in dem die Leute das Umlegen der Pflanzen besorgen, kochen und schlafen können, wenn sie nicht eigene Zelte mitführen. Die Spitzen der Zeltstangen, auf die das Dach gesteckt wird, sollen nicht aus Aluminium sein, das sich zu leicht verbiegt, sondern aus Stahl. In manchen Gegenden, wie in Mesopotamien, ist es ganz üblich, das Zelt auch neben Ortschaften aufzuschlagen; in den dicht bevölkerten Teilen Chinas ginge dies nicht an. Nicht zu vergessen ist in gewissen Gegenden auf das Moskitonetz.

Heilmittel führe man immer reichlich mit, nicht nur für sich, sondern auch für seine Leute und für die Einheimischen, die oft in jedem Europäer einen Arzt sehen, und es ist das beste Mittel, um auf guten Fuß mit der Bevölkerung zu kommen, wenn man Heilmittel verteilt, ebenso Geschenke von der Nähnaedel bis zum Gewehr mit Munition, je nachdem, mit was für Leuten man sich zu befreunden hat. So viele medizinische Kenntnisse, daß er sich selbst helfen kann und bei anderen kein Unheil anrichtet, muß der Naturforscher ohnedies haben, wenn er sich in die Einsamkeit begibt. Ein Rezeptbuch, um die richtige Dosierung zu finden,

gehört ebenso zur Reiseausrüstung, wie ein medizinischer Leitfaden, z. B. *Bock*, Das Buch vom gesunden und kranken Menschen.

Eine geschwärzte oder besser gelbe Brille gegen reflektiertes Sonnenlicht und Schnee, ein Tropenhut und dazu ein wasserdichter Überzug gehören zur Ausrüstung in gewissen Klimaten. Der Tropenhut kann übrigens vollständig ersetzt werden durch einen Segeltuchüberzug, der so über einen gewöhnlichen Hut gezogen wird, daß er über den Nacken herabhängt. Er hat den Vorteil, bei Nichtbedarf soviel wie keinen Raum einzunehmen und unter Zerquetschen nicht zu leiden.

Die Frage, ob man botanische Literatur mitnehmen soll, muß in verschiedenen Fällen verschieden beantwortet werden. Gibt es für das zu bereisende Gebiet ein Bestimmungswerk, so ist es dann mitzunehmen, wenn man durch rasches Bestimmen sich etwas vom Sammeln oder von der Belastung mit häufigen Arten aus einem Lande, aus dem schon reichlich Material vorliegt, ersparen will, oder, wenn sich die Reise über zwei Jahre erstreckt und man im Winter oder einer anderen Zeit der Arbeitsunterbrechung sich damit befassen will und nicht durch andere Arbeiten, wie Entwickeln der photographischen Aufnahmen, Etikettieren der Sammlung u. a. vollständig in Anspruch genommen ist. Eine bloße Enumeratio kann nur dann von Nutzen sein, wenn man sich so gut vorbereitet hat, daß die bloßen Namen und etwa sonst darin befindliche Angaben einem schon das Nötige ins Gedächtnis zurückrufen. Für viele Länder bedarf es aber zum Bestimmen einer ganzen Bibliothek und des Vergleichsmaterials großer Herbarien, so daß man sich auf der Reise gar nicht damit befassen kann.

Wo keine guten Detailkarten bestehen, aus denen man die Höhenlage jedes Punktes sofort entnehmen kann, muß man sich mit barometrischer Höhenmessung befassen. Ob man auch ein Siedethermometer mitnehmen soll, mag hier dahingestellt bleiben. Es ist ein umfangreiches Instrument, dessen Ablesung Geschicklichkeit verlangt, ein verlässlicheres als das Aneroid. Da es aber zur Höhenberechnung darnach ebenfalls der Barometerstände einer Basisstation bedarf, ist der Vorteil ein geringer und wird durch gleichzeitige Beobachtung von zwei Aneroiden wohl wettgemacht. Selbstverständlich gehört dazu und zu anderen einschlägigen klimatologischen Beobachtungen die Mitnahme eines Schleudermometers oder besser, weil eines doch früher oder später den Weg alles Glases geht, mehrerer. Liegen keine ständigen Wetterwarten in der Nähe des zu untersuchenden Gebietes, muß man darauf bedacht sein, selbst eine Basisstation zu erreichen, indem man bei einem verlässlichen und dazu willigen, an einem Orte ansässigen Beobachter ein weiteres Barometer aufstellt und die

Stände täglich dreimal (um 6 Uhr früh, 12 Uhr mittags und 6 Uhr abends) oder zweimal (um 10 Uhr vormittags und 4 Uhr nachmittags) aufschreiben läßt.

Dem Beobachter muß man einschärfen, wenn er einmal an einer Beobachtung verhindert ist, die Stelle offen zu lassen, nicht aber etwas hineinzudichten, was ihm wahrscheinlich scheint. Selbst wenn man weitab von der Basisstation arbeitet, wird man sich nach den Angaben dieser und der nächsten ständigen Beobachtungsstationen von einem Meteorologen die wahrscheinlichen Isobaren für den eigenen Beobachtungsort ziehen lassen können. Gewitter rufen freilich lokale Barometerstürze und damit große Unsicherheit der Berechnung hervor. Sie sind daher sowohl vom Reisenden als in der Basisstation gewissenhaft zu verzeichnen.

Alle Aneroide müssen sowohl vor der Ausreise als nach der Rückkehr an einer meteorologischen oder physikalischen Anstalt geeicht werden. Bemerkt man, daß eines einen Stoß bekam, so ist aufzuschreiben, wann dies geschah, um von der nächsten Ablesung ab die dadurch vielleicht nötige Korrektur anzubringen. Kommt man wieder an einen früher schon besuchten Punkt, so ist es sehr wichtig, ihn zur Kontrolle nochmals zu messen und sich nicht damit zu begnügen, daß dies ja schon einmal geschehen ist.

Auch Hygrometerbeobachtungen (mit *Lambrechts* Fadenhygrometer oder einem Verdunstungshygrometer) sind wichtig, besonders zur Feststellung der geringsten Luftfeuchtigkeit. Dagegen hat man zu Messungen der Niederschlagsmenge auf der Reise kaum Gelegenheit, darf aber nicht verabsäumen, Dauer von Regen und Sonnenschein jeweils aufzuschreiben und zu beachten, ob es eine Wolkenstufe gibt. Ebenso wird Dauer und Richtung von Winden verzeichnet und ihre Wirkung auf die Vegetation (Befeuchtung oder Austrocknung auf der Windseite? Windschliff an Vegetationsformen oder Unterdrückung des Pflanzenwuchses) beobachtet.

Wie weit der Botaniker auf die Geologie in geologisch nicht aufgenommenen Gebieten eingehen muß, ist schwer genau anzugeben; es hängt auch von seiner Schulung in dieser Wissenschaft ab. Die chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens muß jedenfalls beobachtet und, wo sie nicht sofort erkannt werden kann, durch Mitnahme von Proben der Untersuchung zugänglich gemacht werden. Tektonik wird dagegen weniger in Betracht kommen. Wichtig aber ist wieder die Beachtung von Eiszeitspuren.

Die gesammelten Pflanzen werden am schönsten herbarmäßig präpariert, wenn man sie gleich beim Sammeln zwischen Blätter irgendeines Papiers in die Sammelmappe legt, die man mit Riemen

oder Gurten verschnürt. Dies ist aber nicht bei jeder Art Reisen durchführbar. Die Botanisierbüchse ist in trockenheißen Gebieten unbrauchbar, da die Pflanzen darin, wenn sie nicht schon sehr dicht liegen, sofort verwelken. Am besten habe ich den Sammelsack erprobt, aus wasserdichtem Stoff, etwas größer als das Herbarformat, der um die Schulter gehängt getragen wird. Es ist gut, ihn mit einem dünnen, wasseraufnehmenden Stoff zu füttern, den man besonders bei heißem, trockenem Wetter vor dem Aufbruch mit Wasser besprengt, was man, wenn nötig, unterwegs wiederholt. Besonders zarte Pflanzen und zarte Blüten größerer Pflanzen wickelt man, schon um abfallende Blütenblätter u. dgl. nicht zu verlieren, in Stoffstückchen (besser als in Papier), die man in verschiedener Größe zu diesem Zwecke in einer Rocktasche bereit hat.

Den Pflanzenstecher trägt man selbst und versieht mit je einem solchen und einer Baumschere auch die Leute, die man zum Sammeln verwendet. Diese sind darauf zu prüfen, ob sie nicht kurzsichtig oder farbenblind sind, denn man wird ihnen eine zu sammelnde Pflanze am leichtesten durch Hinweis auf die Farbe zeigen. Nur im Hochgebirge, wo man mit dem Eispickel geht, kann man auf den Pflanzenstecher verzichten. An dem Leibgurt trägt man nebstdem einen geologischen Hammer und in einem Futteral einen Meißel, außerdem, wo es nötig ist, den Revolver.

Schwierigkeiten macht es unter Umständen, brauchbares Material von hohen Bäumen oder Lianen zu erlangen. Wenn man nicht mit einer Schrotflinte Zweige herabschießen kann oder sehr tüchtige Baumkletterer hat, tut eine etwa 6 m lange Hakenstange, bestehend in einer natürlichen Astgabel an langem Hauptschoß oder einer kurzen solchen, die man an einem langen und möglichst geraden Schoß festbindet, gute Dienste. Wenn nötig, muß man damit auch noch ein Stück des gewünschten Baumes oder eines daneben befindlichen erklettern. Benötigt man sie voraussichtlich öfter, so kann man sie leicht mit dem Haken voraus durch den Wald tragen bzw. schleifen und damit die gewünschten Zweige oft leichter abdrehen als abreißen. Eine Baumschere auf langer Stange mit einer Schnur zur Betätigung tut jedenfalls sicherere Dienste, belastet aber das Gepäck auch zu Zeiten, da man sie nicht braucht.

Zum Abschneiden von Exemplaren der orientalischen Dornpolster hatte ich an die Griffe einer Baumschere etwa 25 cm lange Stiele befestigen lassen und konnte so auch die sparrigsten Polster leicht am Grunde abschneiden. Um sie herbarmäßig zu präparieren, legt man entsprechende Teile solcher zunächst zwischen zwei Bretter oder ganz starke Pappendeckel und trampelt tüchtig darauf herum.

Was für ein Instrument man sich zum Sammeln von Wasserpflanzen zurecht macht, wird auch auf die Geschicklichkeit des einzelnen ankommen. Eine Hakenstange tut gute Dienste und ist wohl für Nymphaeaceen u. dgl. unentbehrlich. *Potamogeton* und andere wurzelnde Wasserpflanzen, die in dichten Massen wachsen, wird man mit einem mit Haken oder krummen Nägeln versehenen Holzklötzchen erbeuten können, das man an einer so langen Schnur befestigt, als man es zu werfen imstande ist. Ob es schwimmen soll oder mit einem Stein beschwert werden, um unterzutauchen, kommt auf das Objekt an, das man erbeuten will. Zu genauer ökologischer Untersuchung wird man aber ein größeres Wasser immer im Boot befahren müssen oder hineinwaten.

Moose wickelt man so, wie sie sind, in Papier oder Stoff; von solchen, die hingestreckte Rasen bilden (pleurocarpe Laubmoose und viele Lebermoose) kann man ruhig verschiedene zusammenpacken, wenn sie einander nicht so ähnlich sind, daß man sie nicht wieder leicht entwirren könnte, und wenn sie keine leicht abbrechenden Früchte oder Hauben haben. Ist dies der Fall, so muß man jede Art einzeln einwickeln; ebenso bei aufrechten und nicht stark verfilzten Rasen, die daher leicht zerfallen. Große Rasen mit Sporogonen müssen in so schmale Teile der Länge nach zerlegt werden, daß die Verpackung nicht die Sporogone von oben zusammendrücken und die Seten knicken kann. Das eigentliche Aufpräparieren geschieht dann erst zu Hause nach der Reise. Laub- und Krustenflechten wickelt man ebenfalls nur ein, über Nacht öffnet man die Päckchen, wie auch bei den Moosen, und läßt sie trocknen. Bei Steinflechten muß man darauf achten, daß der zugehörige Zettel nicht direkt dem Stein aufliegt, da er sonst durch das geringste Rütteln abgewetzt und unleserlich wird, sondern durch ein dickes oder ein mehrfach gelegtes oder geknülltes weiches Papier von ihm getrennt wird.

Parasitische Pilze werden herbarmäßig gesammelt und behandelt, harte Hutpilze, wie Polyporaceen, einfach getrocknet. Große Schwierigkeiten macht dagegen die Präparation von weichen Hutpilzen. Vor allem ist es nötig, genaue Beschreibungen der Farbe aller Teile und der Oberflächenbeschaffenheit (klebrig, rauh, behaart, schuppig, faserig; Stiel netzig, gefurcht oder glatt) sowie der Konsistenz (ganz oder teilweise knorpelig, elastisch, brüchig, schleimig, wachsig) beizulegen oder besser unter der Nummer ins Tagebuch einzutragen. Ferner die Farbe des Fleisches und ob es sich beim Brechen verfärbt, ob Milchsaft vorhanden und dessen Farbe. Ob Ring oder (und) Volva vorhanden, ob Teile dieser am Hutrande hängen bleiben. Ob das Hymenium am Strunke herabläuft, sitzt oder ausgerandet ist. Der Stiel ist nicht abzubrechen, sondern samt dem Grundteile

auszugraben, auffallender Geruch oder Geschmack zu vermerken. Bei Holzpilzen ist zu verzeichnen, wie sie am Stamme aufsaßen (seitlich an aufrechtem oder auf dem Stirnschnitte, an liegenden Stämmen oben oder unten) und ob das Hymenium unterseits oder resupinat war. Insbesondere sind auch Pilze in verschiedenen Altersstadien zu sammeln.

Unterwegs muß man wohl auf trockene Präparation überhaupt verzichten und kann davon nur mitnehmen, was man in Alkohol aufbewahren kann. Hat man aber ein Standquartier, so kann man sie an der Sonne oder, wenn diese nicht genügend wirkt oder die Luft dennoch zu feucht ist, am Feuer trocknen. Man macht dazu ein Geflecht aus Stäbchen oder besonders gut aus Bambus, breitet Papier darüber und legt die Pilze darauf. Daß größere in Scheiben geschnitten werden müssen, gehört wohl schon zu jenen Dingen, die nicht ausschließlich auf Reisen zu beachten sind. Die Pilze werden beim Trocknen über Holzkohlenfeuer nun zu hart und brüchig, und man läßt sie dann wieder so viel Feuchtigkeit aus der Luft anziehen, daß man sie unter leichtem Drucke für eine Herbarkapsel geeignet machen kann.

Tannenzapfen und andere zerfallende Trockenobjekte muß man mit dünnem Draht oder Bindfaden nach allen Richtungen umschlingen und zusammenbinden. Über die *Schweinfurthsche* Methode und andere Einzelheiten hat bereits *Ulbrich* eingehend geschrieben¹⁾.

Beim Einlegen versieht man nun die Pflanzen mit Nummern. Hat man Zeit und ist die Ausbeute nicht gar zu groß, so gibt man am besten jeder Art eine Nummer und trägt die nötigen Angaben (Standort, Wuchs, Blütenfarbe und anderes, was am getrockneten Exemplar nicht mehr zu erkennen ist) getrennt ins Tagebuch ein. „Spannenhohes Kraut“ zu schreiben, wenn man es, wie es sich gehört, ohnedies mit der Wurzel gesammelt hat, ist natürlich ganz überflüssig. Meist heißt es aber doch, besonders bei Bewältigung großer Massen, jede überflüssige Arbeit, die man später besorgen kann, zu vermeiden, um im Feld nichts zu versäumen, was nicht nachgeholt werden kann.

Man bezeichnet dann jeden Fundort bzw. jede Formation oder Assoziation mit einer Nummer und trägt die Notizen zu den einzelnen Arten unter Anführung ihres Namens oder, wenn man ihn nicht kennt, eines solchen Namens, unter dem man selbst, aber auch ein anderer Botaniker Notiz und Exemplar wieder zusammenfinden kann, ein oder legt sie auf eigenen Zetteln den Exemplaren bei. Jedenfalls muß in jedem

¹⁾ Abt. IX, Teil 1, Lfg. 130.

Bogen ein Zettel sein. Wenn man diese Zettel nicht an eine Pflanze selbst befestigt, was sicherer ist, aber mehr Arbeit macht, so ist es gut, wenn sie nicht zu klein sind und von einer möglichst nicht abfärbenden, lebhaften Farbe, damit man beim Umlegen der Pflanzen in ein anderes Papier keinen übersieht. Diese Art der Eintragung hat nebst rascher Bewältigung großen Materials den Vorteil, daß man die Arten nach durchgeführter Bestimmung rein mechanisch in die Formationslisten bringen kann. Sie hat den Nachteil, daß man dabei nicht die Zahl der gesammelten Nummern erkennen und sich auf das Geschäft freuen kann, das die Ausbeute verspricht. Es soll aber hier auch keine Anleitung für Geschäftsreisende gegeben werden.

Ein Beispiel für diese Buchführung (am 4. August 1915 vom Übergang über den Paß Döko südwestlich von Muli in Setschwan):

Nr. 1329. Schlammsumpf im Wald¹⁾ beim Lager Tschako. Composite grünlichweiß, Antheren schwarzviolett, Griffel rötlich. *Veronica* trockener Tannenwaldboden. *Campanula* Weidengebüsche, dunkelblau.

1330. In festem Rasen auf dem Paß Döko.

1331. Weidengebüsche am Abstieg zum Lager.

1332. In festem, feinstem Grus auf dem Passe. *Crepis* lebhaft gelb, süß duftend.

1333. An der Aufstiegseite, steiniger Boden zwischen Gebüschchen, gleich unter dem Paß. *Swertia*-ähnliche Composite zirka 100 m tiefer.

1334. Ebenso weiter unten um B²⁾ 470.

1335. Steinige Stellen beim Mittagsrastplatz, d. i. zirka 200 m tiefer. Flechte auf *Lonicera*.

1336. Waldwiese Gumadi bzw. *Polygonum*, Umbellifere und die Bäume im Wald dortselbst. Schmal- und breitblättrige Kirsche verschiedene Bäume. *Lactuca rosa*.

1337. Eichenwaldboden ober dem Lager Djatsüla.

Jeder einzelne muß beurteilen, ob er sich bezüglich der Standorte und Formationen bis zum Abend auf sein Gedächtnis verlassen kann oder schon beim Sammeln den Pflanzen Notizen beilegen muß, wie er sie über die Formationen ohnedies unterwegs fortwährend machen muß. Findet man erst am nächsten Tage Zeit, die Ausbeute einzulegen, so ist es nach meiner Erfahrung nötig, sie schon am Abend für die Tagebuchnummern zusammen-

¹⁾ Bodenunterlage und Waldbestand wurden eigens notiert.

²⁾ Barometerablesung.

zulegen — man kann die Päckchen über Nacht in nasse Tücher einschlagen —, denn, hat man einmal darüber geschlafen, sind Verwechslungen in der Erinnerung schon sehr leicht möglich.

Die *Tagebücher* schreibt man am besten mit einer Blaukopie, schneidet die Kopienblätter heraus und sendet sie immer möglichst bald nach Hause oder an einen anderen sicheren Ort, damit im Falle des Verlustes irgendeines Gepäckstückes kein unersetzbarer Schaden entstehen kann. Geographische Namen läßt man sich, wenn man ihren Sinn nicht klar in der betreffenden Sprache versteht oder die Aussprache Irrtum unmöglich macht, in der betreffenden Schrift aufschreiben. Kann man sie nach dem Gehöre oder auf Grund eigener Sprachkenntnisse in lateinischen Buchstaben selbst aufschreiben, so tut man gut, wenn man keine ganz außergewöhnlich deutliche Handschrift hat, dies in *Lapidar* zu tun, um auch für andere jedes Mißverständnis auszuschließen. Beginnt man ein neues Tagebuch, so darf man nicht vergessen, vor dem Verpacken des vollgeschriebenen die nächstfolgende Standortsnummer, Lichtbildnummer (Filmpacknummer), eventuell auch das Datum in das neue einzutragen.

Das *Pressen* besorgt man in einem Standquartier am besten unter einem Brett, das mit Steinen oder einem Gepäckstück beschwert wird, zum Transporte aber werden die Päckchen zwischen festen Brettern oder stark gebauten Holzgittern (Metallgitter verbiegen sich wohl zu leicht) mit sehr starken Riemen oder Gurten unter Benutzung eines wohlbeschuhten Fußes kräftig eingeschnürt. Kann man die Löschpapiere nicht in trockenem Klima an der Sonne oder trockener Luft trocknen lassen, indem man sie über ausgespannte Stricke faltet oder geheftete Zwischenlagen an solchen auffädelt, so muß man zum Trocknen am Feuer die Zuflucht nehmen, womöglich über Holzkohle und nicht über brennendem Holz, weil sie sonst allzu leicht anbrennen. Auf einem Holz- oder Bambusgitter über dem Feuer z. B. kann man eine große Menge bewältigen, da jede dünne Lage sehr rasch trocknet und gegen die nächste feuchte ausgetauscht werden kann. Meine Leute in China machten es beim Lagern im Walde so, daß sie die ganzen gehefteten Zwischenlagen an einem etwa 3 m langen Stricke auffädelten, den zwei Leute über den Schultern hielten und über dem Feuer bewegten; dabei freilich darf es nicht regnen, und muß ein dritter aufpassen, daß nichts anbrennt. *Schlechter* hat, wie ich hörte, in der südafrikanischen Trockenheit einfach die Pflanzenpäckchen zwischen Gittern in der Sonne unbedeckt transportiert und die beiderseits äußersten, jeweils schon getrockneten Lagen von Zeit zu Zeit abgenommen. Das kann nur geschehen, wenn man des Ausbleibens von Regen vollständig sicher ist, denn es wird nicht gelingen, bei plötzlichem, besonders von Wind begleitetem Ein-

bruch eines solchen die Päckchen so gründlich zuzudecken, daß kein Nutzen der Methode aufwiegender Schaden geschieht. In Neu-Guinea machte er es ebenso über dem Feuer.

Wichtig ist es, in sehr feuchten Klimaten die fertigtrockneten Pflanzen sofort luftdicht zu verpacken, damit das Papier nicht wieder aus der Luft Feuchtigkeit anzieht, wie es z. B. das sonst zum Pressen sehr geeignete chinesische Papier sehr stark tut und wohl auch unser Löschpapier. Ist dies aber eingetreten, so muß man die Bogen mit den Pflanzen vor dem endgültigen Verpacken nochmals Bogen für Bogen über einem Feuer in der Hand trocknen, aber nicht so lange, daß sich etwa die Blätter der Pflanzen einrollen.

Das endgültige Verpacken geschieht in irgendwelchen festen und luftdichten Behältnissen. Dichtung von Holzkisten kann durch Gummi, Heftpflaster oder Wachs geschehen, oder man verpackt die Pflanzen in einen gut imprägnierten Stoff oder einen Blecheinsatz, der in eine Holzkiste genau hineinpaßt und verlötet wird. Blecheinsätze kann man sich aus den an sehr vielen Orten erhältlichen Petroleumblechen durch einen Spängler machen lassen oder, wenn man lüten kann und Lötzeug und Blechschere mitführt, auch selbst herstellen. Der Einsatz muß aber vor dem Verpacken des Materials auf seine Dichtigkeit geprüft werden, indem man — noch außerhalb der Kiste — Wasser hineinschüttet. Läßt er keines mehr durch, so wird er gründlich trocken gelassen und nach dem Einpacken der Sammlung lückenlos zugelötet, was freilich nur mit den Augen genau geprüft werden kann. Ein schlecht verlöteter Blecheinsatz ist schlechter als keiner, denn er läßt einmal eingedrungenes Wasser weder heraus noch verdunsten.

Gegen Insektenfraß gibt man zu den Pflanzen besser Naphthalin als Kampfer, der zwar stärker wirkt, aber zu viel Wasser anzieht. Naphthalinkugeln müssen zerstoßen werden.

Größere Gegenstände, die nicht trocken aufbewahrt werden können, wie fleischige Früchte und Stammstücke, legt man besser nur in Alkohol und nicht in Formalin. Das Formalin hat gewiß den Vorteil, daß man nur eine geringe Menge der 40%igen Lösung mitnehmen muß, um sie dann 10- bis 13fach verdünnt zu verwenden. Für das gesammelte Material fällt dieser Vorteil aber wieder weg. Da hat im Gegenteil wieder Alkoholmaterial weniger Gewicht, da man solches ja nicht ganz in der Flüssigkeit, sondern nur mit dieser durchtränkt im Alkoholdunst zu verpacken braucht. Da Formalinmaterial, in Blechgefäßen verpackt, schwarz wird, geht der Vorteil der gegenüber Alkohol besseren Erhaltung der Farben verloren. Von großen Glasgefäßen aber wird man immer

einen Teil durch Bruch verlieren und, wenn man dies nicht sofort merkt, den Inhalt ebenfalls. Am besten sind wohl die verschließbaren Milchkannen, die man bis zu einer Fassung von nur 5 l herab bekommt. Man muß aber auch bei diesen sorgen, daß sie wenigstens am Verschuß nicht verbeult werden und sie deshalb, wenn nötig, in Kistchen unterbringen.

Kleine Gegenstände, wie solche fleischige Blüten, die in getrocknetem Zustande schlecht untersuchbar wären, gewisse thallöse Lebermoose, Pilze, jedenfalls aber Plankton, setzt man gleich in G l a s t u b e n, die man stets bei sich haben muß, denn die schönste Ausrüstung nützt nichts, wenn man sie nicht auch bei unvorhergesehenem Bedarf zur Hand hat. Ich pflegte immer einige mit Formalin und einige mit Alkohol gefüllte, in Wellpappe eingerollt, in einer Tasche zu tragen. Zettel, wenigstens mit einer Nummer, unter der man die Angaben im Tagebuch findet, gehören in die Tube hinein, müssen aber mit gewöhnlichem Bleistift auf einem Papier geschrieben sein, das sich nicht aufweicht oder abstößt.

Von dem besagten Standpunkte aus muß man auch ein P l a n k t o n n e t z immer zur Hand haben, außer man wüßte etwa sicher, daß man an stehenden Wässern n i c h t vorbeikommt. Befährt man ein solches Gewässer nicht in einem Boote, so gewinnt man das Plankton, wenn man nicht ganz allein ist und das Netz nur so weit auswerfen kann als die Kraft reicht und dann zu sich heranzieht, am besten in der Weise, daß man einen zweiten um die Länge der Leine am Ufer wegschickt, ihn das Netz so weit als möglich ins Wasser hinauswerfen läßt und es dann einzieht. Macht man mehrere Fänge in dieser Weise und schüttet die früheren immer mit dem neuen wieder durch das Netz, so wird man von kleinem Raume eine reiche und konzentrierte Aufsammlung haben. Tiefenplankton kann man nur vom Boote aus mit beschwertem Netz fischen, nachdem man die Tiefe gelotet hat, um das Netz nicht den Grund berühren zu lassen, wo es mit Schlamm gefüllt und beschädigt werden würde.

Will man Glastuben sparen, so kann man an einem Rasttag die festen kleinen Gegenstände aus diesen herausnehmen, jeden in ein gut zuzubindendes G a z e s ä c k c h e n verpacken und diese Säckchen in ein größeres Gefäß zusammentun. Gegenstände, die so klein sind oder in solche Teile zerfallen können, daß sie durch die Gaze durchgehen (Cyanophyceen), sind davon natürlich auszunehmen. Cyanophyceen und viele andere Algen kann man übrigens auch sehr gut trocken präparieren, indem man sie, auf geleinem Papier ausgebreitet, an der Luft trocknen läßt.

Es ist für ökologische Studien sehr zweckmäßig, von E l e m e n t a r a s s o z i a t i o n e n samt ihrem B o d e n ganze

Proben von etwa 20 cm im Kubus herauszustechen und ohne Druck zu trocknen. Unterwegs läßt sich dies wohl nur für trockene Formationen durchführen, in einem Standquartier aber auch für Moore u. dgl.

Einheimische selbständig sammeln zu lassen, bringt in rein systematischer Hinsicht nie dieselben Erfolge wie eigene Arbeit, für ökologische Zwecke kommt es überhaupt nicht in Frage.

Zur Bearbeitung wird die Ausbeute zunächst nach den Tagebuchnummern geordnet, dann innerhalb jeder Nummer nach den Arten. In manchen Fällen hat man dies unbedingt schon beim Sammeln vorbereiten müssen, indem man z. B. Schosse und Endtriebe, obere und untere Teile solcher Pflanzen, bei denen diese Teile verschiedenes Aussehen haben, auch Blüten und Früchte durch irgendein Zeichen als zusammengehörig kennzeichnet. Das Etikettieren nimmt man am besten vor, solange sich die Sammlung noch in dieser Ordnung befindet; später würde diese an sich große Arbeit sich noch viel unangenehmer gestalten. Läßt man Etiketten mit Standortstexten drucken, kann man sich diese leicht zusammensetzen und die nötige Zahl abzählen. Ein Numerieren der einzelnen Arten hat eigentlich nur dann Zweck, wenn aus der Sammlung mehrere Sätze gemacht, also Dupla abgegeben werden. Alle systematisch zweifellos einheitlichen Exemplare von demselben Fundort bekommen die gleiche Nummer.

Es ist wichtig, in der vollständigen Sammlung, mit der man selbst weiterarbeitet, bei jeder Kollektionsnummer auch die Standortsnummer zu behalten. Nach der Bestimmung kann man dann nach diesen Nummern ganz mechanisch und daher mit objektivster Sicherheit die Formations- oder Assoziationslisten zusammensetzen und durch an Ort und Stelle aufgeschriebene, aber nicht in der Sammlung belegte Pflanzen ergänzen. Für die zu verteilenden Serien ist es vielleicht besser, die Tagebuchnummern nicht beizufügen, denn für andere haben sie kein Interesse und können zu Irrtümern und Verwechslungen beim Zitieren der Kollektionsnummern führen.

Ein sehr wichtiges Hilfsmittel der ökologischen Arbeit ist die Photographie. Alle Formationen mit Ausnahme der untergetauchten und bei übersichtlicher Landschaft ihre Verteilung und damit oft ihre Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen kann man mit Erfolg im Lichtbild festhalten. Was verschiedene Assoziationen anbelangt, muß man freilich sorgfältig solche auswählen, die auch im Bilde erkennbar herauskommen. Für botanische Aufnahmen ist nach meinen Erfahrungen die Colorplatte von *Westendorp & Wähner*, die ohne Gelbscheibe orthochromatisch arbeitet, unübertroffen.

Noch schneller als das Pflanzenmaterial muß man in feuchten Klimaten Platten und Filme wieder luftdicht verpacken, da sich ein einmal auftretender Schaden nicht, wie dort doch manchmal, wieder gutmachen läßt, ja man tut oft am besten, sie ununterbrochen in imprägnierten Stoff eingeschlagen zu halten. Autochromaufnahmen (die am besten eigens numeriert werden) muß man sobald als möglich entwickeln, wenn man kaltes Wasser zur Verfügung hat. Dazu muß man einen gut verpackten Vorrat an hypermangansaurem Kali mitführen, da dieses in den käuflichen Patronen sehr bald verdirbt.

Man tut gut, auf der Reise auch hier und da eine schwarze Platte zu entwickeln, um zu prüfen, ob der Apparat noch lichtdicht ist oder nicht sonst unbemerkt irgendeinen Unfall erlitten hat. Den Apparat soll man immer bei sich haben, am besten selbst umgehängt tragen, denn sonst will es der böse Zufall gewiß, daß man ihn bei den aufnehmenswertesten Gegenständen gerade nicht zur Hand hat.

Die Platten werden fortlaufend numeriert. Man benutzt numerierte Kassetten in der Reihenfolge ihrer Nummern, verpackt beim Umlegen die belichteten Platten so, daß sie (am einfachsten, naturgemähesten in jeder Schachtel von unten nach oben) in der Reihenfolge bleiben, und schreibt die Nummern aus der ganzen Reihe, dieselben, unter denen man bei der Aufnahme die nötigen Aufzeichnungen gemacht hat, auf den Schachteldeckel. Beim Entwickeln numeriert man zunächst das Dutzend mit 1 bis 12, indem man die Zahlen beim Einlegen der Platten in den Entwickler ganz klein am Rande einritz, und erst an den leeren Rand der getrockneten Platten wird man dann die ganze Nummer einritzen, nachdem man sie mit der Aufschreibung übereinstimmend befunden hat. Bei Filmen wird jeder Pack und innerhalb desselben die einzelnen fortlaufend numeriert.

ANHANG.

Beispiel ökologisch-floristischer Reiseaufnahmen aus dem ostasiatischen Florenreich: Provinzen Yünnan und Setschwan 1914.

Dr. Handel-Mazzetti hat im Streben nach methodischer Kürze für die in seiner Abhandlung enthaltenen Vorschriften und Ratschläge darauf verzichtet, Einzelfälle aus seinen hauptsächlich in dem noch wenig erforschten Innerasien ausgeübten Forschungen beizubringen, die gleichwohl erwünscht sind, um zu zeigen, wie weit solche beschwerliche, oft kühnen Wagemut voraussetzende Reisen die Förderung der ökologischen Floristik tatsächlich vollführen, wenn sich der vollzogenen Expedition die nachträgliche sachkundige Bearbeitung der mühsam heimgebrachten Sammlungen anschließt.

In einem von dem Verfasser selbst jüngst veröffentlichten und reich mit Vegetationsansichten geschmückten Reisewerke¹⁾ ist aber ein so vortreffliches Beispiel uns überliefert, daß es eine großzügig-vielgestaltige Antwort auf die gestellte Frage erteilt, sofern man (nach des Verfassers eigenem Urteil) dabei beachtet, daß die gebotenen Schilderungen und Florenskizzen nicht als Beispiele für wissenschaftlich erschöpfende Aufnahmen gelten sollen, sondern höchstens als Andeutungen dafür in floristischen Grundlagen, wie sie für ein „populäres“ Reisewerk nicht anders gedacht waren.

Die alle Einzelheiten erschöpfenden Methoden (vgl. die hier folgenden Abhandlungen von *Herbert Beger* und *Einar Du-Rietz*) erfordern ja wiederholten Besuch desselben Geländes zu verschiedenen Jahreszeiten, was der Ökologe auf Forschungsreisen in den seltensten Fällen zu leisten vermag. Das zunächst wichtigste aber ist in wechsellvoll-reicher Flora die Kennzeichnung nach Hauptträgern ihrer Assoziationen, Stufe für Stufe im Gelände, wie es hier aus nordtropischem Flußtal aufwärts bis in die Nivalregion geschieht, in Verbindung mit der erfolgten Herbararbeit. Diese Verbindung ist das Wesen der exakten Methode für noch wenig durchforschte Länder.

In ihr reiht sich auch *Handel-Mazzetti's* Reisewerk einigermaßen solchen früherer Expeditionen an, deren Wirkung ein schrittweises Vordringen in die pflanzengeographischen Verhältnisse schwer zugänglicher Länder gewesen ist. Die Herbararbeit lohnte hier durch ungemein viele eigentümliche Arten und manche endemische Gattungen, von denen auch die Formationsskizzen zeugen. Für einen größeren Leserkreis bestimmt, schildert das Buch zugleich Land und Leute und verbessert die Karten.

Von den fünf Jahren der Expedition hat *Handel-Mazzetti* drei der Provinz Yünnan und dem südwestlichen Setschwan bis zu den Grenzen Tibets gewidmet, die beiden letzten Kweitschou und Hunan. Die in dem Buche angeführten botanischen Pflanzennamen beruhen ausnahmslos auf wissenschaftlicher Bestimmung des gesammelten und im botanischen Institute der Wiener Universität hinterlegten Materials. Wie unentbehrlich diese Arbeit für die Resultate der Reise im Zusammenhange mit der kartographischen Aufnahme und den Höhenbestimmungen, Wetternotizen usw. gewesen ist, sollen die hier folgenden knappen Auszüge aus dem Hochlande und Hochgebirge von Yünnan und Südwest-Setschwan (1914) erläutern.

¹⁾ *Heinrich Handel-Mazzetti*: Naturbilder aus Südwest-China. Erlebnisse und Eindrücke eines österreichischen Forschers während des Weltkrieges. Mit Karte und 148 Bildern nach Aufnahmen des Verfassers, darunter 24 Autochromen. Wien und Leipzig 1927, Österreichischer Bundesverlag für Unterricht, Wissenschaft und Kunst.

Südgrenze von Yünnan um 100 m am Roten Fluß: Dschungel mächtiger Bambusen, wilde Bananen, tropischer Laubwald (mit *Caryota mitis*) auf den Rücken, Sträucher- und Farnmannigfaltigkeit. Zwischen Rollsteinen am Bach auffallende Arten: *Elatostema rupestre* und die endemische *Begonia Handelii* mit 10 bis 11 cm quer messenden Blüten.

Zur Hauptstadt Yünnanfu (Yünnansen), 1900 m hoch. Februartemperaturen schwankend zwischen + 4 und + 20° C. Steppe bedeckt die Berge, gegen Ende des Monats stehen die Zwergsträucher daselbst in voller Blüte, das borstenhaarige *Rhododendron spiciferum* und *Vaccinium fragile*, *Spiraea*, *Berberis* usw. Sehr bezeichnend für die Steppe *Gleichenia linearis*. Schütterer Wälder aus *Pinus Yunnanensis*, *Keteleeria Davidiana* (ansehnlicher Baum mit dünnen graugrünen Nadeln), *Quercus variabilis* jetzt in Blüte, treibt neue Blätter, die vorjährigen hängen vertrocknet am Baum. Unterwuchs: Gebüsch, Gräser, Kräuter; Farne, Bärlappe, Moose. In Quellsümpfen in Massen schneeweiße Köpfe von *Eriocaulon Schochianum*. Auf Schilfinseln *Iris phragmitetorum*.

2000 bis 2400 m Höhe. Anfang März beginnende Blüte der Macchien; *Michelia Yunnanensis* ähnlich Magnolien, *Thea speciosa*, *Pieris japonica*, *Jasminum primulinum*; kleine Bambus an moorigen Gräben.

Höher oben treten frischgrüne Erlen, Pappeln und *Litsea*-Arten hinzu, endlich als üppigster Waldtypus der Hochfläche von Yünnan die immergrünen Eichen, *Castanopsis* und *Lithocarpus*. Alle diese Formationen und auch die des Felslandes sehen den entsprechenden der Mittelmeerküste sehr ähnlich; hier und in den Hochgebirgen Yünnans bis zur Baumgrenze müssen wir immer 2000 m von der Höhe abziehen, um die Verhältnisse mit den mittel- und südeuropäischen vergleichen zu können. Was tiefer liegt, ist subtropisch. Aber noch bei 2400 m Höhe fällt hier Schnee in die purpurnen Blüten des Bäumchen bildenden *Rhododendron Delavayi*. In den Dörfern gepflanzte frischgrüne Bambusbüsche und *Trachycarpus*-Palmen neben blühenden Obstbäumen.

Nordwärts unter 26° n. Br. über Sattel von 2400 m Höhe zu 900 m Tiefe im eingeschnittenen Tal des Yangtse-kiang (Djinscha-djiang): mit einem Schlage veränderte Landschaft. Unten alles dürr: subtropische Xerophytenvegetation; dürre, rotbraune Gräser, besenartige Sträucher, dornige *Barleria*, *Cystacanthus* usw. Savannenwald aus niederen Bäumen mit schirmartigen Wuchs und Großsträuchern, kleinen lederigen oder silberig behaarten Blättern, mit zwei hier endemischen Baumgattungen *Novelia* und *Delavaya*, *Quercus dilatata*, dann *Bombax malabarica*, *Erythrina stricta*, und als chylokaule Lebensform *Euphorbia Royleana*. An Felswänden die Rosetten der sich trocken zu Kugelform zusammenrollenden *Scaginella pulvinata*. Auf den Gesimsen ein *Eriophorum*. In den Seitengraben Waldreste, andere Baumarten mit vielen Lianen; *Ficus Ti-koua* kriecht am Fels.

Anstieg am 21. März nach S e t s c h w a n in trostlosem Geröll, Hochfläche, dann zum 3675 m hohen Lungdschu-schan. Oberhalb 2650 m immergrüner Eichenwald (*Lithocarpus variolosa* mit *Quercus Schottkyana*) und *Thea speciosa*. Der Berggipfel mit fast undurchdringlichem Dickicht von gelbbraunen Stecheichen und Alpenrosen bedeckt; die 5 m hohen Stämme von *Quercus semicarpifolia* erinnern an Buchenkrummholz. Dazwischen Bambus, lange Zotten von Moosen, vom schmelzenden Schnee geschwellte Polstermoose, Alpenrosenbäume von 8 m Höhe, kugeligen Kronen, 30 cm langen Blättern: *Rhododendron Rex*, eine in Südwest-Setschwan verbreitete Art. Auf dem zu 3675 m Höhe gemessenen zweiten Gipfel noch keine Blüte offen; reiche Moos- und Flechtenflora, neue Arten.

Paß Dsiliba (3250 m), Wald und niedriges Dorngebüsch (*Berberis sanguinea*, *Quercus pannosa* und *monimotricha*), Alpenrosen. Oben Matte: nirgends mehr Steppe, sondern echte Wiese, Gräser und Blumen noch nicht entwickelt; am Rande spannenhohe Gebüsche mit kleinen grauschuppigen Blättern, übersät von blauen Blüten: *Rhod. intricatum*. Wasserscheide; runde, von Matten und Föhrenkrummholz bedeckte Gipfel erheben sich ringsherum kaum 200 m höher.

25. März: Urwald in 2600 bis 2850 m Höhe. Mischwald der temperierten Stufe. Wenige Bäume wintergrün (zwei Eichen, *Ilex*, *Pinus Armandi*, *Tsuga Yunnanensis*); sommergrüne Laubbäume vorherrschend (*Acer*, *Populus*, *Zelkova*, *Sorbus*, *Pterocarya*, *Betula* usw.).

11. Juni zu den Hochgebirgen des westlichen Yünnan in der Yangtse-Schleife um 27° n. Br. Die Mischwälder der temperierten Stufe gehen dem Höhe-

punkt ihrer Entwicklung entgegen, abwechslungsreicher als der tropische Urwald, Laub- und Nadelhölzer (*Picea Likiangensis*, *Taxus*, *Tsuga*) gemischt, reiche Strauchvegetation, Lianen. Dazu die besondere Eigentümlichkeit hier: 3 bis 4 m hohe, reichstenglige Büsche von *Bambus* mit kurzen, zartgrün beblätterten Zweigen bilden überall den Unterwuchs.

Mitte Juli: Aufstieg am 5450 m hohen Yülungschan, nördlich der 2500 m hoch gelegenen Stadt Lidjiang. Ausführliche Pflanzenlisten aller Formationen. Reiche Staudenflora (*Pedicularis superba* fast meterhoch, *Aconitum*, *Veratrum*, *Megacarpaea* usw.). Ein Blumenberg, dessen Pracht in landschaftlicher und botanischer Hinsicht nirgends mehr erreicht wird, auf einer Fläche von 50 km im Geviert an 5000 Arten Blütenpflanzen bietend! Voralpenmatten um 3500 m. Schneemulden um 4200 mit *Primula*, *Trollius*, *Allium Victorialis*, *Salvia*, *Leontopodium*, *Pedicularis*, *Sweetia* usw. Die berühmte *Primula Viali* (*Littoniana*) auf 3130 m hoch gelegener Sumpfwiese. Neben Kiefernwäldern reiche Heidewiesen.

Diese spärlichen Proben mögen genügen, um darzulegen, in welcher Weise Sammlungen und Tagebücher geführt werden, um ein ökologisch-pflanzengeographisches Bild eines schlecht erforschten Landes zu geben, genügend für eine Formations- bzw. Assoziationskarte desselben in großen Hauptzügen und ihrer floristischen Fazies.

Dr. O. Drude.

Die kartographische Darstellung der Pflanzengesellschaften.

Von **Rudolf Scharfetter**, Graz.

(Mit 7 Abbildungen.)

ABSCHNITT I.

Einleitung.

Florenkarte und Vegetationskarte. — Standort und Pflanze. — Gebiets- und Assoziationsaufnahmen.

Es ist seltsam, daß der Versuch, die *Vegetation* einer Gegend auf einer Karte darzustellen, verhältnismäßig spät auftritt. Und doch ist die *Vegetation* bei Betrachtung einer Gegend das Auffälligste, ja für die Gegend Charakteristische. Es gehen daher die Versuche der kartographischen Vegetationsdarstellung zuerst von den Geographen aus, die sich bemühten, auf ihren topographischen Karten die Vegetationstypen auszuscheiden. Die pflanzengeographische Kartographie hat sich zunächst mit der Herstellung von Areakarten der einzelnen systematischen Sippen beschäftigt. Aus diesen Karten erwuchsen Darstellungen der Florengebiete und Florenreiche. (*Drude* in *Berghaus*: Physikalischer Atlas; *Kerner*, Florenkarte Österreich-Ungarns in *Chavanne*: Physikalischer Atlas.) Zur Abgrenzung der einzelnen Florenbezirke wurden die Verbreitungsgrenzen charakteristischer Pflanzen gewählt. Einen Schritt weiter macht *Flahault*¹⁾, wenn er eine Vegetationskarte Frankreichs entwirft und die ausgeschiedenen Vegetationseinheiten durch die waldbildenden Bäume charakterisiert. Mächtig angeregt durch *Flahault* und *Schröter* folgen zeitlich mehrere forstbotanische Monographien von Schweizer Gebieten, welche die Verbreitung der Holzgewächse eines kleineren Gebietes monographisch behandeln. (*Geiger*, 1901, *Bettelini*, 1904, *Coaz* und *Schröter*, 1905, *Brunies*, 1906, *Binz* 1908 usw.) Gleichzeitig setzen aber auch schon Versuche ein,

¹⁾ *Ch. Flahault*: Projet de carte botanique, forestière et agricole de la France. Bull. de la société botanique de France. 41. (Paris 1895); Au sujet de la carte botanique, forestière et agricole de France. Ann. de Géographie (1896). (Mit Farbenschlüssel); Essai d'une carte botanique et forestière de la France. Ann. de Géographie. (1896) (Maßstab 1 : 200.000).

die Gesamtformationen eines kleineren Gebietes in großem Maßstab darzustellen. Die Entwicklung der Vegetationskarten ist innig verknüpft mit dem Aufschwung der Pflanzensoziologie, der etwa um 1900 in allen Kulturländern einsetzt. Wir können hier zunächst nur kurz auf das Jahr des Erscheinens einiger pflanzensoziologischer Gebietsaufnahmen, denen Karten beigegeben sind, verweisen.

- 1900, *Robert Smith*, Botanical Survey of Scotland; I. Edinburgh. 1 : 126.720. (Beginn der britischen pflanzengeographischen Kartierungen.)
 1903, *M. Düggeli*, Sihltal bei Einsiedeln. 1 : 25.000.
 1903, *Gadecceau*, Belle-Isle en Mer. 1 : 50.000.
 1903, *Hardy*, Languedoc. 1 : 50.000.
 1903, *Wm. G. Smith* and *C. E. Moss*, Yorkshire I. 1 : 126.720.
 1903, *Wm. G. Smith* and *W. Munn Rankin*, Yorkshire II. 1 : 126.720.
 1904, *Eberwein-Hayek*, Schladming. 1 : 75.000.
 1904, *F. L. Lewis*, Basins of the Rivers Eden, Tees, Wear and Tyne, 1 : 63360.
 1905, *Blanc et Hardy*, Montpellier. 1 : 20.000.
 1905, *Georg U. Pettybridge* and *Rob. Lloyd Praeger*. 1 : 63.360.
 1905, *J. Nevole*, Ötscher und Dürrenstein. 1 : 75.000.
 1905, *Rechinger und Favanger*, Aussee. 1 : 75.000.
 1905, *C. Schröter*, St. Antöniertal im Prättigau. 1 : 50.000.
 1906, *T. W. Woodhead*, Huddersfield. 1 : 6100.
 1907, *O. Drude*, Sachsen. Karte 1 : 25.000.
 1907, *A. Hayek*, Sanntaler Alpen. 1 : 75.000.
 1907, *C. E. Moss*, Bath and Bridgwater district, Somerset. 1 : 126.720.
 1908, *J. Nevole*, Hochschwab. 1 : 75.000; 1913, Eisenerzer Alpen. 1 : 75.000.
 1911, *E. Rübel*, Bernina. 1 : 50.000.
 1911, *R. Scharfetter*, Villach in Kärnten. 1 : 75.000.
 1913, *Pool Raymond John*, Nebraska¹⁾. Die Spezialliteratur folgt im Text später.

Diese kurze Liste ist größtenteils der Arbeit *Schröters*²⁾ (1910) entnommen, welche genauere Angaben über die einzelnen Karten enthält. Uns kommt es hier zunächst nur darauf an, zu zeigen, wie die moderne Vegetationskarte allmählich aus der Florenkarte einerseits und aus den topographischen Karten andererseits entstanden ist.

Die Pflanzengesellschaften sind nicht „irgendwo“ auf der Erdoberfläche vorhanden, sondern sie sind an eine ganz bestimmte Lokalität gebunden. Die Gesamtheit der an einer geographisch bestimmten Lokalität wirkenden Faktoren, soweit sie die Pflanzenwelt beeinflussen, nennt man Standort³⁾.

¹⁾ Diese hier genannte Darstellung der Vegetation of the sandhills of Nebraska leitet, unterstützt von Landschaftsbildern, die neueren Darstellungen mit Übersichten und Einzelheiten ein.

²⁾ *Carl Schröter*: Über pflanzengeographische Karten. Actes du III^eme Congrès intern. de Botanique, Bruxelles 1910, 2. Conférences et memoires.

³⁾ *Flahault* und *Schröter*: Referate und Vorschläge betreffend die pflanzengeographische Nomenklatur. 3. intern. bot. Kongreß. Brüssel 1910.

Die Beziehung zwischen der einzelnen Pflanzengesellschaft und der Lokalität (Standort), auf der sie vorkommt, ist für die Kartographie der Pflanzengesellschaft bestimmend.

Gehen wir von der Lokalität aus, so fragen wir, welche Pflanzengesellschaft trägt dieser bestimmte Erdenfleck. Wir stellen uns die Aufgabe, durch die Beobachtung in der Natur für die gegebene Lokalität die Pflanzengesellschaft einzutragen; umgekehrt kann aber die Aufgabe auch so gestellt werden, daß wir von den Pflanzengesellschaften ausgehen und ihre Verteilung im Raume kartographisch festlegen.

Betrachtet man daraufhin die bisher erschienenen Monographien bestimmter Gebiete, so wird man bemerken, daß die Vegetationskarte meist von ersterem Gesichtspunkt aus angelegt ist, während im Text versucht wird, die Pflanzendecke von den Pflanzenvereinen aus aufzubauen.

Wir müssen also die beiden Absichten auseinanderhalten.

Beabsichtigen wir die Vegetationskarte eines bestimmten Gebietes, z. B. Villachs¹⁾, herzustellen, so gehen wir folgenden Weg. Das Gegebene ist die Karte; wir werden eine möglichst gute Karte mit vielen topographischen Details (Maßstab siehe später) nehmen und uns nun über die Standortverhältnisse des Gebietes orientieren. Jede gute topographische Karte ist bis zu einem gewissen Grade bereits Vegetationskarte. Dies um so mehr, als die modernen Karten bereits viele Vegetationstypen, wie Wald, Sumpf, Weingarten usw., ausscheiden.

Wir werden später schildern, wie man eine gute topographische Karte als Vegetationskarte lesen kann, vorläufig kommt es uns darauf an, zu zeigen, daß der zweite Weg, der botanische, im Gegensatz zum geographischen, von der Feststellung der pflanzensoziologischen Vegetationseinheiten ausgeht und dann ihre Verbreitung in einer Skizze festzuhalten sucht. So geben *Braun-Blanquet*²⁾, *Scharfetter*³⁾, *Osvald*⁴⁾, *Siegrist* und *Gessner*⁵⁾ u. a. Skizzen der Verbreitung der einzelnen Pflanzengesellschaften. Ein Schritt weiter ist es, wenn diese Skizzen trigonometrisch in einem bestimmten Maßstab aufgenommen werden, dann erweitern sich dieselben zum Kartenbild. In der Praxis wird dieses Verfahren aber nur sehr

¹⁾ *Rudolf Scharfetter*: Die Vegetationsverhältnisse von Villach in Kärnten. Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Österreichs. VII. Abh. d. k. k. zool. bot. Ges. in Wien. 6. H. 3. Jena 1913.

²⁾ *Braun-Blanquet*, Pflanzensoziologie, Berlin, *J. Springer*, 1928. Abb. 82 und 94.

³⁾ *Scharfetter*, siehe S. 98.

⁴⁾ *Osvald*, siehe S. 153.

⁵⁾ *Siegrist* und *Gessner*: *Schröter-Festschrift* S. 143, 151, 162.

selten eingeschlagen, sondern umgekehrt eine Karte in sehr großem Maßstab hergenommen und in diese die Formationen, Assoziationen, Nebentypen usw. eingetragen. Es ist nicht ein theoretisches Gedankenspiel, ob ich für eine im Felde ausgeschiedene Pflanzengesellschaft den Fleck auf der Karte aufsuche, wo ich sie eintragen soll oder ob ich für einen Fleck auf der Karte die Pflanzengesellschaft bestimme, denn von dieser grundsätzlichen Arbeitseinstellung hängt die Größe des Maßstabes der Karte, die Ausscheidung von Formationen, Assoziationen und Subassoziationen usw., kurz die ganze Arbeitsmethode wesentlich ab. Ich unterscheide also zwischen Gebietsaufnahmen und Assoziationsaufnahmen.

* * *

Wenn wir uns einer so mühsamen und jahrelangen Arbeit unterziehen, wie sie die Ausführung einer Vegetationskarte beansprucht, und wenn wir die hohen Kosten bedenken, die der Druck einer farbigen Vegetationskarte erfordert, scheint es nicht überflüssig, ein paar Worte über Zweck und Bedeutung dieser Arbeit zu sagen.

In rein praktischer Hinsicht wird die Vegetationskarte dem Lehrer der Geographie und Naturgeschichte ein unentbehrliches Hilfsmittel bei seinen Exkursionen sein, dem Forst- und Landwirt willkommenen Aufschluß über die natürlichen Verhältnisse seines Gebietes geben, aus denen er manchen wertvollen Fingerzeig für seine Kulturen gewinnen kann.

Als wissenschaftlichen Zweck dieser „topographischen Formationsbilder“, wie man solche Kartendarstellungen in 1 : 25.000 nennen kann, gibt *Drude*, 1908, S. 3, an¹⁾:

1. Beim Gebrauch an Ort und Stelle Rechenschaft zu geben über die für einen bestimmten Florenbezirk faktisch vollzogene Gliederung der Vegetationsformationen;

2. die Einreihung der floristischen Assoziationen in die herrschenden Formationen durch den begleitenden Text zu vervollständigen;

3. die Abhängigkeit des Auftretens sowohl bestimmter Formationen als auch der Assoziationen, von klimatisch-edaphischen Bedingungen im einzelnen zu verfolgen;

4. Vergleiche aus dem weiten Bereich eines Florengebietes nach diesen Richtungen hin anzustellen, sobald erst Proben aus verschiedenartigen Ländern nach der gleichen Methode in möglichst gleichartiger Farbengebung vorliegen.

¹⁾ *O. Drude*: Die kartographische Darstellung mitteldeutscher Vegetationsformationen. I. *Weinböhlen*, II. *Zschirnsteine*, III. *Altenberg*. *Englers Bot. Jahrb.* 40. Beibl. 93 (1908). Als Sonderdruck. Dresden 1907.

Der große Vorteil der kartographischen Methode der Formationsdarstellung liegt in dem jeder zeichnerischen Darstellung innewohnenden Zwang zur Vollständigkeit der Beobachtungen. Der Kartograph kann auf der Karte keinen weißen Fleck lassen, er wird gezwungen, den betreffenden Fleck in der Landschaft aufzusuchen, seine Vegetation zu studieren und sich für eine bestimmte Formation — er kann sie auch als Übergangsformation zwischen bestimmten Formationen A und B oder als Entwicklungsstadium einer bestimmten Formation bezeichnen — zu entscheiden. Die Entscheidung kann leicht nachgeprüft werden. Mit Worten läßt sich leicht über Unklarheiten und Unvollständigkeit hinweggleiten und Schwierigkeiten aus dem Wege gehen. Die kartographische Darstellung zwingt wie keine andere zu stets erneutem Studium. Ein großer Vorzug ist auch die Eindeutigkeit der kartographischen Darstellung. Mißverständnisse, die sich im mündlichen und schriftlichen Ausdruck nicht vermeiden lassen, sind so gut wie ausgeschlossen.

Die kartographische Methode drängt also zu Vollständigkeit, Klarheit und Übersichtlichkeit; trotzdem wäre es falsch, wenn man eine absolute Objektivität dieser Methode behaupten würde.

Unsere Vegetationskarten sind nicht dazu bestimmt, etwa wie Forstkarten, ein Bild von der augenblicklichen Verteilung einzelner bestimmter Baumarten zu geben: Es ist die *Waldformation*, der ganze Bestand aus Haupt- und Nebenelementen, anzugeben. Bei den starken Eingriffen des Menschen in die natürliche Pflanzendecke ist es oft schwer, die charakteristische Formation herauszulesen, dies gilt insbesondere für Waldbilder, die durch das Überhandnehmen der Fichte stark verändert sind. Die pflanzengeographische Leistung liegt dann gerade darin, das ursprünglich Vorherrschende zu erkennen (*Drude*, 1908, S. 7). Man vergleiche die schönen Arbeiten von *H. und M. Brockmann-Jerosch*¹⁾ „Die natürlichen Wälder der Schweiz“ (1910) und von *Troll*²⁾ „Die natürlichen Wälder im Gebiete des Isarvorlandgletschers“ (1926). Betreffs der Methode, die natürliche Bewaldung aufzufinden, muß auf diese Arbeiten verwiesen werden. *Drude*³⁾, 1908, S. 6, erkennt im massenhaften Auftreten von *Senecio nemorensis* im Fichtenforst niederer Bergregionen die untere hercynische Laub- und Nadelwaldformation wieder, auch wenn die Buche sich nur vereinzelt findet. Ich erinnere mich gut des Erstaunens eines Anfängers pflanzen-

¹⁾ *H. und M. Brockmann-Jerosch*: Die natürlichen Wälder der Schweiz. Ber. d. Bot. Ges. H. 19 (1910).

²⁾ *Wilhelm Troll*: Die natürlichen Wälder im Gebiete des Isarvorlandgletschers. Landeskundliche Forschungen, herausgegeben von der Geographischen Gesellschaft in München. H. 27. München 1926.

³⁾ *O. Drude*: Die kartographische Darstellung mitteleuropäischer Vegetationsformationen. I. Weinböhlen, II. Zschirne, III. Altenberg. Dresden 1907; *Englers Bot. Jahrb.* 1908.

geographischer Forschung, als ich die stark mit Fichten durchsetzten Wälder auf den postglazialen Schottern in der Umgebung Salzburgs als „Eichenwälder“ ansprach, als die sie sich unschwer durch die ganze Begleitflora erkennen lassen. Diese pflanzengeographische Leistung nach *Drude*, das Herausfinden der ursprünglichen Formation muß verlangt werden. Ich verweise auf die nichtssagende Waldsignierung bei *Robert Benz*¹⁾ „Die Lavantaler Alpen“, wo meist mehrere, an einer Stelle sogar sechs Baumzeichen, das für Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, Buche, Ahorn, beisammenstehen und das Kartenbild also gar nichts über die den herrschenden Verhältnissen entsprechende *Waldformation* aussagt.

Betont muß werden, daß die Entscheidung über die ins Kartenbild einzutragende Pflanzengesellschaft natürlich nicht vorschnell gefällt werden darf, sondern im Texte eingehend zu begründen ist. In zweifelhaften Fällen wird man die Formation auch auf der Karte als Übergangsformation durch Farbe und Signatur bezeichnen.

Es wird also auch die Vegetationskarte viel Subjektives hinsichtlich der Aufstellung und Gliederung der einzelnen Pflanzengesellschaften, der Zuteilung einer bestimmten Pflanzensiedlung zu einer bestimmten Pflanzengesellschaft, der Grenzen usw., enthalten. Alle diese Dinge sind Auffassungssache des einzelnen Autors; die Bedeutung der Kartographie aber liegt darin, daß man sich für eine bestimmte Auffassung *entscheiden muß* und daß man diese Auffassung im Texte zu begründen hat.

Daß die kartographische Darstellung der Pflanzenformationen für die geographische Kenntnis eines Gebietes von großer Bedeutung ist, soll hier nicht weiter erörtert werden. Wir wollen nur ihre pflanzengeographische Bedeutung kurz erörtern. Durch eine in größerem Maßstabe ausgeführte Vegetationskarte kommen wir zu einem Verständnis der geographischen Bedingtheit der einzelnen Formationen ganz insbesondere zur Kenntnis ihrer Ausdehnung, ihrer Bedeutung und Stellung in der gesamten Pflanzendecke des Gebietes, zur Erfassung ihrer Grenzen, klimatischen Abhängigkeit usw.

An der Hand der Karte verfolgen wir die einzelnen Pflanzengesellschaften über weite Räume, wir lernen sie in ihrer geographischen Bedingtheit, ihrer Veränderlichkeit an verschiedenen Punkten des Gebietes kennen. Gewiß wird es uns in einzelnen Fällen gelingen, die Ursachen der Veränderlichkeit aufzudecken.

Legt das Assoziationsstudium mit Recht größten Wert auf das Klima auf kleinstem Raum (*Kraus*²⁾, so muß andererseits doch auch die Bedeutung der „meteorologischen Faktoren“ in großen

¹⁾ *Robert Benz*: Die Vegetationsverhältnisse der Lavantaler Alpen. Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Österreichs. XI. Abh. d. zool.-bot. Ges. Wien. 13. H. 2 (Wien 1922).

²⁾ *Gregor Kraus*: Boden und Klima auf kleinstem Raum. Jena 1911. (Mit topographischer Karte.)

Gebieten betont werden (*Köppen*¹). Eine Arbeitsmethode schließt die andere nicht aus. So wird das Studium der südrussischen Steppen in ihren Einzelheiten erst den richtigen Platz finden, wenn die Verhältnisse im Großen (Makrofaktoren) dargelegt sind. Für diese sind aber Gebietsaufnahmen notwendig.

Die Assoziationsaufnahme beschreibt in der Regel eine bestimmte Assoziation für sich allein und sucht ihre Ökologie zu ergründen. In vielen Fällen werden dann die nebeneinanderliegenden Assoziationen zu Assoziationskomplexen zusammengefaßt. Eines eingehenden Studiums erfreut sich auch die Lehre von der Sukzession der Pflanzengesellschaften, die ihre Aufmerksamkeit auf das zeitliche *N a c h e i n a n d e r* der Assoziationen auf einem bestimmten Erdraum legt. Den Kartographen aber beschäftigt vor allem das räumliche *N e b e n e i n a n d e r* nicht nur der Assoziationen und Assoziationskomplexe, sondern auch der Vegetationstypen.

An dieser Stelle wollen wir nicht von den *Ü b e r g a n g s f o r m a t i o n e n* reden, in denen sich die Elemente der benachbarten Pflanzengesellschaften mischen, sondern von einer eigentümlichen Erscheinung, die bis jetzt wenig beachtet wurde, den *K o n t a k t f o r m a t i o n e n* sprechen. Dort, wo zwei Pflanzengesellschaften aneinanderstoßen, erfahren sie manchmal eine ganz besondere Ausbildung. Ein paar Beispiele werden dies erläutern.

Hierher gehört der eigentümliche Wall der *V o r h ö l z e r*, der sich am Rande der Laubwälder ausbildet, wo Wald und Wiese aneinanderstoßen. Schnurgerade verläuft die künstliche Grenze, durch die Axt des Menschen gezogen. Gleichwie bei einem Schnitt in den Finger das Blut hervorquillt und durch Gerinnung die Wunde schließt, so wuchert am Rande des Waldes das Unterholz; es bildet sich ein Grenzgürtel, das Vorholz, das gar bald dem Blick das Eindringen in das Innere des Waldes verschließt. Diese „Vorhölzer“ bilden sich besonders am Rande der Laubwälder. *Sorbus aucuparia*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Prunus spinosa*, *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, *Fraxinus excelsior*, *Rhamnus frangula*, *Sambucus nigra*, *Sambucus racemosa*, *Lonicera xylosteum* usw. sind charakteristische Vorholzpflanzen (vgl. *Beck*²). Am Rande der Nadelwälder ist dieser Grenzsaum meist weniger charakteristisch ausgebildet, doch sind die Föhrenwälder in der Umgebung von Graz fast immer von Eichengebüsch umsäumt. Für unsere Grenzfrage aber ist es wichtig, zu betonen, daß es sich hier nicht um eine „Übergangszone“ im Sinne einer Mischung mit der benachbarten Wiesenformation z. B. handelt; es ist nur eine besondere Grenzsaumbildung, die durchaus dem Walde angehört. Diese Grenzbildung hindert im Gegenteil das Eindringen von Wiesenpflanzen in den Wald, da durch die starke Schattenbildung den lichtbedürftigen Wiesenpflanzen der Eintritt auch in die nächstliegenden Waldpartien verwehrt wird.

Ein anderes Beispiel entnehmen wir *W. Troll*³) Waldstudien im Gebiete des Isarvorlandgletschers, S. 62. „Eichenmischwälder besonderer Ausbildung — *Troll* nennt sie ‚Lohwälder‘ — sind längs

¹) *W. Köppen*: Klassifikation der Klimate. *Hettners Geogr. Zeitschr.* **6**. (1900); *Meteorol. Zeitschr.* **1901**; *Petermanns Mitt.* **1913**; *W. Köppen*: Die Klimate der Erde. Berlin und Leipzig 1923.

²) *G. Beck-Mannagetta*: Flora von Hernstein in Niederösterreich 1884.

³) *W. Troll*, siehe S. 81.

des Randes des Dachauer und Erdinger Moores aufgereiht und umsäumen so als ein einheitliches Band den Nordrand der Münchener Ebene vor ihrem Eintritt oder, besser gesagt, Untertauchen ins Moor. Sie folgen dabei genauestens den großen Schotterzungen, die aus der einheitlichen Schotterfläche ins Moor vorragen. Offenbar sind es Grundwasserverhältnisse, die das Auftreten dieser als Auwälder charakterisierten Bestände hier bedingen. Mit dem Auskeilen der Schotterdecke geht eine relative Hebung des Grundwasserspiegels Hand in Hand; kurz bevor er die Oberfläche erreicht und in den Mooren hervortritt, schafft er die Bedingungen für die geschilderten Eichenmischwälder." Es schiebt sich also zwischen die Pflanzengesellschaften der Schotterfläche (Föhrenwälder und Heideformationen) und die Moore als charakteristische *Verbindungsformation* (nicht *Übergangsformation*) der „Lohwald" (Eichenmischwald) ein.

Eine andere charakteristische Randformation ist der *Lagg*. Wir berichten nach *Vierhapper*¹⁾ (S. 114).

„Wenn man sich auf dem von *L. v. Post*²⁾ beschriebenen Skagerhultmoore in Närke in Schweden von seinem in Bulten und Schlenken gegliederten zentralen Teile mit Gesellschaften von Besenheide und scheidigem Wollgras, Blumensimse, Schnabelsimse usw. — *Posts Calluneto-Vaginetum*, *Scheuchzerietum*, *Rhynchosporietum* usw. — gegen den Rand hin begibt, trifft man dort, wo die Fläche steiler abzufallen beginnt, in gürtelförmiger Anordnung Bestände von Rotföhre, Besen, heide und scheidigem Wollgras, von *Post* als *Pinetum*-, *Callunetum*- und *Vaginetum*-zone bezeichnet, und an die letztgenannte nach außen anschließend, den *Lagg* — das ist ein schmaler, von Sumpfvereinen eingenommener Gürtel, der, durch Selbstentwässerung (*Drainierung*) eines zentrifugal um sich greifenden (*transgredierenden*) Hochmoores entstanden, den Raum zwischen dessen Rand und einem gegenüberliegenden Gehänge festen Bodens³⁾ einnimmt. Er gliedert sich in diesem Falle in eine seggenreiche *Sphagnum*-, eine Seggen- und eine Drachenwurzzone (*Sphagnetum cariciferum*-, *Caricetum*- und *Callazone Posts*), deren innere den Anschluß ans Hochmoor vermittelt, die mittlere ausgesprochenen Sumpfcharakter hat und die äußere in stets fließendem Wasser von mehreren Zentimetern Tiefe vegetiert. Diese Sumpf- und Wassergesellschaft ist im Gegensatz zur eutrophen, der wir bei der Verlandung eines mineralreichen Gewässers begegnen, oligotroph mit tonangebender behaartfrüchtiger Segge, Drachenwurz und anderen Arten, die geringe Ansprüche an den Mineralgehalt des Bodens stellen."

Wir können also auch den *Lagg* als charakteristische *Verbindungsformation* bezeichnen, die in vielen Fällen den Raum zwischen dem Rand des Hochmoors und dem gegenüberliegenden Gehänge des festen Bodens einnimmt.

Die verschiedenen Pflanzengesellschaften sind daher im Raum nicht regellos aneinander gereiht. Es gibt *Übergangs-*

¹⁾ *Fr. Vierhapper*: Über neuere Mooruntersuchungen. Die Natur. Jg. 1925. H. 5 und 6; Jg. 1926. H. 1.

²⁾ *L. v. Post* und *R. Sernander*: Pflanzenphysiognomische Studien auf Torfmooren in Närke. Livret-guide exc. Suède. 11. Congr. géol. intern. 14. Stockholm 1910.

³⁾ Von mir gesperrt.

(Mischungs-), Kontakt- und Verbindungsformationen, die als solche auf der Karte dargestellt werden können und deren ursächliche Bedingtheit im Texte auseinandergesetzt werden muß.

Die Vegetationskarte ist das Ergebnis reiflichen pflanzengeographischen Nachdenkens und übersichtlichster Gliederung der vorhandenen Pflanzendecke. Sie ist nichts anderes als die bildliche Darstellung der Inhaltsübersicht der pflanzengeographischen Gebietsmonographie: beides sind Dispositionen. Die Legende der Karte zeigt uns durch den Farbenschlüssel, wo wir in der Landschaft eine bestimmte Formation (z. B. den Buchenwald) zu suchen haben, während die Inhaltsübersicht die Seite angibt, wo in der Abhandlung die Beschreibung eben dieses Buchenwaldes zu finden ist. Ist die Vegetationskarte gut ausgeführt, so zeigt sie uns das harmonische Einschmiegen der betreffenden Formation in die Landschaft und ihre räumliche Abhängigkeit vom Relief, ihre Standortstopographie, während der Text ihre floristische und ökologische Charakterisierung enthält. So wirken Karte und Text zur Darstellung der Formation in ihrer floristischen, ökologischen und standörtlichen Bedingtheit zusammen.

Ich möchte dieses einleitende Kapitel nicht schließen, ohne zu sagen, daß ich die Vegetationskarte nicht für das einzige Mittel der Vegetationsdarstellung eines Gebietes halte, sie ist nur ein Mittel, um zu einer eindringenden Kenntnis der Pflanzendecke zu gelangen. Die Beschreibung im Text, die ökologische Untersuchung der einzelnen Pflanzengesellschaften, genaue Assoziationsaufnahmen sind andere Mittel. Der besondere Vorzug der kartographischen Darstellung liegt darin, daß sie den Blick stets aufs Große lenkt, daß sie den Rahmen schafft für die genaue minutiöse Einzelbeobachtung, die wir nie entbehren können.

ABSCHNITT II.

Die Gliederung der Pflanzengesellschaften.

Die physiographische Ökologie hat die Aufgabe, die Assoziationen festzustellen, voneinander abzugrenzen und die besonderen Verhältnisse von Klima und Boden, welche jede an ihren Ort bannen oder aber sie dynamisch (progressiv oder regressiv) beeinflussen, der Erkenntnis näherzuführen. (*Drude*: 1913, S. 218.)

Die Vegetationseinheiten.

Die Vegetationskarte ist die kartographische Darstellung der in einem Gebiete unterschiedenen Pflanzengesellschaften. Es handelt sich also darum, in einem Gebiete zuerst eine Anzahl von Pflanzengesellschaften zu unterscheiden und zu beschreiben. Dann erst können diese durch Differentialdiagnose voneinander abgegrenzten

Pflanzengesellschaften kartiert werden. Auch die Arealkarten der Pflanzensippen können erst angefertigt werden, wenn eingehende systematische und entwicklungsgeschichtliche Studien zur präzisen Sippendiagnose geführt haben. Die Vegetationskartographie steht und fällt daher mit der „Begriffsbildung in der Lehre von den Pflanzenformationen“¹⁾. Bevor ich etwas kartographisch darstelle, muß ich mir über das Darzustellende völlig klar sein. Das scheint überaus plausibel und ein Gemeinplatz.

Leider müssen wir feststellen, daß über das Darzustellende, die Einheiten der Pflanzengesellschaften, heute unter den Forschern durchaus keine einheitliche Auffassung besteht und in einer überaus zahlreichen Literatur die widersprechendsten Anschauungen vertreten werden. Als im Jahre 1910 *Flahault* und *Schröter*²⁾ ihre Vorschläge betreffend die pflanzengeographische Nomenklatur erstatteten, herrschte sicher hinsichtlich der Grundbegriffe eine einheitlichere Auffassung als heute. Ich muß die Periode 1910 bis 1926, die der Streit um die Begriffsbestimmungen³⁾,⁴⁾ ausfüllt, hinsichtlich der pflanzensoziologischen Kartographie als eine Zeit des Rückschrittes, ja Verfalles bezeichnen. Kennzeichnend ist, daß eingehende Vegetationsstudien, die ausdrücklich die Vegetation eines bestimmt begrenzten Gebietes zu ihrem Gegenstande machen, wie z. B. die Arbeiten von *G. Samuelsson*, 1917⁵⁾, *E. Schmid*, 1923⁶⁾, *W. Koch*, 1926⁷⁾, *E. Kaiser*, 1926⁸⁾ — um nur einige aus der großen

¹⁾ *Braun-Blanquet*, siehe S. 88; *H. Brockmann-Jerosch* und *E. Rübel*: Die Einteilung der Pflanzengesellschaften. Nach ökologisch-physiognomischen Gesichtspunkten. Leipzig 1912; *Gams*, siehe S. 89; *R. Gradmann*: Über die Begriffsbildung in der Lehre von den Pflanzenformationen. *Englers Bot. Jahrb.* 43. H. 3 (1909); *A. J. Tansley*: The classification of vegetation etc. *Journ. of Ecology.* 8. (1920); *Fr. Vierhapper*: Zur Kritik und Klärung einiger pflanzengeographischer Begriffe und Bezeichnungen. *Verh. d. zool.-bot. Ges. Wien.* Jg. 1918; Eine neue Einteilung der Pflanzengesellschaften. *Naturw. Wochenschr. Neue Folge.* 20. Nr. 18 und 19 (Jena 1921); *Walther Wangerin*: Beiträge zur pflanzensoziologischen Begriffsbildung und Terminologie. *Rep. spec. nov. regni veg. Beih.* 36. (Dahlem bei Berlin 1925); *Gunnar Samuelsson*: Studien über die Vegetation der Hochgebirgsgegenden von Dalarna. *Nova acta regia soc. scient. upsalensis. Ser. IV.* 4. Nr. 8. S. 29 ff. (Upsala 1917).

²⁾ Referate und Vorschläge betreffend die pflanzengeographische Nomenklatur. Redigiert von *Ch. Flahault* und *C. Schröter*: *Intern. bot. Kongreß. Brüssel 1910.*

³⁾ *J. Braun-Blanquet* et *J. Pavillard*: *Vocabulaire de sociologie végétale.* 2. Ed. Montpellier 1925.

⁴⁾ *G. E. du Rietz*: Zur Klärung einiger historisch-pflanzensoziologischer Streitfragen. *Bot. Notiser* 1924. Lund 1924.

⁵⁾ *Gunnar Samuelsson*: Studien über die Vegetation der Hochgebirgsgegenden von Dalarna. *Nova acta regiae vegetalis scientiarum upsalensis. Ser. IV.* 4. Nr. 8 (Upsala 1917).

⁶⁾ *E. Schmid*: 1923, siehe S. 102.

⁷⁾ *Walo Koch*: Die Vegetationseinheiten der Linthebene. *Jahrb. d. St. Gallischen Naturw. Ges.* 61. II. Teil 1925. St. Gallen 1926.

⁸⁾ *Ernst Kaiser*: Die Pflanzenwelt des *Henneberg-Fränkischen* Muschelkalkgebietes. *Rep. spec. nov. regni veg.* Herausgegeben von *Prof. Dr. F. Fedde.* Beih. 44. (Dahlem bei Berlin 1926).

Zahl der in diesem Zeitraum erschienenen Arbeiten zu nennen —, auf die kartographische Darstellung ihrer Vegetationseinheiten oder von Gruppen (Komplexen) solcher verzichten. Das pflanzensoziologische Studium hat sich von topographischen Untersuchungen abgewendet und verliert sich in allzugroßer Detaillierung der einzelnen Vegetationsaufnahmen. Die Vegetation zersplittert, ja zerstäubt in immer kleinere und kleinste Miniaturpflanzengesellschaften; so unterscheidet *E. Kaiser* in seinem geographisch doch ziemlich eng begrenzten Gebiete nicht weniger als 255 Assoziationen. Von einer kartographischen Darstellung muß dann natürlich abgesehen werden.

Der Wert und die Notwendigkeit solcher mit bewundernswerter Genauigkeit ausgeführten Untersuchungen soll mit diesen Bemerkungen nicht in Abrede gestellt werden, aber es wird begreiflich sein, wenn wir solchen Arbeiten gegenüber auch die Notwendigkeit und Berechtigung von Studien, die auf das große Ganze der Vegetation gerichtet sind, hervorheben. Die Vegetationskarte und ihre textliche Interpretation erscheint uns das Ausdrucksmittel dieser Arbeitsrichtung.

Mit voller Absicht, ohne den Vorwurf, veraltet zu sein, zu scheuen, gehen wir auf die Arbeit *Schröters*¹⁾ 1902, S. 66 ff., zurück, da wir in dessen klaren Definitionen eine feste Grundlage für die Vegetationskartographie erblicken.

Der Ausdruck „Pflanzengesellschaft“ bezeichnet die Einheiten niedersten wie umfassendsten Ranges.

Das Problem der Pflanzengesellschaften bietet nach *Schröter* sehr verschiedene Seiten dar:

1. Eine Pflanzengesellschaft ist in erster Linie ein topographisches, ein lokales Phänomen; sie besteht aus der gesamten pflanzlichen Bewohnerschaft einer bestimmten Lokalität, die geographisch mit einem Ortsnamen zu bezeichnen ist. (Sie kann daher kartographisch erfaßt werden. *Scharfetter*.)

2. Sie ist ein klimatologisches Phänomen.

3. Sie ist ein standörtliches Phänomen.

4. Sie ist in hervorragendem Maße eine geographische Erscheinung („Leitarten“ *Rikli*, *Facies Drude*).

5. Sie hat einen floristischen Charakter. Artenliste.

6. Sie hat eine bestimmte Physiognomie (Lebensformen, Dominanz).

¹⁾ *C. Schröter* und *O. Kirchner*: Die Vegetation des Bodensees. 2. Teil. Lindau 1902.

7. Sie hat einen bestimmten ökologischen Charakter.

8. Sie hat einen bestimmten florengehistorischen Charakter.

Bei der Definition der Einheiten und ihrer Gruppierung zu größeren Einheiten legen die Forscher bald auf diese, bald auf jene charakterisierende Bestimmungsstücke den Hauptwert:

Grisebach und *Drude* auf die Physiognomie der Lebensformen.

Warming auf die Ökologie der Lebensgemeinschaften.

Schimper auf die klimatisch-physiologischen Beziehungen.

Gradmann, *du Rietz*, *Braun-Blanquet* auf die Florenliste.

Schröter, *Drude*, *Gams*, *Boletter*, *Cajander* auf die Topographie.

Es handelt sich nun darum, eine für die Beschreibung und Kartographie der Pflanzengesellschaften geeignete Definition der Einheiten und ein für diese Zwecke brauchbares System — besser gesagt Übersicht — zu schaffen.

Ich halte es für durchaus notwendig, in dem herrschenden, verwirrenden Streit der Meinungen über die Einheiten und ihrer Gruppierung immer wieder zu dem klaren Standpunkt *Schröters* zurückzufinden. Keine Definition und keine Gruppierung kann alle acht Beziehungen der Pflanzengesellschaften gleichmäßig erfassen. Je nach dem Zweck, dem Definition und Gruppierung zu dienen haben, werden sie verschieden ausfallen.

Wenn *Braun-Blanquet*¹⁾ sagt, daß nur die Vegetation selbst²⁾, nicht aber die sie beeinflussenden Kräfte eine einwandfreie Grundlage der Gesellschaftssystematik abgeben kann (S. 308) und nur die Einteilung auf floristischer Grundlage gestattet, den Großteil der Probleme, die den Inhalt des exakten Gesellschaftsstudiums bilden, zu stellen und klar zu beantworten (S. 310), so stimmen wir mit ihm völlig überein. Wir halten sein floristisches System für die Grundlage des Assoziationsstudiums. Wenn es sich aber um die Beschreibung der Pflanzendecke einer Landschaft handelt, dann werden wir uns mit Erfolg einer Einteilung und Übersicht (ich vermeide das Wort System) bedienen, die auf die edaphischen Verhältnisse Rücksicht nehmen. *Tansleys* Werk³⁾: *Types of British Vegetation*, das die Pflanzengesellschaften nach edaphischen Gesichtspunkten anordnet, bleibt für uns ein Vorbild, die Vegetation eines Landes zu beschreiben.

¹⁾ *J. Braun-Blanquet*: Prinzipien einer Systematik der pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. Jahrb. d. St. Gallischen Naturf. Ges. 57. II. Teil (St. Gallen 1921); derselbe: Pflanzensoziologie. Berlin 1928, S. 20 ff. und 260 ff.

²⁾ Vgl. *G. Samuelsson*: *Dalarne* (siehe S. 86), S. 31.

³⁾ *A. G. Tansley*: *Types of British Vegetation*. Cambridge, at the University Press. 1911.

Für kartographische Zwecke ist ein System, das sich auf die Flora, Physiognomie und Standorte aufbaut, geeignet. *Schröter* bezeichnet es als topographisch-physiognomisches System zum Unterschied von einem ökologischen System. Vgl. hierzu *Brockmann-Jerosch* und *Rübel*¹⁾ und *G. Samuelsson*²⁾.

Die topographisch-physiognomische Einheit ist der „Einzelbestand“. Das ist die gesamte pflanzliche Bewohnerschaft einer bestimmten *L o k a l i t ä t* (geographisch umgrenzten Ortes) von einheitlichem *S t a n d o r t s* charakter.

„Die topographische Einheit umfaßt zumeist mehrere ökologisch verschiedene Typen. Die topographisch-physiognomische Einheit Buchenwald z. B. umfaßt die saprophytischen, parasitischen und symbiotischen Pilze des Bodens, die Moose, Saprophyten und Kräuter der Bodendecke, die Sträucher und die Buchenbäume mit all ihren Parasiten, Symbionten, Lianen und Epiphyten. Das sind ökologisch grundverschiedene Typen, und doch sind wir genötigt, diese heterogenen Dinge zu einer Einheit zusammenzufassen.“ *Schröter*.

Ein anderes Beispiel gibt *Boletter* (S. 31).

„Während ein Alpenerlengebüsch mit allen darin enthaltenen Hochstauden und Moosen nach unserer Auffassung eine topographische Einheit bildet, so erscheint es ökologisch durchaus heterogen. Denn die Alpenerlen stehen unter ganz anderen ökologischen Bedingungen als die Hochstauden; diese wiederum leben unter anderen Verhältnissen als die Moose, und so erscheint es als aus mehreren ökologischen Einheiten zusammengesetzt.“

Ähnlich bilden Flach- und Hochmoore mehr topographische als ökologische Einheiten. *Gams*³⁾, 1918, S. 454; vgl. auch *du Rietz*.

Für die Benennung und Gruppierung dieser topographischen Einheiten unterscheidet *Schröter* weiterhin zwei Gruppen: geschlossene und offene Pflanzengesellschaften.

„Bei den geschlossenen Pflanzengesellschaften werden die Standortbedingungen zum großen Teil durch die *P f l a n z e n* *s e l b s t* hergestellt (Schatten, Windschutz, Substrat, Humus usw.), es herrscht ein lebhafter Konkurrenzkampf; häufig sind eine oder wenig gesellig auftretende Arten herrschend. Solche Bestände benennt man am besten nach der herrschenden Art: z. B. Fagetum silvaticae; Phragmitetum usw.“

„Dieser Gruppe geschlossener Bestände mit Vorherrschen der *o r g a n i s c h e n* Bedingungen steht diejenige *o f f e n e r* Bestände mit Vorherrschen der *u n o r g a n i s c h e n* Bedingungen gegenüber: Fels- und Sandfluren mit weit zerstreuten Individuen, die sich gegenseitig gar nicht beeinflussen, wo also nur der gleichmäßige, unorganische Standort das Verbindungsende ist. Hier kann man sehr wohl die Bezeichnung vom Substrat hernehmen: z. B. Felsflurbestand, Sandflurbestand.“

¹⁾ *H. Brockmann-Jerosch* und *E. Rübel*: Die Einteilung der Pflanzengesellschaften nach ökologisch-physiognomischen Gesichtspunkten. Leipzig 1912.

²⁾ *Gunnar Samuelsson*: Dalarne (siehe S. 86), Physiognomisch-floristische Anschauungsweise. S. 33.

³⁾ *H. Gams*: Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich. 63. (1918).

„Diejenigen Bestandeseinzelindividuen, die in allem übereinstimmen, außer der örtlichen Lage, werden zur ersten Sammeleinheit zusammengefaßt, die man ‚Bestand‘ nennt.“ (*Drude, Warming, Stebler und Schröter*). Kleinere Verschiedenheiten der Bestände werden *Facies* oder *Nebentypen* oder *Ortsbestände* (*Ortsvereine*) heißen. (Die Benennungen sind noch sehr wenig einheitlich im Gebrauch.) Die sämtlichen „*Facies*“ (*Nebentypen*) eines kleineren Gebietes vereinigen wir zu einem *Bestandestypus* (*Assoziation*). Wir können denselben mit dem Namen derjenigen Art bezeichnen, welche am häufigsten dominiert und überhaupt als die charakteristische gilt, z. B. *Typus des Phragmitetums*¹⁾.

Die nächst höhere Einheit heißt *Formation*; sie umfaßt sämtliche Bestandestypen der Erde, welche in ihrer Physiognomie (d. h. ihren Lebensformen) und den Grundzügen ihrer Ökologie übereinstimmen, während die Artenlisten gleichgültig sind. Als „*Formationen*“ wären z. B. folgende Begriffe zu bezeichnen: der frostharte, staudenreiche, sommergrüne Laubwald, die Hartlaubgehölze, die Sumpfwiese, das Hochmoor, die Felsflur.

Analoge *Formationen* können zu *Formationsgruppen* vereinigt werden, z. B. Laubwälder, Nadelwälder (*Formationsklassen*, *Drude*, 1905).

Die höchste, umfassendste Einheit nennen wir *Vegetationstypus* (*Internationaler Botanischer Kongreß, Brüssel 1910*). Mit *Drude* unterscheiden wir folgende *Vegetationstypen*: 1. Wälder, 2. Gebüsch, 3. Gesträuch, 4. Staudenformationen, 5. Grasfluren, 6. Steppen, 7. Felsformationen, 8. Moore, 9. Sumpf-, 10. Fluß- und 11. Teichformationen, 12. ozeanische *Formationen*.

So stellt also *Schröter* (1902, S. 73) vom umfassenden Begriff zur niedrigsten Einheit hinabsteigend folgende Leiter auf:

- I. Typus: *Vegetationstypus*.
- II. *Formation*: { *Formationsgruppe*.
 { *Formation*.
 { *Subformation*.
- III. *Bestand*: { *Bestandestypus*.
 { *Subtypus*.
 { *Facies* (*Ortsverein*¹⁾.
 { *Einzelbestand*.

¹⁾ Nach dem Vorschlage *Drudes* möchten wir die Bezeichnung „*Facies*“ für die geographisch abgegrenzten, floristisch charakterisierten *Nebentypen* der *Assoziation* vorbehalten, also von einer hercynischen, illyrischen usw. *Facies* z. B. des Buchenwaldes sprechen. *O. Drude*: Die floristische *Facies* in der *Assoziationsbildung*. *Rep. spec. nov. regni. veg.*, herausgegeben von *Fedde*. *Beih.* 41. 42 (1926).

Zur Erläuterung möge folgendes Einzelbeispiel dienen:

Vegetationstypus	Grasflur,
Formationsgruppe	Wiese,
Formation	Trockenwiese,
Subformation	alpine Trockenwiese,
Bestandestypus (Assoz.) .	Nardetum (<i>N. stricta</i> be-
	zeichnend),
Subtypus	auf Urgebirge (mit <i>Trifolium</i>
	alpinum),
Ortsverein ¹⁾ (Nebentyp.) .	Nardetum (<i>Nardus</i> domi-
	nierend),
Einzelbestand	Nardetum auf Alpe di
(Speziesaufzählung)	Sella am Gotthard.

Für den Kartographen sind noch folgende Definitionen wichtig: „Eine Pflanzenformation ist der Ausdruck bestimmter Lebensbedingungen (Klima, Boden, gegenseitige Beziehungen der Organismen) unabhängig von der Artenliste. Sie setzt sich aus einander ähnlichen oder von einander abhängigen Lebensformen zusammen.“ (*Flahault* und *Schröter*, 1910.)

Eine A s s o z i a t i o n (= Bestandestypus) ist eine Pflanzengesellschaft von bestimmter floristischer Zusammensetzung, einheitlichen Standortsbedingungen und einheitlicher Physiognomie (*Flahault* und *Schröter*, 1910).

Es wäre sehr zu wünschen, wenn sich im Anschlusse an diese Definitionen auch in der Kartographie der Pflanzengesellschaften bestimmte Fachausdrücke einbürgern würden. Entsprechend den Definitionen *Schröters* schlagen wir vor:

Allgemeiner Fachausdruck für Karten, die „Pflanzengesellschaften“ darstellen: pflanzensoziologische Karte.

Karten mit Vegetationstypen: Vegetationskarte.

Karten mit Formationen: Formationskarte.

Karten mit Assoziationen: Assoziationskarte.

Die große Mehrzahl der als „Formationskarten“ bezeichneten Karten wäre richtig „Assoziationskarten“ zu nennen.

Der Kartograph soll sich darüber klar sein, ob er Formationen oder Assoziationen darstellen will. Die Wahl des Maßstabes, der Farben und Zeichen wird davon abhängen.

Wir halten es für notwendig, noch näher auf die Definition der Assoziation, die, wie gesagt, bei Gebietsaufnahmen meist dargestellt wird, einzugehen. Die Definition enthält drei Bestimmungsstücke.

¹⁾ „Ortsverein“ für diejenige Benennungsweise, welche Facies zum geographischen Ausdruck der floristischen Artgenossenschaften wählt (*Drude* u. a.).

1. Bestimmte floristische Zusammensetzung.
2. Einheitliche Standortsbedingungen.
3. Einheitliche Physiognomie.

Diese drei Bestimmungsstücke werden von den Autoren sehr ungleich bewertet. Am umstrittensten sind die „einheitlichen Standortsbedingungen“. *Du Rietz*¹⁾ (1918, S. 149) läßt sie im Anschluß an *Th. Fries* grundsätzlich aus der Definition der Assoziation weg, weil wir erstens den Zusammenhang zwischen Standort und Pflanzenbestand in seiner Kompliziertheit zumeist heute noch nicht kennen und durch Aufnahme dieses Bestimmungsstückes ein deduktives Verfahren einschlagen, wo doch allein die Induktion eine exakte wissenschaftliche Arbeit verbürgt, und zweitens, weil überhaupt eine strenge Abhängigkeit der Pflanzengesellschaften vom Standort, wie sie als unbegründete Hypothese von der Mehrzahl der Pflanzensoziologen angenommen wird, nicht besteht [*du Rietz*²⁾, 1921, S. 244].

Diese Ausführungen von *du Rietz* greifen an die Wurzel der pflanzensoziologischen Kartographie, die ja gerade die Zusammenhänge der Pflanzengesellschaften mit dem Standort, dem geographischen Raum darstellen will. Wir glauben nicht fehlzugehen, wenn wir den Rückgang der pflanzensoziologischen Kartographie mit diesen theoretischen Erwägungen in Verbindung bringen.

Es ist unmöglich, auf die in dieser Sache geäußerten Meinungen hier im einzelnen einzugehen. Wir greifen nur ein paar Sätze aus *Kylins* Entgegnung (S. 99) heraus: „Wissenschaft und Praxis haben genügend erwiesen, daß die Vegetation von Veränderungen des Standortes beeinflußt wird. Denn warum sollte sonst der Bauer seinen Acker düngen, wenn die Vegetation auf diese Standortveränderung nicht reagierte?“ *Kylin*³⁾ (S. 100) sagt schließlich: „Damit kommen wir zu der genannten, nach *du Rietz* unrichtigen Hypothese, daß die Vegetation unbedingt auf Veränderung im Standorte reagiere. Ich möchte den Satz folgendermaßen abändern: Die Vegetation ist unbedingt von den Veränderungen im Standort abhängig, sobald diese so groß sind, daß sie von der Vegetation empfunden werden“. Es gibt wohl kaum einen Ökologen, der fordern würde, die Vegetation solle „getreu die

¹⁾ *J. E. du Rietz, Th. C. E. Fries und T. A. Tengwall*: Vorschlag zur Nomenklatur der soziologischen Pflanzengeographie. *Svensk Botaniks Tidskrift*. **12**. H. 2 (1918).

²⁾ *G. E. du Rietz*: Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie. Akad. Abh. Upsala 1921.

³⁾ *Harald Kylin*: Über Begriffsbildung und Statistik in der Pflanzensoziologie. *Bot. Notiser* 1926.

kleinsten Veränderungen im Charakter des Standortes wieder spiegeln" [*du Rietz, Fries, Oswald, Tengwall*], 1920, S. 19].

Kylin wird hier wohl den der Wahrheit am nächsten kommenden Ausdruck gefunden haben.

Die Ausschaltung der Standortsbedingungen aus dem Assoziationsbegriff hat aber eine interessante Folgeerscheinung nach sich gezogen. Hat schon *Schröter* (1902) die Assoziation z. B. des Buchenwaldes als eine topographisch-physiognomische Einheit bezeichnet und sie als solche den ökologischen Einheiten gegenübergestellt, so treten neuerdings eine Reihe von Forschern auf, welche reine „topographische Einheiten“, die also nur auf die Standortsverhältnisse gegründet sind, aufstellen. Allen voran *Gams* (1918, S. 435). Er bezeichnet die topographische Einheit als Lebensgemeinschaft oder Biocoenose; sie umfaßt die gesamte auf einem einheitlichen Standort enthaltene Vegetation im weitesten Sinne (Phytocoenose). Bei den topographischen Einheiten ist weder die Artenliste noch die Lebensformenliste ausschlaggebend, sondern nur der Standort. Hier hat die Einteilung nach dem Standort ihre volle Berechtigung (S. 437). Die auf den pflanzenphysiognomischen Karten dargestellten Einheiten sind fast durchweg Phytocoenosen. *Gams* (S. 447) hält es mit *du Rietz* für besser, die Vegetation eines Gebietes zunächst topographisch zu gliedern und erst innerhalb der Phytocoenosen die Synusien (ökologische Einheiten) zu beschreiben.

Wir besitzen auch bereits ein Beispiel dieser Arbeitsweise: *Bolleters* Vegetationsstudien aus dem Weißtannental²⁾. Wir wollen aus seiner Arbeit folgende Sätze anführen (S. 35). „Während im ökologischen System die ökologische Einheitlichkeit das entscheidende Moment bildete, ist es hier der R a u m. Nach physiognomisch vorherrschenden Momenten wird die Erdoberfläche in Elemente zerlegt und die Gesamtheit von deren Besiedlern als topographische Einheit aufgefaßt. Wir bezeichnen sie als G e m e i n d e. Diese ist eine Pflanzengesellschaft von bestimmter floristischer Zusammensetzung der vorherrschenden Schicht, oft aus mehreren Vereinen bestehend. Durch die Eliminierung der floristischen Zusammensetzung ergibt sich die F o r m a t i o n. Sie „ist eine Pflanzengesellschaft von bestimmter Physiognomie, d. h. Übereinstimmung betreffs der vorwaltenden Lebensformen.“ (Vgl. *du Rietz, Fries, Tengwall*, 1918.) Als höchste Einheiten stehen die V e g e t a t i o n s t y p e n da.

¹⁾ *G. E. du Rietz, Th. C. E. Fries, H. Oswald und T. A. Tengwall*: Gesetze der Konstitution natürlicher Pflanzengesellschaften. Flora och Fauna 7. Vetenskapliga och pratiska undersökningar i Lappland. Upsala und Stockholm 1920.

²⁾ *Reinhold Bolleter*: Vegetationsstudien aus dem Weißtannental. Jahrb. d. St. Gallischen Naturw. Ges. 57. II. Teil (St. Gallen 1921).

Ich kann in diesen Ausführungen *Bolleters*, 1921, keinen wesentlichen Fortschritt gegenüber *Schröter*, 1902, finden, zumal ja auch er die Erdoberfläche nach physiognomisch vorherrschenden Momenten zerlegt: seine topographische Übersicht ist im Grunde nichts anderes als *Schröters* topographisch-physiognomisches System. Da uns aber *Bolleters* topographische Einheiten für die kartographische Darstellung besonders geeignet erscheinen, sei dessen „Übersicht“ hier wiedergegeben. Sie zeichnet sich durch eine sehr interessante Kombination der topographischen und ökologischen Einheiten aus¹⁾.

Bolleters topographische Einheiten.

- I. Vegetationstypus der sommergrünen Laub- und frostharten Nadelwälder.
 1. *Formation der sommergrünen Laubwälder*
 - a) *Fagus silvatica*-Laubwald,
 - b) *Acer Pseudoplatanus*-Laubwald,
 - c) *Quercus Robur*-Laubwald,
 - d) *Castanea vesca*-Laubwald,
 - e) *Alnus incana*-Laubwald;
 2. *Formation der frostharten Nadelwälder:*
Picea excelsa-Nadelwald;
 3. *Formation der Mischwälder.*
- II. Vegetationstypus der immergrünen und periodisch belaubten Niederholzformationen aus Gebüsch und Gesträuch.
 1. *Formation des höheren Laubgebüsches.*
 2. *Formation der Zwergstrauchheide.*
 - a) *Rhododendron-ferrugineum*-Heide,
 - b) *Myrtillus*heide,
 - c) *Loiseleuria*heide.
- III. Vegetationstypus der Wiesen, Wiesenmoore und Hochmoore.
 1. *Formation der Hochstaudenfluren:*
 - a) *Aconitum Lycoctonum*-Hochstaudenflur.
 - b) *Cicerbita alpina*-Hochstaudenflur;
 2. *Formation der Matten:*
 - a) *Arrhenatherum elatius*-Matte,
 - b) *Trisetum flavescens*-Matte,
 - c) *Festuca pratensis*-Matte,
 - d) *Dactylis glomerata*-Matte,
 - e) *Poa trivialis*-Matte,
 - f) *Alchemilla vulgaris*-Matte;
 3. *Formation der Weiden:*
 - a) *Dechampsia caespitosa*-Weide,
 - b) *Nardus*weide,
 - c) *Carex curvula*-Weide;

¹⁾ Zu der Vorstellung *Bolleters* über die Zusammensetzung der „topographischen Einheiten“ aus „ökologischen Einheiten“ wollen wir hier nicht Stellung nehmen. Man vgl. die Kritik *Begers* (Assoziationsstudien in der Waldstufe des Schanfiggs). Beil. z. Jahresber. d. naturf. Ges. Graubündens 1921/22. Chur 1922. S. 43.

4. *Formation der Wildwiesen:*
 - a) *Bromus erectus*-Wildwiese,
 - b) *Calamagrostis varia*-Wildwiese,
 - c) *Carex sempervirens*-Wildwiese = Mähder,
 - d) *Elyna myosuroides*-Wildwiese;
5. *Formation der Schneetälchen:*
Salix herbacea-Schneetälchen;
6. *Formation der Wiesenmoore:*
 - a) *Trichoon-Phragmites*-Wiesenmoor,
 - b) *Equisetum palustre*-Wiesenmoor,
 - c) *Carex fusca*-Wiesenmoor,
 - d) *Trichophorum caespitosum*-Wiesenmoor,
 - e) *Eriophorum Scheuchzeri*-Wiesenmoor,
 - f) *Carex inflata*-Wiesenmoor,
 - g) *Carex frigida*-Wiesenmoor;
7. *Formation der Hochmoore:*
Trichophorum caespitosum-Hochmoor.

IV. Vegetationstypus der Gesteinsfluren.

1. *Formation der Trümmerfluren:*
 - a) *Erica carnea*-Trümmerflur,
 - b) *Dryas octopetala*-Trümmerflur.
 - c) *Hutchinsia alpina*-Trümmerflur;
2. *Formation der Block- und Felskopffluren:*
 - a) *Saxifrage aspera bryoides*-Block- bzw. -Felskopfflur,
 - b) *Loiseleuria*-Block- bzw. Felskopfflur,
 - c) *Thymus serpyllum*-Block- bzw. -Felskopfflur.

V. Vegetationstypus der Süßwasserbestände und limnischen Uferformationen.

Es existieren im Gebiete keine ausgesprochenen Siedlungen.

Die Ausscheidung der Standortsbedingungen aus dem Assoziationsbegriff hat dazu geführt, daß *A. K. Cajander*¹⁾, wohl einer der bedeutendsten modernen Pflanzensoziologen, eine vollkommene Scheidung der Begriffe Pflanzengesellschaftskunde und Standortslehre trifft. Er unterscheidet (1922):

Pflanzengesellschaftskunde bzw. Formationslehre (Pflanzensoziologie): Die Wissenschaft, welche sich mit dem Studium der Pflanzengesellschaften verschiedener Art und verschiedener Ordnung beschäftigt.

Standortslehre: die Wissenschaft, welche die Erforschung der Standorte verschiedener Kategorien und ihrer Eigenschaften zum Gegenstande hat.

Pflanzentopographie = Pflanzengesellschaftskunde + Standortslehre.

In der Praxis aber vertritt *A. K. Cajander* die Anschauung, daß beide Wissenschaftszweige gleichzeitig berücksichtigt werden sollen. Wir müssen ihm vollkommen zustimmen, wenn er sagt:

„Das Studium der Standorte kann natürlich unabhängig vom Studium der Vegetation geschehen und umgekehrt, weil aber die Vegetation von den

¹⁾ *A. K. Cajander:* Zur Begriffsbestimmung im Gebiete der Pflanzentopographie. *Acta forestalia Fennica.* 20. (1922).

Standortsverhältnissen wesentlich abhängig ist und diese in vielfacher Weise auf die Vegetation einwirken, ist eine gleichzeitige Berücksichtigung beider meistens zu befürworten, mit anderen Worten: es sollen entweder die Pflanzenvereine usw. studiert werden unter gleichzeitiger Berücksichtigung der standörtlichen Bedingungen derselben oder aber die verschiedenen Standorte mitsamt ihrer Einwirkung auf die Art und Zusammensetzung der Vegetationsdecke sowie auf die Art und Gruppierung der Pflanzengesellschaften in der Natur; im ersten Falle geht man von den Pflanzengemeinschaften aus, im zweiten von den Standorten. Beide Verfahren sind gleichberechtigt, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß eine vollständige Erkenntnis der Pflanzengesellschaften ohne Berücksichtigung der Standortsverhältnisse ebenso unmöglich ist wie die Gewinnung einer allseitigen Erkenntnis der Standortsverhältnisse ohne Berücksichtigung der Vegetation. Das Studium der Standorte scheint, weil umfassendere Kenntnisse voraussetzend und darum schwieriger, in der letzten Zeit zugunsten des — wenigstens sofern man hauptsächlich nur auf die Artzusammensetzung abzielt — viel leichteren Studiums der Pflanzengesellschaften zu sehr vernachlässigt worden zu sein, wengleich gerade die Standortforschung (vor allem die Bodenkunde und die Klimalehre in ihrer Beziehung zur Pflanzendecke der Erde) wahrscheinlich viel ergiebiger wäre als die Erforschung der Pflanzengesellschaften.“ (*Cajander*, 1922, S. 8.)

Wieder müssen wir Schweizer Arbeiten nennen, welche das Studium der Standorte und der sie besiedelnden Pflanzengesellschaften gleichzeitig pflegen. *Brockmann-Jerosch*¹⁾ widmet den „Oberflächenformen und Bodenverhältnissen in ihrem Zusammenhang mit der Vegetation“ ein eigenes Kapitel in seinem Werke „Die Vegetation der Schweiz“. „Unseres Erachtens kommt es dabei darauf an, Boden und Vegetation, Bodenbildung und Sukzession der Pflanzengesellschaften als biologisch zusammengehörig aufzufassen“ sagen *R. Siegrist* und *H. Gessner*²⁾ in einer Arbeit, deren Titel schon charakteristisch ist: „Über die Auen des Tessinflusses, Studie über die Zusammenhänge der Bodenbildung und der Sukzession der Pflanzengesellschaften.“ „Bodenbildung, Besiedlung und Sukzession der Pflanzengesellschaften auf den Aareterrassen“ nennt sich die eine zweite Studie derselben Verfasser³⁾, während *Braun-Blanquet* und *Hans Jenny* ihre Arbeit „Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen“ betiteln. Es würde zu weit führen, hier die beiden Arbeiten, die vorbildlich für moderne Vegetationsstudien sind, näher zu besprechen. Wir wollen nur *Braun-Blanquets*⁴⁾ Zusammenfassung (S. 185) hier wiedergeben:

„Die glänzenden Untersuchungen russischer Bodenforscher haben dargetan, daß die Bodenbildung in erster Linie vom Klima beeinflusst wird und die fertigen oder reifen Böden klimatisch bedingt sind. Temperatur, Niederschlag, Verdunstung sind die drei Kardinalpunkte der

¹⁾ *H. Brockmann-Jerosch*: Die Vegetation der Schweiz. Beiträge zur geobot. Landesaufnahme der Schweiz. H. 12 (1. Lieferung). Zürich 1925.

²⁾ *R. Siegrist* und *H. Gessner*: *Schröter-Festschrift*. Zürich 1925. S. 127.

³⁾ *Hermann Geßner* und *Rudolf Siegrist*: Bodenbildung, Besiedlung und Sukzession der Pflanzengesellschaften auf den Aareterrassen. Mitt. d. Aargauischen Naturf. Ges. 1926. H. 17.

⁴⁾ *J. Braun-Blanquet* und *Hans Jenny*: Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Klimaxgebiet des *Caricion curvulae*. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. 63. Abh. 2. Zürich 1926.

Bodenbildung; ihr Zusammenwirken schafft einen bestimmten Bodentypus, der sich unter ähnlichen Klimaverhältnissen überall, auf jeder geologischen Unterlage findet, wo die Bodenbildung zum Abschluß gelangt ist. Dementsprechend sind die Böden in fertige und unfertige, reifende und ausgereifte zu scheiden.

Auch die Vegetation wird nach der dynamisch genetischen Auffassung eingeteilt in Anfangs-, Übergangs- und Schlußgesellschaften. Vegetationsentwicklung und Bodenbildung sind das Resultat langandauernder Veränderungen und durch vielfache Wechselbeziehungen miteinander verbunden.

Boden- und Vegetationsentwicklung, sich selbst überlassen, streben einem mehr oder weniger stabilen Endzustand zu, den man als **Boden- und als Vegetationsklimax** bezeichnet. Lange in Ruhe verharrende Pflanzengesellschaften, die den normalen Klimax noch nicht erreicht haben, werden als **Dauergesellschaften** bezeichnet. Der Wechsel in der Vegetationsdecke vollzieht sich bald sichtbar rasch, bald ganz unmerklich. Er wird vom Boden und seinen Veränderungen unmittelbar beeinflusst als vom Klima, dessen Schwankungen sich über längere Zeiträume erstrecken und die in ihren Auswirkungen schwerer zu erkennen sind.

Braun-Blanquet behandelt ausführlich den Caricion curvulae-Klimakomplex, der die Pflanzengesellschaften der Urwiesen in der alpinen Stufe der Zentralalpen umfaßt. Er unterscheidet in diesem Komplex 21 Assoziationen, die er zu 13 Verbänden zusammenfaßt, die wieder in 7 Ordnungen zusammengezogen werden. Diese Ordnungen sind folgende:

- I. Potentilletalia caulescentis — Felsspaltengesellschaften.
- II. Thlaspentalia rotundifolii — Kalkschuttgesellschaften.
- III. Androsacetalia alpinae — Silicatschuttgesellschaften.
- IV. Salicetalia herbaceae — Schneetälchenartige Gesellschaften.
- V. Seslerietalia coeruleae — Rasengesellschaften auf Kalkböden.
- VI. Caricetalia curvulae — Rasengesellschaften saurer Böden.
- VII. Rhodoreto-Vaccinietalia — Zwergstrauchgesellschaften.

Die Assoziationen, die in den einzelnen Ordnungen zusammengefaßt werden, bilden genetische Serien.

Für uns ist wichtig, daß diese Ordnungen durch standörtliche Bezeichnungen zusammengefaßt werden; sie können also standörtlich kartiert werden.

Wir fassen zusammen: Standort und Pflanze stehen in Wechselbeziehungen. Die Wechselbeziehungen zeigen sehr verschiedene Abstufungen: Bald ist der Standort, bald die Pflanze für die Bildung der Pflanzengesellschaft das Ausschlaggebende.

Der Faktorenkomplex eines Standortes im geschlossenen Buchenwald wird fast völlig von biotischen Faktoren (Buche), der einer Sanddüne von edaphischen Faktoren beherrscht.

Für die Kartographie ist die Stellungnahme zum Problem, Standort und Pflanzengesellschaft, deshalb von grundlegender Bedeutung, weil die Frage darauf hinausgeht: Kartieren wir eigentlich Standorte oder Formationen?

Zunächst ein paar Beispiele.

Auf meiner Vegetationskarte von Villach¹⁾ kartiere ich Formationen (Mischwald, Fichtenwald auf Urgestein, Föhrenwald, Erlenau und Haselformation, Sümpfe, Bergwiesen auf Urgestein, Azaleenteppich, Bürstengrasmatten, Legföhren und Alpenrosengebüsche usw.), andrerseits aber Standorte, wie Felswände, Bergstürze.

Drude (Mitteldeutsche Vegetationsformationen²⁾ gibt auf seinen Karten 27 Pflanzengesellschaften mit Farben und Signaturen an, von denen mehrere als Standortsbezeichnungen gewertet werden müssen: Felsschotter der Hügelformationen, Urfels (17), Montanes Basaltgeröll (mit *Ribes alpinum* 18), Felsen und Geröllfelder der Bergregion (mit Lichenen 25 a).

Auf der Vegetationskarte der Tatra von *W. Szafer* usw.³⁾ finden wir neben zahlreichen Formationen, wie *Piceetum normale*, *Piceetum myrtilletosum*, *Pinetum mughi*, *Varietum*, *Firmetum*, auch Standorte ausgeschieden, z. B. Kalkgeröllhalden, Urgesteinfelsenvegetation, Urgestein-, Schutt- und Geröllhalden, nackte Kalkfelsen, Schneetälchen.

Es fehlt also allen diesen Kartierungen der einheitliche Gesichtspunkt⁴⁾, es sind zum Teil Standorte, zum Teil Formationen kartiert.

Nach dem früher Gesagten halte ich das für richtig, wobei richtig bedeuten soll, den natürlichen Verhältnissen am nächsten kommend; in dem einen Fall ist eben der Boden (Geröllhalde, Sanddüne), in dem anderen Fall der Pflanzenverband siegreich und bestimmend.

Alle Versuche, rein logisch vorzugehen und grundsätzlich e n t w e d e r nach Standorten o d e r nach Pflanzengesellschaften zu kartieren, sind künstlich. Wir kartieren die Standorte nur

¹⁾ *R. Scharfetter*: Die Vegetationsverhältnisse von Villach in Kärnten. Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Österreichs. VII. Abh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien. 6. H. 3 (Jena 1911).

²⁾ *O. Drude*: Die kartographische Darstellung usw. S. 80.

³⁾ *W. Szafer, S. Kulczyński, B. Pawłowski, K. Stecki, M. Sokolowski*: Die Pflanzenassoziationen des Tatragebirges. III., IV. und V. Teil. Bull. intern. de l'acad. polonaise d. sc. et d. lett. Classe d. sc. math. et nat. Serie B. Sc. nat. Nr. 8. Suppl. II. Cracovie 1926.

⁴⁾ A n m e r k u n g von *Drude*: Die mangelnde Einheitlichkeit des Gesichtspunktes ist aber, strenger genommen, nur eine Folge von einem jähen Sprung in der Ausdrucksweise. Wir lassen nämlich im Vertrauen auf die gewählte oder als bekannt vorausgesetzte „floristische Facies“ in den o f f e n e n B e s i e d l u n g e n mit m i g r a t o r i s c h hier oder da sich findenden Charakterarten, von denen keine einzelne zur Hauptbezeichnung wert erscheint, die Pflanzen oder ihre führenden Lebensformen fort. *Caricetum humilis* und *Anthericum Liliago* auf Urgesteinfels ist aber etwas ganz anderes als ein *Pulsatilletum alpinae* mit *Saxifrage nivalis* = Felsstauden: sobald wir daher u n t e r l a s s e n, Standorte rein an sich n u r nach petrographischen Eigenschaften benannt zwischen die korrekten Assoziationsbezeichnungen zum engen, schwindet der Dualismus.

insoweit, als sie eine bestimmte Pflanzengesellschaft aufweisen oder eine geänderte Pflanzendecke einen geänderten Standort anzeigt. *Brockmann-Jerosch* und *Rübel*¹⁾ (1912) haben ja bereits auf die ökologische Wertigkeit der Formationen hingewiesen und aufmerksam gemacht, daß die einzelnen Pflanzengesellschaften für Standortsveränderungen sehr verschiedene Empfindlichkeit zeigen, z. B. Wald und Wiese. Wenn wir z. B. in einem Waldgebiet bei Gesteinswechsel keine Veränderung der Pflanzengesellschaft wahrnehmen, so werden wir auch keine Ausscheidung der verschiedenen Gesteine, z. B. einer durch einen Urgebirgsstock laufenden Kalkader vornehmen, während wir diese einzeichnen, sobald sie sich in der Zusammensetzung der Grasflurgesellschaften in der alpinen Region bemerkbar macht.

Auf einem weiten Umweg kommen wir also wieder auf *Schröters* Definition der Assoziation, welche die Standortsbedingungen als Bestimmungsstück aufnimmt, und auf sein topographisch-physiognomisches System zurück. Für die Kartographie gewinnen wir dabei eine feste theoretische Grundlage.

ABSCHNITT III.

Die topographische Betrachtung der Pflanzengesellschaften im Sinne der Kartographie.

1. Die geomorphologisch-botanische Beschreibung des Gebietes.

Wenn wir uns über die örtliche Verteilung, die Ausdehnung und die Grenzen einer Pflanzengesellschaft — und das sind wohl die Hauptaufgaben der topographischen Pflanzengeographie — klarwerden wollen, finden wir in den meisten Fällen in der Ausgestaltung der Oberflächenformen des Gebietes den Schlüssel. In den von rein botanischen Gesichtspunkten aus geschriebenen Schilderungen sind die Pflanzengesellschaften meist durch den Artenbestand (Konstanz, Frequenz, Dominanz, Deckungsgrad usw.), vielleicht auch noch durch ökologisch-physiognomische Betrachtungen geschildert, doch fehlen nur allzu häufig Ausführungen über die Verankerung der Pflanzengesellschaften mit dem Boden. Das oft gebrauchte Gleichnis von dem Pflanzenteppich, der die Erde bedeckt, ist irreführend: Einen Teppich kann ich über jeden Boden legen, sei es ein Steinboden, Holzboden, Zementboden usw. und wieder ist es gleichgültig, ob der Teppich ein Perserteppich, ein Linoleumbelag, ein Tierfell usw. ist. Wenn wir schon den Vergleich mit einem Teppich beibehalten wollen, liegt die Sache so: Ich kann eine bestimmte Pflanzengesellschaft nur auf einem bestimmten Boden ausgebreitet

¹⁾ *H. Brockmann-Jerosch* und *E. Rübel*: Siehe S. 86.

denken, und zwar bestimmt der Boden, welcher Art der Teppich sein muß: In diesem Sinne sprechen wir von einer Korrelation der Oberflächenform und der Pflanzengesellschaften. Es handelt sich um die Erfassung der Pflanzendecke als der *n o t w e n d i g e n* Resultierenden aller örtlichen Faktoren. Es ist klarzulegen, warum die Pflanzendecke nicht einheitlich aus einer einzigen Pflanzengesellschaft besteht, *w a r u m* die Pflanzengesellschaften wechseln, *w e s h a l b* sie gerade in der tatsächlich gegebenen Weise wechseln.

Die Ursachen des Wechsels der Pflanzengesellschaften eines engeren Gebietes, wie es zu kartographischen Aufnahmen gewählt wird, erblicken wir in den wechselnden Oberflächenformen, welche auch die klimatischen Differenzen bestimmen. Wäre die Oberflächenform ganz einheitlich, so würde in einem klimatisch und petrographisch einheitlichen Gebiete auch die Pflanzendecke einheitlich sein.

Die Oberflächenform ist selber das Ergebnis außerordentlich komplizierter Faktoren, nämlich der geologischen, petrographischen und klimatischen Bedingungen des Ortes. Wenn wir also die Verteilung der Pflanzengesellschaften auf die Oberflächenformen zurückführen, so sind wir uns darüber klar, daß die Oberflächenform nicht die eigentliche Ursache der Änderung der Pflanzengesellschaften ist, sondern daß sie nur der Ausdruck für die Änderung der unmittelbar auf die Pflanzenwelt einwirkenden Faktoren ist. Nicht die einzelnen klimatischen und edaphischen Faktoren bestimmen die Pflanzengesellschaft, sondern ihr Produkt; in der Oberflächenform haben wir die Resultierende aller Einzelkomponenten.

Die Bedeutung der geomorphologischen Betrachtungsweise für die topographische Pflanzengeographie wird um so deutlicher, wenn wir uns dieselbe durch andere Betrachtungsweisen ersetzt denken. Die klimatischen Verhältnisse sind für ein kleineres Gebiet (z. B. einen Talboden) doch immer annähernd einheitlich, sie können als solche keinen Wechsel der Pflanzengesellschaften verursachen, gleicherweise ist auch die petrographische Zusammensetzung für sich allein nicht geeignet, uns das Verständnis für den Wechsel der Pflanzengesellschaften eines bestimmten Gebietes zu vermitteln, denn auch in petrographisch einheitlichen Gebieten (Kalkgebirge, Urgebirge) wechseln verschiedene Pflanzengesellschaften. Mit den *Schimperschen* Begriffen der klimatischen und edaphischen Formationen ist auf kleinem Gebiet nicht viel anzufangen, es sei denn, daß wir alle Pflanzengesellschaften als „edaphische“ erklären.

Noch ein paar Worte über den Zusammenhang zwischen Oberflächenform und Boden. Wir haben früher mit *Braun-Blanquet* geschildert, wie der Boden unter der Einwirkung des Klimas sich

allmählich ändert, wie Boden und Vegetation einem Klimaxzustande zustreben. Hier aber ist zu sagen, daß nur auf einer reifen Oberflächenform sich ein reifer Boden mit reifer Vegetation zu bilden vermag. Prachtvolle Beispiele finden wir auf der Koralpe am Ostrande der Alpen. Die ausgereifte Oberflächenform der breiten Rücken trägt die schöne Dauergesellschaft des Loiseleurietums, während die Rückenwände der großen Kare mit ihren Felsabbrüchen und Schutthalden Initialstadien von Pflanzengesellschaften beherbergen.

Ich möchte einen Irrtum, den ich viele Jahre lang mit mir herumgetragen habe, zu Nutz und Frommen jüngerer Forscher hier bekennen. Bei meinen Wanderungen in den Ostalpen war ich immer bestrebt, für die einzelnen Erdflecken die Pflanzenassoziationen festzustellen. Vergebliche Mühe! Es gibt oberhalb der Baumgrenze nicht allzu viele Stellen mit wirklich schön und typisch ausgebildeten Pflanzenassoziationen. Solche können sich nur auf halbwegs ausgereiftem Boden ausbilden. Der ganze Westhang des Speierecks im Lungau ist eine breite Lawinenbahn, in der Fels, Schutt, Erdhaufen, Geröll usw. in bunter Reihe wechseln, und man müßte schon überreichlich abstrahieren (s. o.), um für diesen Abhang eine bestimmte Pflanzenassoziation anzugeben. Der breite Westabhang der Koralpe wieder bietet ein Gemisch von Rhodoretum-Loiseleurietum und Semperviretum, von Viehsteigen überquert, so daß die Herausschälung der einzelnen Assoziationen nur durch die Angabe in Worten möglich ist, daß z. B. das Semperviretum sich in den wasserlosen Rinnen des Hanges bilde. Eine kartographische Darstellung dieses räumlich ausgedehnten Gebietes mit bestimmter Assoziationsbezeichnung halte ich für sehr künstlich. Von den starkverzahnten Bestandesbruchstücken von Nardetum, Loiseleurietum, Milchkrautweide, Alnetum, die eine Wiese auf der Turracherhöhe zusammensetzen, habe ich¹⁾ schon einmal berichtet (1922, Siegerfestschrift).

Es ist zweifellos, daß sich Pflanzengesellschaften nach den ihnen innewohnenden Konstitutionsgesetzen²⁾, ³⁾ erst dann aufbauen können, wenn auf halbwegs zur Ruhe gekommenem Boden die Gesetze der Gesellschaftsbildung anfangen wirksam zu werden.

In den Alpen wenigstens muß eine verständnisvolle Betrachtung der Pflanzendecke auf der Lehre von den Großformen,

¹⁾ Scharfetter: Siehe Literatur S. 111.

²⁾ G. E. du Rietz, Th. C. E. Fries, H. Osvold und T. A. Tengwall: Gesetze der Konstitution natürlicher Pflanzengesellschaften. Vetenskapliga och pratiska Undersökningar i Lappland. Flora och Fauna. 7. (Upsala und Stockholm 1920).

³⁾ W. W. Alechin: Was ist eine Pflanzengesellschaft? Ihr Wesen und ihr Wert als Ausdruck des sozialen Lebens der Pflanzen. Rep. spec. nov. regni veg., herausgegeben von Prof. Dr. F. Fedde: Beih. 37. (Berlin 1926).

den Kleinformen (Windtreppen, Solifluktion usw.) der Bodenbildung und der Pflanzengesellschaftslehre fußen.

Die Lehre von den Großformen und ihren korrelativen Pflanzengesellschaften ist bisher wenig beachtet worden. Da sie aber für die topographische Pflanzengeographie und Kartographie von grundlegender Bedeutung ist, wollen wir näher darauf eingehen.

Vorarbeiten zu einer geomorphologischen Betrachtung der Pflanzendecke finden sich in folgenden Schriften:

R. Gradmann: Das Pflanzenleben der schwäbischen Alb. 1900.

R. Gradmann: Beschreibung des Oberamts Tettnang. Herausgegeben vom k. statistischen Landesamt. 2. Bearbeitung. Stuttgart 1915.

R. Scharfetter: Über die Korrelation der Oberflächenformen und der Pflanzenformationen in den Alpen. Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte. 85. Vers. Wien 1914/2.

R. Scharfetter: Die Vegetation der Turracher Höhe. Öst. bot. Ztg. 1921.

L. D.: Koegel Die Pflanzendecke in ihren Beziehungen zu den Formen des alpinen Hochgebirges. Ostalpine Formenstudien, herausgegeben von *Dr. F. Leyden*. Abt. 1, H. 5 (Berlin 1923).

E. D. Schmid: Vegetationsstudien in den Urner Reußtälern. Ansbach 1923.

Karl D. Troll: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. Forsch. z. deutsch. Landes- u. Volksk. 24. H. 4 (1926).

Meister solcher geomorphologisch-botanischer Schilderung, für die ein eigener Fachausdruck geprägt werden sollte, ist *Gradmann*. Wir geben seine Schilderung des Buchenwaldes der schwäbischen Alb wieder und beachten, daß er seine Nebentypen des Buchenwaldes mit geomorphologischen Namen (Schluchtwald, Bergwald, Kleebergwald) benennt und schon so äußerlich andeutet, wie sehr die Ausbildung dieser Nebentypen, die auch in der Artenliste gut charakterisiert sind, von den Oberflächenformen des Geländes abhängt.

Gradmann schildert (1900, I, S. 34): Der Typus, den wir als normalen Buchenhochwald voranstellen, ist in seiner reinen Ausprägung auf ebenen und wenig geneigten Gelände sowohl auf trockenen Böden der Hochfläche wie auf dem frischen und häufig tiefgründigen Boden des unteren weißen Jura verbreitet. Charakteristisch ist die starke und gleichmäßige Decke von Laubstreu und Humus, bestehend aus dem in verschiedenen Stadien der Vermoderung befindlichen abgefallenen Laub und sonstigen pflanzlichen und tierischen Resten (*Streumull*).

Acer pseudoplatanus, *Fagus silvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia platyphyllos*, *Ulmus campestris*. — *Daphne mezereum*. — *Actaea spicata*, *Anemone nemorosa*, *Asperula odorata*, *Dentaria bulbifera*, *Euphorbia dulcis*, *Galium silvaticum*, *Hieracium murorum*, *Majanthemum bifolium*, *Mercurialis perennis*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolius*, *Phyteuma spicatum*, *Pirola minor*, *P. rotundifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Polypodium vulgare*, *Sanicula europaea*, *Stellaria holostea*, *Viola mirabilis*, *V. Riviniana*, *V. silvatica*. — *Hedera helix*. — *Brachypodium silvaticum*, *Luzula pilosa*, *Milium effusum*. — Musci, Lichenes. — *Epipogon aphyllus*, *Monotropa hypopitys*, *Neottia nidus avis*. — Fungi.

Nebentypen: Der Schluchtwald ist nach seinem hauptsächlichlichen Vorkommen in den engen, düsteren, wasserreichen Talschluchten, namentlich des unteren Weißen Jura, benannt; das gleiche Waldbild findet sich aber auch sonst auf allen tonigen und daher feuchten Bodenarten . . . , namentlich an den steilen Talwänden sind hochwüchsige Stauden zu sehen, wie sie dem gewöhnlichen Buchenwald ganz fehlen (*Aconitum lycoctonum*, *Aruncus silvestris*). Bezeichnend ist namentlich auch das Auftreten der großen Farnbüsche, die den Albwäldern sonst fast ganz abgehen.

Sambucus nigra. — *Aconitum lycoctonum*, *Allium ursinum*, *Aruncus silvester*, *Campanula trachelium*, *Cardamine impatiens*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Circaea lutetiana*, *Dipsacus pilosus*, *Impatiens noli tangere*, *Primula elatior*, *Ranunculus aconitifolius*, *R. lanuginosus*, *Stachys silvaticus*. — *Bromus asper*, *Carex digitata*, *C. pallescens*, *C. silvatica*. — *Aspidium filix mas*, *Athyrium filix femina*, *Cystopteris fragilis*.

Als Bergwald bezeichnen wir ein Waldbild, das nicht etwa an eine bestimmte Meereshöhe, wohl aber an einen bestimmten Böschungswinkel und eigentümliche Beleuchtungsverhältnisse gebunden ist: Es findet sich ausschließlich an Steilhängen, und zwar im Unterschied vom Schluchtwald nur an freien Halden und bei nördlicher (auch nordöstlicher und nordwestlicher) Exposition. Der Untergrund zeigt niemals eine zusammenhängende Humusdecke; bald tritt anstehender Fels zutage, bald sind Massen von Trümmergestein über den Boden verstreut. Auch die Felsen selbst tragen an ihren nördlichen Abstürzen in den Ritzen und auf den schmalen Bändern gewöhnlich eine Vegetation vom Typus des Bergwaldes. Sehr charakteristisch für den Bergwald im Vergleich mit den anderen Waldtypen ist das Auftreten des Mehlbeerbaumes, der an den Felsen und auch auf den Trümmerhalden fast nie fehlt.

Acer platanoides, *Pirus aria*. — *Hedera helix*. — *Astrantia major*, *Centaurea montana*, *Chaerophyllum aureum*, *Geranium Robertianum*, *G. silvaticum*, *Geum montanum*, *Lactuca muralis*, *Lilium martagon*, *Lunaria rediviva*, *Moehringia trinervis*, *Polygonatum verticillatum*, *Prenanthes purpurea*, *Rubus saxatilis*, *Rumex scutatus*, *Stachys alpinus*, *Valeriana tripteris*. — *Carex virens* var. *Pairaei*, *Melica nutans*, *M. uniflora*. — *Asplenium ruta muraria*, *A. trichomanes*, *Scolopendrium vulgare*.

Einen dritten Nebentypus wollen wir Kleebwald nennen, wieder nach dem bezeichnendsten Standort. Den Flurnamen Klee führen in Schwaben und Franken gewisse Steilhalden, deren Fuß beständig oder wenigstens periodisch bei den alljährlichen Überschwemmungen vom Wasser bespült wird. Was die Pflanzengesellschaft unseres Kleewaldes an ein derartiges Gelände kettet, ist offenbar nicht die Nähe des Wassers an und für sich, denn die charakteristischen Pflanzen steigen an den Steilhalden gewöhnlich Dutzende von Metern über die Überschwemmungslinie hinauf; es

ist eine andere Standortseigentümlichkeit, die durch das fließende Wasser erst hervorgebracht wird, die aber unter Umständen auch noch auf anderem Wege zustande kommen kann.

Immer findet man nämlich an den Standorten der charakteristischen Kleebwaldpflanzen ein tiefgründiges, lockeres, krümliges Erdreich, jedoch ohne zusammenhängende Laubdecke; das ist der bezeichnende Unterschied vom gewöhnlichen Buchenwald. Der Böschungswinkel ist zu steil, als daß sich das gefallene Laub halten und eine geschlossene Schicht bilden könnte. Anderswo sammeln sich die herabrutschenden Massen am Fuß der Halde an und verflachen so den Böschungswinkel mehr und mehr, bis sich zuletzt doch eine Laubschicht halten kann. Diese Entwicklung wird durch das fließende Wasser verhindert. Indem das abgeglittene Material sofort oder doch in gewissen Zwischenräumen fortgeschwemmt wird und neues nachgleitet, wird die Bodenoberfläche in fortwährender rieselnder Bewegung erhalten, und das eben ist für unsere Kleebwaldpflanzen ein Bedürfnis; ihre unterirdischen Glieder brauchen lockeren Boden und sind nicht imstande, eine geschlossene Laubdecke von unten her zu durchbrechen.

Daß sich das wirklich so verhält, läßt sich unmittelbar beobachten, am besten an den beiden bezeichnendsten Gliedern des Kleebwaldes: Scilla und Lerchensporn. Am üppigsten sieht man diese beiden gedeihen da, wo ein sonst pflanzenleerer Boden nackt wie frisch bearbeitete Gartenerde zutage tritt. In der Nachbarschaft, wo sich eine dünne Laubschicht oder auch ein lockerer Rasen gebildet hat, treten sie zwar auch noch auf, aber viel spärlicher und sichtlich verkümmert, und beim Abheben der Laubdecke kann man Triebe finden, die bleich und verkrümmt sich vergebens bemüht haben, zum Tageslicht zu dringen.

Carpinus betulus, *Prunus avium*, *Salix caprea*. — *Corylus avellana*, *Viburnum opulus*. — *Clematis vitalba*. — *Anemone ranunculoides*, *Arum maculatum*, *Asarum europaeum*, *Corydalis cava*, *Hepatica nobilis*, *Lamium galeobdolon*, *Leucium vernum*, *Mercurialis perennis*, *Ranunculus auricomus*, *Scilla bifolia*, *Vinca minor*. — *Lathraea squamaria*.

Callunatypus. Wo das Heidekraut (*Calluna vulgaris*) im Walde auftritt, zeigt es immer einen sehr armen Boden an, sei es nun, daß der Untergrund an und für sich arm an Pflanzennährstoffen ist oder daß infolge von Lichtstellung und Austrocknung eine saure, schwer lösliche und daher äußerst unfruchtbare Humusform, sogenannter *Rohhumus*, entstanden ist. — Man trifft diesen Typus besonders auf den Kieselböden des Albus, sonst auf der Alb nur ganz vereinzelt auf Kiesel- oder auch Dolomitboden, sehr selten auf dem Sandboden des Eisensandsteines.

Betula verrucosa, *Pirus aucuparia*. — *Juniperus communis*. — *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*. — *Melampyrum pratense*.

Diese ausführliche Behandlung des Buchenwaldes durch *Gradmann* haben wir hierher gesetzt, weil sie uns vorbildlich erscheint für eine Auffassung der Beschreibung von Pflanzengesellschaften, die wir im Gegensatz zur Schweizer- und Upsalaschule als *süddeutsche Schule* (*Gradmann, Koegel, Scharfetter, Schmid, Troll*) bezeichnen wollen. Der Zusammenhang Oberflächenform (Schlucht, Berg, Kleebe), Bodenbildung und Pflanzengesellschaft wird hier bewußt dargestellt. Es muß übrigens gesagt werden, daß auch die Schweizer, besonders *Rübel* (Bernina) und *Braun-Blanquet*, diesen Zusammenhängen volles Augenmerk schenken, ohne sie jedoch so scharf zu betonen.

Für die Zwecke der topographischen Kartographie eines Gebietes erscheint mir diese Methode der Beschreibung der Pflanzengesellschaften ganz besonders geeignet zu sein. Je mehr sich das Bewußtsein der Zusammengehörigkeit von Oberflächenformen und Pflanzengesellschaften vertieft, um so harmonischer und organischer werden wir das Bild der Vegetationskarte empfinden. Außerordentlich viel trägt hierzu die Bildung von Fachausdrücken bei, die sich diese geomorphologisch-botanische Darstellungsweise bereits geschaffen hat. Trotz der Kürze des Ausdruckes wissen wir sofort, was wir uns unter einem Legföhrenplateau oder einem Nardetungipfel vorzustellen haben. Als Regel für die Bildung solcher Fachausdrücke möchten wir aufstellen, daß der pflanzensoziologische Begriff den ersten Teil, der geomorphologische Begriff den zweiten Teil des zusammengesetzten Wortes bilden sollen. Beispiele sollen das Gesagte verdeutlichen.

Nardetungipfel bezeichnet, daß der Gipfel eines Berges mit Nardetum, wahrscheinlich in Sukzession eines Fichtenwaldes, bedeckt ist. *Legföhrengipfel*, daß der Gipfel mit Legföhren bestanden ist. *Legföhrenplateau*, z. B. die Rax in Niederösterreich oder Teile des Dachsteins.

Ein *Sempervirensabhäng* ist z. B. die Südseite der Golica in den Karawanken, während an der Nordseite dieses Berges unter anderem eine mächtige *Alpenernerlenblockhalde* zu Tal zieht.

Der Rücken der Koralpe ist ein *Gemsenheiderücken* (*Loiseleurietum*).

Wir können von einer *Erica carnea-Halde*, einer *Calamagrostis-Halde*, einer *Milchkrautmulde* usw. sprechen. Vgl. die Fachausdrücke bei *Boletter*, S. 94.

Die Bildung solcher Namen ist im Deutschen durchaus volkstümlich. Das Wort *Au* z. B. ist in seiner ursprünglichen Bedeutung: „nasses Gelände“ eine geomorphologische Bezeichnung. *Erlenau*, *Weidenau*, *Pappelau* entsprechen dann völlig der vorhin empfohlenen Regel zur Bildung neuer Fachausdrücke.

Auch das Wort „Moor“ kann als geomorphologischer Begriff gelten, und *Cajander*¹⁾ hat die topographische Schilderung der Pflanzengesellschaften durch eine Reihe von Fachausdrücken bereichert, die sich zum Teil schon ganz eingebürgert haben, z. B. Weißmoor (= Sphagnummoor), Braunmoor (= Braunmoosmoor), Reisermoor, Bruchmoor, *Carex rostrata*-Moor, *Carex filiformis*-Moor, *Eriophorum angustifolium*-Weißmoor (S. 104), Heide-wollgrasmoor (S. 106), Zwergbirkenmoor (S. 107), Wollgras-schlenke, Föhrenmoor, Heidelbeermoor, Ledummoor, Calluna-moor (S. 155) usw.

Die Bildungen *Gradmanns*: Schluchtenwald, Kleebwald, Bergwald, Felsenheide usw. folgen nicht ganz unserer Regel, da sie die Oberflächenform (Bodenform) an erster Stelle und die Pflanzengesellschaft an zweiter Stelle nennen. Den Zusammenhang von Oberflächenform und Pflanzengesellschaft bringen aber auch diese Wortbildungen klar zum Ausdruck.

Auch *Brockmann-Jerosch* (Puschlav, S. 293) spricht von einer *Salix retusa*-Mulde.

Es ist nur ein Schritt weiter, wenn die Vegetationskarte diese Fachausdrücke kartographisch zur Darstellung bringt. Aus diesem Grunde haben wir sie auch ausführlicher besprochen.

2. Die Grenzen der Pflanzengesellschaften.

Wollen wir auf der Karte die Verbreitung einer Pflanzengesellschaft angeben, so muß dieselbe irgendwie begrenzt werden. Es wirft sich daher die Frage nach den Grenzen der Pflanzenvereine von selbst auf. Die Ausführungen im vorhergehenden Abschnitt haben gezeigt, daß zwischen den Oberflächenformen und den Pflanzenvereinen eine oft sehr ausgesprochene Korrelation besteht.

Pflanzenformationen, deren Entstehung und Erhaltung innerhalb eines bestimmten klimatologisch-petrographisch (-chemisch) gleichartigen Gebietes sich unmittelbar auf die Oberflächenform des Bodens zurückführen läßt, nennen wir *m o r p h o g e n e t i s c h e P f l a n z e n f o r m a t i o n e n*²⁾.

Morphogenetische Pflanzenformationen in diesem Sinne sind die Pflanzengesellschaften der Alluvionen, Dünen, Felsen, undurchlässigen Mulden (Sümpfe, Moore), Schutthalden, Schneetälchen, Quellfluren, Windtreppen, Windrücken, Felsgrate, Gipfel-flora (Gipfelphänomen, *Scharfetter*, 1910). Um Mißverständnissen vorzubeugen, möchte ich hier einfügen, daß sich der Begriff „morpho-

¹⁾ *A. K. Cajander*: Studien über die Moore Finnlands. Acta forestalia fennica. 2. (Helsingfors 1913).

²⁾ *R. Scharfetter*: Die Vegetation der Turracher Höhe. Öst. bot. Ztg. 1921.

genetische Pflanzenformation" nicht ohne weiteres mit dem in der Pflanzensoziologie gebräuchlichen Begriff „edaphische Formation" deckt. Felsen, Schutthalden, Berggipfel können aus sehr verschiedenem Gestein gebildet werden, und erst die Angabe „Kalkfels", „Schieferfels", feines Kalkgeröll usw. bezeichnet „edaphische" Formationen.

Die morphogenetischen Pflanzenformationen sind in der Natur gegebene Realitäten, sie lassen sich sofort im Gelände erkennen, die ihnen eigentümliche charakteristische Pflanzendecke wechselt, wenn die Morphologie der Oberfläche sich ändert. Es ist keine in die Natur hineingetragene Abstraktion, wenn ich in einem Gebirge Talboden, Hang, Terrasse, Schlucht, Fels, Schutthalde unterscheide.

Für die Kartographie der Pflanzenformationen ist der Begriff der morphogenetischen Pflanzenformation von Bedeutung, weil die Abgrenzung derselben von den Nachbarformationen in der Regel eine scharfe ist: Der Auenwald reicht so weit als die Alluvion, die Felsflora endet mit dem Verschwinden des nackten Felsens, das Moor ist so groß wie die Mulde, in der es zur Ausbildung kommt. Ausnahmen, wie das Überwachsen der Mulde durch ein Hochmoor mit folgendem Moorausbruch, bestätigen nur die Regel.

Wenn ich hier von scharfen Grenzen spreche, so ist damit gemeint, daß der Grenzsaum, die Übergangszone, bei den morphogenetischen Pflanzenformationen so schmal ist, daß eine kartographische Festlegung durch eine Linie ohne weiteres zulässig ist. Ebenso wenig wie eine Mischung der Oberflächenformen eintreten kann, findet eine Mischung der den betreffenden geomorphologischen Bildungen zugehörigen Pflanzengesellschaften statt.

Ausgehend von dieser Theorie der morphogenetischen Pflanzenformationen bin ich in der Praxis bei kartographischen Aufnahmen hinsichtlich der Abgrenzung der Formationen eigentlich nie in Schwierigkeiten gekommen. Eine ganz andere Frage ist die Frage nach den Grenzen der Assoziationen, über die wir später sprechen müssen. Wir haben früher gezeigt, daß bei der Kartierung der Formationen eines Gebietes der Ausscheidung der einzelnen Formationen kein einheitlicher Gesichtspunkt zugrunde liegt, in dem einerseits Standortseinheiten (Alluvion, Schutthalde) andererseits ökologisch-physiognomische Einheiten (Wald usw.) gebildet werden. Da ist es nun interessant darauf hinzuweisen, daß in unseren Kulturländern auch der Wald zwar keine morphogenetische Formation darstellt, wohl aber morphogenetisch begrenzt wird. In den unteren Lagen des Gebirges würde der Wald als Klimaxformation, alle Oberflächenformen (Hang, Talboden Terrasse usw.) gleichmäßig

besezt. Die Kultur aber hat bestimmte Oberflächenformen (Talboden außerhalb der Alluvionen, Talleisten, präglaziale Talböden, weniger geneigte Talböden¹⁾) vom Walde befreit und zu Grasfluren und Kulturformationen umgewandelt und den Wald auf alle diejenigen Oberflächenformen beschränkt, die wegen ihrer Steilheit oder Bodenbeschaffenheit nicht zur Anlage von Kulturen zu gebrauchen sind. Daß die obere Waldgrenze nur in den seltensten Fällen klimatisch, in der Wirklichkeit fast immer — in ihrem tatsächlichen Verlaufe — orographisch oder, wie wir sagen, morphogenetisch bedingt ist, wird wohl allgemein zugegeben.

Was die Abgrenzung der Assoziationen, aus denen die einzelnen Formationen aufgebaut sind, anbelangt, so stehen sich hier zwei Anschauungen gegenüber. *Du Rietz* und die Upsalaschule vertritt das Bestehen scharfer Assoziationsgrenzen. Ich habe mich in meiner Studie „Die Grenzen der Pflanzenvereine“²⁾ ausführlich mit dieser Anschauung beschäftigt und will, da diese Arbeit schwer zugänglich ist, den die Grenzen der Assoziationen behandelnden Abschnitt hierher setzen.

*Du Rietz*³⁾ (1921, S. 190) berichtet von zwei aneinandergrenzenden Flecken von moosreichem *Empetrum*-Kiefernwald und flechtenreichem *Calluna*-Kiefernwald auf Sandön im Stockholmer Skärgård. „Der Standort ist ein ganz besonders homogener glaziofluviatiler Sand, und der Übergang zwischen den beiden Assoziationen ist durch einen vollkommen gleichmäßigen Abhang von einigen wenigen Graden bedingt; die etwas höhere Partie nimmt der flechtenreiche *Calluna*-Kiefernwald ein, die etwas tiefere der moosreiche *Empetrum*-Kiefernwald. Eine Unebenheit im Abhang an der Grenze zwischen beiden Assoziationen ist nicht zu entdecken, ebensowenig irgendeine andere scharfe Veränderung in der Beschaffenheit des Bodens. Man muß also, nach allem zu schließen, mit einer völlig kontinuierlichen Veränderung der ökologischen Faktoren rechnen. Trotzdem ist der Übergang zwischen den beiden Assoziationen sehr scharf⁴⁾. Die Arten, die in den beiden Assoziationen mit verschiedenen Bedeckungsgraden auftreten (in der Abhandlung findet sich ein sehr instruktives Bandprofil), ändern diese in einer verschwindend schmalen Übergangszone sehr rasch, und von *Calluna* und *Empetrum*, die jede auf ihrer Seite der Grenze dominierend sind, trifft man auf der anderen Seite der Grenze bereits in einer Entfernung von 2 dm die letzten Individuen an.“ *Du Rietz* (1921) gibt als Beispiele für solche scharfe Grenzen bei kontinuierlicher Änderung der Standortsfaktoren noch an: *Lecanora-deusta*-Assoziation und *Lecidea-rivula*-Assoziation mit einer „äußerst schmalen Übergangszone“ und „sehr oft messerscharfen“ Grenze (S. 191); *Lecanora-deusta*-Assoziation und *Rhizocarpon geographicum*-Assoziation (Übergangszone 2 dm breit, und in dieser Übergangszone ist die Grenze so scharf, daß sie fast auf Zentimeter exakt eingezeichnet werden kann). Auf den stetig abfallenden Felsenflächen im Sturmgürtel der Meeresfelsen findet man zwischen den verschiedenen zonenbildenden Assoziationen womöglich noch schärfere und deutlichere Grenzen als die eben geschilderten. Diese Beobachtung lenkt unsere Aufmerksamkeit auf andere „zonal“ angeordnete Asso-

¹⁾ Wenigstens meist so in wild zerrissenen Gebirgsländern von Mitteleuropa, deren Kartographie hier die stärksten Beispiele liefert

²⁾ *Scharfetter*: Siegerfestschrift. S. 111.

³⁾ *G. E. du Rietz*: Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzenzoologie. Akad. Abh. Upsala 1921.

⁴⁾ Vom Verfasser gesperrt.

ziationen. *Cajander*¹⁾ schreibt in seiner Arbeit über Waldtypen (1909, S. 9): So findet man im Shiganka-Tale vom Ufer aufwärts — gürtelweise hintereinander angeordnet — folgende Gras- und Gehölzassoziationen:

Heleochariteta acicularis	Cariceta aquatilis
Arctophileteta fulvae	Calamagrostideteta phragmitoides
Equiseteta arvensis	Spiraeeta salicifoliae
Heleochariteta palustris	Saliceta viminalis.

„Offenbar sind die Standortsverhältnisse im Heleocharis-Gürtel anders als z. B. im Salicetum. Das erstere liegt viel tiefer unter dem Frühjahrshochwasser, ist auch im Sommer viel nasser. Sedimente werden mehr und längere Zeit abgelagert usw.; die Unterschiede sind aber ganz allmähliche. Nichtsdestoweniger sind die Grenzen der einzelnen Gürtel gegeneinander sehr scharf ausgeprägt²⁾. Es sind meistens sehr reine Bestände, nur auf schmalen Grenzräumen sind die Bestände etwas gemischt; die Übergangsformen sind also sehr schmal. Trotzdem die Eigenschaften des Standortes sich allmählich verändern, zeigt die Vegetation also eine sehr ausgeprägte Diskontinuität.“ *Gleason* (1917) kommt in Nordamerika zur gleichen Anschauung, ebenso *Fries* in Torne Lappmark; scharfe Grenzen der Pflanzengesellschaften im tropischen Amerika zwischen Wald und Campo kennt *Warming* (1892), ja *Th. Fries* findet, daß im tropischen Afrika die Assoziationen viel schärfer abgegrenzt sind als in Skandinavien [*du Rietz*³⁾, 1923, S. 37].

Da die Bestätigung aus eigener Anschauung stets von größtem Werte ist, so möchte ich hier einfügen, daß ich im Sommer 1923 das Vergnügen hatte, mit *du Rietz* und *Vierhapper* das Speiereck bei St. Michael im Lungau zu besteigen. Von *du Rietz* aufmerksam gemacht, konnte ich die scharfe Grenze zwischen *Loiseleurietum* und *Vaccinietum uliginosum* (Übergangszone 2 dm), ebenso die scharfen Grenzen zwischen *Callunetum* und *Nardetum* an vielen Stellen feststellen. Später sah ich stellenweise erstaunlich scharfe Grenzen zwischen *Callunetum* und *Vaccinietum myrtilli* bei Feldkirchen in Kärnten und bei Graz. Meine wenigen eigenen Beobachtungen möchte ich noch nicht verallgemeinern. „*Du Rietz* aber kommt auf Grund seiner Beobachtungen (1921, S. 195) zum Schluß: „Die diffusen Grenzen und die langsam verlaufenden kontinuierlichen Übergänge, die — der Hauptmenge der pflanzensoziologischen Literatur gemäß — Assoziationen auf Standorten mit kontinuierlicher Veränderung der ökologischen Faktoren eigen sein sollen, konnten in keinem der bisher exakt analysierten Fälle gefunden werden.“

Als Ursache dieser Erscheinung wird von *du Rietz* (1921, S. 201), *Cajander* usw. die Konkurrenz der Arten angegeben. „Daß die Pflanzenvereine ihre große Regelmäßigkeit und ihre mehr weniger scharf markierten Grenzen dem Kampfe ums Dasein verdanken, geht auch daraus hervor, daß dort, wo jeglicher Kampf fehlt, der Vegetationsteppich sehr bunt ist, sowie aber der Kampf beginnt, wird die Pflanzendecke gleich viel regelmäßiger.“ (*Cajander*, 1909, S. 10.) Raummangel verbietet es, hier näher darauf einzugehen. Es sei nur bemerkt, daß nach *du Rietz* (1921, S. 183) der Daseinskampf auch die Hauptursache der gegenwärtigen festen Konstitution der Assoziationen ist und daß scharfe Grenzen eine natürliche Folge der Festigkeit der Konstitution der Assoziationen sind. Nach den Untersuchungen von *du Rietz*, *Fries*, *Osvold* und *Tengwall*⁴⁾ (1920) ist die scharfe Begrenzung der einzelnen Assoziationen tief im Wesen der Assoziationen selbst begründet. Wir fassen nochmals die Ansicht dieser Forscher zusammen: scharfe Grenzen die Regel, gleitende Übergänge die Ausnahme, die fallweise begründet werden muß.

Zu einer sehr interessanten Beziehung kommen wir, wenn wir die jüngst von *de Vries*⁵⁾ (1923, S. 440) im Anschluß an die statistischen Untersuchungen von

¹⁾ *A. K. Cajander*: Über Waldtypen. Acta forestalia fennica. 1. (Helsingfors 1909).

²⁾ Vom Autor gesperrt.

³⁾ *G. E. du Rietz*: Der Kern der Art und Assoziationsprobleme. Bot. Notiser 1923. Lund 1923.

⁴⁾ *Du Rietz*, *Fries*, *Osvold* und *Tengwall*, 1920, siehe S. 101.

⁵⁾ *Hugo de Vries*: Die statistische Methode in der Pflanzengeographie. Die Naturwiss. Wochenschr. Berlin. 11. Jg. H. 11, März 1923.

*C. Willis*¹⁾ (1922) vorgebrachte Theorie über die Entstehung der Arten in Zusammenhang mit dem Aufbau der Pflanzenassoziationen (vgl. auch *du Rietz* 1923) bringen. *De Vries* äußert sich folgendermaßen: „Haben Zwischenformen bei der Entstehung von Arten keine Rolle gespielt, so ergibt sich die Vorstellung, daß die Artcharaktere in der Regel gleichzeitig und in innerem Zusammenhange aufgetreten sind. Anstatt der Annahme einer langsamen Entwicklung mittels fast unmerklicher Stufen gelangt man zu der Ansicht kleiner Sprünge. Versucht man die Differenzen zwischen verwandten Arten auf elementare Faktoren zurückzuführen, so muß man sich vorstellen, daß diese gruppenweise umschlagen bzw. neu auftreten können.“ In analoger Weise können wir uns vorstellen, daß die fest konstituierte Assoziation auf die kleinen allmählichen Änderungen der Standortfaktoren nicht mit kleinen Änderungen reagiert, sondern als „Ganzes“ „gruppenweise“ „plötzlich“ durch eine neue, geänderte Konstitution reagiert, sobald das Produkt der einzelnen Faktorenänderung einen bestimmten Schwellenwert erreicht hat. Diese Erklärung hat die größte Wahrscheinlichkeit für sich, sobald man daran festhält, daß die einzelne Pflanzenassoziation nicht eine zufällig zusammengewürfelte Pflanzengesellschaft, sondern eine Einheit ist, die dementsprechend auch als Einheit reagiert.

Zu recht interessanten Beobachtungen kommen wir, wenn wir die Grenze als etwas Werdendes, in Bewegung Befindliches betrachten. Das Problem lautet dann: Wie entstehen die Grenzen zwischen den einzelnen Pflanzengesellschaften? Können wir Grenzverschiebungen beobachten? In einer wertvollen Studie schildert *Siegrist*²⁾ die Vorrückungszone des Auenwaldes auf die Schotterbänke im Alluvialgebiete der Aare.

„Trotzdem auch am Rande solch nackter Kiesplätze gar keine oder eine nur wenig Zentimeter mächtige Humusschicht sich hat bilden können, vermag ein angrenzender Auenwald langsam Schritt für Schritt auch in diesem Gebiet vorzudringen. Das Unterholz des Auenwaldes ist am Rande infolge vollen Lichtgenusses gewöhnlich sehr gut entwickelt und bedeckt und beschattet dadurch oft ein mehr als 2 m breites Band der Kiesfläche derart, daß eine Anzahl Schattenpflanzen der Erlenau oder Erlenweidenau über den Rand ihres eigentlichen Bereiches heraustreten. Es bildet sich also eine Art ‚Vorholz‘ im Sinne *Becks* (1884, S. 14), in welchem sich hauptsächlich *Quercus Robur*, *Crataegus*, *Prunus spinosa*, *Berberis vulgaris*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea* einfinden, die oft vollständig mit *Clematis Vitalba*, weniger stark mit *Humulus Lupulus* überhangen sind. Einige frühere Besiedler des nackten Kieses bilden mit Gewächsen des Auenwaldniederwuchses einen vorübergehenden Gebüschniederwuchs. *Aegopodium Podagraria*, *Solidago serotina*, *Milium effusum*, *Melica nutans*, *Molinia coerulea* treten unter diesem ‚Vorholz‘ als Pioniere auf. Durch die ganze Vorholzvegetation wird der Boden infolge Humusbildung für anspruchsvollere Holzarten vorbereitet. Keimlinge der Gehölze, es sind vorwiegend Erlen, auch Eichen, finden hier günstigere Wuchsorte als auf der oberflächlich trockenen, nackten Kiesfläche. Durch ihr Emporwachsen ist die Waldgrenze wieder um einen Schritt vorgerückt.“

Auch *Kujala*³⁾ studiert die Grenzen der Pflanzensiedlungen in ihrem Werden und kommt zu dem Schlusse: „Die Siedlungsgrenzen sind vorzugsweise als ein Resultat von Ort zu Ort schroffer oder allmählicher veränderter Standortverhältnisse und der

1) *J. C. Willis*: Age and Area. Cambridge, at the University. Press. 1922.

2) *R. Siegrist*: Die Auenwälder der Aare mit besonderer Berücksichtigung ihres genetischen Zusammenhanges mit anderen flußbegleitenden Pflanzengesellschaften. Jahrb. d. Aargauer Naturf. Ges. 1913.

3) *Viljo Kujala*: Über die Begrenzungen der Siedlungen. Comm. ex institut. quaestionum forestalium Finlandiae editae 10. Helsinki 1925. S. 15.

Konkurrenz der Pflanzen anzusehen. Die Flecken innerhalb derselben Siedlung sind wenigstens im allgemeinen eine Folge der Verbreitungstendenz — entweder auf geschlechtlichem oder gewöhnlich auf ungeschlechtlichem Weg — der Individuen der mehr oder weniger „gesellig“ auftretenden Pflanzenarten und des Widerstandes, welchen die anderen Pflanzen am Platze leisten.“

Die Theorie der scharfen Grenzen ist nur eine konsequente Fortbildung der Ansicht, daß die Pflanzengesellschaften eine weitgehende Selbständigkeit und Unabhängigkeit von den geomorphologisch-edaphischen Bedingungen des Bodens besitzen. Ihr steht die Ansicht gegenüber, daß die Pflanzengesellschaften auf kleinste Änderungen des Standortes mit verschiedener floristischer Zusammensetzung reagieren. Die Anhänger dieser Richtung — wohl die Mehrheit der Pflanzensoziologen — sprechen von zahlreichen Übergangsformationen, die „bisweilen zahlreicher sein können als die reinen Typen“ [*Wangerin*¹), 1915, S. 176].

So steht hinsichtlich des Grenzproblems Ansicht gegen Ansicht. Zweifellos wird der Kartograph, der durch seine Arbeit gezwungen ist, die einzelnen Pflanzengesellschaften irgendwie zu begrenzen, dem Studium des Grenzproblems seine besondere Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Seine Arbeitsrichtung ist vor anderen berufen, die Lösung des Problems herbeizuführen.

Wichtigste Literatur über das Grenzproblem:

Beck-Mannagetta J.: Über die Umgrenzung der Pflanzenformationen. Öst. bot. Zeitschr. Jg. 1902. Nr. 11.

G. E. du Rietz: Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie. Akad. Abh. Upsala 1921.

G. E. du Rietz: Die Grenzen der Assoziationen. Bot. Notiser 1922. Lund 1922.

R. Scharfetter: Die Grenzen der Pflanzenvereine. In „Zur Geographie“ der deutschen Alpen. Festschrift für *Prof. Sieger*. Wien 1924, *Seidel & Sohn*.

Viljo Kujala: Siehe S. 110.

3. Die topographische Übersicht der Pflanzengesellschaften eines Gebietes.

Der Versuch, die Pflanzengesellschaften in ein System zu bringen, ist oft wiederholt worden. Jedesmal hat die Kritik eingesetzt und nachgewiesen, daß durch Festhalten an einem bestimmten Einteilungsprinzip, sei es physiognomischer oder ökologischer Natur, zusammengehörige Pflanzengesellschaften an weit voneinander getrennten Stellen des Systems eingereiht werden. Im folgenden geben wir Versuche wieder, die Pflanzengesellschaften so anzuordnen, wie sie sich in der Natur nebeneinander finden, also nach rein topographischen Einteilungsgründen. Nicht die abstrahierende Logik, sondern die Harmonie der Land-

¹) *Wangerin*, 1915, siehe S. 86.

schaft verbindet die einzelnen Pflanzengesellschaften. Das Wort „verbindet“ gewinnt hier einen tieferen Sinn, weil unsere Übersicht (nicht „System“) zeigt, welche Pflanzengesellschaften nebeneinander liegen, aneinander grenzen und ineinander übergehen.

Wir wollen einen ersten, unvollkommenen Versuch machen, die Verteilung der Pflanzengesellschaften in einem Teile der Alpen auf topographische Bestimmungsstücke aufzubauen. Bevor wir aber mit der topographischen Gliederung einsetzen, scheidet wir unser Gebiet durch eine klimatisch bestimmte Linie: die *Waldgrenze*. Wenn auch die Waldgrenze in ihrem tatsächlichen Verlaufe durch topographische Verhältnisse bedingt ist, ist sie doch im Ganzen der Ausdruck eines wichtigen klimatischen Schwellenwertes. Zum zweiten tragen wir die *Schneegrenze* in die Karte ein. In der Wald- und Schneegrenze (in tieferen Lagen, Ackerbau-, Weizen- und Weingrenze) sind die in der Landschaft *sichtbaren* klimatischen Bedingungen erschöpft. Innerhalb der drei durch diese Linien geschiedenen Gebiete, dem nivalen, alpinen und montanen Gebiete, kommen klimatische Einflüsse nur mehr in der Exposition zum Ausdruck. In der Karte kann diese Scheidung durch die Wahl der Farben für die einzelnen Pflanzengesellschaften dargestellt werden. Ich glaube, daß die Übersichtlichkeit der schottischen Karten (z. B. *Smith-Perthshire, Fife*) auf dieser — allerdings nicht ganz konsequent durchgeführten — Farbengebung, die sich nach Regionen abstuft, beruht. So ist für die Kulturen mit Weizen ein Dunkelgelb, für die ohne Weizen ein Hellgelb gewählt, die Formationen der Kulturregion sind gelb oder grün (Fallaubwälder), die der subalpinen Region meist grau und braun, die der alpinen Region violett und rosa eingetragen. In der subalpinen Zone der Alpen haben Fichtenwald, Hutweide, Nardetum, Eriophoretum viel Gemeinsames, so daß ihre Zusammenfassung durch *eine* Farbe verschiedener Abtönung wohl begründet erscheint.

Innerhalb der durch Schnee-, Wald- und Weingrenze geschiedenen Bezirke verwenden wir die Oberflächenformen als weiteren Einteilungsgrund. Damit deuten wir an, daß hier die geomorphologisch-edaphischen Verhältnisse für die Pflanzengesellschaften bestimmend sind. *Großformen*, wie Hang, Mulde, Schotterfeld, führen zu *Vegetationstypen*, wie Wald, Grasflur, Moor, Heide; *Kleinformen*, wie Schlucht, Alluvion, Flachufer, die innig mit Bodeneigenschaften, wie Kalkgeröll, feucht, trocken, flachgründig verknüpft sind, stehen in Korrelation mit *Assoziationen*. *Flecken* mit besonderen Standorteigenschaften lassen die kleinsten Vegetationsassoziationen, die *Elementarassoziationen* unterscheiden. Die Groß-

formen fassen wir zu geomorphologischen Komplexen, wie Moränenlandschaft, Kar, Talschaft usw., zusammen.

Die Pflanzengesellschaften, die einen geomorphologischen Komplex besiedeln, stehen untereinander immer in gegenseitigen Beziehungen, auch wenn sie soziologisch zu ganz verschiedenen Assoziationen gehören, z. B. Wald, Moor und Heide einer Moränenlandschaft. (Vgl. *W. Troll*, S. 81.)

Die Vegetation einer Talschaft, womit ich Talboden und Talhänge bezeichne, zeigt immer gewisse Gesetzmäßigkeiten, gleichviel ob das Tal im schottischen Bergland (*Smith*, Perthshire), im Elbesandsteingebirge (*Drude*, Blatt Zschirnstein) oder in den Alpen (*Lüdi*, Lauterbrunnental) liegt. Vergleicht man die drei genannten Kartenblätter, so sieht man sofort, wie sich die Vegetation der Talschaft aus der Vegetation des Umgebungsgebietes heraushebt.

Da mir nach meiner Erfahrung die Verhältnisse in den Alpen am nächsten liegen, möchte ich kurz den Vegetationskomplex eines Alpentales schildern.

Die Talschaft zerfällt in zwei Großformen: den Talboden und das Talgehänge.

a) Der Talboden.

α) Die Oberflächenformen und ihre Entstehung.

Seinem Material nach ist der Talboden meist zu den eingelagerten Gebilden des Tales zu zählen; er besteht in der Regel aus den Anschwemmungen des Talflusses, welche in sehr verschiedener Mächtigkeit auftreten. Der Verlauf, die Wassermasse, das Gefälle des Wasserlaufes im Tale bestimmen reich differenzierte Kleinformen des Geländes, die ebenso differenzierte Pflanzenformationen tragen. Im Inundationsgebiete kommen größere und schwerere Sedimente zuerst zur Ruhe; in weiterer Entfernung vom Flußbette kommen die feineren Sedimente, wie Sand und Silt, zur Ablagerung. Mulden des verlassenen Flußbettes mit Altwässern wechseln mit trockenen Sand- und Schotterbänken. An der Grenze zwischen Talboden und Gehänge treten Schuttkegel und Moränen auf. Den aufgeschütteten Talboden unterbrechen Felsbarren.

β) Die Pflanzengesellschaften.

Mit großer Regelmäßigkeit kehren in gleichbleibender Verteilung über den Talboden die Pflanzengesellschaften wieder.

1. Die Sand- und Schotterbänke des Flußbettes entbehren der Feinerde, sie liegen bald trocken, bald stehen sie unter Wasser. Psammophile Arten festigen mit kriechenden Rhizomen den lockeren Sandboden (*Baldingera arundinacea*, *Calamagrostis pseudophragmites* und *Epigeios*, *Phragmites communis*), herab-

geschwemmte Alpenpflanzen (*Gypsophila repens*, *Biscutella laevigata*, *Linaria alpina* u. a.) finden sich ein. *Hippophae rhamnoides* und *Myricaria germanica* treten bisweilen bestandbildend auf und vermitteln den Übergang von der offenen Vegetation zu den geschlossenen Beständen des

2. *Salicetum mixtum*. Hier herrschen schmalblättrige Weiden, wie *Salix alba*, *amygdaloides*, *purpurea*, *triandra*, *incana*, *daphnoides*, *viminialis*, *nigricans* und *cinerea* (*Becks Weidenau*); auf humösem Substrate tritt *Populus alba* und *nigra* in den Vordergrund (*Pappelau*). In höheren Lagen ist die *Grauerle* der vorherrschende Baum und läßt schon auf große Entfernung das Inundationsgebiet des Wasserlaufes hervortreten. Der Pflanzenbestand dieser Erlenauen ist fast immer derselbe und wurde oft geschildert (*Vierhapper, Siegrist*).

3. Der außerhalb des Inundationsgebietes gelegene Teil des Talbodens wird in der Regel von Kulturformationen (Äcker) oder Halbkulturformationen (Wiesen und Weiden) eingenommen. Wälder sind heutzutage in den Alpentälern selten, sie haben den genannten Formationen weichen müssen. Die Zusammensetzung der Grasfluren ist schwer allgemein anzugeben; Bewässerung, Entwässerung und Düngung modifizieren sie zu sehr. Als Typen wären zu nennen:

a) Fettwiesen (gedüngt): *Trisetetum flavescens*, *Agrostidetum tenuis*, *Festucetum rubrae fallacis*.

b) Trockenwiesen: *Trifolietum repentis*, *Nardetum* (*Bürstlingwiese*).

c) Sumpfwiesen (saure Wiesen, Wiesenmoore), dem Flußlauf benachbart, besetzen sie den infolge des hohen Grundwasserstandes gut durchfeuchteten Boden: *Magnocaricetum* und *Parvocaricetum*, *Deschampsietum caespitosae*, *Molinietum coeruleae*, *Phragmitetum*.

d) Heidewiesen auf trockenem, magerem, flachgründigem Sand- und Schotterboden. Meist Weideplätze mit zoogener Vegetation.

Siegrist hat die Veränderungen des Talbodens im Laufe der Zeit, insbesondere den Zusammenhang der sich ändernden Wasserstoffionenkonzentration mit der Vegetationsdecke im Talboden der Aare eingehend untersucht. Für unsere Zwecke wollen wir hier nur darauf hinweisen, daß alle Pflanzengesellschaften der Alluvion und der Talterrassen durch ein reichverzweigtes Netz von Beziehungen miteinander verbunden sind.

4. Von den natürlichen Waldformationen sind im Talboden der höher gelegenen Alpentäler, z. B. Mölltal, Gasteinertal, nur wenige Reste auf den Felsbarren stehengeblieben, wo es eben unmöglich war, Kulturen anzulegen. Das gleiche gilt von trockenen Schuttkegeln, die die Seitenbäche ins Haupttal entsendet haben. (Schöne Beispiele im Gailtale.)

b) Das Talgehänge.

Das Gehänge des Tales ist in der Regel heute noch, jedenfalls aber ursprünglich einheitlich mit Wald (Laubmischwald, höhere Lagen Fichtenwald) überzogen, wo nicht Störungen in der gleichmäßigen Neigung des Ganges auftreten. Die Störungen verlaufen entweder parallel oder senkrecht zum Tallauf.

Parallel zum Tallaufe ziehen sich Talleisten und Terrassen, die den Abhang stufenförmig gliedern. Ihrer Entstehung nach sind sie teils durch den Wechsel des Gesteins bedingt, teils sind es Reste präglazialer Talböden. Für uns ist maßgebend, daß in den meisten Fällen nicht anstehendes Gestein, sondern Aufschüttungsmaterial — auch Felsterrassen tragen häufig eine dünne Schicht desselben — den Boden bildet. Das Abspülungsmaterial des Gehänges sammelt sich auf diesen weniger geneigten bis horizontalen Flächen an. Hand in Hand mit dem Wechsel der Unterlage geht der Wechsel zwischen Wald und Grasflur (Wiese, Acker). Wir kommen zu dem Schlusse, daß sich die Grasflur in den Alpentälern immer auf s e d i m e n t ä r e m B o d e n e n t w i c k e l t. Gleichmäßigere Durchfeuchtung, leichtere Durchdringung für ober- und unterirdische Ausläufer der rasenbildenden Gräser und Stauden charakterisieren den Boden der Terrassen gegenüber dem der Gehänge und dem anstehenden Fels. Die Flora der Bergwiesen zeigt andere Elemente als die der Talwiesen. Fast alle Autoren, die in den verschiedensten Gebieten der Alpen gearbeitet haben, bringen dafür Beispiele. Eine Ursache dieser Verschiedenheit mag darin liegen, daß die Talwiesen fast durchweg künstlichen Ursprunges sind und die triviale Wiesenflora besitzen, während die Bergwiesen häufig natürliche Grasfluren sind. Andere Ursachen sind vielleicht das Fehlen jeder Überschwemmung, Exposition, einmalige statt zweimalige Mahd, Talnebel; die Talwiesen sind vielfach Brachwiesen.

In die Flanken des Gehänges reißen Wasserrinnen ein. Eine ganz charakteristische Vegetation von *Alnetum incanae*, höher oben von *Alnetum viridis* begleitet sie. In engeren Waldschluchten findet sich neben dem Wasserrinnsal fast immer eine üppige Staudenvegetation, durch die Zusammenschwemmung humoser, feiner, nährstoffreicher Bodenteilchen begünstigt, ein. *Impatiens noli tangere*, *Tussilago farfara* u. a. wachsen in tieferen Lagen, *Eupatorium cannabinum*, *Petasites hybridus*, *albus*, *Doronicum austriacum* u. a. finden sich in höheren Lagen, bis in der Übergangsregion zur alpinen Region *Aconitum tauricum*, *Saxifraga rotundifolium*, *Viola biflora*, *Adenostyles Alliariae*, *Senecio crispatus*, *alpinus*, *Mulgedium alpinum* usw. als Bestandteile dieser Quellfluren sich einstellen. Solche Rinnsale beherbergen aber auch manche alpine Pflanze, deren Same herabgetragen wurde. Insbesondere die Wände

der Felsschluchten sind oft mit Alpenpflanzen (Rhododendron, *Biscutella laevigata*, *Kernera saxatilis* u. a.) geziert. Auf den Schuttfeldern an der Mündung der Seitentäler findet sich *Linaria alpina* u. a.

Mündet das Seitental mit einer Stufenmündung in das Haupttal, so siedelt sich hier häufig eine interessante Pflanzengesellschaft an. Stufenmündungen (Schluchten) sind die vorzüglichsten Standorte der thermophil-alpinen Flora, wie sie *Krasan*¹⁾, *Beck*, *Murr* u. a. wiederholt beschrieben haben.

Diese Beschreibung des Vegetationskomplexes²⁾ einer Tal-schaft ist etwas lang ausgefallen, doch schien es mir wichtig, mit aller Schärfe und Ausführlichkeit auf das Einheitliche eines Vegetationskomplexes hinzuweisen, weil gegenwärtig fast alle Monographien kleinerer Gebiete auf rein pflanzensoziologischer Grundlage ausgeführt werden. So werden die Auenwälder im Abschnitt „Wälder“, die Bergwiesen im Abschnitt „Grasfluren“, die Schluchtvegetation im Abschnitt „Felsfluren“ abgehandelt und nur wenig Gewicht auf ihr Nebeneinander in der Natur, auf ihr natürliches Zusammensein gelegt.

Es erübrigt sich noch die Frage, ob diese Beziehungen auf den Vegetationskarten zum Ausdruck kommen. Ich möchte da vor allem auf die im Maßstabe 1 : 25.000 gezeichnete Karte des Elbsandsteingebirges an den Zschirnsteinen von *O. Drude* (1907) verweisen, wo wir durch sehr instruktiv eingesetzte, violette Winkelhaken den Schluchtenwald, aus Laub- und Nadelhölzern gemischt, längs der Bachläufe angedeutet finden. Auch die Sandheiden (Gelb mit braunen Punkten) längs des Krippenbaches heben sich deutlich hervor. Auf meiner Villacher Karte lassen sich die Bergwiesen und -weiden (violett) in den Karawanken als Reste präglazialer Talböden auf weite Strecken verfolgen; ebenso habe ich das Vorkommen alpiner Arten in den Schluchten des Weißenbaches und des Vellachbaches, die von der Villacher Alpe zur Drau ziehen, durch schwarze Kreise angedeutet.

Die Methode, die Verteilung der Pflanzengesellschaften auf die Oberflächenformen zurückzuführen, scheint mir insbesondere zur kurzen, schlagwortartigen Beschreibung der Vegetation einer

¹⁾ *Franz Krašan*: Zur Abstammungsgeschichte der autochthonen Pflanzenarten. Mitt. d. Naturf. Ver. f. Steiermark. 1896.

²⁾ Unter Vegetationskomplex verstehe ich hier die in der Natur mit einer gewissen Regelmäßigkeit auftretende Nebeneinanderlagerung verschiedener Formationen. Die zu einem Vegetationskomplex zusammentretenden Formationen zeigen interessante Übergangserscheinungen und Grenzen. Der Formationskomplex *du Rietz* ist eine in der Natur auftretende Vereinigung mehrerer zu verschiedenen Formationen gehörenden Assoziationen zu einer physiognomischen Einheit, also etwas ganz anderes. (*G. E. du Rietz*: Einige Gesichtspunkte für die Terminologie und Methodik der synökologischen Vegetationsbeschreibung. Svensk Bot. Tidskr. 11. H. 1 [1917].)

Gebirgsgruppe sehr geeignet. Ich hoffe, daß sich der Leser aus der folgenden Skizzierung der Vegetation der Koralpe an der steirisch-kärntnerischen Grenze ein anschauliches Bild machen kann. Ich unterscheide nur drei Großformen: den großen, breiten Rücken der Koralpe, der sich in flachen Hängen, in die mehrere große Kare eingefressen sind, zur Waldgrenze hinabsenkt.

1. Rücken der Koralpe:

Flächen	Loiseleurietum, Curvuletum
Felsen	Poa laxa u. a.
Erdrisse	Agrostis tenuis u. a.

2. Abhänge:

trocken	Loiseleurietum
feuchte Rinnen	Semperviretum
Kalkbänder	Seslerietum variae
Block- u. Schutthalde	Callunetum
Solifluktion	Saponaria nana u. a.

3. Kar, Karwand:

Felswände	Felsflur
Blockhalde	Alnetum viridis
Schutthalde	Schuttflur
Gießbach	Karflur (Doronicum u. a.)

Karboden:

Felsboden	Pinetum montanae
Quellflur	Parvocaricetum
trockener Schutt	Nardetum
Sumpfboden	Trichophoretum austriaci

Karschwelle

Rhodoretum.

Wir finden übrigens in der Literatur schöne Beispiele dieser Darstellungsmethode. So hat *B. Crampton*¹⁾ in seiner Caithnessarbeit den Einfluß der Topographie eines Gebietes auf die Verteilung der Pflanzengesellschaften einst und jetzt prächtig geschildert. Im Jahre 1913 folgte dieser Arbeit die Schilderung der Vegetation der Berggipfel von Ben Armine (Shuterlandshire) durch *B. Crampton* und *M. Macgregor*²⁾. Beistehende, dieser Arbeit entnommene Skizze (Fig. 2) zeigt uns, daß der Gipfel von einem Rhacomitriumteppich eingenommen ist. Im Windschatten (l. c., S. 188) an den Osthängen geht der Rhacomitriumteppich in Vaccinium-moss-heath mit Hylocomium loreum, H. splendens,

¹⁾ *C. B. Crampton*: The vegetation of Chaitness, considered in relation to the Geology. 1911.

²⁾ *C. B. Crampton* and *M. Macgregor*: The plant ecology of Ben Armine (Sutherlandshire). The Scottish Geographical Magazine. 29. April 1913.

Polytrichum alpinum, *Hypnum Schreberi* und Flecken von Sphagnen (*acutifolia*), *Cladina*, *Dicranum uncinatum*, *Leptoscyphus Taylori* über. Diese und andere Arten verdrängen allmählich das *Rhacomitrium*. Das *Vaccinium* ist zwergig und von *Cornus suecica*, *Rubus Chamaemorus* und *Vacc. uliginosum* begleitet. An den Nord- und Westabhängen grenzt, wenn der Abhang sanft ist, das Rh. direkt an das alpine Torfmoor (Peat mosses). In diesem Falle erscheinen die Moose direkt als Sukzession des *Rhacomitrium*-teppichs durch Einwanderung von *Sphagnum*, *Eriophorum*, *Juncus squarrosus*, *Arctostaphylos alpina* usw. In den meisten Fällen, besonders an den Süd- und Südwestlagen, geht aber der *Rhacomitrium*-

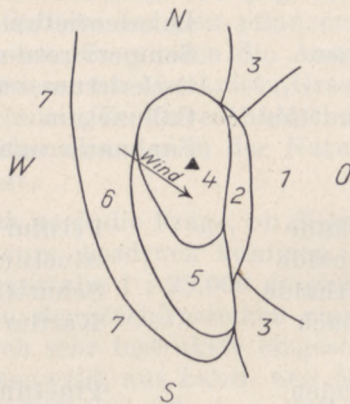


Fig. 2. Vegetation eines schottischen Berggipfels.

Nach *Crampton* und *Macgregor*: *Ben Armine* usw. S. 189.

1 = Klippen- und Schluchtassoziationen (Craggs of Corrie); 2 = *Vaccinium*-Moos (*Vaccinium* Moss); 3 = *Callunetum alpinum* (Alpine *Calluna*); 4 = *Rhacomitrium*-Matte (*Rhaco. carpet* = *Rhacomitrium lanuginosi* Assoziation); 5 = *Calluna*-Matte (*Calluna mat*); 6 = Alpines Moosmoor (Alpine peat moss); 7 = Retrogressives Torfmoor (Retrogressive peat bog.).

teppich in *Callunamatte* über. Der Einfluß der Exposition zu Wind und Sonne ist hier verhältnismäßig größer als der der Niederschläge. In der Übergangszone erscheint *Calluna* im rechten Winkel zur Windrichtung in Streifen im *Rhacomitrium*teppich. An steileren Abhängen bilden sich durch Solifluktion kleine Terrassen, wo *Calluna*, *Azalea procumbens*, *Antennaria dioica* u. a. im Abfall mit *Alchemilla alpina*, *Thymus serpyllum*, *Festuca vivipara* u. a. auf der Terrassenbank wechseln. In dieser Weise wird die Vegetation des Gebietes in engem Anschluß an die wechselnden Oberflächenformen mit vorzüglicher Anschaulichkeit geschildert. Weniger gelungen erscheint mir die beigegegebene farbige Vegetationskarte, die im Maßstab 1 : 21.642 (Feldaufnahme im 6inch. Maßstab auf zwei Drittel verkleinert) ausgeführt ist. Die Abhängigkeit der

Pflanzengesellschaften von der Gestalt des Terrains, die im Text so schön ausgeführt ist, kommt nicht zur Anschauung, weil die Terraingestaltung nur durch weit auseinanderliegende Isohypsen dargestellt ist. Gut ist die Angabe der herrschenden Windrichtung durch einen Pfeil angedeutet. Ausgeschieden sind folgende Formationen: *Rhacomitrium carpet* (schwarze, gekreuzte Schraffen), *Calluna mat* (schwarze, schräge Schraffen), *Vaccinium moss* (schwarze, schräge und punktierte Schraffen), *Alpine peat* (braunrot), *Scirpus Eriophorum bogs* (rosa), *Rhacomitrium bogs* (hellrot), *Alpine heather* (rosa, schräg punktierte, schwarze Schraffen), *Heather* (rosa, schräge, schwarze Schraffen), *Alluvium* (schwarz punktiert), *Snow-lies* (schwarz). Dabei erscheinen die rot, hellrot und rosa getonten Formationen als „stabile“ Formationen (Klimax-

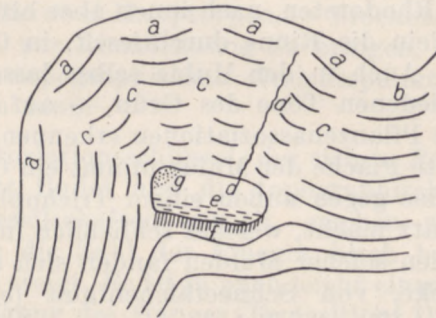


Fig. 3. Schematische Skizze der Verteilung der Pflanzengesellschaften am Hochmoor der Turracher Alm des Rinsennocks.

Aus Scharfetter: Die Vegetation der Turracher Höhe, 1921.

a = Rhodoretum; *b* = Loiseleurietum; *c* = Nardetum; *d* = Caricetum Goode-noughii; *e* = Trichophoretum; *f* = Sphagnetum; *g* = Schneetälchen.

formationen u. a.), während die weiß oder schwarz (mit Schraffen) gezeichneten Formationen durch Wind und Erosion ständiger Veränderung (Progression und Regression) unterliegen. Es ist ein sehr glücklicher Gedanke der beiden Autoren, diese für das Wesen der Pflanzengesellschaften wichtige Scheidung¹⁾ kartographisch zum Ausdruck zu bringen.

Unabhängig von dieser Arbeit habe ich (1921) die Abhängigkeit der Vegetation von den Kleinformen des Osthanges des Rinsennocks, der sich zur Turracher Höhe²⁾ hinabsenkt, geschildert und durch eine Skizze veranschaulicht (Fig. 3). Die Abhänge sind zur

¹⁾ Vgl. *G. E. du Rietz*: Einige Beobachtungen und Betrachtungen über Pflanzengesellschaften in Niederösterreich und den kleinen Karpathen. *Öst. bot. Zeitschr. Jg. 1923*. S. 22 ff.

²⁾ *R. Scharfetter*: Die Vegetation der Turracher Höhe. *Öst. bot. Zeitschr. 1921*. S. 78.

Hauptsache mit *Rhodoretum ferruginei* (a) besetzt. Dieses zeigt deutlich die von der Beweidung (Solifluktion? *Scharfetter*, 1928) herrührende Stufenbildung. Am Rande der Mulde, wo der Hang umbiegt, um in eine zweite danebenliegende Mulde überzugehen, wird das *Rhodoretum* durch ein prachtvoll deutlich ausgebildetes *Loiseleurietum* (b) ersetzt. Es ist zweifellos der Wind, der diesen Wechsel in den Erikazeenbeständen verursacht. Schon aus der Entfernung sind die *Loiseleurieta* durch eine etwas bräunliche Färbung zu erkennen. Noch deutlicher ist der Farbenunterschied, wenn wir die Streifen zwischen den *Rhodoreten* betrachten; sie sind hellgrün im Verhältnis zu diesen dunkelgrünen Beständen. Bei näherer Untersuchung erweisen sie sich als *Nardeta*, welche die feuchteren Rinnen, in denen im Frühjahr der Schnee länger liegt, besiedeln. Diese *Nardeta* gehen gegen die einzelnen Teilrücken zu in die genannten *Rhodoreten*, nach innen aber bisweilen, besonders wenn ein Wässerlein die Rinne durchrieselt, in *Caricetum Goodenoughii* (d) über. Auch in der Mulde selbst lassen sich — schon durch die verschiedenen Töne des Grün — auf den ersten Blick zwei verschiedene Pflanzenassoziationen erkennen. Die dem Hange zugekehrte innerste Fläche der Mulde nimmt ein *Caricetum Goodenoughii* (d) ein, das gegen außen einem *Trichophoretum austriaci* (*caespitosi*) (f) Platz macht, welches schließlich in ein *Sphagnetum* übergeht. In zweien solcher Mulden fanden sich an der Hangseite kleine Schneeflecke, von *Schneetälchenflora* (e) mit *Soldanella pusilla* umgeben. Übersichtlich zusammengefaßt, erhalten wir folgende Beziehungen zwischen Pflanzengesellschaften und Oberflächenformen:

- a) *Rhodoretum* — Riedel des Hanges, Weideterrassen.
- b) *Loiseleurietum* — Windrücken, schneefrei.
- c) *Nardetum* — feuchtere Rinne des Hanges.
- d) *Caricetum Goodenoughii* — Wasserfaden der Rinne.
- d¹) *Caricetum Goodenoughii* — Flachmoor, im innersten Teil der Mulde, nährstoffreiches, terrestrisches Wasser.
- e) *Trichophoretum* — Übergangsmoor.
- f) *Sphagnetum* — Hochmoor, als wulstige Aufwölbung des Muldenrandes gegen den nach außen abfallenden Hang der Mulde, nährstoffarmes Meteorwasser.
- g) *Schneetälchen*.

Der Versuch, solche Abhängigkeiten in einer Karte mit sehr großem Maßstabe (etwa 1 : 5000) und sehr gut vorgezeichnetem Terrain einzutragen, ist meines Wissens noch nicht gemacht worden; sowohl *Crampton* und *Macgregor* als auch ich begnügten uns mit Skizzen.

Auch *Brockmann-Jerosch*¹⁾ hat in seiner Monographie des Puschlav die Verteilung der im Gebiete vorkommenden Wiesentypen nach ihren Standorten verfolgt und in Form eines Assoziationsschlüssels dargestellt. Düngung, Neigung des Bodens, Gesteinsbeschaffenheit (Kalk, Urgestein), Beschattung, Festigkeit des Bodens oder Rutschterrain, Feinerde und felsige Unterlage, Beweidung, Exposition werden als Einteilungsgründe der Standorte verwendet und die den so charakterisierten Standort besiedelnde Pflanzengesellschaft angegeben. Für eine kartographische Darstellung ist freilich eine so eingehende topographische Analyse der Pflanzengesellschaften nicht geeignet; es wäre höchstens möglich in sehr großem Maßstabe (etwa 1 : 5000) mit Buchstaben den raschen Wechsel der einzelnen Wiesentypen anzugeben. Auf den üblichen Karten (1 : 50.000, 1 : 75.000) wird man sich begnügen müssen, die zwei Haupttypen — Trockenwiese und Frisch- und Fettwiese — zur Einzeichnung zu bringen, auf deren weitere Gliederung nach topographischen Gesichtspunkten auf den Text verwiesen werden muß.

Aus dem Assoziationsschlüssel, der sich in *Rübels*²⁾ Arbeit über das Berninagebiet findet und die topographische Analyse sämtlicher Pflanzengesellschaften enthält, ersehen wir, daß mit zunehmender Höhe die Zahl der topographisch bedingten Assoziationen bedeutend steigt. Es ist ja auch leicht einzusehen, daß in der alpinen Zone Neigung des Hanges, Exposition, Dicke des sedimentären Bodens, chemische Beschaffenheit des anstehenden Gesteins, Trockentorf usw. viel mehr topographisch charakterisierte Standorte schaffen, die außerdem den Hydrometeoren frei zugänglich sind, während im Schuttmantel der tieferen Hänge unter dem Schutze des Hochwaldes einheitlichere Standortverhältnisse Platz greifen. Es zeigt sich, daß die Pflanzengesellschaften der Nadelholzstufe und vielleicht auch noch der subalpinen Stufe (*Luniperetum*, *Rhodoretum*) über größere Flächen ausgedehnt sind und sich kartographisch darstellen lassen, während die Pflanzengesellschaften in der alpinen Stufe auf kleinerer Fläche rasch wechseln und im Maßstab 1 : 50.000 nicht mehr kartiert werden können; sie müssen zu größeren Einheiten zusammengefaßt werden.

Zwei Fragen sind es, die uns bei der Vegetationsaufnahme eines Gebietes beschäftigen: „Wie ist die einzelne Pflanzengesellschaft ausgebildet?“ und „Wo ist sie in der Natur vorhanden?“ Mit

¹⁾ *H. Brockmann-Jerosch*: Die Pflanzengesellschaften der Schweizer Alpen. I. Teil. Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. Leipzig 1907, *W. Engelmann*. S. 291 ff.

²⁾ *E. Rübels*: Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. *Englers Bot. Jahrb.* 47. (1911).

der Beantwortung der ersten Frage beschäftigt sich die soziologische Analyse, mit der zweiten die topographische Analyse der Pflanzengesellschaften. Es ist selbstverständlich, daß beide Fragen bei der Arbeit im Felde gleichzeitig studiert werden müssen; in der beschreibenden Darstellung der Untersuchungsergebnisse aber werden sie zweckmäßig getrennt behandelt. Für die Kartographie ist natürlich die Frage nach dem Orte, die topographische Analyse, die wesentliche.

Während die soziologische Assoziationsaufnahme nur zu leicht dazu verführt, die Pflanzengesellschaften als etwas ganz Selbständiges, für sich allein Existierendes aufzufassen und ihre räumliche Bedingtheit zu übersehen, drängt die Gebietsaufnahme und insbesondere die kartographische Gebietsaufnahme dazu, die Pflanzendecke als einen Teil der Landschaft, die einzelnen Pflanzengesellschaften als notwendige Resultierende aller geographischen Faktoren zu erkennen. Es kann gar nicht warm genug empfohlen werden, vor Beginn detaillierter soziologischer Assoziationsaufnahmen sich über die topographische Lage der einzelnen Pflanzengesellschaften klarzuwerden und eine Formationskarte zu entwerfen. Die topographische Analyse hat der soziologischen Analyse voranzugehen.

In den letzten Jahren ist eine starke Betonung (*Clements, Lüdi* u. a.) des zeitlichen Nacheinanders der Pflanzengesellschaften (Sukzession) in den Vordergrund der pflanzensoziologischen Probleme getreten. Wir möchten demgegenüber die Anregung zu eingehendem Studium des räumlichen Nebeneinanders (Koordination der Pflanzengesellschaften) geben. Die drei Hauptfragen, die hier zu behandeln sind, wären: Welche Pflanzengesellschaften liegen erfahrungsgemäß häufig nebeneinander? Warum grenzen sie aneinander? Wie beeinflussen sie sich gegenseitig? Es würde zu weit führen, hier näher auf diese Frage einzugehen; ich will nur darauf hinweisen, daß sich in der Arbeit von *Crampton* und *Macgregor*¹⁾ wertvolle Bemerkungen über den Einfluß der Nachbarschaft auf die Ausbildung der Pflanzengesellschaften finden. S. 189: The differences in the *Calluna* mat association depend on (1), The approach of the alpine peat-mosses (2), The approach of the *Racomitrium* carpet usw. Auch die Ausführungen *Alvar Palmgrens*²⁾ über die Entfernung als pflanzengeographischen Faktors sind hier zu beachten.

¹⁾ Siehe Anmerkung S. 117, Ben Armine S. 189.

²⁾ *Alvar Palmgren*: Die Entfernung als pflanzengeographischer Faktor. *Acta societatis pro fauna et flora fennica*. 49. Nr. 1 (1921).

ABSCHNITT IV.

Die pflanzengeographische Karte.

1. Die topographische Karte als Unterlage der pflanzensoziologischen Karte.

Die moderne topographische Karte scheidet in dem Bestreben, ein möglichst treues Abbild der Erdoberfläche zu geben, eine Reihe von Vegetationstypen und Bodenarten aus, an die wir bei Herstellung von pflanzensoziologischen Karten anknüpfen müssen.

Die Karte des Deutschen Reiches in 1 : 100.000 gibt in Kleinsignaturen unter anderen an: *Laubwald, Nadelwald, Mischwald, Buschwerk* und *Weidenanpflanzungen, Heide* und *Ödland, Sand* oder *Kies, Wiese* und *Weide, nasser Boden, Bruch, Sumpf, Moor, Torfstich*, regelmäßige *Baumpflanzungen, Weingärten* und *Hopfenpflanzung*. Die neuen „Topographischen Blätter“ in 1 : 25.000 enthalten höchst genaue Aufnahme des Geländes.

Auf den alten österreichischen Karten gelangen *Weingärten, Hopfengärten, Reisfelder* und *Wälder* zur Darstellung. Von den Bodenarten beläßt die Generalkarte (1 : 200.000) das *Ackerland* weiß; *nasser Boden* mit oder ohne *Sumpf, Schilfwuchs* kommen zum Ausdruck, ferner *Sand-, Stein-, Fels-* und *Gletscherboden*. Auf den neuen von 1919 an ausgegebenen Karten 1 : 50.000 sind an, gegeben: *Wald* mit Durchschlägen und Bezeichnung der Holzart, *Gestrüpp, Wiese, Obst- und Gemüsegärten, nasser Boden, Rohrwuchs, Moorboden* mit *Torfstich*.

Auf den Blättern der topographischen Karte der *Schweiz* in 1 : 25.000 (Hügelland) und 1 : 50.000 (Gebirge) finden wir folgende Formationen: *Moor* und *Sumpf, Torfmoor* allerdings nicht durch eine bestimmte Mächtigkeit der Torfschicht wie in Deutschland charakterisiert, nur durch die eventuellen Torfstiche. *Wald*, durch Punkte und Kreise dargestellt, auch in seiner Lockerung nach oben, so genau, daß *Imhof* (S. 141) nach dieser Karte seine Studie über die Waldgrenze durchführen konnte (vgl. auch *Marek*, S. 141). *Schuttfluren* an den Wasserläufen und im Gebirge, *Felsfluren* und *alpine Wiesenbestände* (Mähewiesen und Weiden, durch braune Kurven oberhalb der Waldgrenze charakterisiert), von den Kulturformationen die *Reben* (*Schröter*, 1910).

Die englischen Generalstabskarten (Ordnance maps) in 1 : 126.720 geben an: *kultiviertes Land* (inklusive Weiden), *Gehölze* (in den neuesten Blättern mit Unterscheidung von Laub- und Nadelholz), *Sanddünen, fixierte Dünen* und *Felsen*.

Nach der Terminologie von *Schröter*¹⁾ sind die ausgeschiedenen Pflanzengesellschaften durchweg als höchste, umfassendste Ein-

¹⁾ C. Schröter und O. Kirchner: Die Vegetation des Bodensees. II. Teil. 1902. S. 73.

heiten, und zwar als *Vegetationstypen* zu bezeichnen (*Flahault*). *Drude* (1913) unterschied als solche deren zwölf. Ihre primäre Einteilung führt zu Formationsklassen¹⁾.

Eine gute topographische Karte bringt also die höchsten Einheiten bereits zur Darstellung, und die wesentlichste Aufgabe des Pflanzengeographen wird darin bestehen, diese Einheiten weiter zu gliedern und ein immer feineres Bild der Pflanzengesellschaften im Rahmen dieser Einheiten herauszuarbeiten.

Bevor wir auf die weitere Gliederung der Vegetationstypen eingehen, halten wir es für notwendig, darauf hinzuweisen, daß die nähere Betrachtung der Verteilung dieser höchsten Einheiten bereits Anlaß gibt, im Texte der Gebietsmonographie eine Reihe sehr wichtiger pflanzengeographischer Tatsachen zu erörtern. Gerade die kartographische Darstellung gibt zwingenden Anlaß zur Besprechung der größten Einheiten, und darin liegt ihr besonderer Wert gegenüber den Assoziationsaufnahmen, deren Aufgabe in erster Linie das Studium der *kleinsten* Einheiten ist. Wir können im folgenden nur ein paar Beispiele geben, die uns zeigen sollen, welche Fragen und Probleme im Zusammenhang mit der kartographischen Darstellung der Vegetationstypen aufgerollt werden.

1. Das Studium der Waldgrenze. Die Gesetzmäßigkeiten ihres Verlaufes treten erst hervor, wenn wir sie über weite Räume hin verfolgen. Wir verweisen auf *Anderssons*²⁾ Darstellung der arktischen Baumgrenze, auf die Studien von *Imhoff*³⁾ und *Marek*⁴⁾ über die alpine Waldgrenze, auf *Brockmann-Jeroschs*⁵⁾ Darlegungen über das Verhalten der Baumgrenze in ozeanischen und kontinentalen Gebieten.

2. Das Gesetz der Waldverteilung fällt in Gebieten mit hochkultivierter Bodenkultur mit dem Gesetz über die Verteilung des Acker-, Wiesen- und Weidelandes zusammen und lautet: Wald findet sich heute nur dort, wo der Boden nicht anders zu verwenden ist. Exposition, Neigung des Gehänges, Grundwasserstand, Bodenbeschaffenheit usw., manchmal auch historische Gründe lassen uns die Verteilung der großen Vegetationseinheiten in der Landschaft begründet erscheinen. („Forste“ der bayrischen Hochebene,

¹⁾ *O. Drude*: Pflanzengeographie in *Neumayers* Anl. zu wiss. Beobachtungen auf Reisen. 3. Aufl. 2. 355 bis 365 (Hannover 1906, *Jänecke*).

²⁾ *Gunnar Andersson*: Zur Pflanzengeographie der Arktis. *Hettners* geogr. Zeitschr. 83. (1902). Enthält unter anderem eine Karte der arktischen Baumgrenze.

³⁾ *Imhoff* siehe S. 141.

⁴⁾ *Marek*, siehe S. 141.

⁵⁾ *H. Brockmann-Jerosch*: Baumgrenze und Klimacharakter. Beitr. z. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz. 6. (Zürich 1919).

„Schachenwälder“ im Grazer Feld usw.) Das Verständnis der gesamten Pflanzendecke eines Gebietes wird durch die klare Herausarbeitung der Verteilung der Vegetationstypen erzielt; man vergleiche die klassischen Darstellungen *Gradmanns*¹⁾, z. B. der Vegetationsverhältnisse des Amtsbezirkes Tettwang.

3. Welch prächtige, für die Geographie und Geobotanik gleich wichtige Arbeiten entstehen, wenn der Autor die Vegetation in innigem Anschluß an die geographischen Verhältnisse seines Gebietes behandelt, zeigt die Arbeit von *Dr. Karl Troll* „Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen²⁾. Der Verfasser schildert dort z. B. die Vegetation der Münchener Ebene und unterscheidet als Vegetationstypen: 1. das Moor, 2. den Lohwaldgürtel, 3. die Heide, 4. den Niederterrassenwald, 5. die Hangwälder, Auenwälder und Felsheiden an der Isar und kommt zu dem für den Pflanzengeographen wichtigen Schluß, daß die Vegetationskarte der Münchener Ebene fast vollständig die morphologische Karte widerspiegelt, indem den morphologischen Einheiten auch solche der Vegetation entsprechen (S. 195). Es sei gleich hier erwähnt, daß diese Betrachtungen der großen Vegetationseinheiten in diesem Gebiete durch Spezialstudien (Assoziationsaufnahmen) über die einzelnen Einheiten aufs glücklichste ergänzt werden, so durch *Selma Ruoff*³⁾, „Das Dachauer Moor“ und *Dr. Wilhelm Troll*⁴⁾, „Die natürlichen Wälder im Gebiete des Isarvorlandgletschers“.

4. Ein anderes Beispiel bieten uns die Studien *Braun-Blanquets*⁵⁾ über die zentralalpinen Föhrentäler. Auch hier konnte nur der Blick über größere Gebiete und größere Vegetationseinheiten die Zusammenhänge klarlegen. Wir betonen nochmals, daß wir weit entfernt sind, die Bedeutung der Assoziationsaufnahmen mit ihren mühsamen Untersuchungen über Konstanz, Treue, Charakterarten usw. zu unterschätzen, müssen aber immer wieder darauf hinweisen, daß auch das Studium der großen Vegetationseinheiten, das heute vielfach vernachlässigt wird, seine Berechtigung und Bedeutung für die Kenntnis der Pflanzengesellschaften in gleicher Weise besitzt.

5. Die Verteilung der Hoch- und Flachmoore in den Alpen und deren Umkreis unterliegt gewissen Regeln. Es zeigt sich, daß

¹⁾ *Gradmann* siehe S. 102.

²⁾ Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. 24. 4. H. Stuttgart 1926.

³⁾ Ber. d. Bayr. bot. Ges. München. 17. (1922).

⁴⁾ Landeskundliche Forschungen, herausgegeben von der Geogr. Ges. München. 1926. H. 27.

⁵⁾ *Braun-Blanquet* siehe S. 139.

die Hochmoore meist an ehemalige Gletscherwannen gebunden sind und innerhalb des Moränenkranzes liegen, während die Flachmoore dort auftreten, wo die Schotterebenen ausstreichen und ein Quellhorizont zutage tritt. Weiträumige Vergleiche gestatten interessante Beziehungen zwischen dem Nord- und Südrand der Alpen, dem Quellhorizont mit seinen Flachmooren auf der bayrischen Hochebene und den „Fontanili“ der Poebene. Auch *Osvalds*¹⁾ Hochmoortypen Europas ergeben sich aus vergleichenden Studien dieser Pflanzengesellschaft über ausgedehnte Moorgebiete eines ganzen Erdteils, so daß wir die lokale Ausbildung der Hochmoore eines eng begrenzten Gebietes nunmehr im Rahmen der gesamten Hochmoorgliederung verstehen können. *Fr. Vierhapper*²⁾ hat einen Sammelbericht über „Regionale Moorforschung in Europa“ veröffentlicht, der uns einen klaren Einblick über die Ausbildung der Moortypen unter den verschiedenen klimatischen Bedingungen in Europa gibt.

6. Die Lage der Verlandungszonen der Seen in ihrer Beziehung zur vorherrschenden Windrichtung zeigt auf der baltischen Seenplatte schöne Gesetzmäßigkeiten. Die großen Torfmoore der Kärntner Seen (Wörther See und Ossiacher See) breiten sich am Ostufer aus.

7. Lage und Richtung der Täler sind in hohem Grade bestimmend für Flora und Vegetation. So gestattet das nach Süden geöffnete Etschtal einen kräftigen Vorstoß der südalpinen (illyrischen) Vegetation nach Norden. Dieser Vorstoß kommt auf der Vegetationskarte sehr deutlich zum Ausdruck, wenn wir das Verhalten dieser Florenelemente und ihrer Pflanzengesellschaften in anderen Südalpentälern, z. B. dem Isonzo-, Brenta- oder Addatale, vergleichen.

8. Im Anschluß an Arbeiten von *Cajander*³⁾, *Graebner*⁴⁾ und *Gradmann*⁵⁾ konnte ich⁶⁾ in einer Studie über die Vegetation der Murauen bei Graz den Zusammenhang der Hochwasserstände und der Vegetation in den Überschwemmungsgebieten eingehender erläutern. Es ergab sich, daß die Flüsse der Niederungen *Frühjahrs-hochwasser* haben und ihre Überschwemmungsgebiete *Grasfluren*

¹⁾ *Huge Osvald*: Die Hochmoortypen Europas. *Schröter-Festschrift*. 1925. S. 707.

²⁾ *Fr. Vierhapper*: Öst. bot. Zeitschr. 76. H. 2 (Wien 1927).

³⁾ *A. K. Cajander*: Beiträge zur Kenntnis der Vegetation der Alluvionen des nördlichen Eurasiens. I. Die Alluvionen des unteren Lenatales. Helsingfors 1903. S. 167.

⁴⁾ *Paul Graebner*: Die Pflanzenwelt Deutschlands. Leipzig 1909, *Quelle & Meyer*. S. 130.

⁵⁾ *Robert Gradmann*: Beschreibung des Oberamts Tettngang. Herausgegeben vom k. statistischen Landesamt. Zweite Bearbeitung. Stuttgart 1915. S. 106.

⁶⁾ *R. Scharfetter*: Die Murauen bei Graz. Mitt. d. naturf. Ver. f. Steiermark. 54. (Graz 1918).

tragen; die Gebirgsflüsse haben *Sommerhochwasser*, und ihre Überschwemmungsgebiete tragen *Gehölze*. Weiterhin zeigt sich, daß fließende Inundation auf die Grasflur schädigend wirkt, aber das Bestehen von Gehölzen gestattet, während stehende Inundation ein grasflurgünstiger, aber gehölzfeindlicher Faktor ist. Es ist also nicht bloß die Zeit der Überschwemmung (Frühjahr- oder Sommerhochwasser), sondern auch die Art der Inundation als wichtiger Faktor zu beachten. Auf der Vegetationskarte — und von dieser ist ja in diesem Zusammenhang die Rede — wirken sich diese Umstände dahin aus, daß die Gehölze in den Alluvialgebieten der alpinen Flüsse in die Ufer der Flüsse als Auenwälder umsäumen, während die Grasfluren, die heute meist

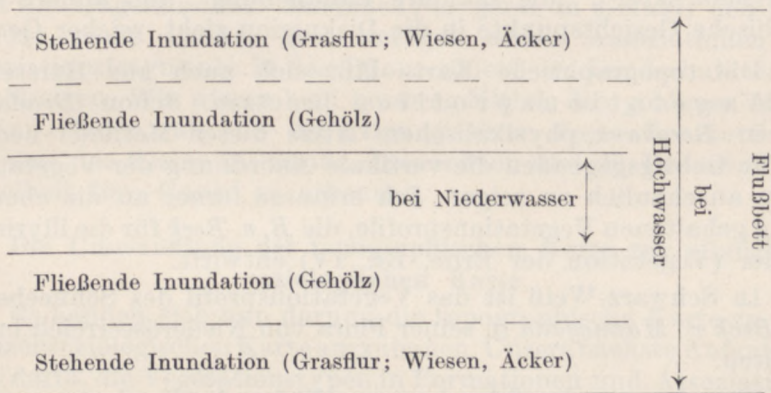


Fig. 4.

in Wiesen und Äcker umgewandelt sind, rechts und links von den Auenwäldern sich als Streifen hinziehen (Fig. 4).

Ich glaube ferner folgenden Zusammenhang zwischen dem Gefälle des Flusses, der Geschiebeführung und den Leitpflanzen der Alluvialvegetation feststellen zu können.

Quellbach: Gefälle über 5‰ ; Felsblöcke: Alpenerle (*Alnus viridis*).

Oberlauf: Gefälle 5 bis 2‰ ; Schotter: Grauerle, Weiden.

Mittellauf: Gefälle 2 bis 0.5‰ ; Sand: Pappel.

Unterlauf: Gefälle unter 0.5‰ ; Schlick, Humus: Eiche.

Das Studium der Pflanzengesellschaften über ausgedehnte Räume führt aber zu ganz neuer Auffassung der Pflanzengesellschaften selbst. *Alvar Palmgren*¹⁾ ist von seinen Studien über die

¹⁾ *Alvar Palmgren*: Die Entfernung als pflanzengeographischer Faktor. Acta societatis pro fauna et flora fennica. 49. Nr. 1 (Helsingfors 1921); Über Artenzahl und Areal sowie über die Konstitution der Vegetation. Acta forestalia fennica. 22. (Helsingfors 1922); Die Artenzahl als pflanzengeographischer Charakter sowie der Zufall und die säkulare Landhebung als pflanzengeographische Faktoren. Fennia. 46. Nr. 2 (Helsingfors 1925).

Vegetation der Insel Åland ausgehend zu wichtigen Ergebnissen für die Entstehung der Assoziation gekommen. Es wurde innerhalb eines beschränkten Standortsareals nur ein gewisser Teil der Arten angetroffen, die man dort hätte erwarten können. Die Größe des Areals, der Zufall und die Entfernung sind für den Artenbestand der einzelnen Assoziation von großer Bedeutung. Diesen Arbeiten *Palmgrens* kommt große Bedeutung zu, weil sie uns vor allzu großer einseitiger Überschätzung des floristischen Aufbaues, die für manche Forscher das alleinige Kriterium der Pflanzengesellschaften bildet, warnt. Für die topographische Pflanzensoziologie erwächst aus diesen Studien, die „das Vorhandensein geeigneter Standorte“ „den mosaikartig zersplitterten Landschaftscharakter“, „die säkuläre Landhebung“ und andere topographische Gesichtspunkte in die Diskussion zieht, reicher Gewinn.

Die topographische Karte läßt sich auch zur Herstellung von Vegetationsprofilen benutzen. Schon *Drude* hat sich in *Berghaus* physikalischem Atlas dieser Methode bedient, um für Gebirgsgegenden die vertikale Anordnung der Vegetationstypen anschaulich zu zeigen. Ich erinnere ferner an die ebenfalls farbig gehaltenen Vegetationsprofile, die *B. v. Beck* für die illyrischen Länder (Vegetation der Erde, Bd. IV) entwirft.

In Schwarz-Weiß ist das Vegetationsprofil des Schneeberges, das *Beck v. Mannegatta* in seiner Flora von Niederösterreich bringt, gehalten.

Wir sehen hier den Schneeberg vom Kloben der Raxalpe aus mit den schematisch eingezeichneten Vegetationsregionen. Eine unterbrochene Linie zeigt die obere Grenze der Legföhre an; in der horizontal schraffierten Krummholzregion sind dichte Bestände der Legföhre durch näher aneinander gerückte Linien zur Anschauung gebracht. Die Voralpenregion ist durch vertikale Schraffen bezeichnet, welche bis zur Baumgrenze in die Krummholzregion verlaufen und auf diese Weise die Mengung des Baumwuchses mit der Legföhre in der unteren Krummholzregion versinnlichen.

Sehr instruktiv sind auch die Vegetationsprofile, die *Herzog*¹⁾ aus den bolivischen Anden entwirft. In vier-, drei-, zwei- und zweieinhalbfacher Überhöhung wird das Profil der Berge gezeichnet und acht- bis zehn Ausscheidungen, die mit den auf der Plan- karte gewählten Zeichen für die einzelnen Pflanzengesellschaften übereinstimmen, sind in diese Umrisse eingetragen; so ergänzen sich Grundriß und Aufriß aufs glücklichste. Vgl. *Mattfeld*, Albanien, *Szafer*, Tatra u. v. a.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, welch wertvolle pflanzengeographische Tatsachen wir aus guten topographischen Karten herauslesen können. Es ist wohl zweifellos, daß derartige Studien, die an der Hand von Vegetationskarten

¹⁾ *Herzog*: Bolivische Anden. Veg. d. E. 15.

bei Ausscheidung der Vegetationstypen am zweckmäßigsten betrieben werden können, nützlich und notwendig sind, bevor wir darangehen, die Vegetationstypen in kleinere Einheiten aufzulösen und diese soziologisch und ökologisch zu untersuchen.

Solche Diskussionen der Raumverteilung der Vegetationstypen verbinden die geographische Wissenschaft mit der botanischen; sie führen uns dazu, die Pflanzendecke als einen, und zwar einen sehr wichtigen Teil der Landschaft zu erfassen. Wie der Petrograph beim Studium des mikroskopischen Dünnschliffes eines Gesteins die Bedeutung desselben für den Aufbau des Gebirges aus dem Auge verliert, so ergeht es dem Pflanzensoziologen bei seinen Assoziationsstudien, die gewissermaßen eine Mikroanalyse der Pflanzengesellschaft darstellen; er gerät in Gefahr, den Blick für das große Ganze, das Einfügen seiner Assoziationen und Assoziationsfragmente in das Pflanzenkleid der Landschaft zu vernachlässigen. Wir wissen kein besseres Mittel, den goldenen Mittelweg zu finden, als die Anfertigung einer Vegetationskarte; sie hilft uns, das Kleine ins Große einzuordnen und die Bedeutung der Einzelheit fürs Ganze zu erkennen.

2. Die Umwandlung der topographischen Karte zur pflanzensoziologischen Karte.

Es handelt sich nun darum, die topographische Karte zu einer pflanzensoziologischen Karte auszubauen. Unsere nächste Aufgabe besteht darin, die Vegetationstypen in Formationen und Assoziationen (nach *Schröters Terminologie*, 1902) zu scheiden: also z. B. die Wälder als Laub- und Nadelwälder und diese wieder als Buchen-, Eichen-, Erlen- bzw. Fichten-, Lärchen-, Arvenwälder zu kennzeichnen. Es geschieht dies am zweckmäßigsten durch bestimmte Farben und Zeichen, wovon später noch die Rede sein wird. Zunächst einige Beispiele:

Auf meiner Villacher Karte habe ich von Waldformationen ausgeschieden: Mischwald mit hellgrüner Farbe, wobei ich vorherrschende Buche (B), Fichte (F), Föhre (Fö) und Lärche (L) mit Buchstaben bezeichnete. Heute würde ich an Stelle der Buchstaben die *Rübelschen Zeichen* (s. S. 159) verwenden; Fichte und Föhre gemischt wurde durch grüne Farbe mit horizontalen Schraffen, Fichtenwald auf Urgestein durch dunkelgrüne Farbe, Föhrenwald durch braune Farbe mit horizontalen Schraffen, Erlenu und Haselformation durch gelbe Farbe, und zwar erstere durch ein eingesetztes E dargestellt.

In der schönen Arbeit von *W. Szafer, S. Kulczyński, B. Pawłowski, K. Stecki* und *M. Sokolowski* „Die Pflanzenassoziationen des Tatragebietes (III., IV. und V. Teil)¹⁾ finden wir die Wälder der unteren

¹⁾ Bulletin international de l'académie polonaise des sciences et des lettres. Classe d. sc. math. et nat. Série B. sc. nat. supplémentaire. 2. (Cracovie 1927).

Waldstufe grau mit vertikalen Schraffen, das Piceetum normale dunkelgrau, das Piceetum myrtilletosum hellgrau, das Pinetum mughi, das mit Recht zu den Wäldern gestellt wird (vgl. *Scharfetter*¹), dunkelblau mit horizontalen Schraffen bezeichnet.

Überaus belehrend ist die Karte (1 : 50.000), die *Dr. Emil Heß*²) seinen Waldstudien im Oberhasli (Berner Oberland) beigibt. Die in Farben prächtig hervorgehobene Scheidung der Laub- und Nadelwälder am Nord- bzw. am Südufer des Briener Sees gibt mir Anlaß, darauf hinzuweisen, daß die räumliche Verteilung der Formationen im Begleittexte der Karte ebenso zu besprechen ist, wie die der Vegetationstypen. Im vorliegenden Falle ist die Bedeutung der Exposition hervorzuheben. Ein anderes Mal fesselt uns die eigenartige Beschränkung des Laubwaldes auf die feuchten Schluchten mit ihrem ozeanischen Klimacharakter, wie dies sehr schön an den Osthängen der Koralpe zu sehen, wo die Hänge mit Fichtenwäldern bestanden sind, während in der feuchten Schlucht der Laßnitzklause bei Deutschlandsberg ein prächtiger Buchenwald entwickelt ist. Wieder in einem anderen Falle ist für die Trennung der Waldformation der Boden verantwortlich zu machen, wie die Verteilung der Waldformationen bei Villach zeigt, wo die Buchenwälder den Kalk, die Fichtenwälder das Urgebirge, die Föhrenwälder den Moränenschutt besiedeln.

Als letztes Beispiel einer Waldkarte (1 : 75.000) möchte ich die eben erschienene Waldkarte des mittleren steirischen Ennsgebietes von *Dr. H. v. Wißmann*³) heranziehen. Wir finden hier angegeben: Einzelbäume durch Punkte, lichtetes Gehölz durch schräge Schraffen, Wald durch Flächenfarbe, und zwar jedesmal die einzelne überwiegende Baumart durch eine besondere Farbe. Durch diese geschickte Differenzierung der Bestandesdichte, die besonders für Lärche und Zirbe durch ihre Auflockerung charakteristisch ist, erzielt *v. Wißmann* ein sehr sprechendes Kartenbild. Was die Farbengebung anbelangt, sind die Fichte grün, die Lärche gelb, die Zirbelkiefer braun, die Birke violett, die Kiefer grau, die Buche rot bezeichnet, Tannen, Eichengehölz, Eiben und Seveengebüsch sind durch besondere Zeichen angegeben.

Wir haben der Übersichtlichkeit wegen zunächst nur Beispiele für die Zerlegung des Vegetationstypus des Waldes in die einzelnen Waldformationen angeführt. Ebenso werden natürlich auch die

¹) *R. Scharfetter*: Beiträge zur Kenntnis subalpiner Pflanzenformationen. Öst. bot. Zeitschr. 1918. S. 89 ff.

²) *Dr. Emil Heß*: Waldstudien im Oberhasli (Berner Oberland). Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz. 13. (Zürich 1923).

³) *Dr. H. v. Wißmann*: Das Mittelrennstal. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. Herausgegeben von *Prof. R. Gradmann*. 25 Bde. H. 1. (Stuttgart 1927).

anderen Vegetationstypen in einzelne Formationen und Bestände (Bestandestypus, Subtypus, Facies und Einzelbestände) aufgelöst. Wie weitgehend diese Analyse sein kann, zeigen uns zwei Beispiele, die wir aus historischen Gründen wählen, da sie als die ersten Versuche von Formationskarten erschienen sind und eine große Zahl von Nachfolgern hatten, ohne daß man im Prinzip über diese Mustervorlagen hinausgekommen ist: ich meine die Karten von *Schröter* (1905) und *Drude* (1907).

C. Schröter: Das St. Antönierthal im Prättigau, in seinen wirtschaftlichen und pflanzengeographischen Verhältnissen. Landw. Jahrb. d. Schweiz. 9. (1905). Mit einer farbigen Karte in 1 : 50.000 mit folgender Legende (abgesehen von den durch die topographische Grundlage gegebenen Bodengestaltungen und den Lawinenzügen). 1. Weide, 2. Graslöser und Wildheuplänggen, 3. Matten (gemähte Wiesen), 4. Nadelwald (inklusive oberste Hochstämme mit Höhenquote), 5. Grünrelengebüsch (*Alnus viridis*), 6. Alpenrosen. Ferner sind mit blauen Zahlen von 0 bis 32 in ihrer Verteilung angegeben: 7. Alpenheide, 8. 29 verschiedene Wiesentypen, 9. Karfluren, 10. Geröllfluren, 11. Felsfluren.

In dieser Unterscheidung von 29 Wiesentypen haben wir ein Beispiel, wie weit ins Detail vorzudringen eine Karte im Maßstabe 1 : 50.000 gestattet.

O. Drude: Die kartographische Darstellung mitteleuropäischer Vegetationsformationen. Bot. H. f. Syst. u. Pfbzg. Ber. September 1907. Leipzig 1908, *Engelmann*. Mit 3 bunten Karten (Weinböhla, Zschirnsteine, Altenberg) im Maßstab 1 : 25.000. Kartenbild ohne Kurven und Schraffen. Dargestellt ist in Farben, farbigen Signaturen und Buchstaben folgendes:

1. **Formationen**: Buschwald mit Hainbuche; Eichenlaubwald; Buschwald mit Birkenhainen; Buchenhochwald; Fichtenwald der niederen Bergregion; Buschwald mit Fichte, Erle, Eberesche, Berghollunder; Fichte mit Buche und Tanne; Schluchtenwald aus Laub- und Nadelhölzern; Kiefernwald; Birkenwald; Kiefern und Birken auf dürrer Sand; Kiefern- und Fichtenwald der Niederung auf moorigem Boden; Kiefer und Birke im Laubbuschwald; Bachuferwald mit Weide und Erle; Berglaubwald; Bergfichtenwald mit *Eriophorum vaginatum*; oberer Fichtenwald; zerstreute Fichten; Bachschlucht in der oberen Fichtenregion mit *Mulgedium*, Sandfluren, Sandheiden; Bergtriften mit Riedgrasflur; lichte Haine auf Urfels; Felsschotter der Hügelformationen; montanes Basaltgeröll; Auwiesen; Talwiesen; Hügelwiese mit kurzem Gras; Übergang zum Binsenried; Auewiese der Bergregion; kurzgrasige Bergwiese; Torfwiese; Borstgraswiese; Hochmoor mit Sumpfkiefer; Heidemoor der Bergregion; Bergheide; Felsen und Geröllfelder der Bergregion mit Flechten; Schwimmpflanzen der Teiche; Röhricht- und Binsenbestände; Ried in der Bergregion;

2. **Kulturen**: Obst- und Gartenbau; Weinberge, Kulturfelder in horizontaler Schraffung in der ursprünglichen Formation entsprechenden Farben.

Etwas ausführlicher wollen wir die Arbeit von *Diels* „Beiträge zur Kenntnis des mesophilen Sommerwaldes in Mitteleuropa besprechen“¹⁾, weil sie uns durch Karte und Text ein Musterbeispiel gibt, wie die Analyse eines Vegetationstypus in engem Anschluß an die landschaftliche Gestaltung, in unserem Falle des Laubwaldes am Hangelstein in Hessen, soziologisch und kartographisch durchgeführt werden kann.

Diels unterscheidet im Laubwald des Hangelsteines fünf Varianten und bezeichnet sie als „Facies“²⁾, deren Verbreitung auf der Karte wiedergegeben ist.

¹⁾ *Diels*: Festschrift für *Carl Schröter*: Veröffentl. d. geobot. Inst. Rübel in Zürich. H. 3 (Zürich 1925).

²⁾ Wir würden diese Varianten lieber als Ortsvereine bzw. Nebentypen bezeichnen und das Wort „Facies“ im Sinne *Drudes* für die floristisch-geogra-

1. *Luzulafacies*. Die tiefste Höhenstufe des Gebietes, die unter 250 m liegt und daher in den Grenzen des Gebietes nur an der Südwest- und Südseite angetroffen wird, ist von der *Luzulafacies* eingenommen. Der herrschende Baum — über 90% des Bestandes — ist hier *Fagus silvatica*. . . .

2. *Gramineenfacies*. Nächst höher liegt die *Gramineenfacies*. Der Baumbestand ist hier gemengt aus *Fagus*, *Quercus sessiliflora*, *Carpinus betulus*, *Pirus torminalis*, *Acer campestre*, *Tilia cordata*. Stellenweise hat die Eiche die Vorherrschaft. . . . in den Grenzstrichen treten inselartig zerstreut einzelne Flecken auf, die als Vorposten der *Luzulafacies* zu betrachten sind. . . .

3. *Asarumfacies*. Von welcher Seite man zur Kammhöhe des Untersuchungsgebietes ansteigt, überall sieht man in der Nähe der 270-m-Linie den Artengehalt der *Gramineenfacies* sich bereichern und zugleich verändern. Die Gehölze werden noch zahlreicher. Unter den Bäumen tritt zwar *Fagus* zurück, streckenweise fehlt sie sogar. Aber *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus sessiliflora*, *Sorbus torminalis*, *Acer campestre*, *A. platanoides* und *A. pseudo-platanus*, *Tilia platyphyllos*, *Ulmus campestris* bilden einen schönen Mischwald. . . .

4. *Lithospermumfacies*. Auf der Südwestseite des Kammes und von dort auf dem Südhang tiefer herabziehend, ist bei ähnlichem Baumbestand wie in der *Asarumfacies* das Gepräge des Unterwuchses verändert durch den Eintritt mehrerer sonst fehlender oder ganz spärlich vertretener Arten: *Lithospermum purpureo-coeruleum*, *Viola hirta*, *Orchis mascula* usw. . . .

5. *Aconitumfacies*. Ein schmaler Streifen an der nordwärts gewandten Seite des Kammrückens entwickelt oberhalb der 270-m-Linie die ausgezeichnete *Aconitumfacies*. Unter den Bäumen treten hier *Fraxinus excelsior* und *Tilia platyphyllos* stärker hervor. . . .

Für jede *Facies* gibt *Diels* die Artenliste, für die *Lithospermumfacies* auch die Valenzliste des Krautwuchses und eine Schilderung der jahreszeitlichen Aspekte.

Wie die Karte lehrt, fährt *Diels* fort, sind von den fünf *Facies* drei „zyklisch“ angeordnet, zwei dagegen nicht. Dies hängt damit zusammen, daß die zyklischen zunächst bedingt sind durch edaphische Zustände, während die azyklischen auf lokalklimatischen Verhältnissen beruhen. Die edaphischen Zustände sind im Gebiete verschieden nach der Niveaulage, über die die Karte unterrichtet. Die Bedeutung der Böschung zeigt sich besonders klar auf der Nordseite, wo der obere Teil etwas steiler ist. *Diels* bespricht dann ausführlich, die Bedeutung der Böschung für Bodenbildung und den Zusammenhang dieser mit der *Faciesbildung*. Die geschilderte Abstufung, die zu einem erheblichen edaphischen Gegensatz zwischen den oberen Teilen der Gehänge und den unteren führt, kehrt an allen drei Flanken unseres Gebietes wieder. Dies veranlaßt die zyklische Folge von *Luzulafacies*, *Gramineenfacies* und *Asarumfacies* rings um den Bergvorsprung. Die beiden azyklischen *Facies* sind durch das lokale Klima bezeichnet. Dies folgt ohne weiteres aus ihrer Lage; die *Aconitumfacies* entspricht der genauen Nordlage, die *Lithospermumfacies* der Südwest- und Südlage.

Nach *Diels* (S. 308) ist man wohl berechtigt, in den dargelegten Zuständen der Vegetation am Hangelstein ein gutes Beispiel für den engen Kausalzusammenhang zwischen Standort und Vegetation zu sehen. „Trotz der Warnungen und Mahnrufe zur Vorsicht, die namentlich in *du Rietz'* „Methodologischer Grundlage“ erhoben sind, muß ich für die Vegetationskunde an der ökologischen Grundanschauung festhalten; auch bleibe ich über-

phischen Charaktergruppen der Assoziationen verwenden. Siehe die Anmerkung S. 90. *Drude* bezeichnet diese lokalen Varianten, welche die edaphischbedingten Ausprägungen einer einheitlichen Elementarassoziation darstellen, als „Ortsvereine“. Sie zeigen, daß auch eine Elementarassoziation Raum nötig hat zur Entfaltung ihrer ganzen soziologischen Kraft, welche durch die Lokalfloora beherrscht wird und deren „*Facies*“ zeigt. Siehe Beiträge zur Flora Saxonica in *Isis*. 1915. H. 2, S. 90. Dresden 1916; Ber. Freie Vereinigung Syst. Pflzg. Kiel 1925, *Feddes* Repertorium. 41. Beih. S. 38 (1926).

zeugt davon, daß die Wissenschaft bei ökologischer Einstellung zu einem immer tieferen Verständnis der Vegetation der Erde gelangen wird."

Selbst auf die Gefahr hin, mich zu wiederholen, möchte ich am Schlusse dieses Abschnittes noch einmal meine Ansicht klarlegen: Die in den modernen topographischen Karten ausgeschiedenen Vegetationstypen sind vom Pflanzegeographen zu übernehmen, ihre Verteilung in der Landschaft im Texte eingehend zu besprechen und in ihrer Abhängigkeit von den Oberflächenformen und dem Klima zu begründen, hierauf sind diese Vegetationstypen in kleinere Einheiten zu zerlegen. Welche Einheiten gewählt werden, ist im Grunde Sache der Anschauung und Auffassung und muß wohl den einzelnen Autoren überlassen bleiben. *Diels* bezeichnet in der oben besprochenen Abhandlung seine Unterabteilungen des Laubwaldes als „Facies“, „denn der Assoziation in gewöhnlicher Fassung erscheinen sie subordiniert, entsprechen aber in ihrem Wesen auch nicht dem Assoziationsbegriff der Phytosoziologen von Upsala — einem Begriff, dessen Brauchbarkeit für die Sommerwälder übrigens noch zu erweisen bleibt. Auch wie weit *Cajanders* Waldtypen unseren Facies vergleichbar sind, läßt sich noch nicht sagen". Soweit *Diels*; hier in dieser Studie über die Kartographie der Pflanzengesellschaften möchte ich fordern, daß die ausgeschiedenen kleineren Einheiten kartographisch festgelegt werden und ihre räumliche Verbreitung im Texte diskutiert wird, wobei die Beziehungen dieser Einheiten zum Standorte, d. i. die Ökologie dieser Einheiten, soweit es unsere derzeitigen Kenntnisse dieser verwickelten Zusammenhänge gestatten, herausgearbeitet werden müssen.

3. Die pflanzensoziologische Karte als pflanzengeographische Karte.

Nun gehen wir daran, unsere pflanzensoziologische Karte zu einer pflanzengeographischen Karte zu erweitern, d. h. zu einer Karte auszugestalten, die nicht nur die Pflanzengesellschaften des Gebietes darstellt, sondern auch noch weitere pflanzengeographisch wichtige Angaben enthält¹⁾. Dabei ist aber große Vorsicht am Platze, niemals dürfen weitere Eintragungen zu Überladung und Unübersichtlichkeit der Karte führen; das Wesentliche unserer Vegetationskarten ist und bleibt, die Verbundenheit der Pflanzengesellschaften (im weiteren und im engsten Sinne) mit der Landschaft darzustellen. In einzelnen Fällen aber fordert die Lage des Gebietes geradezu heraus, außer dem soziologischen Gesichtspunkte noch andere Gesichtspunkte zu beachten. Einige Beispiele sollen dies erläutern.

¹⁾ Häufig wird für solche Karten auch der Ausdruck „Geobotanische Karten“ gebraucht.

a) Floristische Angaben.

*Beck v. Mannagetta*¹⁾ hat seinen „Vegetationsstudien in den Ostalpen“ Vegetationskarten des Isonzotales (1 : 270.000) und des oberen Savetales (1 : 270.000) beigegeben. Dem Sinne der ganzen Arbeit entsprechend, die das Ineinandergreifen mehrerer Florenreiche und der für sie charakteristischen Pflanzengesellschaften zu verfolgen beabsichtigt, sind auch die Vegetationskarten gestaltet. Die mediterrane Flora wird durch eine rote Linie begrenzt, das massige Vorkommen der mediterranen Pflanzen rot schraffiert und das zerstreute mit roten Punkten angegeben. Deutlich hebt sich davon das Gebiet der illyrischen Flora ab. Eine braunrote Linie gibt die Grenze der geschlossenen Formationen an, von denen der Karstwald und die Karstheide durch vertikale braunrote Schraffen charakterisiert wird, Eichen und Edelkastanien durch schwarze Zeichen eingetragen sind, während die zerstreut vorkommenden illyrischen Pflanzen durch braunrote Punkte bezeichnet werden.

Blau ist für die mitteleuropäische Flora gewählt. Eine blaue Linie gibt uns die Voralpengrenze an; vertikal schraffiert ist in blauer Farbe der Rotbuchenwald, vertikal und horizontal blau schraffiert ist der Nadelwald mit Fichten, Tannen und Lärchen; schwarze horizontale Striche bezeichnen die Berg- und Voralpenwiesen, schwarze Ringe die Auen mit Pappeln und Weiden, eine besonders markierte Linie grenzt die Hochgebirgsformationen ab, während massige Alpenpflanzen und einzelne Alpenpflanzen durch blaue Zeichen vermerkt sind. Legföhren im Tale und in Dolinen sind durch schwarze Kreuze festgelegt. *Beck* entwirft durch diese Eintragungen ein ungemein übersichtliches und klares Kartenbild von dem verwickelten Aufbau der Flora und Pflanzengesellschaften des Gebietes.

Leider kann man nicht dasselbe sagen von der Vegetationskarte (1 : 75.000), die *Himmelbaur* und *Stumme*²⁾ ihrer Schilderung der Vegetationsverhältnisse von Retz und Znaim beigegeben. Hier wäre das Ineinandergreifen der pannonischen und mitteleuropäischen Vegetation darzustellen gewesen. Wahrscheinlich sind Gründe der Sparsamkeit maßgebend gewesen, so daß nur eine Farbe (rot) verwendet werden konnte. Die Florengebiete und deren Pflanzengesellschaften werden durch schräg rechts oder schräg links verlaufende oder sich kreuzende Schraffen angedeutet. Deutlich hervor tritt nur die Linie, die die Westgrenze des Ertragsweinbaues nach *Stumme* angibt.

¹⁾ *Beck v. Mannagetta*: Vegetationsstudien in den Ostalpen. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Klasse I (116. Abt. I [1907]), II (117. Abt. I [1908]), III (122. Abt. I [1913]).

²⁾ Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Österreichs XII. Abh. d. zool.-bot. Ges. in Wien. 14. H. 2 (Wien 1923).

Einzelne Kolonien von Pflanzen eines fremden Florengebietes können auf den Formationskarten eingetragen werden, ohne daß das Kartenbild gestört wird. So habe ich auf meiner Villacher Karte die Fundorte der alpinen Pflanzen in tiefen Lagen durch schwarze Ringe, das Vorkommen illyrischer Pflanzen durch schief gestellte Kreuze vermerkt. Ich glaubte durch solche Angaben den Wert der Karte für botanische Exkursionen zu erhöhen.

In mehreren Kartenskizzen habe ich¹⁾ 1907 versucht, die Verbreitung der Alpenpflanzen (und ihrer Florenelemente) in Kärnten darzustellen, um den relativen Artenreichtum der einzelnen Alpengruppen möglich klar vor Augen zu führen.

Es wurden die einzelnen Alpengruppen Kärntens scharf umrissen und in diese Umrisse die Zahl der alpinen Arten in Ziffern eingetragen. Es ließen sich so mit einfachsten Mitteln folgende Ergebnisse einer umständlichen Untersuchung veranschaulichen:

1. Die Zentralalpen sind in der Tauerngruppe an Alpenpflanzen reicher als die Südalpen;
2. die Artenzahl nimmt sowohl in den Zentralalpen als in den südlichen Kalkalpen, soweit dieselben Kärnten betreffen, von Ost nach West zu;
3. die Randpartien der Alpen sind daher an Alpenpflanzen ärmer als die zentralen Massen;
4. das arktische Florenelement ist in den Zentralalpen stärker vertreten als in den südlichen Kalkalpen;
5. Die Einwanderung des ostalpinen Florenelementes in die Zentralalpen (Gurktaler Alpen und Tauern) erfolgte nicht von Osten, sondern von Süden bzw. von Norden.

Meine damalige primitive Methode, die Artenzahl in Ziffern in die einzelnen Alpengruppen einzutragen, hat jüngst *Lüdi*²⁾ weiter ausgebaut, indem er für die Alpenpflanzenkolonien des Napfgebietes die Artenzahlen der einzelnen Gebirgsstöcke entweder von einem Kreis oder Quadrat umschließt (s. Fig. 5).

Er zeigt damit, wie sich die „Napfpflanzen“ der verschiedenen *Pflanzformationen* im Gebiete des zwischen Napf und Voralpen gelagerten Hügellandes verhalten. Die mit einem Kreis umschlossenen Zahlen gelten für die Arten der Felsfluren, der Frischwiesen, der Hochstaudenfluren, die mit einem Quadrat umschlossenen Zahlen andererseits für die Arten der Wälder, Gebüsche, Zwerggebüsche und Heidewiese. Auch die zu diesen Hauptgruppen zu stellenden subalpin-alpinen Arten, welche der Hauptkette des Napfes fehlen, aber in anderen Teilen des Berglandes auftreten, wurden berücksichtigt und durch kleine Kreise bzw. Quadrate, von denen jedes eine Art bedeutet, der Hauptgruppe angehängt.

¹⁾ *R. Scharfetter*: Die Verbreitung der Alpenpflanzen Kärntens. Mit 3 Kartenskizzen. Öst. bot. Zeitschr. Jg. 1907. Nr. 7, 8, 9.

²⁾ *Werner Lüdi*: Die Alpenpflanzenkolonien des Napfgebietes und die Geschichte ihrer Entstehung. Mitt. d. naturf. Ges. in Bern aus dem Jahre 1927. Bern 1928.

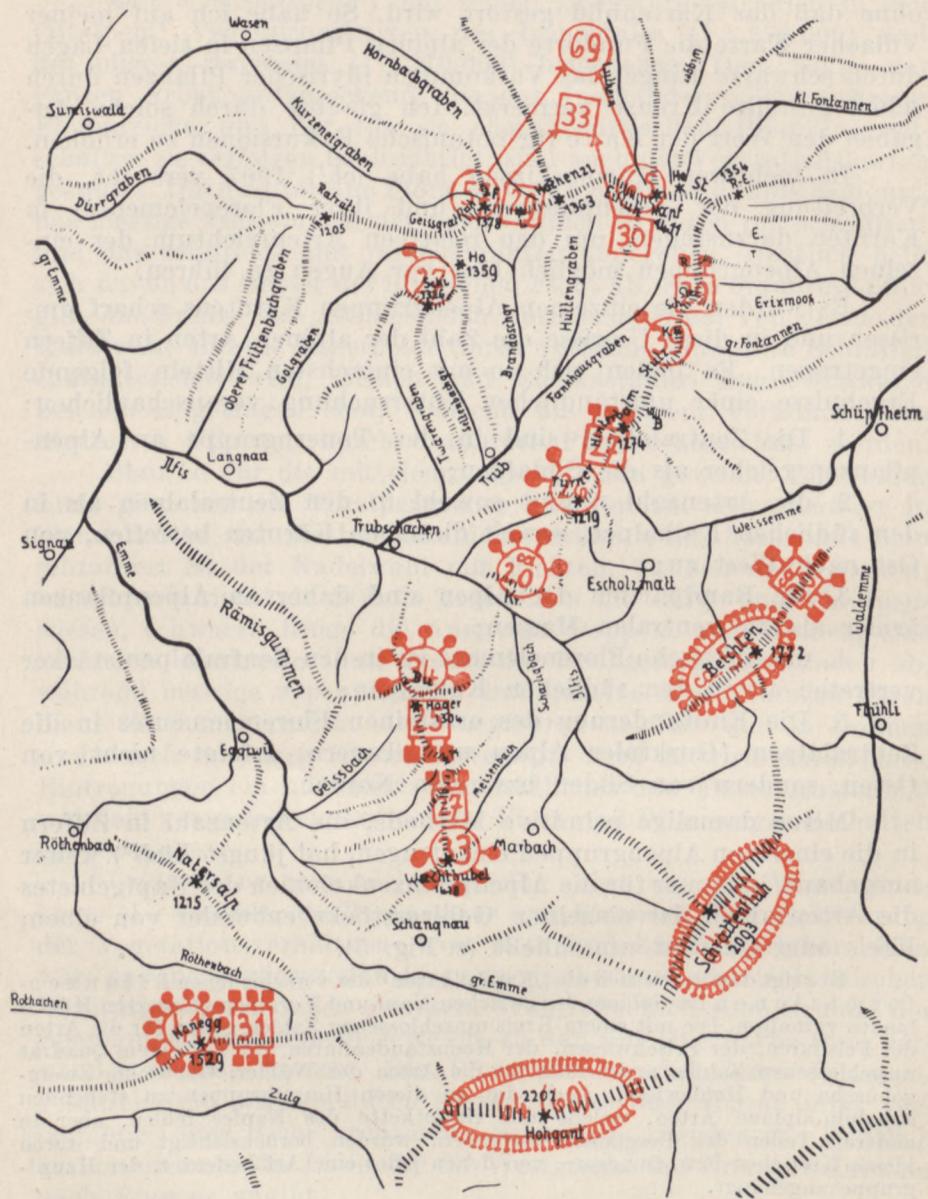



Fig. 5. Die Alpenpflanzenkolonien des Napfgebietes von W. Lüdi.
(Nähere Erläuterungen s. S. 137.)

Kartenskizze des oberen Emmegebietes.

Zeigt die Verbreitung der „Napfpflanzen“ in den zwischen der Napfkette und den Voralpen gelegenen Gebieten.

- subalpine Arten der $\left\{ \begin{array}{l} \text{Felsfluren} \\ \text{Frischwiesen} \\ \text{Hochstauden} \\ \text{Wälder und Gebirge} \end{array} \right\}$ der Hauptkette des Napfes.
- subalpine Arten der $\left\{ \begin{array}{l} \text{Zwerggebüsche} \\ \text{Heidewiesen} \end{array} \right\}$
-  dem Napf fehlende, in den südlichen Gebieten neu hinzukommende Arten.

A b k ü r z u n g e n :

B.	Brandsegg	L.	Lushütte.
Bu.	Buchenenhausfluh.	Pf.	Pfeifer.
E.	Enzischwand.	R.	Rathausenegg.
F.	Farnliesel.	R. E.	Romooser Enzi.
He.	Hengstfluh 1374.	Sch.	Schwesternboden.
Ho.	Hohmatt.	Schi.	Schinezgingen.
K.	Kampfenknubel 1264.	St.	Stächelegg.
Kr.	Kröschenbrunnen.	Ste.	Steinboden.
		T.	Tomesboden.

Durch diese Darstellungsmethode erreicht *Lüdi*, daß man mit einem Blicke die Hauptergebnisse seiner Studie umfaßt, daß nämlich die Arten der zweiten Gruppe (Wälder-Heidewiesen) ziemlich gleichmäßig durch das ganze Gebiet verteilt sind und gegen die Voralpen hin ein deutliches Anschwellen ihrer Artenzahl zeigen. Die Arten der ersten Gruppe (Felsfluren-Hochstaudenvegetation) dagegen sind nur im Gebiete der Hauptkette des Napfes gleichmäßig verbreitet, während nach Süden ein sehr starker Abfall auftritt, der als Verarmung beschrieben wurde. Die Zunahme auf den höheren Vorbergen (Rämisgummen, Honegg und Bäuchlen) erfolgt vorzugsweise durch das Auftreten neuer, von den Voralpen herstammender Arten, während eine größere Zahl von Napfpflanzen dort völlig fehlt. So tritt der Reliktcharakter der ersten Hauptgruppe scharf hervor.

Methodisch ist diese Karte von *Lüdi* dadurch interessant, daß sie die Florenelemente, die hier in ungewohnter Umgebung auftreten, nicht nur hinsichtlich ihrer geographischen Herkunft (als alpine und subalpine Elemente), sondern auch hinsichtlich ihrer Assoziationszugehörigkeit kennzeichnet: Die Assoziation erhält durch sie eine eigene floristische Facies.

Auch die Einwanderungswege der verschiedenen Florenelemente können kartographisch dargestellt werden, wie dies z. B. *Nägeli*¹⁾ für das Bodenseegebiet zeigt. Es muß natürlich von der

¹⁾ *Otto Nägeli*: Über die Ausstrahlungen der pontischen (sarmatischen) Florenelemente in der Nordostschweiz. Mit einer farbigen Kartenskizze. *Schröter-Festschr.* 1925. S. 553.

Bedeutung dieser Einwanderer für die Pflanzengesellschaften, die aus dem Texte ersichtlich sein muß, abhängen, inwieweit der Kartograph sich zur Eintragung solcher Angaben entschließt. Hierüber lassen sich keine Vorschriften machen.

*Drude*¹⁾ weist mit Recht darauf hin, daß die Pflanzenformationen in floristische Facies, die in den einzelnen geographischen Bezirken verschieden ausgebildet sind, gegliedert sind. „Aus Arealgründen kann eine bedeutungsvolle Formation eines irgendwie gearteten Florengebietes (sagen wir die Sommerlaubwälder des mittel- und nordeuropäischen Florengebietes) an ihren verschiedenen Stellen niemals arthomogen sein, kann also keine gleichen Assoziationslisten aufweisen.“ In der Vegetationskarte kann die floristische Facies zweckmäßig durch Buchstaben angedeutet werden.

b) Darstellung der die Verbreitung der Pflanzengesellschaften bedingenden Faktoren.

Besteht die Aufgabe des Kartographen zunächst darin, die Verbreitung der im Texte ausgeschiedenen Pflanzengesellschaften und ihrer Unterabteilungen objektiv, übersichtlich und eindeutig klar auf der Karte festzulegen, so werden doch auch Darstellungen von klimatischen, edaphischen und biotischen Faktoren, auf die sich die Verbreitung der Pflanzengesellschaften zurückführen läßt, auf der Karte Aufnahme finden können.

Durch die Eintragung der Pflanzengesellschaften in die Karte haben wir Grenzlinien derselben „Biochoren“ (*Koepfen*) aufgedeckt. Es war immer Aufgabe der Wissenschaft, sich mit der Angabe solcher Biochoren nicht zufriedenzugeben, sondern sie zu begründen. Es ist viel Arbeit darauf verwendet worden, Parallelen der Biochoren (Vegetationslinien) mit meteorologischen Linien herauszufinden. Im allgemeinen sind es „Schwellenwerte klimatischer Elemente“, deren mehr oder weniger genaue Übereinstimmung mit Biochoren festgestellt wurde. Es braucht wohl nicht ausführlich darauf hingewiesen zu werden, daß eine Biochore niemals mit einer Wärmelinie oder Niederschlaglinie zusammenfallen kann, weil die Biochore in ihrem Verlaufe stets die Resultierende eines Faktorenkomplexes ist. Immerhin aber kann ein Faktor dieses Komplexes — meist ist es der im Minimum vorhandene — einen Schwellenwert erreichen, unter oder über dem die Ausbildung der die Pflanzengesellschaft charakterisierenden Arten nicht mehr möglich ist. Der Schwellenwert dieses Minimum- oder Maximumfaktors wird dann, in Linienform dargestellt, in großen Zügen das

¹⁾ *Oskar Drude*: Die floristische Facies in der Assoziationsbildung. Rep. spec. nov. regni veg. Herausgegeben von *Fedde*: Beih. 41. (Berlin 1926).

Verbreitungsgebiet der betreffenden Pflanzengesellschaft begrenzen. Dabei ist aber zu beachten, daß die Biochore einer Pflanzengesellschaft, z. B. des Buchenwaldes, durchaus nicht in ihrem ganzen Verlaufe mit dem Schwellenwert ein und desselben Faktors Übereinstimmung zeigt; sie kann gegen Norden mit einem bestimmten Monatsmittel der Temperatur, gegen Osten mit einer bestimmten Niederschlagsmenge, im Süden mit einer Linie bestimmter Vegetationsdauer zusammenfallen, während im Westen historische Gründe für ihren Verlauf bestimmend sind.

Das soll aber nicht davon abhalten, auf der Vegetationskarte klar erkennbare Zusammenhänge zwischen klimatischen und edaphischen Linien einerseits und biotischen Linien andererseits festzuhalten.

Über die Verwendung klimatischer Linien zur Abgrenzung von Lebensbezirken sind vor allem die Arbeiten *Koeppens*¹⁾ zu beachten. Unter den „Wärmelinien“ haben sich als die bedeutendsten die Monatsmittel der Lufttemperatur des wärmsten und des kältesten Monats erwiesen. Als Beispiele verweisen wir mit *Schröter* (1910, S. 110) auf den Parallelismus der arktischen Baumgrenze, der Juliisotherme von 10° C und der 20 %igen Chamaephytenbiochore *Raunkiaers*, die *Gunnar Andersson*²⁾ kartographisch darstellt. Als sekundäre Scheidelinie hat sich die Schwelle der vier warmen Monate (mindestens vier Monate über 10° C) in den Mikrothermengebieten gezeigt; *Koeppen* trennt dadurch sein Eichen- vom Birkenklima.

Die Abgrenzung der ariden von der humiden Region (die „Dürrgrenze“) wird gewöhnlich durch die Isohyete von 25 cm vorgenommen [*Supan*³⁾ nach *Schröter*].

*Graebner*⁴⁾ verweist auf den Zusammenhang der Verbreitung der Heidegebiete Norddeutschlands und der Grenze der durchschnittlichen Regenhöhe von 50 cm.

*Braun-Blanquet*⁵⁾ sagt in seinen Studien über die Föhrenregion der Zentralalpentäler: „Das Zusammenfallen der Föhrenregion mit den Trockenoasen des Alpeninnern ist unverkennbar

¹⁾ *W. Koeppen*: Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Hettners Geogr. Zeitschr.* **1**. (Leipzig 1900); Die Klimate der Erde. Berlin und Leipzig 1923.

²⁾ *G. Andersson*: Zur Pflanzengeographie der Arktis. *Hettners Geogr. Zeitschr.* **33**. (1902). Mit 3 Karten.

³⁾ *Supan*: Die Verteilung der Niederschläge auf der Erdoberfläche. *Petermanns Mitt. Erg.-H.* **124**. (1898).

⁴⁾ *P. Graebner*: Die Heide Norddeutschlands. In *Engler und Pruden*: Die Vegetation der Erde. **1**. Leipzig 1901. Karte 1: 3.000.000.

⁵⁾ *J. Braun-Blanquet*: Die Föhrenregion der Zentralalpentäler insbesondere Graubündens in ihrer Bedeutung für die Florengeschichte. *Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges.* **98**. Jahresversammlung, Schuls 1916, II. Teil.

und offenbart sich schon beim ersten Blick auf die Regenkarte. Der gesamte Föhrenbezirk liegt innerhalb der Isohyeten von 50 bis 100 *cm* Jahresniederschlag. In den Trockengebieten mit bloß 50 bis 75 *cm* Regen gewinnt die Föhrenregion ihre beste Entwicklung." (S. 4.)

Nimmt man beim Studium dieser Arbeit die Regenkarte der Schweiz von *H. Brockmann-Jerosch*¹⁾ zur Hand, so springen die Föhrenbezirke der zentralalpiner Täler sofort in die Augen. *Brockmann-Jerosch* hat nämlich gewisse für die Vegetation wichtige Schwellenwerte durch Änderung der Grundfarbe herausgehoben, z. B. die Gebiete mit 60 bis 100 *cm* Jahresniederschlag gelb, von 100 bis 240 *cm* blau, 240 bis 300 rotblau, durch diese Farbgebung treten die trockenen Föhrenbezirke (gelb) ungemein deutlich hervor. Vgl. auch die Niederschlagskarte bei *Krebs*²⁾.

*Lämmermayr*³⁾ hat für den Murgau in den Ostalpen Inseln thermophiler Vegetation nachgewiesen, die innerhalb der Isohyete von 90 *cm* liegen. Die beigegegebene Karte ist für unsere Methodik pflanzengeographischer Karten auch deshalb bemerkenswert, weil die Isohyeten von 900 *mm* und 700 bis 800 *mm* auf einer durchscheinenden Auflagekarte dargestellt sind. Es würde sich empfehlen, diesem Beispiele zu folgen und auf der Hauptkarte die Pflanzengesellschaften mit Farben anzuzeichnen und eine durchscheinende Auflagekarte als „Faktorenkarte“ anzulegen. (Vgl. *Szafer*, 1927, *Troll*, 1926.)

Die Arbeiten *Braun-Blanquets* und *Lämmermayrs* zeigen, daß die Föhrenregion und die Gebiete thermophiler Pflanzen nicht von den Niederschlagsverhältnissen allein abhängen, sondern durch das Zusammenwirken von Niederschlag und Temperatur verursacht werden. *Brockmann-Jerosch*⁴⁾ hat in neuester Zeit ganz besonders die Bedeutung des Klimacharakters für die Verteilung der Vegetationstypen hervorgehoben und seiner Abhandlung eine Karte angefügt, die einen „Versuch einer Darstellung der klimatisch bedingten Formationsgruppen der Erde“ darstellt.

Methodisch von hohem Interesse ist eine Kartographie von Schweden, welche einerseits die Gefrier- und Auftauzeiten der Seen nach *Hilbrandson* und *Rundlund*, andererseits die Aufblüh-

¹⁾ *H. Brockmann-Jerosch*: Die Vegetation der Schweiz. I. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme. 12. (Zürich 1925).

²⁾ *Norbert Krebs*: Die Ostalpen und das heutige Österreich. Stuttgart 1928.

³⁾ *Ludwig Lämmermayr*: Studien über die Verbreitung thermophiler Pflanzen im Murgau in ihrer Abhängigkeit von klimatischen, edaphischen und historischen Faktoren. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse. Abt. I. 133. 7. und 8. H. (1924).

⁴⁾ *H. Brockmann-Jerosch*: Baumgrenze und Klimacharakter. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz. 6. (Zürich 1919).

zeiten von *Prunus Padus* mit der 11.4° Isotherme nach *Hult*¹⁾ darstellt (*Drude*: Deutschland usw. 1896, S. 455).

Die Länge der Schneebedeckung, Auftauzeiten, Aperzeiten, Schneelinie in den Alpen wären weitere Beispiele für Schwellenwerte, die von der Natur (nicht durch menschliche Instrumente) verzeichnet werden. Solche Linien haben für den Botaniker deshalb besonderen Wert, weil sie immer die Resultierende von Faktorenkomplexen sind, während die menschlichen Instrumente immer nur einen Faktor aus dem Faktorenkomplex herausgreifen und zur Darstellung bringen.

Als kombinierte Wirkung mehrerer klimatischer Faktoren sind die Höhengrenzen aufzufassen. Ihre kartographische Darstellung ist nach *Schröter*, 1910, S. 114, eine doppelte:

α) *Darstellung von Isohypsen von Klimafaktoren und biologischen Grenzen.*

*Brückner*²⁾ resümiert hier die in seinem geographischen Institut ausgeführten Untersuchungen über die Waldgrenze-, Schneegrenze- und Siedlungsgrenzeisohypsen in ihrer Beziehung zur Massenerhebung und zur Lage der Isothermen der Luft, die in Fig. 1 bis 6 seiner Abhandlung übersichtlich zusammengestellt sind. Es geht daraus die Hebung aller Grenzen mit der Massenerhebung hervor.

Von Einzelstudien mögen als pflanzengeographisch wichtige Arbeiten genannt sein:

E. Imhof: Die Waldgrenze in der Schweiz. *Gerlands Beitr. z. Geophys.* 4. H. 3 (Leipzig 1900). Mit Karte der Waldisohypsen.

J. Jegerlehner: Die Schneegrenze in den Gletschergebieten der Schweiz. Ebenda. 5. H. 3. Mit Karte der Isochionen.

H. Reishauer: Höhengrenzen der Vegetation in den Stubaier Alpen und in der Adamellogruppe. *Wiss. Veröffentl. d. Ver. f. Erdk. Leipzig* 1904.

R. Marek: Waldgrenzstudien in den österreichischen Alpen. *Mitt. d. geogr. Ges. Wien* 1905 und *Petermanns Mitt.* 1910. Erg.-H. Nr. 168.

V. Paschinger: Zur Kartographie der Höhengrenzen. *Kartogr. u. schulgeogr. Zeitschr.* 1. (1912).

M. Fritsch: Über Höhengrenzen in den Ortleralpen. *Wiss. Veröffentl. d. Ver. f. Erdk. Leipzig* 1895.

β) *Darstellung der Höhenstufen eines Gebirgslandes.*

Beispiele: *L. Adamovic*: Die Vegetationsstufen der Balkanländer. *Petermanns Mitt.* 1908. Mit drei Karten: Westbalkan, Stara Planina in 1 : 75.000, Kopaonikgebirge in 1 : 75.000, Rila Planina in 1 : 150.000; Kartenbild reduziert auf Gewässer und

¹⁾ *R. Hult*: Recherches sur les Phénomènes périodiques des plantes. *Soc. Roy. Sc. d'Upsal* 26. November 1879. *Upsala* 1881, *Berling*. Taf. III.

²⁾ *Ed. Brückner*: Höhengrenzen in der Schweiz. *Naturw. Wochenschr.* 20. 817 (1905).

wichtigste Siedlungen, bei der letztangeführten Karte außerdem noch Isohypsen von 300 zu 300 *m.* Die Hügelstufe, submontane, montane, voralpine, alpine und subnivale Stufe farbig, flächig angelegt; bei den beiden Karten 1 : 75.000 außerdem durch Zeichen angegeben: *Picea excelsa*, *Abies alba*, *Pinus silvestris*, *Fagus sylvatica*, Quercusarten, Buschwald, *Iuniperus nana*, *I. communis*, *Alnus viridis*, *Bruckenthalia spiculiflora*, Vacciniumarten, Wiesen, Matten, Felstriften, Sumpfwiesen, Moore, Runsenformationen, Felsen, Schutt und die Baumgrenze.

L. und *M. Gortani*: (Flora Friulana) geben auf der Karte ihres Gebietes eine Regioneneinteilung und unterscheiden eine 1. mediterrane, 2. padanische, 3. montane, 4. subalpine und alpine Region. Außerdem werden durch Ringe die mediterranen Relikte, durch Kreuze die Glazialdelikte angegeben. Da im Texte die einzelnen Regionen z. B. die padanische Region als Region der Eichenwälder, die submontane als die der Eiche und Kastanie, die montane als Buchenregion charakterisiert wird usw., so ist die Karte als eine Übersichtskarte der Vegetationsverhältnisse in größten Umrissen zu werten.

Es wäre vielleicht anzuregen, daß in Gebirgsländern solche Karten mit den Höhenstufen als Übersichtskarten in Schwarz-Weiß¹⁾ im Text beigegeben werden und mit einer scharfen Figur der Ausschnitt angegeben würde, den die Formationskarte im Detail darstellt.

Ein besonders interessantes Beispiel, die Höhenstufen abzugrenzen, müssen wir noch anführen. *Beck v. Mannagetta*²⁾ führt aus, daß die oberen Grenzen der Bergregion durch das gesellschaftliche Auftreten von Voralpengewächsen genau festgelegt werden kann. „Letztere sind nun nicht an eine Höhenquote gebunden, sondern siedelten sich nach Maßgabe der örtlichen Verhältnisse dort an, wo dieselben die zu ihrer Erhaltung notwendigen klimatischen Verhältnisse, namentlich reichere Niederschlagsmengen vorfanden.“ Für das dem Wiener Schneeberg vorliegende Gebirgsland hat *Beck* an der Hand zweier verbreiteter Voralpenpflanzen (*Helleborus niger* und *Gentiana Clusii*) die Feststeckung der oberen Grenze des Berglandes bzw. die der unteren Grenze der Voralpenregion durch Begehung des Terrains durchgeführt.

Je mehr sich die Überzeugung Bahn bricht, daß die Biochoren, d. h. die Grenzlinien der Verbreitungsareale von Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften durch einen Faktorenkomplex verursacht sind, desto unbefriedigender müssen alle Versuche sein,

¹⁾ Vgl. *R. Scharfetter*: Die Pflanzendecke Friauls. Mit Karte 1 : 250.000. Carinthia. 2. (1909).

²⁾ *v. Beck*: Flora von Hernstein. S. 57 bis 59, und Flora von Niederösterreich. II. Hälfte, 2. Abt. S. 16 (1903).

sie auf einen oder mehrere E i n z e l f a k t o r e n zurückzuführen. „Die Pflanze selbst ist immer noch der beste registrierende Apparat für die Wirkung klimatischer Faktoren.“ (*Schröter*, 1910, S. 109.) Man registriert daher das Verhalten der Pflanze selbst, wie es sich in Reaktion auf die wechselnden klimatischen Faktoren im Laufe eines Jahres als „Phänophasen“ im Austreiben, Belaubung, Blütezeit, Samenreife, Laubfall usw. kundgibt, und gewinnt so ein vorzügliches Mittel zur Beurteilung der Faktoren in ihrer Gesamtheit. „Sie — die Phänologie — hat dort einzugreifen, wo die Klimatologie durchweg versagt: nämlich bei der Bestimmung der für jeden Standort maßgebenden Gesamtökologie. Damit wird die Phänologie ein vollwertiges Mittel der ökologischen Forschung.“ [*Gams*¹) S. 360.]

Die Phänologie hat einmal eine theoretische, die Beziehungen der Vegetation zum Klima ins Auge fassende Richtung, dann aber auch eine praktisch-geographische, welche die tatsächlich vorkommenden Verschiedenheiten in der zeitlichen Vegetationsentwicklung benachbarter Gebiete verarbeitet. In der Kartographie aber liegt insofern wieder ein wichtiges Mittel zur Verbindung der theoretisch-physiologischen mit der geographischen Richtung, als es darauf ankommen muß, phänologische Provinzen mit klimatischen zu vergleichen, bestimmte schärfere Grenzwerte der Temperatur samt Insolation und Extremwerte zurückzuführen, überhaupt also nicht unabhängig nebeneinander hergehende Kartenbilder, sondern solche zu gewinnen, in denen die meteorologischen Resultate, mit denen der phänologischen Aufzeichnungen im causalen Verhältnisse vereinigt sind (*Drude*²).

Als Beispiele phänologischer Karten seien angeführt:

Drudes Karte der Frostdauerperiode und Terminzahlen des Einzuges mittleren Frühlings (Frühlingshauptphasen). Karte 4 in Deutschlands Pflanzengeographie.

H. Hoffmann: Vergleichende phänologische Karte von Mitteleuropa. Mit bunter Karte in 1 : 3,700.000. *Petermanns Mitt.* 27. Gotha 1881.

M. Staub: Phänologische Karte von Ungarn. Bunte Karte in 1 : 6,000.000. *Petermanns Mitt.* 23. Gotha 1882.

O. Drude: Die Kulturzonen Sachsens. Mitt. d. Ök. Ges. im Königreich Sachsen 1892 mit phänologischer Karte der Frühlingseinzugstage in Sachsen.

E. Ihne: Phänologische Karte des Frühlingseinzuges im Großherzogtum Hessen. Zweite, neu bearbeitete Auflage. Mit ausführlicher Erläuterung und mit Behandlung einiger Beziehungen zwischen Phänologie, Landwirtschaft und Obstbau. Mit 7 Karten. Darmstadt 1911.

E. Ihne: Karte der Gebiete Deutschlands mit Getreidefrühernte (Frühdruschbezirke). Darmstadt 1918.

Auf die praktische Bedeutung der Phänologie für die Landwirtschaft kann hier nicht eingegangen werden. Nur so viel sei

¹) *H. Gams*: Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich. 63. (1918).

²) *O. Drude*: Deutschlands Pflanzengeographie. Stuttgart 1896. S. 449.

angedeutet, daß die Phänologie, die in moderner Auffassung als Lehre von der Periodizität des Pflanzenlebens zu bezeichnen ist¹⁾, für die Ökologie der Pflanzengesellschaften in Zukunft eine wichtige Rolle spielen wird.

Wir wollen hier nur ein paar Arbeiten nennen, die für die neue ökologische Richtung der Phänologie wichtig sind:

L. Diels: Das Verhältnis von Rhythmik und Verbreitung bei den Perennen des europäischen Sommerwaldes. Ber. d. Deutsch. bot. Ges. **36**. H. 6 (1917).

O. Drude: Die Ökologie der Pflanzen. Braunschweig 1913. S. 147 ff.

R. Scharfetter: Klimarhythmik, Vegetationsrhythmik und Formationsrhythmik. Öst. bot. Zeitschr. **1922**. S. 153 bis 171. Es wird unter anderem gezeigt, daß die wichtigsten einheimischen Pflanzenformationen (Laubwald, Moor, Wiese und Acker) ihren Formationselementen keine der mitteleuropäischen Klimarhythmik parallel laufende Vegetationsrhythmik gestatten.

H. Gams: Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Abschnitt 6. Die Bedeutung der phänologischen Aspekte. Die natürlichen Höhenstufen der Gebirge sind durch die Verteilung der Aspekte bedingt. Die zur Begrenzung der Höhenstufen benutzten Arten und Gesellschaften müssen solche sein, die für die maßgebenden Aspekte charakteristisch sind. Sämtliche Klimagruppen *Raunkiaers* können ebensogut wie durch die Lebensformen allein durch die Aspektfolge charakterisiert werden. Die besten Biochoren werden nicht aus den Arealgrenzen einzelner Lebensformenklassen erhalten, sondern aus den Arealgrenzen der Aspekte.

Drude hat 1907²⁾ zuerst versucht, auf seinen Vegetationskarten in großem Maßstabe phänologische Angaben einzutragen. Er ging dabei davon aus, daß die Kulturformationen, die in der Regel auf den Formationskarten weiß belassen werden, doch hinsichtlich ihrer klimatischen Verhältnisse charakterisiert werden sollten. In Altenberg, im Elbesandsteingebirge und bei Weinböhla, den drei Kartenbeispielen *Drudes*, wechseln die klimatischen Verhältnisse und mit ihnen die Art des Wirtschaftsbetriebes, Zeit der Saat und Ernte, Möglichkeit und Unmöglichkeit für den Anbau dieser oder jener Pflanze (man denke an Zuckerrübe, Mais, Braugerste, Tabak, Hopfen, Lein, perennierende Gräser im Wechsel mit Sommerkorn usw.) und nicht am wenigsten auch in Abhängigkeit von der Länge der Vegetationsperiode die Reichhaltigkeit der Ernte, die Güte der Saatware von dieser und jener Kulturpflanze.

„Dies alles“, sagt *Drude* 1907, S. 5, „könnte zu einem recht komplizierten System von Feldbausignaturen nach Boden- und Klimaklassen führen, welche solche pflanzengeographische Karten auch sehr wichtig zur Beurteilung landwirtschaftlicher Verhältnisse im Anschluß an bestimmte natürliche Pflanzenformationen machen könnten.“ Vorderhand deutete er dieselben aber nur durch letztere und

¹⁾ *H. Schrepfer*: Das phänologische Jahr der deutschen Landschaften. Geogr. Zeitschr. **1923**. H. 4; Begriff, Methode und Aufgaben der Pflanzenphänologie. Das Wetter. Berlin 1924. H. 5/6; *Werneck-Willingrain*: Versuch einer neuzeitlichen Gliederung der angewandten Phänologie. Angew. Bot. **9**. H. 2 (1927); *E. Werth*: Die Klima- und Vegetationsbezirke Deutschlands mit 2 Karten. Mitt. aus d. Biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. H. 28. Berlin, *Parey* und *Springer* (Juli 1926)

²⁾ *O. Drude*: Die kartographische Darstellung mitteldeutscher Vegetationsformationen. S. 5.

durch eingedruckte Zahlen über die Zeit des Frühlingsinzuges, die Länge der Vegetationsperiode und ungefähre Erntezeiten, unter Voranstellung der Roggenernte (Winterkorn, im Gebirge Sommerkorn) an.

Die Eintragungen sind mit roter Farbe gemacht und wirken allerdings zunächst befremdend (vgl. Blatt Altenberg: Die vielen Buchstaben und Zahlen bei Rehefeld), aber nicht störend. Ihre praktische Bedeutung für die Beurteilung des Pflanzenlebens der gesamten Landschaft ist aber so groß, daß wir ungern auf sie verzichten würden. Wir würden allerdings vorziehen, daß klimatische und phänologische Angaben in Form von Linien (Isothermen, Isohyeten, Linien gleichen Frühlingsanfanges, gleicher Vegetationsdauer, gleicher Erntezeit, gleicher Aperatur usw.) eingetragen würden. Solche Linien würden das Kartenbild nicht stören; sie dürfen freilich nur in geringer Zahl verwendet werden und nur zur kartographischen Darstellung wirklich bedeutungsvoller Erkenntnisse verwendet werden. Wir denken dabei auch an durchsichtige Auflagekarten (s. S. 140).

Die Bedeutung der phänologischen Aspekte würde es rechtfertigen, ihre kartographische Darstellung mit der Assoziationsdarstellung in Verbindung zu bringen und den Versuch zu machen, eine Assoziationsphänologische Karte eines Gebietes zu entwerfen. *Drude* entwickelt hierfür (brieflich 1928) folgende Idee, die mir sehr beachtenswert erscheint: in einem Gebirgslande (Alpen, Sudeten, Tatra) zeigt in verschiedener Farbengebung mit dem Stichtag 1. Juni die Karte in der Hügeregion die Obstbäume defloriert usw., in der Bergregion das Fagetum im Vollaub blühend, oberhalb etwa 1500 m Laricetum in BO (Nadelentfaltung), darüber Schneedecke — Winterruhe. Eine zweite Karte derselben Gegend im selben Maßstab mit Stichtag 1. August würde bis zur Vegetationsgrenze den sommerlichen Zustand (der für oben gleichzeitig Frühling bedeutet) mit guten Marken bezeichnen können.

Man könnte, wie ich meine, auch den Versuch machen, die Farbengebung der einzelnen Formationen auf der Karte an die Farbe anzupassen, den die betreffende Formation in der Natur an einem bestimmten Stichtag zeigt. Das Kartenbild würde dann fast zu einem Gemälde der Landschaft, was vom geographischen Standpunkt aus wertvoll wäre. Ich denke mir eine Landschaft der mitteleuropäischen Berg- und Hügeregion in zwei Aspekten dargestellt:

Frühling: Nadelwald (dunkelgrün), Laubwald (grau, Buchenstämme), Moore (braun), Äcker (saftgrün), Bergregion (weiß, Schnee).

S o m m e r: Nadelwald (dunkelgrün), Laubwald (hellgrün), Moore (braun mit weißen Punkten, Eriophorum), Äcker (gelb), Bergregion (saftgrün).

Durchsichtige Auflagekarten können auch für die petrographischen, bodenkundlichen und geomorphologischen Angaben verwendet werden. Wir haben hier schöne Vorbilder in *W. Troll*¹⁾ Waldkarte vom Gebiete des Isarvorlandgletschers (1 : 200.000).

Es sind dort ausgeschieden Buchenwald (grün), Eichen- und Eichenmischwald (rot), Fichtenwald (blau), Buchen-Fichten-Mischwald (violett), Föhrenwald (braun), Auenwald (gelb). Die geologisch-morphologische Übersicht scheidet auf durchsichtigem Papier im selben Maßstab aus: Altmoräne und Hochterrasse, Endmoränen des Wärmgletschers, Drumlin und Äsar, Grenze der Niederterrasse, jüngere Täler in der Niederterrasse, Molasse, Nordrand der Alpen, Südrand des tertiären Hügellandes. Aus dem Text und den beiden Karten ergibt sich, daß die Eiche die weiten Niederterrassenfelder der Münchener Ebene einnahm. Eine Modifikation der Eichenwälder sind die moornahen Auwälder, die als „Lohgürtel“ den Rand des Dachauer, Erdinger und Maisacher Moores umsäumen. Der Eichenlandschaft der Niederterrasse steht gegenüber die Buchenlandschaft des Moränenhügellandes, sowohl der Alt- als auch der Jungmoränen. Die Drumlinfelder gehören zur Grundmoränenlandschaft, die wie das ganze Molassegebiet reich ist an Mooren und feuchten, sumpfigen Niederungen. In letzteren hat die Fichte sicher von jeher dominiert, weil sie hier vor der Konkurrenz von Buche und Tanne geschützt war. Eine Ausnahme von der allgemeinen Art der Bestockung der Drumlinfelder machte das Eberfinger Drumlinfeld mit seinem nördlichen Teil und die ihm in Osten angelagerte Randterrasse mit den Äszügen. Hier konnte sich die Föhre bis heute halten. Ihre bedeutendste Entwicklung aber hat die Föhre auf den postglazialen Flußschottern erfahren. Die vier Schotterzungen der Münchener Ebene, die Pasinger, Münchner, Perlacher und Harthäuser Schotterzunge, trugen und tragen zum Teil heute noch Heidegebiete, in denen die Föhre Wälder bildet.

„Was die Einzelbehandlung schon lehrte, geht aus dieser kurzen Übersicht noch einmal hervor: nämlich, daß sich die Verbreitung der Wälder im Gebiete des Isarvorlandgletschers sehr gut geologisch-morphologisch charakterisieren läßt, wenn man von Fichte, Tanne und Eibe absieht, deren Auftreten klimatisch und durch Konkurrenzfaktoren bedingt ist.“ (*Troll*: S. 129.)

Weniger herausgearbeitet sind die Zusammenhänge zwischen Boden und Pflanzengesellschaften auf den beiden Karten der polnischen Westtatra vom Kościeliska Tale bis zum Krokiewrücken von *W. Szafer*, *S. Kulczyński*, *B. Pawłowski*, *K. Stecki* und *M. Sokolowski*²⁾. Die Auflagekarte, als topographische Karte bezeichnet, enthält nur die Höhenschichtlinien, Höhenzahlen und Namen der Ortschaften und Gewässer, offenbar um die phytologische Karte von diesen Einzeichnungen zu entlasten.

Naheliegend ist der Versuch, eine farbige geologische oder noch besser eine bodenkundliche Karte zur Grundlage zu nehmen und die auf den Bodenarten auflagernden Pflanzengesellschaften auf der durchsichtigen Auflagekarte zur Darstellung zu bringen. *Lämmermayr*³⁾ hat auf diese Weise sehr klar den Zusammenhang

¹⁾ *W. Troll*: S. 81.

²⁾ Siehe Literaturangabe S. 98.

³⁾ Siehe Literaturangabe S. 140.

der Bodenunterlage (alkristalliner Marmor, Kalkschiefer, Serpentin usw.) mit den Standorten der thermophilen Pflanzen im Murgau zum Ausdruck gebracht.

Eines interessanten Versuches, geologische, geomorphologische und pflanzengeographische Beobachtungen auf einem Bilde so zu vereinigen, daß ihre Anordnung dem Kartenbilde entspricht, müssen wir noch gedenken. *Robert Mayer*¹⁾ hat eine Profiltafel des Neumarkter Gebietes entworfen, die aus einem geologischen Bande besteht, über dem ein Streifen gezeichnet ist, der den Umriß der Oberflächenform darstellt und die Bezeichnungen der Pflanzenformation trägt.

Die Idee als solche ist jedenfalls sehr beachtenswert, wenn auch infolge der komplizierten Verhältnisse des Gebietes die Profiltafel wenig instruktiv wirkt. Auch müßte zwischen dem geologischen Bande und dem geomorphologisch-pflanzensoziologischen Bande ein bodenkundliches Band, das insbesondere auch die wechselnde Dicke der Verwitterungsschicht zur Anschauung bringt, eingeschaltet werden. Dem in den Alpen an der Kartierung der Pflanzengesellschaften arbeitenden Forscher kann das Studium dieser Bandprofile warm empfohlen werden. Eine geschickte Vervollkommnung des von *R. Mayer* gegebenen Versuches kann zu sehr lehrreichen Ergebnissen führen.

4. Die technische Ausführung der Karte.

a) Der Maßstab der Karte.

Wir haben früher ausgeführt, daß in den meisten Fällen die pflanzensoziologische Karte in der Weise entsteht, daß eine gute topographische Karte ausgewählt und in diese die Verbreitung der Pflanzengesellschaften eingetragen wird. Daß das Gelände und die Pflanzengesellschaften in enger Korrelation stehen, mag von Pflanzengeographen, die die Einheiten der Pflanzengesellschaften nur auf die genaue Analyse des Artenbestandes aufbauen, als nebensächlich vernachlässigt werden: Bei Ausführung der Vegetationskarte kommen diese wichtigen Beziehungen doch immer wieder zur Geltung. Es muß daher eine topographische Karte zur Grundlage gewählt werden, die das Gelände möglichst klar zum Ausdruck bringt; ob dies durch Höhenschichtlinien oder Schraffen geschieht, ist gleichgültig. Ich halte es also für das Wesentliche einer guten pflanzensoziologischen Karte, daß sie auf den ersten Blick die organische Verbundenheit von Pflanzengesellschaft und Ortstopographie zum Ausdruck bringt. Ich kann es daher nicht billigen, wenn auf pflanzensoziologischen Karten, die durch Schraffen angezeigte Topographie, ja oft sogar die Höhenschichtlinien weggelassen werden. Es liegen dann einzelne Farbflecke welche die Pflanzengesellschaften darstellen, unmotiviert neben-

¹⁾ *Robert Mayer*: Die Talbildung in der Neumarkter Paßlandschaft und die Entstehung des Murtales. Mit 2 Kartenbeilagen. Mitt. d. nat. Ver. f. Steiermark. 62. (1926).

einander, während sie auf guter topographischer Grundlage zu einem harmonischen Bild sich vereinigen.

Man vgl. z. B. die Vegetationskarte der Eisenerzer Alpen von *Nevole*¹⁾ und die sonst vorzüglichen pflanzensoziologischen Karten der Pienninen von *St. Kulczyński*²⁾ und der Tatra von *B. Pawłowski*³⁾ einerseits und die auf der topographisch vorzüglichen Doufourkarte aufgebauten Schweizer Vegetationskarten andererseits.

Was den Maßstab anbelangt, so müssen wir bei der Wahl desselben immer vor Augen haben, daß die Karte die Wechselbeziehung zwischen Raum und Pflanzengesellschaft zu veranschaulichen hat. Wir müssen also auf beide Teile Rücksicht nehmen. Was den Raum anlangt, ist die Mannigfaltigkeit der Oberflächenformen für die Wahl des Maßstabes bestimmend; denn eine ausgedehnte Ebene von einförmig geologischem Bau und ein tiefzerteiltes Gebirgsland, in petrographisch verschiedene Schichten eingeschnitten, bieten den Pflanzen eine sehr verschieden große Zahl von Standorten, die von wechselnden Pflanzengesellschaften besetzt sind. Dort können wir vielleicht nur trockenere und feuchtere Stellen unterscheiden, während hier alle Abstufungen von Ebene bis Steilhang, Fels, Gerölle, Sand, Kalk und Urgestein auf kurzer Strecke in mannigfaltigstem Wechsel auftreten. In ersterem Falle wird eine Karte mit kleinem, in letzterem Falle mit größerem Maßstab zu wählen sein. Ebenso sehr aber wird die Wahl des Maßstabes von der Gliederung der Vegetation in Assoziationen, Formationen, Vegetationstypen usw. abhängen.

Betrachten wir zuerst die Kartographie der Pflanzengesellschaften in kleinem Maßstabe, also die Übersichtskarten, die uns mit der Pflanzendecke weiter Gebiete bekanntmachen sollen. Die von *Engler* und *Drude* herausgegebene Sammlung pflanzengeographischer Monographien „Die Vegetation der Erde“⁴⁾, liefert uns eine reiche Auswahl von Karten. Zunächst eine kurze Übersicht der Maßstäbe, die dort zur Anwendung kommen.

Bd. I.	<i>Willkomm</i> : Iberische Halbinsel	. 1: 6,000.000	(2 Karten)
„ II.	<i>Pax</i> : Karpathen, Bd. 1	. . . 1: 2,800.000	
„ III.	<i>Radde</i> : Kaukasusländer	. . . 1: 4,500.000	(3 Karten)
„ IV.	<i>Beck</i> : Illyrien	. . . . . 1: 1,500.000	
		1: 2,000.000	(?)
„ V.	<i>Graebner</i> : Heide Norddeutschl.	. 1: 3,000.000	

¹⁾ *J. Nevole*: Eisenerzer Alpen. Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Österreich. Abh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien.

²⁾ *St. Kulczyński*: Exkursionsführer durch die Pieniny. V. I. P. E. 1928, Guide des excursions en Pologne. 4.

³⁾ *B. Pawłowski*: Guide de l'excursion botanique dans les monts Tatras. V. I. P. E. 1928, Guide des excursions en Pologne. 1.

⁴⁾ *A. Engler* und *O. Drude*: Die Vegetation der Erde. Leipzig. Bisher sind 15 Bände erschienen.

Bd. VI.	<i>Drude</i> : Hercynischer Florenbez.	1: 1,500.000	
„ VII.	<i>Diels</i> : Australien	1:27,000.000	
„ VIII.	<i>Reiche</i> : Chile	1: 7,500.000	
„ IX.	<i>Engler</i> : Afrika	1: 6,000.000	(3 Karten)
		1: 2,500.000	
„ X.	<i>Pax</i> : Karpathen, Bd. 2	1: 2,750.000	
„ XI.	<i>Adamovic</i> : Balkanländer	1: 750.000	(2 Karten)
		1: 150.000	
		1: 74.000	
„ XII.	<i>Weberbauer</i> : Peruanische Anden	1:10,000.000	
„ XIII.	<i>Harshberger</i> : Nordamerika	1:40,000.000	
„ XIV.	<i>Cockayne</i> : Neuseeland	1: 5,500.000	
	Regenkarte (I); Botanische Distrikte (II)		
„ XV.	<i>Herzog</i> : Bolivische Anden		Florenkarte v. Bolivia (I); Vegetationskarte 1:2,200.000 (II)

Wir ordnen diese Karten nach den Maßstäben in mehrere Gruppen und besprechen kurz, wie die einzelnen Autoren die Pflanzendecke ihres Gebietes darstellen.

1. Maßstab 1 : 10,000.000 bis 40,000.000.

Diels: Australien 1 : 27,000.000; acht farbige Ausscheidungen, durchwegs *Vegetationstypen*: Tropischer Regenwald, subtropischer Regenwald, Sklerophyllenwald, Savannenwald, Savanne, Mulga Skrub, Brigalow Skrub, Malle Skrub oder Sandheide, Wüsten.

Harshberger: Nordamerika 1 : 40,000.000; 33 farbige Ausscheidungen, davon 16 Waldregionen (grün in verschiedenen Abtönungen und Schraffen), 23 Vegetationslinien.

2. Maßstab 1 : 3,000.000 bis 10,000.000.

Willkomm: Iberische Halbinsel. Es werden acht Steppengebiete ausgeschieden, also nur bestimmte Vegetationstypen herausgegriffen. Ferner Vegetationslinien.

Radde: Kaukasusländer, 1 : 4,500.000; zehn farbige Ausscheidungen ohne an bestimmten Einheiten, die bald Florengebiete, bald Zonen, bald Formationen darstellen, festzuhalten. Im ganzen eine *Regionenkarte*.

Graebner: Heide Norddeutschlands, 1 : 3,000.000. Die Heidegebiete (gelb) werden herausgegriffen (vgl. *Willkomm*), Vegetationslinien, Isohyete 50 cm.

Reiche: Chile, 1 : 7,500.000. Areale und Verbreitungsgrenzen ausgewählter Gattungen und Arten; farbige Areale von fünf Arten, Süd- oder Nordgrenzen von 20 Arten. Die pflanzengeographische Einteilung des Landes. Nördliches Gebiet mit vier Bezirken, mittleres mit sechs, südliches Gebiet mit sieben Bezirken in Farben.

Engler: Afrika, 1 : 6,000.000; Vegetationskarten von Deutsch-Ostafrika mit 13 Formationen, von Deutsch-Südwestafrika mit 23, von Kamerun mit 13 Formationen in Farben mit vielen Zeichen, Nebel- und Höhenwald, sowie Hochgebirgsregionen (rot, rot mit Schraffen) treten besonders deutlich hervor.

Weberbauer: Peruanische Anden, 1: 10,000.000. Vegetationslinien; in größerem Maßstabe ohne Zahlenangabe, die Verteilung der wichtigsten Vegetationsformationen in drei Teilgebieten mit elf Ausscheidungen.

3. Maßstab 1 : 2,200.000 bis 3,000.000.

Pax: Karpathen, 1 : 2,750.000, die wichtigsten Vegetationslinien der Karpathenflora.

Engler: Togo, 1 : 2,500.000 mit elf Formationen; viele Zeichen in den Grundfarben.

Herzog: Ostkordillere, 1 : 2,200.000 mit zehn in schwarzer Schraffur und Signaturen sehr prägnant unterschiedenen Formationen.

4. Maßstab 1 : 1,500.000.

Drude: Hercynia, Bezirkseinteilung, Verbreitung bestimmter Genossenschaften; Nordgrenze von Edeltanne und Fichte. Grenzlinien charakteristischer Genossenschaften, z. B. kalkliebender Hügelpflanzen, Hauptbezirke der selteneren Arten der pontischen Genossenschaft.

Beck: Illyrien; für jedes Florenreich eine Grundfarbe: blau (mediterranes Florenreich) mit vier Formationen in Farbentönen, gelb (illyrisches Florenreich) mit zwei Formationen, grün (voralpines Florenreich) mit acht Formationen, rot (alpines Florenreich) mit zwei Formationen in Farbentönen.

5. Maßstäbe 1 : 750.000 und größer.

Adamovic: Serbien 1 : 750.000; sieben Regionen in Farben mit 24 Zeichen für bestimmte Pflanzen, meist Bäume; viele Zeichen.

Adamovic: Bulgarien, Ostrumelien, Nordthrazien und Nordmazedonien, 1 : 750.000; mediterranes Gebiet rotgelb mit vier Stufen und Oasen; mitteleuropäisches Gebiet grün mit acht Stufen; 39 verschiedene Zeichen. Trennung der beiden Gebiete übersichtlich, zuviel Zeichen.

Adamovic: Rila Planina, 1 : 150.000; sieben Stufen (Hügelstufe, submontane Stufe usw.), keine Formationen.

Adamovic: Westbalkan, 1 : 75.000, fünf Stufen in Farben, in den Stufen die Formationen mit Zeichen. Karte ohne Isohypsen und Terrainzeichnung, daher der Wechsel der Formationen unvermittelt; ebenso Karte Kaponik.

Adamovic: Musalagrat, 1 : 50.000, fünf Stufen in Farben, sehr reich eingesetzte Zeichen. Sehr gut und übersichtlich.

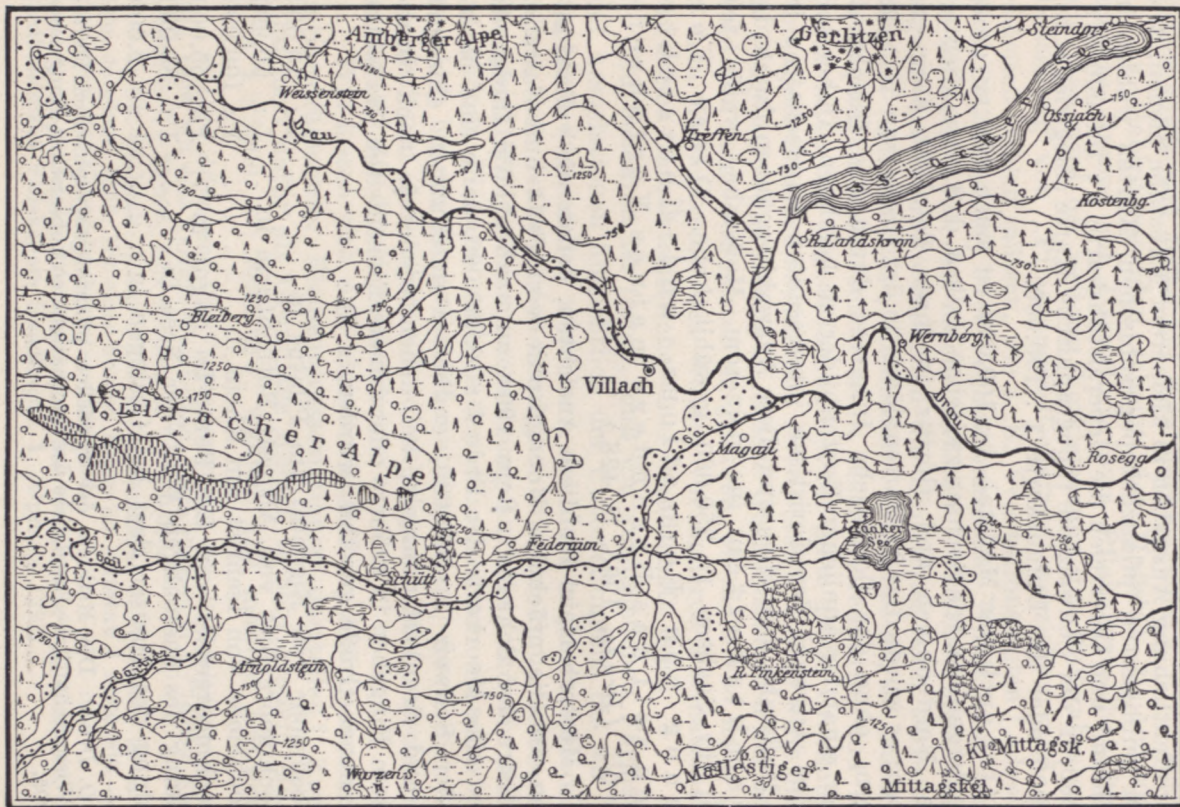
Das Studium dieser Karten zeigt uns, daß sich die Autoren bei kleinem Maßstab, also auf Übersichtskarten, meist auf die Einzeichnung von Vegetationslinien und auf die Einteilung in Vegetationsbezirke oder auf Herausheben einzelner Vegetationstypen (Steppen, Heidebezirke) beschränken; ihnen folgen bei größerem Maßstab die Ausscheidung von Vegetationstypen¹⁾, wobei die Regioneneinteilung (Höhenstufen) meist durch scharf abgesetzte Farben herausgehoben wird. Innerhalb dieser Stufen lassen sich die einzelnen Formationen durch Farbentöne, Farbenpunkte oder Farbschraffen, ferner durch Zeichen oder, was mir besser gefällt, durch Buchstaben angeben oder, wie bei *Herzog*, ganz in Schwarz.

Übersichtskarten lassen sich natürlich auch ohne Farben durch verschiedene Schraffen, Punkte usw. herstellen. So habe ich²⁾ eine pflanzengeographische Übersichtskarte von Kärnten (1:1,500.000) in Schwarz-Weiß gezeichnet, die das Gebiet in acht pflanzengeographische Gaue, die mannigfach ineinandergreifen, zerlegt. Ein anderes Beispiel dieser Darstellungsart gibt die pflanzengeographische Karte der Ostalpen von *A. v. Hayek*³⁾.

¹⁾ Vgl. auch *H. S. Koorders*: Exkursionsflora von Java. Jena 1912. Mit einer farbigen Karte 1 : 3,500.000, die nur die vier Hauptvegetationstypen (Regenwald, Djatiwald, Savanne, Kulturland) darstellt; ferner *H. L. Shantz* und *R. Zon*: Naturvegetation. Abt. I des Atlas of Americ. Agriculture, Washington 1924. Vegetationskarte der U. S. A. 1 : 8,000.000. (Ausgeschieden 28 Vegetationstypen.)

²⁾ *R. Scharfetter*: Vegetationsverhältnisse von Villach, vgl. S. 79.

³⁾ *A. v. Hayek* in *Krebs*: Die Ostalpen. 1. Taf. X (1928).



Nach R. Scharfetter umgezeichnet

Fig. 6. Vegetationskarte von Villach in Kärnten.
Aus Krebs: Die Ostalpen.

N. Krebs hat in seinem Werke „Die Ostalpen“, die von mir im Maßstab 1 : 75.000 in Farben ausgeführte Vegetationskarte von Villach (Fig. 5) verkleinert in Schwarz-Weiß wiedergegeben.

*Drude*¹⁾ (1905, S. 427) empfiehlt zu Übersichtszwecken für Hügelland und Mittelgebirge Maßstäbe zwischen 1 : 75.000 bis 1 : 300.000, für Gebirgsländer wie Alpen und Karpathen 1 : 25.000 bis 1 : 100.000. Als Aufnahmskarten im Felde empfehlen sich die Meßtischblätter 1 : 25.000 (*Drude*, 1905, *Wangerin*, 1915), während zur Veröffentlichung Ausgaben in kleinerem Maßstabe dienen. Die meisten publizierten pflanzen-topographischen Karten wählen in Deutschland und Österreich die Generalstabskarte 1 : 100.000 bzw. 1 : 75.000, in der Schweiz die topographische Karte (Siegfriedatlas) 1 : 50.000 oder die Dufourkarte 1 : 100.000.

„Aber auch der Maßstab 1 : 100.000 ist noch viel zu groß, um Ländergebiete, wie Sachsen zwischen Halle a. d. S., dem Fichtelgebirge, Nordböhmen und Görlitz in ihrer Totalität darin zu kartieren; es würde dies 26 Kartenblätter in der Größe von 35 × 28 erfordern, ohne das floristische Interesse durch das Gleichmaß so vieler einander ähnlicher Kartenbilder zu belohnen. Daher soll man eine Auswahl der floristisch interessanten Landschaften in diesem Maßstabe darstellen und diese Auswahl ergänzen durch die Übersichtskarten in kleinerem Maßstabe, wofür ich (*Drude*) für Sachsen 1 : 250.000 gewählt habe. Diese Vereinigung von Formations- und Übersichtskarten soll das Besondere meines Verfahrens bilden“. (*Drude*, 1905, S. 428.)

Als Musterbeispiel für diese Ansichten, denen wir vollauf zustimmen, ist die prächtige Monographie von *Früh* und *Schröter*, „Die Moore der Schweiz“, Bern 1904, zu nennen. Wir finden da zunächst eine Moorkarte der Erde 1 : 10.000.000, dann eine Moorkarte der Schweiz 1 : 530.000, endlich Darstellungen einzelner Moore und Seenverlandungen, bei denen wieder je nach beabsichtigtem Eingehen in gröbere oder feinere Einzelheiten Maßstäbe verschiedener Größe gewählt wurden, z. B.:

Das Hochmoor von Eigental am Pilatus in	1 : 10.000
Das Hochmoorgebiet von Altmatt-Rothenturm in	1 : 50.000
Das Hochmoor von Isenriet am Rhein in	1 : 100.000
Das Hochmoorgebiet von Les Ponts-La Sagne in	1 : 55.000
Verlandung des ehemaligen Wauwiler Sees in	1 : 80.000
Verlandung des Hauser Sees bei Oesingen in	1 : 2.000

¹⁾ *O. Drude*: Die Methode der speziellen pflanzengeographischen Kartographie. Wissenschaftliche Ergebnisse des internationalen botanischen Kongresses Wien 1905.

Wir möchten hier mit der Bemerkung schließen, daß es nicht möglich ist, etwa einen bestimmten Maßstab für pflanzensoziologische Karten vorzuschreiben oder auch nur zu empfehlen. Die Wahl des Maßstabes hängt völlig von Absichten ab, die mit der Karte bezweckt werden. (Vgl. auch Abschnitt III, Kap. 3, S. 111 bis 122, Die Bemerkungen über kartographische Darstellungen des Ben Armin, der Turracher Höhe sowie über die der kartographische Wiedergabe widerstehenden Assoziationschlüssel von *Brockmann-Jerosch* sowie von *Rübel* aus dem Berninagebiet.)

In Gebirgsgegenden scheint der Maßstab 1 : 100.000 die äußerste Grenze zur Darstellung von Pflanzengesellschaften zu sein. Man wird bei weiterer Verkleinerung des Maßstabes auf die Darstellung von „Pflanzengesellschaften“ verzichten und andere Einheiten wählen müssen, wie z. B. Vegetationsstufen [*Adamovic*¹], 1908, Balkanländer] oder Vegetationszonen. Wählt man, wie dies *Ch. Flahault*²) tut, bei einem Maßstab 1 : 200.000 statt der Eintragung der Hauptformationen die Einteilung nach herrschenden Bäumen (Quercus-Ilex-, Kastanien-, Buchenzone), so nähert sich die Vegetationskarte schon stark einer Florenkarte, und letzten Endes fallen die Vegetationskarten für ganz große Erdräume mit Florengebietskarten zusammen. *Drude* (1905, S. 428) wirft übrigens die Frage auf, ob es richtig ist, solche Übersichtskarten nur auf den Wald und seine Baumarten zu gründen, ob nicht viel mehr gerade in dem Zusüchtreteten des Waldes vor anderen Formationen das Floristisch-Charakteristische einer Landschaft liegt.

Zu beachten ist ferner, daß die verschiedenen Formationen und Assoziationen hinsichtlich der Unterteilungen, die wir kartographisch darzustellen wünschen, sich doch recht verschieden verhalten; man denke an den subalpinen Mischwald, der kilometerweit eine gleichförmige Zusammensetzung aufweist, und an die rasch auf kleinen Flächen wechselnden Assoziationen mancher Moore. [*Oswald*³) hat im Komoose 164 unterschieden.] Auch die Wiesenassoziationen der alpinen und subalpinen Stufe wechseln viel rascher als die der tieferen Stufen.

Wie lassen sich nun kleinste Einheiten, Assoziationen, Assoziationsfragmente, Elementerassoziationen darstellen? Zweifellos kann man dafür als Grundlage Karten in sehr großem Maßstabe etwa 1 : 5000, 1 : 2000 usw. wählen. Die meisten Autoren aber

¹) *Lujo Adamovic*: Die Vegetationsstufen der Balkanländer. *Petermanns Mitt.* 1908. Mit drei Karten: Westbalkan, Stara Planina in 1 : 75.000, Kapaonikgebirge in 1 : 75.000, Rila Planina in 1 : 150.000.

²) *Ch. Flahault*: Essai d'une carte botanique et forestière de la France. *Ann. de géogr.* 1896. Mit einer bunten Karte im Maßstab 1 : 200.000, das Blatt Perpignan der Generalstabskarte enthaltend.

³) *Hugo Oswald*: Die Vegetation des Hochmoors von Komosse. *Svenska växtbiologiska Sällskapets Handlingar.* 1. (Uppsala 1923).

verwenden in diesem Falle Skizzen in Schwarz-Weiß, in denen die meist ineinander übergehenden kleinsten Einheiten durch verschiedene Zeichen und Buchstaben angedeutet werden. Ich verweise statt vieler Beispiele, die in fast allen modernen pflanzengeographischen Monographien zu finden sind, auf die beiden Fig. 7 und 8, die meiner Villacher Arbeit¹⁾ entnommen sind. Die Skizze ist in diesem Falle nicht nur wegen der leichten Darstellbarkeit der Durchdringung der einzelnen kleinsten Einheiten, sondern auch wegen der Veränderlichkeit der dargestellten Pflanzengesellschaften ein passendes Ausdrucksmittel.

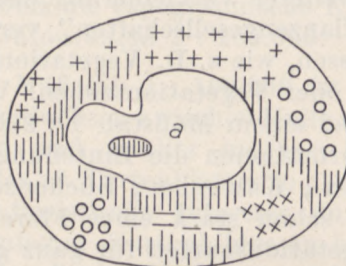


Fig. 7. Petschnigteich bei Villach.
Scharfetter, 1911.

- \bar{a} Offenes Wasser.
 ||||| Strictetum (*Carex stricta* Good. = *C. elata* All.).
 ○○○ Scirpetum (*Scirpus silvaticus*).
 === Drosera, *Eriophorum latifolium*.
 +++ Parvocaricetum (*Carex canescens* usw.).
 xxx Caricetum.

Schlagwortartig läßt sich die Sache etwa so charakterisieren:

Maßstab 1 : 25.000 geeignet für Assoziationsstudien.

Maßstab 1 : 75.000 geeignet für Formationsstudien, insbesondere zur Darstellung der Vegetationstypen in ihrer Abhängigkeit von geomorphologischen und edaphischen Verhältnissen.

Maßstab 1 : 100.000 und darunter geeignet für die Darstellung klimatischer Zusammenhänge (Waldgrenze, Steppengrenze, Vegetationsstufen, Grenzen von Florenelementen und floristischen Facies).

¹⁾ E. Scharfetter: Vegetationsverhältnisse von Villach in Kärnten. S. 49 und 50; Abh. d. zool.-bot. Ges. 6. (Jena 1911).

Für all dies läßt sich nur eine Regel aufstellen: Je umfassender die Vegetationseinheiten gewählt werden, um so kleiner wird der Maßstab genommen werden können; je genauer die Aufnahme der Assoziationselemente sein soll, um so größer muß der Maßstab sein.

b) Farben und Zeichen.

Der Wunsch, für die Farbgebung der einzelnen Pflanzengesellschaften einen international verbindlichen Farbenschlüssel

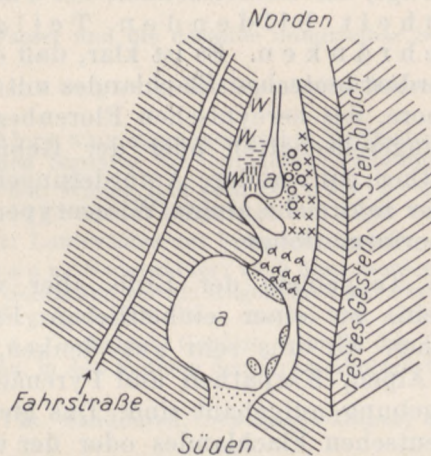


Fig. 8. Teich bei St. Leonhard bei Villach.
Scharfetter, 1911, S. 50.

////	Moränenzüge.
⋯⋯	Phragmitetum.
ααα	Rhynchosporietum.
xxx	Erlengebüsch.
○○○	Sphagnumpolster.
— — —	Equisetetum (<i>E. limosum</i>).
| | |	Strictetum (<i>Carex elata-stricta</i>).
W	Saure Wiese.
a	Offenes Wasser.

einzuführen, liegt nahe. Die vergleichende Betrachtung verschiedener Vegetationskarten wäre dann sehr vereinfacht.

Aber schon *Flahault* und *Schröter*¹⁾ (1910) bezeichnen es als ausgeschlossen, eine allgemeine verbindliche Farbenskala für die pflanzengeographischen Karten der ganzen Erde aufzustellen.

¹⁾ *Flahault* und *Schröter*: Phytogeographische Nomenklatur. Berichte und Vorschläge, herausgegeben für den III. internationalen Botanikerkongreß in Brüssel 1910. S. 12.

„Bei der unendlichen Mannigfaltigkeit der durch die pflanzengeographische Kartographie darzustellenden Fakta würde ein Zwang die Ausdrucksmöglichkeiten im Einzelfall zu sehr beeinträchtigen. Auch *Wangerin*¹⁾ (1915, S. 173) bemerkt richtig, daß in den verschiedenen Teilen eines größeren Florengebietes hier die eine, dort die andere Formation oder sogar Formationsgruppe mehr oder weniger vollständig ausfällt und dafür bald diese, bald jene nicht nur hinsichtlich ihres Umfanges, sondern auch hinsichtlich ihrer Gliederung wesentlich stärker betont erscheint. Es ist daher angezeigt, die Einheitlichkeit der Farbengebung auf die eine Einheit bildenden Teilgebiete der Erde zu beschränken. Es ist klar, daß eine Vegetationskarte z. B. des nordostdeutschen Flachlandes mit der reichen Ausgestaltung der Moore, des hercynischen Florenbezirkes mit seinen montanen Pflanzengesellschaften oder der Gebirgsgegenden der Alpen oder Karpathen ganz andere Anforderungen an die Farbengebung stellen; hier zahlreiche alpine Wiesentypen dort zahlreiche Varianten der Moorformationen.

Für einzelne Teilgebiete der Erde aber wird es überaus wünschenswert sein, zu einer einheitlichen Farbengebung zu kommen. So können wir uns sehr gut denken, daß alle Vegetationskarten der Alpen, Karpathen und Pyrenäen auf einer einheitlichen Farbengebung aufgebaut sind. Das gleiche gilt für die Karten des norddeutschen Flachlandes oder der ungarischen Tiefebene usw.

Auch *Flahault* und *Schröter* wünschen, daß der Vorschlag *A. Englers*²⁾ für die tropischen und subtropischen Formationen allgemein angewendet würde. Für die Formationen gemäßigter und kalter Gegenden liegen Vorschläge von *Drude* (1907) und *Rübel* (s. u.) vor.

„Es ist wünschenswert, daß wenigstens die Hauptfarben mit Rücksicht auf die natürliche Färbung der darzustellenden Pflanzengesellschaft gewählt werden. So hat man jetzt schon ziemlich allgemein die gelbe Farbe für die Farbe für die xerophilen Formationen heißer und kalter Länder gewählt (*Drude, Engler*), Blau für die hydrophilen Formationen (*Drude in Neumayer*), Weiß für die halophilen Formationen der Küste und des Binnenlandes (*Engler*) Grün, Violett und Braun für Wiesen und Wälder, Hellgrün vielleicht am passendsten für Wiesen, Dunkelgrün für Laubwälder, Violett für Nadelwälder; Rot wird vielfach für alpine und polare

¹⁾ *Wangerin*: Vorläufige Beiträge zur kartographischen Darstellung usw. Ber. d. Deutsch. bot. Ges. **33**. (Berlin 1915).

²⁾ *A. Engler*: Die Vegetationsformationen tropischer und subtropischer Länder. *Engler*: Bot. Jahrb. **41**. (Leipzig 1908).

Formationen gebraucht (*Drude, Flahault, Engler*), für Rhododendron- und Callunaformation usw.¹⁾.

Wir führen ein paar Beispiele für die Farbengebung bekannter Autoren mit dem Wunsche an, daß sich künftige Autoren an diese Farbengebung halten, insolange sie nicht durch begründete Anschauungen zu Abweichungen veranlaßt werden.

Drude (1905, S. 430, und 1907, S. 4) verwendet für seine sächsischen Blätter von der Lausitzer Teichniederung bis zum Erzgebirgskamm folgende Farbeinteilung, die sich (soweit als möglich) an die in *Berghaus'* physikalischem Atlas 1887 zur Anwendung gekommenen Farbengebung für arktisch-borale Gebiete anschließt.

1. **B l a u**: Wasser und die dasselbe unmittelbar besiedelnden Genossenschaften;
2. **D u n k e l m o o s g r ü n**: semiaquatische Böden, Flachmoore, Bruchwälder;
3. **D u n k e l b r a u n**: supraaquatischer Torfboden, Hochmoore. (Ringe derselben Farbe bilden Signatur für *Callunetovaccinietum*);
4. und 5. **G r ü n**: Wiesen, und zwar **D u n k e l g r ü n** für Auen, Talwiesen mit Inundation, **H e l l g r ü n** für Berghänge und nicht versumpfte Bergmatten;
6. **V i o l e t t**: Laubwälder auf humosem Boden;
7. **G e l b b r a u n**: Nadelwälder; auch diese werden in zwei Hauptfarben angewendet; a) hell Gelbbraun für die Hügeregion mit *Pinus silvestris*; b) kräftig Hellbraun für die Bergregion mit *Picea excelsa* und *Abies*;
8. **B l a u g r ü n**: subalpine Gehölze, also in der Hercynia nur für Signaturen zu verwenden, in den Sudeten den Krummholzgürtel von *Pinus montana* umfassend;
9. **H e l l g e l b**: Sandfluren, bewegliche Dünen, trockene psammitische Böden.
10. **O r a n g e g e l b**: heißer, sonniger Schotterboden, Löß und anstehende Felsen in der unteren Region mit starken Temperaturextremen („Hügelformationen“ der hercynischen Formationseinteilung; Standorte der Steppenpflanzen neben Nr. 9;
11. **C a r m i n**: präalpine oder alpine, lichtliebende Genossenschaften der höheren Bergregion mit geminderten Temperaturextremen und weniger xerophytisch; entsprechend Nr. 8 in der Hercynia nur als Signatur zu verwenden, z. B. für montane Basaltklippen, in den Sudeten für alpine Bestände von breiterer Ausdehnung.
12. **S c h w a r z g r a u**: nackte und flechtenbewachsene Felsen im Bergland.

Bemerkung. Für die besonders in Nordamerika viel benutzte Einteilung der Standorte nach dem Wasserbedürfnis genügt der Hinweis, daß die Gruppen 1 bis 3 den Hygrophyten, 4 bis 8 den Mesophyten, 9 bis 10 den Xero- und 11 und 12 den Hemixerophyten gelten. Aber gerade die fünf mittleren Gruppen umfassen die weitesten Flächen, und ihre Eintragung in ein topographisch anschaulich wirkendes Farbensystem ist am schwierigsten, wie überhaupt der Begriff „Mesophyten“ für sich allein nichtssagend ist und seine Bedeutung erst durch den Gegensatz zum flüssigen Wasser und sonnenheißen Sande oder Felsgestein erhält.

Ob man mit diesen zwölf Grundfarben auskommen wird, hängt davon ab, wie weit man die Einzelformationen jeder Kategorie durch verschiedene Schraffierung mit derselben Farbe oder durch sonstige Signaturen schon genügend deutlich ausdrücken kann. Für die

¹⁾ *Flahault* und *Schröter*: Pflanzengeographische Nomenklatur usw. 1910.

Hercynia ist z. B. die Teilung von 7 nach Hügel- und Bergregion unerlässlich; in den Alpen könnte dieselbe wahrscheinlich fortfallen, während dort die Gliederungen unter 5, 8, 11 und 12 mannigfaltiger werden. Einige Charakterformationen können zweckmäßig nur mit kombinierten Farben mehrerer Hauptgruppen angegeben werden, so z. B. der in den Tälern des unteren Erzgebirges oder des Elbesandsteingebirges reichhaltig entwickelte Schluchtenwald, zwischen dem in der Mitte ein Bach mit oder ohne Wiesenstreifen durchschneidet, durch Kombination von 1 und 4 mit Waldfarbe 6 bis 7 *b*, welche oberhalb der Schlucht in eine einfache Farbe auslaufen. Diese Dinge können ohne Einsicht in die Kartenblätter selbst nicht auseinandergesetzt werden und bleiben daher hier kurz angedeutet.

Rübel hat in Zusammenarbeit mit der pflanzengeographischen Kommission der Schweiz. Naturforsch. Gesellschaft eingehend die Frage der Farbengebung für Vegetationskarten studiert. Wir müssen hier auf seine Arbeiten „Vorschläge zur geobotanischen Kartographie“¹⁾ und „Geobotanische Untersuchungsmethoden“²⁾ verweisen. In beiden Arbeiten finden sich Farbtafeln mit Musterfarben. Es werden vorgeschlagen: für Nadelgehölze Dunkelgrün, Blaugrün und Bläßgrün; für Fallaubgehölze Hellgrün; für Zwerggesträuch Rosarot; für Hartwiesen Gelb, Kulturen Braungelb, immergrüne Wiesen Erbsengrün; Sumpfwiesen Himmelblau; submerse Wiesen Blaßblau; Hochmoor Braun (1916) oder Violett (1922).

Als Beispiel, wie die Farbenskala den Bedürfnissen der einzelnen Gegenden und der Formationsgliederung angepaßt werden kann, möchte ich zum Schlusse die von *Wangerin* (1915, S. 197) für die ostpreußische Vegetation gewählten Farben angeben:

Dunkelgrün: Erlenbestände,
 Moosgrün: Birkenbestände,
 Dunkelbraun: Fichtenbestände auf Moorboden,
 Rotbraun: Kiefernzwischenmoorwald,
 Sepiabraun: Föhrenreisermoore,
 Hell olivgrün: Flachmoorwiesen,
 Hellgrau: Sphagnoprata,
 Graugrün: Sphagnetocariceta

Die Darstellung durch die Farbe soll in erster Linie die Vegetationstypen und Formationen zusammenfassen, Unterabteilungen (Subformationen, Bestandestypen, Assoziationen, Facies und Einzelbestände) werden zweckmäßig durch Zeichen und Buchstaben an-

¹⁾ Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme. 1. (Zürich 1916).

²⁾ Berlin 1922, *Borntraeger*.

gedeutet. Diese Zeichen und Buchstaben sollen nicht aufdringlich sein und das Gesamtbild stören, der Eindruck der Formation soll nicht durch die weitere Detaillierung aufgelöst werden. Ich selbst habe mich auf meiner Villacher Karte zur Bezeichnung der Bestandestypen in der Formation des subalpinen Mischwaldes der Anfangsbuchstaben der waldbildenden Bäume bedient (B = Buche, F = Fichte, Fö = Föhre, L = Lärche, E = Erle).

In England¹⁾ wurde am 3. Dezember 1904 ein Komitee zur pflanzengeographischen Erforschung der britischen Vegetation gegründet, das der Kartographie der Pflanzengesellschaften volle Aufmerksamkeit schenkte. Als Maßstab für die Feldaufnahme werden Verhältnisse von 0.5 bis 6 Inches pro mile empfohlen. Die im Druck erschienenen Karten von *W. G. Smith* und *Moss* (Yorkshire 1903), *Lewis* (Pennines 1904), *Moss* (East Somerset 1904), *R. Smith* (Perthshire, Edinburgh 1900), *W. G. Smith* and *R. Smith* (Forfar and Fife 1094/05) sind im Maßstabe 0.5 Inch pro mile (1 : 126.720) gehalten. Die Farbengebung wurde noch nicht einheitlich geregelt. Die schottischen Karten zeichnen sich durch Klarheit und Übersichtlichkeit aus. Es sind 14 bis 16 Formationen durch Farben ausgeschieden. In die Karte sind rote Buchstaben, die Anfangsbuchstaben der Formationen, eingesetzt, die uns ohne langes Nachsuchen die Formationen angeben. Auch *Drude* und ich haben diese Methode angewendet, während die Schweizer statt der Buchstaben Zeichen verwenden. Ein Vergleich der Karten von *R. Smith* (Perthshire) und *Bär* (Val Onsernone) fällt meines Erachtens zugunsten der Buchstabenmethode aus.

Rübel (1916) hat eine Liste von Zeichen ausgearbeitet und von diesen Zeichen Stempel anfertigen lassen²⁾. Mit einem Stempelkissen, das schwarz getränkt ist, werden diese Stempel befeuchtet und auf die bestimmten Punkte der Karte aufgetragen. Die Stempel bestehen aus typographischen Lettern und können dem Drucker direkt übergeben werden. (Im einzelnen siehe *Rübel*: Geobotanische Untersuchungsmethoden, S. 282.)

Die sorgfältig ausgeführte Vegetationskarte des Walenseegebietes von *A. Roth*³⁾ ist die erste, die ganz nach den vereinheitlichten Farben- und Zeichenvorschriften der schweizerischen pflanzengeographischen Kommission ausgeführt ist. Nicht vorübergehen wollen wir an der prächtigen Vegetationskarte des Rhone-

¹⁾ Formation of a committee for the survey and study of british vegetation. *The New Phytologist*. 4. (1905).

²⁾ *Rübels* Vegetationszeichenstempel in Kommission der Firma *Ad. Hörler*, Plattenstraße 20, Zürich 7.

³⁾ *August Roth*: Die Vegetation des Walenseegebietes. Mit einer Vegetationskarte 1 : 50.000. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz. 7. (Zürich 1919).

tales, die *H. Gams*¹⁾ jüngst veröffentlicht hat. Als weiteres Beispiel sei die pflanzengeographische Karte des Val Onsernone von *Dr. Joh. Bär*²⁾ angeführt, wobei allerdings nach meiner Ansicht von den Zeichen etwas zu reichlicher Gebrauch gemacht wurde, da das topographische Kartenbild etwas gestört erscheint (vgl. *Lüdi*, Lauterbrunnental).

Bei dieser Gelegenheit muß ich nochmals auf ein Beispiel hinweisen, das die bestandbildenden Elemente nur mit Zeichen angibt ohne durch Farben die Bestände zu Formationen und Formationsgruppen zusammenzufassen. Ich meine die Karte von *Benz*³⁾ in seiner Monographie der Lavanttaler Alpen. Jede Übersichtlichkeit ist hier verloren gegangen und die Karte dieser sonst so verdienstlichen und mit erstaunlichem Fleiß und Gewissenhaftigkeit durchgeführten Arbeit kann nur als warnendes Beispiel herangezogen werden. Es ist mir bekannt, daß auch nur Ersparungsgründe für diese Darstellungsform der Karte entscheidend waren.

In der Farbengebung sollen sich pflanzengeographische Erkenntnisse, die beim Studium der Assoziationen gewonnen wurden, widerspiegeln. Die Farben sollen, wie schon oben betont, Zusammengehöriges zusammenfassen. Es ist daher nicht zu billigen, wenn auf der Tatrakarte von *Szafer* (1926) usw. das Pinetum mughi blau, die Wälder der Waldstufe in verschiedener Schattierung von Grau dargestellt werden, wo doch im Text (S. 35) mit Recht darauf hingewiesen wird, daß das Pinetum mughi zu den Waldformationen gehört, wie ich⁴⁾ dies für die Ostalpen bereits 1918 ausführlich nachgewiesen zu haben glaube. Noch auffälliger wird das Krummholz (rotbraun) von dem Voralpenwald der Zentralalpen (graugrün) von *Eberwein* und *Hayek*⁵⁾ auf der Vegetationskarte von Schladming getrennt. Auch auf meiner Villacher Karte (1911) und auf *Nevoles* Hochschwabkarte⁶⁾ ist der Legföhrenwald rot dargestellt, da meine Studien erst 1918 die Zusammenziehung mit dem Vegetationstypus des Waldes notwendig erscheinen lassen.

¹⁾ *Helmut Gams*: Von den Follatères zur Dent de Moreles. Vegetationsmonographie aus dem Unterwallis. Mit einer Vegetationskarte des Rhonetales 1 : 50.000. Bern 1927.

²⁾ *J. Bär*: Die Vegetation des Val Onsernone. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme d. Schweiz. Zürich 1898.

³⁾ *Benz*, siehe S. 82.

⁴⁾ *R. Scharfetter*: Beiträge zur Kenntnis subalpiner Pflanzenformationen. Öst. Bot. Zeitschr. 1918. S. 89.

⁵⁾ *Eberwein* und *Hayek*: Die Vegetationsverhältnisse von Schladming in Obersteiermark. Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Österreichs. I. Abh. d. k. k. zool.-bot. Ges. Wien. 2. H. 3 (Wien 1904).

⁶⁾ *Johann Nevole*: Das Hochschwabgebiet in Obersteiermark. Vorarbeiten usw. V. Abh. d. zool.-bot. Ges. Wien. 4. H. 4 (Wien 1908).

Drude dagegen trägt solchen Erkenntnissen auf seinen Vegetationskarten mitteldeutscher Vegetationsformationen (1907) bei der Kartierung von Kulturbeständen Rechnung.

Eine besondere Schwierigkeit verursachen die Kunstbestände, die weiten Kulturfelder mit der Flora ursprünglich ganz fremden Gewächsen. Auf den meisten Vegetationskarten werden dieselben weiß belassen, während *Drude* (1905, 1917) dieselben in horizontalen Schraffenlinien der anschließenden natürlichen Formationen oder Formationsreste, mit denen sie die Wachstumsbedingungen so lange teilen, als auch der Boden durchaus verändert erscheint, darzustellen versucht. *Drude* (1905, S. 431) erreicht damit, daß die Intensität der Kultur zwar sofort auf der Karte stark hervortritt, aber daß sie einer eigenen Farbgebung entbehrt. „So deuten diese Schraffierfarben an, welche natürlichen Bedingungen an jener Stelle herrschen, klimatisch und edaphisch; Sandfelder, fruchtbares Waldland, Bergwiese werden am zugehörigen Orte ihre Rechte beanspruchen, und es wird möglich sein, durch ein System besonderer Signaturen auf die tatsächlich in den verschiedenen Landesteilen ausgeübte Feldwirtschaft hinzuweisen.“

Aus der Kartographie der Alpenländer möchte ich hier darauf hinweisen, daß die Nardeta der subalpinen Stufe vielfach aus Fichtenwald hervorgegangen sind. Das wäre im Kartenbild vielleicht durch Schraffierung oder Punktierung der Nardetumfläche mit der Farbe des Fichtenwaldes anzudeuten. Freilich werden dadurch Grasfluren und Wälder in derselben Farbe dargestellt. In den bisher veröffentlichten Karten (*Eberwein* und *Hayek*, *Scharfetter*) sind die Nardeta rot, der Wald grün. Es wäre jedenfalls einmal der Versuch der oben angeregten Darstellung zu machen. Das Kartenbild würde ausgeglichener, harmonischer, landschaftlicher wirken als die bunten Farbflecken, die einer ökologisch-physiognomischen Einteilung zuliebe die entwicklungsgeschichtliche Erkenntnis völlig unterdrücken.

Die Farbgebung kann eben auch dazu benutzt werden, den Zusammenhang der Formationen in verschiedener Weise zum Ausdruck zu bringen. Was unsere Karten mit ihrer Farbgebung in der Regel ausdrücken, ist die Zusammenfassung der Pflanzengesellschaften in physiognomischem Sinne. Die entwicklungsgeschichtliche Auffassung der Pflanzengesellschaften hat zur Lehre von der Sukzession derselben geführt (*Clements*, *Lüdi*).

Es könnte gewiß der Versuch gemacht werden, die Assoziationen der *Caricion curvulae* im Sinne *Braun-Blanquets* durch eine steigernde Skala des Farbtones z. B. in Gelb darzustellen, so daß die Initialstadien in einem hellen, die Klimaxstadien in einem dunklen, satten Gelb erscheinen.

*Lüdi*¹⁾ hat eine Sukzessionskarte der Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales angefertigt.

Lüdis Farbenerklärung seiner genetisch-dynamischen Vegetationskarte (Sukzessionskarte) umfaßt folgende Einheiten:

- I. Von höheren Pflanzen unbesiedelte Gebiete.
 1. Flüsse und Seen;
 2. Schnee und Eis.
- II. Anfangsvereine aller Höhenstufen: grau.
- III. Übergangsvereine aller Höhenstufen: grün.
- IV. Schlußvereine:
 1. Fagetum silvaticae: dunkelbraun;
 2. Piceetum excelsae: hellbraun;
 3. Rhodoretum ferruginei: rosarot;
 4. Nardetum strictae und Loiseleurietum procumbentis: gelbbraun;
 5. Caricetum curvulae und Elynetum myosuroides: rotbraun.
- V. Sekundäre oder anthropogene Vereine: saftgrün (Festwiesen und Äcker).

Die Sukzessionskarte *Lüdis* ist um so verdienstvoller, als sie zu einem Vergleich mit seiner „Wirtschaftlichen Vegetationskarte“ desselben Gebietes im selben Maßstab (1 : 50.000) anregt. Nichts vermag die pflanzensoziologische Kartographie mehr zu fördern als die Darstellung der Vegetation ein und desselben Gebietes nach verschiedenen Gesichtspunkten.

c) Die Anfertigung einer Vegetationskarte.

Bevor wir zur Anlage einer Vegetationskarte schreiten, müssen wir uns über die Formationen unseres Gebietes im klaren sein. Dann arbeiten wir gewissermaßen ins Große und ins Kleine. Wir fassen einerseits die Formationen in Vegetationstypen zusammen und andererseits zerlegen wir sie in ihre Assoziationen und Elementarassoziationen. Die eine Arbeit führt zur Vegetationskarte, die andere zur Assoziationsbeschreibung für den Text.

Veranschlagen wir für die praktische Durchführung unserer Gebietsaufnahme etwa den Zeitraum von drei Jahren (mindestens).

Im ersten Jahre nimmt uns bei der Feldaufnahme die Florenliste und die floristische Zusammensetzung der Assoziationen vollauf in Anspruch. Den Winter verwenden wir zur Bestimmung der Arten, zum Studium der Florenliteratur, zur Anlage des Florenkataloges und zur Gruppierung der Assoziationen in Formationen. Ferner machen wir den ersten Versuch, eine Arbeitskarte für die spätere Vegetationskarte anzufertigen. Wir legen die auf der topographischen Karte ausgeschiedenen Vegetationstypen farbig an. Die geologische Karte, Boden- und Klimakarte, womöglich auf denselben Maßstab gebracht, werden eifrig zu Rate gezogen.

¹⁾ *Werner Lüdi*: Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz. 9. (Zürich 1921).

Das Studium der klimatologischen und geologischen Verhältnisse wird zu zahlreichen Fragen anregen, die wir uns für das Feldstudium des nächsten Jahres notieren. Besondere Schwierigkeiten bildet die Abgrenzung der Vegetationstypen auf der Karte, die sich an manchen Stellen der Karte nach den Oberflächenformen (siehe morphogenetische Formationen) von selbst ergibt, an anderen Stellen eingehender Feldarbeit bedarf. Ein Exkursionsprogramm für das nächste Jahr entwickelt sich daraus, ein Plan zur Durchforschung des Gebietes wird entworfen, wobei die Jahreszeit, zu der diese oder jene Stelle aufgesucht werden muß, zu beachten ist.

Die Eintragungen in unsere Arbeitskarte werden mit Farbstiften gemacht. Wir begehen nun unser Gebiet mit der Arbeitskarte in der Hand und radieren Fehleintragungen aus, stellen Grenzen richtig und beginnen mit der Eintragung der Formationen, Assoziationen und Elementarassoziationen. Überhaupt ist das zweite Jahr vor allem dem Studium der Assoziationen gewidmet. Alle Eintragungen in die Karte werden an Ort und Stelle gemacht. Der Winter wird dazu benutzt, ein zweites Mal eine Karte neu und rein anzufertigen.

Im dritten Sommer „verifizieren“ wir die Karte. Wie man aus dieser Arbeitseinteilung ersieht, ist ein Zeitraum von drei Jahren wohl der Mindestzeitraum, den man für die Herstellung einer Vegetationskarte veranschlagen muß, vorausgesetzt, daß das Gebiet nicht allzu umfangreich ist.

Der von mir vorgeschlagene Arbeitsweg ist natürlich meiner persönlichen Arbeitsweise entsprechend angegeben. Er hat sich bei meinen Arbeiten als praktisch erwiesen. Ich habe bei anderen Forschern Versuche gesehen, die Vegetationskarte rein „synthetisch“ aufzubauen. Man trägt dann ohne weitere Vorstudien die an einem bestimmten Orte festgestellte Formation (Assoziation, Elementarassoziation) mit dem Farbstift in die Karte ein. Erst in einem vorgeschrittenen Arbeitsstadium werden dann die eingetragenen Farbflecken zu Farbflächen vereinigt.

Ich habe aber gefunden, daß dieser Arbeitsvorgang viel umständlicher zum Ziele führt, daß man oft vor lauter Assoziationen keine Formationen mehr sieht. Die Karte zwingt dazu, wie schon mehrmals bemerkt, die Pflanzengesellschaften im großen zu sehen. Ich möchte gerade in den beiden Arbeitsmethoden, die bei der Kartographie vom Großen ins Kleine, vom Allgemeinen zum Speziellen, bei der Assoziationsaufnahme vom Kleinen ins Große, vom Speziellen zum Allgemeinen führt, eine willkommene Ergänzung der Vegetationsstudien erblicken.

Über die rein technischen Details, die bei der Drucklegung der Karte zu beachten sind, finden sich in *Rübels* geobotanischen Untersuchungsmethoden zahlreiche beachtenswerte Angaben.

Zum Schlusse möchte ich noch aufmerksam machen, daß man bei Anlage der Karte gute Vorbilder, von denen in dieser Abhandlung eine reiche Auswahl¹⁾ angegeben ist, zu Rate ziehen soll. Es fällt kein Meister vom Himmel — „The publication of maps of this kind is no easy matter“ (W. Smith, 1904, S. 619).

Zum Schlusse erlaube ich mir, Herrn Geheimrat *Dr. Oskar Drude* für die Durchsicht des Manuskriptes und für viele wertvolle Anregungen meinen ergebensten Dank auszusprechen. Ebenso danke ich den Verlagsbuchhandlungen *Gustav Fischer* in Jena, *J. Engelhorn's* Nachfolger in Stuttgart und *Paul Haupt* in Bern für die Bereitwilligkeit, Abbildungen aus ihren Verlagswerken reproduzieren zu dürfen.

¹⁾ Als Beispiele seien noch einige russische pflanzensoziologische Karten angeführt. Vor allem die groß angelegte Karte von

- N. J. Kusnezow* u. a. Geobotanische Karte des europäischen Teiles der Sowjetunion. 1: 1,050.000. Blatt 14. Leningrad 1928. Russ. Auf einer durchsichtigen Auflagekarte sind die Verbreitungsgrenzen wichtiger Arten, wie *Picea excelsa*, *Abies sibirica*, *Quercus robur* usw., eingezeichnet.
- A. W. Fomin*. Kurze Skizze der natürlichen pflanzengeographischen Gebiete der Ukraine. Kiew 1925. Russ.
- A. P. Iljinskij*. Die Pflanzen- und Tierwelt des Powolshje. Aus „Powolshje“ (Das Wolgagebiet). Führer für Wolga, Oka, Kama usw. Leningrad 1925. Russ. Mit farbiger Vegetationskarte 1: 2,500.000.
- J. W. Novopokrowsky*. Die Vegetation des nordkaukasischen Gebietes. Rostow am Don 1925. Russ. Farbige Vegetationskarte.
- E. W. Wulff*. Die Vegetation der östlichen Jailazüge der Krim, ihre Melioration und wirtschaftliche Ausnutzung. Moskau 1925. Russ. Mit 7 farbigen Karten.
- Fedtschenko* und *Knorring*. Geobotanical Map of Turkestan. Leningrad 1927.

Die statistisch-floristische Methode als Grundlage der Pflanzensoziologie.

Von Paul Jaccard, Zürich.

(Mit 5 Abbildungen.)

I. Die Konkurrenz als Hauptfaktor der elementaren Artenverteilung.

Die Verteilung der Pflanzen, ihr Zusammenschluß zu Pflanzengesellschaften und die Physiognomie dieser Gruppierungen sind der Ausdruck der Reaktion gegenüber Boden und Klima; ihre floristische Zusammensetzung hängt zum Teil auch von den geographischen und klimatischen Veränderungen ab, die im Laufe der Zeit stattgefunden haben, sowie vom weniger wichtigen periodischen oder kontinuierlichen Wechsel, der sich beständig vor unseren Augen abspielt.

Aber neben den physikalisch-chemischen Anforderungen, die jede Spezies stellt und den ökologischen Bedingungen, die einer Pflanze erlauben, einen gewissen Standort zu besiedeln, kommt noch ein anderer Faktor in Betracht, der für die Soziologie weitaus am wichtigsten ist: nämlich die Konkurrenz, die sich unter allen Arten, die imstande wären einen gegebenen Standort zu bewachsen, auswirkt, von denen aber aus Raumangel nur ein Teil zugelassen werden kann. Der Kampf um den Platz auf dem Boden ist der soziologische Faktor „*par excellence*“, der schließlich der floristischen Zusammensetzung, der Vergesellschaftung der Arten sowie der relativen Häufigkeit (*Fréquence relative*) der Individuen in den Assoziationen zugrunde liegt. Dieser Faktor entscheidet in letzter Instanz über die Zulassung oder Ausschließung des einen oder anderen Gliedes in einer Pflanzengesellschaft eines gegebenen Standortes, indem er in der scheinbar ungeordneten floristischen Verteilung eine genaue Ordnung schafft, die freilich nur durch eine geeignete Untersuchungsmethode enthüllt werden kann.

Der Kampf um den Platz an einem Standort bewirkt eine eigentliche, teils auswählende, teils ausschließende Selektion. Diese Selektion ist aber kein Werk des Zufalles, sondern sie folgt bestimmten Regeln und gewissen numerischen Zahlenverhältnissen, die ihren Ausdruck im Gemeinschaftskoeffizienten (Coefficient de communauté) der Arten, die ökologisch vergleichbare Standorte bewohnen, in den allgemeinen und lokalen Frequenzkurven (courbes de fréquence locale et générale), ganz besonders aber im generischen Koeffizienten (Coefficient générique) und in den Veränderungen, die dieser in Abhängigkeit der Höhe über dem Meere, der geographischen Breite, der Ausdehnung und dem Grade der Isolierung der Florengebiete erleidet.

Die Selektion auf Grund der Konkurrenz bestimmt nicht nur das relative Verhältnis der Arten gegenüber den Gattungen, sondern auch ein gewisses Verhältnis der Arten und Gattungen zu den höheren taxonomischen Einheiten: Monokotylen, Dikotylen, Choripetalen, Gamopetalen.

Wie gezeigt werden konnte¹⁾, sind Gattung, Familie und Klasse nicht nur taxonomische Gruppen, sondern auch biologische Einheiten. Im Kampfe der verschiedenen pflanzlichen Individuen sind diese nicht nur Vertreter dieser oder jener mehr oder weniger gut angepaßten Art, sondern auch Vorkämpfer höherer biologischer Gruppen, Gattung, Ordnung, Klasse, denen sie ein bestimmtes Repräsentativverhältnis in der Gesamtverteilung sichern.

Gegenüber der Unmenge von Vertretern und ihrem zum Teil unbeschränkten Ausbreitungsvermögen spielt die Konkurrenz die bestimmende Rolle in der numerischen Reduktion, der taxonomischen Selektion und der geographischen Lokalisation.

Diese Erscheinung, deren Wichtigkeit für die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften gewiß nicht geleugnet werden kann, läßt sich nun weder dem Begriff der „Autochorologie“ noch demjenigen der „Synchorologie“ im Sinne von *Rübel* unterordnen. Deswegen wurde vorgeschlagen, die Untersuchungen, die sich darauf beziehen, mit dem Namen selektive Chorologie (Chorologie sélective; Selectiv Chorology) zu bezeichnen²⁾; diese

¹⁾ P. Jaccard: La chorologie sélective et sa signification pour la Sociologie végétale. Mémoire Nr. 2 de la Société vaudoise des sciences naturelles. Lausanne 1922.

²⁾ P. Jaccard: Rev. gén. de Bot. 26. 5 (Paris 1914); Etude comparative de la distribution florale dans quelques formations terrestres et aquatiques.

Benennung ist leicht verständlich und völlig sinngemäß, denn sie bedeutet Verteilung oder Gruppierung der Pflanzen durch die ausschließende und auswählende Selektion der Konkurrenz.

Der Ausgangspunkt zum Studium der selektiven Chorologie ist die elementare Artenverteilung, wie sie in methodischer Weise und zahlenmäßig durch den Gemeinschaftskoeffizient ausgedrückt wird.

1. Mannigfaltigkeit der Artenverteilung.

Es klingt fast wie ein Gemeinplatz, wenn gesagt wird, daß die Flora eines Gebietes mit stark wechselndem Substrat reicher sei als die eines einförmigen. Doch ließ sich a priori nicht annehmen, daß zwischen dem Artenreichtum und der Mannigfaltigkeit der ökologischen Verhältnisse einer Gegend eine so enge Beziehung besteht, wie die statistisch-floristische Untersuchung einiger Distrikte¹⁾ in den Alpen tatsächlich ergibt.

Betrachten wir folgende drei Distrikte:

1. Das obere Becken der Sallanche und des Trient, zwischen der Dent du Midi und dem Buet (im folgenden bezeichnet mit Trient oder T).

2. Das Wildhornmassiv zwischen Sanetsch und Rawyl (Wildhorn oder W).

3. Das obere Becken der Dranses. Die Täler von Bagnes, Entremont und Ferret, zwischen dem Col de Fenêtre und dem Col de Ferret (Dranses oder D). (Bezeichnung für alle drei Distrikte zusammen T-W-D.)

Die drei Distrikte bilden annähernd die Ecken eines gleichseitigen Dreieckes mit ungefähr 50 km Seitenlänge. Trotz ihrer relativen Nähe liegen sie aber doch in drei oder gar vier verschiedenen pflanzengeographischen Bezirken: Trient in den lemanischen Alpen und dem Mont-Blanc-Massiv; Dranses in den zentralen Hochalpen (penninisches Massiv); Wildhorn in den nördlichen Hochalpen (Berner Alpen). Andererseits gehören alle drei (ausgenommen der Nordabhang des Wildhorns) zum Rhonebecken, grenzen aber auch an die Flußgebiete des Po bzw. des Rheins.

Im fernerer wechselt die Natur des Substrats sehr stark: Das Wildhornmassiv besteht fast vollständig aus Kalk, das Becken des Trient teils aus Kalk, teils aus Gneis; in dem der Dranses finden wir Protogin, kristallinische Schiefer, Karbonschichten, Kalk, Dolomit, Serpentin usw.

¹⁾ Die Ausdrücke Distrikt, wie im fernerer (Distrikts-) Abschnitt, Territorium, Gebiet sind hier rein topographisch zu verstehen.

Es dürfte schwer halten, anderswo eine ähnlich mannigfaltige Zusammenstellung von Analogien und Differenzen in einem so engen Bezirke vereinigt zu finden.

Um einen Vergleich durchführen zu können, ermitteln wir für jeden Distrikt und Abschnitt die vollständige Liste aller in der alpinen Region, d. h. über 1850 *m*, beobachteten Arten. Aus einer darauf gegründeten Tabelle kann leicht die Zahl der Arten jedes Distriktes und Abschnittes abgelesen werden. Zugleich ergibt sich daraus die Zahl der zwei oder mehreren Distrikten gemeinsamen Arten. Das Ergebnis dieser Zählungen ist in folgender Übersicht enthalten:

1. Gesamtgebiet Wildhorn—Trient—Dranses .	zirka 650 Arten ¹⁾
2. Gebiet von Wildhorn—Trient—Bagnes . . .	„ 615 „
3. Becken der Dranses (Bagnes, Entremont, Ferret)	„ 600 „
4. Becken des Trient (Emaney, Barberine, Salanfe)	„ 470 „
5. Oberer Teil des Entremont (ausschließlich Hybriden, Varietäten und Arten tieferer Lagen)	„ 465 „
5 b. Oberer Teil des Entremont (einschließlich Hybriden, Varietäten und Arten tieferer Lagen)	„ 600 „
6. Bagnes (oberhalb Mauvoisin)	„ 415 „
7. Becken des Trient (nur das Kalkgebiet) . .	„ 390 „
8. Ferret (gegen den Col de Fenêtre und den Col de Ferret)	„ 360 „
9. Wildhorn (von Sanetsch bis Rawyl einschl.)	„ 350 „
10. Becken von Trient (nur Gneispartie) . . .	„ 310 „
11. Täler von Barberine und Vieux Emossons .	„ 310 „
12. Wildhorn (ausschl. Sanetsch und Rawyl)	„ 300 „

Die Terrains sind nicht nach ihrer Oberfläche geordnet, sondern nach der Mannigfaltigkeit ihrer ökologischen Verhältnisse. So erklärt sich, daß das kleine Tal von Barberine eine größere Zahl von Arten besitzt als das Wildhorn; denn hier tritt neben verschiedenen Kalkgesteinen auch Gneis zutage.

Andrerseits bedingt selbstverständlich nicht nur die geologische Natur des Substrats den Wechsel im Artenreichtum. So ist denn auch die Kalkpartie des Trientbeckens reicher als das ebenfalls aus Kalk bestehende Wildhornmassiv; denn jenes ist

¹⁾ In diesen Zahlen sind (ausgenommen 5 b) nur die „guten Arten“ enthalten, Hybriden und Varietäten dagegen nicht. Durch weitere Forschungen könnten diese Zahlen vielleicht etwas größer werden, ohne aber unsere Schlußfolgerungen wesentlich zu ändern.

tiefer durchfurcht, besitzt sehr wechselnde topographische Gestaltung und fast keine nackten Schutthalden, während der Nordabhang des Wildhorns von großen, sehr steilen Schutthalden bedeckt ist, auf deren groben Trümmern die Vegetation nicht Fuß fassen kann.

In obiger Übersicht wird ferner auffallen, daß das Entremont eine fast so große Zahl von Arten besitzt, wie das viel weiter ausgedehnte und in der geologischen Unterlage viel variabelere Becken des Trient. Auf den ersten Blick scheint diese Tatsache dem Gesetze des Florenreichtums in Abhängigkeit der ökologischen Unterlage zu widersprechen; denn das Entremontal erscheint geologisch außerordentlich einheitlich, da es ganz im Casannaschiefer des Combinmassivs liegt; man könnte also sehr einheitliche ökologische Bedingungen vermuten. Was aber unter dem Namen Casannaschiefer zusammengefaßt wird, ist absolut nichts Homogenes und Einheitliches. Es gibt vielleicht kaum ein Gestein, das so wechselnd ist in seinen physikalischen und chemischen Verhältnissen wie der Casannaschiefer des Combinmassivs. Man findet alle Übergänge von den härtesten Schichten mit dem Aussehen eines kompakten Gneises bis zu den lockersten Schiefeln. Und nicht weniger veränderlich ist auch der Kalkgehalt.

Ferner ist hinzuzufügen, daß der obere Teil des Entremont viel ausgedehnter ist als der von Bagnes und Ferret und außerdem eine sehr wechselnde topographische Gestaltung besitzt mit Schluchten, Plateaux und kleinen Tälchen, wodurch die Mannigfaltigkeit seiner Standorte noch vermehrt wird. Aus diesen verschiedenen Erwägungen ergibt sich die Erklärung für den Artenreichtum des Entremont und der scheinbare Widerspruch zwischen demselben und der ökologischen Verschiedenheit ist gelöst.

2. Physiognomische Einheitlichkeit der Pflanzendecke in den alpinen Weiden und Gemeinschaftskoeffizient.

Selbst unter gleichen klimatischen Bedingungen sind, wie eben gezeigt, die ökologischen Verhältnisse äußerst verschieden. Diese Mannigfaltigkeit wird hervorgebracht durch die Kombination der drei Faktoren: Exposition, Neigung, Substrat.

Es dürfte schwer halten, in der alpinen Region irgend ein Gebiet von einer gewissen Ausdehnung zu finden mit absolut homogenem Substrat, gleichmäßiger Neigung und Exposition, kurz mit einheitlichen ökologischen Bedingungen. Die unendliche Mannigfaltigkeit des Milieus herrscht als Regel. Und doch, welcher Botaniker wird nicht überrascht durch den einheitlichen physiognomischen Charakter der Flora in der alpinen Zone?

Meist verläßt er diese Gebiete mit dem Eindruck, daß sich die große Mehrzahl der Arten auf Wiesen und Weiden stets wiederholen.

Aber dieser Widerspruch zwischen der Einheitlichkeit der Pflanzendecke und der Mannigfaltigkeit der ökologischen Verhältnisse ist nur scheinbar. Die statistische Floristik erlaubt uns nachzuweisen, wie große Differenzen in der Zusammensetzung einer Flora mit einer verblüffenden physiognomischen Einheitlichkeit verbunden sein können.

Betrachtet man die 615 Arten der Distrikte: Trient—Bagnes—Wildhorn (T-B-W), so erkennt man sofort, daß die große Mehrzahl derselben über den ganzen westlichen Teil der Alpen verbreitet ist, oder daß sie wenigstens in der näheren Umgebung aller drei Distrikte nirgends fehlen. Nur wenige Arten (20 bis 30) sind den penninischen Alpen eigen. Trotzdem findet man, daß von diesen 615 Arten kaum mehr als 200, also ungefähr ein Drittel der Gesamtzahl, zugleich in allen drei Distrikten T, B und W vorkommen.

Andrerseits fehlen 52 Arten von Bagnes (B) auf T und auf W oder sind wenigstens bis jetzt daselbst noch nicht nachgewiesen¹); 69 kennen wir nur aus dem oberen Becken des Trient (T), 27 nur aus dem Wildhornmassiv (W). Von diesen 148 Arten sind fast die Hälfte subalpin und in der tieferen Region bis 1800 m verbreitet, steigen aber nur ausnahmsweise höher, 38 besitzen, wie gezeigt, überhaupt eine beschränkte Verbreitung, und nur ungefähr 30 sind mehr oder weniger sporadisch verteilt über unser Gebiet.

Endlich hat sich ergeben, daß

21	in W und B verbreitete Arten	T	fehlen			
59	„ W „	T	„	„	B	„
90	„ B „	T	„	„	W	„

Trotz ihrer gegenseitigen Nähe und der Ähnlichkeit ihrer allgemeinen klimatischen Verhältnisse besitzen also die drei Distrikte T, B und W eine sehr verschieden zusammengesetzte Flora.

Dieser Schluß wird noch weiter unterstützt durch die Gemeinschaftskoeffizienten von je zwei und zwei der Distrikte T, W und D²). Unter Gemeinschaftskoeffizient verstehen wir das prozentuale Verhältnis zwischen der Anzahl der

¹) Es ist immer sehr gewagt zu behaupten, daß eine bestimmte Art einem gewissen Gebiet vollständig fehle. Deshalb wurde dieser weniger absolute Ausdruck gewählt. Allerdings sind die Gebiete, um die es sich hier handelt, so vollständig und seit so langer Zeit durchforscht, daß wohl nur eine recht kleine Zahl von Arten den Augen der Botaniker entgangen sein dürfte.

²) Die folgenden Zahlen beziehen sich auf die Distrikte Trient-Wildhorn-Dranses (T-W-D), während die vorhergehenden nur gelten für Trient-Bagnes-Wildhorn (T-B-W). Bagnes ist eines der drei Täler des Dransesbeckens.

Arten, die zwei Vergleichsgliedern gemeinsam sind, zur Gesamtzahl der Arten, die auf beiden vorkommen.

Es ergeben sich folgende Zahlen:

Trient und Dranses:

390 gemeinsame Arten auf 645.

Daraus berechnet sich der Gemeinschaftskoeffizient:

$$\frac{390 \times 100}{645} = 59.6\%$$

Trient und Wildhorn:

295 gemeinsame Arten auf 525 = zirka 56%.

Dranses und Wildhorn:

327 gemeinsame Arten auf 647 = zirka 50%.

Für die einzelnen Abschnitte des Distriktes D ergeben sich:

Bagnes und Entremont:

370 gemeinsame Arten auf 645 = zirka 57%.

Ferret und Entremont:

300 gemeinsame Arten auf 555 = zirka 54%.

Ferret und Bagnes:

275 gemeinsame Arten auf 545 = zirka 50%.

Ferner:

Trientkalk (mit 390 Arten) und Trientgneis (mit 310 Arten):

225 gemeinsame Arten auf 470 = zirka 48%.

Trientkalk (mit 390 Arten) und Wildhornkalk (mit 350 Arten):

265 gemeinsame Arten auf 475 = zirka 56%.

Der Gemeinschaftskoeffizient von je zwei unserer Distrikte bzw. Abschnitte schwankt also zwischen 50 und 60%. Je größer die ökologische Analogie zweier Distrikte, um so größer der Gemeinschaftskoeffizient. Nichtsdestoweniger scheint es in Anbetracht der geringen Abweichung der extremen Werte gewagt, die Gemeinschaftskoeffizienten als den exakten Ausdruck der ökologischen Analogie oder Differenz zu betrachten, welche zurückführbar wäre auf die Wirkung absolut identischer Faktoren. Sie entsprechen zwar gewissen Differenzen in den ökologischen Bedingungen der verglichenen Territorien, aber es besteht zwischen dem absoluten Wert dieser Differenzen und dem der Gemeinschaftskoeffizienten keine mathematische Proportionalität.

Aus den obigen Zahlen ergibt sich nämlich, daß der Gemeinschaftskoeffizient zwischen Trientkalk und Trientgneis nur 8% niedriger ist als derjenige zwischen Trientkalk und Wildhornkalk.

Trotzdem die Arten des Gebietes T-W-D in allen benachbarten Alpen verbreitet sind, ließ sich also konstatieren, daß ein großer Teil derselben in Tat und Wahrheit auf große Strecken fehlen, während dem Anscheine nach ihre Existenzbedingungen überall vorhanden sind.

Da erhebt sich nun die Frage: Besitzen innerhalb ihres Areals auch die gemeinsten Arten, ähnlich wie die seltenen, eine diskontinuierliche und sporadische Verteilung?

Um eine Antwort auf diese Frage zu finden, betrachten wir die Arten eines einheitlichen Standortstypus, und zwar der alpinen Weiden zwischen 1900 und 2400 *m*, von einer Anzahl Lokalitäten, die möglichst vergleichbar sind in bezug auf Feuchtigkeit und Neigung sowie das Entwicklungsstadium der Flora. Für je einen Streifen von zirka 100 *m* Breite zwischen den angeführten Höhenquoten wird eine genaue Artenliste aufgenommen. Wenn diese Aufnahmen für alle Lokalitäten nach gleicher Methode und unter gleichen Verhältnissen gemacht werden, so sind die Resultate vergleichbar. Als Beispiel sollen folgende 10 Lokalitäten aufgeführt werden:

1. Plan la Chaud (Val Ferret) auf kalkreichem Triasschiefer. 1900 bis 2400 *m*. Exposition: West 101 Arten.
2. La Peulaz (Val Ferret) auf gleicher Unterlage wie vorige. 1900 bis 2300 *m*. Exposition: Ost 107 Arten.
3. Col Ferret (Südabhang) auf unterem Jurakalk mit Quarzitbänken. 1900 bis 2400 *m*. Exposition Südwest: 106 Arten.
4. Alp von Tsessettaz (Entremont) auf Dolomit. 2000 bis 2300 *m*. Exposition: Ost 99 Arten.
5. Alp von Vingt-Huit (Bagnes) auf kalkreichem Triasschiefer und Casannaschiefer. 2000 bis 2500 *m*. Exposition: West 140 Arten.
6. Barberine (Trient) auf unterem Jurakalk. 1900 bis 2300 *m*. Exposition: Südwest 114 Arten.
7. Luisin (Emaney) auf Gneis. 1900 bis 2400 *m*. Exposition: West 173 Arten.
8. Gagnerie (Salanfe) auf oberem Jurakalk. 1900 bis 2450 *m*. Exposition: West 165 Arten.
9. Iffigen (Wildhorn) auf Kreide- und Numulitenkalk. 2000 bis 2500 *m*. Exposition: Südost 147 Arten.
10. Küh-Dungel (Wildhorn) auf Kreide- und Numulitenkalk. 1850 bis 2300 *m*. Exposition: Nordost 150 Arten.

Durch Vergleichung jeder dieser Lokalitäten mit je einem der neun anderen ergeben sich 45 Verhältnisse, deren Gemeinschaftskoeffizienten wie im folgenden Beispiele bestimmt werden:

Plan la Chaud (Nr. 1): 101 Arten und la Peulaz (Nr. 2): 107 Arten, besitzen insgesamt 155 verschiedene Arten; 53 sind beiden gemeinsam ($101 + 107 - 53 = 155$). Ihr Gemeinschaftskoeffizient ist also $= 53:155$ oder gleich 35%; in der folgenden Tabelle ist dieses Verhältnis ausgedrückt durch: Zwischen 1 und 2 35%.

Gemeinschaftskoeffizienten (Zw.) zwischen den Weiden 1 bis 10.

Zw. 1 u. 2	35%	Zw. 2 u. 9	23%	Zw. 5 u. 6	39%
„ 1 „ 3	40%	„ 2 „ 10	32%	„ 5 „ 7	30%
„ 1 „ 4	40%	„ 3 „ 4	39%	„ 5 „ 8	38%
„ 1 „ 5	37%	„ 3 „ 5	39%	„ 5 „ 9	36%
„ 1 „ 6	21%	„ 3 „ 6	27%	„ 5 „ 10	22%
„ 1 „ 7	21%	„ 3 „ 7	30%	„ 6 „ 7	30%
„ 1 „ 8	28%	„ 3 „ 8	28%	„ 6 „ 8	29%
„ 1 „ 9	35%	„ 3 „ 9	26%	„ 6 „ 9	30%
„ 1 „ 10	31%	„ 3 „ 10	28%	„ 6 „ 10	33%
„ 2 „ 3	36%	„ 4 „ 5	37%	„ 7 „ 8	26%
„ 2 „ 4	26%	„ 4 „ 6	27%	„ 7 „ 9	27%
„ 2 „ 5	38%	„ 4 „ 7	24%	„ 7 „ 10	34%
„ 2 „ 6	30%	„ 4 „ 8	30%	„ 8 „ 9	31%
„ 2 „ 7	29%	„ 4 „ 9	39%	„ 8 „ 10	38%
„ 2 „ 8	28%	„ 4 „ 10	34%	„ 9 „ 10	42%

Die vorstehende Tabelle zeigt, daß die Gemeinschaftskoeffizienten zwischen den Grenzen 20 und 40 liegen, bei einem Mittel von 32% oder rund einem Drittel. Im allgemeinen besitzen die Lokalitäten mit physikalisch-chemisch ähnlichem Substrat die größten, diejenigen mit verschiedenem die kleinsten Gemeinschaftskoeffizienten.

3. Elementare Artenverteilung (Diversité florale élémentaire)

Das Wesen dieses Begriffes geht am besten aus einem Beispiel hervor. Es handelt sich um alpine Weiden von les Ormonts¹⁾. Auf neun verschiedenen Arealen, von denen jedes in Quadratmeter eingeteilt wird, wobei sich insgesamt 52 m² ergeben, finden sich zusammen 92 verschiedene Spezies. Es können nun die Gemeinschaftskoeffizienten zwischen je zwei Standorten gebildet werden und innerhalb der einzelnen Standorte zwischen je 2 m². Von der großen Zahl von Gemeinschaftskoeffizienten, die sich auf diese Weise ergeben, seien hier nur diejenigen eines bestimmten Areals (Nr. VI der Untersuchungsreihe) herausgegriffen.

¹⁾ P. Jaccard: Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. soc. vaud. des sc. naturelles. Vol. 44, p. 223–270. Pl. X–XX. Lausanne 1908.

Zwischen den vier Quadraten dieses Standortes sind sechs Kombinationen zu zweien möglich; dabei ergeben sich folgende sechs Gemeinschaftskoeffizienten:

Zwischen dem Quadrat 1 und 2	74%
„ „ „ 2 „ 3	59%
„ „ „ 3 „ 4	51%
„ „ „ 2 „ 3	72%
„ „ „ 2 „ 4	63%
„ „ „ 3 „ 4	74%

Der mittlere Gemeinschaftskoeffizient ist 66% (Mittel der sechs Verhältnisse). Die Zahl der Arten auf jedem der Quadrate 1 bis 4 = 25, 29, 26 und 28. Mittlere Artenzahl pro Quadratmeter (für die Quadrate 1 bis 4) = 27. Gesamtzahl der auf den Quadraten 1 bis 4 verschiedenen Arten = 38.

Ein anderer Standort (Nr. IV) umfaßt 6 m^2 mit zusammen 39 Arten. Allen sechs Quadraten sind nur zwölf Arten gemeinsam.

Ein dritter Standort (Nr. I) mit 8 m^2 und 53 Arten weist nur noch vier Arten auf, die allen acht Quadraten gemeinsam sind.

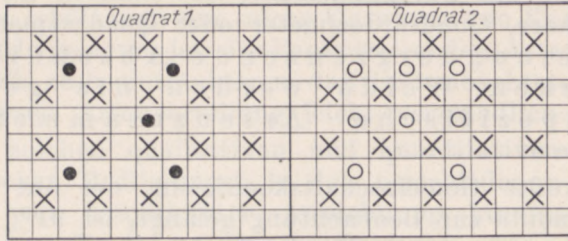
Je größer also die Zahl der Vergleichsquadrate wird, um so kleiner fällt die Zahl der gemeinsamen Arten aus. Von 15 m^2 , die beispielsweise über 1 *ha* verteilt sind, findet man kaum mehr zwei Arten, die genau dieselbe Verteilung aufweisen¹⁾ und in unserem Falle findet sich keine einzige Art, die sich auf allen 52 untersuchten Quadratmetern fände. Die häufigste Art, *Trifolium pratense*, erscheint nur auf 48 Quadraten, und fünf andere sehr häufige Arten können nur auf 40 m^2 gefunden werden.

Die Artenverteilung in den subalpinen Weiden von les Ormots sowie weitere Untersuchungen alpiner Weiden zeigen deutlich, daß eine große Verschiedenheit der floristischen Zusammensetzung an verschiedenen Standorten ein und derselben Formation besteht.

Diese Verschiedenheit zeigt sich nicht nur in der floristischen Zusammensetzung ausgedehnter Gebiete, sondern auch auf eng umgrenzten Standorten von nur wenigen Quadratmetern Oberfläche. Man kann sie daher als einen grundlegenden Hauptcharakter des Formationstypus, den wir im Auge haben, bezeichnen und von einer elementaren Verschiedenheit der Artenverteilung (*Diversité florale élémentaire*) sprechen,

¹⁾ Absolut stimmt dies nur für die natürlichen Weiden; sobald die Kultur, vor allem durch Düngung, die Konkurrenzbedingungen zugunsten einer kleinen Anzahl von Arten verändert, wird die Verschiedenheit der floristischen Zusammensetzung geringer.

Schema I.



Schema II.

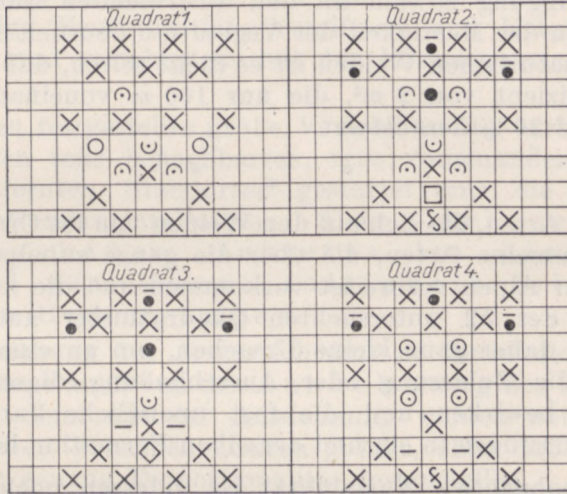


Fig. 9. Schematische Darstellung der Artenverteilung¹⁾ auf der Lokalität I der Weiden von les Ormonts.

Schema I: Gemeinschaftskoeffizient für die Quadrate 1 und 2.

× = gemeinsame Arten der Quadrate 1 und 2: 20 Arten

● = besondere „ des Quadrates 1: 5 Arten

○ = „ „ „ „ 2: 8 „

× + ○ + ● = Gesamtzahl der Arten auf 1 und 2: 33 „

Von 33 verschiedenen Arten sind 20 beiden Quadraten gemeinsam, der Gemeinschaftskoeffizient beträgt somit zirka 60%.

Schema II: Verteilung der 38 auf den Quadraten 1 bis 4 gefundenen Arten.

× = gemeinsame Arten der Quadrate 1 bis 4: 18 Arten

○ = besondere „ des Quadrates 1: 2 Arten

□ = „ „ „ „ 2: 1 Art

◇ = „ „ „ „ 3: 1 „

⊕ = „ „ „ „ 4: 4 Arten

⊙ = gemeinsame „ der Quadrate 1 und 2: 4 Arten

⊖ = „ „ „ „ 1, 2 u. 3: 1 Art

● = „ „ „ „ 2 und 3: 1 „

⊗ = „ „ „ „ 2 „ 4: 1 „

⊘ = „ „ „ „ 2, 3 u. 4: 3 Arten

— = „ „ „ „ 3 und 4: 2 „

Zwischen den Quadraten 1 und 2, 1 und 4, 1, 2 und 4 sowie 1, 3 und 4 sind keine gemeinsamen Arten vorhanden.

¹⁾ P. Jaccard: Bull. soc. vaudoise des sc. nat. 44. 226 (1908).

denn welches das Flächenelement, das man in Betracht zieht, auch sei: Aare, Quadratdezimeter oder Quadratmeter, selbst zwei aneinandergrenzende Abschnitte einer natürlichen Weide werden nie genau dieselbe spezifische Artenzusammensetzung aufweisen.

Der größte Gemeinschaftskoeffizient, der auf den Weiden von les Ormonts zur Beobachtung gelangt, ist 91% und betrifft zwei Quadrate eines Standortes (Nr. I), wo der Einfluß der Frühjahrsdüngung sowohl an den auftretenden düngerliebenden Arten wie an der Mastigkeit der Vegetation deutlich erkennbar ist. Auf völlig natürlichen Weiden ist es nicht selten, daß der Gemeinschaftskoeffizient von 2 m², die nur 100 m voneinander entfernt sind, bis auf 20% herabsteigt.

* * *

Die 92 Arten, die sich auf den Weiden von les Ormonts finden, sind alles gemeine Arten, die über die ganze subalpine Zone der Waadtländer Alpen verbreitet vorkommen und die man eigentlich auf jedem der 52 untersuchten Quadratmeter antreffen sollte. Es genügen daher ganz kleine Ursachen, um an einem gegebenen Standorte die Zulassung oder Ausschließung dieser oder jener Spezies zu bewirken und die fast unendliche Variabilität der Artengruppierungen in ein und derselben Formation hervorzurufen.

Die beobachtete Variabilität ist indessen noch weit davon entfernt, die mathematisch maximal mögliche zu erreichen. Auf 1 km² der Weiden von les Ormonts finden sich ungefähr 150 Arten und im Mittel 25 pro Quadratmeter. Die möglichen Kombinationen von 150 Arten in Gruppen von 20 bis 30 (oder sogar von 18 bis 38, den extremen Werten von Heuwiesen) erreichen eine unberechenbare Zahl, die — wie die festgestellte Variabilität der Artenverteilung zu schließen gestattet — wahrscheinlich der Anzahl Quadratmetern, die die untersuchte Fläche bedecken (eine Million), entspricht.

Diese außerordentlich große Variabilität der floristischen Zusammensetzung, die auf den ersten Blick übertrieben erscheinen könnte, wird erklärlich, wenn man sie zu den möglichen Variationen der ökologischen Verhältnisse in Beziehung bringt.

Es gibt eine große Anzahl ökologischer Faktoren: Licht, Wärme, Feuchtigkeit, unterirdische Durchlüftung, chemische und physikalische Zusammensetzung des Bodens usw., die durch ihre Kombination die Entwicklung der oben erwähnten 150 Arten sichern oder gestatten. Berechnet man die Kombinationen dieser Faktoren, indem man gleichzeitig ihre einzelnen Intensitäten

zwischen den möglichen Grenzen variieren läßt (quantitative Variation), so erhält man eine solche Unsumme von Kombinationen, von denen jede geeignet ist, die konkurrierenden Arten teils zu begünstigen, teils zu beeinträchtigen, daß die beobachtete Variabilität der elementaren Artenverteilung leicht verständlich wird.

Neben solchen qualitativen und quantitativen Variationen der ökologischen Bedingungen in den verschiedenen Teilen eines Standortes von beschränkter Ausdehnung kommen noch die biotischen Faktoren in Betracht, wie Beschattung, Wasserhaushalt, physikalische und chemische Veränderungen des Bodens infolge Neutralisation, Vergiftung und Entgiftung durch die Wurzeln und verschiedene mit den Pflanzen vergesellschaftete Tiere.

Die oben festgestellte große Variabilität der Artenverteilung an zahlreichen teils benachbarten, teils voneinander mehr oder weniger entfernten Standorten gestattet uns die Aufstellung folgenden Fundamentalsatzes: Der Artenreichtum eines gegebenen Gebietes ist direkt proportional der Mannigfaltigkeit seiner ökologischen Bedingungen.

Die Beziehung des Artenreichtums zu den ökologischen Bedingungen hängt auch von der Ausdehnung des untersuchten Gebietes ab, denn mit der Ausdehnung werden natürlich auch die ökologischen Verschiedenheiten größer, ohne daß es indessen gelänge, eine genaue Proportionalität festzustellen.

II. Relative Häufigkeit (Fréquence relative).

Die verschiedenen Häufigkeitsgrade der Arten eines gegebenen Gebietes werden im allgemeinen folgendermaßen ausgedrückt:

Sehr selten, selten, ziemlich selten, ziemlich häufig, häufig, sehr häufig; oder einfacher durch die Ausdrücke: selten, nicht häufig, ziemlich häufig und sehr häufig.

Diese Benennungen besitzen in den Floren im allgemeinen nur einen subjektiven Wert, der vom Grade der Erforschung der betreffenden Gegend sowie von der Erfahrung der verschiedenen Florenautoren abhängt.

Es gelingt indessen, ihnen einen objektiven Wert zu geben. Wenn man ein bestimmtes Gebiet in vier vergleichbare Abschnitte einteilt und die Verteilung der Arten untersucht, kann man die Arten, die nur auf einem Abschnitt vorkommen, als selten, diejenigen, die auf zwei, drei oder allen vier Abschnitten gleichzeitig auftreten, als nicht häufig, häufig und sehr häufig bezeichnen.

Wenn man das Gebiet statt in vier in sechs verschiedene Abschnitte einteilt, kann man den Häufigkeitsgrad noch genauer angeben, indem man eine Häufigkeitsskala von sechs Stufen erhält.

Neben der Kenntnis des Häufigkeitsgrades der Arten eines Gebietes, die für die geographische Chorologie oder Statik wertvoll ist, liefert die relative Häufigkeit

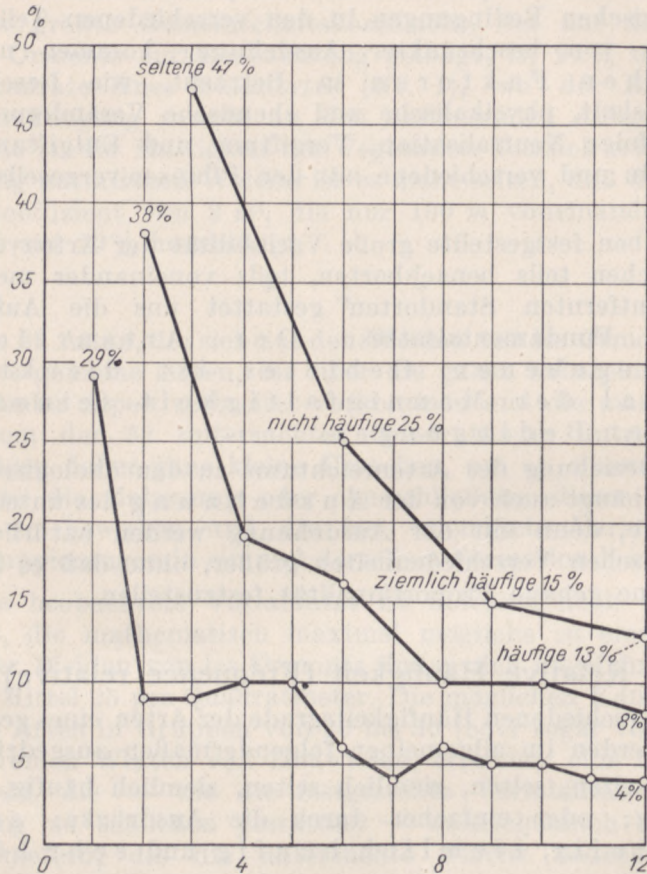


Fig. 10. Relative Häufigkeit von 240 Arten auf zwölf verschiedenen Lokalitäten der Juraweiden¹⁾, auf 12, 6 und 4 Häufigkeitsklassen bezogen.

Abzisse: Anzahl der Lokalitäten.

Ordinate: Häufigkeitsprozente.

für die selektive Chorologie wichtige Anhaltspunkte. Unter relativer Häufigkeit (Fréquence relative) verstehen wir die Beziehungen zwischen der Anzahl der häufigen und seltenen Arten. Sie wird wie folgt bestimmt: Als Beispiel sollen Erhebungen auf zehn

¹⁾ P. Jaccard: Bull. soc. vandoise des sc. nat. 33. 114 (1902).

alpinen Matten mit zusammen 370 Arten und 12 Weiden aus dem südlichen Jura mit 240 Arten aufgeführt werden.

In einem Koordinatensystem werden auf der Abszisse die Anzahl der untersuchten Standorte und auf den Ordinaten die Zahl der Arten in Prozenten der Gesamtartenzahl, die sich auf der entsprechenden Anzahl von Standorten gemeinsam finden,

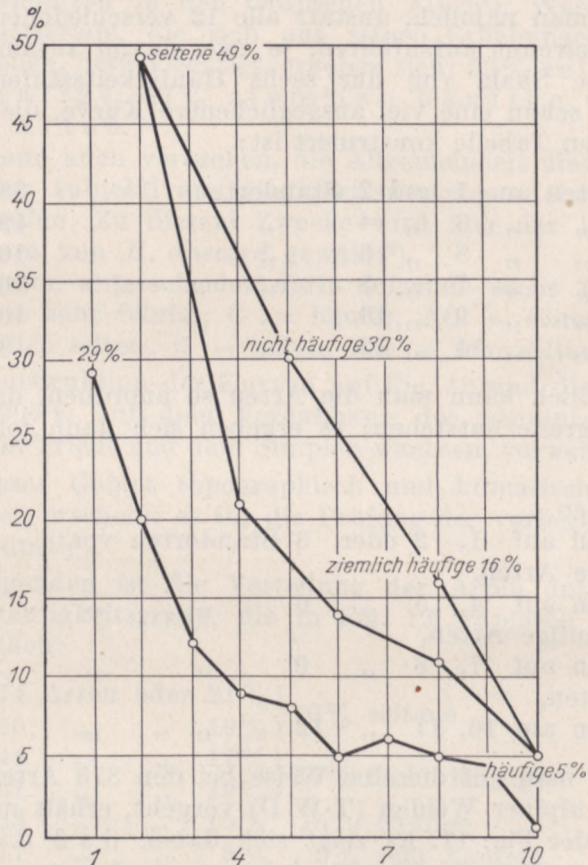


Fig. 11. Relative Häufigkeit von 370 Arten auf zehn verschiedenen Lokalitäten der Alpenweiden (T-W-D¹) auf 10, 5 und 4 Häufigkeitsklassen bezogen.

Abszisse: Anzahl der Lokalitäten.

Ordinate: Häufigkeitsprozente.

aufgetragen; man erhält so eine Häufigkeitskurve oder die Artverteilungskurve (franz. Courbes de Jaccard²).

Die Kurven der Fig. 10 und 11 sind auf diese Weise konstruiert worden; jede Figur zeigt drei verschiedene Linienzüge:

¹) P. Jaccard: Bull. soc. vandoise des sc. nat. **33**. 114 (1902).

²) A. Frey: Rev. gén. de Bot. **39**. 533 (1927) und S. 203 dieses Werkes.

Der erste davon gibt die Anzahl der Arten, die sich auf je 1, 2, 3 usw. bis schließlich auf allen Standorten gemeinsam finden. Obwohl diese Kurve eine allgemeine Abnahme der Artenzahl von der kleinsten Häufigkeit (nur auf einem Standort) zu der größten (auf allen Standorten) aufweist, zeigt sie einige Unregelmäßigkeiten, die auf die kleine Gesamtartenzahl zurückzuführen sind.

Wenn man nämlich, anstatt alle 12 verschiedenen Standorte des Jura getrennt aufzuführen, je zwei davon zusammennimmt, so daß eine Skala von nur sechs Häufigkeitsstufen entsteht, erhält man schon eine viel ausgeglichene Kurve, die auf Grund der folgenden Tabelle konstruiert ist:

Arten an	1 und 2	Standorten	. . . .	38%
„	„ 3	„ 4	„	. . . . 19%
„	„ 5	„ 6	„	. . . . 16%
„	„ 7	„ 8	„	. . . . 10%
„	„ 9	„ 10	„	. . . . 10%
„	„ 11	„ 12	„	. . . . 8%

Schließlich kann man die Arten so anordnen, daß nur vier Häufigkeitsgrade entstehen; es ergeben sich dann folgende Verhältnisse:

Seltene Arten,	kommen auf 1, 2 oder 3	Standorten vor	. .	47%
Nichthäufige Arten,	kommen auf 4, 5	„ 6	„ „	. . 25%
Ziemlich häufige Arten,	kommen auf 7, 8	„ 9	„ „	. . 15%
Häufige Arten,	kommen auf 10, 11	„ 12	„ „	. . 13%

Indem man auf dieselbe Weise bei den 370 Arten von zehn Standorten alpiner Weiden (T-W-D) vorgeht, erhält man die drei Linienzüge der Fig. 11. Es zeigt sich dabei, daß die Kurve bei vier Häufigkeitsklassen fast zu einer Geraden wird.

Die Kurven der Fig. 10 und 11 zeigen deutlich, daß in der untersuchten Pflanzenformation (Alpenmatte) die Zahl der „seltenen“ Arten erheblich viel größer ist als diejenige der „häufigen“ Arten.

Ferner stellt man fest, daß die Anzahl der Arten, die den vier in Betracht gezogenen Häufigkeitsgraden entsprechen, in auffallend regelmäßiger Weise von den „seltenen“ zu den „häufigen“ Arten abfällt. Mit anderen Worten: In den Matten des Gebietes Trient—Dranses—

Wildhorn und auf dem Hochjura sind die „seltenen“ Arten am zahlreichsten und die „häufigen“ Arten am wenigsten zahlreich; die Anzahl der „nicht häufigen“ und „ziemlich häufigen“ Arten nimmt eine Mittelstellung zwischen den „seltenen“ und „häufigen“ Spezies ein.

Dasselbe Ergebnis liefern die Aufnahmen von *L. Vaccari* von 18 Standorten in den Grajischen Alpen¹⁾. Wenn man die 18 Häufigkeitsgrade, die sich aus seinen Erhebungen auf vier Stufen beziehen, berücksichtigt, ergeben sich: 52% seltene, 27% nicht häufige, 17% ziemlich häufige und 4,5% häufige Arten.

Man kann auch versuchen, die Allgemeinheit dieses Gesetzes an Hand der subjektiven Häufigkeitswertungen einer größeren Flora zu prüfen. Zu diesem Zwecke wird hier der Katalog der Walliser Flora von *H. Jaccard* gewählt²⁾.

Der Autor unterscheidet darin folgende sechs Häufigkeitsgrade: CC = sehr häufig, C = häufig, AC = ziemlich häufig, AR = ziemlich selten, R = selten, RR = sehr selten.

Zur Konstruktion der Kurven auf Fig. 12 sind die 830 Arten, die über 1900 m auf dem Nordabhang der penninischen Kette zwischen dem Trient und dem Simplon wachsen, verwertet worden.

Da dieses Gebiet topographisch und klimatisch besonders einheitlich ist, erscheint es für die Prüfung der vorliegenden Frage besonders günstig.

Im folgenden ist die Verteilung der Arten auf die sechs bzw. vier Häufigkeitsgrade, die in Fig. 12 graphisch verarbeitet sind, ersichtlich:

RR.	174	Arten	oder	21%	} 40% seltene
R.	155	„	„	19%	
AR.	144	„	„	17%	} 26% nicht häufige
AC.	157	„	„	19%	
C.	123	„	„	15%	15% häufige
CC.	77	„	„	9%	9% sehr häufige
	830			100%	

Wie aus Fig. 12 ersichtlich ist, zeigt der Linienzug für sechs Häufigkeitsgrade eine Knickung, die aber verschwindet, wenn man zur Häufigkeitsskala mit nur vier Stufen übergeht. Es ergeben sich 40% seltene, 26% nicht häufige, 15% häufige und 9% sehr häufige Arten, also eine Bestätigung des weiter oben ausgesprochenen Gesetzes.

¹⁾ *L. Vaccari*: Nuovo giorn. bot. ital. 8. Nr. 3 und 4 (1901).

²⁾ *H. Jaccard*: Catalogue de la flore valaisaune. Denkschriften d. Schweiz. Naturf.-Ges. Bd. 34, Zürich 1895.

Es bleibt noch übrig, zu prüfen, ob dieses Gesetz der relativen Häufigkeit eine allgemeine Gültigkeit besitzt oder ob es am Ende nur auf die untersuchten Alpenregionen beschränkt ist.

Für das Jouxthal ergibt sich z. B. auf Grund der Aufnahmen von *S. Aubert*¹⁾, die von zehn auf vier Häufigkeitsgrade umgerechnet worden sind, folgende Verteilung:

- 36.0% seltene Arten,
- 14.3% nicht häufige Arten,
- 14.2% ziemlich häufige Arten,
- 35.6% häufige Arten.

Im Jouxthal sind also die seltenen und häufigen Arten ungefähr gleich zahlreich.

Schließlich sei noch die Florula von Cercy-la-Tour (Nièvre), die von Gagnepain beschrieben worden ist, nach unserer Methode behandelt, in dem seine neun Häufigkeitsstufen auf drei reduziert angegeben sind:

- 25% seltene Arten,
- 34% verbreitete Arten,
- 41% häufige Arten.

Für dieses Florengebiet sind also die häufigen Arten zahlreicher als die seltenen; der Kurvenverlauf der relativen Häufigkeit ist hier also gerade im Vergleich zur alpinen Zone umgekehrt. Die Flora des Jouxtales nimmt zwischen diesen beiden Extremen eine Mittelstellung ein.

In den verschiedenen Gebieten, die wir in Betracht gezogen haben, sind nun die Konkurrenz- und Anpassungsbedingungen der Arten sehr stark verschieden. In der alpinen Zone begünstigt die große Variabilität der ökologischen Faktoren in hohem Maße eng begrenzte Anpassungsmöglichkeiten, woraus sich das Überhandnehmen der spezialisierten Arten und das Zurückgehen der Ubiquisten erklären. Während die zehn Alpenmatten T-W-D im Mittel 130 Arten aufweisen, kommen den Weiden auf dem Rücken des südlichen Jura auf vergleichbaren Oberflächen im Mittel nur 91 und den Wiesen der Waldzone im Jouxthal sogar nur ungefähr 30 verschiedene Arten zu.

In tieferen Lagen ist diese Zahl im allgemeinen noch geringer, indem die Ausbreitungskraft gewisser Arten so stark zunimmt, daß

¹⁾ Flore de la Vallée de Joux. Bull. Soc. vaud. sc. nat. vol. 33. Lausanne 1901.

das Wachstum der weniger konkurrenzfähigen vollständig unterdrückt wird. Die Folge davon ist, daß die häufigen und ausbreitungsfähigeren Arten in der Ebene die führende Stellung übernehmen, während sie in den oberen alpinen Lagen keine genügende Eintönigkeit der Lebensbedingungen finden, um eine ähnlich große Ausbreitung zu erlangen.

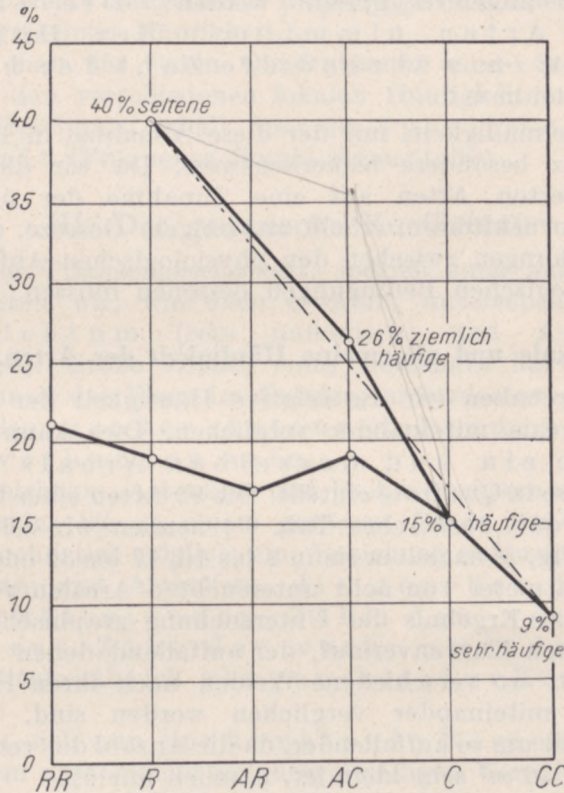


Fig. 12. Relative Häufigkeit der Arten in der Wallisser Flora¹⁾ (Katalog von *Henri Jaccard*). Untere Kurve bezogen auf 6, obere auf 4 Häufigkeitsklassen; letztere ergibt annähernd eine Gerade.

Abszisse: Häufigkeitsgrade.

Ordinate: Häufigkeitsprozente.

Das Jouxthal gehört mit seinen Wiesen und den großen, feuchten Wäldern den tieferen Lagen an, während sich die Gipfel der Juraketten sehr den Verhältnissen in der alpinen Zone nähern. Daher finden wir in der Verteilung der verschiedenen Häufigkeitsgrade gleichzeitig eine große Anzahl seltener und fast ebenso viele häufige Arten.

¹⁾ *P. Jaccard*: Bull. soc. vaudoise sc. nat. 33. 117 (1902).

Aus den obigen Darlegungen können wir schließen, daß das relative Verhältnis der „seltenen“ und „häufigen“ Arten mit der Höhe über dem Meere und der topographischen Beschaffenheit eines Gebietes variiert. Da im allgemeinen die topographische Veränderlichkeit mit der Höhe über dem Meere wächst, kann allgemein gesagt werden: Die Zahl der seltenen Arten nimmt mit der Höhe über dem Meere zu, während die Zahl der häufigen Arten abnimmt.

Die Regelmäßigkeit, mit der diese Abnahme in Erscheinung tritt, ist ganz besonders bemerkenswert. Da wir die Zunahme der spezialisierten Arten auf eine Zunahme der ökologischen Variabilität zurückführen, erhellt aus obigem Gesetze, daß zahlenmäßige Beziehungen zwischen den physiologischen Anforderungen und den ökologischen Bedingungen bestehen müssen.

Lokale und allgemeine Häufigkeit der Arten.

Bis jetzt haben wir die relative Häufigkeit der Arten verschiedener Areale miteinander verglichen. Dies kann nun auch innerhalb ein und desselben Areals geschehen, wenn man diese in Quadrate einteilt. Die 92 Arten einer bestimmten Aufnahme (Nouv. recherches Tab. I¹) nennen wir selten, häufig oder sehr häufig, je nachdem sie in 1 bis 16, 17 bis 32 oder 33 bis 48 der 52 Quadratmeter von acht untersuchten Arealen vorkommen. Wenn man das Ergebnis der Untersuchung graphisch überträgt, erhält man einen Kurvenverlauf, der auffallend denen der Fig. 10 und 11 gleicht, wo verschiedene Weiden nach ihren Häufigkeitsverhältnissen miteinander verglichen worden sind. Die Übereinstimmung ist um so auffallender, da die Anzahl der verschiedenen Arten auf den 52 m² sehr klein ist, nämlich nur 92.

Das Gesetz der Artenverteilung nach Maßgabe ihrer Häufigkeit, das wir für die alpinen Weiden aufgestellt haben, findet sich also auch hier bestätigt. Die seltenen Arten (die auf weniger als ein Drittel der 52 m² auftreten, sind die zahlreichsten und die häufigsten Arten, die auf mehr als zwei Drittel der 52 m² vorkommen, sind die am wenigsten zahlreichen.

Dieses allgemeine Grundgesetz verliert aber seine Gültigkeit, wenn wir die Artenverteilung innerhalb eines einzigen Standortes untersuchen, denn auf wenig ausgedehnten Flächen von nur 4 bis 8 m² kann sich die relative Verteilung der seltenen und häufigen Arten direkt umkehren.

¹) l. c. Lausanne 1908.

Der Häufigkeitsgrad variiert also mit der Ausdehnung der untersuchten Oberfläche. Man muß daher die lokale Häufigkeit (Fréquence locale) einer Art, d. h. ihre Häufigkeit an einem bestimmten Standorte, von der allgemeinen Häufigkeit (Fréquence générale; Vergleich verschiedener Standorte, hier acht mit insgesamt 52 m²), unterscheiden.

Es gibt keine bestimmten Beziehungen zwischen der lokalen und der allgemeinen Häufigkeit.

Wenn man für jeden Quadratmeter eines Standortes die Anzahl, die den verschiedenen lokalen Häufigkeiten seiner Arten entspricht, bestimmt, erhält man die spezifische Artenhäufigkeit (Fréquence florale élémentaire).

III. Der generische Koeffizient.

In jeder Pflanzengesellschaft, speziell auch auf der alpinen Weide, müssen wir, wie oben erwähnt, unterscheiden zwischen Artenreichtum (rein numerisch) und Artenliste (systematisch). Große Dichte eines Bestandes hat zwar häufig eine Verarmung der Flora im Gefolge; nichtsdestoweniger können aber bisweilen großer Artenreichtum und große Dichte verbunden sein.

Artenreichtum, Artenliste und Dichte variieren also innerhalb eines Bestandes bis zu einem gewissen Grade unabhängig voneinander. Doch ist es möglich, eine Beziehung aufzustellen zwischen Artenreichtum und Artenliste, die gegeben ist durch das Verhältnis der Zahl der vertretenen Genera zur Zahl der vorkommenden Arten; dieses Verhältnis habe ich als generischer Koeffizient bezeichnet¹⁾.

Es läßt sich nun eine konstante Beziehung finden zwischen dem anscheinend so unregelmäßigen Verhältnis zwischen Zahl der Genera und Zahl der Arten einerseits und der Mannigfaltigkeit der ökologischen Verhältnisse des Gebietes andererseits, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Juraweide Nr. 1 am Grand Colombier:

85 Genera, bezogen auf 100 Arten

Juraweiden 1 bis 12 zusammen:

60 Genera, bezogen auf 100 Arten

¹⁾ Die Beziehung zwischen Zahl der Genera und Zahl der Arten kann auf zweierlei Weisen ausgedrückt werden: 1. in Prozenten und 2. als gebrochenen Quotienten. Es hat sich als praktischer erwiesen, das Verhältnis in Prozenten auszudrücken, indem die Anzahl der Arten gleich 100 gesetzt wird. Aus diesem Grunde wurde denn auch die Bezeichnung „generischer Koeffizient“ anstatt generischer „Quotient“ gewählt. Siehe P. Jaccard: Lois de distribution florale dans la zone alpine. Bull. Soc. vaud. sc. nat. vol. 33. Lausanne 1902.

Alpenweiden T-W-D zusammen:

57 Genera, bezogen auf 100 Arten

Gesamte alpine Region des südlichen Jura:

54 Genera, bezogen auf 100 Arten

Gesamtes Wildhornmassiv (W):

50 Genera, bezogen auf 100 Arten

„ Gebiet von Trient (T):

45 Genera, bezogen auf 100 Arten

„ Gebiet von Dranses (D):

40 Genera, bezogen auf 100 Arten

„ Gebiet von T-W-D:

33 Genera, bezogen auf 100 Arten

Gesamte Schweizer Flora:

26 Genera, bezogen auf 100 Arten

Diese Tabelle zeigt, daß der generische Koeffizient (d. h. das prozentuale Verhältnis von Genera zu Arten) umgekehrt proportional der Mannigfaltigkeit der ökologischen Verhältnisse ist. Während dieser von 85 auf 26% fällt, werden die betrachteten Gebiete ökologisch immer komplexer, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

1. Das Gesamtgebiet der Schweiz, umfassend: Jura, Mittelland und Alpen mit Seen, Gletschern, Torfmooren usw.; ökologischer Mannigfaltigkeit gleich einem Maximum. Generischer Koeffizient = 26%.

2. Die alpine und nivale Region der Gebiete Trient—Wildhorn—Dranses. Die ganze Reihe der Sedimente ist vertreten vom Gneis bis zum Flysch. Sie umfassen Teile der drei großen Alpenmassive: Zentralalpen, Mont-Blanc-Massiv, Berner Alpen. Generischer Koeffizient = 33 bis 34%.

3. Das obere Becken der Dranses, bestehend aus den Tälern Bagnes, Entremont und Ferret mit Protogin, kristallinen Schiefern, Karbonschichten, Kalk, Dolomit, Serpentin usw. Generischer Koeffizient = 40%.

4. Das obere Becken des Trient, weniger ausgedehnt als das vorige Gebiet mit etwas weniger variablem geologischen Aufbau (Gneis, Trias, Jura, Kreide). Generischer Koeffizient = 45%.

5. Das Wildhornmassiv. Nur Kalkgestein, aber verschiedener Art, und zwar: Oberer Jura, Flysch, Nummulitenkalk und Brekzie, magnesiumreiche Felsen sowie stellenweise eine Bedeckung mit kieselreichem Moränematerial. Generischer Koeffizient = 50%.

6. Die alpine Region des südlichen Jura vom Reculet bis Mont-Tendre zwischen 1500 und 1700 *m*, vollständig gebildet vom oberen Jura. Generischer Koeffizient = 54%.

7. Die zehn Weiden des Gebietes T-W-D. Alle zum gleichen Standortstypus gehörend, aber verschieden nach Substrat, Exposition und bis zu einem gewissen Grad auch nach Höhe und Neigung. Die ökologische Mannigfaltigkeit ist sicher viel geringer als in einem Gebiet mit verschiedenen Standortstypen. Generischer Koeffizient = 57%.

8. Die zwölf Lokalitäten des südlichen Jura. Untereinander fast nur in Exposition und Neigung verschieden. Ihr Substrat bietet (geologisch genommen) nur geringe Differenzen. Generischer Koeffizient = 60%.

9. Betrachtet man nur eine Lokalität, z. B. den Abhang Nr. 1 am Grand Colombier, wo die ökologische Mannigfaltigkeit sehr tief sinkt, so steigt der generische Koeffizient auf 85%.

10. Endlich steigt der generische Koeffizient auf 100% auf sehr einheitlichen Standorten mit nur geringer Artenzahl. Solche Bedingungen erfüllen z. B. die Schneetälchen, deren Flora ebenso viele Genera als Arten umfaßt: *Plantago alpina*, *Alchimilla pentaphyllea*, *Chrysanthemum alpinum*, *Cerastium trigynum*, *Gnaphalium supinum*, *Veronica aphylla*, *Cardamine alpina*, *Salix herbacea* usw. Ferner die Callunahede, für die z. B. im Vallon d'Emaney 30 Arten auf 29 Genera gefunden worden sind.

Allgemein ausgedrückt: Alle jene Standorte, welche bedingt sind durch das starke Hervortreten eines Faktors (besonders physikalisch-chemischer Natur), wie Heide, Salzsteppe, Seestrand usw., besitzen innerhalb eines beschränkten Gebietes einen maximalen generischen Koeffizienten.

Das Ergebnis wird zuverlässiger, wenn man Lokalitäten mit gleich großer Oberfläche in verschiedenen Regionen vergleicht. Dabei werden folgende Zahlen erhalten:

Lokalität	Zahl der Arten	Zahl der Genera	Generischer Koeffizient
1. Kalkabhang von Gagnerie . . .	165	111	67%
2. „ von Küh-Dungel (1850 bis 2200 <i>m</i>)	150	104	69—70%
3. Gneisabhang von Luisin	173	122	70—71%
4. Abhang von La Peulaz auf Kalkschiefer	107	78	73%
5. Kalkabhang von Küh-Dungel zwischen 1850 und 2200 <i>m</i> . . .	111	85	79%

Lokalität	Zahl der Arten	Zahl der Genera	Generischer Koeffizient
6. Westabhang des Reculet	92	73	80 %
7. Gipfel des Grand Colombier . . .	110	84	81 %
8. Kalkabhang von Barberine . . .	114	93	81 %
9. Abhang auf Glanzschiefer am Ufer der Visp ob Stalden	85	70	83 %
10. Ostabhang des Grand Colombier .	106	90	85 %

Obschon eine Schätzung immer schwierig und subjektiv ist, kann doch der Anspruch erhoben werden, daß die vorstehenden Lokalitäten von der ökologisch komplexesten zu den einheitlichsten geordnet sind.

Das Resultat dieser zweiten Tabelle deckt sich also vollständig mit dem früher erhaltenen. In großen Zügen zeigen die beiden Tabellen klar: Der generische Koeffizient ist größer im Jura als in den Alpen, größer, wenn nur eine Formation berücksichtigt wird statt mehrerer, noch größer für eine Weide der alpinen Region des Jura als eine der Alpen bei gleicher Oberfläche.

Es besteht also in der Tat eine konstante Beziehung, die den Charakter eines Gesetzes hat, zwischen der ökologischen Mannigfaltigkeit und dem generischen Koeffizienten. Dieses Gesetz ist so zu formulieren:

Der generische Koeffizient ist umgekehrt proportional der Mannigfaltigkeit der ökologischen Verhältnisse¹⁾.

Das scheint auf den ersten Blick im Widerspruch zu stehen mit unserem ersten Gesetz, nach dem der Artenreichtum proportional der ökologischen Mannigfaltigkeit ist. Aber wie man leicht konstatieren kann, ist eben der generische Koeffizient innerhalb weiter Grenzen unabhängig vom Artenreichtum. So besitzen z. B. der Abhang von Gagnerie auf Kalk und der von Luisin auf Gneis (sonst gleich nach Exposition, Neigung und Höhe) beinahe gleichviel Arten; aber trotzdem ist für den ersteren der generische Koeffizient um 4 % kleiner als für letzteren. Andererseits sind die generischen Koeffizienten von La Peulaz (Nr. 4) und Luisin (Nr. 3) fast identisch, trotzdem ihre Artenzahl sehr verschieden ist, 107 bzw. 173. Übrigens ist die Zahl der Arten innerhalb der alpinen Genera so verschieden, daß schon a priori eine weitgehende Proportionalität zwischen Zahl der Genera und Zahl der Arten ausgeschlossen erscheint.

¹⁾ Scheinbare Ausnahmen von diesem Gesetz sind besprochen in *P. Jaccard: Proc. verbaux de la Soc. vaudoise des sc. nat. (2 décembre 1908); A propos du Coeff. générique; Réponse à Mr. Massart und Une exception apparente à la loi du coefficient générique (Isla persa). Ebenda. (7 juillet 1902.)* Lausanne.

Generischer Koeffizient der großen taxonomischen Einheiten.

Wenn man die Artenzusammensetzung der Alpenflora vom Gebiete Trient—Wildhorn—Dranse und vom südlichen Jura genauer untersucht, findet man, daß der generische Koeffizient der Dialypetalen und der Gamopetalen fast denselben Wert besitzt wie derjenige der Gesamtlora.

	Generischer Koeffizient	
	Gebiet T-W-D (661 Arten)	Juraweiden (240 Arten)
Dialypetalen	33·6	63
Gamopetalen	33	63
Gesamtlora	33·4	61

Die Übereinstimmung der generischen Koeffizienten taxonomischer Abteilungen mit derjenigen der Gesamtlora ist für diese Gebiete so überraschend, daß es sich lohnt, das Problem für größere Bezirke weiter zu verfolgen. Dazu sollen die Floren folgender Länder benutzt werden.

	Generischer Koeffizient		
	Schweiz	Deutschland	Frankreich
Dialypetalen	26·2	28·3	19
Gamopetalen	26	28	19
Gesamtlora	26·4	28	19·7

Berechnet man für die untersuchten Gebiete den generischen Koeffizienten der Familie der Kompositen, so findet man ebenfalls eine auffallende Analogie mit demjenigen der Gesamtlora:

	Generischer Koeffizient der	
	Gesamtlora	Kompositen
Schweiz	26·4	22
Deutschland	28	24·8
Spanien	18·8	18·5
Frankreich	19·7	19
Gebiet T-W-D	33·4	33
Juraweiden	60	60
Mittl. gener. Koeffizient .	31	30

Die Übereinstimmung ist zwar keine vollkommene, immerhin ist sie auffällig genug.

Die Abweichungen der generischen Koeffizienten der Dialypetalen, Gamopetalen und Kompositen von demjenigen der Gesamtlora sind aber durchweg gering. Wenn die Kompositen hin und wieder etwas stärker abweichen, so führt dies gewöhnlich von

der Gattung *Hieracium* her, die in den europäischen Floren eine große Artzersplitterung aufweist, welche durch das Erheben von bloßen Unterarten zu guten Arten oft noch unnötig verstärkt wird.

Man kann die Berechnungen auch auf weitere taxonomische Einheiten ausdehnen, wie Apetalen, Monokotyledonen, Gymnospermen und Gefäßkryptogamen, sowie auf die wichtigsten Familien: Rosaceen, Leguminosen, Gräser usw.

Vergleich der generischen Koeffizienten der drei Alpengebiete von Ubaye, Avers und T - W - D.

	Generischer Koeffizienten			
	T-W-D	Avers	Ubaye	Mittel der 3 Gebiete
Dialypetalen	33	37	40	37
Gamopetalen	33·6	40·7	40·5	38
Monokotyledonen	31	30	37·4	33
Kompositen	33	42	37·1	37
Gesamtflora	33·4	37·4	40	37

Obige Tabelle zeigt von neuem die Übereinstimmung der generischen Koeffizienten der Dialypetalen, Gamopetalen und Kompositen mit denjenigen der Gesamtflora. Sie läßt aber auch erkennen, daß derjenige der Monokotyledonen auf diesen drei Alpengebieten durchweg niedriger ausfällt. Im Gegensatz dazu ist der generische Koeffizient der Gefäßkryptogamen immer höher als der der Gesamtflora.

Während diese Beziehung der Gefäßkryptogamen zur Gesamtflora überall gilt, wechselt diejenige der Monokotyledonen zur Gesamtflora mit der geographischen Breite und der Höhe über Meer:

	Prozente der Monokotylen	Generischer Koeffizient der Gesamtflora	Koeffizient der Monokotyled.	Differenz
Skandinavien	26·8	35	28·6	— 4·6
Großbritannien	24·5	37·8	36·3	— 1·5
Deutschland	21·5	28	24·5	— 3·5
Schweiz	20	26·4	27	+ 0·6
Frankreich	20	19·7	21	+ 1·3
Italien	21	18·1	20·5	+ 2·4
Spanien	17	18·8	22	+ 3·2

Die Tabelle zeigt, daß der prozentuale Anteil der Monokotyledonen an der Gesamtflora ganz allgemein mit der geo-

graphischen Breite wächst. Ebenso nimmt der generische Koeffizient sowohl der Gesamtflora wie der Monokotyledonen von Süden nach Norden zu, aber in verschieden starkem Maße, so daß er bei den Monokotyledonen im Süden größer, im Norden dagegen kleiner als derjenige der Gesamtflora ist.

In bezug auf die Höhe über dem Meere ergeben sich folgende Verhältnisse:

	Untere Höhengrenze	Generischer Koeffizient der Gesamtflora Monokotyled.		Differenz
Wallisser Flora . . .	420	32	30	2
Gebiet T-W-D . . .	1900	33.4	31	2.4
Nivale Zone der schweiz. Alpen . .	2600	41.4	36	5.4
Gipfelzone.	3150	57.7	50	7.7

Der generische Koeffizient nimmt also mit der Höhe über dem Meere zu, und zwar für die Monokotyledonen schwächer als für die Gesamtflora.

Zusammenfassend kann man sagen, daß in Europa der generische Koeffizient der Monokotyledonen, bezogen auf denjenigen der Gesamtflora, mit wachsender geographischer Breite und Höhe über dem Meere abnimmt.

Die obige Tabelle zeigt zugleich, daß der generische Koeffizient im Gebiete der Alpen ganz allgemein mit der Höhe über dem Meere wächst. Das heißt, die Zahl der Gattungen nimmt weniger rasch ab als diejenige der Arten. Dies ist eine Bestätigung des allgemeinen Gesetzes, daß der generische Koeffizient wächst, wenn die Mannigfaltigkeit der ökologischen Bedingungen kleiner wird (s. S. 200).

Von einer gewissen Höhe an werden nämlich die ökologischen Bedingungen immer einförmiger und in der Schneestufe können sich schließlich nur noch einige wenige Arten mit enger Anpassung an diese extremen Bedingungen halten. In jeder Gattung bleibt nur die am besten ausgerüstete Art übrig, während alle anderen ausgeschlossen werden.

Dies soll an einem letzten Beispiel demonstriert werden, nämlich an den klassischen Erhebungen von *O. Heer* über „Die nivale Flora der Schweiz“. *Heer* hat die nivale Zone der Schweizer Alpen von 8000', d. h. 2600 m an in acht Stufen eingeteilt, jede zu 500', und die Arten, die man in jeder Stufe findet, angegeben.

Berechnet man daraus die generischen Koeffizienten für jede Stufe, erhält man folgende Tabelle (s. a. Fig. 13):

Stufe	Arten	Gattungen	Generischer Koeffizient
I	338	139	41.4%
II	227	111	49%
III	153	78	51%
IV	122	68	55.7%
V	47	29	62%
VI	22	16	73%
VII	14	11	80%
VIII	8	6	87.5%

Seit der Veröffentlichung von *Heer* ist die Erforschung der Hochalpen zwar weiter fortgeschritten, wodurch die eine oder andere der obigen Zahlen modifiziert würde, ohne daß indessen dadurch die allgemeine Schlußfolgerung verändert würde, die sich daraus ergibt:

Der generische Koeffizient wächst mit der Höhe über Meer¹⁾.

Eine ähnliche Erscheinung wie bei der Alpenflora können wir auf den Inseln beobachten. Es zeigt sich da, daß vor allem zwei Faktoren eine wichtige Rolle spielen: Die Ausdehnung und der Grad der Isolierung. Es lassen sich folgende Gesetzmäßigkeiten ableiten:

1. Bei gleichen ökologischen Bedingungen wird der generische Koeffizient kleiner, wenn die Ausdehnung des untersuchten Gebietes wächst.

2. Unter vergleichbaren Verhältnissen ist der generische Koeffizient auf Inseln größer als auf gleich großen Gebieten des Kontinentes, selbst wenn diese den Inseln sehr benachbart sind.

* * *

Vorherrschen der monotypen Gattungen auf den Inseln sowie in der alpinen und

¹⁾ Das Gesetz macht sich besonders geltend, wenn die ökologischen, namentlich die klimatischen Bedingungen anfangen einformiger zu werden und als Grenzfaktor einschränkend auf die Vegetation zu wirken, d. h. oberhalb der Baumgrenze. *Guyot* findet, daß im Valsorey der generische Koeffizient erst von 2500 m an gesetzmäßig anwächst. (Le Valsorey, Matériaux pour le levé géobotanique de la Suisse 3, Zürich 1920.)

nivalen Stufe der Alpenflora. Die Erhöhung des generischen Koeffizienten auf den Inseln rührt weniger von einer kleinen Anzahl von Arten als von der großen Zahl von mono- oder ditypen Gattungen her.

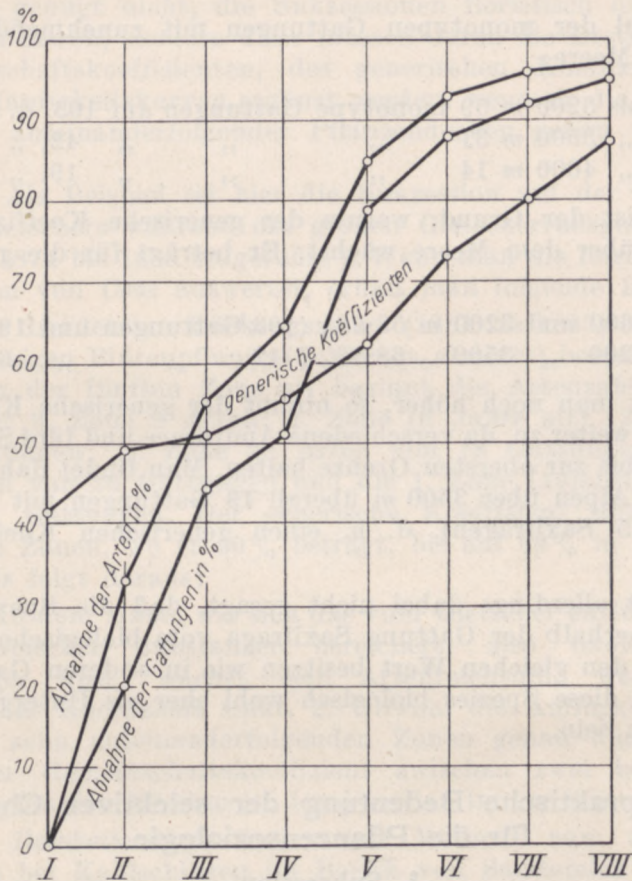


Fig. 13. Zunahme des generischen Koeffizienten mit der Höhe über dem Meer¹⁾.
Abszisse: I bis VIII. Höhenstufen von 2600 m bis 3900 m.
Ordinate: Generischer Koeffizient sowie Abnahme der Arten und Gattungen in Prozenten.

Inseln	Anzahl der Gattungen	Zahl der monotypen Gattungen	Prozente der monotypen Gattungen	Zahl der ditypen Gattungen
Mollusken S-W . .	263	205	74 %	39
Sandwichinseln . .	365	170	46 %	—
Bermuden	109	94	86 %	11
Juan Fernandez . .	93	63	78 %	11
Admiralsinseln. . .	66	63	95 %	3

¹⁾ P. Jaccard: Bull. soc. vaudoise des sc. nat. 33. 100 (1902).

Auch in den Alpen beobachtet man, daß mit zunehmender Höhe über dem Meere die Zahl der monotypen Gattungen zunimmt. So finden sich in den grajischen Alpen (nach den Erhebungen von *Vaccari*):

Anzahl der monotypen Gattungen mit zunehmender Höhe über dem Meere:

von 2600 bis 3200 m	59 monotype Gattungen auf 103, d. h. 57%
„ 3200 „ 3500 m	31 „ „ „ 42, „ „ 73.5%
„ 3500 „ 4000 m	14 „ „ „ 19, „ „ 74%

Dies ist der Grund, warum der generische Koeffizient mit der Höhe über dem Meere wächst. Er beträgt für die grajischen Alpen:

zwischen 2600 und 3200 m	53.5% (103 Gattungen und 193 Arten),
„ 3200 „ 3500 „	68.8% (42 „ „ 61 „).

Steigt man noch höher, so nimmt der generische Koeffizient nicht mehr weiter zu, da verschiedene *Androsace* und fünf *Saxifraga*-arten sich bis zur obersten Grenze halten. Man findet daher in den grajischen Alpen über 3500 m überall 19 Gattungen mit 27 Arten (darunter 5 *Saxifragen*), d. h. einen generischen Koeffizienten von 63%.

Es ist allerdings dabei nicht gesagt, daß die Speziesunterschiede innerhalb der Gattung *Saxifraga* vom biologischen Standpunkt aus den gleichen Wert besitzen wie in anderen Gattungen; oft werden diese Spezies biologisch wohl eher als Untergattungen aufzufassen sein.

IV. Die praktische Bedeutung der selektiven Chorologie für die Pflanzensoziologie.

1. Sukzession.

Die chorologische Methode leistet besonders beim Studium der Sukzessionen gute Dienste. Die Bestimmungen des Gemeinschaftskoeffizienten, des generischen Koeffizienten und des lokalen Häufigkeitsgrades erlauben kurz und genau, vor allem aber auf vergleichbare und immer wieder reproduzierbare Weise, die Änderungen, die sich an einer oder verschiedenen Örtlichkeiten im Laufe der Zeit in der floristischen Zusammensetzung geltend machen, zu verfolgen. Diese Veränderungen können von kleinen Schwankungen im Klima, der Bodenzusammensetzung oder von Eingriffen des Menschen herrühren (Kultur, Waldlichtungen usw.); sie kommen durch Verschiebungen in den numerischen Beziehungen zwischen den vergesellschafteten

Arten zum Ausdruck und bilden so einen Beweis für das instabile Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Konkurrenten.

Es genügt nicht, die Sukzessionen floristisch durch Artenlisten zu fassen, sondern diese müssen durch die Bestimmung des Gemeinschaftskoeffizienten, des generischen Koeffizienten und durch Häufigkeitskurven ergänzt werden, wenn sie die Zusammensetzung aufeinanderfolgender Pflanzendecken genau wiedergeben wollen.

a) Als Beispiel sei hier die Sukzession auf der Moräne des Rhonegletschers während des großen Gletscherrückganges in den Jahren 1874 bis 1883 aufgeführt¹⁾. Wenn man die floristischen Erhebungen von *Coaz* auswertet, erhält man folgende Ergebnisse²⁾:

Die drei letzten Rückzugszonen (1881 bis 1883) sind nur von einer einzigen Blütenpflanze (*Saxifraga aizoides*) besiedelt worden; erst von der fünften Zone an beginnt die Artenzahl kräftig zu wachsen: 5. Zone 9 Arten; 4. Zone (6 Jahre alt) 12 Arten von 11 Gattungen; 3. Zone 23 Arten von 18 Gattungen; 2. Zone 32 Arten von 26 Gattungen und die 1. Zone (10jährig) 39 Arten von 27. Gattungen. Der generische Koeffizient sinkt von den jüngsten Zonen, wo er 90% beträgt, bis auf 69% in der ältesten Zone. Es folgt daraus:

1. In dem Maße, wie sich das vom Gletscher entblößte Gebiet an organischen Substanzen bereichert, also ökologisch vielgestaltiger wird, wächst sein Artenreichtum, während sein generischer Koeffizient sinkt. 2. Obwohl die Anflugsbedingungen für die zehn aufeinanderfolgenden Zonen genau dieselben sind, wird der Gemeinschaftskoeffizient zwischen zwei benachbarten Gürteln von den ältesten zu den jüngsten immer kleiner.

b) *Dziubaltowsky*³⁾ hat unsere Methode zum Sukzessionsstudium bei Kahlschlägen im Bezirk von Sandomicz (Polen) angewendet. Während neun aufeinanderfolgender Jahre wurden hier Kahlschläge aneinanderstoßender Gebiete vorgenommen, so daß Lichtungen von einem bis neun Jahre Alter nebeneinander vorhanden waren. Er kommt dabei zum Schlusse, daß sich unsere Häufigkeitskurven am besten zur Erfassung der Sukzessionsfolge eignen.

Solange eine Pflanzengesellschaft kein stabiles Gleichgewicht erreicht hat, sind die zahlenmäßig faßbaren Beziehungen des generischen Koeffizienten, des Gemeinschaftskoeffizienten sowie die lokale oder allgemeine Häufigkeit wesentlich verschieden von

¹⁾ *J. Coaz*: Arch. des sc. phys. et nat. Genève. **17**. 543 (1887).

²⁾ *P. Jaccard*: Rev. gén. de Bot. **26**. 43 (1914).

³⁾ *S. Dziubaltowski*: Compt. rend. de la Soc. d. sc. de Varsovie. **11**. 187 (1918).

denjenigen, die man in einem ausgeglichenen Endstadium einer Sukzession beobachtet. Die Variationen dieser numerischen Beziehungen können sogar dazu dienen, um die Geschwindigkeit der Veränderung in der Artenzusammensetzung zu charakterisieren und die verschiedenen Phasen auf dem Wege zum endgültigen Gleichgewichte festzulegen. Die Pflanzendecke, die sich z. B. in einem angepflanzten Jungwald einstellt, d. h. an einem Orte, wo die ökologischen Bedingungen durch die Kultur plötzlich tiefgreifend verändert worden sind, ist keineswegs im Gleichgewicht; vielmehr ist sie wiederholten Veränderungen unterworfen und kann daher niemals denselben chorologischen Charakter besitzen wie eine stabilisierte Pflanzengesellschaft als Endglied einer Sukzession.

2. Vergleich verschiedener Florengebiete.

Der Vergleich des generischen Koeffizienten und des Gemeinschaftskoeffizienten der marokkanischen Flora mit denjenigen der Schweizer Flora erlaubt uns zu schließen, daß allgemein unter vergleichbaren topographischen und edaphischen Bedingungen für Gebiete gleicher Ausdehnung der generische Koeffizient für Marokko höher ist als für Frankreich und die Schweiz¹).

Wenn man das „Specilegium Florae marocanae“ von *John Ball*²) mit seinen 525 Gattungen und 1627 Arten zugrunde legt, erhält man einen generischen Koeffizienten von 32·3%; dieser Wert ist im Vergleich zur Flora Frankreichs (einschließlich Korsika), die ein viel kleineres Gebiet bedeckt, mit einem generischen Koeffizienten von 19 bis 20% sehr hoch, und er übertrifft sogar denjenigen der Schweizer Flora (27%). Eine Aufnahme am Djebel Guédrouz im Hoch-Atlas lieferte 143 Gattungen mit 205 Arten, was einem generischen Koeffizienten von 70% entspricht; es handelt sich dabei um ökologisch verschiedene Gebiete zwischen 1400 und 2400 m. Es ist interessant, diese Daten mit den Weiden des Jura zwischen 1480 und 1680 m zu vergleichen³); ihr generischer Koeffizient beträgt 59 bis 60%, ist also bedeutend geringer als derjenige von Guédrouz, obschon dieses letztere Gebiet sicher ökologisch vielgestaltiger, aber klimatisch weniger günstig für die Vegetation ist als die einförmige alpine Stufe im Jura.

Die relative Größe des generischen Koeffizienten von Marokko im Vergleiche zu Frankreich und vor allem der Schweiz, einem 14- bis 15mal weniger ausgedehnten Lande, ist in den ökologischen

¹) *P. Jaccard*: Le coefficient générique et le coefficient de communauté dans la flore marocaine. Mém. de la Soc. Vaudoise de sc. nat. 2. 385 bis 403 (Lausanne 1926).

²) London 1878.

³) *P. Jaccard*: Bull. soc. vaudoise sc. nat. 37. 547 (1901).

Bedingungen Marokkos begründet; obgleich edaphisch und orographisch eine weitgehende Ähnlichkeit besteht, reichen die klimatischen Verhältnisse nicht entfernt an die Mannigfaltigkeit der in Frage stehenden europäischen Länder heran. Der größte Teil Marokkos ist klimatischen Bedingungen unterworfen, die zweimal im Jahre die Entwicklung krautiger Pflanzen fast vollständig unterbrechen: 1. eine Winterzeit, die im Dezember und Jänner zeitweise recht kalt und oft recht trocken sein kann, 2. eine Sommerzeit, wo die große Hitze und Trockenheit jedes Wachstum verhindern.

3. Untersuchung einer bestimmten Pflanzengesellschaft.

Wir benutzen dazu die Aufnahmen der Pflanzengesellschaft von *Carex curvula* durch *Braun-Blanquet*. Die Tabelle XIII seiner Erhebungen¹⁾ über das *Curvuletum typicum* enthält 98 Gefäßpflanzen²⁾ von 25 verschiedenen Örtlichkeiten, die ungefähr 2000 m² bedecken (wenn man von Nr. 24 absieht) und über das Gebiet vom Ofenpaß bis nach Südtirol in der Höhenstufe von 2500 bis 3000 m verteilt sind. Die 98 Arten dieser Pflanzengesellschaft gehören 65 verschiedenen Gattungen an, was einem generischen Koeffizienten von 66·5% entspricht.

Fünf Gattungen, nämlich *Luzula*, *Minuartia*, *Primula*, *Salix* und *Saxifraga* sind durch drei Arten, *Carex* durch vier und *Gentiana* durch sechs vertreten. Wenn man die Artenverteilung dieser Assoziation von acht verschiedenen Assoziationsindividuen, die vier verschiedenen Facies angehören, vergleicht, erhalten wir folgende Zahlen:

Assoziationsindividuum	1	2	4	5	6	17	22	23
Anzahl der Arten	30	28	36	22	21	28	32	32
Anzahl der								
Gattungen . .	27	26	31	20	20	24	29	28
Generischer								
Koeffizient . .	90%	93%	86%	91%	95%	86%	90%	87·5%

Da jedes der acht Assoziationsindividuen eine Oberfläche von 100 bis 200 m² umfaßt, muß ihr generischer Koeffizient nach unserem Gesetze, wonach dieser mit der zunehmenden Oberfläche sinkt, größer ausfallen als derjenige der Gesamtassoziation mit ihren 24 Individuen.

¹⁾ *Braun-Blanquet* und *H. Jenny*: Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. 63. (1926).

²⁾ Wir berücksichtigen in dieser Arbeit nur die Gefäßpflanzen und lassen die Thalphyten beiseite.

Weder die Übereinstimmungen, noch die Unterschiede der acht berechneten generischen Koeffizienten hängen von der speziellen Artenzusammensetzung der verschiedenen Assoziationsindividuen ab; die Individuen 1 und 22 haben z. B. beide einen generischen Koeffizienten von 90% und eine ähnliche Anzahl von Arten (30 und 32) und trotzdem besitzen sie nur 16 gemeinsame Arten auf 49 verschiedene, was einem Gemeinschaftskoeffizienten von 35% oder ungefähr nur einem Drittel entspricht. Ganz verschiedene floristische Zusammensetzungen können also unter Umständen ähnliche generische Koeffizienten liefern.

Umgekehrt besitzen die Individuen 5 und 6 bei fast gleichviel Arten stark verschiedene generische Koeffizienten, 91% und 95%, obwohl ihr Gemeinschaftskoeffizient auf 59% steigt. Weder Unterschiede der Höhe über dem Meere oder der Exposition, noch der Feuchtigkeit oder des Säuregrades (pH) des Bodens, noch der Einfluß des Windes, der Neigung des Terrains oder die Dicke der Humusschicht sind die Ursache dieser Verschiedenheiten des generischen Koeffizienten; dagegen läßt sich aus der Tabelle von *Braun-Blanquet* sofort ablesen, daß die kleinsten generischen Koeffizienten 87.5% und 86% der Individuen 4 und 23, als Hinweis einer größeren Mannigfaltigkeit der ökologischen Bedingungen sich auf Bündner Schiefer oder auf Rät einstellen, also auf einem Untergrunde, der leichter verwittert und der Pflanzendecke daher reichlicher Mineralstoffe zur Verfügung stellt, als der kalkhaltige Dolomit, der Serpentin, der Gneis oder der Granit der Individuen 1, 2, 5, 6 und 22 mit generischen Koeffizienten von 90 bis 95%. Der Vergleich der generischen Koeffizienten von verschiedenen Facies an der Assoziationen in den Bündner-Alpen, wie das *Sempervivetum*, das *Elynetum*, das *Seslerietum* und das *Firmetum*, führt genau zu derselben Feststellung und bestätigt so die enge Abhängigkeit, selbst auf beschränkten Oberflächen, zwischen dem generischen Koeffizienten und der ökologischen Mannigfaltigkeit, ganz besonders in bezug auf die Natur der Bodenunterlage.

Trotz seiner physionomischen Einheitlichkeit und der scheinbaren ökologischen Ähnlichkeit der verschiedenen Lokalitäten, die das *Curvuletum* bewohnt, ist diese Pflanzengesellschaft weit davon entfernt so einförmig zu sein, wie man auf Grund der Artenliste annehmen könnte. *Guyot* zeigt in seiner Arbeit über den Standardgemeinschaftskoeffizient (Coefficient de communauté standard¹⁾), in der er 148 verschiedene Assoziationsindividuen der Gebiete von Graubünden, der Berner Alpen und des Wallis behandelt, daß nur 31 von 140 Arten einen Häufigkeitsgrad von

¹⁾ *H. Guyot*: Association standard et Coefficient de communauté. Bull. Soc. bot. de Genève, mars 1924.

über einem Fünftel (d. h. die in mehr als einem von fünf Individuen vorkommen) aufweisen; die restlichen 109 Arten erscheinen nur sporadisch und auf weniger als ein Fünftel der untersuchten Individuen. Wenn nun *Guyot* diese 31 Konstanten des *Curvuletums* mit seinen Aufnahmen der *Carex-curvula*-Assoziationen im *Val-sorey*¹⁾ vergleicht, so findet er im Mittel nur 30% davon darin vertreten. Es lassen sich also mittels des Gemeinschaftskoeffizienten, des generischen Koeffizienten und der Häufigkeitsbeziehungen Unterschiede sogar innerhalb der Assoziationen feststellen, ganz besonders zwischen verschiedenen Facies derselben.

4. Die Bedeutung der selektiven Chorologie für die Tiergeographie.

Die Anwendung der selektiven Chorologie beschränkt sich nicht nur auf die Pflanzen allein. Ebenso wichtig ist sie für die Tiergeographie. *Monnard*²⁾ und *Piaget* finden bei ihren Untersuchungen über die Verbreitung der niederen Fauna und der Mollusken sowie *Frick*³⁾ in seinem „Gesetz der Isolierung“ (*Loi de l'isolement*) unsere Gesetze der Artenverteilung auch in der Zoologie bestätigt, was uns gestattet, diese als ganz allgemeine soziologische Gesetze anzusprechen⁴⁾.

Zusammenfassend kann man sagen: Unsere analytische und vergleichende Methode ist imstande, sehr wertvolle Dienste beim Studium der Vergesellschaftung und Verbreitung der Pflanzen und ganz besonders in der dynamischen Pflanzengeographie zu leisten; zweitens liefert sie zahlenmäßige Beziehungen, die den Charakter von Gesetzen besitzen und in der Artenverteilung auffällige Gesetzmäßigkeiten enthüllen. Diese numerischen Beziehungen sind vergleichbar mit den demographischen Daten, die in der Antropozoologie verwendet werden.

Gewisse dieser Beziehungen scheinen mehr oder weniger von den edaphischen, klimatischen oder topographischen Bedingungen, die auf die Pflanzendecke einwirken, unabhängig zu sein.

So sehen wir z. B., daß in der Alpenflora mit der Höhe über dem Meere die Zahl der ausdauernden Pflanzen zunimmt und die Windblütler überhandnehmen, daß die Anzahl der Selbstbestäuber mit der geographischen Breite zunehmen, ferner daß über 2000 m die allotropen und hemitropen Blüten häufiger sind usw. Trotzdem

¹⁾ *H. Guyot*: l. c. S. 30.

²⁾ *A. Monnard*: Bull. Soc. neuchâteloise des sc. nat. **44**. (1918/19).

³⁾ *E. Frick*: Bull. Soc. neuchâteloise de Géographie. **28**. (1919).

⁴⁾ *P. Jaccard*: Le Coefficient générique dans la distribution faunale. Actes de la Soc. helv. des sc. nat. Lugano 1919 et Bull. Soc. neuchâteloise de Géographie. **29**. (1920).

wird durch diese Änderungen der Florenzusammensetzung die Übereinstimmung der generischen Koeffizienten der großen taxonomischen Einheiten mit dem der Gesamtflora in nichts gestört.

5. Zusammenstellung der Hauptgesetze der Artenverteilung.

Zum Schlusse sollen die besprochenen Gesetze der Artenverteilung noch kurz aufgeführt und übersichtlich zusammengestellt werden:

1. Der Artenreichtum eines bestimmten Gebietes ist der Mannigfaltigkeit seiner ökologischen Bedingungen proportional.

2. Die Ähnlichkeit der ökologischen Bedingungen zweier benachbarter Gebiete, die derselben natürlichen Region angehören, drückt sich durch ihren Gemeinschaftskoeffizienten aus, ohne daß indessen eine strenge Proportionalität zwischen den Werten dieser Koeffizienten und den beobachteten ökologischen Analogien besteht.

3. Die alpinen Weiden sind trotz der physionomischen Einheitlichkeit, die sie aufweisen, aus **sehr** verschiedenen Pflanzengesellschaften zusammengesetzt, selbst wenn das Gebiet sehr wenig ausgedehnt ist und scheinbar eine große ökologische Einheitlichkeit aufweist.

4. Der generische Koeffizient, d. h. das Verhältnis der Anzahl der Gattungen zu der Anzahl der Arten ist umgekehrt proportional der Mannigfaltigkeit der ökologischen Bedingungen des betrachteten Gebietes.

5. Bei gleichen ökologischen Bedingungen wächst der generische Koeffizient mit der Ausdehnung des Gebietes.

6. Unter analogen Bedingungen ist der generische Koeffizient von Inseln größer als derjenige auf den nächstgelegenen kontinentalen Gebieten (Einfluß der Isolierung).

7. Der generische Koeffizient wächst mit der Höhe über dem Meere.

8. Der generische Koeffizient der Dialypetalen und der Gamopetalen sowie der-

jenige der Familie der Kompositen kommt angenähert, oft sogar vollkommen dem generischen Koeffizienten der Gesamtflora gleich. (Übereinstimmung des generischen Koeffizienten der Gesamtflora mit demjenigen der taxonomischen Hauptklassen.)

9. In den westlichen Ländern Europas nimmt der generische Koeffizient sowohl mit wachsender geographischer Breite wie mit der Höhe über dem Meere ab.

10. In unseren Gegenden nimmt die Anzahl der häufigen Arten mit der Höhe über dem Meere ab, während die Anzahl der seltenen zunimmt, so daß in der alpinen Stufe die **seltenen** Arten die zahlreichsten sind, und die **häufigen** die am wenigsten zahlreichen (Häufigkeitsgesetz).

6. Terminologische Bemerkungen.

Eine Pflanzengesellschaft ist die Resultante dreier verschiedener Gruppen von Variabeln¹⁾:

1. Das Ausbreitungsvermögen (Pouvoir d'expansion) jeder einzelnen der vergesellschafteten Arten; es weist spezifische und individuelle Variationen auf, je nach der Samenproduktion, den Verbreitungsmitteln, der Wuchsform und dem Vergesellschaftungsvermögen der verschiedenen Arten.

2. Die ökologische Mannigfaltigkeit (Diversité écologique), welche von den Standortfaktoren, Klima, Boden, Relief usw., abhängig ist; sie wächst mit zunehmender Oberfläche (Raumfaktor, Facteur spatial) und nimmt mit wachsender Einförmigkeit des Milieus ab, ganz besonders in Funktion der Extreme der Temperatur, der Trockenheit oder der Salzkonzentration.

3. Das Anpassungsvermögen (Pouvoir d'adaptation) oder die physiologische und morphologische Plastizität.

Während diese drei Gruppen von Variabeln oder (Facteurs intrinsèques) durch ihr gemeinsames Eingreifen den ökologischen Charakter sowie die allgemeine und geochorologische Verbreitung der Pflanzengesellschaften bedingen, schafft das Spiel der Konkurrenz durch seine ausschließende Selektion unter den sich vergesellschaftenden Arten eine Ordnung, die zu der taxonomischen Hierarchie eine enge Beziehung besitzt, indem sie in jeder Asso-

¹⁾ P. Jaccard: Pflanzensoziologie und Pflanzendemographie. Bull. Soc. vaudoise des sc. nat. 56. 441—463 (1928).

ziation das Verhältnis der Gattungen zu den Arten sowie den entsprechenden Häufigkeitsgrad der einzelnen Assoziationsglieder regelt.

Bei jeder pflanzensoziologischen Untersuchung, die Anspruch auf Vollständigkeit erheben will, kommt einerseits die Bodenkunde (Pedologie) in Betracht, und andererseits müssen die Pflanzengesellschaften vom ethnologischen, morphogenetischen und demographischen Standpunkt aus beurteilt werden.

Die Ethnologie beschreibt die floristische Zusammensetzung, indem sie der Abundanz, der Dominanz und der Soziabilität der vergesellschafteten Arten Rechnung trägt.

Die Morphogenetik (Ökologie *sensu stricto*, Ethnologie von *Massart pro parte*) gibt den Grad der Anpassung an den Boden und das Klima an. Das biologische Spektrum von *Raunkiaer*¹⁾ erlaubt die Vegetationsformen, die durch das Klima bedingt sind, zu fassen.

Die zahlenmäßigen Beziehungen, die Gemeinschaftskoeffizient, generischer Koeffizient, Häufigkeitsgrad und Häufigkeitskurven liefern, besitzen den Wert von demographischen Daten, die von der speziellen floristischen Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft unabhängig sind. Sie lassen sich mit den statistischen Erhebungen und zahlenmäßigen Beziehungen der verschiedenen Klassen der menschlichen Gesellschaft vergleichen, deren Bestimmung in der Anthropogeographie die Aufgabe der Demographie ist.

Da die Lebenserscheinungen in ihren Grundzügen in der Stufenleiter der Lebewesen von unten bis oben dieselben sind, nur daß sich ihre Mannigfaltigkeit in verschiedener Weise äußert, scheint es logisch und geboten, soviel wie möglich die gleichen Ausdrücke für die Beziehungen in der pflanzlichen, tierischen und menschlichen Soziologie anzuwenden.

¹⁾ *C. Raunkiaer*: Types biologiques pour la géographie botanique. Oversight over det Kgl. Danske Forhandling Nr. 5. S. 347—437 (1905). (Bull. acad. sc. et lettr. de Danemark), s. S. 223 dieses Werkes.

Anwendung graphischer Methoden in der Pflanzensoziologie.

Von **Albert Frey**, Zürich.

(Mit 16 Abbildungen.)

(Die Klischees der Fig. 14 bis 20 wurden von der Redaktion der *Revue générale de Botanique*¹⁾; diejenigen der Fig. 21 bis 24 vom Agrikulturchemischen Laboratorium der E. T. H. Zürich zur Verfügung gestellt; *Jenny*: l. c. S. 216.)

Im allgemeinen werden die statistischen Erhebungen der Pflanzensoziologie viel zuwenig graphisch ausgewertet. Bisher sind eigentlich nur zwei Probleme an Hand von Kurven eingehender diskutiert worden: die Fragen der Artverteilung und der Beziehungen zwischen Artenzahl und Arealgröße. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die graphische Methode in dem Maße, wie die statistische Soziologie Daten anhäuft, immer mehr an Bedeutung gewinnen wird und schließlich die zahllosen Tabellen der Bestandesaufnahmen usw. zusammenfassen und in geeigneter Weise für die Publikation ersetzen muß. Es sollen hier daher neben den Kurven, denen man in der Pflanzensoziologie begegnet und die wir als *Artverteilungskurven* und *Artarealkurven* bezeichnen wollen, noch weitere graphische Methoden besprochen werden, die sich zur Anwendung in der Soziologie eignen: die *Variationskurve* (die bereits in der Pflanzenökologie (pH) mit gutem Erfolge verwendet worden ist), verschiedene *Diagrammdarstellungen* und die *Dreiecksmethode*¹⁾.

I. Empirische und theoretische Kurven.

1. Die Artverteilungskurve (*Courbe de Jaccard*, *Häufigkeitskurve*).

Die graphische Darstellung, der man in der Pflanzensoziologie am häufigsten begegnet, bezieht sich auf die Anzahl der Arten, die sich auf Arealen, die miteinander verglichen werden, gemeinsam finden. *Jaccard*, der diese Kurven eingeführt hat²⁾,

¹⁾ *A. Frey*: *Rev. gén. de Bot.* **39**. 533 bis 546 und 603 bis 618 (1927).

²⁾ *P. Jaccard*: *Bull. Soc. Vaudoise des Sc. Nat.* **38**. 69 bis 130 (1902).

nennt sie „Häufigkeitskurven“ (courbes de fréquence). Seither sind häufig ähnliche graphische Darstellungen unter den verschiedensten Bezeichnungen veröffentlicht worden, oft sogar ohne den Arbeiten von *Jaccard* Rechnung zu tragen; sie werden „Courbes de la distribution des fréquences“¹⁾, „Homogenitätskurven“²⁾ oder „Konstanzkurven“³⁾ genannt. Auch bei *du Rietz*⁴⁾ handelt es sich genau um dieselben Beziehungen, nur gibt er sie nicht durch Kurven, sondern durch verschieden hohe Säulen wieder.

Die Methode ist in allen Fällen die gleiche: Man bestimmt alle Arten (Artenliste) von verschiedenen Arealen, die entweder in bezug auf ihre Oberfläche (Quadrate) oder auf ihre floristische Zusammensetzung gleichwertig sind; dann stellt man eine Statistik auf, wie viele der gefundenen Arten in 1, 2, 3, 4 usw. Aufnahmen gleichzeitig vorkommen und berechnet die Häufigkeitsgrade in Prozenten (s. S. 178). Eine Pflanze, die in allen Aufnahmen vorkommt, erhält den Häufigkeitsgrad 100%, wenn sie sich in der Hälfte der Aufnahmen findet 50% usw. Die verschiedenen Häufigkeitsgrade werden in Häufigkeitsstufen oder -klassen eingeteilt, deren Umfang je nach den Autoren ändert. *Jaccard* unterscheidet deren drei bis vier (1 bis 33%, 33 bis 66% und 66 bis 100%, s. Fig. 14, oder 1 bis 25%, 25 bis 50%, 50 bis 75% und 75 bis 100%), *du Rietz* 10, *Raunkiaer* und *Romell* 5 (s. Fig. 17, S. 208).

Um einer Diskussion über die Terminologie der verschiedenen Autoren vorzubeugen (sie würde sehr umfangreich ausfallen), werden wir alle Kurven, die sich auf das Vorkommen derselben Art auf verschiedenen miteinander verglichenen Arealen beziehen, *Artverteilungskurven* (französisch *Courbes de Jaccard*) nennen. Diese Bezeichnung umfaßt also nach der Terminologie des „Vocabulaire de Sociologie végétale“ von *Braun-Blanquet* und *Pavillard*⁵⁾:

a) „*Frequenzkurven*“, Vergleich verschiedener Quadrate in einem und demselben Assoziationsindividuum (Frequenzklassen);

b) „*Konstanzkurven*“, Vergleich verschiedener Individuen derselben Assoziation (Konstanzklassen, s. Fig. 15 und 16);

¹⁾ *C. Raunkiaer*: Det. Kgl. Danske Vid. Selskab. Biol. Medd. **1**. 3 (København 1918); *L. G. Romell*: Svensk botanisk Tidskrift. **14**. 1 (1920).

²⁾ *R. Nordhagen*: Nyt. Mag. f. Naturvidensk. **61**. (1923).

³⁾ *M. Scherrer*: 15. Ber. d. Züricher bot. Ges. **1923**.

⁴⁾ *G. E. du Rietz*: Methodische Grundlagen der modernen Pflanzensoziologie. Upsala 1921, S. 147.

⁵⁾ *Braun-Blanquet* et *Pavillard*: Vocabulaire de Sociologie végétale. Montpellier 1925.

e) „Häufigkeitskurven“ (nach *Jaccard*, S. 203, l. c.) das Vorkommen einer Art in verschiedenen miteinander verglichenen Assoziationen (Assoziationsverbände usw.) oder auch auf vollkommen uneinheitlichen Gebieten (Häufigkeitsklassen). In Klammern ist angegeben, wie die gebildeten Klassen zweckmäßig zu benennen sind.

Die Bezeichnung Artverteilungskurven (*Courbes de Jaccard*) umgeht nicht nur die wechselnde und unsichere Terminologie der Begriffe „Frequenz“ und „Konstanz“, indem sie diese unter einem Oberbegriff vereinigt, sondern sie rechtfertigt sich auch vollständig durch den ähnlichen Verlauf all dieser Kurven,

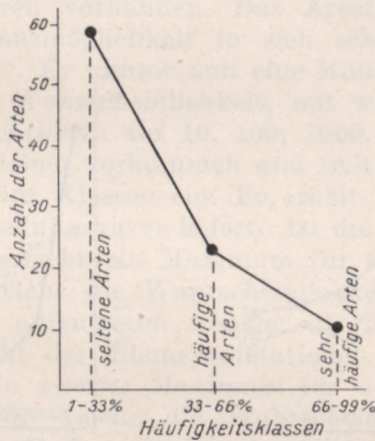


Fig. 14. Artverteilungskurve mit drei Häufigkeitsklassen (nach *Jaccard*).

Die Kurve zeigt das gegenseitige Verhältnis der „seltenen“ (espèces rares, auf weniger als einem Drittel der untersuchten Quadrate), „häufigen“ (espèces communes, auf einem Drittel bis zwei Drittel der untersuchten Quadrate) und „sehr häufigen“ Arten (espèces très communes, auf mehr als zwei Drittel der untersuchten Quadrate) von 52 m² der Weiden von les Ormonts.

Ordinate: Anzahl der Arten
 Abszisse: Häufigkeitsklassen (classes de „fréquence“¹⁾ } (s. Tabelle 1).

der mehr oder weniger unabhängig von der Ausdehnung des untersuchten Gebietes scheint.

Als erstes Beispiel sei die graphische Verarbeitung der Erhebungen von *Jaccard*²⁾ auf 52 m² der Weiden von les Ormonts aufgeführt. Von 92 gefundenen Arten wuchsen

¹⁾ „Fréquence“ ist hier mit „Häufigkeit“ zu übersetzen, da nach der neueren Terminologie „Frequenz“ für Vergleiche innerhalb reiner Assoziationen im Sinne von *Braun-Blanquet* (l. c. S. 204) verwendet wird.

²⁾ *P. Jaccard*: Bull. Soc. vaudoise des Sc. nat. 44. 270 (1908).

TABELLE 1 (s. Fig. 14).

59 Arten auf	1 bis 16 Quadraten	= seltene Arten,
23 „ „	17 „ 32 „	= häufige Arten
10 „ „	33 „ 48 „	= sehr häufige Arten.

Es gibt zwei verschiedene Typen der Artverteilungskurve:

Entweder sinkt die Kurve von links nach rechts, was bedeutet, daß die „seltene“ Arten am zahlreichsten sind und die

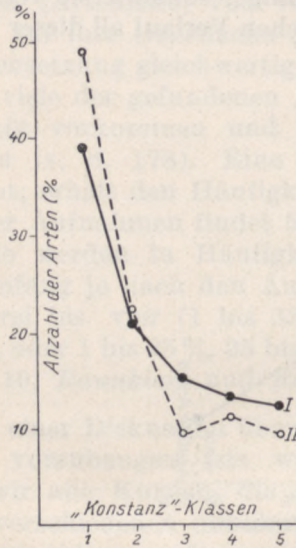


Fig. 15. Typus 1.

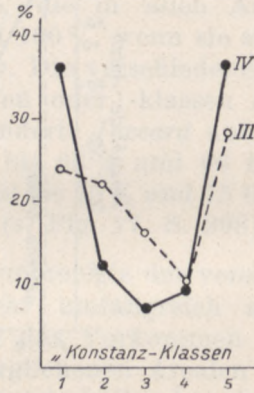


Fig. 16. Typus 2.

Artverteilungskurven mit fünf Konstanzklassen (Homogenitätskurven nach Scherrer: l. c. S. 2).

I. = Molinietum des Limmattales; II. = Brometum des Limmattals; III. = Fettwiese; IV. = Emdwiese.

Ordinate: Anzahl der Arten.

Abszisse: Konstanzklassen.

„sehr häufigen“ die am wenigsten zahlreichen (Fig. 15); oder die Kurve zeigt zwei Maxima, das eine für die „seltene“ und ein zweites für die „häufigen“ Arten (Fig. 16). Die skandinavischen Autoren finden fast durchwegs den ersten Typus, und *du Rietz* behauptet, er sei allgemein verbreitet. *Scherrer* (S. 204, l. c.) bestreitet dies, da er bei seinen Aufnahmen im Limmattal in gut charakterisierten Pflanzenassoziationen, wie dem *Molinietum* und dem *Brometum* (Fig. 15) den ersten Typus findet, während künstlich beeinflusste Pflanzengesellschaften, wie Fettwiesen und Emdwiesen, zweigipfelige Kurven liefern (Fig. 16).

*Romell*¹⁾ hat versucht, den verschiedenen Verlauf der Artverteilungskurven theoretisch zu begründen. Er stützt sich dabei auf die ökologische Theorie, die aussagt, daß vor allem die ökologischen Bedingungen die Gegenwart oder Ausschließung dieser oder jener Art in einer Pflanzengesellschaft bestimmen; diese Anschauungsweise ist von jeher von den Schweizer Pflanzengeographen vertreten worden; *Jaccard* (S. 200, l. c.) hat sogar den Satz aufgestellt: „Der Artenreichtum eines Gebietes ist direkt proportional der Mannigfaltigkeit seiner ökologischen Bedingungen.“

Die Ausführungen von *Romell* beruhen auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Nimmt man z. B. drei verschiedene ökologische Faktoren an, von denen jeder zehn selbständige Intensitätsgrade aufweise, so sind 1000 verschiedene Kombinationsmöglichkeiten dieser drei Faktoren vorhanden. Das Areal, das gerade eine solche Kombinationsmöglichkeit in sich schließt, nennt *Romell* „Elementarstation“. Er nimmt nun eine Million solcher Stationen und berechnet die Wahrscheinlichkeit, mit welcher jede der 1000 möglichen Kombinationen auf 10, 100, 1000, 10.000 und 100.000 benachbarter Stationen vorkommen und teilt die Wahrscheinlichkeitsprozente in fünf Klassen ein. Er erhält so Zahlen, die beide Typen der Artverteilungskurve liefern: Ist die Zahl der Elementarstationen klein, herrscht ein Maximum für die „seltenen“ Kombinationen (für welche die Wahrscheinlichkeit in der gewählten Anzahl Stationen aufzutreten weniger als 20% beträgt); wenn man aber die Zahl der Elementarstationen wachsen läßt, tritt nach und nach ein zweites Maximum für die „häufigen“ Kombinationen auf (für welche die Wahrscheinlichkeit aufzutreten mehr als 80% beträgt) und dieses zweite Maximum übertrifft schließlich das erste, wenn die Anzahl der Elementarstationen sehr groß wird. Nach *Romell* heißt das, wenn in einem zu untersuchenden Gebiete die Kombinationszahl der ökologischen Faktoren klein ist, muß man Kurven vom Typus 1 (Fig. 15 und 16) erwarten, während zwei Maxima auftreten, sobald ihre Zahl groß wird (Typus 2, Fig. 16). Auf die Kurven von *Scherrer* angewendet, würde dies bedeuten: In den Assoziationen des Molinietums und des Brometums ist die Variabilität der ökologischen Faktoren geringer als in den Wiesen, wo der Mensch künstlich eingreift, um diese Variabilität zu steigern [Düngung usw.²⁾].

Fig. 17 zeigt den empirischen und von *Romell* theoretisch berechneten Verlauf der Artverteilungskurven verschiedener Forscher.

¹⁾ *L. G. Romell*: Svensk bot. Tidskr. 14. 1 (1920).

²⁾ Bei intensiver und regelmäßiger Düngung wird dagegen die Variabilität der ökologischen Faktoren bis zur Einförmigkeit herabgesetzt.

In einer neueren Arbeit zeigt *Kylin*¹⁾, daß die beiden Typen der Artverteilungskurve von der Oberfläche der gewählten Quadrate abhängig ist. Wie *Romell* berechnet er dies auf Grund der Wahrscheinlichkeit; aber er legt nicht „Elementarstationen“ zugrunde, die gerade eine Kombinationsmöglichkeit der verschiedenen ökologischen Faktoren enthalten, sondern er geht von der „mittleren Oberfläche“ aus. Die mittlere Oberfläche, die eine Pflanze beansprucht, ist der reziproke Wert der „Dichte“ k (s. S. 212).

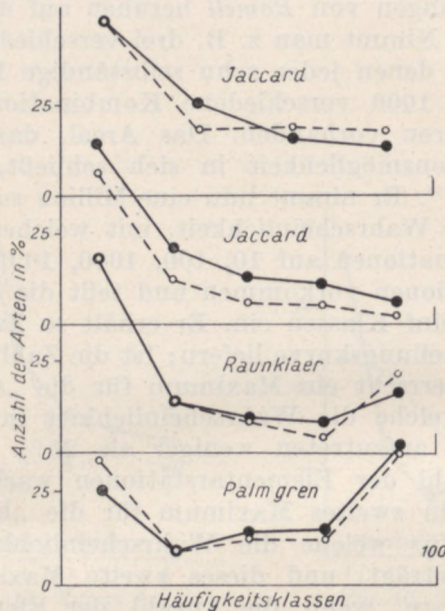


Fig. 17. Vergleich der empirischen und berechneten Artverteilungskurven („Häufigkeitsverteilungskurven“ nach *Romell*: l. c. S. 6).

● = Empirische Werte von *Jaccard* (l. c. S. 2), *Raunkiaer*²⁾ und *Palmgren*³⁾; ○ = von *Romell* berechnete Werte.

Ordinate: Anzahl der Arten in Prozenten.

Abszisse: Häufigkeitsklassen.

Es ist interessant, festzustellen, daß die „Frequenz“ (Häufigkeitsstatistik innerhalb eines Assoziationsindividuums) und die „Konstanz“ (Häufigkeitsstatistik aus dem Vergleich verschiedener Individuen derselben Assoziation) gleiche Kurven liefern; auch wenn man verschiedene Assoziationen miteinander vergleicht

¹⁾ *H. Kylin*: Bot. Notiser. Lund. **130**. 31 (1926).

²⁾ *C. Raunkiaer*: Det Kgl. Danske Vid. Selskab. Biol. Medd. **1**. 3 (København 1918).

³⁾ *A. Palmgren*: Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica. **1**. 42 (Helsingfors 1916).

oder sogar ganz von den Assoziationen absieht (*Palmgren*, Fig. 17, Kurve C), erhält man den gleichen Verlauf, solange wenigstens nicht zu zahlreiche Häufigkeitsklassen aufgestellt werden¹⁾: Immer entstehen Artverteilungskurven mit ein oder zwei seitenständigen Maxima.

2. Die Artarealkurven.

Wenn man auf der Abszisse eines Koordinatensystems immer größer werdende Flächen aufträgt und auf der dazugehörigen Ordinate die Anzahl der Arten, die auf diesen Flächen gefunden werden, erhält man eine Kurve, die immer mehr und mehr abszissenparallel wird; wir wollen sie *Artarealkurve* nennen, da sie die Zahl der auftretenden Arten in Abhängigkeit von der Oberfläche (Areal) wiedergibt.

Tabelle 2 und die schwarzen Punkte der Fig. 18 geben die Beziehungen wieder, die zwischen der Anzahl der Arten und der Oberfläche auf den Weiden von les Ormonts (Waadtländer Alpen) und vom Chasseron (Schweizer Jura) aus den Angaben von *Jaccard* (S. 175, l. c.) herausgelesen werden können.

TABELLE 2 (s. Fig. 18).

Artenzahl in Funktion der Arealgröße. Empirische und nach *Arrhenius* berechnete Werte.

Areal in m^2	Anzahl der Arten		$\frac{\alpha}{\alpha_1} = y$	
	gefunden ¹⁾	berechnet	gefunden	berechnet
1	$\alpha_1 = 25.0$	25.0	1.00	1.00
2	$\alpha = 30.4^1)$	31.0	1.22	1.24
3	33.7	35.2	1.35	1.41
4	34.6	38.5	1.39	1.54
5	36.2	41.3	1.45	1.65
6	39.8	43.9	1.59	1.76
7	44.6	45.9	1.79	1.84
8	49.0	47.5	1.92	1.88
14	55.6	57.0	2.22	2.28
28	75.0	70.8	3.00	2.84
52	92.0	85.9	3.68	3.44

¹⁾ Es entstehen Bruchteile von Arten, da es sich um Mittelwerte mehrerer Aufnahmen handelt.

¹⁾ Bei *Jaccard* (l. c. S. 4, Taf. XVI bis XIX) sind die beiden Maxima nicht immer vollständig seitenständig wie in unseren Fig. 14 bis 17; dies rührt daher, daß *Jaccard* in jenen Fällen 16 Häufigkeitsklassen verwendet. Wenn man diese auf fünf Klassen verteilt, rücken die Maxima völlig zur Seite und die kleinen sekundären Extrema, die hin und wieder im Kurvenverlaufe auftreten, verschwinden.

*Arrhenius*¹⁾ findet auf Grund seiner Aufnahmen auf dem Archipel von Stockholm, daß die Artarealbeziehung dem Gesetze einer liegenden Parabel gehorche. Dieses Gesetz drückt sich durch folgende Formel aus:

$$\left(\frac{X}{X_1}\right) = \left(\frac{\alpha}{\alpha_1}\right)^n \dots \dots \dots (1),$$

wobei X die Oberfläche bedeutet die von α -Arten bewohnt wird und X_1 diejenige, die von α_1 -Arten bewohnt wird. n ist eine Konstante.

Die Ableitung dieser Formel kann am besten graphisch verstanden werden. Setzt man X_1 gleich der Flächeneinheit und $\frac{\alpha}{\alpha_1} = y$, so erhält man den einfachsten Ausdruck einer liegenden Parabel

$$y = x^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (2).$$

Logarithmiert man ihn, ergibt sich

$$\log y = \frac{1}{n} \log x \dots \dots \dots (3),$$

d. h. die Gleichung einer Geraden, wobei $\frac{1}{n}$ die Tangente des Neigungswinkels β der Geraden gegen die x -Achse bedeutet.

Das heißt mit anderen Worten, wenn wir die der Formel von *Arrhenius* zugrunde liegenden Daten in ein logarithmisches Netz eintragen, müssen sie anstatt eine liegende Parabel eine Gerade liefern. Um sich diese Aufgabe zu erleichtern, wählt man logarithmisch liniertes Papier an Stelle des allgemein üblichen Millimeterpapiers. Auf diesem Papier gibt wie auf dem Rechenschieber der logarithmische Maßstab direkt die Numeri wieder, so daß man die Zahlen der Statistik ohne das Aufsuchen ihrer Logarithmen in das vorgedruckte Netz eintragen kann. Geschieht dies mit den Daten der Fig. 18, so erhält man die Fig. 19.

Wie man sieht, liefern die Daten von *Jaccard* im logarithmischen Netze annähernd eine Gerade; die Artarealkurve muß daher tatsächlich eine liegende Parabel ergeben. Die Figur liefert gleichzeitig auch den reziproken Wert der Konstante n von *Arrhenius*; man braucht nur im Abszissenabstande von 10 cm die Ordinate mit einem Maßstabe zu messen, um direkt die Tangente des Winkels zu erhalten; sie beträgt in unserem Beispiele

¹⁾ *O. Arrhenius*: Ökologische Studien in den Stockholmer Schären. Stockholm 1920.

1/3·2. Da *Arrhenius* die gleiche Konstante auch für seine Aufnahmen fand, schrieb er ihr eine allgemeine Gültigkeit zu.

Es ist verständlich, daß die Artarealkurve immer horizontaler werden muß, denn ein untersuchtes Gebiet kann schließlich immer

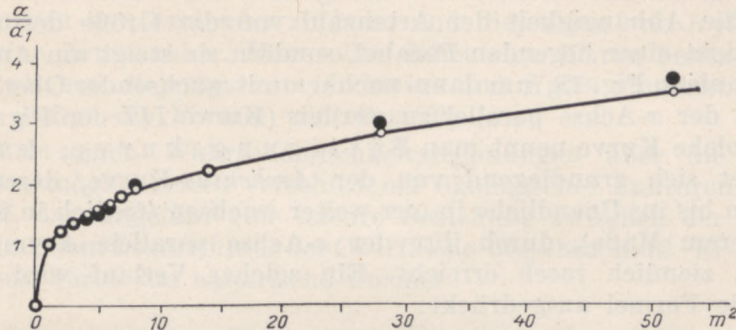


Fig. 18. Artarealkurv nach *Arrhenius* = liegende Parabel (nach *Frey*: l. c. S. 203).
● = empirische Daten von *Jaccard* von Alpenweiden nach *Jaccard* (l. c. S. 4); ○ = nach der Formel von *Arrhenius* berechnete Werte.

Ordinate: Verhältnis der Artenzahl α zur Artenzahl α_1 der Flächeneinheit.
Abszisse: Areal in Quadratmetern (s. Tabelle 2).

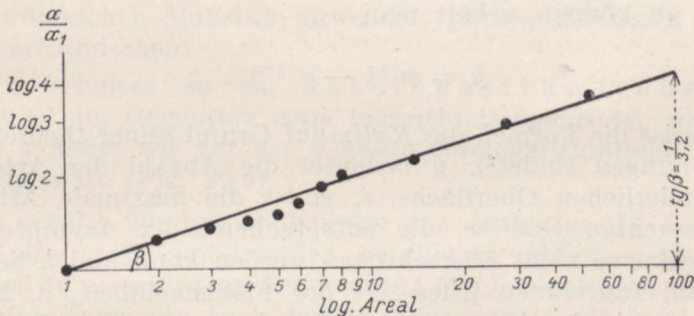


Fig. 19. Logarithmierte Artarealkurve der Fig. 18 (nach *Frey*: l. c. S. 203).
Die Daten von *Jaccard* im logarithmischen Netz. Der Winkel β liefert den reziproken Wert der Konstanten n von *Arrhenius*, die er zu 3·2 gefunden hat.

Ordinate: $\log \frac{\alpha}{\alpha_1}$
Abszisse: \log der Arealgröße.

größer werden, ohne daß entsprechend viele neue Arten auftreten. Es ist damit aber noch nicht gesagt, daß das Abflauen der Artenzunahme immer und überall nach dem Gesetze einer liegenden Parabel erfolgen müsse. *Du Rietz* bestreitet die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes von *Arrhenius*. Er findet, daß die Konstante n für jede Pflanzengesellschaft ändert; statt 3·2 erhält er z. B. Werte

von 5.4 oder 6.6 (S. 204, l. c.). Dies beweist indessen noch nichts gegen die liegenden Kurven zweiten Grades, sondern bedeutet einfach, daß die Geraden im logarithmischen Netze stärker geneigt sind als in Fig. 19. Aber es gibt nun auch Artarealkurven, die der Formel von *Arrhenius* widersprechen, da sie logarithmisiert nicht zu Geraden, sondern konkav in bezug auf die x -Achse werden¹⁾, d. h. die Abhängigkeit der Artenzahl von der Größe des Areal folgt nicht einer liegenden Parabel, sondern sie steigt am Anfange stärker als in Fig. 18, um dann nachher mit wachsender Oberfläche schnell der x -Achse parallel zu werden (Kurve *III* der Fig. 20 *a*). Eine solche Kurve nennt man *Sättigungskurve*; sie unterscheidet sich grundlegend von der *Arrhenius*-Kurve, deren Ordinaten bis ins Unendliche immer weiter wachsen (freilich in immer geringerem Maße), durch ihre der x -Achse parallele Asymptote, die sie ziemlich rasch erreicht. Ein solcher Verlauf wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$y = 1 - e^{-kx} \dots \dots \dots (4).$$

Sie liefert eine Sättigungskurve, deren Asymptote im Abstände 1 von der x -Achse verläuft; e ist die Basis der natürlichen Logarithmen und k eine Konstante. Wenn man eine zweite Konstante m einführt, um den Abstand der Asymptote von der x -Achse variieren zu können, erhält man

$$y = m (1 - e^{-kx}) \dots \dots \dots (5).$$

Dies ist die Formel, die *Kylin* auf Grund seiner theoretischen Untersuchungen findet²⁾. y bedeutet die Anzahl der Arten auf der veränderlichen Oberfläche x . m ist die maximale Artenzahl im untersuchten Gebiete, die entsprechend der Asymptote der Sättigungskurve nicht überschritten werden kann und k bedeutet die Anzahl Individuen jeder Art pro Flächeneinheit, d. h. die *Dichte*, mit der jede Art auftritt. k ist nur eine Konstante, solange man die Voraussetzung macht, daß alle Arten gleich häufig (equifrequent) sind; dies stimmt nun mit den Beobachtungstatsachen nicht überein, so daß *Kylin* k variieren muß, um sich den wirklichen Verhältnissen zu nähern.

Die Formel von *Kylin* ergibt die Kurve *II* der Fig. 20 *a*; im logarithmischen Netze wird sie konkav gegenüber der x -Achse (*III*, Fig. 20 *b*). Diese Kurve würde daher den Daten von *du Rietz* besonders gut entsprechen; namentlich die Artarealkurven seiner „Konstanten“ sind Sättigungskurven par excellence (S. 204, l. c.).

¹⁾ *G. E. du Rietz*: Böt. Notiser. Lund 1922.

²⁾ *H. Kylin*: Bot. Notiser. Lund 1923. S. 161 und 451.

Die Formel von *Kylin* gilt hauptsächlich für reine Assoziationen, während diejenige von *Arrhenius* eher für ausgedehntere Gebiete mit uneinheitlichem ökologischen Untergrunde in Betracht kommt, wo die Möglichkeit gegeben ist, daß immer wieder etwa eine neue Art auftritt. Wenn man aber größere Gebiete untersucht, wo die Oberfläche y beträchtliche Werte annehmen kann, liefern die Kurven von *Arrhenius* zu hohe und diejenigen von *Kylin* viel zu kleine Artenzahlen. Man sollte daher eine Kurve besitzen, die sich zwischen diejenige von *Arrhenius* und *Kylin* einschleibt; eine solche liefert die Formel von *Romell*¹⁾ (6).

Bei seinen Wahrscheinlichkeitsrechnungen über die Kombinationsmöglichkeiten verschiedener ökologischer Faktoren findet *Romell*, daß ungefähr eine lineare Beziehung zwischen der Artenzahl und dem Logarithmus der Oberfläche bestehen muß. Er drückt dies aus durch die empirische Formel

$$y' - y'' = c (\log x' - \log x'') \dots \dots \dots (6).$$

y' ist die Anzahl der Arten auf der Oberfläche x' , y'' diejenige auf x'' ; c ist eine Konstante, welche die Neigung der Geraden, die durch diese Gleichung ausgedrückt wird, angibt.

Man konstruiert diese Gerade, indem man für die Ordinaten den gewöhnlichen Maßstab anwendet, für die Abszissen dagegen den logarithmischen.

Wir erhalten so ein halblogarithmisches Netz (Fig. 20 c), im Gegensatz zum logarithmischen Netz, wo sowohl auf der x -Achse wie auf der y -Achse der logarithmische Maßstab aufgetragen ist (Fig. 20 b).

In der Fig. 20 sind die Kurven von *Arrhenius* (I), *Romell* (II) und *Kylin* (III) miteinander verglichen, indem angenommen wird, daß 40 verschiedene Arten auf 64 Flächeneinheiten vorhanden seien. Man kann nun nach den drei Formeln (1), (5) und (6) ausrechnen, wie die Artarealbeziehungen ausfallen müssen, wenn man die Fläche von 64 bis 0 schwinden oder über 64 hinaus wachsen läßt. Die errechneten Werte sind in folgender Tabelle zusammengestellt, aus der auch die angenommenen Werte der in den Formeln auftretenden Konstanten zu ersehen sind.

Man ersieht aus Fig. 20 a, daß die Formel von *Kylin* im gewöhnlichen Netze eine ausgesprochene Sättigungskurve liefert (III), während die parabolische Kurve von *Arrhenius* (I) langsamer ansteigt und nicht abszissenparallel wird. Die Kurve nach *Romell* (II) nimmt eine Mittelstellung ein.

¹⁾ L. G. Romell: Bot. Notiser. Lund 1925.

TABELLE 3 (s. Fig. 20).
Vergleich der Artarealabhängigkeit nach
Arrhenius, *Romell* und *Kylin*.

Areal x	I <i>Arrhenius</i> $y = x^{\frac{1}{n}}$		II <i>Romell</i> $y' - y'' = c(\log x' - \log x'')$		III <i>Kylin</i> $y = m(1 - e^{-kx})$	
	$n = \frac{1}{\text{tg } \beta} = 3$	y	$c = \text{tg } \gamma = \frac{1}{3}$	y	$m = 40, k = \frac{1}{2}, e = 2.718$	y
		$\log y$		$\log y$		$\log y$
2	12.6	1.100	15.0	1.176	25.2	1.401
4	15.9	1.201	20.0	1.301	34.8	1.542
8	20.0	1.301	25.0	1.398	39.2	1.593
16	25.2	1.402	30.0	1.477	39.9	1.601
32	31.8	1.502	35.0	1.544	40.0	1.602
64	40.0	1.602	40.0	1.602	40.0	1.602
100	46.7	1.669	43.3	1.640	40.0	1.602

$x = \text{Areal}, y = \text{Artenzahl.}$

Im logarithmischen Netze (Fig. 20 b) ist die Kurve I eine Gerade (siehe Formel (3)) während II und III konkav in bezug auf die x -Achse ausfallen, wie es z. B. die Daten von *du Rietz* verlangen; I und II wachsen mit der Fläche immer weiter, während III bald einen konstanten Wert erreicht. Im halblogarithmischen Netze ist II eine Gerade, während I konvex und III konkav gegenüber der x -Achse verläuft.

Im allgemeinen ergeben die empirischen Daten ausgedehnter Flächen ungefähr eine Gerade im halblogarithmischen Netze (*Romell*, S. 213, l. c., *Gleason*¹⁾). Man trage daher die Zahl der Arten in Funktion der Oberfläche zuerst in dieses Netz. Wenn dann die erhaltenen Punkte nicht auf einer Geraden liegen, sondern auf einer Kurve, die konvex in bezug auf die x -Achse ist, folgt die Artarealkurve nicht der Formel von *Romell*, sondern eher derjenigen von *Arrhenius*. Wenn man die ökologische Theorie als zu Recht bestehend annimmt, so ist im letzteren Falle die ökologische Mannigfaltigkeit größer, da die Anzahl der Arten mit der Oberfläche stärker wächst als im ersteren Falle. Findet man hingegen, daß die Kurve konkav gegenüber der x -Achse verläuft, um schließlich achsenparallel zu werden, so handelt es sich um die

¹⁾ *H. A. Gleason: Ecology. 3. 158 (1922).*

Formel von *Kylin*, also eine Sättigungskurve, die von der ökologischen Theorie aus, als Hinweis für eine große ökologische Einheitlichkeit aufgefaßt werden muß.

Der Kurvenverlauf nach den Formeln von *Arrhenius* (I) und *Romell* (III) ist nicht sehr verschieden, solange es sich um

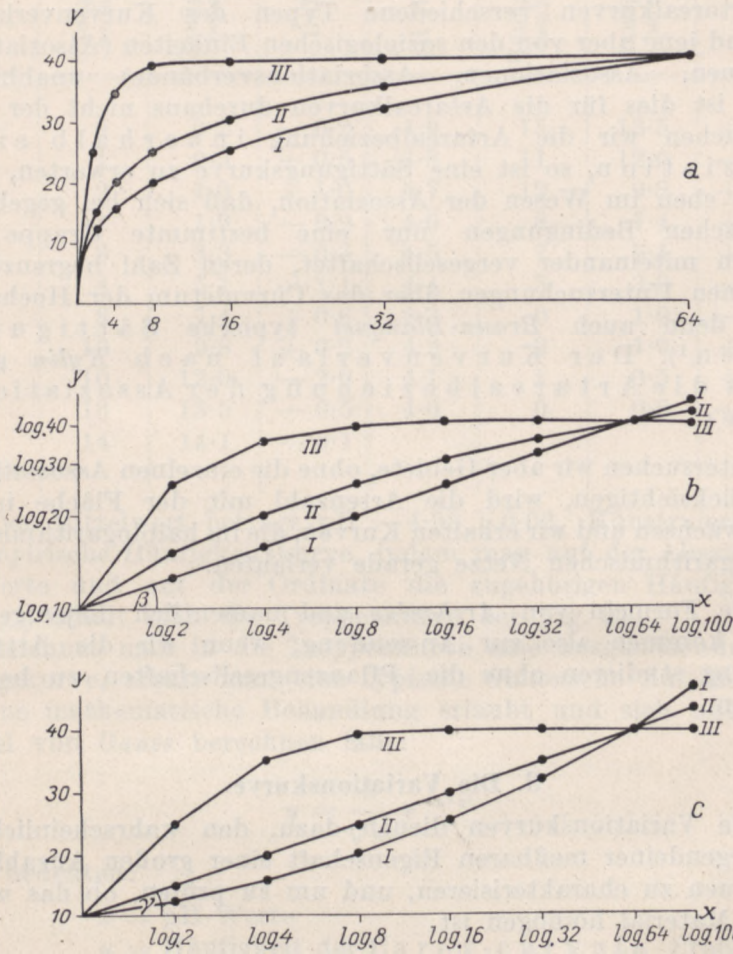


Fig. 20. Beziehungen zwischen den verschiedenen Artarealkurven (nach *Frey*: l. c. S. 203).

I nach *Arrhenius*, II nach *Romell*, III nach *Kylin*.

a = im gewöhnlichen Netze; b = im logarithmischen Netze; c = im halblogarithmischen Netze.

Ordinate: Artenzahl y } (s. Tabelle 3).
 Abszisse: Areal x }

kleine Flächen handelt (Fig. 20 a); in diesem Gebiete stimmen sie auch ziemlich gut mit den empirisch gefundenen Daten überein. Für ausgedehnte Flächen entfernen sich die beiden Kurven immer mehr voneinander und es scheint, daß dann die Kurve von *Romell* der Wirklichkeit besser entspricht.

Wie bei den Artverteilungskurven finden wir also auch für die Artarealkurven verschiedene Typen des Kurvenverlaufes. Während jene aber von den soziologischen Einheiten (Assoziationsindividuen, Assoziationen, Assoziationsverbände) unabhängig waren, ist dies für die Artarealkurven durchaus nicht der Fall. Untersuchen wir die Artarealbeziehung innerhalb einer Assoziation, so ist eine Sättigungskurve zu erwarten, denn es liegt eben im Wesen der Assoziation, daß sich bei gegebenen ökologischen Bedingungen nur eine bestimmte Gruppe von Pflanzen miteinander vergesellschaftet, deren Zahl begrenzt ist. Bei seinen Untersuchungen über das Curvuletum der Hochalpen findet denn auch *Braun-Blanquet* typische Sättigungskurven¹⁾. Der Kurvenverlauf nach *Kylin* gibt somit die Artarealbeziehung der Assoziationen wieder.

Untersuchen wir aber Gebiete, ohne die einzelnen Assoziationen zu berücksichtigen, wird die Artenzahl mit der Fläche immer weiter wachsen und wir erhalten Kurven, die im halblogarithmischen oder logarithmischen Netze gerade verlaufen.

Die Formeln von *Arrhenius* und namentlich diejenige von *Romell* kommen also zur Anwendung, wenn wir die Artarealbeziehung studieren ohne die Pflanzengesellschaften zu berücksichtigen.

3. Die Variationskurve.

Die Variationskurven dienen dazu, den wahrscheinlichsten Wert irgendeiner meßbaren Eigenschaft einer großen Anzahl von Individuen zu charakterisieren, und um zu prüfen, ob das untersuchte Material homogen ist.

Als Beispiel wählen wir die pH-Variationskurve, die *Jenny* für *Carex curvula* gegeben hat¹⁾, 125 untersuchte Bodenproben von *Carex curvula* ergaben Wasserstoffkonzentrationen von pH 4.1 bis pH 5.9. Wie oft die einzelnen pH-Werte bei den 125 Messungen aufgetreten sind, zeigt folgende Tabelle 4:

¹⁾ *J. Braun-Blanquet* und *H. Jenny*: Vegetationsentwicklung und Bodenentwicklung. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. **63**. Abh. 2 (Zürich 1926).

TABELLE 4 (s. Fig. 21).

Verteilungstafel der pH-Werte von *Carex curvula* (125 Proben) (nach Jenny, S. 216, l. c., s. Fig. 21).

pH-Werte (x)	Häufigkeit (y) beobachtet	Häufigkeit (y) berechnet	Differenz	pH-Werte (x)	Häufigkeit (y) beobachtet	Häufigkeit (y) berechnet	Differenz
6.0	0	0.2	- 0.2	4.9	15	13.5	+ 1.5
5.9	1	0.5	+ 0.5	4.8	11	12.0	- 1.0
5.8	2	1.0	+ 1.0	4.7	12	9.8	+ 2.2
5.7	1	1.9	- 0.9	4.6	8	7.4	+ 0.6
5.6	3	3.3	- 0.3	4.5	7	5.1	+ 1.9
5.5	4	5.1	- 1.1	4.4	3	3.3	- 0.3
5.4	8	7.4	+ 0.6	4.3	0	1.9	- 1.9
5.3	10	9.8	+ 0.2	4.2	2	1.0	+ 1.0
5.2	10	12.0	- 2.0	4.1	1	0.5	+ 0.5
5.1	13	13.5	- 0.5	4.0	0	0.2	- 0.2
5.0	14	14.1	- 0.1				

Der Mittelwert beträgt $\text{pH} = 4.98 \pm 0.02$. Konstruiert man die empirische Häufigkeitskurve, indem man auf der Abszisse die pH-Werte und auf der Ordinate die zugehörigen Häufigkeiten aufträgt, erhält man die Treppenkurve der Fig. 21.

Zeichnet man in die Treppenkurve eine ausgleichende Verteilungskurve, erhält man eine typische Galtonsche Zufallskurve, die eine mathematische Behandlung erlaubt und sich nach der Formel von Gauss berechnen läßt:

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \dots \dots \dots (7),$$

dabei bedeuten:

x = pH-Werte

y = Häufigkeit der *Carex-curvula*-Proben pro Argument x ,

h = Parameter,

e, π = Konstanten ($e = 2.718, \pi = 3.142$).

Der Parameter charakterisiert allgemein eine vorgelegte Reihe, er ist ein Maß der Variabilität. Man bezeichnet ihn als Streukoeffizienten. Er ist das einfachste Maß, um verschiedene Variationskurven miteinander zu vergleichen.

h kann man aus der Streuung σ (Standardabweichung, mittlerer Fehler) bestimmen. σ ist die Quadratwurzel des durchschnittlichen Quadrates der Abweichungen vom Mittel

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum y_x \Delta^2}{n}} \dots \dots \dots (8),$$

dabei bedeuten

- σ = Streuung,
- y = Häufigkeit der Individuen, die dem Argument x zukommen,

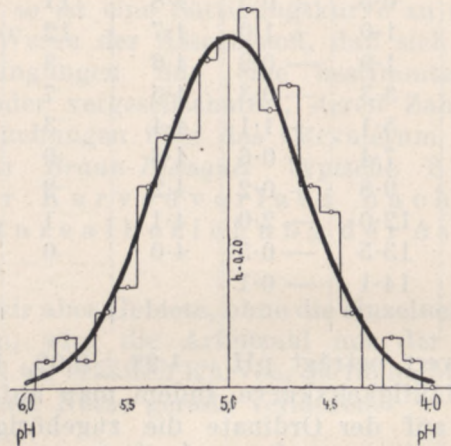


Fig. 21. Empirische und theoretische pH-Variationskurve von *Carex curvula* (125 Individuen) (nach Jenny, s. S. 216 l. c.)
 Ordinate: Häufigkeiten } (s. Tabelle 4),
 Abszisse: pH }

- Δ = Abweichung vom arithmetischen Mittel (0.1 pH als Einheit gerechnet),
- n = Anzahl aller untersuchten Proben.

Für *Carex curvula* ergibt die Streuung den Wert $\sigma = 3.49$. Der Parameter h (Streuungskoeffizient) steht in folgender Beziehung mit σ :

$$h = \frac{1}{\sigma \sqrt{2}} = 0.202 \dots \dots \dots (9).$$

Wir begnügen uns mit dem pH-Variabilitätsmaß $h = 0.20$.

Nachdem wir nun so h kennen, können wir die wahrscheinliche Häufigkeit y der *Carex-curvula*-Proben pro Argument x aus der Formel (7) berechnen. Die erhaltenen Werte geben die

ideale Variationskurve und sind den beobachteten in Fig. 22 gegenübergestellt. Wie man aus Tabelle 4 und Fig. 21 sieht, sind die Differenzen der berechneten und beobachteten y -Werte gering.

Die Variationsbreite ist stark von der Anzahl der untersuchten Individuen abhängig; sie eignet sich daher nicht so gut zur Charakterisierung der Variabilität wie der Streuungskoeffizient h . Die Variationsbreite wird berechnet, indem man das Integral der *Gauss*schen Formel von 0 bis $\pm x$ integriert, das Integral gleich der Anzahl der untersuchten Individuen setzt und

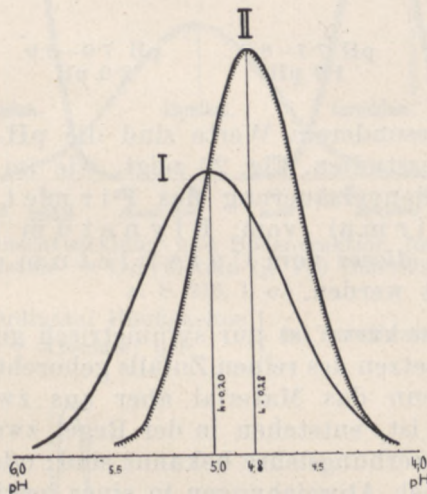


Fig. 22. pH-Variationskurven der Art *Carex curvula* (I) und der Assoziation *Curvuletum* (II) für 100 Individuen (nach *Jenny*: l. c. S. 216).

Ordinate: Häufigkeiten.

Abszisse: pH.

daraus x für $y = 1$ berechnet¹⁾. Bei unserem Beispiel erhält man so für 100 Exemplare eine Variationsbreite von pH 5.8 bis 4.2.

Die gefundene Variationskurve gilt nur für *Carex curvula*. Die nach ihr benannte Pflanzengesellschaft, das *Curvuletum*, zeigt in seiner Bodenacidität eine viel engere Variation, wie aus Fig. 22 ersichtlich ist. Der Parameter h , das Variabilitätsmaß, ist größer, nämlich = 0.28. Tabelle 5 gibt die Konstanten der Variationskurven vom *Curvuletum* im Vergleich zu *Carex curvula*.

¹⁾ Die eingehendere mathematische Behandlung der Variationskurven findet sich in *W. Johannsen*: Elemente der exakten Erblichkeitslehre und der biologischen Variationsstatistik. 3. Aufl. Jena 1926; *L. Michaelis*: Einführung in die Mathematik für Biologen und Chemiker. 2. Aufl. Berlin 1922; *P. Riebesell*: Die mathematischen Grundlagen der Variations- und Vererbungslehre. Math. Bibliothek. 24. Leipzig und Berlin 1916.

TABELLE 5.

Variabilitätskonstanten der Bodenreaktion
in der Sukzession Firmetum → Elynetum →
Curvuletum.

(Nach Jenny, S. 216, l. c., s. Fig. 23).

Konstanten	Firmetum	→ Elynetum	→ Curvuletum
Mittelwert.....	pH = 7.19 ± 0.04	pH = 6.05 ± 0.07	pH = 4.82 ± 0.03
Variabilitätsmaß..	h = 0.36	h = 0.15	h = 0.28
Variationsbreite f. 100 Exemplare (y = 1).....	pH 7.7—6.7	pH 7.0—5.0	pH 5.4—4.2
pH-Bereich.....	1.0 pH	2.0 pH	1.2 pH

Von ganz besonderem Werte sind die pH-Variationskurven für die Sukzessionsstudien. Fig. 23 zeigt, wie im Hochgebirge mit zunehmender Bodenversäuerung das Firmetum (Assoziation von *Carex firma*) vom Elynetum (*Elyna myosuroides*) und dieses vom Curvuletum der Endformation (Klimax) abgelöst werden.

Die Variationskurve ist nur symmetrisch gebaut, solange die Variation den Gesetzen des reinen Zufalls gehorcht und das Material homogen ist. Wenn das Material aber aus zwei Komponenten zusammengesetzt ist, entstehen in der Regel zweigipflige Kurven, wie sie aus der Vererbungslehre bekannt sind; oder wenn irgendein Faktor systematisch Abweichungen in einer bestimmten Richtung bewirkt, liefert die Statistik einseitig schiefe Galtonsche Kurven.

Eine solche Kurve ergeben die Humuswerte der Curvuletumböden. Teilt man die Humusanalysen in Klassen von 10 zu 10% Humusgehalt ein, so erhält man folgende Tabelle, die der Treppenkurve von Fig. 24 zugrunde liegt.

TABELLE 6 (s. Fig. 24).

Verteilungstafel der Humuswerte (nach Jenny,
S. 216, l. c.).

Humusgehalt der Curvuletum-Böden								
0	10	20	30	40	50	60	70	80
bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis
10%	20%	30%	40%	50%	60	70	80	90
0	4	24	13	7	7	3	0	0

Das Maximum der asymmetrischen Kurve gibt den häufigsten Wert des Gleichgewichtes zwischen Humusbildung und Humuszersetzung, nämlich bei zirka 30% Humus. Der Kurvenverlauf

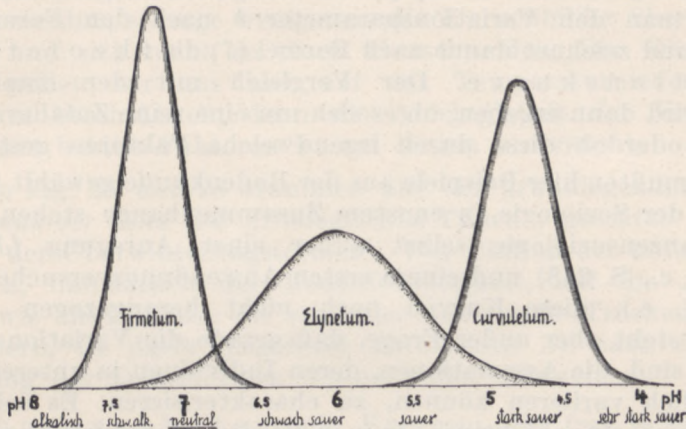


Fig. 23. Vegetationsentwicklung und Bodenreaktion für die Sukzession Firmetum → Elynetum → Curvuletum (je 100 Individuen) (nach *Jenny*, s. S. 216, l. c.)

Ordinate: Häufigkeiten } (s. Tabelle 5).
Abszisse: pH.

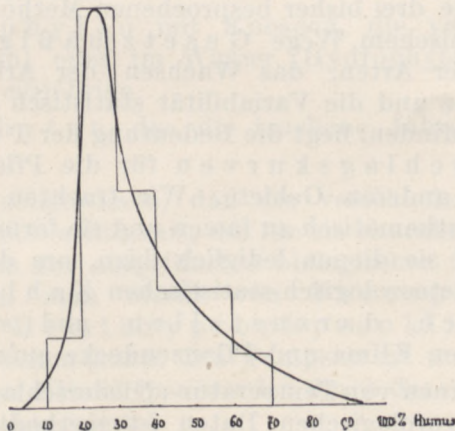


Fig. 24. Humusverteilungskurve der Curvuletum-Böden (nach *Jenny*: l. c. S. 216).

Ordinate: Häufigkeiten } (s. Tabelle 6).
Abszisse: Humus

zeigt, daß es fast keine Böden gibt mit weniger, viele dagegen mit mehr Humusgehalt, d. h. die Faktoren, die der Humuszersetzung entgegenwirken, überwiegen (tiefe Temperatur, Kalkmangel und Säure, welche die Bakterientätigkeit beeinträchtigen).

Die allgemeine Methode Variationskurven zu konstruieren besteht darin, daß man das Material, das auf seine Variation untersucht werden soll, in Klassen einteilt und die erhaltene Statistik durch eine Treppenkurve wiedergibt. Dann berechnet man den Variationsparameter h nach den Formeln (8) und (9) und zeichnet damit nach Formel (7) die theoretische Variationskurve. Der Vergleich mit der empirischen Kurve wird dann ergeben, ob es sich um eine reine Zufallsvariation handelt oder ob diese durch irgendwelche Faktoren gestört ist.

Es mußten hier Beispiele aus der Bodenkunde gewählt werden, die mit der Soziologie in engstem Zusammenhange stehen, da in der Pflanzensoziologie selbst außer einer Anregung (*Jaccard*, S. 205, l. c., S. 248) und einem ersten Anwendungsversuche (*Frey*, S. 203, l. c.), diese Kurven noch nicht herangezogen worden sind. Es steht aber außer Frage, daß gerade die Variationskurven geeignet sind, die Assoziationen, deren Individuen ja untereinander beträchtlich variieren können, zu charakterisieren. Es sollte auf diese Weise ein objektives, immer wieder reproduzierbares Maß zum Vergleiche der verschiedenen Assoziationen gefunden werden.

II. Diagramme.

4. Das Temperatur-Niederschlagsdiagramm.

Während die drei bisher besprochenen Methoden darauf ausgehen, auf graphischem Wege Gesetzmäßigkeiten über die Verteilung der Arten, das Wachsen der Artenzahl mit zunehmender Fläche und die Variabilität statistisch faßbarer Eigenschaften herauszufinden, liegt die Bedeutung der Temperatur- und Niederschlagskurven für die Pflanzengeographie auf einem ganz anderen Gebiete. Wir trachten nicht darnach, solche Kurven mathematisch zu fassen und sie formelmäßig wiederzugeben, sondern sie dienen lediglich dazu, um das Material der umfangreichen meteorologisch-statistischen Zahlentabellen übersichtlich darzustellen und so leichter Beziehungen zwischen Klima und Pflanzendecke aufzudecken.

Das Aufzeichnen von Temperatur-, Niederschlags- und anderen Kurven aus meteorologischen Daten ist methodisch so einfach, daß darüber keine Worte verloren werden müssen. Es sei hier nur darauf hingewiesen, wie verschiedene klimatische Faktoren im gleichen Diagramme graphisch dargestellt werden können, indem man dem Maßstabe auf der y -Achse verschiedene Bedeutungen zuschreibt. So geben die Werte der Ordinaten der Fig. 25 und 26 gleichzeitig die Temperaturen in Grad und die Niederschlagsmengen in Zentimetern an. Auf diese Weise gelingt es, zwei Zahlentabellen graphisch in einem Diagramm zu ver-

einigen, miteinander zu vergleichen und ihren gemeinsamen Einfluß auf die Vegetation zu beurteilen.

Es können natürlich auch noch weitere Faktoren, wie Sonnenscheindauer, Luftfeuchtigkeit usw., mit in das Diagramm verarbeitet werden, solange wenigstens die Kurvenbilder übersichtlich bleiben und sich nicht zu stark überschneiden. Der Einfachheit halber wollen wir uns hier auf das Temperaturniederschlagsdiagramm beschränken, denn die Abhängigkeit der Vegetation von diesen beiden Faktoren ist am besten untersucht.

Die Fig. 25 und 26 stammen aus der grundlegenden Arbeit von *Raunkiaer* über die „Biologischen Typen“, gestützt auf sein System der Überwinterungsformen¹⁾. Der Einfluß der klimatischen Faktoren, namentlich der Bodenfeuchtigkeit, auf die Art und Weise wie die Pflanzen die schlimme Jahreszeit (Trockenperiode) überdauern, ist darin eingehend untersucht. Je nach der Ausgestaltung der Dauerformen unterscheidet *Raunkiaer*:

Phanerophyten mit Knospen, die frei in der Luft überwintern,

Chamaephyten mit Knospen, die nahe an der Erde überwintern,

Hemikryptophyten mit Knospen, die in der Erdoberfläche überwintern,

Kryptophyten mit Knospen, die vollständig in der Erde (Geophyten) oder im Wasser (Hydrophyten) überwintern, und schließlich einjährige

Therophyten, die die trockene Jahreszeit als Samen überdauern.

Es wird nachgewiesen, daß die verschiedenen Klimatypen je nach der Bodenfeuchtigkeit, die für sie charakteristisch ist, von diesen oder jenen der aufgeführten biologischen Typen bevorzugt werden, so daß man direkt von Therophytenklima (Wüstenklima), Hemikryptophytenklima (gemäßigte Zonen) usw. sprechen kann. Die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse dieser Klimatypen werden durch das oben beschriebene Diagramm charakterisiert.

Wie die biologischen Typen vom Klima abhängig sind, geht aus den Fig. 25 und 26 hervor. Beide Temperaturniederschlagsdiagramme geben subtropische Klimate wieder, in denen Phanerophyten mit immergrünen Blättern vorherrschen, das eine von Süditalien (Fig. 25, Neapel) und das andere von SüdJapan (Fig. 26,

¹⁾ *C. Raunkiaer*: Oversight over det danske Forhandlinger. 1905. S. 347 bis 437.

Nagasaki). Die Phanerophyten dieser beiden Gegenden weisen einen typischen Unterschied in ihren Überdauerungsknospen auf. Diejenigen von Südjapan besitzen Knospenschuppen (*Litsea japonica*, *Camellia japonica*, *Evonymus japonicus*, *Skimmia japonica*, *Pittosporum tobira*, *Photinia serrulata*, *Raphiolepis indica*, *Aucuba japonica*, *Fatsia japonica* usw.), während die Knospen der Mittelmeerphanerophyten meist nackt sind (*Olea europea*, *Nerium Oleander*, *Cerantonia siliqua*, *Argania sideroxylon*,

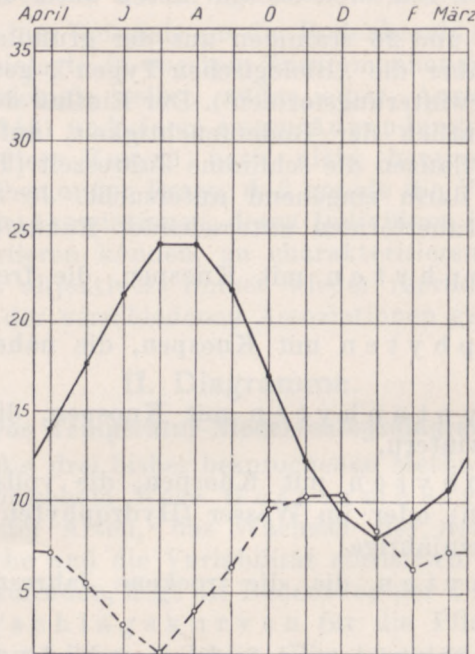


Fig. 25. Temperatur-Niederschlagsdiagramm von Neapel nach *Raunkiaer* (S. 223 l. c.)

Ordinate: Temperaturen in Grad C und Niederschläge in Zentimetern.
Abszisse: Monate.

Rhamnus alaternus, *Pistacia lentiscus*, *Cneorum tricocum*, *Daphne laureola*, *Clethra arborea* usw.).

Ein Blick auf die Temperaturniederschlagsdiagramme zeigt, daß Süditalien Winterregen, Südjapan dagegen Sommerregen besitzt. *Raunkiaer* führt nun das Fehlen der Knospenschuppen bei den Mittelmeerpflanzen darauf zurück, daß ihre Knospen im feuchten Mittelmeerwinter keinen Trockenheitsschutz bedürfen.

Es gelingt so an Hand der Temperaturniederschlagsdiagramme nicht nur das Auftreten dieser oder jener Gruppe der von *Raunkiaer* geschaffenen biologischen Typen zu begründen, sondern es können

sogar die Bedingungen, unter denen einzelne Varianten der Haupttypen bevorzugt werden, herausgelesen werden.

5. Das Sukzessionsdiagramm.

*Furrer*¹⁾ wählt in seinen Sukzessionsdiagrammen als Ordinate die Höhe über Meer, als Abszisse die Zeit; er kann so Sukzessions-

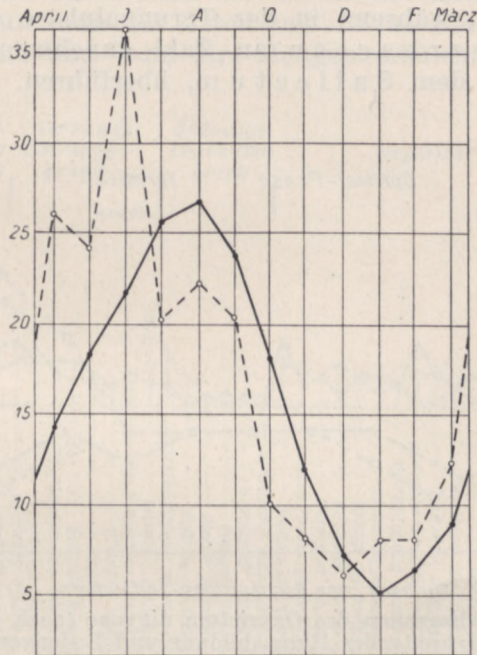


Fig. 26. Temperatur-Niederschlagsdiagramm von Nagasaki nach *Raunkiaer* S. 223 l. c.

Ordinate: Temperaturen in Grad C und Niederschläge in Zentimetern.
Abszisse: Monate.

serien mit ihren Höhenvarianten anschaulich wiedergeben. Die Kurven *Furrers* sind aber nicht auf Grund von Statistiken aufgestellt wie die übrigen hier besprochenen, sondern sie sind, da die Zeit der Sukzessionsdauer variabel und nicht genau meßbar ist, einfach bildliche Darstellungen des Sukzessionsverlaufes.

Um die Aufeinanderfolge der verschiedenen Pflanzengesellschaften genau zu fassen, hat *Braun-Blanquet* (S. 216, l. c.) Diagramme gezeichnet, in denen die Anzahl der Charakterarten

¹⁾ *E. Furrer*: Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich. 67. 146 (1922) und Kleine Pflanzengeographie der Schweiz. Zürich 1923. S. 242 und 259.

einer Assoziation in Funktion der Bodenveränderung aufgetragen werden. In Fig. 27 sind zehn Assoziationsindividuen des *Oxyrietum digynae* nach fortschreitender Humusbildung und Bodenversäuerung angeordnet und auf den Ordinaten die Anzahl der Charakterarten dieser Assoziation, die sich in jedem Assoziationsindividuum finden, aufgetragen.

Man sieht aus dem Sukzessionsdiagramm, wie die Charakterarten des *Oxyrietums* in der Optimalphase ein breites Maximum bilden, während in der Terminalphase die Arten des *Salicetum herbaceae* an Zahl zunehmen und so zur Folgeassoziation, dem *Salicetum*, überführen.

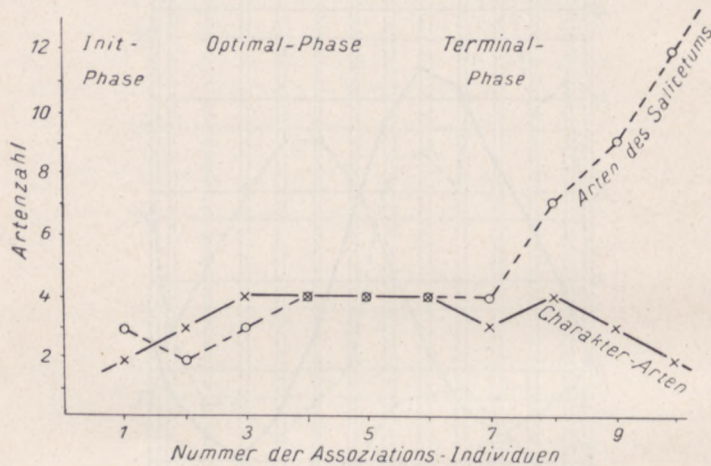


Fig. 27. Sukzessionsdiagramm des *Oxyrietum digynae* (nach Braun-Blanquet: S. 216 l. c.). Mit fortschreitender Humusbildung und Bodenversäuerung geht es von einer Initialphase in die Optimalphase und dann durch eine Terminalphase ins *Salicetum herbaceae* über.

Ordinate: Artenzahl.

Abszisse: Assoziationsindividuum.

6. Das Aufnahmediagramm.

Die phytosoziologischen Aufnahmen werden durch Tabellen wiedergegeben, in denen alle untersuchten Assoziationsindividuen aufgeführt sind, mit allen ihren Arten, deren Mengenverhältnisse und Soziabilität, die nach einer Skala von je fünf Stufen geschätzt werden. Wenn man gewohnt ist, mit diesen Tabellen zu arbeiten, findet man darin alle Einzelheiten (Artenzusammensetzung, Treue, Konstanz der einzelnen Arten usw.), so daß man die als Synthese aus den einzelnen Assoziationsindividuen hervorgehende Assoziation gewissermaßen vor sich sieht. Wenn man aber mit der Schätzungsmethode nicht gut vertraut ist, fällt es schwer, sich die

Assoziation nach den Angaben der Tabelle vorzustellen. Hier kann eine geeignete graphische Darstellung gute Dienste leisten.

Wie sollen aber Kurven konstruiert werden, da so viele Variable vorhanden sind: die Anzahl der untersuchten Assoziationsindividuen, die Anzahl der gefundenen Arten, ihre Treue, Mengenverhältnisse, Soziabilität und Konstanz? Erst wenn man Kurven zeichnen will, bemerkt man, wie reichhaltig die Aufnahmetabellen sind. Trotzdem kann man zu einem anschaulichen Diagramm gelangen, wenn man die Arten mit *Braun-Blanquet*¹⁾ nach ihrer Treue anordnet und dann ihre Mengenverhältnisse und Konstanz

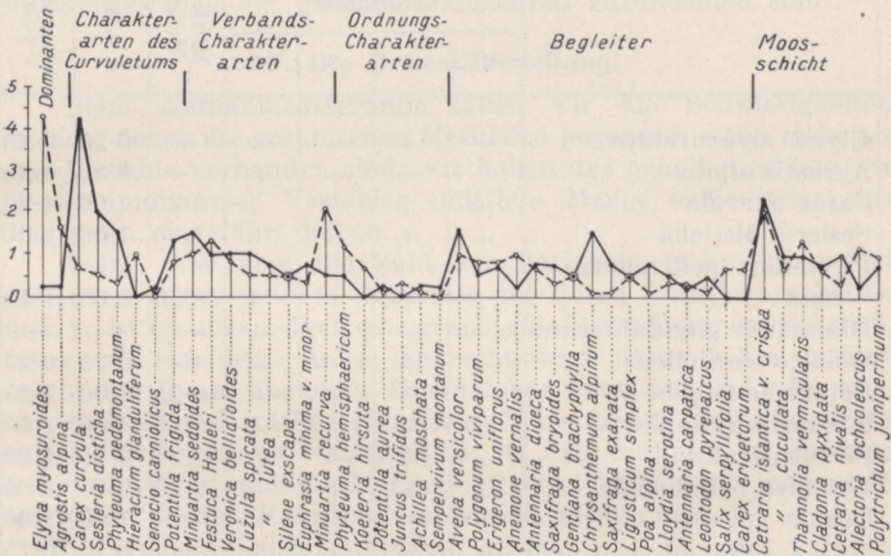


Fig. 28. Aufnahme- und Vergleichsdiagramm (Original). Vergleich des Curvuletum cetrarietosum (ausgezogene Linie —) mit dem Curvuletum elynetosum (gestrichelte Linie).

Ordinate: Mittlere Menge + Konstanz } (s. Tabelle 7).
Abszisse: Arten nach ihrer Treue geordnet }

berücksichtigt. Die Soziabilität der Arten muß vernachlässigt werden, da sonst die horstbildenden Arten in der graphischen Darstellung allzustark betont würden. Die Kurven werden nicht für jedes einzelne Assoziationsindividuum konstruiert, sondern für die abstrakte Assoziation, wie sie sich durch Synthese aus den verschiedenen Individuen ergibt. Dazu benötigen wir den Mittelwert der Mengenverhältnisse der einzelnen Arten in den verschiedenen Assoziationsindividuen. Diese m i t t l e r e M e n g e wird erhalten, indem man die Summe der für jedes Individuum geschätzten

¹⁾ *J. Braun-Blanquet*: Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich. **70**. 122 (1925).

Mengezahlen durch die Anzahl der untersuchten Assoziationsindividuen dividiert, wie aus Tabelle 2 hervorgeht.

Als Beispiel wählen wir das *Curvuletum cetrarietosum*, einer Subassoziation des *Curvuletum typicum*, das von *Braun-Blanquet* aufgenommen worden ist.

TABELLE 7 (s. Fig. 28).

Curvuletum cetrarietosum nach *Braun-Blanquet* (S. 216, l. c.).

	Nummer der Assoziationsindividuen				Mittlere Menge	Konstanz	Mittlere Menge + Konstanz
	1	2	3	4			
<i>Elyna myosuroides</i> . . .	—	+	—	—	—	0·25	0·25
<i>Agrostis alpina</i>	—	—	—	+	—	0·25	0·25
<i>Carex curvula</i>	5	3	4	1	3·25	1·00	4·25
<i>Sesleria disticha</i>	+	+	1	3	1·00	1·00	2·00
<i>Phyteuma pedemontanum</i>	1	+	+	1	0·50	1·00	1·50
<i>Hieracium glanduliferum</i>	—	—	—	—	—	—	—
<i>Senecio carniolicus</i> . . .	—	+	—	—	—	0·25	0·25
<i>Potentilla frigida</i>	1	+	+	+	0·25	1·00	1·25
<i>Minuartia sedoides</i>	1	+	+	1	0·50	1·00	1·50
<i>Festuca Halleri</i>	+	1	—	+	0·25	0·75	1·00
<i>Veronica bellidioides</i> . .	1	+	+	—	0·25	0·75	1·00
<i>Luzula spicata</i>	+	+	+	+	—	1·00	1·00
„ <i>lutea</i>	+	+	—	+	—	0·75	0·75
<i>Silene exscapa</i> usw.	+	—	—	+	—	0·50	0·50

+ Art zugegen, ohne abschätzbare Menge. — Art fehlt.

Unter Konstanz einer Art verstehen wir den Bruchteil der untersuchten Assoziationsindividuen, den die betreffende Art aufweist, wie aus der zweitletzten Kolonne der Tabelle 7 zu ersehen ist. Den Wert für die Ordinaten der graphischen Darstellung liefert uns für jede Art die Summe

$$\text{mittlere Menge} + \text{Konstanz} \dots (10).$$

In Fig. 28 ist so die Kurve für das *Curvuletum cetrarietosum* konstruiert; um Raum zu sparen, ist in der Tabelle 7 nur der Anfang der Artenreihe aufgeführt. Die Ordinaten der einzelnen Spezies geben ein gutes Bild von der Wichtigkeit, die jeder Art in der Assoziation zukommt.

Den größten Vorteil aber bietet das Aufnahmediagramm, um verschiedene Assoziationen miteinander zu vergleichen. In Fig. 28 ist das *Curvuletum elynetosum Braun-Blanquet* (S. 216, l. c.) mit dem *Curvuletum cetrarietosum* verglichen. Diese Subassoziation ist dadurch charakterisiert, daß in ihr die Hauptcharakterart (*Carex curvula*) nur sehr schwach vertreten ist. Trotzdem handelt es sich um ein *Curvuletum*, da sich die meisten seiner Charakterarten darin finden. Aus dem Diagramm (Fig. 28) geht sehr schön hervor, wie ähnlich in beiden Subassoziationen die verschiedenen Charakterarten des *Curvuletums* ausgebildet sind, als Beweis dafür, daß beide Subassoziationen der gleichen Assoziation zuzurechnen sind.

7. Die Dreieckdarstellung.

Beim Aufnahmediagramm haben wir die Schwierigkeiten gesehen, denen die graphischen Methoden begegnen, wenn mehr als zwei Variable vorhanden sind; wir haben uns geholfen, indem wir die Summe zweier Variabler (mittlere Menge + Konstanz) ins Diagramm eingeführt haben.

Wenn man aber die Zahl der Variablen nicht auf zwei reduzieren kann, sondern durchaus mit drei Variablen arbeiten muß, so ist im allgemeinen eine graphische Darstellung nur möglich, indem man eine dritte Achse senkrecht zur x - und y -Achse einführt und in den Raum übergeht. Es entstehen dann räumliche Kurven. Die Projektionen solcher Kurven auf eine Ebene sind aber nicht immer ohne weiteres verständlich, so daß man im allgemeinen lieber auf die graphische Darstellung verzichtet, wenn man nicht mit einem ebenen Koordinationssystem auskommt.

Es gibt nun einen Spezialfall, wo man trotzdem drei Variable in einer Ebene zur Darstellung bringen kann. Wenn nämlich die Summe der drei Veränderlichen konstant ist, kann ein gleichseitiges Dreieck als Koordinatensystem gewählt werden. Es beruht auf dem Satz, daß in einem gleichseitigen Dreieck von jedem Punkte im Innern des Dreieckes die Summe der drei Seitennormalen konstant, und zwar gleich der Höhe des Dreieckes ist (siehe Punkt P der Fig. 29). Setzt man nun die Dreieckshöhe gleich der Summe der Variablen, so stellt jeder Punkt im Innern des Dreieckes eine mögliche Kombination der drei Variablen dar. Im allgemeinen drückt man die drei Veränderlichen in Prozenten aus und setzt die Dreieckshöhe gleich 100.

Als Beispiel wollen wir das Verhältnis der seltenen, nichthäufigen und häufigen Arten der Juraweiden, die von *Jaccard*¹⁾ aufgenommen worden sind, graphisch zur Ver-

¹⁾ *P. Jaccard*: Bull. soc. vaudoise Sc. nat. 37. 559 (1901).

anschaulichung bringen. Wie bei jeder graphischen Darstellung stellen wir zuerst eine Tabelle auf, die die gewünschten, eventuell umgerechneten Daten enthält.

TABELLE 8 (s. Fig. 29).

Anzahl der seltenen, nicht häufigen und häufigen Arten in Prozenten von zwölf verschiedenen Arealen auf Juraweiden.

(Umgerechnet nach *Jaccard*, S. 229, l. c.)

Areal	Häufige Arten Prozente	Nicht häufige Arten Prozente	Seltene Arten Prozente
<i>a</i>	55.7	28.3	16.0
<i>b</i>	59.2	30.1	10.7
<i>c</i>	69.2	29.5	1.3
<i>d</i>	76.9	23.1	0.0
<i>e</i>	89.3	8.9	1.8
<i>f</i>	63.7	35.4	0.9
<i>g</i>	70.4	28.4	1.2
<i>h</i>	71.1	26.7	2.2
<i>i</i>	80.4	19.6	0.0
<i>l</i>	56.5	33.9	9.6
<i>m</i>	48.0	38.0	14.0
<i>o</i>	64.8	31.8	3.4

Fig. 29 gibt die Tabelle graphisch wieder. Die drei Höhen des Dreieckes geben den Maßstab für die seltenen, nicht häufigen und häufigen Arten in Prozenten; die Prozentzahlen sind aber, um die Figur nicht unübersichtlich zu gestalten, nicht an die Höhen, sondern an die Seiten geschrieben. Der Punkt *P* z. B. gibt die Zusammensetzung 50% seltene, 25% häufige und 25% sehr häufige Arten wieder. Mit einiger Übung gelangt man leicht dazu, jede beliebige Zusammensetzung von 100 im Dreieck sofort einzutragen.

In Fig. 29 sind nun die Aufnahmen der Juraweiden in der angegebenen Weise eingetragen. Man sieht, wie sich die Punkte alle links oben gruppieren. Es gelangt so graphisch zum Ausdruck wie die „seltenen“ Arten (0 bis 16%) weniger zahlreich sind als die „nicht häufigen“ (9 bis 38%) und diese wiederum weniger zahlreich als die „häufigen“ (48 bis 89%). Dies kann schließlich auch aus der Tabelle 8 herausgelesen werden; was aber in der graphischen Darstellung bedeutend besser zum Ausdruck kommt, ist die *Variationsbreite*, die auf einen Blick übersehen werden kann. Verbindet man die äußersten Punkte in der Fig. 29

miteinander, erhält man das schraffierte Feld, das versinnbildlicht, in welchem Maße die Kombination der „seltenen“, „nicht häufigen“ und „häufigen“ Arten in den untersuchten Weiden des Hochjura variieren. Man erkennt deutlich, wie die Großzahl der Punkte ins Innere des Variationsfeldes hineinfällt, und es ist wahrscheinlich, daß sich auch weitere Aufnahmen in dasselbe Feld einordnen würden.

Die Häufigkeitsbezeichnungen sind hier leider nicht mit denen der Fig. 14 identisch; in der Arbeit über die Weiden des

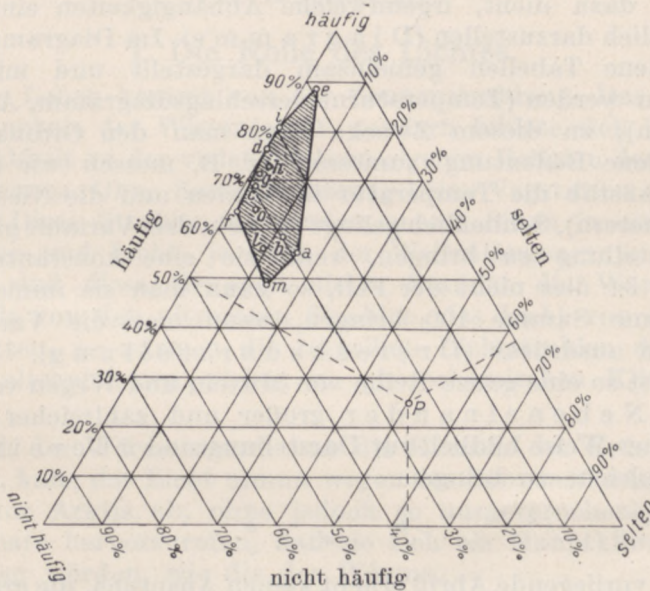


Fig. 29. Dreiecksdarstellung des Verhältnisses der seltenen, nicht häufigen und häufigen Arten von zwölf Arealen (a—o) auf Weiden des Hochjura (Original) (s. Tabelle 8).

Jura hat Jaccard (S. 205, l. c.) die Häufigkeitsklassen anders abgegrenzt als in seinen späteren Arbeiten. Hier bedeutet „selten“, wenn eine Art in einer von zwölf Aufnahmen vorkommt, „nicht häufig“ in zwei bis vier von zwölf Aufnahmen und „häufig“ in fünf Aufnahmen und darüber. Weil die Häufigkeitsklasse „selten“ so eng gefaßt ist, sind die seltenen Arten im Gegensatz zur Fig. 14 nur durch eine kleine Zahl vertreten. Würde man wie in Fig. 14 die Klasse „selten“ bis auf einen Drittel der Aufnahmen ausdehnen, müßte natürlich die Anzahl der „seltenen“ Arten beträchtlich wachsen¹⁾.

¹⁾ Vgl. P. Jaccard: Flora. 1902. S. 369.

3. Die Bedeutung der graphischen Methoden in der Pflanzensoziologie.

Die Hauptaufgabe der graphischen Darstellung besteht darin, das umfangreiche und unübersichtliche Zahlenmaterial der soziologischen Aufnahmen anschaulich darzustellen. Entweder zeigen dann die konstruierten empirischen Linienzüge Ähnlichkeit mit theoretischen, mathematisch faßbaren Kurven (Artarealkurven, Variationskurven); dann gelingt es, daraus soziologische Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, die häufig aus dem Zahlenmaterial gar nicht zu ersehen waren. Oder es entsteht ein gebrochenes unregelmäßiges Liniensystem, das lediglich dazu dient, irgendwelche Abhängigkeiten einfach und übersichtlich darzustellen (Diagramme). Im Diagramm können verschiedene Tabellen gemeinsam dargestellt und miteinander verglichen werden (Temperaturniederschlagsdiagramm, Aufnahme-diagramm); zu diesem Zwecke kann man den Ordinaten ganz verschiedene Bedeutung zumessen (z. B. messen wir mit demselben Maßstab die Temperatur in Graden und die Niederschläge in Zentimetern). Schließlich gelingt es auch, drei Variable gleichzeitig zur Darstellung zu bringen, wenn sie eine konstante Summe besitzen; ist dies nicht der Fall, so kann man sie immer auf die gemeinsame Summe 100 bringen, wenn man die Variablen in Prozenten ausdrückt (Dreiecksdarstellung).

Es ist so eine ganze Reihe von Mitteln und Wegen vorhanden, um das Nebeneinander großer und zahlreicher Tabellen in einfacher Weise bildlich zur Darstellung und übereinander zum Vergleiche zu bringen.

* * *

Der vorliegende Abriß erhebt keinen Anspruch, die graphischen Methoden erschöpfend behandelt zu haben. Auch gibt es in den vielen pflanzengeographischen Veröffentlichungen verschiedene graphische Darstellungen, die unerwähnt geblieben sind, da sie gegenüber den behandelten methodisch nichts Neues bieten; es kam ja hier im wesentlichen nur darauf an, die verschiedenen Methoden zu beschreiben und ihre Anwendungsmöglichkeiten zu skizzieren.

Lichtklima und Lichtgenuß.

Von **Eduard Rübel**, Zürich.

(Mit 15 Abbildungen.)

I. Die Rolle des Lichtes.

Alles Leben kommt von der Sonnenstrahlung. Das ist nicht nur Erkenntnis der Wissenschaft, sondern bildete sich im Leben der Menschheit zu der vielen Völkern eigenen Religion der Sonnenanbeter heraus. Ohne Sonnenstrahlung keine Vegetation und keine Tierwelt. Diese Strahlen empfinden unsere Sinne in erster Linie als Wärme und Licht, je nach der Wellenlängengruppe. Scharf getrennt sind diese Gruppen nicht. Stammt die Wärme auch größtenteils von den ultraroten Strahlen, das Licht von den roten bis violetten, so wärmen die rotgelben Lichtstrahlen doch auch und die ultravioletten wirken im photochemischen Klima ebenfalls mit.

Nach der Wärme nennt man die Klimate der Erde tropisch, gemäßigt, kalt; das Licht nimmt wegen des Sonnenstandes von den Tropen zur Arktis ab, ohne jedoch so ausgesprochene, extreme Lichtklimate hervorzurufen, daß sie sich als Hauptklimagruppen aufdrängen würden, wie die der Wärme.

Deswegen ist aber die Rolle des Lichtes nicht geringer. Zwei große Wirkungsbereiche sind dem Licht beschieden, ein *physiologischer* und ein *ökologischer*. Es bewirkt die Kohlen säureassimilation und beherrscht damit die gesamte Ernährungsphysiologie der Pflanzen.

Andererseits wirkt das Licht als klimatischer, also ökologischer Faktor und ist damit ein maßgebendes Wirtschaftsglied im Haushalt der Einzelpflanzen wie der Pflanzengesellschaften. Während demnach das große Gebiet der physiologischen Lichtwirkung in der Physiologie bzw. in den physiologischen Arbeitsmethoden abzuwandeln ist, haben wir uns lediglich mit den ökologischen Lichtwirkungen und deren Untersuchungsmethoden zu beschäftigen.

Die Lichtwirkungen bedingen nach der Erdgegend verschiedene Lichtklimate, die in zwei Richtungen variieren; von den Tropen zum Pol verursacht die verschiedene Sonnenhöhe abnehmende

Lichtmengen, die dann noch durch die wechselnden Tag- und Nachtlängen bzw. Sommer- und Wintersonnenscheindauern, verändert werden. In der senkrechten Richtung von der Ebene zu Bergeshöhen nimmt die Lichtmenge zu, infolge der abnehmenden Atmosphärendicke, indem höher oben, wo die darüberlagernde Atmosphäre noch dünn ist, von ihr noch nicht so viel Licht verschluckt worden ist als unten. Aber auch die Zusammensetzung des Lichtes ist eine verschiedene, da die Absorption für jede Wellenlänge der Lichtstrahlen eine andere ist. Kurzwelliger und langwelliger Anteil wechselt, wie auch die Anteile diffusen und direkten Lichtes.

Um die Vegetation zu verstehen, müssen wir dieses Lichtklima studieren. Neben diesem allgemeinen Klima, unter welchem die Vegetation lebt, spielt eine große Rolle das Lokalklima, das durch orographische wie biotische Faktoren abgestuft wird. Orographisch wechselt die Lichtmenge durch die Exposition, durch schattende Umweltgestaltung (Berge, Felsen, Häuser oder gar Höhlenstandort). Biotisch wirken die einen Pflanzengesellschaften schattend auf andere oder innerhalb einer Gesellschaft die einen Kommensalen auf die anderen und die einen Organe, die oberen auf die unteren usw. So erhebt sich die Aufgabe, den Lichtgenuß zu untersuchen in der Pflanzengesellschaft im allgemeinen, wie auch den, welcher dem einzelnen Pflanzenindividuum und seinen einzelnen Teilen zukommt. Dabei ersieht man, wie die Pflanzen den Lichthaushalt für sich günstig gestalten durch Auffangen oder Abwehren von Licht durch die Lichtlage der Blätter, durch Reflexausnutzung, durch Jahreszeitbenutzung usw.

Innerhalb ähnlicher Feuchtigkeitsgrade scheiden sich nach dem Licht verschiedene Assoziationen. Haben wir im lichten Eichenwald ganz andere Unterwuchsgesellschaften als im dunkeln Buchenwald, so ist das Licht in erster Linie dafür verantwortlich. Allerdings wechselt damit die Verdunstung ebenfalls und es bildet noch ein weites Feld des Studiums, diese Wirkungen zu zerlegen und in ihren einzelnen Bedingtheiten zu erfassen. Der Lichtgenuß bedingt z. B. auch gewisse Jahreszeitenaspekte. Als besonders gut bekanntes, auffallendes Beispiel sei auf den Frühlingsaspekt sommergrüner Wälder hingewiesen. Zur Ausnutzung des starken Frühlingslichtes im unbelaubten Wald findet sich eine ökologische Pflanzengruppe zusammen; *Anemone nemorosa*, *Corydalis cava* und andere *Corydalis*- und *Gagea*arten usw. Als Geophyten ausgebildet steht ihnen das Aufbaumaterial schon zur Verfügung, sobald die Witterung das Wachstum gestattet. Abweichend von diesen Sonnenpflanzen gedeihen später im belaubten Wald andere „ökologische Vereine“, Schattenpflanzengruppen. Außer in der Bildung dieser zeitlichen Gruppen ist das Licht in jeder mehr-

stöckigen Gesellschaft ausschlaggebend und bedingt räumlich nebeneinander verschiedene kleinere Pflanzengesellschaften gleichen Lichtgenusses. Jede Schicht, jedes Stockwerk hat eine von der anderen Schicht abweichende Lichtversorgung und gleichlaufend auch einen in anderen Faktoren verschiedenen Haushalt. Dies trifft nicht nur auf Schichten zu, sondern z. B. auch auf Flechtengesellschaften an Baumstämmen mit ihrer eigenen Ökologie, die von anderen Kommensalen derselben Assoziation wesentlich abweicht. Ich nannte diese „ökologischen Vereine“ (*Warming*), um einen kurzen präzisen Namen dafür zu haben, *Synusien*¹⁾.

Wie erwähnt, bedingen aber nicht nur die wechselnden Lichtmengen und Lichtzusammensetzungen ihre verschiedenen Vegetationen, sondern auch die wechselnde Länge der Lichtzufuhr des Tages. Wir dürfen nicht nur die Lichtsummen bestimmen, die eine Gesellschaft benötigt zu ihrem Gedeihen oder eine Pflanze zu ihrer Blatt-, Blüten-, Fruchtentwicklung; daneben wirken die zeitlichen Unterbrechungen im Lichtgenuß. Dieselbe Lichtsumme kann entstehen aus starker Lichtintensität in kurzer Zeit oder schwacher Intensität in längerer Zeit.

Glänzende Beweise von der Bedeutung dieser Periodizität in der zeitlichen Lichtgenußverteilung auf die Ausbildung der Pflanzen und naturgemäß auch ihrer Gesellschaften geben *Garner's* Untersuchungen in der Washingtoner Versuchsanstalt: Tropische Pflanzen, die in ihrer Heimat mit den gleichmäßig langen Tagen im Frühsommer blühen, wachsen in den langen Sommertagen nördlicher Gegenden immer weiter, ohne zur Blütenbildung zu gelangen. *Garner* hält sie in einem dunkeln Schuppen, jeden Tag werden sie z. B. für zehn Stunden ans Licht hinausgefahren und dann wieder ins Dunkle gesperrt. Diese Exemplare kommen wie in ihrer Heimat früh und prächtig zum Blühen. Ich sah unter vielen anderen Pflanzen einen wunderbaren Flor von Poinsettien. Die gleiche Einwirkung durch Lichtdauerbeschränkung gelingt an ein- und derselben Pflanze: ein Ast, um den 14 Stunden lang ein Verschlag gelegt wird, kommt zu schöner Blüte, während ein anderer Ast, der die langen Sommerabende genießt, weiter Stengel und Blätter treibt. Umgekehrt geht es mit den einheimischen Langtagpflanzen. Zum kurzen Tag verurteilt, bleiben sie klein und vermögen keine Blüten anzusetzen.

Wenn also die Temperaturverhältnisse auch noch das Gedeihen von Pflanzengesellschaften aus diesen Arten gestatten würden, so verbietet die tägliche Lichtgenußverteilung deren Fortkommen.

¹⁾ 1917; siehe *Eduard Rübel*: Vorschläge zur Untersuchung von Buchenwäldern (im Auftrage der permanenten Kommission der Internationalen Pflanzengeographischen Exkursionen ausgearbeitet). Beibl. z. d. Veröffentl. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich. 1925. Nr. 3, S. 22.

Aus den angestellten Erwägungen über die Rolle des Lichtes im allgemeinen und besonders in der Ökologie der Pflanzen und der Pflanzengesellschaften ergibt sich, daß wir einerseits die Methoden der Lichtmessung, andererseits die allgemeinen Lichtklimata und den speziellen lokalen Lichtgenuß zu besprechen haben. Aus allen Ausführungen wird hervorgehen, daß nach allen Richtungen noch unendlich viele und vielgestaltige Lichtuntersuchungen erwünscht sind.

II. Die Lichtmeßmethoden.

Geschichtliches.

Längst schon waren Temperaturmessungen, Luftdruckmessungen, Niederschlagsmessungen gemacht worden, aber an die Messung des Lichtes war noch nicht herangetreten worden. Und doch ist das Licht genau wie Wärme und Feuchtigkeit für die Pflanzen von grundlegender Bedeutung. Genau wie jede Pflanze ein Wärmeminimum für jede Phase ihres Lebens braucht, benötigt sie auch ein Lichtminimum, wie bei der Wärme gibt es auch beim Licht ein Optimum für jeden Lebensprozeß. Etwas anders aber verhält es sich mit dem Maximum. Wie wir gesehen haben, ist die Verteilung des Lichtes auf der Erde im Gegensatz zur Wärmeverteilung insofern eine gleichmäßigere zu nennen, als der Himmel nirgends so starke Lichtmengen ausstrahlt, daß sie der höheren Pflanzenwelt tödlich wären.

Die physiologischen Beziehungen von Licht zu Pflanze wurden Ende des 18. Jahrhunderts von *Ingenhousz* gefunden, er zeigte die Notwendigkeit von Licht bei der Kohlen säureassimilation der grünen Pflanze. Seither nahm die Kenntnis physiologischer Lichtwirkung nach allen Richtungen zu. Aber erst viel später gelangte man zum Studium der ökologischen Wirkung, also der Lichtwirkung als ökologischem, speziell klimatischem Faktor. Die Pflanze als Ganzes tritt hier in ein Verhältnis zur natürlichen Beleuchtung, zur Intensität des Tageslichtes. In einer Pflanzengesellschaft richten sich die einzelnen Komponenten nach ihren Lichtbedürfnissen ein. Einzelne kommen nur im Schatten anderer vor, andere nur im vollen Licht des Ortes, dazwischen gibt es alle Übergänge. Daraus ersehen wir für das vorhin erwähnte Maximum, daß wir bei vielen Pflanzen von Minimum, Optimum und Maximum des Lichtgenusses sprechen können, bei anderen aber nur von einem Minimum und Optimum, und wir für diese annehmen müssen, daß nirgends auf der Erde das Licht so stark wird, daß es ihnen das Leben verunmöglichen würde. Dabei ist aber immer der Wettbewerb anderer Faktoren zu berücksichtigen, da nie einer allein wirkt und sie sich gegenseitig

ergänzen und ersetzen können, was immer wieder betont werden muß¹⁾).

Daß dieses Lichtklima erst spät studiert wurde, liegt an der Schwierigkeit guter Meßmethoden. Lange behalf man sich mit den allgemeinen Bezeichnungen hell und dunkel, Sonnenpflanze und Schattenpflanze.

1878 schrieb *Stelling* in seiner Arbeit über die photochemischen Beobachtungen der Intensität des gesamten Tageslichtes in St. Petersburg: „Wenn man erwägt, einen wie großen Einfluß die Intensität des Lichtes auf das Wachstum und Gedeihen der Pflanzen- und der Tierwelt ausübt, ein Einfluß, der sich auch in hohem Grade auf das Wohl und Wehe des Menschen erstreckt, so kann man nur lebhaft wünschen, daß die photochemischen Messungen eine größere Verbreitung als bisher finden möchten.“ Der Wunsch wurde erst spät erfüllt, denn vorerst vergingen von da 18 Jahre, bis überhaupt wieder eine Arbeit auf diesem Gebiete erschien, es ist dies *Wiesners* photochemisches Klima von Wien²⁾. *Wiesner* schreibt 1907³⁾ über den Beginn seiner Studien über den Lichtgenuß, daß über die Wärmegrenzen des Lebens der Pflanzen eine reiche Literatur schon vorgelegen habe, über die Beziehung der Pflanze als Ganzes zur Lichtstärke vor der Inangriffnahme seiner Untersuchungen so gut wie nichts bekannt geworden sei.

Es hatte eben an geeigneten Meßmethoden gefehlt. Seither sind sich ökologische Lichtarbeiten — wenn ich kurz so sagen darf — erst langsam, in neuerer Zeit immer rascher gefolgt, und zwar hauptsächlich nach photochemischen Methoden.

Das Licht besteht ja aus Strahlen recht verschiedener Wellenlänge, es ist unmöglich das ganze Bündel zusammen zu messen und recht schwer, einen gut repräsentierenden Teil zur Messung zu bringen. Die genauesten Messungen beruhen daher auf dem Spektroskop, in dem man das Licht zerteilt und die Strahlen einzelner Wellenlängen mißt, doch gibt dies einerseits eine Menge Einzelzahlen, aus denen eine Abstraktion schwierig oder unmöglich ist, andererseits sind es große Apparate, die für eine Station wichtig sind, aber schwer benutzbar für den Geobotaniker, der die Lichtintensitäten ungezählter Pflanzenfundstellen braucht. Die hierfür verwendbaren Methoden beruhen hauptsächlich auf der Schwärzung von Chlorsilber durch das Licht, man mißt also eigentlich nur die chemisch wirksamen oder aktinischen Strahlen, während für die

¹⁾ Siehe das ausführliche Kapitel: Ersatz der Faktoren in *Rübel*: Geobotan. Untersuchungsmethoden. Berlin 1922.

²⁾ *Julius Wiesner*: Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg, unter Mitwirkung von *W. Figdor*, *F. Krasser* und *L. Linsbauer*. Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. 44. (1896).

³⁾ *Julius Wiesner*: Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907.

Pflanzen alle Strahlen in Betracht kommen. Es kann aber gesagt werden, daß eine gewisse Parallelität zwischen dem Gang der schwach brechbaren und der stark brechbaren besteht, die aus der Messung der einen Schlüsse auf den Gang des gesamten Strahlenkomplexes zuläßt; andererseits interessieren den Ökologen überhaupt die stark brechbaren mehr, während den Physiologen die schwach brechbaren.

Die Kohlensäureassimilation wird hauptsächlich durch diese schwach brechbaren Strahlen bedingt; auf den Gestaltungsprozeß der Pflanzen hingegen wirken die kurzwelligeren Strahlen, diese werden durch die photochemische Methode gemessen, also sind die Resultate für die Fragen der Pflanzengestaltung, für das Lichtklima als Faktor der Ökologie und Physiognomie der Pflanze zu gebrauchen. Das Tageslicht erleidet allerdings auch eine Veränderung beim Durchgang durch pflanzliche Medien, was eine Fehlerquelle beim Messen des Lichtes unter Bäumen ergibt. *Wiesner*¹⁾ hat aber gezeigt, daß das durch Absorption und Reflexion veränderte Licht nur einen verschwindenden Anteil des diffusen Lichtes unter Bäumen bildet und erst wahrnehmbar wird, wenn die Lichtintensität im Baumschatten auf 1.25 % des Tageslichtes fällt. Von großer Wichtigkeit ist aber folgendes Resultat von *Leonhard Weber*²⁾. Er maß die Helligkeiten für bestimmte einzelne Wellenlängen des Lichtes, nämlich ein Grün von 541.5 $\mu\mu$ Wellenlänge und ein Rot von 630.5 $\mu\mu$ Wellenlänge. Er gelangte durch vergleichende Versuche zu dem Ergebnis, daß eine ziemlich vollständige Proportionalität zwischen der Intensität der aktinischen und der roten Strahlen besteht.

Einen ersten Versuch zur Messung der chemischen Lichtintensität veröffentlichte *Draper*³⁾ 1843. Sein Apparat, das Tithonometrometer (er nannte die chemischen Strahlen „Tithonic rays“), beruht auf dem Prinzip der Verbindung von Chlor und Wasserstoff zu Salzsäure durch Lichtwirkung. Er gewann aber keine genauen Angaben. 1854 bis 1857 arbeiteten *Bunsen* und *Roscoe* diese Methode aus und gewannen einen brauchbaren Apparat, den sie Chlorknallgasphotometer⁴⁾ nannten. Zu erwähnen ist dann *Becquerels*

¹⁾ *J. Wiesner*: Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. II. Untersuchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien, Kairo und Buitenzorg. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. **104**. (1895);

²⁾ *L. Weber*: Resultate der Tageslichtmessungen in Kiel 1890—1892, 1892—1895, 1898—1904. Schriften d. naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. **10**. (1893); **13**. (1905).

³⁾ *J. W. Draper*: Description of the tithonometrometer, an instrument for measuring the chemical force of the indigo-tithonic rays. Phil. Mag. **23**. 3. Ser. (1843).

⁴⁾ *Bunsen* und *Roscoe*: Photochemische Untersuchungen. II. Maßbestimmungen der chemischen Wirkungen des Lichtes. Pogg. Ann. **100**. (1857).

elektrochemischer Aktinometer und 1868 *Vogels* chemischer Photometer¹⁾).

1869 folgt *Marchand* zu Fécamp mit seinem Photantitypimeter²⁾. Er bestimmt die Kohlensäure, die sich durch Einwirkung des Lichtes aus einem Gemisch von Eisenchlorid und Oxalsäure entwickelt. Einen ähnlichen Apparat verwandte *Vallot*³⁾ zu kalorimetrischen Messungen am Montblanc.

Diese Apparate befriedigten aber alle nicht. *Bunsen* und *Roscoe* schlugen dann einen anderen Weg ein nach dem Prinzip der Schwärzung von photographischem Papier durch Licht. Nachdem *Jordan* und später *Hunt*, *Herschel*, *Claudet*, *Hartig* u. a. vergebens gesucht hatten, nach diesem Prinzip vergleichbare Maße zu erhalten, gelang es *Bunsen* und *Roscoe*⁴⁾ 1862 ein gleichmäßig lichtempfindliches Papier herzustellen. Sie schafften sich eine Einheit und erfanden einen Apparat, den Pendelphotometer, in welchem die am Licht erhaltenen Schwärzungen durch Vergleich auf die Einheit zurückgeführt wurden. Die Handhabung dieses Apparates war aber noch sehr kompliziert; man konnte nur bei ruhiger Luft beobachten, man brauchte zur Ablesung eine Dunkelkammer usw. *Bunsen* und *Roscoe* verbesserten und vereinfachten später⁵⁾ ihren Apparat, auch *Stelling* in St. Petersburg brachte eine Vereinfachung an, aber der Apparat blieb immer unhandlich und zu schwer zum Transportieren, um Verbreitung zu finden. Nach *Stellings* Beobachtungen von 1878 ruhte die ganze Messung von chemischer Lichtintensität, bis *Wiesner* in den neunziger Jahren unter Anwendung der Bunsen-Roscoe-Einheit eine einfache Methode ausarbeitete, welche photoklimatische und pflanzenphysiologische Messungen gestattete bei leicht transportablem Apparat.

Einen Apparat zum Bestimmen von Lichtsummen beschrieb *Steenstrup*⁶⁾ 1902 nach *Vogel* und *Kissling*.

Historisch interessant ist es, eine Aufzählung der ersten lichtklimatischen Messungen zu geben. Es beobachteten:

Roscoe auf dem Dach von Owens College in Manchester vom 26. August 1863 bis 27. September 1864 an einigen 40 Tagen, wovon er 35 publiziert; und zum Vergleich beobachtet er an einem Tag in Dingwall (Schottland) und in Heidelberg.

¹⁾ *Vogels* chemisches Photometer. *Pogg. Ann.* **134**. (1868).

²⁾ *Marchand*: Étude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil. Paris 1869.

³⁾ *Vallot*: Ann. de l'observ. meteor. phys. et glaciaire du Montblanc. **3**.

⁴⁾ *Bunsen* und *Roscoe*: Photochemische Untersuchungen. VI. Meteorologische Lichtmessungen. *Pogg. Ann.* **117**. (1862).

⁵⁾ *Pogg. Ann.* **124**. (1865); **151**. (1874).

⁶⁾ *Steenstrup*: Om bestemmelsen af lysstyrken og lysmaengden. Meddelelser om Grønland. Kjöbenhavn 1902.

Roscoe und *Baxendell* 16mal an sechs einzelnen Tagen zwischen dem 6. Oktober und 21. November 1865, wiederum in Owens College Manchester und 63mal auf Cheetham Hill bei Manchester.

Wolkoff 99mal im Sommer 1864 auf dem Königsstuhl bei Heidelberg, von *Bunsen* veranlaßt, die Resultate *Roscoe* zur Veröffentlichung übergebend.

Baker in Kew, von *Roscoe* veranlaßt, fast täglich von April 1865 bis März 1867 zu den Zeiten der übrigen meteorologischen Ablesungen 9 Uhr 30, 14 Uhr 30, 16 Uhr 30.

Thorpe auf *Roscoes* Veranlassung in Pará (Brasilien) zwischen dem 4. und 26. April 1866.

Kapitän *Herschel* für *Roscoe* 1868 in Indien bei einer Sonnenfinsternis, aber bei schlechtem Wetter.

Roscoe und *Thorpe* in Quintado Estero Furado, 8 $\frac{1}{2}$ Meilen südöstlich von Lissabon, 134mal an 15 Tagen zwischen dem 5. und 30. August 1867.

Marchand in Fécamp 1869 bis 1872.

Roscoe und *Thorpe* in Catania 19. bis 22. Dezember 1870, bei Anlaß einer Sonnenfinsternis.

Stelling in St. Petersburg, November 1874 bis Juli 1875, täglich um ein Uhr.

Weber in Breslau, diffuses Licht, im Dezember 1884, Jänner, Juni, Juli 1885.

Weber in Kiel 1890 bis 1905. Diese ausgedehnten Messungen sind nach einer genauen photometrischen Methode mit *Webers* Milchglasphotometer gemacht. Dieser Apparat ist in das Hausdach eingebaut, aber nicht tragbar und daher nicht am Pflanzenstandort zu verwenden. Er mißt auch nicht einen Gesamtlichtwert, sondern zwei exakte Linien, die Intensität des grünen Lichtstrahles von 541.5 $\mu\mu$ Wellenlänge und des roten Lichtstrahles von 630.5 $\mu\mu$ Wellenlänge. Auf *Weber* aufbauend erweiterte *Dorno* in Davos die Strahlenmessung in hervorragendem Maße, wovon noch zu berichten sein wird.

Nun beginnt die Ausarbeitung des bequemen Apparates durch *Wiesner* und daher ausgedehntere Anwendungen, zuerst durch *Wiesner* selbst.

Wiesner mit *Krasser* und *Linsbauer* in Wien von Juni 1893 bis Dezember 1894. Ausgedehnte Messungen.

Wiesner mit *Figdor* in Buitenzorg auf Java an 64 Tagen zwischen November 1893 und März 1894.

Wiesner in Kairo an zehn Tagen im Februar und März 1894.

Wiesner im arktischen Gebiet vom 28. Juli bis 29. August 1897.

J. Vallot nach der Methode *Duclaux* in Chamonix bei 1095 m und in Montanvert bei 1925 m zwischen Mitte August und Ende September 1897.

Weinzierl auf der Sandlingsalpe öfters in den Sommern 1893 bis 1899.

Hesselman auf der Insel Skabbholmen einige Zahlen aus den Sommern 1899 bis 1901.

P. Franz Schwab in Kremsmünster in Oberösterreich 1897 bis 1902 ganz regelmäßig und systematisch, die ausführlichste lichtklimatologische Tabelle.

Wiesner mit *v. Portheim* und *Strakosch* in Amerika, hauptsächlich im Yellowstone Gebiet 11. August bis 9. September 1904.

Stebler und *Volkart* in Zürich einige Tage des Sommers 1904.

Rübel auf dem Berninahospiz 1. September 1905 bis 31. August 1906 und 1. April bis 30. September 1907. Dort auch eingehende Methodenbesprechung; ferner Messungen von Ganztagen, von Lichtsummen, Seitenlicht usw.

Rübel auf den Canaren und dem Ozean, Frühling 1908.

Rübel in Algerien im Frühling 1910.

Neben den rein lichtklimatischen Arbeiten gehen nach und nach immer mehr Arbeiten des relativen Lichtgenusses der Pflanzen, also des Verhältnisses der Lichtintensitäten an der einzelnen Pflanze, am einzelnen Blatt zu dem klimatisch herrschenden Licht. Da sind es wiederum in erster Linie Arbeiten *Wiesners* und seiner Schüler, speziell *Lämmermayrs*. Aber auch in anderen Ländern wird nunmehr das Licht bearbeitet, es seien z. B. genannt *Assmann*, *Bernhard*, *Boysen Jensen*, *Brennard*, *Briquet*, *Bunsen*, *Cieslar*, *Clements*, *Comes*, *Dorno*, *Draper*, *Drude*, *Eder*, *Ewald*, *Fischer*, *Fowler*, *Fries*, *Gassner*, *Gius*, *Götz*, *Haberlandt*, *Henrici*, *Hecht*, *Jacobi*, *Harder*, *Iwanoff*, *Klebs*, *Knuchel*, *König*, *Körnicker*, *Krais*, *Kraus*, *Lämmermayr*, *K. Linsbauer*, *L. Linsbauer*, *Lundegårdh*, *Morton*, *H. Müller*, *K. Müller*, *N. J. C. Müller*, *Nordhausen*, *Oltmanns*, *Palladine*, *Pernter*, *Porsild*, *Pulling*, *Quarles van Ufford*, *Richter*, *Roscoe*, *Rübel*, *Sachs*, *Samec*, *Schanz*, *Schwab*, *Senebier*, *Senn*, *Sierp*, *Stebler*, *Steenstrup*, *Stelling*, *Strakosch*, *Thielmann*, *Thorpe*, *Weber*, *Weinzierl*, *Wiesner*, *Wiessmann*, *Zederbauer*, *Zon*.

Einen erneuten Aufschwung nahm die Lichtmessung mit dem Apparat von *Eder-Hecht*, dem Graukeilphotometer und besonders mit dessen Korrektur und Kontrolle durch *Dorno* in Davos. *Dorno* hat die Lichtmessung zu einem weltumspannenden klimatologischen Dienst umgewandelt.

Den schon längst gewünschten selbstregistrierenden Lichtmesser hat endlich *Lundegårdh* ausgeführt und in Tätigkeit gesetzt¹⁾:

¹⁾ *Henrik Lundegårdh*: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena 1925.

Die Methoden.

Wiesnersche Methode.

Die Bunsen-Roscoe-Methode ist von *Wiesner* bedeutend vereinfacht worden. Das Prinzip beruht darauf, die chemische Lichtintensität durch Schwärzung von lichtempfindlichem Chlorsilberpapier zu messen. *Bunsen* und *Roscoe* hatten gefunden, daß innerhalb weiter Grenzen gleichen Produkten aus Beleuchtungsdauer und chemischer Intensität des Lichtes gleiche Schwärzungen ihres Papieres entsprachen.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, schufen sie einen Normalton, ein Normalpapier und eine Einheit, die man nun Bunseneinheit nennt. Den Normalton erhielten sie auf folgende Weise: Ein Teil bei Luftabschluß geglühter Lampenruß wurde mit 1000 Teilen Zinkoxyd gemischt. Es ergab sich ein liches Taubengrau. Die Herstellung dieses innigen Gemenges begegnete bedeutenden Schwierigkeiten, die *Wiesner* genau beschreibt¹⁾. Das Normalpapier erhielt er auf folgende Art: Das Papier wurde während drei Minuten in einer 3%igen, chemisch reinen Kochsalzlösung gebadet und zum Trocknen aufgehängt. Das so gesalzene Papier ist haltbar. Vor dem Gebrauch wurde das Papier gesilbert, indem man es zwei Minuten lang auf einer 12%igen Silbernitratlösung schwimmen ließ und zum Trocknen aufhängte. Das Silber kann bei Kerzenlicht vorgenommen werden, das länger andauernde Trocknen hingegen muß in dunklem Raume geschehen. *Wiesner* benutzte *Rives* 8-kg-Papier, jedoch kann auch jedes andere gute Papier verwendet werden; *Bunsen* und *Roscoe* zeigten, daß die Dicke des Papieres nicht in Betracht kommt, aber bei einem zu dünnen ist zur Beseitigung der Diaphanität eine weiße Unterlage nötig. Die Kochsalzlösung muß stets 3%ig sein, ein anderer Gehalt verändert die Resultate, die Lösung behält aber beim Gebrauch die gleiche Konzentration bei. Die Silbernitratlösung darf 8 bis 12% Ag NO₃ enthalten, von einer 12%igen kann man zwei Drittel verbrauchen, bevor sie unter 8% sinkt. Die Einwirkungsdauer fanden *Bunsen* und *Roscoe* zwischen einem Viertel und acht Minuten ohne Einfluß auf die Empfindlichkeit. Dieses Normalpapier hat den schweren Nachteil, daß es nur 16 bis 20 Stunden bei unveränderter Empfindlichkeit bleibt und nachher rasch abnimmt; es muß also jeden Tag frisch hergestellt werden. Bei hohen Lichtintensitäten ist die Zeit zur Schwärzung des Normalpapiers bis zur Farbe des Normaltones eine zu geringe, um genau gemessen zu werden. *Wiesner* stellte dafür den Zehnerton und Zwischentöne her.

Die Beobachtungen wurden mit dem *Wiesnerschen* Handinsolator (Fig. 30) gemacht. Dieser besteht aus einem schwarzen

¹⁾ Siehe Zitat S. 237, Anm. 2.

Brettchen von etwa 8 cm Breite, 10 cm Länge, 0.5 cm Dicke. Das Brettchen ist mit schwarzem Papier in der Weise überzogen, daß man von einer Seite Papier unter den Überzug einführen kann. Quer hinüber zieht sich ein Schlitz, in dem die Exposition stattfindet. Normalton- und Zehnertonstreifen werden zwischen Brettchen und Papier eingeführt und zwischen diese beiden ein Streifen Normalpapier. Damit ist der Insolator zum Gebrauch fertig. Will man beobachten, so hält man den Insolator horizontal möglichst weit vom eigenen Körper weg und nicht zu tief, damit nicht ein beträchtlicher Teil des Lichtes abgehalten werde. Mit einiger

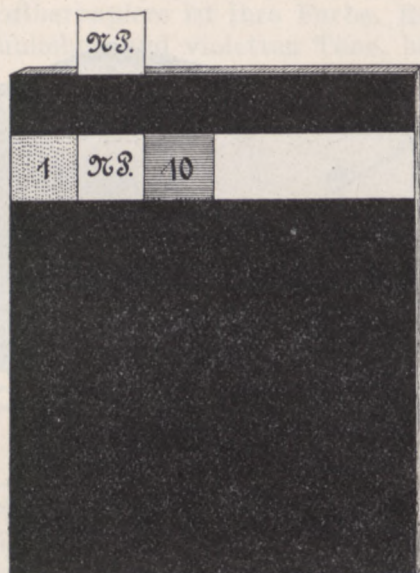


Fig. 30. Wiesnerscher Handinsolator.

Übung hält man den Insolator bald so, daß der Fehler, der durch das Abhalten von Licht durch den eigenen Körper entsteht, weit innerhalb der Fehlergrenzen der Methode bleibt. Im Moment, in dem man das dunkelgehaltene Normalpapier ans Licht zieht, setzt man einen Chronographen in Gang, der die Zeit auf Fünftelsekunden genau angibt. Ist die Zeit zur Erreichung des Normaltones zu kurz, um genau gemessen zu werden, so fährt man mit dem Beobachten einfach fort, bis der Zehnerton erreicht ist. Hat man keinen Chronographen, so zähle man die Schläge einer Taschenuhr, da das Ticken auch in Fünftelsekunden geschieht. Den Moment der Farbenübereinstimmung von Papier und Normalton zu erkennen, erfordert einige Übung. Leichter ist es, wenn man zur Ablesung ein monochromatisch gelbes Glas über die Töne hält.

Ein schwerer Übelstand war die geringe Dauerhaftigkeit des Normalpapiers. *Eder* ist es gelungen, das Papier haltbar zu machen, doch hat dessen Empfindlichkeit gewechselt, so daß immer mit einem Reduktionsfaktor, meistens 0.84, multipliziert werden muß. Dieses Papier entspricht dem von *Bunsen* und *Roscoe* festgestellten Gesetz, daß für gleiche Schwärzungen des Papiers sich die Lichtintensitäten umgekehrt wie die zur Hervorbringung dieser Schwärzung erforderlichen Zeiten verhalten, also $J : J_1 = t_1 : t$, so daß zweifache Schwärzungsdauer wirklich der halben Intensität entspricht, dreifache Dauer einem Drittel der Intensität. Nach neueren Messungen soll das nicht in allen Intensitätlagen stimmen.

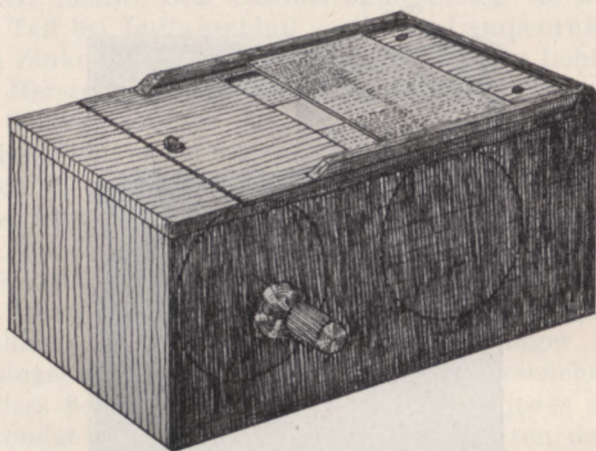


Fig. 31. Voukscher Insulator.

Statt des offenen Holztäfelcheninsolators, in den jedes einzelne Streifen Normalpapier im Dunkeln eingeschoben werden mußte, hat *V. Vouk*¹⁾ einen verbesserten Apparat (Fig. 31) hergestellt, der 400 Messungen hintereinander möglich macht, ohne neues Papier einzufügen. Er arbeitet wie eine Rollfilmcamera. Gefüllt wird der Apparat mit einem 4 m langen, 1 cm breiten Streifen Bunsen-Eder-Papier.

Wiesner hat den Fehler der Methode auf $\pm 5\%$ berechnet. Es kommt aber so sehr auf das Auge des Beobachters an, auf die Farbenbeurteilung, auf die Schnelligkeit des Reagierens, den persönlichen Faktor, wie er in der Astromie genannt wird, aber auch auf wechselnde Papier- und andere bekannte und unbekanntete Fehlerquellen, daß der Fehler der Methode auch leicht auf 100% steigen kann, besonders in verschiedenen Klimaten, mit ver-

¹⁾ *V. Vouk*: Ein verbesserter, neuer *Wiesnerscher* Insulator zur Bestimmung des Lichtgenusses. Ber. d. Deutsch. bot. Ges. 30. (1912).

schiedenen Beobachtern. Auf die absoluten Bunseneinheiten ist also kein allzugroßer Wert zu legen; die relativen Zahlen, also der Lichtgenuß der Standorte, können doch wertvolle Fingerzeige geben.

*Wynnes Infallible Exposuremeter und Präzisionsbelichtungsmesser
Müller und Vaucher.*

Bequemer als die besprochenen Apparate sind die käuflichen Belichtungsmesser, die zu photographischen Zwecken in großen Massen im Handel sind (Fig. 32). Ein Vorteil der für diese Apparate bestimmten Chlorsilberpapiere ist ihre Farbe. Es sind nicht mehr die rötlichen, bräunlichen und violetten Töne, bei deren Vergleich

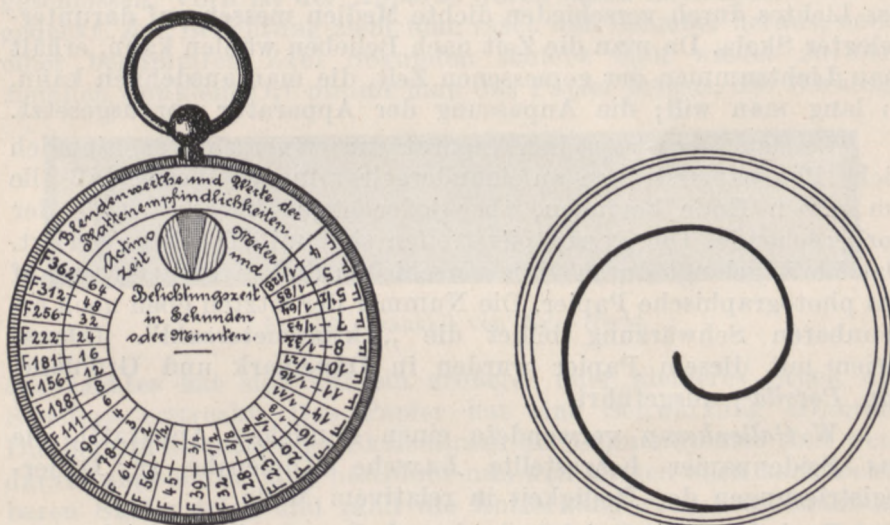


Fig. 32. Wynnes Infallible-Insolator.

das Treffen des richtigen Momentes so schwer ist, sondern grüne. Die Normaltöne im Apparat bestehen in einem dunkelgrünen Ton und in einem helleren, der genau im Viertel der Zeit des anderen erreicht wird. Der Durchgang des empfindlichen Papiers durch die beiden Normalgrün ist für das Auge sehr scharf beobachtbar. Es fallen also wesentliche Fehlerquellen des Normalpapiers fort, so daß ich diese Methode nicht nur für viel bequemer, sondern auch für etwas besser halte. Immerhin gilt für die Fehlerquellen der absoluten Einheiten dasselbe wie beim Wiesnerschen Apparat angeführt. Die Papierscheibchen eines Paketes sind untereinander gleich lichtempfindlich, aber nicht diejenigen verschiedener Pakete. Der Umrechnungsfaktor ist daher jeweilen mit Normalpapier zu kontrollieren. Daß das Papier durch Glas geschützt ist, hat den

Vorteil, daß man auch bei Regen und Schnee gut beobachten kann. Die Abschwächung der Intensität durch das Glas hat sich als so gering erwiesen, daß sie weit innerhalb der Fehlergrenzen der Methode bleibt.

Ähnlich *Wynne* sind die Belichtungsmesser von *Müller* und *Vaucher* in Biel.

Lichtsummenmesser von Vogel und Steenstrup.

Wir kommen nun zu Apparaten, welche die Messung anders bewerkstelligen. Bei den bisherigen ließ man die Schwärzung wirken bis ein Standardton erreicht war und notierte die Zeit. Umgekehrt kann man bei gleichbleibender Zeit die Durchleuchtkraft des Lichtes durch verschieden dichte Medien messen auf daruntergelegter Skala. Da man die Zeit nach Belieben wählen kann, erhält man Lichtsummen der gemessenen Zeit, die man ausdehnen kann, so lang man will; die Anpassung der Apparatur vorausgesetzt.

Bei dem *Steenstrupschen* Apparat wurden verschiedene ziemlich dicke Pauspapierstreifen aufeinandergelegt in der Weise, daß alle am selben Ende beginnen, aber jeder etwas kürzer ist als der vorhergehende. Die Pauspapierstreifen sind mit Tusch numeriert. Das Licht gelangt durch diese verschieden dicken Papierlagen auf das photographische Papier. Die Nummer der letzten eben noch erkennbaren Schwärzung bildet die „Aktinometerzahl“. Jahresserien mit diesem Papier wurden in Dänemark und Grönland von *Porsild*¹⁾ ausgeführt.

W. Gallenkamp verwendete einen ähnlichen Apparat²⁾, die aus Seidenpapier hergestellte *Luxsche* Kopieruhr zu Dauerregistrierungen der Helligkeit in relativem Maße.

Papierlagen sind nicht sehr dauerhaft und schwer gleichmäßig durchscheinend zu erhalten. Die Skala wurde auch nicht gleichmäßig fortschreitend. Viel bessere Ergebnisse waren zu erwarten bei Durchsenden des Lichtes durch eine ganz gleichmäßig dicker werdende Schicht von Tuschglycerin. In der photographischen Photometrie bestand ein solcher Graukeil von *R. Goldberg* und *A. Hübel*. Diesen gestaltete *Walter Hecht*³⁾ so aus, daß er für die botanischen Lichtmessungen sich eignete und nach seinen Tabellen Werte in Bunseneinheiten ergab.

¹⁾ *Morten P. Porsild*: I. Actinometrical observations from Greenland. Meddelelser om Grönland. **47**. (1911); II. The annual photochemical intensity of South Disko. 69° 16' Lat. N. Ebenda. 1913; III. The daily variation of the photochemical intensity of South Disko. 69° 13' Lat. N. Ebenda. 1913; IV. Zur Kenntnis des photochemischen Klimas der Arktis. Meteorol. Zeitschr. **1913**.

²⁾ Meteorol. Zeitschr. **1913**. S. 209.

³⁾ *Walter Hecht*: Das Graukeilphotometer im Dienste der Pflanzenkultur. Graphische Lehr- und Versuchsanstalt Wien. Nr. 126 (1918).

Graukeilphotometer Eder-Hecht.

Der Graukeil (Fig. 33) besteht aus einer Glasplatte von 16 cm Länge, 3 cm Breite, die eine fortschreitende Schwärzung von Hell am einen Ende bis ganz dunkel am anderen Ende aufweist. Diese Färbung ist erzeugt durch Eingießen von neutralgrauschwarz gefärbter Gelatine zwischen zwei schwach gegeneinander geneigte Glasplatten. Darüber ist eine Celluloiddecke gelegt, die von 2 zu 2 mm schwarze Striche trägt, die Zehner hervorgehoben durch Zahl und Zeichnung. Unter diesen Graukeil kommt der zu belichtende Papierstreifen zu liegen. Graukeil und Papier kommen in einen bequemen Holzrahmen nach Art photographischer Kopierahmen, hinten durch Holzdeckel und federnde Spangen geschlossen. Vorn ist der Apparat durch einen Aluminiumschieber gedeckt. Zur Belichtung zieht man rasch den Schieber heraus, nach einer bestimmten Zahl Sekunden schiebt man wieder zu. An ziemlich dunklem Ort nimmt man das Papier heraus, die Wirkung

Fig. 33. Graukeil von *Eder-Hecht*.

des Lichtes hat sich auf ein größeres oder kleineres Stück des Streifens erstreckt. Das Papier hat eine Schwärzung erfahren. Die lichtundurchlässigen Skalenlinien der Celluloidplatte sind weiß darauf abgebildet. Man bestimmt nun den letzten eben noch sichtbaren Skalenstrich und zählt die Entfernung vom Streifenanfang ab, erleichtert durch die miteingedruckten Zehnerzahlen. Jedem Apparat ist eine Tabelle mitgegeben, in der zu jedem Skalenteil die relative Zahl und die absolute Lichtmenge in Bunsen-Roscoe-Einheiten angegeben ist. Teilt man diese Zahl durch die Anzahl der Sekunden, die belichtet worden sind, so erhält man die Bunsen-Roscoe-Zahl in einer Sekunde, also die Lichtintensität. Vorausgesetzt ist dabei, daß man Papier verwandte, das genau dem Normalpapier entspricht, sonst ist noch mit dem darauf angegebenen Faktor zu reduzieren.

Die Apparate kommen in drei Keildichten in den Handel¹⁾, schnell dicht werdende Keile für sehr starke Lichtintensitäten mit hoher Keilkonstante (Dichtezunahme auf 1 cm Länge), nämlich 0.40, mittlere mit Keilkonstante 0.30 und hellere mit Keilkonstante

¹⁾ Von der photographischen Industriegesellschaft Herlango in Wien III, Hauptstraße 95.

0.19. Letztere wird man für die laufenden Intensitätsmessungen fast immer benutzen, die dunkeln mehr für Lichtsummenmessungen.

Beispiel: Nach 10'' Belichtung in der Sonne (also I_g) sei 52 der letzte sichtbare Strich, das entspricht nach den Tabellen 5.025 Einheiten. Die Papierkonstante des angewandten Papiers war 1.1; dann ist

$$I_g = \frac{5.025}{1.1 \times 10} = 0.457 \text{ oder } 457.$$

Um dieselbe Zeit ergab eine Belichtung von 10'' im Schatten als letzten sichtbaren Strich 38; das entspricht nach der Tabelle 2.805:

$$I_g = \frac{2.805}{1.1 \times 10} = 0.255 \text{ oder } 255.$$

Diesen Apparaten haften aber auch die mannigfachen Fehlerquellen an, von denen beim Wiesnerapparat die Rede war. *Dorno* hat es unternommen, den Apparat nach allen Richtungen zu prüfen und die Meßmethode zu verbessern. Es war ihm darum zu tun, herauszufinden, ob *Eders* Graukeilphotometer im meteorologischen Dienst, der schon lange nach einem einfachen praktischen Lichtmesser sucht, zu verwenden wäre. *Dorno* stellte in Davos ausgedehnte Versuche an, unter Mitwirkung vieler italienischer, schweizerischer, österreichischer, deutscher, baltischer, englischer, brasilianischer Beobachter. Eine peinliche Organisationsarbeit war dazu notwendig. Zur Ergänzung der *Eders*chen Gebrauchsanweisung waren 13 Rundschreiben nötig. „Die sichere Abstimmung eines jeden Keiles und Papiers erfordert auch bei gutem Wetter etwa zehn Tage, in ungünstigem Klima wäre sie schwerlich durchzuführen. Etwa 100 Keile und 40 Papiersendungen sind abgestimmt worden, zehntausende von Streifen haben nachkontrolliert werden müssen (*Dorno*¹), 1925, S. 97). Auf Grund dieser Kontrollversuche gibt *Dorno* ausführlich Auskunft über die Genauigkeit der Methode, die sich in die Genauigkeit des Keiles ($\pm 15\%$), des Papiers ($\pm 15\%$) und der Ablesungsgenauigkeit ($\pm 15\%$).

Um diese Fehler zu vermeiden, müssen verschiedene Vorsichtsmaßregeln beachtet werden. *Dorno* warnt vor Benutzung der absoluten Lichtwerte in Bunseneinheiten, die große Fehler bergen können, während die Relativzahlen gute Ergebnisse liefern.

Die niedrigsten und höchsten Skalenteile sind zu vermeiden, denn die niedrigen sind schwer abzulesen und bei den höchsten

¹) *C. Dorno*: Über die Verwendbarkeit von *Eders* Graukeilphotometer im meteorologischen Dienst, Parallelmessungen der photochemischen Ortshelligkeit in Europa zwischen dem 40. und 60. Breitengrade, auf dem Atlantischen Ozean und an der Ostküste Südamerikas. Meteorol. Zeitschr. 1925. H. 3.

entspricht ein Grad einer zu großen Lichtmengendifferenz. Es ist vorteilhaft, die Papierstreifen vor dem Ablesen im Goldtonfixierbad zu fixieren, dann kann man ruhig ablesen und jederzeit wieder kontrollieren. Unterschiede in den Papierlieferungen werden dadurch ausgeglichen und Nachbelichtung fällt weg. Dagegen gehen beim Fixieren Skalenteile zurück, d. h. man liest eine etwas kleinere Zahl ab. Wenn man nur relative Werte und immer nur fixierte Streifen benutzt, entsteht dadurch kein Fehler oder doch nur ein ganz geringer vom ungleichen Rückgang bei verschiedener Fixierbadstärke und -temperatur. Die Papiere müssen im Dunkeln gewechselt werden, da Vorbildung und Nachbelichtung den Ablesungswert der Lichtintensität des Streifens erhöht.

Eine wesentliche Verbesserung des Apparates erreichte *Dorno* durch eine Milchglaskappe. Dadurch wird eine homogenere Strahlung gemessen und Absorptions- und Reflexionsfehler vermieden. Über den Graukeilrahmen wird eine Kappe gestülpt, die aus dem Milchglasdeckel und geschwärztem Aluminiumrahmen besteht.

Lundegårdhs Lichtregistrierapparat.

Längst ging der Wunsch nach einem selbstregistrierenden Lichtmesser. Diesen hat uns endlich *Lundegårdh* gegeben¹⁾. In einem Kasten läuft ein Uhrwerk, das einen Film langsam bewegt und dabei an einem Schlitz vorbeiführt, vor welchem der Graukeil mit Milchglaskappe angebracht ist. Davor liegt noch eine Scheibe, die mit einer Umlaufzeit von 15 Minuten sich dreht. In der Scheibe sind Sektoren eingeschnitten, wovon der eine mit Gelbscheibe bedeckt ist. Der Apparat registriert dann abwechselnd volles weißes Licht und gelbrotes Licht. Es können natürlich auch andere Farbenfilter eingesetzt werden.

Physikalisch genauere Apparate.

Alle die Methoden mit Chlorsilberpapieren haben neben den großen Vorteilen der Handlichkeit die großen Nachteile der geringen Genauigkeit. Zwei sind es hauptsächlich, die ihnen anhaften. Erstens beobachtet man damit einen nicht genau abgegrenzten Teil der Strahlen, den photochemisch wirksamen Teil des Spektrums, der weder im Rot noch im Ultraviolett genau bekannte Grenzen hat. Immerhin weiß man, daß der für das Pflanzenwachstum wichtigste Teil erfaßt wird und daß zwischen den Stärken dieser aktinischen Strahlen und den für die Assimilation wichtigen, schwächer brechbaren eine ziemlich vollständige Proportionalität besteht. Zweitens kommt es bei der Beurteilung der Über-

¹⁾ *Henrik Lundegårdh*: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena 1925. Abbildung des Instrumentes S. 16 und 17.

einstimmung der Farbtöne und der Sichtbarkeit von Marken sehr auf das Auge des Beobachters an und auf seine subjektive Auffassung. Viel genauer sind dagegen die photometrischen Methoden, die es mit genau meßbaren Wellenlängen einzelner Lichtstrahlen zu tun haben. Für physikalische Messungen kommen daher nur diese in Betracht, doch haftet ihnen der große Übelstand an, daß die Apparate nicht handlich, sondern nur schwer oder gar nicht herumtragbar. Für den Geobotaniker kommen sie daher nur ausnahmsweise in Frage, am ehesten, wenn bestimmte Fragen in Anlehnung an große klimatologische Observatorien erforscht werden, während für den Lichtgenuß an Pflanzenstandorten wohl nach wie vor mit den im ganzen für diese Arbeiten genügend genauen photochemischen Meßmethoden gearbeitet werden wird. Es sei daher nur kurz auf die photometrischen Methoden hingewiesen:

Der Knuchelsche Spektrophotometer¹⁾.

Dieser Spektrophotometer, der im allgemeinen mit dem Glanschen übereinstimmt, dient zum Analysieren des Lichtes unter Baumkronen. Durch die Anordnung des Spektroskopes wird aus dem Zenithlicht eine bestimmte Spektralfarbe herausgeschnitten und mit der künstlichen Lichtquelle verglichen. Der Apparat erfordert zwei Personen zur Bedienung, wiegt 34 kg (Spektroskop, Akkumulatorenbatterie samt Widerstand, Osramlampe usw.), ergibt aber schöne Resultate, besonders über die selektive Lichtabsorption der verschiedenen Waldarten. Mit ähnlichen Spektroskopen wird da und dort gearbeitet.

Webers Milchglasphotometer²⁾.

Das durch Milchgläser geführte Tageslicht wird mit dem Licht einer Benzinkerze verglichen und aus den Verhältnissen dieser beiden Lichtmengen die Tageslichtintensität in Meter-Hefnerkerzen bestimmt. *Leonhard Weber* mißt die Helligkeiten für ein Grün von $541.5 \mu\mu$ und ein Rot von $630.5 \mu\mu$ Wellenlänge. Der Apparat ist in das Dach des Hauses eingebaut.

Lichtmessungen von Dorno³⁾.

Dorno in Davos behandelt die drei verschiedenen Strahlungsgattungen, Wärmestrahlung, Lichtstrahlung, chemische Strahlung,

¹⁾ *H. Knuchel*: Spektrophotometrische Untersuchungen im Walde. Mitt. d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchsw. **11**. (1914).

²⁾ *L. Weber*: Resultate der Tageslichtmessungen in Kiel 1890—1892, 1892—1895, 1898—1904. Schriften d. naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. **10**. (1893); **11**. (1905); Intensitätsmessungen des diffusen Tageslichtes. Meteorol. Zeitschr. **1885**.

³⁾ *C. Dorno*: Studie über Licht und Luft des Hochgebirges. Braunschweig 1911; Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung. Die Wiss. **63**. (1919) und viele andere Schriften.

getrennt. Die Wärmestrahlung wird mit dem *Ångströmschen* Kompensationspyrheliometer und dem *Michelsonschen* Aktinometer gemessen, die Lichtstrahlung nach der *Weberschen* photometrischen Methode. Die blauvioletten, photographisch wirksamen Strahlen bestimmte er ebenfalls nach der *Weberschen* Methode. Zur Messung der ultravioletten Strahlungsintensität verwendete er den von *Elster* und *Geitel* konstruierten Zinkkugelphotometer. Neuerdings ist es *Elster* und *Geitel* gelungen, ein noch vollkommeneres Instrument, einen lichtelektrischen Photometer, die lichtelektrische Kadmiumzelle¹⁾ herzustellen.

Lichtmeßversuche unter Wasser.

*Ludwig Linsbauer*²⁾ hat Untersuchungen angestellt über die photochemischen Verhältnisse unter Wasser und hat sich zu diesem Zweck einen Apparat gebaut. Dieser muß nicht nur licht- und wasserdicht sein, sondern auch einen ziemlich hohen Wasserdruck aushalten.

Im Traunsee fand *Linsbauer* folgende Durchlässigkeit des Wassers für Licht (Wirkung auf Bunsenpapier) in Prozenten des im Freien herrschenden Lichtes:

Tiefe in Metern	Stärke des durchgelassenen Lichtes in Prozenten
—	100
0.5	29
1	19
2	4.9
3	3
4	1.4
10	1.4

Das photochemische Licht nimmt in den oberen Schichten rasch ab, nachher langsamer. Es kommt natürlich stark auf die Durchsichtigkeit des Wassers an, die bekanntlich sehr verschieden ist.

*W. Schmidt*³⁾ fand in 1 dm Tiefe noch 54.9%, in 1 m Tiefe 35.8% und in 100 m Tiefe noch 1.4%.

Die blauvioletten Strahlen gehen viel tiefer als die rotgelben; darauf müssen die Unterseepflanzen eingestellt sein. *Ewald* und

¹⁾ *Paul Götz*: Das Strahlungsklima von Arosa. Berlin 1926; *R. Süring*: Strahlungsklimatische Untersuchungen in Agra (Tessin). Meteorol. Zeitschr. **41**. (1924).

²⁾ *L. Linsbauer*: Photometrische Untersuchungen über die Beleuchtungsverhältnisse im Wasser. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse. **114**. Abt. I (1905).

³⁾ *W. Schmidt*: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. **117**. II a, S. 247 (1908); Meteorol. Zeitschr. **1908**. S. 321.

*Grein*¹⁾ fanden in 5 m Tiefe nur noch 3 bis 4% rotes Licht, in 100 m keines mehr, während sie blauviolette noch bis 1500 m nachweisen konnten; ähnlich fanden *Hüfner* und *Albrecht*²⁾ in 10 m Tiefe 2% rotes, aber noch 76% blaues Licht.

Jetzt bestehen auch Apparate zur direkten Verwendung der Graukeile³⁾, sowie komplizierte Plattenapparate⁴⁾.

Lichtmessungen unter Schnee.

Kommt man auf Alpenwanderungen zu Schneeflecken, so findet man meist gleich daneben die Flora des schmelzenden Schnees schon in voller Blüte. Besonders die zierlichen Soldanellen scheinen das Verschwinden der Schneedecke kaum abwarten zu können, um ihre violetten Glöckchen auszuhängen, und häufig sieht man, daß sie auch wirklich nicht warten, sondern sich mit ihrem Blütenstand durch die letzte dünne eisige Schneekruste durchschmelzen⁵⁾.

Um sich so schön zu entwickeln, hätte die Pflanze unter dem Schnee doch gern Licht. Da drängt sich gleich der Wunsch nach der Kenntnis der Lichtstärken unter dem Schnee in den verschiedenen Tiefen und bei den verschiedenen Dichtezuständen des Schnees auf. Zu diesen Messungen kann man wieder den Graukeilphotometer von *Eder* und *Hecht* verwenden. Das Instrument wird offen in ein Holzkästchen gelegt, das an einem 1.5 m langen Stock befestigt ist und vorn spitz ausläuft zum besseren Durchstoßen des Schnees. In fester Verbindung mit dem Gleitdeckel dieses Kästchens befindet sich eine 1.5 m lange Eisenstange, die dem Bambusstab entlangläuft und in einen Ring endigt. Hat man den Apparat im Dunkeln gefüllt, so stößt man ihn möglichst tief in horizontaler Richtung in den Schnee hinein (bei hartem Schnee muß man mit einem Stock vorbohren), exponiert, indem man am Eisenring den Deckel tief im Schnee öffnet und schließt.

¹⁾ *Ewald* und *Grein*: Ozeanographisches Institut Monaco. Bull. 249 (nach *Lundegårdh*).

²⁾ *Hüfner* und *Albrecht*: Ann. d. Phys. 43. (1891).

³⁾ *Max Gruber*: Über eine Methode zur Messung des Lichtgefälles im Wasser mit Hilfe des *Eder-Hechtschen* Graukeiles. Intern. Rev. Hydrobiol. u. Hydrogr. 12. (1924).

⁴⁾ *A. Brooker Klugh*: Ecological photometry and a new instrument for measuring light. Ecology 6, Brooklyn 1925, mit viel englischer Literatur, und für Messungen außerhalb des Wassers auf dem Land *A. Brooker Klugh*: A land model of the ecological photometer. Ecology 8, Brooklyn 1927.

⁵⁾ Siehe mein Bild der durch das Eis durchragenden Soldanellen (bei den Blüten links ist das Eis 4 cm dick) auf der Pastura di Lagalb beim Berninahospiz, bei 2500 m am 2. August 1910 in *E. Rübel*: Die Pflanzengesellschaften des Berninagesbietes (Vortrag Freiburg i. Br. 1912 der Freien Ver. der Pflanzengeogr. und Syst.); *Englers bot. Jahrb.* 19. Beibl. 109. Abgedruckt, leider ohne genaue Eisdicken- und Lagenangabe, in *Furrers* Kleine Pflanzengeographie der Schweiz 1923 und *Rawitschers* Heimische Pflanzenwelt 1927.

Zur Beobachtung verwendet man mit Vorteil Schneewehen, die eine horizontale Oberfläche haben und auf der Schattenseite senkrecht abfallen, so daß man bequem horizontal hineinstoßen kann und doch keine Beeinflussung durch Seitenlicht zu befürchten hat. Dies ist auch schon dadurch ausgeschlossen, daß der Photometer vertieft im Holzkästchen liegt. Nach der Belichtung kann die genaue Tiefe unter der Schneeoberfläche durch Hineinstoßen eines Stockes bis zum Kästchen gemessen werden. Mit dem Schneedichtemesser schneidet man ein bekanntes Volumen Schnee heraus, läßt den Schnee schmelzen; aus dem Wasservolumen ergibt sich die Schneedichte.

Aus den Messungen, die ich 1905/06 auf dem Berninahospiz mit dem ungenauen Printmeter von *Wynne* (nicht zu verwechseln mit dem sehr guten, oben besprochenen Exposuremeter) machte¹⁾, ergab sich folgendes:

Das Licht dringt durch den Schnee bis in beträchtliche Tiefe. Die Intensität unter dem Schnee ist abhängig von der gesamten Tageslichtintensität, von der Tiefe, von der Schneedichte. Leichter Neuschnee läßt mehr Licht durch als zusammengesessener. Mit zunehmender Dichte nimmt die Lichtdurchlässigkeit des Schnees ab, doch muß diese Kurve ein Minimum erreichen, von wo aus sie wieder steigt, denn das Endglied der Schneeverdichtung ist Eis, das keine reflektierenden Lufträume mehr enthält und Licht wieder leichter durchläßt, wie sich jeder auf Eisfeldern überzeugen kann. Ich fand in einer Tiefe von 0 bis 10 *cm* mindestens 2.5 % des Gesamtlichtes eindringen, von 10 bis 20 *cm* 33 bis 1.1 %, von 20 bis 30 *cm* 2.5 bis 0.25 %, von 30 bis 50 *cm* 0.7 bis 0.025 %, von 50 bis 80 *cm* 0.05 bis 0.0017 %.

Die großen Differenzen sind namentlich der verschiedenen Konsistenz des Schnees zuzuschreiben. Besonders wichtig erscheint mir die Zahl 33 % bei 11 *cm*. Bei den hohen Lichtintensitäten zur Zeit der Schneeschmelze sind 33 % eine bedeutende Menge Licht (bis zu 300 bis 500 Bunseneinheiten), bei der von den Pflanzen jene Farbstoffe erzeugt werden können, zu deren Bildung Licht notwendig ist. Es handelt sich auch hauptsächlich um die letzten Tage vor dem Schneefreiwerden, wo die Dicke der Schneelage nicht mehr eine allzubedeutende ist.

Im lichtklimatischen Observatorium Arosa gedenkt *Dr. Paul Götz* Messungen unter Schnee durchzuführen. Als Probe fand er bei schwerem feuchtem Schnee, der 80 % des Lichtes reflektierte („Schneecalbedo 0.8“), am 29. März 1924, 20 *cm* unter der Oberfläche noch etwa 3.7 %, in 42 *cm* noch 0.3 % des Oberlichtes (l. c.), also mit meinen Angaben übereinstimmende Zahlen.

¹⁾ *E. Rübel*: Orientierende Versuche über Lichtmessungen unter Schnee. Verh. d. Schweiz. Nat. Ges. **89**. 68 (1906).

Das Tageslicht.

Wie wir gesehen haben, treffen wir in der Natur eine unendliche Menge Strahlen mit den verschiedensten Wirkungen. Ganz scharf sind die Scheidungen nicht, aber im großen ganzen haben wir es beim Licht mit den Wellenlängen $760 \mu\mu$ bis $400 \mu\mu$ zu tun.

Wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre, unterläge die Erde dem solaren Klima. Wärme- und Lichtstrahlen kämen unverändert an. Wir hätten im Schatten absolut kalt und dunkel, in der Sonne, Wärme und Helligkeit, die sich dann aus dem Sonnenstand ableiten ließen. Die Atmosphäre verändert die Strahlen und erzeugt dadurch das wirkliche Klima. Bei den wechselnden Erscheinungen der Atmosphäre kann weder der Gang der täglichen und jährlichen Temperatur noch der Gang der Lichtintensitäten ausgerechnet, sondern nur durch Messungen empirisch bestimmt werden. Durch langzeitliche Mittel können wir Durchschnittstemperaturen und Durchschnittslichtintensitäten berechnen, aber nie eine auf einen Moment bestimmt eintreffende Zahl. Wir erhalten das Licht auch nicht in der „Form“, wie es die Sonne ausstrahlt, sondern durch die Atmosphäre verändert. Nur ein Teil der Lichtstrahlen erreicht die Erde als eigentliches Sonnenlicht, es ist dies, was wir das „direkte Sonnenlicht“ nennen. Ein großer Teil wird an Staub- und Dunstteilchen der Atmosphäre abgelenkt, das Licht wird „zerstreut“ (durch Brechung, Beugung, Reflexion) und erreicht unser Auge als „diffuses Licht“.

Das direkte Licht wirkt also nur wo und während die Sonne scheint, das diffuse aber überall und jederzeit, wo überhaupt Helligkeit herrscht. Im Schatten haben wir nur diffuses Licht, in der Sonne kommt das direkte noch dazu, wir haben dann das gemischte Sonnenlicht oder „Gesamtlicht“.

Macht man die Lichtmessung in der Sonne bei freiem Horizont, so mißt man das Gesamtlicht. Durch Abhaltung der direkten Sonnenstrahlen, also Beschattung des Meßapparates, erhält man nur das diffuse Licht. Die Differenz der beiden Zahlen bedeutet das direkte Licht. Dabei ist zu beachten, daß man bei der Beschattung dafür sorgen soll, daß nicht auch diffuses Licht abgehalten wird oder wenigstens so wenig wie möglich. Zur Messung des diffusen kann man einfach den Schatten des eigenen Kopfes nehmen, da der Anteil mitweggenommenen diffusen Lichtes so gering ist, daß der Fehler sich innerhalb der Fehlergrenzen der photochemischen Methoden hält. Man halte den Apparat immerhin so weit von sich ab wie möglich, damit man nicht mit der Brust einen ganz großen Teil diffusen Lichtes abhält.

Man bezeichnet das Gesamtlicht als I_g , das diffuse mit I_d und das direkte Sonnenlicht mit I_s .

Bunseneinheit der Lichtintensität.

Die Intensität in Bunseneinheiten wird durch einen Bruch angegeben: Eins dividiert durch die Anzahl Sekunden, die das Normalpapier nötig hat, um sich bis zum Normalton zu schwärzen. 1 bedeutet also, daß in einer Sekunde der Normalton erreicht wurde; 0.5 in zwei Sekunden; 0.333 in drei Sekunden. Statt nun 1.000 zu schreiben und überhaupt immer mit drei Dezimalen zu rechnen, nehme ich stets das Tausendfache als Einheit. Beim Arbeiten mit Wiesnerschem Normalton und Normalpapier bekäme man also direkt diese Zahlen, bei allen vorhandenen Papieren kennt man ihr Verhältnis zum Normalpapier, hat also in solches umzurechnen.

Für die relativen Zahlen des „Lichtgenusses“ ist die Umrechnung nicht nötig. Lichtgenuß „i“ nennt man das Verhältnis zwischen dem bei freiem Horizont vorhandenen Gesamtlicht und der Intensität des Lichtes am gemessenen Pflanzenstandort. Sind im Freien 680 BE (Bunseneinheiten), bei der Blüte, deren Lichtgenuß man bestimmen will, 340 BE, so hat diese Blüte in diesem Augenblick einen Lichtgenuß $i = \frac{1}{2}$ oder 50%. Herrscht draußen 840 BE, im Wald beim Buchenblatt nur 70, so ist sein augenblicklicher Lichtgenuß

$$i = \frac{70}{840} = \frac{1}{120} = 0.83\%$$

Für die allgemeinen lichtklimatischen Messungen hält man den Apparat stets wagrecht, am Pflanzenstandort natürlich so wie das zu messende Organ liegt.

Hilfsmessungen.

Verschiedene Sonnenverhältnisse, die auf die Lichtintensität von Wirkung sind, nämlich die Sonnenbedeckung, die Himmelsbedeckung oder Bewölkung und die Sonnenhöhe, müssen stets mitbeobachtet werden.

Sonnenbedeckung.

Um die Sonnenbedeckung anzugeben, wenden die Meteorologen fünf Stufen an. Es bedeuten:

- S_0 = Sonne vollständig bedeckt, so daß der Ort am Himmel, wo sie sich befindet, nicht erkennbar ist;
- S_1 = Sonne nur als heller Schein am Himmel erkennbar;
- S_2 = Sonnenscheibe sichtbar, aber noch keinen Schatten werfend;
- S_3 = Sonne nur durch Schleier bedeckt;
- S_4 = Sonne vollkommen frei erscheinend.

Himmelsbedeckung.

Für die Bewölkung besteht allgemein die Zehnerskala von 0 bis 10:

- 0 bedeutet vollkommen wolkenlos;
- 1 = ein Zehntel des Himmelsgewölbes bewölkt;
- 2 = zwei „ „ „ „
- 3 = drei „ „ „ „
- 10 = vollständig bedeckt.

Als Exponenten kann man noch die Dichte der Bewölkung angeben:

- 0 = dünne Wolken;
- 1 = dichtere Wolken;
- 2 = ganz dichte Wolken.

5⁰ bedeutet also, daß die Hälfte des Himmels verschleiert ist; 6¹, daß sechs Zehntel richtig bewölkt sind; 10², daß dicke Regenvolken alles verdüstern.

Sonnenhöhe.

Mit der Höhe der Sonne über dem Horizont wechselt die vorhandene Lichtmenge in erster Linie. Man kann sich einen Meßapparat für die Sonnenhöhe konstruieren, käuflich sind meines Wissens keine. Aber man kann sich zu jeder Lichtmessung die zugehörige Sonnenhöhe ausrechnen nach der Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t.$$

Darin ist

- h die gesuchte Sonnenhöhe;
- φ die geographische Breite des Meßortes;
- δ die Sonnendeklination;
- t der Stundenwinkel.

Als Zeit kann man natürlich nicht irgendeine gesetzlich festgelegte bürgerliche Zeit nehmen, nach der richtet sich die Sonne nicht, sondern es muß Ortszeit sein, die man noch nach der Zeitgleichung korrigiert. Die mitteleuropäische Zeit ist die Ortszeit der Punkte, die auf dem 15. Längengrad liegen, für jeden Längengrad Entfernung davon hat man eine Korrektur von vier Minuten anzubringen: Zürich hat eine Länge von 8° 33', ist also um 6° 27' vom M. E. Z.-Meridian entfernt und differiert mithin in der Zeit um 26 Minuten. Wir müssen also die Zehnuhrmessung ausführen, wenn unsere Uhren 10 Uhr 26 Min. zeigen, die Zwölfuhrmessung um 12 Uhr 26 Min.

Es kommt dann noch eine weitere Korrektur dazu, die Zeitgleichung. Infolge der ungleichförmigen Bewegung der Erde variiert die Tageslänge, d. h. die Zeit zwischen zwei Kulminationspunkten der Sonne etwas. Die Uhren haben naturgemäß einen gleichförmigen Gang; sie zeigen einen mittleren Gang,

der sich zum Sonnengang etwas verschiebt. Diese Differenzen nennt man die Zeitgleichung, die bis zu einer halben Stunde Unterschied zeigt. Viermal im Jahr fällt der mittlere Mittag mit dem wahren Mittag zusammen: Mitte April, Mitte Juni, Ende August und Weihnachten; dazwischen liegen je ein größeres und ein kleineres Maximum nach jeder Seite der Uhrzeit. Zum Beispiel ist der wahre Mittag am 10. Februar 12 Uhr 14·6 Min. der Ortszeit, am 15. Mai 11 Uhr 56 Min., am 15. Juni 12 Uhr 0 Min., am 25. Juli 12 Uhr 6 Min., am 16. Oktober 11 Uhr 45 Min., am 24. Dezember 12 Uhr 0 Min. Messen wir in Zürich, so müssen wir bei M. E. Z. 12 Uhr 26 Min. am 10. Februar unsere wahre Mittagsmessung um 12 Uhr + 26 Min. + 15 Min. = 12 Uhr 41 Min. machen. Wenige Minuten auf oder ab machen um Mittag, wo die Sonne nur sehr langsam ihre Höhe ändert, fast nichts aus, wohl aber am Morgen und Abend, wo die Sonnenhöhe rasch wechselt. Zur Entnahme der Korrektur für die Zeitgleichung mag folgende Tabelle dienen¹⁾:

Tafel der Zeitgleichung.

1. Januar	+ 3·8	1. Mai	— 3·1	3. Septemb.	— 0·7
6. „	+ 6·1	6. „	— 3·6	8. „	— 2·3
11. „	+ 8·2	11. „	— 3·9	13. „	— 4·0
16. „	+ 10·0	16. „	— 3·9	18. „	— 5·8
21. „	+ 11·6	21. „	— 3·8	23. „	— 7·6
26. „	+ 12·7	26. „	— 3·4	28. „	— 9·3
31. „	+ 13·7	31. „	— 2·8	3. Oktober	— 10·9
5. Februar	+ 14·3	5. Juni	— 2·0	8. „	— 12·6
10. „	+ 14·6	10. „	— 1·1	13. „	— 13·6
15. „	+ 14·5	15. „	0·0	18. „	— 14·7
20. „	+ 14·0	20. „	+ 1·0	23. „	— 15·5
25. „	+ 13·4	25. „	+ 2·1	28. „	— 16·1
2. März	+ 12·4	30. „	+ 3·1	2. Novemb.	— 16·2
7. „	+ 11·3	5. Juli	+ 4·1	7. „	— 16·2
12. „	+ 10·0	10. „	+ 4·9	12. „	— 15·7
17. „	+ 8·6	15. „	+ 5·5	17. „	— 14·9
22. „	+ 7·1	20. „	+ 5·9	22. „	— 13·7
27. „	+ 5·6	25. „	+ 6·1	27. „	— 12·2
1. April	+ 4·0	30. „	+ 6·1	2. Dezemb.	— 10·4
6. „	+ 2·5	4. August	+ 5·8	7. „	— 8·4
11. „	+ 1·1	9. „	+ 5·2	12. „	— 6·1
16. „	— 0·2	14. „	+ 4·5	17. „	— 3·7
21. „	— 1·3	19. „	+ 3·4	22. „	— 1·2
26. „	— 2·3	24. „	+ 2·2	27. „	+ 1·2
		29. „	+ 0·8		

¹⁾ Aus: Instruktionen für die Beobachter der meteorologischen Stationen der Schweiz. 2. Aufl., herausgegeben von der Direktion der Schweiz. meteorol. Zentralanstalt. Zürich 1893.

Sonnendeklination.

Für die Sonnendeklination verwendet man vorhandene Tabellen, z. B. die offiziellen Veröffentlichungen des Bureau des longitudes oder andere Veröffentlichungen, die sogenannten Ephemeriden, die man sich auf meteorologischen Anstalten verschaffen kann. Sie schwankt im Laufe des Jahres rund von $+23.5^\circ$ bis -23.5° . Man muß eine Tabelle für jedes einzelne Jahr haben, da die Zahlen des bestimmten Jahrestages um geringe Werte wechseln, wegen der Verschiebungen, die durch die Verschiedenheit der Länge der Jahre (Schaltjahr) verursacht sind. Jeder Tag hat dann seine bestimmte Deklination, die um die Tag- und Nachtgleiche 0° beträgt, am längsten Tag den größten Wert, am kürzesten Tag den geringsten Wert, d. h. die größte Minuszahl beträgt.

Stundenwinkel.

Der Stundenwinkel beträgt in Graden die Anzahl Stunden, die man von mittags 12 Uhr entfernt ist. Mittags, der höchste Sonnenstand, hat 0° Stundenwinkel, 6 Uhr, die Horizontale, 90° Stundenwinkel, 11 Uhr = 13 Uhr hat 15° , 10 Uhr = 14 Uhr hat 30° , 8 Uhr = 16 Uhr hat 60° usw.

B e i s p i e l:

Berninahospiz: Nördliche Breite $\varphi = 46^\circ 24' 39''$.

Die Deklination sei $\delta = 20^\circ$ (24. Juli).

Nehmen wir als Zeit 16 Uhr. Was ist die Sonnenhöhe?

$$\sin h = \sin 46^\circ 24' \sin 20^\circ + \cos 46^\circ 24' \cos 20^\circ \cos 60^\circ$$

$$\log \sin 46^\circ 24' \quad \overline{1.85992} \quad \log \cos 46^\circ 24' \quad \overline{1.83853}$$

$$\log \sin 20^\circ \quad \overline{1.53405} \quad \log \cos 20^\circ \quad \overline{1.97299}$$

$$\log \cos 60^\circ \quad \overline{1.69897}$$

$$\text{Summen} \quad \overline{1.39397} \quad \overline{1.51049}$$

$$\text{Nummern davon } 0.2477 \quad + \quad 0.3240 = 0.5717$$

$$\text{also} \quad \sin h = 0.5717$$

$$\log 0.5717 \quad = \overline{1.75717}$$

$$h = 34^\circ 52'$$

Auf Berninahospiz ist die Sonnenhöhe um 4 Uhr nachmittags bei 20° Deklination, also z. B. am 20. Mai 1905 und am 24. Juli 1905, $34^\circ 52'$.

Für die Messungen um 12 Uhr mittags vereinfacht sich die Formel, da der Stundenwinkel 0° ist, dann ist $\cos t = 1$; dies Glied fällt also weg.

Braucht man die Sonnenhöhen eines bestimmten Ortes dauernd, so ist es vorteilhaft, sich eine Kurventafel herzustellen, aus der man alle gewünschten Höhen ablesen kann. Für jede Tagesstunde rechnet man von 5 zu 5° Deklination die Werte der Gleichung aus und trägt sie in ein Koordinatensystem ein, in welchem die Deklination als Ordinaten und die Sonnenhöhen als Abszissen genommen sind.

Man erhält schwach gebogene Kurven. Durch Eingehen mit der Deklination eines Tages in die groß gezeichnete Tabelle erhält man die zugehörige Sonnenhöhe auf ein bis zwei Minuten genau (Fig. 34).

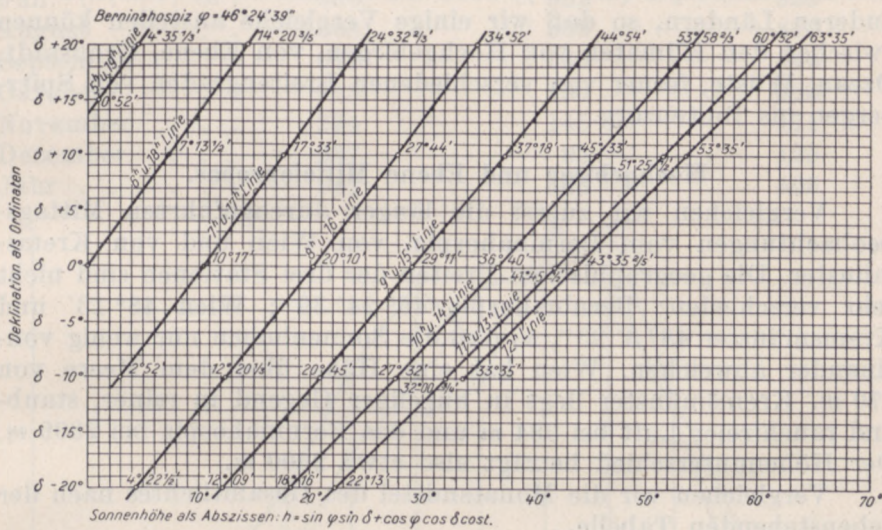


Fig. 34. Sonnenhöhentafel des Berninahospizes.

Damit können wir die Methoden abschließen und zu den Anwendungen und Ergebnissen übergehen. Die Methoden haben uns gezeigt, daß wir annähernde und vergleichende Resultate erhalten können, die aber weit von erwünschter Vollkommenheit abweichen. „Licht“ ist nicht eine klar faßbare Einheit, sondern eine Mischung von Strahlen verschiedener Wellenlänge.

Der Einfluß der Lichtstrahlung ist schwer von dem der Wärmestrahlung zu trennen. Wir erhalten die Wirkung auf unser Meßpapier, nicht auf die Pflanze. Papier und Pflanze werden wohl verschieden beeinflußt nach Strahlenart und Strahlenstärke, in welchem Verhältnis die chemische Wirkung, die unsere Papiere messen, zu den anderen Strahlenwirkungen an der Pflanze stehen, können unsere Messungen nicht aussagen.

III. Lichtklima.

Wenn wir einigermaßen einen Überblick über das photochemische Klima auf der Erde erhalten wollen, müssen wir uns an Veröffentlichungen mit vergleichbaren Zahlen halten. Die ausgedehnteste Gruppe bilden die Messungen nach *Wiesners* Methode in Bunsen-Roscoe-Einheiten. Neuerdings sind an vielen Stationen genauere Messungen nach *Dornos* Methode in *Eder-Hecht*-Messungen gemacht worden, aber in relativen Zahlen, die mit den *Wiesner*-Zahlen nicht vergleichbar sind, wohl aber unter sich.

In Bunseneinheiten besitzen wir die ganz- und mehrjährigen Beobachtungen von Wien (*Wiesner*), Kremsmünster (*Schwab*¹) und Berninahospiz (*Rübel*²); dazu die auf Reisen gewonnenen von anderen Ländern, so daß wir einige Vergleiche anstellen können zwischen den Klimaten von Hochgebirgen, von Ebene, Großstadt, Ozean, Wüste, ferner von verschiedenen Breitengraden von Spitzbergen bis Buitenzorg.

Hochgebirge und Ebene Mitteleuropas.

Vergleichen wir zuerst die länger durchgeführten Mittagsbeobachtungen vom Berninahospiz, von Wien und von Kremsmünster. Die geographischen Breiten der drei Stationen sind nicht sehr verschieden: Berninahospiz $46^{\circ} 24' 39''$; Wien $48^{\circ} 13'$ und Kremsmünster $48^{\circ} 3' 23''$, so daß die Sonnenhöhen nur wenig voneinander abweichen. Wien hat eine Höhe über dem Meere von 170 m, Kremsmünster liegt in hügeliger Gegend in reiner, staub- und rauchfreier Luft bei 384 m und das Berninahospiz bei 2309 m. Der Höhenunterschied beträgt also etwa 2000 m.

Vergleichen wir die Monatsmittel des Gesamtlichtes nach der nebenstehenden Tabelle.

Die Großstadt mit ihrem Rauch und ihren Nebeln zeigt eine geringere Intensität als das freigelegene Kremsmünster. Eine Ausnahme machen der April, der 1893 in Wien besonders hell war, sowie Juli und August. Höher als an den beiden Talstationen ist die Gesamtintensität auf dem Berninahospiz. Am stärksten kommt dies in den Wintermonaten zum Ausdruck, in welchen die Ebene von dichten Nebeln überlagert ist, während in Bergeshöhe die Sonne glänzt. Da tritt uns besonders der Dezember entgegen: Wien 95, Berninahospiz 237, und der Januar Wien 85, Berninahospiz 279, also auf der oberen Station 2.5 und 3mal mehr Licht. Noch drastischer kommt der Unterschied zum Ausdruck, wenn wir die absoluten Minima der Mittagsbeobachtungen vergleichen.

¹) *P. F. Schwab*: Über das photochemische Klima von Kremsmünster. Denkschr. d. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse. 74. (1904).

²) *E. Rübel*: Untersuchungen über das photochemische Klima des Berninahopizes. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich. Jg. 53 (1908).

Vergleichende Tabelle der Monatsmittel der
Mittagsbeobachtungen des Gesamtlichtes
aus allen Tagen.

	Berninahospiz X. 1905—V. 1906, IV.—IX. 1907	Wien VI—XII 1893, 1894	Kremsmünster 1897—1901
Januar	279	85	154
Februar	336	189	228
März	493	302	361
April	727	585	561
Mai	889	635	698
Juni	770	688	882
Juli	939	982	929
August	1008	909	876
September	672	643	646
Oktober	413	293	303
November	224	145	171
Dezember	237	95	125
Jahr	582	463	405

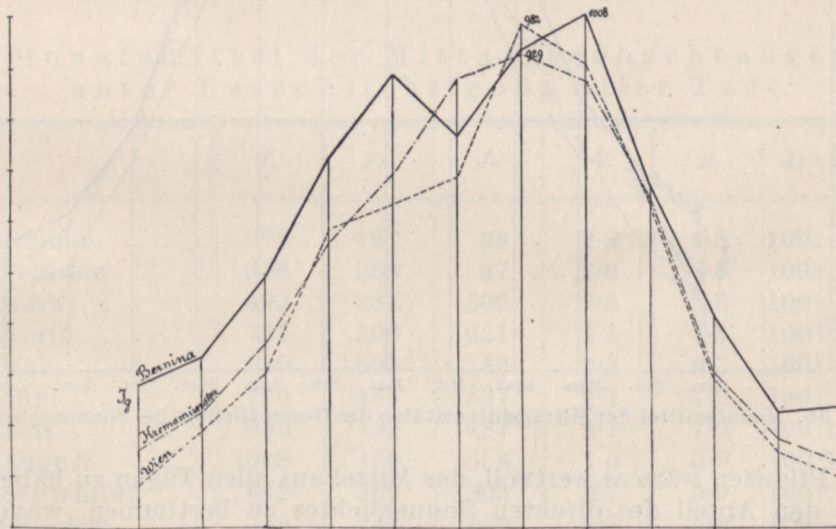


Fig. 35. Monatsmittel der Mittagsbeobachtungen des Gesamtlichtes aus allen Tagen.

Die geringsten gemessenen Intensitäten waren:

	Wien	am 5. Dezember 1893	nur 7
		am 17. November 1894	nur 9
dagegen auf Berninahospiz	(am 23. Juni 1907		85)
	am 17. November 1905		114
	am 28. Dezember 1904		123,

im Winter also bis zum achtzehnfachen. Hiermit tritt uns die gepriesene Klarheit und Lichtfülle des Alpenwinters zahlenmäßig in aller Deutlichkeit entgegen.

Dagegen sind die höchsten Intensitäten naturgemäß nicht so verschieden: Wien 1500, Buitenzorg 1600, Kremsmünster 1900, Berninahospiz 1800. Das Verhältnis der niedersten zur höchsten Stärke ist für Wien 1:214, für das Berninahospiz 1:21.

Gehen wir nun über zu den Teilen des Gesamtlichtes, dem diffusen und direkten. *Wiesner* gibt diese Verhältnisse leider nur für vereinzelte Tage, *Schwab* für zwei Jahre, aber nur an sonnigen Tagen, an denen das direkte Licht nicht Null ist, *Rübel* alle. Für

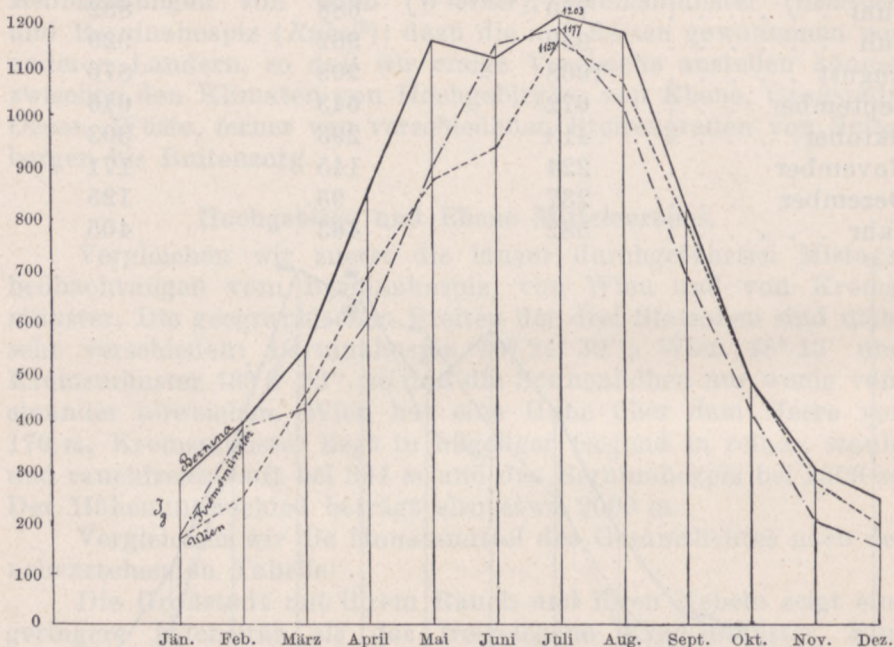


Fig. 36. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des Gesamtlichtes bei Sonnenschein.

die Pflanzen wäre es wertvoll, das Mittel aus allen Tagen zu haben, um den Anteil des direkten Sonnenlichtes zu bestimmen, wovon später, da *Schwab* dies nicht gibt. (Siehe Tabellen S. 263 und 264.)

Vergleichen wir also die Mittel der Mittagsintensitäten bei Sonnenschein (Fig. 36). Das Gesamtlicht weist nicht die großen Differenzen auf wie bei der ersten Tabelle, bei der man die in der Ebene häufigen stark trüben Tage berücksichtigte. Für Wien habe ich aus *Wiesners* Tabellen die Mittel der Sonnentage herausgerechnet. Sie sind ebenso hoch wie die von Kremsmünster; die vom Berninahospiz sind höher, wenn auch nicht so bedeutend wie bei Mitberücksichtigung der trüben Tage.

Lichtintensitätsmaxima und -minima
auf dem Berninahospiz.

	J_g		J_d		J_s	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Januar	450	141	520	61	300	0
Februar	600	190	460	125	340	0
März	640	180	560	150	440	0
April	1130	300	750	180	660	0
Mai	1800	260	750	260	1330	0
Juni	1660	85	750	85	1310	0
Juil	1800	165	900	165	1200	0
August	1660	165	700	165	1110	0
September	1250	125	750	125	750	0
Oktober	740	208	385	120	440	0
November	430	114	430	100	250	0
Dezember	350	123	310	57	223	0

Monatsmittel der Mittagsbeobachtungen
unter Berücksichtigung aller Tage.

	J_g	J_d	J_s	S	B	$J_d : J_s$
Januar	279	181	98	2·8	4·8	100: 54
Februar	336	239	97	2·0	6·0	100: 41
März	493	287	206	2·8	5·3	100: 72
April	727	506	221	2·1	7·3	100: 44
Mai	889	503	386	2·3	6·3	100: 77
Juni	770	433	337	2·1	7·2	100: 78
Juli	939	452	487	2·7	7·0	100:108
August	1008	450	558	3·0	5·9	100:124
September	672	369	303	2·7	5·9	100: 82
Oktober	413	244	169	2·7	5·8	100: 69
November	224	203	21	1·0	7·3	100: 10
Dezember	237	144	93	3·2	2·8	100: 65
Jahr	582	334	248	2·5	6·0	100: 74
Vegetations- periode	847	426	421	2·6	6·5	100: 98
Juni bis Sept.						
11. Juni bis 20. Sept.	875	430	445	2·6	6·6	100:104

Monatsmittel der Mittagsbeobachtungen bei Sonnenschein.

Monat	Berninahospiz Sept. 1905 bis August 1906 und April bis Sept. 1907						Kremsmünster (nach Schwab) Mittel der Jahre 1901 u. 1902					Wien (n. Wiesner) 1893/94			Mittl. Sonnen- höhe
	$n^1)$	$N^1)$	J_g	J_d	J_s	$J_d : J_s$	n	J_g	J_d	J_s	$J_d : J_s$	n	N	J_g	
	Januar . . .	22	31	282	145	137	100: 93	40	174	121	53	100: 44	6	29		169	22°
Februar . . .	12	27	397	180	217	100:119	31	387	213	174	100: 82	15	27	250	30°
März	19	31	545	209	336	100:161	59	428	208	220	100:106	16	29	456	41°
April	27	56	861	403	458	100:114	40	604	277	327	100:118	23	30	696	52°
Mai	31	56	1153	455	698	100:153	72	904	399	505	100:127	13	18	879	61°
Juni	18	32	1119	430	689	100:160	68	1144	464	680	100:146	27	53	943	64°
Juli	23	38	1203	494	709	100:144	53	1177	529	648	100:122	32	42	1152	63°
August . . .	26	37	1170	401	769	100:191	83	1021	486	535	100:110	32	39	1072	55°
September .	23	42	821	340	481	100:141	89	693	350	343	100: 98	21	30	789	42°
Oktober . . .	17	26	475	216	259	100:120	39	416	234	182	100: 78	20	52	476	34°
November . .	4	25	306	150	156	100:104	62	206	142	64	100: 45	16	60	281	26°
Dezember . .	18	27	248	109	139	100:127	32	156	120	36	100: 30	8	52	197	19°
Jahr	—	—	715	294	421	100:143	—	609	295	314	190:106	—	—	613	—

¹⁾ N =Zahl der beobachteten Tage, wovon n sonnige, d. h. die Sonne warf mittags 12^h einen Schatten, also S_3 oder S_4 .

Das diffuse Licht (Fig. 38) ist in Kremsmünster und Berninahospiz fast gleich stark, eher in der Ebene stärker, das direkte (Fig. 37) in der Höhe aber ganz bedeutend stärker. Eine Depression in der Kurve im Sommer rührt davon her, daß 1907

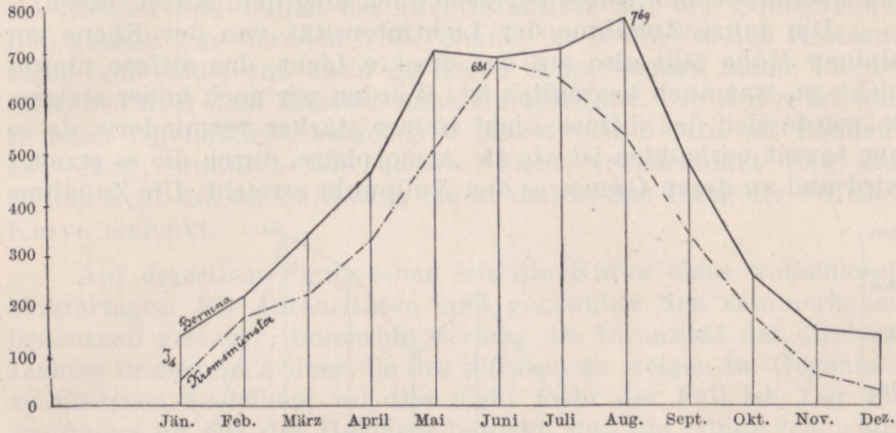


Fig. 37. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des direkten Lichtes bei Sonnenschein.

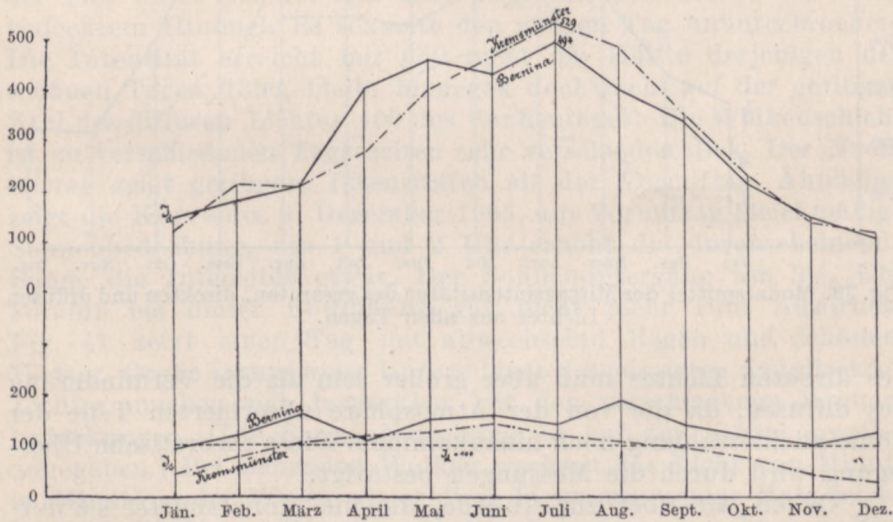


Fig. 38. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des diffusen Lichtes bei Sonnenschein und Verhältnis des direkten zum diffusen Licht ($J_s = 100$ gesetzt).

einen sehr schlechten Juni und teilweise auch Juli hatte. Am klarsten sehen wir dies in der Tabelle und in der Kurve (Fig. 38), in der das Verhältnis des direkten zum diffusen ausgedrückt ist. Das diffuse ist gleich 100 gesetzt. Auf Berninahospiz sehen wir den Wert des direkten nur ein einziges Mal unter den des diffusen

gehen, im Januar mit 93. In Kremsmünster dagegen liegt er sechs Monate lang, September bis Februar, darunter und zwar sehr stark. Im Dezember auf 30, das gegen die 127 des Dezembers 1905 auf Berninahospiz nicht einmal den vierten Teil ausmacht. Allerdings dürfte der überaus schöne Dezember 1905 auch über dem Mittel stehen.

Die ganze Zunahme der Lichtintensität von der Ebene zur alpinen Höhe fällt also auf das direkte Licht, das diffuse nimmt nicht zu, was auch begreiflich ist. Würden wir noch höher steigen, so würde sich das diffuse Licht immer stärker vermindern, da es nur soweit vorhanden ist als die Atmosphäre, durch die es erzeugt wird und an deren Grenze es den Nullpunkt erreicht. Die Zunahme

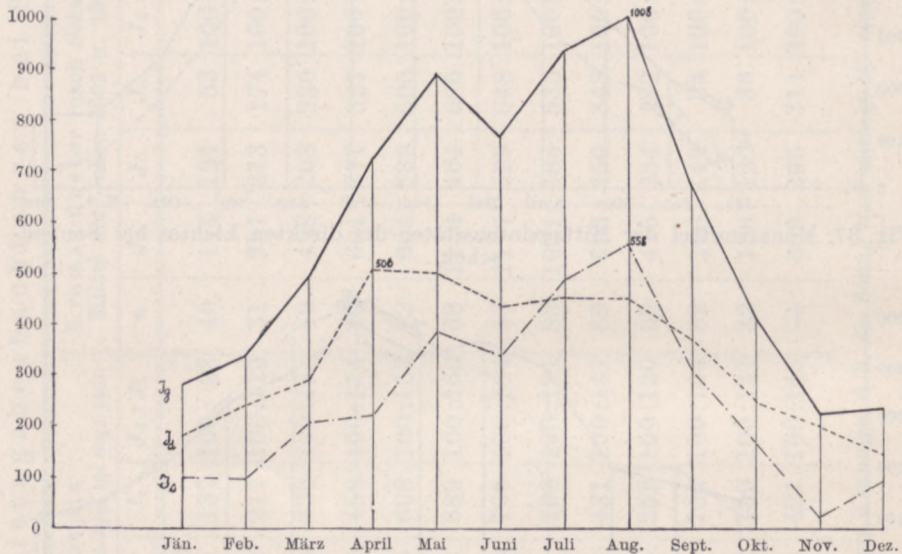


Fig. 39. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des gesamten, direkten und diffusen Lichtes aus allen Tagen.

des direkten Lichtes muß aber größer sein als die Verminderung des diffusen, da die von der Atmosphäre absorbierten Teile der Sonnenlichtstrahlung noch hinzukommen. Diese theoretische Überlegung wird durch die Messungen bestätigt.

Gehen wir über zur Tabelle, die die Monatsmittel sämtlicher Mittagsbeobachtungen gibt (Fig. 39). Das direkte Sonnenlicht spielt auch hier noch eine hervorragende Rolle, im Juli und August steigt die Kurve des direkten sogar über die des diffusen, was in der Ebene jedenfalls nie vorkäme. Im Mittel des ganzen Jahres verhält sich das diffuse zum direkten Licht wie 100:74 und ziehen wir die Vegetationsperiode in Betracht, auf die es für den Pflanzenwuchs ankommt, so erreicht das direkte Licht sogar denselben Wert wie das diffuse.

Ganztägige Beobachtungen.

Zur Veranschaulichung des täglichen Ganges der Lichtintensität dienen die Fig. 40, 41 und 42. Die Kurve des 4. Mai 1906 auf Fig. 40 zeigt uns, was man einen normalen Gang nennen kann, ein Steigen und Fallen der Lichtintensität mit der Sonnenhöhe. Den ganzen Tag herrscht volle Sonne, bis 9 Uhr ist der Horizont völlig wolkenlos, von dann an liegen einige wenige kleine Cirruswölkehen über dem Engadin nahe am Horizont. Die Kurve ist eine ziemlich regelmäßige, zwischen 6 und 6 Uhr 5 Min. ist Sonnenuntergang, wodurch das direkte Licht verschwindet und das Gesamtlicht um diesen Betrag stürzt und in den Gang der diffusen Kurve einlenkt.

Auf derselben Figur sehen wir die Kurve eines wolkenlosen Wintertages. Die Intensitäten sind gegenüber den sommerlichen bedeutend geringer; immerhin vermag die Intensität des direkten Lichtes immer noch über die des diffusen zu steigen im Gegensatz zu niederen Seehöhen, wo dies nicht mehr der Fall ist. Der Piz Cambrena im SW des Hospizes bewirkt, daß die Sonne schon um $2\frac{1}{2}$ Uhr untergeht, $1\frac{1}{2}$ Stunden früher als es bei freiem Horizont der Fall wäre. Der 19. Mai 1906 zeigt uns eine Kurve bei völlig bedecktem Himmel. Es schneite den ganzen Tag ununterbrochen. Die Intensität erreicht mit 650 nicht die Hälfte derjenigen des schönen Tages, 1390, bleibt hingegen doch nicht auf der geringen Zahl des diffusen Lichtes 400 des Sonnentages. Die Wolkenschicht ist zu verschiedenen Tageszeiten sehr verschieden dick. Der Nachmittag zeigt geringere Intensitäten als der Vormittag. Ähnliches zeigt die Kurve des 9. Dezember 1905, am Vormittag gleichmäßige Sonnenbedeckung, um 1 und 2 Uhr erhöht die durchscheinende Sonne die Intensität etwas. Der Sonnenuntergang um $2\frac{1}{2}$ Uhr kommt bei dieser Bewölkung gar nicht mehr zum Ausdruck. Fig. 41 zeigt einen Tag mit abwechselnd Regen und schönem Wetter. Große sprungweise Unterschiede des gesamten und direkten Lichtes machen sich bemerkbar mit den verschiedenen Sonnenbedeckungen. (Die Sonnenbedeckung ist auf der Kurve jeweilen angegeben.) Bei ziehenden Wolken wechselt das Licht von Minute zu Minute in der Weise, wie es diese Figur nur wenige Male zeigen kann, da die Messungen nur jede Stunde einmal gemacht sind. Eine kleine Wolke, die vor die Sonne tritt, vernichtet das direkte Licht, vermindert das Gesamtlicht bedeutend, aber nicht um den ganzen Betrag des direkten, da die Wolke einen Teil dieses direkten als diffuses weiter gelangen läßt. Die höchsten Intensitäten treten nach Gewittern oder Schneefall ein, die Luft ist gereinigt und klar, während nach längerem schönem Wetter die Lichtintensität durch atmosphärischen Dunst beeinträchtigt ist.

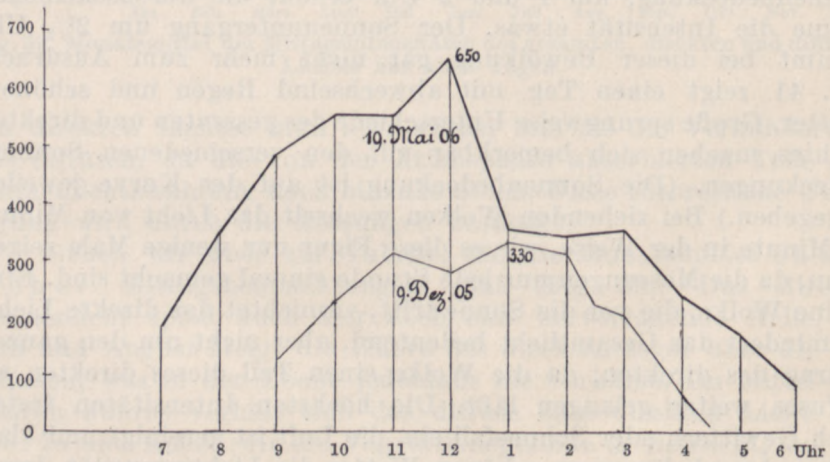
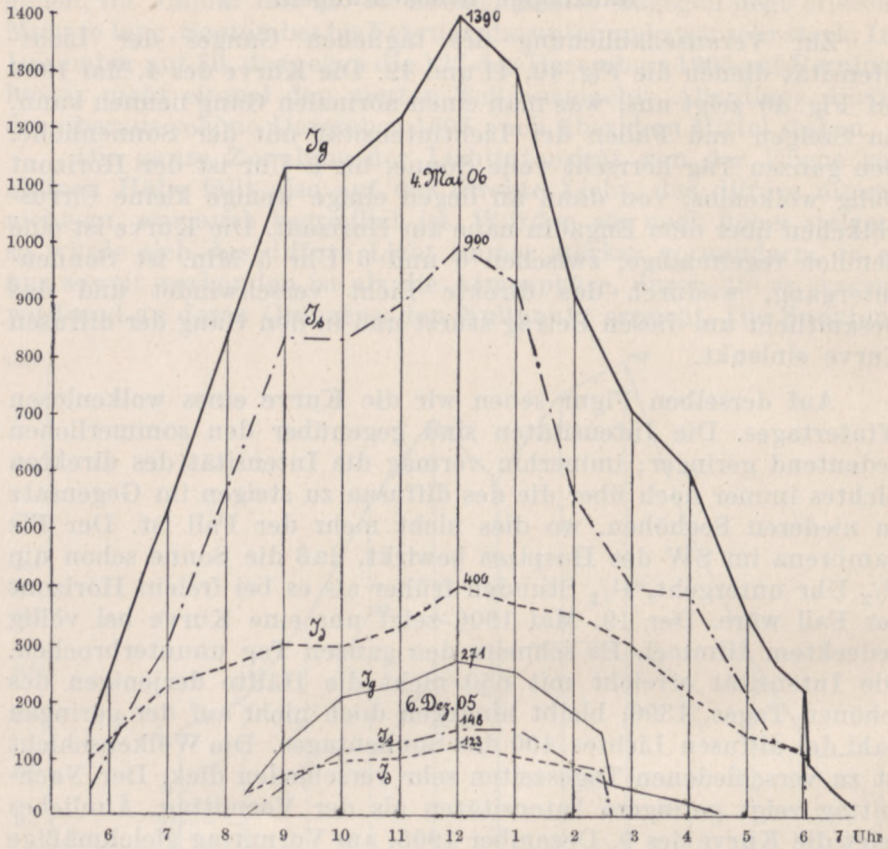


Fig. 40. Tageslichtkurven von zwei sonnigen und zwei bedeckten Tagen.

Einen interessanten Fall zeigt Fig. 42. Am 30. August 1905 fand eine partielle Sonnenfinsternis statt, die sich prachtvoll beobachten ließ. Ich machte an jenem Tage eine Diavolezzatour und die Finsternismessungen sind auf dem Morteratschgletscher ausgeführt. Auf der Figur ist zum Vergleich die „normale“ Kurve des 8. August 1906 dünn eingezeichnet. Wir sehen schon vor Beginn der Finsternis ein Abnehmen der Intensität, mit Beginn einen raschen Sturz. Zur Zeit des Maximums der Finsternis haben wir nur etwa ein Viertel des sonst zu erwartenden Gesamtlichtes,

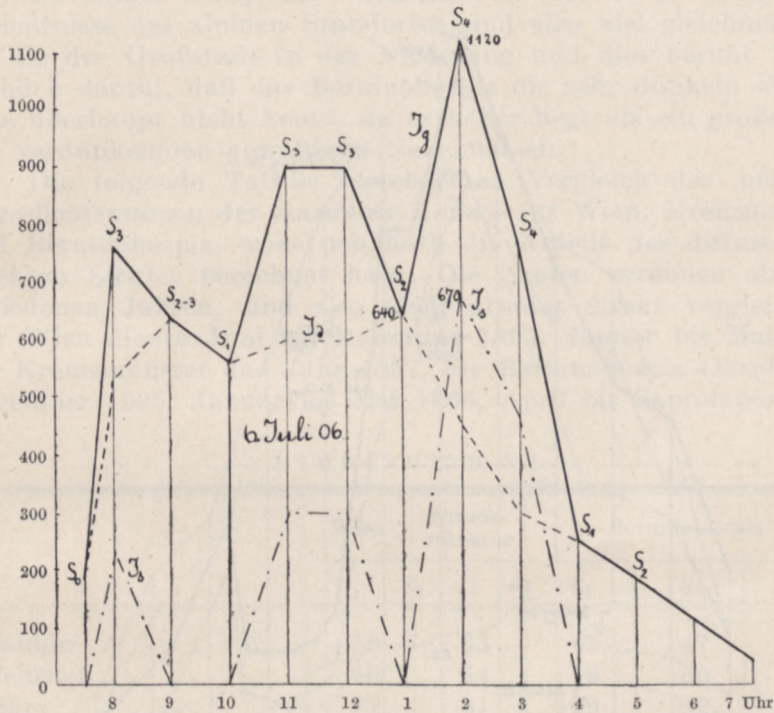


Fig. 41. Tageslichtkurve eines ungleichmäßig bedeckten Tages.

besonders der direkte Anteil ist stark betroffen, er reduziert sich auf etwa ein Siebentel, während das diffuse nur etwa halbiert erscheint. Der Schluß der Finsternis ist leider durch Wolken etwas verdeckt, im diffusen Licht zeigt sich aber doch die Steigerung. 3 Uhr 40 Min. erscheint wieder die volle Sonne und läßt gesamtes und direktes Licht noch einmal in die Höhe schnellen vor dem Erlöschen des Abends. Eine totale Sonnenfinsternis, bei der die Lichtintensität sogar auf 0 sank, beobachteten *Roscoe* und *Thorpe* leider bei nicht gleichmäßig schönem Wetter am 22. Dezember 1870 in Catania und Kapitän *Herschel* für *Roscoe* in Indien 1868, aber bei ganz schlechtem Wetter.

Lichtsummen.

Um ein Maß für die gesamte Quantität des Lichtes zu erhalten, die auf die Pflanzen herniederströmt, bilden wir Lichtsummen. Roscoe hat eine einfache Integrationsmethode gefunden, um aus stündlichen Lichtmessungen die Lichtsumme zu berechnen.

Es wird die Fläche bestimmt, welche die Tageskurve der Lichtintensität mit der Abscissenachse, auf der die Tagesstunden

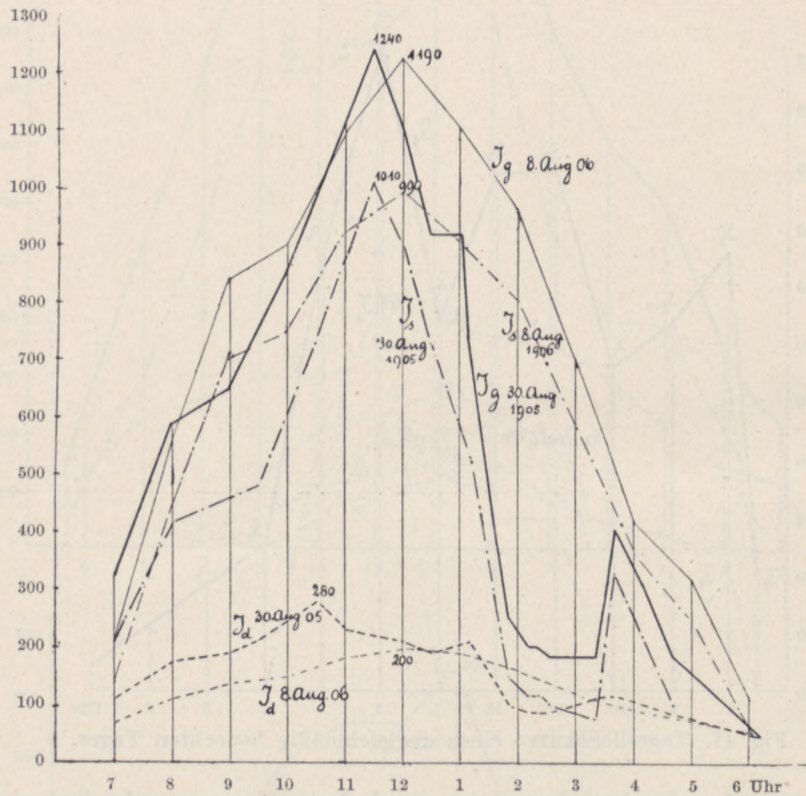


Fig. 42. Tageslichtkurven eines „normalen“ sonnigen Tages und eines Tages mit Sonnenfinsternis.

abgetragen sind, bildet. Vergleicht man diese Fläche mit einem Rechteck von der Grundlinie 24 und der Höhe der Intensitätseinheit und setzt diese Rechteckfläche = 1000, so drückt der resultierende Bruchteil von 1000 die Lichtsumme aus.

Wie die einzelnen Lichtintensitäten zerfallen auch die Lichtsummen des Gesamtlichtes in die beiden Anteile des diffusen und des direkten Sonnenlichtes.

Die folgende Tabelle gibt die Lichtsummen von einer Auswahl von Tagen.

S_g	=	Lichtsumme des Gesamtlichtes,
S_d	=	„ „ diffusen Lichtes,
S_s	=	„ „ direkten Sonnenlichtes.

Der höchste gefundene Wert ist 505 (29. Mai 1906), der niederste 52 (20. Januar 1906); sie verhalten sich wie 1 : 9·7 rund 1 : 10. In Wien betragen die Extreme 419 (17. Juni 1894) und 6·2 (17. November 1894); ihr Verhältnis ist wie 1 : 68. Die Lichtverhältnisse des alpinen Standortes sind also viel gleichmäßigere als die der Großstadt in der Niederung und dies beruht hauptsächlich darauf, daß das Berninahospiz die sehr dunkeln Wintertage überhaupt nicht kennt, da es höher liegt als ein großer Teil der verdunkelnden gewaltigen Nebelmassen.

Die folgende Tabelle bietet einen Vergleich der mittleren Tageslichtsummen der einzelnen Monate für Wien, Kremsmünster und Berninahospiz, wobei ich noch die Anteile des diffusen und direkten Lichtes berechnet habe. Die Zahlen stammen aus verschiedenen Jahren, sind also nicht absolut direkt vergleichbar: Für Wien diente Juni bis Dezember 1893, Januar bis Mai 1894, für Kremsmünster das Jahr 1897, für Berninahospiz Oktober bis Dezember 1905, Januar bis Mai 1906, April bis September 1907.

L i c h t s u m m e n .

	Wien	Krems- münster	Berninahospiz		
	S_g		S_g	S_d	S_s
Januar	15	33	63	47	46
Februar	40	54	76	60	16
März	62	91	129	82	47
April	145	174	212	162	50
Mai	171	180	285	178	107
Juni	217	341	247	153	94
Juli	274	303	302	160	142
August	253	269	323	159	161
September	151	199	197	119	78
Oktober	60	75	108	70	38
November	26	43	54	51	3
Dezember	16	28	53	37	16
Jahr	119	149	171	107	64
Januar bis Juni . . .	108	145	169	114	55
Juli bis Dezember . .	130	153	173	100	73

Die Verhältnisse vom geringsten zum höchsten Monatsmittel sind für

Wien	15 : 274 = 1 : 18
Kremsmünster	28 : 341 = 1 : 12
Berninahospiz	53 : 323 = 1 : 6

Diese viel mehr ausgeglichene Helligkeit in den Hochalpen fand sich auch nach der Milchglasphotometermethode von *Dorno* 1909 für Davos 1 : 3·2 gegenüber Kiel 1 : 94.

Das oben Gesagte von den dunkeln Wintertagen bestätigt sich aufs neue; das Hügelgebiet von Kremsmünster hält die Mitte zwischen dem tiefen nebligen Donautal und der Paßhöhe. Das Lichtsummenmaximum liegt in Wien im Juli, ebenso in Kew (England) und Fécamp (Frankreich), in Kremsmünster im Juni, ebenso in St. Petersburg, auf Bernina im August. Doch ist dies jedenfalls nicht jedes Jahr gleich, der ganze August 1907 war prachtvoll, während den ganzen Juni und die erste Hälfte Juli schlechtes Wetter vorherrschte. Der lichtärmste Monat des Hospizes ist noch entschiedener als in Kremsmünster und Kew der Dezember, indem der Dezember 1905 die niederste Lichtsumme liefert, trotzdem es ein hervorragend schöner Monat war, wie aus dem sehr starken Anteil des direkten Lichtes trotz der niederen Sonnenstärke zu ersehen ist. Wien und Fecamp zeigen das Minimum im Januar. Die Lichtsummen des Berninahospizes sind durchweg bedeutend höher als die von Wien und mit geringen Ausnahmen, die wohl der Verschiedenheit der Beobachtungsjahre zuzuschreiben sind, höher als die von Kremsmünster. Am stärksten kommt dies in den Wintermonaten zum Ausdruck. Betrachten wir die Monate Dezember, Januar und Februar, so erhalten wir als Tagesmittel:

Wien	24
Kremsmünster	38
Berninahospiz	64

oder, wenn wir statt des Mittels die Summe der drei Monate nehmen,

Wien	2081
Kremsmünster	3403
Berninahospiz	5724

Besonders hervorzuheben ist der große Anteil von direktem Sonnenlicht, im Mittel 16 oder die Summe von 1440. Für die anderen beiden Stationen werden diese Faktoren leider nicht angegeben, doch dürfte für Wien die Lichtsumme des direkten Lichtes in diesen dunkeln Wintermonaten sich nicht viel über Null erheben

und auch der Betrag für Kremsmünster ein ziemlich geringer sein. Auf diesem hohen Betrag von 5724 Gesamtlichtsumme und besonders auf den 1440 Lichtsumme des direkten Lichtes dieser Wintermonate dürfte die Berühmtheit der alpinen Winterkurorte und -sportplätze beruhen.

In den Lichtsummen des diffusen Lichtes haben wir das Lichtklima des Schattenstandortes zu sehen.

Ich hatte das Vergnügen zu sehen, wie meine zu botanischen Zwecken unternommenen Lichtmessungen auch in der medizinischen Literatur ausgiebige Verwendung fanden, besonders durch *Dr. med. O. Bernhard*¹⁾ (S. Moritz).

Die Lichtsummen des Gesamtlichtes und des direkten Lichtes gehen natürlich in hohem Maße parallel der Sonnenscheindauer. Wo die Sonne viel scheint, werden diese Lichtsummen entsprechend höher als wo viel Bedeckung herrscht. Wir können daher aus den bekannten Zahlen der Sonnenscheindauer auf die vorhandenen Lichtmengen schließen, an Orten, von denen keine Lichtmessungen (oder solche in anderen Einheiten) vorliegen.

Ein vergleichbares Maß für die Dauer des Sonnenscheines gibt der relative Wert der Insolation, d. h. das Verhältnis des wirklichen Sonnenscheines zum orographisch und physikalisch möglichen, der bei ständiger Wolkenlosigkeit eintreten würde. Niedere Werte von Sonnenscheindauer (und entsprechender Lichtfülle) haben die Großstädte, Nebeltäler der Ebene und westwindgetroffenen Einzelgipfel. So genießt London nur 26 %, Zürich 43 %, Sonnblick 34 %, Säntis 42 % des möglichen Sonnenscheines. Hohe Werte zeigen dagegen die kontinentalen Hochtäler und die insubrischen Alpensüdhänge; so Berninahospiz 50 %, St. Moritz 51 %, Davos sogar 54 % und Lugano 59 %. Besonders haben diese Orte hohe Prozentsätze im Winter. Wenn Zürich, durch die winterliche Nebeldecke seiner Seenähe verursacht, im Dezember und Januar nur 19 resp. 18 % des möglichen Sonnenscheines wirklich erhält, so die Bernina 53 und 59 %. Im Sommer besteht dagegen kein Unterschied: Zürich Juli 54 %, August 58 %; Bernina Juli 56 %, August 58 %.

Die Bedeutung des direkten Lichtes für die Vegetation.

Wiesner hat gezeigt, daß für die Vegetation der Ebene das diffuse Licht weitaus die größte Rolle spielt. Ganz anders verhält es sich in der Höhe des Berninahospizes. Den bedeutenden Anteil des direkten Lichtes bei den mittäglichen Beobachtungen haben wir

¹⁾ *O. Bernhard*: Das photochemische Klima, im besonderen des Hochgebirges und seine Beziehungen zur Heliotherapie. *Strahlenther.* 9. (1919) und andere Arbeiten desselben Verfassers.

gesehen, doch kommt für die Pflanze viel mehr die Lichtsumme in Betracht, bei welcher die niederen Morgen- und Abendsonnenstände mit eingerechnet sind. Aus der Lichtsummentabelle sehen wir, daß die Lichtsummen des direkten Lichtes über das Doppelte derjenigen des diffusen betragen können (siehe die Beispiele 145 : 310, 106 : 245, 112 : 248 usw.). Im Winter sind die Summen bei Sonnenschein einander ziemlich gleich (30 : 38, 33 : 39, 34 : 34, 29 : 31 usw.).

Unter schönem Wetter ist verstanden, daß das Mittel des Sonnenscheines 3 bis 4 sei.

Nun hat das Berninahospiz im Jahr etwa 54 % schönes Wetter, in der Vegetationsperiode Juni—September sogar 64 %, in welchen der Anteil des direkten Lichtes größer ist als der des diffusen.

Doch nicht nur für die schönen Sommertage gilt dies. In den Hauptmonaten der alpinen Vegetationsperiode Juli und August ist die Lichtsumme des direkten fast gleich der des diffusen und kann sie sogar übertreffen wie im August 1907 159 : 164, also die Summe 4929 : 5084.

Alle diese Messungen gelten für ebene Standorte. Die großen Unterschiede, welche die Exposition bedingt, werden im Kapitel Vorderlichtintensitäten zur Besprechung kommen.

Die Alpenpflanzen stehen also unter ganz anderen lichtklimatischen Bedingungen als die Pflanzen der Ebene und der Arktis. Da die arktischen und die Alpenpflanzen in so manchen Beziehungen unter ähnlichen Verhältnissen leben, muß der große Unterschied in lichtklimatischer Beziehung für die vergleichende Physiologie der arktischen und alpinen Pflanzen von besonderem Interesse werden. Hierzu fehlen noch länger fortgesetzte Messungen in der Arktis, da wir deren Lichtklima bis jetzt nur aus *Wiesners* einmonatlicher Nordlandsreise kennen.

Einfluß der Sonnenhöhe und der Sonnenbedeckung.

Mit steigender Sonnenhöhe steigt auch die Lichtintensität. Bei solarem Klima, d. h. wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre, würde jeder Sonnenhöhe eine bestimmte Lichtintensität entsprechen. Auf eine gegebene Fläche fallen am meisten parallele Strahlen, wenn sie senkrecht darauffallen, je schiefere sie einfallen, um so weniger treffen sie die gegebene Fläche. Beim terrestren Klima hingegen sind die Beziehungen von Lichtintensität und Sonnenhöhe nicht so einfach, da andere Faktoren beeinflussend mitwirken.

Hervorragend ist der Einfluß, den die Sonnenbedeckung hat. Je weniger von Wolken oder Dunst bedeckt die Sonne ist, um so intensiver das Gesamtlicht.

Mittel der Lichtintensitäten bei verschiedenen Sonnenhöhen bei 2320 m auf dem Dach des Berninahospizes.

Sonnenhöhen in Graden	Zahl der Messungen	Mittel				abs. Maximum und Minimum						
		J_g	J_d	J_s	$J_d : J_s$	J_g		J_d		J_s		
						Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
S_4	4-10	16	106	73	33	100: 45	0	230	0	122	0	108
	10-20	52	227	110	107	100: 97	73	450	50	200	13	263
	20-30	78	328	134	194	100: 145	145	619	57	260	64	440
	30-40	54	537	199	338	100: 170	280	830	90	310	155	600
	40-50	53	751	258	493	100: 191	450	1300	120	500	280	1000
	50-60	57	1101	379	722	100: 191	670	1660	150	650	470	1190
	60-67	47	1323	435	888	100: 204	900	1800	200	600	520	1330
S_3	7-10	2	88	88	0	100: 0	72	104	72	104	—	—
	10-20	6	146	107	39	100: 36	111	190	88	125	11	80
	20-30	12	276	165	111	100: 67	153	440	61	250	60	190
	30-40	11	397	275	122	100: 44	222	760	139	530	60	230
	40-50	5	678	372	306	100: 82	500	850	280	530	220	500
	50-60	9	828	469	359	100: 77	650	990	340	630	170	460
	60-67	18	843	477	366	100: 77	630	1060	370	600	180	630
S_2	6-10	1	104	—	—	—	104	104	—	—	—	—
	10-20	4	251	—	—	—	178	310	—	—	—	—
	20-30	16	254	—	—	—	123	430	—	—	—	—
	30-40	6	350	—	—	—	260	450	—	—	—	—
	40-50	2	525	—	—	—	410	640	—	—	—	—
	50-60	12	607	—	—	—	420	750	—	—	—	—
	60-70	9	706	—	—	—	370	900	—	—	—	—
S_1	0-10	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10-20	6	177	—	—	—	92	250	—	—	—	—
	20-30	16	231	—	—	—	140	310	—	—	—	—
	30-40	11	347	—	—	—	250	560	—	—	—	—
	40-50	14	444	—	—	—	300	720	—	—	—	—
	50-60	9	537	—	—	—	300	700	—	—	—	—
	60-67	16	529	—	—	—	330	830	—	—	—	—
S_0	5-10	6	60	—	—	—	23	125	—	—	—	—
	10-20	15	119	—	—	—	18	310	—	—	—	—
	20-30	39	196	—	—	—	60	410	—	—	—	—
	30-40	23	227	—	—	—	69	500	—	—	—	—
	40-50	25	308	—	—	—	100	500	—	—	—	—
	50-60	21	497	—	—	—	250	700	—	—	—	—
	60-67	38	421	—	—	—	85	700	—	—	—	—

Auf der Tabelle habe ich die Messungen bei verschiedenen Sonnenhöhen zusammengestellt: dabei je 10^0 zusammengefaßt und das Mittel genommen aus den Messungen, die in dieses Intervall fallen, und zwar getrennt für die fünf gewöhnlich unterschiedenen Grade der Sonnenbedeckung. Es sind zu dieser Tabelle sowohl die täglichen Mittagsbeobachtungen benutzt worden als auch die stündlichen Werte bei ganztägigen Beobachtungen. Unter 20^0

Sonnenhöhe sind natürlich keine Mittagsbeobachtungen, da die mittägliche Sonnenhöhe sich auf dem Berninahospiz zwischen $20^{\circ}6'$ und $67^{\circ}3'$ bewegt in den zur Beobachtung verwandten Jahren.

Neben den Durchschnittszahlen des gesamten, des diffusen und des direkten Lichtes sind auch die Maxima und Minima jeder Lichtart und das Durchschnittsverhältnis von diffusen zu direktem Licht angegeben. Betrachten wir die Zahlen bei S_4 , also bei vollem Sonnenschein, die den regelmäßigen Gang aufweisen, weil voller Sonnenschein einen bestimmten Punkt der Sonnenbedeckung angibt, während die anderen angenommenen Bedeckungswerte Intervalle darstellen, die durch ihre Variationsbreite einen verwechselnden Einfluß auf die Zahlen ausüben.

Bei S_4 zeigen alle drei Kolonnen der Durchschnittswerte durchweg Steigerung mit steigender Sonnenhöhe; jedoch entspricht nicht das Maximum bei einer Sonnenhöhengruppe dem Minimum der nächsthöheren. Dies ist eigentlich selbstverständlich, dies könnte nur bei dem schon erwähnten solaren Klima der Fall sein, während beim terrestren jede Sonnenhöhe ihre bestimmte Variationsbreite von Lichtintensitätswerten hat, so daß z. B. das Maximum von $19^{\circ}59'$ bis 450 hinaufgeht, das Minimum von $20^{\circ}0'$ auf 145 hinunter.

Betrachten wir das Verhältnis des diffusen zum direkten Licht, so sehen wir, daß das Maximum des direkten bei Messungen unter 10° Sonnenhöhe mit 108 fast an das Maximum des diffusen heranreicht. Bis zu 6° Sonnenhöhe ist das direkte Licht meist $= 0^1$, während *Wiesner* in Wien bis 19° keinen Einfluß des direkten mißt.

Durchschnittlich erreicht das direkte Licht auf dem Hospiz denselben Wert wie das diffuse schon bei 16° , in Wien erst bei 57° , in Kremsmünster bei 35° , nach *Roscoe* in Heidelberg bei 42° , in Lissabon bei 51° , in St. Petersburg bei 50° , ausnahmsweise (siehe 2. September 1905) auf Hospiz schon bei $8^{\circ}33'$, in Wien bei 33° . Unter niederen Sonnenhöhen mit beobachteter gleicher Intensität von diffusem und direktem Licht sind noch zu nennen: bei $11^{\circ}6'$ (15. Jänner 1906); $11^{\circ}20'$ (4. Mai 1906); $11^{\circ}44'$ (8. August 1906).

Das direkte Licht erreicht durchschnittlich den doppelten Wert des diffusen bei 60 bis 61° ; bei einzelnen Beobachtungen aber schon ganz bedeutend früher, so bei $16^{\circ}12'$ (2. September 1905); $16^{\circ}30'$ (3. Dezember 1905); $19^{\circ}0'$ (22. August 1906); $20^{\circ}33'$ (2. Jänner 1906); $21^{\circ}21'$ (7. Juli 1906); $22^{\circ}0'$ (8. August 1906); $23^{\circ}9'$ (12. Mai 1906). In Wien und Kremsmünster tritt dieser Fall überhaupt nur vereinzelt auf. In Wien scheint das direkte Licht überhaupt nicht über den doppelten Wert hinauszugehen, in Kremsmünster erreicht es den dreifachen, auf dem Berninahospiz geht es noch bedeutend weiter, wie folgende Zahlen zeigen.

¹⁾ Eine Ausnahme an dem absolut klaren Tage des 5. Dezember 1905, wo es bei $4^{\circ}52'$ schon 29 ist.

$$J_s = 3 J_a$$

$$= 22^\circ 0' \text{ (8. August 1906); } 26^\circ 6' \text{ (2. September 1905);}$$

$$26^\circ 25' \text{ (7. Juli 1906); } 36^\circ 7' \text{ (1. September 1905).}$$

$$J_s = 4 J_a$$

$$32^\circ 14' \text{ (8. August 1906); } 53^\circ 49' \text{ (27. August 1906);}$$

$$60^\circ 41' \text{ (5. August 1906); } 66^\circ 59' \text{ (27. Juni 1906).}$$

$$J_s = 5 J_a$$

$$42^\circ 6' \text{ (8. August 1906); } 66^\circ 24' \text{ (8. Juni 1906).}$$

Ähnlich hohe Werte hat *Wiesner*¹⁾ in hohen Seehöhen gefunden, so $J_s = 3.9 J_a$ in Old Faithful im Yellowstone Park (U. S. A.) bei $51^\circ 47'$ Sonnenhöhe und 2245 *m* über dem Meere am 4. September 1904; $J_s = 4.5 J_a$ in Norris (U. S. A.), 2212 *m* über dem Meere bei $53^\circ 11'$ Sonnenhöhe am 1. September 1904; *Samec* im Luftballon über Wien 4200 *m* $J_s = 5.7 J_a$. Bemerkenswerte Zahlen habe ich noch auf höheren Gipfeln gefunden: das Dreifache auf Piz Corvatsch 3442 *m* bei $20^\circ 4'$ am 20. Juli 1905; das Fünffache auf Piz Morteratsch 3754 *m* bei $28^\circ 4'$ Sonnenhöhe am 17. Juli 1906 und auf Piz Lagalb 2962 *m* bei $60^\circ 29'$ am 6. August 1906 und noch höher, der sechseinhalbfache Wert, 180 : 970 auf Piz Tschierva 3564 *m* bei $43^\circ 19'$ Sonnenhöhe am 17. Juli 1906 (das Sechsfache auf dem Pik von Teneriffa). Im Sattel zwischen Piz Morteratsch und Piz Tschierva ist sogar der siebenfache Wert eingetreten, da jedoch der Horizont nicht frei ist, sondern vom Piz Morteratsch ein Teil diffuses Licht aufgehalten wird, kann dieses Verhältnis nicht in Betracht gezogen werden²⁾.

Gehen wir zur Tabelle zurück und betrachten die Verhältnisse bei S_2 ³⁾. Sowohl gesamtes als direktes Licht sind bedeutend schwächer, das diffuse hingegen ist nicht nur relativ, sondern auch absolut höher. Unter 10° Sonnenhöhe ist kein direktes Licht zu beobachten und auf den gleichen Wert mit dem diffusen bringt es der Durchschnitt auch bei den höchsten Sonnenständen nicht. Bei S_2 ist direktes Licht nicht mehr wahrzunehmen, das gesamte ist weiter gesunken und ist identisch mit dem weiter gestiegenen diffusen, das mit 900 hier seinen absoluten Höhepunkt erreicht.

Von S_2 fällt die Intensität zu S_1 und zu S_0 . Die Minima bei S_0 zeigen keinen steten Gang mit der Sonnenhöhe. Das kommt daher, daß die Variationsbreite von S_0 eine sehr bedeutende ist. Es ist S_0 , wenn man keinen Schein am Himmel mehr wahrnimmt, wo die

¹⁾ *S. Wiesner* 1905.

²⁾ In *Wiesners* „Lichtgenuß“ 1907 ist ein Apparat und eine Methode beschrieben, wie auch in Tälern das ganze diffuse Licht gefunden werden kann.

³⁾ Intensitäten bei S_{3-4} , S_{2-3} usw. sind nicht mitberechnet.

Sonne steht, doch auch die doppelte und mehrfache Wolkenschicht gehört zu S_0 . Ein dicker Nebel kann bei hohem Sonnenstand erstaunlich niedere Lichtintensitäten hervorrufen, z. B. 85 bei $67^\circ 3'$ am 23. Juni 1907; 165 bei $66^\circ 10'$ am 8. Juli 1907; 165 bei $61^\circ 0'$ am 4. August 1906. Ganz ausnahmsweise ging vor einem starken Gewitter in Zürich am 19. Juni 1911 11 Uhr die Lichtintensität auf 8 herunter, was man als „absolute Dunkelheit“ empfand.

Schwab in Kremsmünster stellte den Satz auf, daß sich die Intensitäten bei den verschiedenen Sonnenbedeckungen $S_0 : S_1 : S_2 : S_3 : S_4$ verhalten wie 2 : 3 : 4 : 5 : 6. Auf dem Berninahospiz fand ich nicht so bedeutende Unterschiede.

Monatsmittel der mittäglichen Lichtintensitäten bei verschiedener Sonnenbedeckung.

	S_0	S_1	S_2	S_3			S_4		
				J_g	J_d	J_s	J_g	J_d	J_s
Januar . . .	250	0	266	244	169	76	303	131	172
Februar . . .	242	320	345	340	195	145	402	179	223
März	312	500	355	500	275	225	553	201	352
April	545	618	646	825	472	353	885	361	524
Mai	546	632	630	790	496	294	1234	447	787
Juni	318	522	750	885	422	463	1241	375	866
Juli	316	400	658	850	491	359	1391	497	894
August . . .	308	486	610	850	402	448	1259	394	865
September .	282	500	468	703	400	303	854	330	524
Oktober . . .	243	308	360	398	252	147	507	200	307
November . .	203	228	296	330	223	107	282	127	172
Dezember . .	272	258	190	237	127	110	246	104	142

Aus der Tabelle der Monatsmittel der Mittagsintensitäten bei den verschiedenen Sonnenbedeckungen ist im allgemeinen dasselbe zu ersehen wie schon beschrieben. Hingegen treten die Unregelmäßigkeiten bei S_0 und teilweise auch bei S_1 — S_2 stärker hervor. Dies ist hauptsächlich der Variationsbreite der angenommenen Bezeichnung für die Grade der Sonnenbedeckung zuzuschreiben. Ferner kommt natürlich noch stark in Betracht, daß einzelne Kategorien selten vorkommen, das Mittel also kein ausgeglichenes ist. Bei S_4 , auf Berninahospiz überhaupt am häufigsten vertreten, sind keine bedeutenden Unregelmäßigkeiten. Es dürfte vielleicht auffallen, daß der Juni mit 1241 hinter Juli und sogar August zurückbleibt, trotzdem letzterer schon bedeutend geringere Sonnenhöhen aufweist. Dies scheint mir nun darin zu

liegen, daß im Jahre 1907, dem fast alle Messungen dieser Monate entstammen, der Juni sehr schlecht, der August sehr schön war und dies auch bei S_4 einen bedeutenden Einfluß auf die Klarheit der Atmosphäre und dadurch auf die Lichtintensität ausübt.

Einfluß der Himmelsbedeckung.

Solange die Sonne am Himmel sichtbar ist, hat die Himmelsbedeckung nur geringen Einfluß auf die gesamte Lichtintensität.

Anders verhält es sich beim diffusen Licht. Dieses wird erhöht durch Anwesenheit von Wolken. Es ist dies auch begreiflich, da die meist weißen Wolken (schwarze Regenwolken sind auszunehmen) mehr Licht reflektieren als der wolkenlose blaue Himmel. Das direkte Sonnenlicht erleidet keine Veränderung. Dies würde nun erfordern, daß bei bewölktem Himmel die gesamte Intensität größer wäre als bei unbewölktem, da die diffuse wächst und die direkte gleichbleibt. *Schwab* hat dies auch in geringem Maße wahrnehmen können. Daß *Wiesner* und ich dies nicht bestätigen konnten, sehe ich in folgendem: Wenn Tendenz zu Wolkenbildung vorhanden ist, so ist die Durchsichtigkeit der Atmosphäre geringer als im gegenteiligen Fall; dadurch wird die Intensität des direkten Lichtes heruntergedrückt, was die Steigerung des diffusen Lichtes kompensieren, ja übertreffen kann. Häufig habe ich folgenden Gang beobachtet. Nach Schneefall oder Gewitter war die Luft sehr klar, die Lichtintensität hoch. Die folgenden Tage waren noch wolkenlos oder zeigten nur am Horizont kleine Wolkenpartien, die Klarheit und damit die Lichtintensität nahmen aber ab, dann erschienen immer mehr Wolken. In dieser Reihenfolge, die ich häufig beobachtete, finden wir also sinkende Gesamtintensität, sinkende des direkten Lichtes und relativ, öfters auch absolut, steigende des diffusen.

Vorderlicht.

Die Verhältnisse des Vorderlichtes sind in pflanzenphysiologischer Beziehung sehr wichtig, da der Einfluß der Exposition hier zur Geltung kommt.

Die Bestimmungen des Vorderlichtes wurden so vorgenommen, daß der Apparat senkrecht gegen die einzelnen Himmelsrichtungen gehalten wurde, während für das Oberlicht der Apparat immer horizontal liegt. Die Zahlen gelten also für einen extremen Standort wie senkrechte Felsen und für Pflanzen, die am Fuß von Felsblöcken wachsen.

Verfolgen wir den Gang des Vorderlichtes an der Fig. 43, die den 15. Jänner 1906, einen vollständig wolkenlosen Tag darstellt.

Trotz der niederen Sonnenhöhe von 22° erreichte das direkte Licht den doppelten Wert des diffusen. Das südliche Vorderlicht hat eine Tageskurve wie das Oberlicht und ist bei niederem Sonnenstand teils gleich stark wie das Oberlicht, teils auch stärker, wie in der Tabelle des 10. und 12. Januar zu sehen ist. Nord zeigt natürlicherweise die niedersten Intensitäten, sie reichen nicht einmal an das diffuse Oberlicht heran. Ost und West sind dazwischenliegend, Ost naturgemäß morgens stark und von etwa 9 Uhr an immer abnehmend, West bis in den Nachmittag steigend.

Bei hohen Sonnenständen erreicht das Südlicht nicht mehr das Oberlicht.

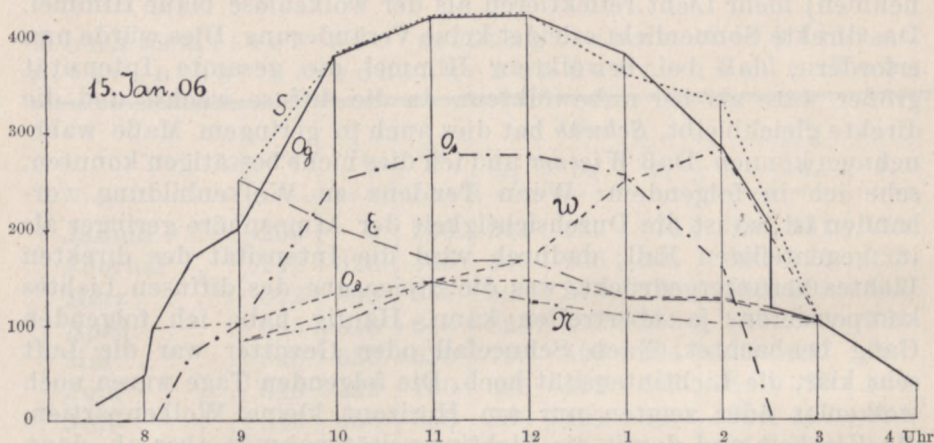


Fig. 43. Tageskurven des Oberlichtes O und des Vorderlichtes der vier Himmelsrichtungen N , E , S , W eines Wintertages.

Bewölkung und besonders Sonnenbedeckung wirken in hohem Maße ausgleichend.

Bei S_{0-1} und B_{8-10} ist kein Unterschied der Himmelsrichtungen mehr wahrzunehmen, das Oberlicht ist aber immer noch höher.

Selbst das diffuse Licht (Fig. 44 unten) ist etwas stärker in der Himmelsrichtung, wo die Sonne steht; das hat auch *Wiesner* schon gefunden. Im allgemeinen ist im Winter das Oberlicht fast gleich bis doppelt so stark als das mittlere Vorderlicht, im Sommer eineinhalb- bis dreimal so stark.

Enormer Unterschied besteht zwischen Nord- und Südlage. In unseren Breiten wird das nördliche Vorderlicht nie höher als das südliche, dieses aber kann mehr als den fünffachen Wert von jenem betragen (8. Juni 11 Uhr 100 : 545).

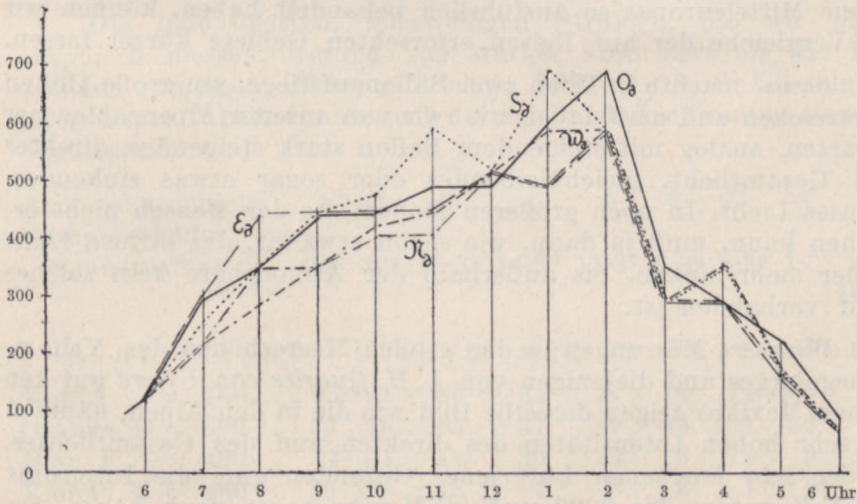
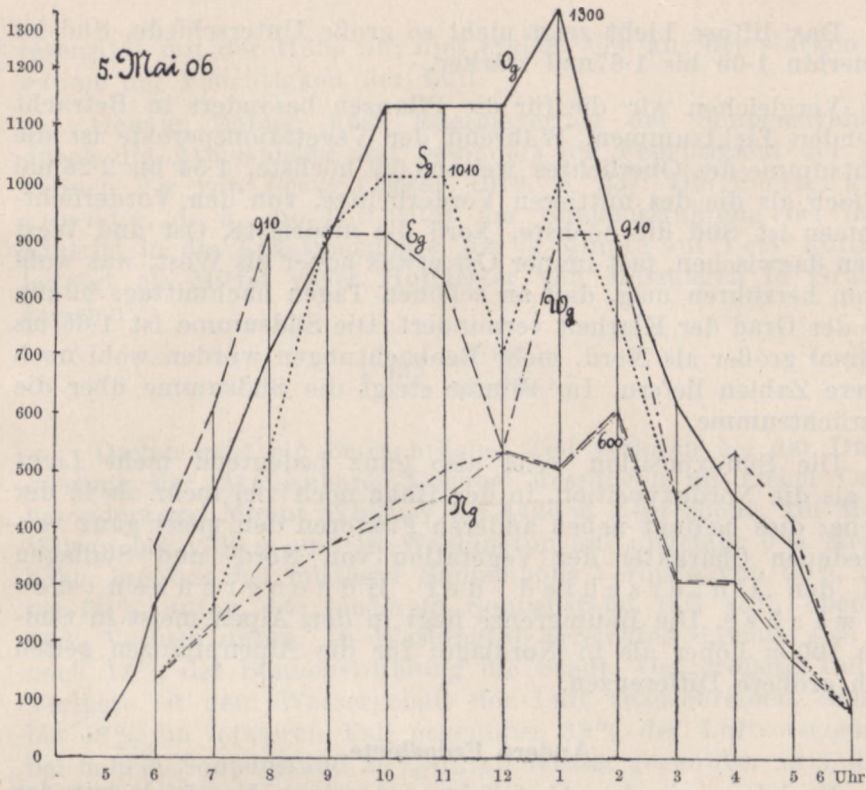


Fig. 44. Tageskurven des gesamten und des diffusen Lichtes vom Oberlicht O und dem Vorderlicht der vier Himmelsrichtungen N, E, S, W eines Tages von hohem Sonnenstand.

Das diffuse Licht zeigt nicht so große Unterschiede, Süd ist immerhin 1.00 bis 1.67mal stärker.

Vergleichen wir die für die Pflanzen besonders in Betracht fallenden Lichtsummen. Während der Vegetationsperiode ist die Lichtsumme des Oberlichtes weitaus die höchste, 1.54 bis 2.26mal so hoch als die des mittleren Vorderlichtes, von den Vorderlichtsummen ist Süd die höchste, Nord die niedrigste, Ost und West liegen dazwischen, fast immer Ost etwas höher als West, was wohl davon herrühren mag, daß an schönen Tagen nachmittags häufig sich der Grad der Klarheit vermindert. Die Südsumme ist 1.66 bis 2.23mal größer als Nord, mehr Beobachtungen würden wohl noch höhere Zahlen liefern. Im Winter steigt die Südsumme über die Oberlichtsumme.

Die Südexposition weist also ganz bedeutend mehr Licht auf als die Nordexposition, in der Höhe noch viel mehr als in der Ebene; dies bedingt neben anderen Faktoren den meist ganz verschiedenen Charakter der Vegetation von Nord- und Südlagen und den Unterschied der Höhengrenzen der Gewächse. Die Baumgrenze liegt in den Alpen meist in Südlage 100 m höher als in Nordlage; für die Alpenpflanzen gelten noch größere Differenzen.

Andere Erdgebiete.

Nachdem wir das Alpenlicht und seinen Vergleich mit der Ebene Mitteleuropas so ausführlich behandelt haben, können wir die Vergleiche der auf Reisen erforschten Gebiete kürzer fassen.

Samec machte in Wien zwei Ballonaufstiege, um große Höhen zu erreichen und maß dabei, wie wir von unseren Alpenzahlen her erwarten, analog mit steigendem Ballon stark steigendes, direktes und Gesamtlicht, gleichbleibendes oder sogar etwas sinkendes, diffuses Licht. In noch größeren Höhen, die der Mensch nicht erreichen kann, muß ja dann, wie schon erwähnt, das diffuse Licht immer mehr sinken, bis außerhalb der Atmosphäre kein solches mehr vorhanden ist.

Wiesners Messungen in den großen Meereshöhen des Yellowstonegebirges und diejenigen von *L. H. Quarles van Ufford* auf den Höhen Mexikos zeigen dasselbe Bild wie die in den Alpen, nämlich die sehr hohen Intensitäten des direkten und des Gesamtlichtes. In der sehr trockenen Luft jener Gegenden ging die Intensität im Yellowstone bis 2000 und in Mexiko sogar noch höher, am höchsten nach der Regenzeit. Später in der Trockenzeit nimmt die Intensität ab, was dem allmählich größer werdenden Staubgehalt der Luft zuzuschreiben ist. Im südlichen Mexiko nahm die Licht-

intensität mit der Höhe ab; dies erklärt sich aus der starken Zunahme der Feuchtigkeit der Luft.

Genaue Zahlen über Energieverlust der Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre und besonders die Feuchtigkeit der Luft kennen wir von *Fowle* (*Dorno* 1919, S. 23): Die *Solar konstante*, d. h. die Intensität der Sonnenstrahlung bei ihrem Eintritt in die Erdatmosphäre, die je Minute auf 1 cm^2 auftrifft, beträgt als Mittel vieler Hunderter von Messungen in Grammcalthorien:

$$1.925 \frac{\text{g/cal.}}{\text{min./cm}^2}.$$

Davon geht ein beträchtlicher Teil verloren bei der Durchquerung der Atmosphäre. Genaue Messungen an vielen Orten, besonders auf Mount Whitney bei 4420 *m* Meereshöhe, auf Mount Wilson bei 1730 *m* und in Washington auf ungefähr 0 *m* Meereshöhe, ergaben bei mittlerer Sonnenhöhe Verluste von 20% oben bis 50% unten, bei niederem Sonnenstand (8°) 45% oben bis 86% Verlust unten. In Washington erreichten damals also nur noch 14% der Sonnenstrahlung die Stadt. Der größere Teil der Verluste ist dem Wassergehalt der Luft zuzuschreiben, nämlich bis 48% im letzteren Fall gegenüber 38% der Luftzerstreuung; bei hohem Sonnenstand 20% durch Wasser gegenüber 10% durch Luft.

Die blauvioletten, kurzwelligen Strahlen, die wir photographisch messen, werden viel stärker absorbiert als die langwelligen rotgelben. *Abney* gibt nach *Dorno* (1919, S. 43) folgende interessante Tabelle für die noch durchgehende Lichtmenge einzelner Spektralteile:

Atmosphärendicke	1	2	3	4	5	6	7	8	32
Entsprechende Sonnenhöhe . .	90°	30°	19.3°	14.3°	11.3°	9.3°	8.3°	7.3°	nahe Horiz.

Eintreffende Lichtmenge in Prozenten.

Rot A = 760 .	95	91	86	81	77	74	71	66	11
Orange D = 590 .	87	75	65	57	49	43	37	32	0
Blau F = 490 .	74	54	40	30	22	16	12	9	0
Violett H = 400 .	51	25	13	7	3	2	1	0	0

Bei mittleren Sonnenständen um 30° sind erst ein Zehntel der roten, aber schon drei Viertel der violetten Strahlen nicht mehr vorhanden; bei 10° Sonnenhöhe sind drei Viertel der roten aus-

gelöscht und die violetten sind praktisch überhaupt nicht mehr vorhanden. Ganz anders verhält sich das hochgelegene Davos, wie *Dornos* sorgfältige langjährige Werte zeigen. Die mittleren Sonnenhöhen besitzen noch die Hälfte statt ein Viertel der violetten Strahlen und auch niedere Sonnenhöhen ergeben noch bedeutenden Violetgehalt, so die 15% gegenüber den 2% von *Abney*.

D a v o s :

Atmosphärendicke	1	1 $\frac{1}{2}$	2	3	4	5	6
Entsprechende Sonnenhöhe .	90°	42°	30°	19·3°	14·3°	11·3°	9·3°

E i n t r e f f e n d e L i c h t m e n g e i n P r o z e n t e n .

Rot	= 650	. . . . .	91	87	83	76	69	63	57
Grün	= 520	. . . . .	87	81	75	66	57	50	43
Grünblau	= 465	. . . . .	83	75	68	56	47	38	32
Blau	= 415	. . . . .	75	65	56	42	32	24	18
Blauviolett	= 405	. . . . .	73	62	53	39	28	21	15

Gehen wir zu den Messungen auf dem Ozean über [*Rübel*¹⁾, Fahrt nach den Canaren und nach Algier; *Wiesner*²⁾, Fahrt nach Kairo und Buitenzorg usw.]. Auf dem Meer haben wir mehr diffuses Licht als in den Alpen, aber viel weniger direktes. Dementsprechend wies das Meer bei niedrigen und mittleren Sonnenhöhen eher mehr Gesamtlicht auf als die Hochalpen, bei hohen Sonnenständen ist das Gesamtlicht in den Alpen viel bedeutender. Die sehr ähnlichen Gesamtlichtzahlen zwischen dem offenen Meer und in Orotava auf dem Land in ganz geringer Meereshöhe zeigen eine verschiedene Teilung, auf dem Meer viel mehr diffuses und weniger direktes Licht als auf dem Land. Das Wasser reflektiert viel Licht, das im diffusen auch noch mit zur Geltung kommt. *Teneriffa* zeigte ähnliche Zahlen wie *Buitenzorg*. Um den Pik von *Teneriffa* lagert sich meist eine Wolkenbank. Darin fand ich nur die Hälfte bis ein Sechstel des äußeren Lichtes, also bis über 80% sind ausgelöscht, während eines großen Teiles des Jahres, die dortige Erikaheide nähert ihren Lichtgenuß dem der Heiden der Nordländer.

Gehen wir über zu den Intensitäten in der Wüste. Das Charakteristische der Wüste ist die geringe chemische Lichtintensität. In Ägypten fand

¹⁾ *E. Rübel*: Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas der Canaren und des Ozeans. Lichtklimatische Studien. II. Abh. Vierteljahrsschr. Nat.-Ges. Zürich. 54. (1909); Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Algerien. Lichtklimatische Studien. III. Abh. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich. 55. (1910).

²⁾ *Wiesner*: l. c.

Ortshelligkeit.

Mittlere monatliche Tagessummen (in relativem Maß). Photochemisch gemessen.

Monat	Capri 40° 33'	Montecassino 527 m 41° 29'	Modena 160 m 44° 52'	Agra 546 m 45° 48'	Arosa 1860 m 46° 47'	Davos 1600 m 46° 48'	Serfaus 1427 m 47° 3'	Stolzalpe 1200 m 47° 9'	Zürich 430 m 47° 20'	Zugspitze 2963 m 47° 28'	Friedrichshafen 410 m 47° 40'	Feldberg 1450 m 47° 52'	Wien 202 m 48° 15'	München 511 m 48° 15'	Karlsruhe 116 m 49° 0'	Frankfurt a. M. 50° 10'	Tannus 820 m 50° 15'	Schreiberhan 700 m 50° 50'	Dresden 51° 3'	Cuxhaven 53° 50'	Königsberg i. P. 54° 35'	Riga 56° 57'
April 1923	607	—	509	387	730	662	514	409	—	—	580 ⁹	255	329 ¹⁰	351 ¹²	335 ¹³	—	—	219	262	283 ³	303	277
Mai	764	—	697	570	785	859	705	598	571	—	836 ⁹	311	460 ¹⁰	498	408	400	268 ³	260	359	352	354	396
Juni	803	—	777	632	638	645	612	544	472	—	659	303	384	395	321	419	343	258	289	349	356	427
Juli	817	—	750	654	(906)	776	727	734	586	—	1007	430	524	494	397	337	409	299	434	393	320	430
August	656	—	786	506	746	715	709	661	455	483	718	365	434	442	276	300	360	277	349	308	269	342 ⁴
September	534	—	534	416	525	490	401	428	289 ⁸	311	524	286	291	268	271	169	159 ¹⁵	210	235	181	182	247
Oktober	414	1056 ²	333	301	378	375	264	229	173	248	278	150	166	153	123	65	63	143	136 ¹	87	74	95
November	205 ¹	306 ³	146	152	253	231	171	92 ³	111	205	145	108	75	96	74	52 ⁴	56	98	80	48	35	44 ⁴
Dezember	107	201 ⁴	110	140	148	158	126	89 ⁴	63	134	70	65	57	57	37	32 ¹⁴	38	75	46	27	20	24
Januar 1924	139	325 ⁵	135	153	199	214	194	168	85	162	96	128	73	92	57	42	64 ¹⁴	111	84	—	27	34
Februar	137	264	209	239	302	319	281	257 ⁷	92	251	127	157	115	123	98	72	107	157	123	—	59	77
März	287	510 ⁶	326	291	496	494	410	399	201	378	338	281	183	252	241	169	193	292	194	—	108	135

¹ Nur 24 Tage. — ² Nur 27 Tage. — ³ Nur 28 Tage. — ⁴ Nur 29 Tage. — ⁵ Nur 20 Tage. — ⁶ Nur 13 Tage. — ⁷ Nur 26 Tage. — ⁸ Nur 31 halbe Tage. — ⁹ Unsicher. — ¹⁰ Nach Mitteilung der Zentralanstalt für Meteorologie in Wien sind die Werte unsicher. — ¹¹ Nur 12 Tage. — ¹² Nur 21 Tage. — ¹³ Nur 17 Tage. — ¹⁴ Nur 30 Tage. — ¹⁵ Nur 39 halbe Tage.

*Strakosch*¹⁾ bei Sonnenhöhen zwischen 50 und 60° Lichtintensitäten, nicht über 770 BE, nur in Khartum bei über 60° Sonnenhöhe einmal 930. In der algerischen Sahara fand ich Mittagsintensitäten von 600 bis 700 BE. Das rührt natürlich in erster Linie von den in der Luft in Massen suspendierten Staubteilchen her, die wohl die roten, aber nicht die violetten Strahlen zur Erde gelangen lassen. In Ain-Sefra bei 1058 *m* Meereshöhe vermochte nach reinigendem Regen die Lichtintensität auf 1100 zu steigen bei 51° Sonnenhöhe. Nachher füllte sich in den trockenen, windigen Tagen die Luft wieder mit suspendierten Teilchen; fünf Tage später konnte sich die Lichtintensität, trotz voller Sonne und höherem Sonnenstand, bis 63°, nicht über 580 erheben, also die Hälfte war verloren, und nur beim Besteigen des Djebel Mekter kamen wir bei 2000 *m* wieder zu 1000 BE. Die sandigen Winde der Hochebene finden am Djebel Mekter Widerstand und lassen ihren Sand fallen, die Länge der Sanddüne entspricht dort der Breite des Zuganges. Daher kommt die speziell große Trübheit der Luft bei Ain-Sefra. Auf dem Gipfel herrschte die doppelte Intensität, aber auch diese ist gering gegenüber alpinen Intensitäten.

In *S p i t z b e r g e n* und Nordnorwegen fand *Wiesner* selten und höchstens 500 BE, meist bleibt die Intensität schon bei hellem Sonnenschein darunter; bei der dort sehr häufigen Sonnenbedeckung sind die Werte recht klein, wenn sie auch größer sind als in der Großstadt Wien bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher Bedeckung.

Die Lichtsummen fallen infolge der langen Tage höher aus, als bei uns dem niederen Sonnenstand entsprechen würde, aber die Pflanzen leben doch stets unter geringer Lichtintensität, in vollem Gegensatz zu den alpinen, mit denen sie sonst vieles gemeinsam haben: aber Lichtmaxima von 400 bis 500 statt der alpinen 1500 bis 1800 BE. Dem Einfallswinkel entsprechend, erhalten *S ü d h ä n g e* dort viel mehr Wärme und Licht als alle übrigen Lagen; diese sogenannten „*S ü d b e r g e*“ in Norwegen beherbergen auch eine viel südlichere Flora.

Aus dem Dornoschen Beobachtungsnetz.

*Dorno*²⁾ hat die photochemische Meßmethode wesentlich verbessert und ein Netz von Beobachtungsorten organisiert. Eine schöne Übersicht über die Parallelmessungen an vielen Orten gibt die vorstehende Tabelle von *Dorno* (l. c., S. 91).

¹⁾ *S. Strakosch*: Ein Beitrag zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Ägypten und dem ägyptischen Sudan. Sitzungsber. d. Akad. Wiss. Wien. 117. Abt. I (1908).

²⁾ *Dorno*: 1925, Zitat S. 248.

Die Zahlen sind ein relatives Maß, sie lassen sich untereinander vergleichen, aber nicht mit den BE der vorher besprochenen Lichtklimate.

Die Zahlen sprechen für sich, es seien nur einige Punkte hervorgehoben. Hervorragend ist das Lichtklima von Arosa und Davos. Das nur wenig niedriger gelegene Serfaus steht beiden Orten stets im Winter um etwa 15% nach. „Es fehlt daselbst der Schneereflex von den allseitig aufsteigenden Bergen und nahe Fichtenwäldungen vermehren den Ausfall. Die in etwa 1200 m gelegene Stolzalpe steht im Winter um 33% hinter Davos und Arosa zurück, obwohl die Sonnenscheindauer nur etwa 3% geringer ist.“ Das Tessiner Agra im Luganer-Seebogen übertrifft Modena im Winter um 15% Licht, steht ihm im Sommer um 25% nach, beides ist ein klimatischer Vorzug. Die Großstädte der Ebene mit ihrem Rauch und Nebel zeigen bedenklich geringes Licht im Winter.

Arosa besitzt auch ein eigenes lichtklimatisches Observatorium, wo nicht nur Lichtmessungen gemacht werden, sondern das ganze Strahlungsklima des genauesten von *Dr. F. W. Paul Götz*¹⁾ untersucht wird.

IV. Lichtgenuß.

Vor mir liegen über 200 Arbeiten, die sich mit Problemen des Lichtgenusses beschäftigen. In einer Arbeit über Methoden kann es sich nicht darum handeln, die Resultate unendlich vieler größerer und kleinerer Bearbeitungen mitzuteilen, auch eine solch lange Literaturliste wäre hier nicht am Platze, jedoch die Mitteilung dieses und jenes Ergebnisses zur Veranschaulichung, was die verschiedenen Methoden schon geleistet haben.

Von den Lichtwerten Minimum, Optimum, Maximum hat das Minimum die Forscher am meisten beschäftigt, weil es einen deutlichen vegetationsbeschränkenden Wert hat. Nirgends auf der Erde erscheint uns das Licht als vegetationshindernd. Die stärksten Lichtmengen zeigen die Hochgebirge und gerade dort lieben die Pflanzen den vollen Lichtgenuß, da er ihnen offenbar auch etwas die fehlende Wärme ersetzt. Hier nicht zu beschäftigen hat uns die bactericide Wirkung des Lichtes, die schädigenden Einflüsse auf die kleinen Lebewesen, die meist nicht beim Studium der Vegetationsdecke der Erde behandelt werden.

Kennen wir auch keine Gehölze, die durch übermäßiges Licht getötet würden, so entspricht der Anpassung an starkes Licht wie an schwaches in vielen Gewächsen eine Plastizität der Blätter, welche durch Drehbewegungen Abwehr oder Ausnutzung des vor-

¹⁾ *F. W. Paul Götz*: Das Strahlungsklima von Arosa. Berlin 1926.

handenen Lichtes bewerkstelligen kann. Es ist dies der sogenannte *Phototropismus*. Daneben besteht zu ähnlichem Zweck die Ausbildung von Sonnen- und Schattenblättern, bei denen neben dem Licht die Verdunstung und der Wärmeempfang die große Rolle spielen.

Wir unterscheiden mit *Wiesner* *photometrische* und *aphotometrische* Blätter. (Es ist immer die Rede von den Blättern, denn diese dauern längere Zeit; die Blüten leben im allgemeinen nur kurz und lieben viel Licht, sie sind gar nicht empfindlich gegen zu starke Strahlung.) Das aphotometrische Blatt kümmert sich nicht um den Lichteinfall, seine Lage ist durch den natürlichen Wuchs bedingt, z. B. rund um den Zweig bei *Pinus* oder bei *Araucaria imbricata*. Das photometrische Blatt ist lichtempfindlich, sucht das Licht auszunutzen, dann nennen wir es euphotometrisch, oder abzuwehren, dann ist es panphotometrisch. In der Arktis sind die aphotometrischen Blätter besonders verbreitet, in den Tropen panphotometrische. Das Hartlaubblatt der Olive, des *Eucalyptus* usw. weist der Sonne die Kante zu. Die Kompaßpflanzen, im diffusen Licht ausgebreitet, stellen sich dem stärksten Sonnenlicht kantenweise entgegen, sie nehmen daher Nordsüdrichtung an. Im nebligen Lorbeerwald stehen alle Blätter senkrecht zum einfallenden Licht. Unterwuchs und innere Blätter stehen in jedem Wald in gedämpftem Licht, natürlich verschieden stark nach wenig oder stark schattendem Oberwuchs, und werden daher sich euphotometrisch einstellen. *Lundegårdh* zeigt, daß auch dieselben Blätter sich umstellen können, d. h. „eine Umstimmung der Reaktion bei Erhöhung der Reizstärke“ erfahren. Er beschreibt, wie Ahornblätter sich im diffusen Tageslicht senkrecht zum einfallenden Licht stellen, sich aber im spitzen Winkel drehen, wenn direkte Sonnenstrahlen das ganze Blatt treffen. Euphotometrie und Panphotometrie gibt es hier am selben Blatt als Funktion der Belichtungsstärke. Dies ist bei Bäumen sehr verbreitet. Tropenwaldbäume stehen mit der Außenwölbung ihrer Kronen in starkem Licht und besonders in starker Wärme, die sie abwehren müssen, während im dunkeln Innern jede Lichtmenge sorgfältig ausgenutzt werden muß.

Solche Plastizität der Blätter, welche Ausbildung von Sonnenblättern und Schattenblättern gestattet, ist also für die Pflanzen wechsellvoller, lokaler Lichtklimate recht vorteilhaft, nordische Bäume, wie Birke und Föhre, haben sie nicht.

Im Fallaubwald genießt der Unterwuchs im Frühjahr vor der Belaubung der Bäume eine Lichtperiode, nachher eine Schattenperiode. Daran angepaßt finden wir eine Reihe *Frühblüher* im Wald, welche diese Lichtperiode ausnutzen. Es sind meist

Geophyten, die durch Reservestoffanhäufung unter dem Boden vorbereitet sind zur Frühentwicklung. *Salisbury*¹⁾ gibt eine hübsche Lichtkurve aus einem britischen *Quercus-robur-Carpinus*-Niederwald. Im März und April hält sich die Lichtintensität im Wald um 40 bis 60% der außen vorhandenen, fällt dann rasch während der Belaubung auf 0.16 bis 1.3% im Bestandesschluß. In den späteren Jahren der Umtriebszeit (von 10 bis 15 Jahren) des Niederwaldes geht die Lichtphase hinunter auf 30 bis 45%. Nicht so extreme Zahlen zeigt dagegen der *Quercus-sessiliflora-Carpinus*-Wald mit geringerer Lichtintensität während der Lichtphase, 25 bis 72%, im Mittel 41%, und mehr Licht während der Schattenphase, 1 bis 11%, im Mittel 4%. Bedeutend mehr Licht genießt der Unterwuchs, wenn dem Eichenwald die Hainbuche *Carpinus* fehlt, nämlich 66% während der Lichtphase und 13% während der Schattenphase. Dann ist auch Sommerpflanzenunterwuchs möglich, hauptsächlich *Rubus* und *Pteridium*, aber auch *Lonicera*, *Holcus mollis*, *Luzula pilosa*, *Teucrium scorodonia* seien nicht selten.

Der Jahreszuwachs der Waldbäume ist auch vom Lichtgenuß abhängig. Sprechende Kurven darüber gibt *Boysen Jensen*²⁾. Bei starkem Schatten kann kein Zuwachs stattfinden. Schon bei 20% Lichtgenuß erreichen die Kurven von Edeltanne, Buche, Ulme und Ahorn 95 bis 85% ihres Maximalzuwachses, während Eiche und Esche bei 35% Lichtgenuß 87 und 85% des Maximalzuwachses erreichen und Birke bei 40% Lichtgenuß erst 75% Zuwachs zeigt.

In den Wiesen wechselt der Lichtgenuß von den Blüten im vollen Licht bis zum Grunde recht beträchtlich. Von den schönen Fettmatten von *Pontresina*, den *polygonum-bistorta*-reichen *Triseteta flavescens*, will ich einige Messungen erwähnen. Die *Trisetum-flavescens*-Blüte weht im vollen 100%igen Lichtgenuß, die oberen Blätter genossen 70 bis 60%, die unteren 40%, am Grunde herrschten nur noch 0.7% und stellenweise sogar nur 0.25%. Etwas mehr Licht fand ich bei *Avena pubescens* und *Poa pratensis*, nämlich 83% unter der Blüte, 75 bis 70% beim oberen Blatt, 50% unter dem Blatt von *Avena* und 25 bis 20% an der Bodenoberfläche. Die mastigen Blätter von *Polygonum bistorta* halten das Licht fast vollständig ab. Die Blüte genoß 100% Licht, das Blatt 70%, aber auf dem Grund unter allen Blättern herrschten nur noch 0.7% und unter besonders üppigem *Polygonum* gar nur ein Neunhundertstel oder 0.11%. Da kann natürlich gar nichts

¹⁾ *E. J. Salisbury*: The Oak-hornbeam woods of Hertfordshire. *Journ. of Ecology*. 4. (1916); 6. (1918). Kurve in 4. S. 94.

²⁾ *P. Boysen Jensen*: Studier over Skovtraernes Forhold til Lyset. *Tidsskr. for Skovvaesen*. 22. Dänemark 1910, S. 54.

mehr drunter wachsen. Ähnliche Zahlen fand ich im nahen Staudenläger unter *Rumex alpinus*, 10% Licht unter dem ersten Blatt, 5% unter dem zweiten Blatt und nur 0.5% auf dem Grund.

Gehen wir in die Wälder um Pontresina. Im reinen Lärchenwald maß ich 20%, im Arvenlärchenmischwald 10%, im reinen Arvenwald 5% Lichtgenuß und junge Arven standen noch bei 3%, im Durchschnitt im häufigen Arvenlärchenmischwald 6%; dann im Legföhrengestrüch 14 bis 5% und im *Juniperus-nana*-Zwerggesträuch 5 und 3.5%. Unter den hohen Bäumen ging *Gentiana Kochiana* bis zu 6% und sogar *Viola tricolor alpestris* zu 5% Lichtgenuß hinunter, *Linnaea borealis* von 50% abwärts, bei 3.7% noch in Massen, bei 3.4% spärlich. *Erica carnea* blühte im Offenen bei 100% Lichtgenuß, schien ein Optimum bei 70% zu haben, ging aber bis ins 8%ige Licht hinein. Daneben im Fichtenbestand blühte *Viola biflora* noch bei 1% Licht, *Oxalis acetosella* blühte sogar noch bei 0.7%, fand sich bei 0.6% jedoch nur in Blättern.

Die Zahlen mögen das Lichtgenußminimum der Arten bedeuten, zu anderer Zeit würde man natürlich auch noch andere Zahlen finden.

Zuverlässiger würden die Zahlen, wenn die Messungen bei jeder Pflanze das ganze Jahr bzw. die ganze Vegetationszeit hindurch gemacht würden. Mancher Sonnenfleck, der je nach dem Sonnenstand auf den Boden gelangt, mag die Lichtgenußsummen der einzelnen Pflanzen wesentlich verändern, ohne daß man dies bei einzelnen Messungen herausfindet. Muß doch zur Auffindung des Minimums an Lichtgenuß die minimale Innenlichtstärke, bei welcher Blattbildung gerade noch stattfindet, aufgesucht werden.

Um Wien herum fand *Wiesner*¹⁾ für die einzelnen Baumarten folgende Minima L_{min} :

<i>Pinus nigra</i>	9%
<i>Quercus robur</i>	4%
<i>Carpinus betulus</i>	1.8%
<i>Fagus silvatica</i>	1.7 — 1.2%
<i>Buxus sempervirens</i>	0.9%

Ausführlicher behandelt *Lämmermayr* die Legföhren- und Grünerlengebüsche²⁾. *Pinus montana* benötigt

¹⁾ *Wiesner*, 1907, und *Zon and Graves*: Light in relation to tree growth. U. S. Dep. Agr. Forest Service. Bull. 92. (1911).

²⁾ *Ludwig Lämmermayr*: Legföhrenwald und Grünerlengestrüch, eine vergleichend ökologische Studie unter besonderer Berücksichtigung der Lichtstimmung der Bestandesbildner und der Beleuchtungsverhältnisse ihres Unterwuchses. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse. 97. (1919).

100 bis 12%, am Boden darunter kann Lichtgenuß bis auf 3% sinken, aber bis zu „totem Schatten“ geht es nicht. *Alnus viridis* gibt und verträgt mehr Schatten, ihr Lichtgenuß ist bei Graz 100 bis 4%, in Hochlage 100 bis 6%, sie schattet selbst bis 5% oben und 1.7% in Graz, aber auch darin beobachtete *Lämmermayr* keinen toten Waldschatten und kein Etiolement. Beide Gebüscharten erwiesen sich als Schattenasyl für sommergrüne Pflanzen.

Sehr hübsche Lichtgenußstudien haben wir von *Kästner*¹⁾ aus Frankenberg in Sachsen, aus denen viele weitere Fragen hervorgehen. Durch eingehendes Suchen fand er häufig niedrigere Minima als vorher bekannt waren. Lichtgenuß von 1.25% (ein Achtzigstel) nennt *Wiesner* selten, *Kästner* häufig. Bemerkenswert fand *Kästner*, daß zur Zeit der vollendeten Belaubung des Walddaches (Juni) auffällig niedrige Minima dicht hinter dem Waldrande liegen, während die Lichtstärke weiter gegen das Innere steigt; nach dem Juni hingegen steigen die Lichtgenußminima in den randnahen Waldteilen. Er erklärt sich dies so, daß das viele Licht vor der Belaubung Anreiz gibt zu einer Überproduktion an Laub, die im folgenden Monat durch Absterben der ungünstig gestellten Blätter auf ein normales Maß heruntersinkt. Wieder ein Punkt, wo weitere Untersuchungen noch interessante Bestätigungen bringen können. *Wiesner*²⁾ hatte diesen Laubfall infolge Sinkens des absoluten Lichtgenusses eingehend studiert und als Sommerlaubfall bezeichnet. Er fand häufig einen Entzug von 20% und sogar bis zu 30% des Laubes.

Kästner traf *Asarum europaeum* bis zu 0.6% L., *Mercurialis perennis* und *Arum maculatum* bis 0.54% und *Paris quadrifolia* gar bis 0.3% L. Er unterscheidet Pflanzen, die ihre Vegetationsperiode bei annähernd gleichbleibendem, relativem Lichtgenuß durchmachen können, wie *Anemone nemorosa*, *Corydalis cava*, *Circaea lutetiana*, *Maianthemum bifolium*, solche die eine mäßige Erniedrigung ertragen, wie *Platanthera bifolia*, *Convallaria maialis* und solche, die eine starke Erniedrigung des Lichtgenusses durch Waldbelaubung nicht scheuen, wie *Asperula odorata*, *Sanicula europaea*, *Geranium Robertianum*, *Mercurialis perennis*, *Phyteuma spicatum*.

Im Gegensatz zum gleichhohen geschlossenen Kronendach bilden die vielen Baumarten des tropischen Regenwaldes keine Kronenebene, niederere und höhere Bäume wechseln in großer Mannigfaltigkeit. Dadurch kann viel Sonnenlicht eindringen, dazu kommt die panphotometrische Stellung der

¹⁾ *Max Kästner*: Lichtgenuß-Studien an einigen Waldpflanzen aus der Flora der Umgebung von Frankenberg. (1913) s. d. et 1.

²⁾ *J. Wiesner*: Über Laubfall infolge Sinkens des absoluten Lichtgenusses (Sommerlaubfall). Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 22. 64 (1904).

oberen Kronenblätter und das Glanzlaub, das durch Reflex viel Licht weitergibt. Daher kommt relativ viel Licht ins Innere und gestattet vielen Unterwuchspflanzen das Leben, wie auf *Karstens*¹⁾ Bildern hübsch zu sehen ist. In dem von *Mc Lean*²⁾ untersuchten Regenwald in Südbrasilien ließen die dominierenden Mimosaceen ziemlich viel Licht durch, die Strauchschicht gab durch Blattmosaikausbildung den stärksten Schatten. „Sonnenflecken“ spielen eine hervorragende Rolle, maß doch *Mc Lean* in einem durchleuchtenden Sonnenfleckchen 12% Licht, während sonst im Walde nur 0.7% herrschten.

Im Gegensatz zu dieser Ausnutzung des Lichtes kennen wir auch Schutz gegen zu starkes Licht, nicht nur durch panphotometrische Stellung der Blätter. In interessanten Untersuchungen zeigt *Karl Müller*³⁾, daß gewisse Lebermoose das allzu intensive Alpenlicht durch rote Schutzfarbe oder durch Luftkammerbildung abwehren. Die Anthelien, *Gymnomitrium concinnatum* und *G. corralloides* usw. haben in den dachziegelartig übereinanderliegenden Blättern tote, luftführende Zellen. „Es schauen immer nur die abgestorbenen ausgebleichten, oberen Teile der Blätter hervor, während der chlorophyllführende Teil von der abgestorbenen Spitze des nächst unteren Blattes überdeckt wird. Die Pflanzen erhalten dadurch ein silbergraues Aussehen. Alles Licht, das also die chlorophyllführenden Zellen trifft, muß zuerst den abgestorbenen Teil des darüber liegenden Blattes passieren, wo es teils total reflektiert, teils in diffuses Licht umgewandelt wird.“

Sehr geeignet zum Aufsuchen von Lichtgenußminima erweisen sich naturgemäß Höhlen. Diese haben auch direkt zu Lichtmessungen herausgefordert (*Lämmermayr, Morton, Gams* usw.). Es sei besonders auf die Zusammenstellung hingewiesen, die *Morton* in seinem Buch über das Leben der Höhlenpflanzen gibt⁴⁾. Im ganzen scheint das Lichtbedürfnis mit den steigenden Klassen des Pflanzenreiches zuzunehmen. Im Durchschnitt brauchen die Blütenpflanzen am meisten Licht, die Farne, Moose, Lebermoose immer weniger und die Algen können in den tiefsten Schatten eingehen. *Gloeocapsa*- und *Protococcus*arten dürften nach *Morton* Lichtabschwächungen bis $L = \frac{1}{2500} = 0.04\%$ ertragen. Von den

¹⁾ *G. Karsten*: Das Licht im tropischen Regenwald. Vegetationsbilder von *Karsten* und *Schenck*. 16. Reihe, H. 3 (1925).

²⁾ *R. C. Mc Lean*: Studies in the ecology of tropical rain-forest, with special reference to the forests of South Brazil. *Journ. of Ecology*. 7. (1919).

³⁾ *Karl Müller*. Über Anpassungen der Lebermoose an extremen Lichtgenuß. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 34. 142 (1916).

⁴⁾ *Fr. Morton*: Ökologie der assimilierenden Höhlenpflanzen. *Fortschr. d. nat. wiss. Forschung*, herausgegeben von *Abderhalden*. 12. H. 3 (Berlin-Wien 1927).

Moosen stehen als extreme Fälle *Leskeella nervosa* (Schwgr.) Löske mit 0.005% und *Isopterygium depressum* (Bruch) Mitt. f. cavernarum Lämm. mit 0.072% obenan.

Diese wenigen Beispiele von Lichtgenuß sollen darauf hinweisen, wie viel auf diesem Gebiet noch zu tun ist. Sowohl für die Einzelart im weiten Pflanzenreich als ganz besonders für das Zusammenwirken in der Pflanzengesellschaft sind die Lichtverhältnisse noch durchaus nicht genügend bekannt. Die zahlreichen bisher ausgeführten Lichtmessungen geben einen kleinen Überblick, aber auch die Zahlen dieser Messungen sind noch zu erweitern und nachzuprüfen, da die Methoden, nach denen sie gewonnen wurden, sich oft als mit allzu großen Fehlerquellen behaftet herausstellten.

