

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.

Biologiske Meddelelser. **I**, 4.

ÜBER DAS BIOLOGISCHE NORMALSPEKTRUM

VON

C. RAUNKIÆR



KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1918

Pris: Kr. 0,40

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs videnskabelige Meddelelser udkommer fra 1917 indtil videre i følgende 4 Rækker:

Historisk-filologiske Meddelelser.

Filosofiske Meddelelser,

Mathematisk-fysiske Meddelelser,

Biologiske Meddelelser.

Prisen for de enkelte Hefter er 35 Øre pr. Ark med et Tillæg af 35 Øre for hver Tavle eller 50 Øre for hver Dobbelttavle. Hele Bind sælges dog til en billigere Pris (ca. 25 Øre pr. Ark med Tillæg af Prisen for Tavlerne).

Selskabets Hovedkommissionær er *Andr. Fred. Høst & Søn*, Kgl. Hof-Boghandel København.

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.

Biologiske Meddelelser. I, 4.

ÜBER DAS BIOLOGISCHE NORMALSPEKTRUM

VON

C. RAUNKIÆR



KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1918

UDGIVET PAA
CARLSBERGFONDETS
BEKOSTNING

DIE Existenz einer jeden Pflanze wird bedingt durch glückliche Übereinstimmung ihrer Bedürfnisse mit den gegebenen Bedingungen, d. h. die Pflanze muss den Bedingungen angepasst sein; die Anpassung der Pflanze ist ein biologischer Ausdruck der bestehenden Lebensbedingungen. Dies ist der Ausgangspunkt der biologischen Pflanzengeographie, welche eben die Anpassungserscheinungen der Pflanzen d. h. ihre Lebensform als Reaktion auf die Lebensbedingungen betrachtet und bestrebt ist, dadurch Gebiete abzugrenzen und zu charakterisieren, innerhalb welcher die Lebensbedingungen — vom Standpunkt der Pflanze aus — im wesentlichen die gleichen bleiben.

Infolge der Kompliziertheit biologischer Verhältnisse sind hier jedoch grosse Schwierigkeiten zu überwinden; die Lebensbedingungen sind nämlich in Zeit und Raum veränderlich: Zusammensetzung und Feuchtigkeit des Bodens wechseln von Ort zu Ort selbst innerhalb sehr kleiner Gebiete und an einer und derselben Stelle verändern sich die Bedingungen mit der Zeit und zwar verändern sich die wesentlichsten Elemente des Klimas: Niederschlag und Temperatur das ganze Jahr hindurch — die Pflanze aber muss, um zu bestehen, einem jeden Bedingungswechsel, dem sie ausgesetzt wird, angepasst sein. Darin liegt die Ursache der Trennung zweier Disziplinen: der Formationslehre und der Pflanzenklimatologie (der biologischen Pflanzengeographie im engeren Sinne).

Die Formationslehre untersucht, wie sich die Pflanzen in Übereinstimmung mit den Verhältnissen des Standortes zu Gemeinschaften — Formationen — zusammenschliessen.

Die Pflanzenklimatologie dagegen untersucht, wie die Pflanzen an das im Laufe des Jahres wechselnde Klima angepasst sind und zwar wie sie 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 von einander 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; deshalb habe ich, um Pflanzenklimate abzugrenzen und zu charakterisieren, die Anpassung an die ungünstige Jahreszeit als Richtschnur gewählt.

Nun geht es aber auch hier so zu, dass die in Frage kommenden Anpassungen sehr verschiedenartig sind, und dass selbst bei einer und derselben Pflanze eine ganze Reihe von Anpassungen auftritt, die ihr die Fähigkeit verleihen die ungünstige Jahreszeit zu überleben; z. B. ist der Stengel auf eine Art angepasst, die Wurzel auf eine andere Art etc. etc.; da es sich aber um eine vergleichende Untersuchung des Pflanzenwuchses verschiedener Gebiete handelt, so müssen wir uns eine gemeinsame Vergleichsbasis schaffen; man kann nicht in einem Falle diesen Umstand benutzen und in einem anderen Falle einen ändern; das der Vergleichung zu Grunde zu legende System von Lebensformen muss deshalb auf einer einzelnen aber wesentlichen Seite der Anpassung aufgebaut sein, d. h. der somit zur Grundlage gewählte und konsequent durchzuführende einheitliche Gesichtspunkt muss wesentliche Bedeutung und zugleich praktische Anwendbarkeit besitzen. Nicht alle Teile der Pflanze sind für die Fortdauer der Existenz des Individuums gleich wichtig und nicht alle sind in gleichem Masse empfindlich; am wichtigsten und zugleich am empfindlichsten sind die embryonalen Gewebe in den Sprossscheiteln oder Knospen, auf deren Existenz das Fortleben des Individuums beruht; wir sehen daher auch, dass es in der Pflanzen-

welt eine Menge verschiedener Methoden gibt, durch welche die Verjüngungsknospen geschützt werden, damit sie die ungünstige Jahreszeit überleben; zuvörderst kann hier eine Reihe von Haupttypen unterschieden werden je nach der Lage der Knospen in Bezug auf den Boden und die dadurch erreichte Beschützung: ob sie sich in der Luft (Phanerophyten), nahe am Boden (Chamaephyten), in der Erde steckend (Hemikryptophyten), unter der Oberfläche verborgen (Geophyten) oder auf dem Grunde der Gewässer (Helo- und Hydrophyten) befinden; in Übereinstimmung damit habe ich ein Lebensformensystem aufgebaut auf Grund der Anpassung der Pflanzen die ungünstige Jahreszeit zu überleben, namentlich mit Rücksicht auf die Beschützung der Verjüngungsknospen, die die weitere Existenz des Individuums bedingen (RAUNKIÆR 1905; 1907).

Untersucht man nun die Pflanzenwelt verschiedener Klimate mit Rücksicht auf die Anpassung der Arten an die ungünstige Jahreszeit, so zeigt es sich, dass eine Lebensform in dem einen Klima, in dem anderen eine andere Lebensform vorherrschend ist u. s. w.; aber niemals kommt es vor, dass sämtliche Arten derselben Lebensform angehörten; deshalb ist es nötig, für Vergleichszwecke die statistische Methode anzuwenden; da aber sämtliche Pflanzenarten eines bestimmten Gebietes an das Klima dieses Gebietes angepasst sein müssen, so haben alle gleiches Recht darauf, berücksichtigt zu werden, wenn man das Gebiet vermittelt der Anpassung seiner Pflanzenwelt an das Klima zu charakterisieren sucht. Man muss daher vorerst die Lebensform der einzelnen Arten bestimmen und hernach zeigen, wie sich die Gesamtheit der Arten auf die einzelnen Lebensformen verteilt; diese prozentmäßige Verteilung der Arten unter die verschiedenen Lebensformen habe ich das biologische Spektrum genannt; und ich habe gezeigt, dass dieses Spektrum wirklich ein Bild des Verhältnisses der Pflanzenwelt zum Klima gibt; verschiedene

Gebiete mit demselben Klima weisen nämlich dasselbe biologische Spektrum auf, selbst wenn die floristische Zusammensetzung ihrer Pflanzenwelt ganz verschieden ist; ebenso geben die Floren verschiedener Klimate verschiedene biologische Spektren. Ich habe deshalb der Charakterisierung und Begrenzung von Pflanzenklimaten das biologische Spektrum zugrunde gelegt (RAUNKJÆR 1908; 1911).

Der Umstand, dass das Haupteinteilungsprinzip des Lebensformensystems ein einheitlicher Gesichtspunkt ist und sein muss, schliesst selbstverständlich nicht aus, dass man wo dies erwünscht ist, innerhalb des so geschaffenen Rahmens auch eine andere beliebige Anpassung berücksichtigt; nur dürfen die verschiedenen Anpassungen nicht durcheinander und ohne Unterschied behandelt werden, sondern einzeln und methodisch.

Ich habe an anderem Orte (RAUNKJÆR 1905; 1907; 1909) eine Übersicht der Haupttypen des Lebensformensystems gegeben und zugleich ausgeführt, dass es aus praktischen Gründen — und zwar wegen unserer mangelhaften Kenntnis der Anpassungen der einzelnen Arten in den verschiedenen Klimate — notwendig ist, die Lebensformtypen in grössere Gruppen zusammenzufassen und dadurch das System soweit zu vereinfachen, dass es sich selbst mit unseren gegenwärtigen Kenntnissen anwenden lässt. Dies ist in der Begrenzung der zehn Lebensformenklassen, die ich schon jetzt zur Bildung von biologischen Spektren einzelner Gebiete anzuwenden für möglich hielt, verschiedentlich zum Ausdruck gekommen; so habe ich denn auch den Unterschied zwischen laubwerfenden und immergrünen Phanerophyten nicht berücksichtigen können, der also erst bei speziellen Untersuchungen innerhalb einzelner Pflanzenklimate verwertet werden kann. In Taf. 1 sind die Lebensformenklassen auf folgende Weise aufgeführt: mit Ausnahme der Stengelsukkulente (*S*), Epiphyten + phanerophyten Parasiten (*E*) und Therophyten (*Th*), befindet sich der

Taf. 1.

| | | |
|--------|---------------------------|----|
| | (Stengelsukkulenten)..... | S |
| | (Epiphyten)..... | E |
| 30 m | Megaphanerophyten } | MM |
| 8 m | Mesophanerophyten } | |
| 2 m | Mikrophanerophyten | M |
| 0,25 m | Nanophanerophyten..... | N |
| | Chamaephyten | Ch |
| 0 — | Hemikryptophyten | H |
| | Geophyten..... | G |
| | Helophyten } | HH |
| | Hydrophyten } | |
| | (Therophyten)..... | Th |

Name einer jeden Klasse in Bezug auf die Erdoberfläche, *o*, an derjenigen Stelle, wo die entsprechende Lebensform ihre Verjüngungsknospen während der ungünstigen Jahreszeit anbringt; zur Rechten sind die Abkürzungen angeführt, die im biologischen Spektrum zur Bezeichnung der Lebensformen dienen.

Wenn man nun mit diesen Lebensformenklassen als Ausgangspunkt das biologische Spektrum für eine Reihe von Gebieten bestimmt und diese Spektren auf eine Art wie in Taf. 2 zusammenstellt, so sieht man gleich die Unterschiede und die Ähnlichkeiten; im vorliegenden Falle sieht man leicht, dass die 8 Spektren in vier Gruppen zerfallen, sodass je zwei und

Taf. 2.

| | Arten | S | E | MM | M | N | Ch | H | G | HH | Th | |
|---|-----------------------------|------|-------|-------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----|-----------|----|
| A | { St. Thomas und St. Jan | 904 | 2 | 1 | 5 | 23 | 30 | 12 | 9 | 3 | 1 | 14 |
| | { Seychellen | 258 | 1 | 3 | 10 | 23 | 24 | 6 | 12 | 3 | 2 | 16 |
| B | { Altamaha, Georgia, N. Am. | 717 | (0,1) | (0,4) | 5 | 7 | 11 | 4 | 55 | 4 | 6 | 8 |
| | { Danmark | 1084 | (0,1) | 1 | 3 | 3 | 3 | 50 | 11 | 11 | 18 | |
| C | { Death Valley (N. Am.) | 294 | 3 | | 2 | 21 | 7 | 18 | 2 | 5 | 42 | |
| | { Argentario (Italien)... | 866 | | 2 | 4 | 6 | 6 | 29 | 9 | 2 | 42 | |
| D | { Spitzbergen | 110 | | | | 1 | 22 | 60 | 13 | 2 | 2 | |
| | { St. Lawrence I. (Alaska) | 126 | | | | | 23 | 61 | 11 | 4 | 1 | |

zwei einander nahe stehen, während die 4 Gruppen *A*, *B*, *C*, *D* ganz verschieden sind: *A* ausgezeichnet durch ein hohes Pro-

zent von Phanerophyten, namentlich Mikro- und Nanophanerophyten, *B* charakterisiert durch ein hohes Prozent Hemikryptophyten, *C* durch das Überwiegen von Therophyten und *D* durch den hohen Prozentsatz von Chamaephyten in Verbindung mit einem bedeutenden Anteil von Hemikryptophyten.

Bei der Darstellung dieser vier Hauptpflanzenklimare, so wie sie die biologischen Spektren in Taf. 2 illustrieren, ist es indessen nicht notwendig, alle 10 Lebensformenklassen anzuwenden; es genügt, hier etwa die folgende Lebensformenreihe zu benutzen: *F* = Phanerophyten (*S*, *E*, *MM*, *M*, *N*), *Ch* = Chamaephyten, *H* = Hemikryptophyten, *K* = Kryptophyten (*G* und *HH*) und *Th* = Therophyten; dadurch werden die Verhältnisse bedeutend übersichtlicher, wie es Taf. 3 zeigt.

Im vorliegenden Falle ist es leicht zu sehen, was da zusammengehört; aber wenn wir eine grössere Anzahl Floren untersuchten, so würden wir gewiss biologische Spektren finden, die zwischen den vier Gruppen der Taf. 3. Übergänge bilden;

Taf. 3.

| | Arten | F | Ch | H | K | Th |
|-----------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| St. Thomas und St. Jan | 904 | 61 | 12 | 9 | 4 | 14 |
| Seychellen | 258 | 61 | 6 | 12 | 5 | 16 |
| Altamaha, Georgia (N. Am.) | 717 | 23 | 4 | 55 | 10 | 8 |
| Danmark | 1084 | 7 | 3 | 50 | 22 | 18 |
| Death Valley (N. Am.) | 294 | 26 | 7 | 18 | 7 | 42 |
| Argentario (Italien) | 866 | 12 | 6 | 29 | 11 | 42 |
| Spitzbergen | 110 | 1 | 22 | 60 | 15 | 2 |
| St. Lawrence Island, Alaska | 126 | | 23 | 61 | 15 | 1 |

und wir würden kein Kriterium haben um zu bestimmen, welches dieser Übergangsspektren als Grenzspektrum z. B. zwischen dem Phanerophyten- und dem Hemikryptophytenklima gelten soll; wir könnten die Grenze willkürlich ansetzen, nach unserem Belieben, z. B. bei 40 % Phanerophyten; aber wir könnten gar nicht behaupten, dass die Zahl 40 hier natürlicher ist als z. B. 38, 42, oder eine andere Zahl. Es ist hier wie mit den Isothermen; alle Isothermen sind als solche gleich

bedeutungsvoll; wählen wir eine bestimmte Jahresisotherme als Grenze zwischen zwei Zonen, z. B. zwischen der tropischen und der subtropischen Zone, so liegen die Gründe unserer Wahl nicht in der Betrachtung der Isothermen als solcher, sondern in ganz anderen Umständen und unsere Entscheidung ist willkürlich und ungefähr. Bei der Begrenzung von Pflanzenklimaten mit Hilfe des biologischen Spektrums wäre es sehr erwünscht über die willkürliche, schätzungsmässige Bestimmung hinauszukommen. Dazu müsste man nach einem Massstab suchen, nach einer Norm, mit welcher das biologische Spektrum jeder einzelnen Lokalflorea gemessen werden könnte, und vermittelt welcher man objektiv entscheiden könnte, wo die Grenzen zwischen den verschiedenen Pflanzenklimaten gezogen werden sollen. Es liegt auf der Hand, dass dieses gemeinsame Mass, mit dem die biologischen Spektren einzelner Teile d. h. einzelner Lokalfloren verglichen und gemessen werden sollen, nichts anderes als das biologische Spektrum der Gesamtheit d. h. der ganzen Erdoberfläche sein dürfte; und dieses Spektrum, also das Prozentverhältnis zwischen den Lebensformen aller Phanerogamen der Erde, nannte ich deshalb Normalspektrum.

Nun handelte es sich darum ein solches Normalspektrum zustande zu bringen; schon vor mehr als zehn Jahren habe ich diese Arbeit in Angriff genommen und auch ein provisorisches Normalspektrum erhalten, das jedenfalls bei der Darstellung meiner Methoden gute Dienste geleistet hat (RAUNKIÄR 1908).

Natürlich war es ausgeschlossen, in absehbarer Zeit alle Phanerogamen auf ihre Lebensform zu untersuchen und zu bestimmen; ich musste deshalb nach einer Methode vorgehen, wie man sie in ähnlichen Fällen anwendet, wo man nicht das gesamte Material untersuchen kann, sondern sich mit Stichproben begnügen muss, z. B. bei der Bestimmung des zahlenmässigen Verhältnisses verschiedener Samenarten in einer

grösseren Partie Samenmischung von unbekannter Zusammensetzung. Hier stiess ich jedoch auf die Schwierigkeit, dass es kein die ganze Erde umfassendes Artenverzeichnis der Phanerogamen gibt, das auch nur annähernd so gleichmässig und homogen wäre wie eine Partie Samen, die man ja durch Schütteln recht gut durcheinander mischen kann. Hätten wir einen Katalog aller Phanerogamen, in dem die verschiedenen Arten alphabetisch nach ihren Artsnamen ohne Rücksicht auf die Gattung geordnet wären, so würde das vermutlich eine solche Mischung geben; aber ein solches Verzeichnis gibt es nicht; wir haben aber im »Index Kewensis« eine alphabetische Liste aller Gattungen und die Arten innerhalb einer jeden Gattung alphabetisch geordnet; da jedoch die Arten derselben Gattung jedenfalls sehr oft alle oder zum grossen Teile derselben Lebensform angehören, so wird ein solches Verzeichnis wie der »Index Kewensis« eher einer Partie Samenmischung ähnlich sein, in der die Arten zwar im allgemeinen durcheinander liegen, aber doch so, dass Samen einer Art oft grössere oder kleinere Klumpen bilden; wären nun die Samen einer solchen Ware zusammengeklebt, so dass wir eine mehr homogene Mischung des Materials nicht zustande bringen könnten, so müssten wir aus verschiedenen Stellen der Masse Stichproben nehmen und dieselben dann untersuchen; etwas ähnliches haben wir hier, wenn wir aus einem Artenkatalog wie der »Index Kewensis« Stichproben nehmen, deren Lebensformen uns als Grundlage zur Aufstellung des Normalspektrums dienen sollen d. h. desjenigen Spektrums, das als Bild der Gesamtheit aller Arten gelten soll.

Was die Anzahl der zu untersuchenden Arten anbelangt, so habe ich mich vorläufig entschlossen, 1000 Arten zu nehmen, also ungefähr $\frac{1}{140}$ aller Arten. Wären die Arten ohne Rücksicht auf ihr Genus alphabetisch geordnet gewesen und hätte man die 1000 Arten in gleichen Abständen durch das ganze Verzeichnis herausgeholt, so würde man sicher ein sehr gutes

Bild der Gesamtheit bekommen haben. Aber bei Anwendung einer solchen Methode bei der Benutzung des Ind. Kew, würden die grossen Gattungen, deren Arten alle oder zum grössten Teile einer und derselben Lebensform angehören, kaum zu ihrem Rechte gekommen sein; andererseits durfte man diesen Gattungen auch keine grössere Rolle einräumen als ihnen zukam. Ich nahm deshalb die Arten gruppenweise, mit gewissen Abständen zwischen den Gruppen und zwischen den Arten jeder Gruppe; ich wählte 10 Gruppen zu je 100 Arten; die 10 Gruppen waren im »Index Kewensis« so verteilt, dass die erste von ihnen S. 150 anfang, die zweite S. 400, die dritte S. 650 u. s. w. in Abständen von je 250 Seiten; hernach wurden die Arten gewählt, und zwar nahm ich in jeder der 100 auf die obengenannten Anfangspunkte folgenden Spalten die letzte dort angeführte Art. Der Genauigkeit wegen sei bemerkt, dass unter »letzte Art« die letzte nach den Regeln des »Index Kewensis« giltige Art zu verstehen ist; ebenfalls sei bemerkt, dass, wo die letzte Art als zweifelhaft oder ohne Heimat angeführt ist, wir die vorletzte Art genommen haben. Es ist sehr möglich, dass eine andere Auswahl besser gewesen wäre, z. B. 100 Gruppen zu je 10 Arten; doch muss ich mich vorläufig mit meinem ersten Schema begnügen. In den meisten Fällen war es sehr leicht die Lebensform der so ausgehobenen Arten zu bestimmen; für eine Reihe von Arten konnte dies jedoch nicht endgiltig geschehen, da die betreffenden Daten mangelhaft waren; es ist also möglich, dass z. B. ein Geophyt als Hemikryptophyt angeführt wurde oder umgekehrt; doch dürften diese eventuellen Irrtümer kaum einen merklichen Einfluss auf das Endresultat ausgeübt haben; wir haben ja keinen Grund anzunehmen, dass sie sich auffallend mehr in der einen Richtung als in der entgegengesetzten geltend gemacht hätten; im grossen Ganzen werden sie einander aufgehoben haben.

Im Jahre 1908 habe ich für die ersten 400 Arten die Lebens-

form bestimmt, und das aus ihnen berechnete Normalspektrum ist im selben Jahre publiziert (RAUNKJÆR 1908) und später als vorläufiges Normalspektrum benutzt worden (RAUNKJÆR 1909; 1911; 1914). Wir sehen es in der Taf. 4.

Im Herbst 1916 bestimmte ich die Lebensformen der übrigen 600 von den tausend Arten, die ich ursprünglich als Grundlage für die Konstruktion des Normalspektrums gewählt hatte; auf diese Weise ist also die Lebensform aller 1000 Arten des ursprünglichen Planes nunmehr bestimmt, und das Resultat

| | | Taf. 4. | | | | | Hypogaeische | | | Th | |
|-------------------|---|-------------|---|----|----|----|--------------|----|---|----|----|
| | | Epigaeische | | | | | 31 | | | 13 | |
| | | Ph | | Ch | | | H | K | | Th | |
| | | 47 | | 9 | | | 27 | 4 | | 13 | |
| 1908 400 Arten | } | 1 | 3 | 6 | 17 | 20 | 9 | 27 | 3 | 1 | 13 |
| | | S | E | MM | M | N | Ch | H | G | HH | TH |
| 1916 1000Arten | } | 2 | 3 | 8 | 18 | 15 | 9 | 26 | 4 | 2 | 13 |
| | | 46 | | | | | 9 | 26 | 6 | | 13 |
| | | Ph | | Ch | | | H | K | | Th | |
| | | 55 | | | | | 32 | | | 13 | |
| | | Epigaeische | | | | | Hypogaeische | | | | |

ist in Taf. 4 zusammen mit dem auf den ersten 400 Arten allein gegründeten Resultat wiedergegeben; man kann so in Taf. 4 die Differenzen und Übereinstimmungen zwischen dem vorläufigen Normalspektrum vom Jahre 1908 und dem nunmehr geltenden Normalspektrum leicht überblicken.

In den meisten Punkten ist die Übereinstimmung gut; für *E*, *Ch* und *Th* sind die Zahlen in beiden Spektren gleich; bei *S*, *M*, *H*, *G* und *HH* beträgt der Unterschied 1; bei *MM* 2; dagegen zeigen die Nanophanerophyten eine grössere Abweichung, nämlich 5; das Spektrum vom Jahre 1908 gibt 20 % Nanophanerophyten an, das endgiltige Spektrum dagegen nur 15 %; die höhere erste Zahl rührt unter anderem daher, dass eine der ersten Zenturien das Genus *Croton* umfasste, das grösstenteils aus Nanophanerophyten besteht.

Beschränken wir uns auf die Lebensformenreihen *Ph*, *Ch*, *H*, *K* und *Th*, — was für die Bestimmung und Begrenzung der Haupt-Pflanzenklimate genügt, so sind die Zahlen der beiden Spektren ungefähr gleich; und die Übereinstimmung wird noch vollständiger, wenn man *H* und *K* zu einer Gruppe, derder hypogaeisch überwinternden Pflanzen vereinigt, was nicht unerlaubt ist, da wegen der überhaupt verhältnismässig geringen Anzahl Kryptophyten kein Hauptpflanzenklima zu existieren scheint, das in solchem Masse durch Kryptophyten charakterisiert wäre, dass es den Namen Kryptophytenklima verdiente. Dadurch wird die für Bestimmung und Abgrenzung der Hauptpflanzenklimate unumgänglich nötige Bestimmung der Lebensform von Pflanzenarten in hohem Grade erleichtert, da es verhältnismässig unschwer zu entscheiden ist, ob eine Art *Ph*, *Ch*, Hypogaeisch (*H* & *K*) oder *Th* ist.

Abgesehen von den Grenzfloraen, durch deren biologisches Spektrum die Grenzen zwischen den Pflanzenklimate festgelegt werden, ist es übrigens bei der Bestimmung der Pflanzenklimate nicht notwendig zu bestimmen, welcher Lebensform jede einzelne Art angehört; es genügt hier für jede einzelne Art zu entscheiden, ob sie zu einer bestimmten Lebensform gerechnet werden soll oder nicht; fragen wir z. B., ob und inwiefern die Bahama-Inseln im Phanerophytenklima liegen, so braucht man nur für jede Art zu wissen, ob sie ein Phanerophyt ist oder nicht — mit einem Worte, es kommt hier vorläufig nur darauf an, das Prozent der Phanerophyten bestimmen zu können; erweist es sich z. B. als 50 %, so fällt das Gebiet in das Phanerophytenklima. Übertrifft das Ph % einer Lokalflorea dasjenige des Normalspektrums, d. h. das Ph % der ganzen Erde, so haben wir dort ein Phanerophytenklima; wo es unter das Ph % des Normalspektrums sinkt, dort wird selbstverständlich eine andere Lebensform (oder mehrere zugleich) entsprechend die Zahl des Normalspektrums übersteigen und auf diese Weise das Pflanzenklima zu charakteri-

sieren haben. Um zu entscheiden, welche Lebensform das ist, muss man in den Grenzflora die Lebensform der Arten soweit bestimmen, dass das vollständige Reihen-Spektrum gebildet werden kann.

Selbst wenn wir in einem Pflanzenklima finden, dass für mehrere Lebensformen die Prozente grösser sind als im Normalspektrum, so wird doch so gut wie immer eine bestimmte Lebensform vorherrschend auftreten und in besonders hohem Grade für das betreffende Pflanzenklima charakteristisch sein. Die Sache ist also die, dass auf der einen Seite einer Grenzlinie die Vegetation durch eine bestimmte Lebensform charakterisiert ist, während auf der anderen Seite der Grenzlinie eine andere Lebensform die charakteristische Rolle übernimmt. Will man sich deshalb bei der Festlegung der Grenze zwischen zwei Pflanzenklimaten streng an das Normalspektrum halten, so ist es sehr leicht auszurechnen, bei welcher Zahl die Grenzlinie zu ziehen ist, nämlich dort, wo das zahlenmässige Verhältnis der zwei konkurrierenden Lebensformen demjenigen des Normalspektrums gleich ist; bezeichnen wir die betreffenden Lebensformen mit A und B und ihre Zahlen im Lokal- und im Normalspektrum resp. mit l_A, l_B und n_A, n_B , so liegt die Grenze zwischen den zwei Pflanzenklimaten bei $\frac{l_A}{n_A} = \frac{l_B}{n_B}$; ist dagegen $\frac{l_A}{n_A} > \frac{l_B}{n_B}$, so haben wir A -Klima, während $\frac{l_A}{n_A} < \frac{l_B}{n_B}$ B -Klima bedeutet.

Selbst wenn man es für angezeigt hält, aus Gründen, auf die ich hier nicht näher eingehen will, von dieser Formel Abstand zu nehmen, so wird doch eine Grenzlinie, eine Iso-biochore, natürlich so gezogen werden müssen, dass alle die Lokalfloren, durch die sie hindurchgeht, in Bezug auf die charakteristische Lebensform dasselbe gesetzmässige Verhalten zum Normalspektrum aufweisen. So habe ich als Grenze zwischen dem Hemikryptophytenklima und dem arktischen Chamaephytenklima die 20 %-Chamaephytenlinie angenom-

men; wie eine solche Grenzlinie konstruiert wird, will ich hier nicht näher erörtern, sondern diesbezüglich auf eine frühere Abhandlung hinweisen (RAUNKJÆR 1908); in einer anderen Abhandlung habe ich ausserdem gezeigt, in welchem Verhältnis eine nach diesem Prinzip gezogene Grenzlinie zu einer nach oben angegebenen Formel berechneten steht (RAUNKJÆR 1911).

Dagegen will ich hier zum Schluss einen Versuch besprechen, den ich angestellt habe, um die Richtigkeit des auf 1000 Arten begründeten Normalspektrums zu kontrollieren.

Zu diesem Zwecke habe ich mit Hilfe von Engler und Prantl's »Natürlichen Pflanzenfamilien« und anderen Quellen vorerst gezählt, wie viele Arten von Phanerogamen um das Jahr 1900 herum bekannt waren und wie viele darunter resp. zu Gymnospermen, Monokotyledonen, Choripetalen und Gamopetalen gehörten. Diese für die betreffenden Pflanzengruppen ermittelten Zahlen sind in Taf. 5, rechts, angegeben und zugleich in Prozente umgerechnet. Die Anzahl der Phanerogamen

Taf. 5.

| | in 1000 Arten | auf 140000 Ar- ten entfallen | % | % | durch Abzäh- lung gefunden |
|----------------------|------------------|---------------------------------|------|------|-------------------------------|
| Gymnospermen... | 3 | 420 | 0,3 | 0,3 | 471 |
| Monokotyledonen. | 198 | 27720 | 19,8 | 17,2 | 24083 |
| Choripetalen | 464 | 64960 | 46,4 | 49,8 | 69681 |
| Gamopetalen | 335 | 46900 | 33,5 | 32,6 | 45718 |
| | | | | | Summa 139953 |

betrug 139953 Arten, also so nahe an 140000, dass ich für die folgenden Berechnungen wohl diese letztere Zahl annehmen darf. Hernach habe ich berechnet, wie viele Arten jede dieser vier Pflanzengruppen hätte, wenn die 1000 dem Normalspektrum zugrunde gelegten Arten ein richtiges Bild der Verhältnisse lieferten, die Anzahl der Phanerogamenarten, wie oben ausgeführt, zu 140000 angesetzt; die so gefundenen Zahlen sind ebenfalls in Prozente umgerechnet und in Taf. 5, links, mitgeteilt.

Die Übereinstimmung zwischen den wirklichen und den berechneten Zahlen in den zwei Prozentreihen muss als sehr gut bezeichnet werden. Den grössten Unterschied zeigen die Choripetalen, nämlich 3,4. Berechnen wir den mittleren Fehler m nach der Formel

$$m = \sqrt{\frac{P_1 \times P_2}{n}},$$

so kommt

$$m = \sqrt{\frac{46,4 \times 53,6}{1000}} = \pm 1,6;$$

der mittlere Fehler zweimal genommen ist also $\pm 3,2$; dreimal $\pm 4,8$; der Unterschied zwischen dem berechneten und dem wirklichen Prozent (49,8 — 46,4) beträgt 3,4, ist also zwar grösser als das Doppelte, aber doch kleiner als das Dreifache des mittleren Fehlers, folglich eine recht befriedigende Annäherung. Jedenfalls bleibe ich bis auf weiteres bei diesem auf 1000 untersuchte Arten basierten Normalspektrum; es ist nämlich eine keineswegs kleine Arbeit, ein besseres zu bekommen, das auf ein grösseres Material gegründet wäre.

Und übrigens: selbst wenn in diesem Spektrum einige Zahlen von den richtigen um einige wenige Prozente abweichen, so wird dadurch seine Brauchbarkeit als Norm nicht merklich verringert; worauf es hier ankommt, ist nicht so sehr die absolut richtige Zahl, sondern ein gemeinsamer Masstab, mit welchem das biologische Spektrum einer jeden Lokalflorea nach denselben Gesichtspunkten verglichen und gemessen werden kann; nur dürfen die Zahlen dieses Masstabes natürlich nicht gar zu sehr von den wirklichen Zahlen verschieden sein; doch scheint das Resultat der oben besprochenen Probe dafür zu sprechen, dass weitestgehende Übereinstimmung erreicht ist.

Schliesslich habe ich das vorliegende Material, also die 1000 Arten, die als Grundlage für das Normalspektrum gedient hatten, dazu verwertet, um ein vorläufiges Spektrum jeder der vier Pflanzengruppen: der Gymnospermen, Monokotyle-

donen, Choripetalen und Gamopetalen zu berechnen; obgleich diese Verhältnisse noch nicht statistisch untersucht worden sind, ist es doch wohlbekannt, dass die numerischen Verhältnisse der einzelnen Lebensformen in den verschiedenen Pflanzengruppen nicht dieselben sind; so schreibt z. B. WARMING (Frøplanterne, S. 347), dass die Gamopetalen verhältnismässig weniger Holzpflanzen aufweisen als die Choripetalen. Die gefundenen Spektra, die in Taf. 6 wiedergegeben sind, zeigen

Taf. 6.

| | F | Ch | H | K | Th |
|-----------------------|-------------|------|-------------|-------------|------|
| Gymnospermen | 100 | | | | |
| Monokotyledonen | 27 | 5 | 36,9 | 21,3 | 9,6 |
| Choripetalen | 59,8 | 9,7 | 15,1 | 1,5 | 13,8 |
| Gamopetalen | 34,9 | 11,6 | 36,4 | 3 | 14 |
| Normalspektrum | 46 | 9 | 26 | 6 | 13 |

Die aus den 1000 untersuchten Arten berechneten biologischen Spektra der Gymnospermen, Monokotyledonen, Choripetalen und Gamopetalen verglichen mit dem Normalspektrum.

dass für die Gymnospermen und Choripetalen die phanerophyte Lebensform, für die Gamopetalen die hemikryptophyte und für die Monokotyledonen die hemikryptophyte und die kryptophyte Lebensform charakteristisch sind.

L I T E R A T U R

- Raunkiær, C., (RAUNKIÆR 1905), Types biologiques pour la géographie botanique. (Oversigt over det kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1905).
- (RAUNKIÆR 1907), Planterigets Livsformer og deres Betydning for Geografien. (Die Lebensformen des Pflanzenreiches und ihre Bedeutung für die Geographie). København. Gyldendalske Boghandel. 1907.
- (RAUNKIÆR 1908), Livsformernes Statistik som Grundlag for biologisk Plantegeografi (Botanisk Tidsskrift, Bd. 29); auch als: Statistik der Lebensformen als Grundlage für die biologische Pflanzengeographie. Übersetzt von Gertrud Tobler. (Beihefte zum Bot. Centralblatt Bd. 27, 2. Abt., 1910).
- (RAUNKIÆR 1909), Livsformen hos Planter paa ny Jord. (Die Lebensform bei Pflanzen auf neuem Boden.). (Det kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. Naturv. og mat. Afdeling. 7. Række Bd. 8. 1909).
- (RAUNKIÆR 1911). Det arktiske og det antarktiske Chamæfytklima. (Das arktische und das antarktische Chamaephytklima). (Biol. Arbejder tilegnet Eug. Warming. København 1911).
- (RAUNKIÆR 1914), Sur la végétation des alluvions méditerranéennes françaises. (Mindeskrift for Japetus Steenstrup).

SKRIFTER

UDGIVNE AF

DET KGL. DANSKE VIDENSKABERNES SELSKAB

1916—17:

| | Pris Kr. Ø. |
|---|----------------|
| ADLER, ADA. Catalogue supplémentaire des manuscrits grecs de la Bibliothèque Royale de Copenhague. Avec 4 planches. Avec un extrait du catalogue des manuscrits grecs de l'Escorial rédigé par D. G. Moldenhaver. (Hist.-fil. Afd., 7. Række, II. 5.) | 4.40 |
| PETERSEN, JOHANNES BOYE. Studier over danske aërofile Alger. Med 4 Tavler. Avec un résumé en français. (Naturv.-math. Afd., 7. Række, XII, 7.) | 5.15 |
| RASMUSSEN, HANS BAGGESGAARD. Om Bestemmelsen af Nikotin i Tobak og Tobaksekstrakter. En kritisk Undersøgelse. (Naturv.-math. Afd., 8. Række, I. 2) | 1.75 |
| CHRISTIANSEN, M. Bakterier af Tyfus-Coligruppen, forekommende i Tarmen hos sunde Spædkalve og ved disses Tarminfektioner. (Naturv.-math. Afd., 8. Række, I. 3) | 2.25 |
| JUEL, C. Die elementare Ringfläche vierter Ordnung. (Naturv.-math. Afd., 8. Række, I, 4) | 0.60 |
| JØRGENSEN, S. M. Det kemiske Syrebegrebs Udviklingshistorie indtil 1830. Efterladt Manuskript, udgivet af Ove Jørgensen og S. P. L. Sørensen (Naturv.-math. Afd., 8. Række, II. 1) | 3.45 |
| HANSEN-OSTENFELD, CARL. De danske Farvandes Plankton i Aarene 1898—1901. Phytoplankton og Protozoer. 2. Protozoer; Organismer med usikker Stilling; Parasiter i Phytoplanktonter. Med 4 Figurgrupper og 7 Tabeller i Teksten. Avec un résumé en français. (Naturv.-math. Afd., 8. Række, II. 2) | 2.75 |
| JENSEN, J. L. W. V. Undersøgelser over en Klasse fundamentale Uligheder i de analytiske Funktioners Theori. I. (Naturv.-math. Afd., 8. Række, II. 3) | 0.90 |
| PEDERSEN, P. O. Om Poulsen-Buen og dens Teori. En Experimentalundersøgelse. Med 4 Tavler. (Naturv.-math. Afd., 8. Række, II, 4) | 2.90 |
| JUEL, C. Die gewundenen Kurven vom Maximalindex auf einer Regelfläche zweiter Ordnung. (Naturv.-math. Afd., 8 Række, II. 5) | 0.75 |

BIOLOGISKE MEDDELELSER

UDGIVNE AF

DET KGL. DANSKE VIDENSKABERNES SELSKAB

1. BIND:

| | Kr. Ø. |
|---|--------|
| 1. KROMAN, K. Laws of muscular action. 1917 | 0.95 |
| 2. BOAS, J. E. V. Das Gehörn von Antilocapra und sein Verhältnis zu dem anderer Cavicornia und der Hirsche. 1917..... | 1.75 |
| 3. RAUNKJÆR, C. Recherches statistiques sur les formations végétales. 1918 | 1.75 |
| 4. RAUNKJÆR, C. Über das biologische Normalspektrum. 1918 ... | 0.40 |
