Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Institut Rübel (Zürich)
Band: 1 (1924)

Artikel: Waldtypenstudien in den Schweizer Alpen
Autor: Linkola, K.
Kapitel: 4: Ueber das biologische Spektrum der verschiedenen Waldtypen
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-306657

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die angeführten Beispiele beleuchten extreme und deswegen klare Fälle. Gewöhnlich sind die Verhältnisse weniger klar, und dann werden verschiedene Uebergangsfälle hervorgerufen, in denen die Typenbestimmung schwer sein kann.

Die hier behandelten Dinge machen es leicht verständlich, warum die Waldtypenverhältnisse in den schweizerischen Gebirgswaldungen, besonders in den topographisch sehr verwickelten Gegenden, ohne Zweifel als sehr bunt und in Details schwer erklärbar zu bezeichnen sind (s. S. 217). Die besprochenen Verhältnisse dürften auch teilweise erklären, warum man in der subalpinen Stufe der Schweiz, nicht einmal in deren obersten Teilen, nicht mehr äusserst dürftige reiser- und flechtenreiche Waldarten trifft, die unter den, im grossen und ganzen entsprechenden (temperatur-)klimatischen Verhältnissen, z. B. in Nordfinnland, dominieren. Auch die höchsten Wälder der Schweiz sind nämlich regelmässig Abhangswälder, welche das Tagwasser befeuchtet und düngt. Der hauptsächlichste Anlass für das spärliche Auftreten der dürftigen Typen dürfte jedoch darin liegen, dass der Boden selten so arm an Pflanzennährsalzen und besonders an Kalk ist wie meistens z. B. in Nordfinnland. Sicherlich spielt auch die grosse Regenmenge hierbei eine sehr wichtige Rolle, indem sie gegen eine allzu xerophytische Struktur des Unterwuchses der Wälder einwirkt.

4. Ueber das biologische Spektrum der verschiedenen Waldtypen.

Das Klima ist offenbar, wie wir oben gesehen haben, von durchgreifendster Bedeutung für die allgemeinen Waldtypenverhältnisse verschiedener Höhenstufen in der Schweiz. Diese Tatsache vor Augen ist es verlockend, sich darüber Klarheit zu verschaffen, in welchem Maße sich die Zugehörigkeit der einzelnen Waldtypen zu den verschiedenen Pflanzenklimaten mit der bekannten RAUNKIAERschen Spektrum-Methode aufzeigen lässt.

Das biologische Spektrum lässt sich für die Waldtypen in dreifacher Hinsicht berechnen: 1. als allgemeines biologisches Spektrum, mit Berücksichtigung der blossen Artenzahlen der

verschiedenen Lebensformen; 2. als Häufigkeitsspektrum, wobei die Häufigkeit des Auftretens der Pflanzenarten verschiedener Lebensformen berücksichtigt wird; und 3. als biologisches Formationsspektrum (RAUNKIAER 1910) nach den quantitativen Verhältnissen der Lebensformen innerhalb einzelner Waldtypen. Selbstverständlich gibt das letztgenannte Spektrum den besten Einblick in die Lebensformenverhältnisse der verschiedenen Waldtypen wie Pflanzengesellschaften überhaupt. Weil aber mein Beobachtungsmaterial aus der Schweiz für die Berechnung des wirklichen Formationsspektrums weniger, für das allgemeine biologische Spektrum dagegen besser geeignet ist, halte ich mich in diesem Falle hauptsächlich an dieses, führe aber zur Kontrolle und Vervollständigung auch die Häufigkeits- und Formationsspektren an.

Das allgemeine biologische Spektrum der Schweizer Waldtypen, nach dem früher angeführten Tabellenmaterial berechnet,[1] ersieht man aus folgender Tabelle, wo Ph = Phanerophyt, Ch = Chamaephyt, H = Hemikryptophyt, G = Geophyt, Th = Therophyt.

	Ph		Ch		H		G		Th	
	Arten-zahl	%	Arten-zahl	%	Arten-zahl	%	Arten-zahl	%	Arten-zahl	%
Heidewälder:										
Empetrum-Vaccinium-Typus .	(5)	**18**	(7)	**25**	(14)	**50**	—	—	(2)	**7**
(Vaccinium-Typus)[2]	(6)	**19**	(7)	**22**	(17)	**53**	—	—	(2)	**6**
Frische Wälder:										
Myrtillus-Typus	(8)	**18**	(8)	**18**	(26)	**58**	(1)	**2**	(2)	**4**
Oxalis-Myrtillus-Typus . . .	(11)	**17**	(7)	**11**	(43)	**66**	(3)	**5**	(1)	**1**
Hainwälder:										
(Oxalis-Majanthemum-Typus)	(7)[3]	**9**	(7)	**9**	(60)	**74**	(6)[4]	**7**	(1)	**1**
Oxalis-Typus	(19)	**17**	(6)	**5**	(65)	**58**	(18)[4]	**16**	(4)	**4**
(Brachypodium-Chamaebuxus-Typus)	(21)	**28**	(3)	**4**	(42)	**55**	(9)[4]	**12**	(1)	**1**
(Vaccinium-Papilionaceen-Typus)	(11)	**15**	(10)	**14**	(49)	**66**	—	—	(4)	**5**

[1] Die Lebensformen nach RAUNKIAERS «Dansk Exkursions-Flora» (1906) bestimmt, soweit sie Auskünfte über die Pflanzenarten meiner Probeflächen gibt; einige Aenderungen RAUNKIAERS (1910) sind berücksichtigt worden. *Vaccinium uliginosum* und *V. myrtillus* habe ich immer als Chamaephyten mitgenommen; ebenso *Hedera helix*, weil sie auf meinen Probe-

Da mein Beobachtungsmaterial aus der Schweiz gering ist und die Pflanzenlisten ausserdem verschiedene Kulturansiedler oder andere zufällige Arten [5] enthalten, habe ich die entsprechenden Verhältnisse aus den von mir früher untersuchten Typen in Ostfinnland (LINKOLA 1916; 1917, S. 227 ff.) und ausserdem vom Pyrola-Typus (LINKOLA 1919) berechnet, wobei der ganze von mir als ursprünglich angesehene Artenbestand im Auge behalten wurde. Die Rechnungen ergeben folgendes Resultat:

	Ph		Ch		H		G		Th	
	Arten-zahl	%	Arten-zahl	%	Arten-zahl	%	Arten-zahl	%	Arten-zahl	%
Heidewälder:										
Calluna-Typus[6]	(7)	**21**	(11)	**32**	(12)	**35**	(3)	**9**	(1)	**3**
Vaccinium-Typus	(8)	**19**	(10)	**24**	(17)	**40**	(5)	**12**	(2)	**5**
Frische Wälder:										
Myrtillus-Typus	(10)	**17**	(10)	**17**	(27)	**46**	(9)	**15**	(3)	**5**
(Pyrola-Typus)	(11)	**14**	(11)	**14**	(46)	**59**	(8)	**10**	(2)	**3**
Oxalis-Myrtillus-Typus . . .	(18)	**22**	(9)	**11**	(39)	**48**	(12)	**15**	(3)	**4**
Hainwälder:										
Oxalis-Majanthemum-Typus .	(20)	**16**	(7)	**6**	(71)	**57**	(23)	**18**	(4)	**3**
Aconitum-Typus	(22)	**13**	(8)	**5**	(98)	**60**	(30)	**18**	(7)	**4**
Farn-Typus	(22)	**14**	(6)	**4**	(88)	**58**	(31)	**20**	(6)	**4**
Vaccinium-Rubus-Typus . .	(19)	**17**	(8)	**7**	(63)	**57**	(13)	**12**	(8)	**7**

flächen nur oder beinahe nur niederliegend, zur Bodenvegetation gehörend, auftrat.

[2] Nach Schätzung zwei hemikryptophytische Arten hinzugefügt, da ein Teil der Pflanzenlisten unvollständig ist (siehe S. 148; vgl. auch Fussn. auf derselben Seite).

[3] Die geringe Anzahl dürfte sich aus der kleinen Zahl der Beobachtungen erklären, ebenso daraus, dass alle Probeflächen reine Fichtenbestände waren.

[4] Frühjahrsgewächse möglicherweise unbeachtet geblieben, sodass die Zahl vielleicht verhältnismässig zu niedrig ist.

[5] Werden diese Kulturansiedler (*Nardus*, *Anthoxanthum* u. a) und die anderen gelegentlichen Arten abgerechnet, so steigt der Chamaephyten-Prozentsatz und sinkt der Hemikryptophyten-Prozentsatz in Heidenwäldern mehr als in anderen, sodass sich die Unterschiede bezüglich derselben nur vergrössern.

[6] Von den Pflanzenarten des Calluna-Typus, dem ich früher (LINKOLA 1916, S. 87) ohne Zweifel zu weite Grenzen gezogen habe, sind sieben (z. T. ± zufällige) weggelassen worden (vgl. LINKOLA 1917, S. 232, Fussn. 1, und PALMGREN 1922 b, S. 76, Fussn.).

Schon durch einen flüchtigen Blick auf die beiden Tabellen lässt sich aus den Spektren folgendes herauslesen: Die verschiedenen Waldtypen, und namentlich die Waldtypengruppen, zeigen in ihren biologischen Spektren recht bedeutende Unterschiede, und zwar besonders, was die Chamaephyten-Prozente anbetrifft, teilweise auch bezüglich der Hemikryptophyten- und Geophyten-Prozentzahlen. Die Spektren derselben Typen aus der Schweiz und aus Finnland weisen verhältnismässig grosse Aehnlichkeiten auf, und zwar namentlich in betreff des Chamaephyten-Prozentes.[1] Das Wesentlichste in den biologischen Spektren der einzelnen Waldtypen scheint also im allgemeinen die Grösse des Chamaephyten-Prozentes zu sein. Nach dem Chamaephyten-Prozentsatz bilden die Waldtypen drei Gruppen: Heidewälder, in denen der Chamaephyten-Prozentsatz 22—32 (über 20) beträgt, frische Wälder mit Chamaephyten-Prozentsatz 11—18 (10—20) und Hainwälder mit Chamaephyten-Prozentsatz 4—9 (—14; Vaccin.-Papil.-Typus) (unter 10). Auch eine deutliche, entsprechende Gruppierung nach dem Hemikryptophyten-Prozentsatz ist besonders nach dem Spektrum aus Finnland zu schliessen sicher; eine Gruppierung nach dem Geophyten-Prozentsatz ist dagegen nur aus dem Schweizer Spektrum gut ersichtlich, und zwar in der Weise, dass die Hainwälder im allgemeinen relativ reich an Geophyten, die Heidewälder arm daran, bezw. geophytenlos sind.

Weil der Chamaephyten-Prozentsatz der verschiedenen Waldtypen von wesentlicher Wichtigkeit zu sein scheint, habe ich denselben um der Kontrolle willen auch aus den Artenaufzählungen der Waldtypen berechnet, die Palmgren (1922 b, S.

[1] Wenn die Beobachtungen aus den Schweizer Waldungen vollständiger wären und die Kulturansiedler unberücksichtigt blieben, wäre die Uebereinstimmung wahrscheinlich noch grösser.

28 ff.; vom Sanicula-Typus 1915, Tab. VI—VIII) aus Åland, CAJANDER (1909, S. 152) und ILVESSALO (1922) aus Mittelfinnland, LAKARI (1920) [1] und KUJALA (1921) aus Nordfinnland veröffentlicht haben. Die Ergebnisse erhärten im wesentlichen das Allgemeingültige, was man schon aus obigen Tabellen ersehen kann. In Nordfinnland ist jedoch der Chamaephyten-Prozentsatz grösser als bei den entsprechenden Typen weiter südlich,[2] ebenso ist der Chamaephyten-Prozentsatz hoch in den Artenaufzählungen PALMGRENS von der Typen der Heide- und frischen Wälder Ålands, was hauptsächlich daher rührt, dass in den Aufzählungen sorgfältig alle Arten weggelassen sind, die der Beobachter nicht als «eigentlich» zu dem Typus gehörig betrachtete. Auch aus Mitteleuropa habe ich mir literarische Mitteilungen für die beobachteten Verhältnisse verschafft. In dem Piceetum-Myrtillosum des Schanfigg-Gebietes BEGERS (1922, S. 49), das dem Oxalis-Myrtillus-Typus entspricht, beträgt das Chamaephyten-Prozent 17, im Piceetum normale, das hauptsächlich vom Oxalis-Majanthemum-Typus sein dürfte, 12; die Zahlen dürften aus dem Grunde so hoch sein, weil zufällige Arten und ähnliche Beimischungen aus den Pflanzenlisten fortgelassen wurden (freundliche schriftliche Mitteilung von Dr. BEGER 24. I. 1924), weshalb die Zahlen mit den meinigen nicht ganz vergleichbar sind. Die im grossen ganzen entsprechenden Zahlen aus dem Tatragebirge sind nach der Liste von SZAFER, PAWLOWSKI und KULCZYŃSKI (1923, S. 18—19) 22 und 13, offenbar wiederum aus ähnlichem Anlass so hoch. Im Piceo-Abietetum, das sich seinem Waldtypus nach dem Oxalis-Typus nähert, beträgt nach denselben Autoren das Chamaephyten-Prozent (l. c. S. 24) 7. Aus den Listen CAJANDERS (1909) über die Pflanzenarten in Hain- und frischen Wäldern Deutschlands, worin alle Arten ohne Unterscheidung aufgezählt werden, erhält man bedeutend niedrigere Chamaephyten-Prozentzahlen. In dem Tiroler Heidewaldtypus (l. c. 98), der mit dem Vaccinium-Typus verwandt ist, entspricht dagegen

[1] Das Tabellenmaterial von CAJANDER gesammelt.

[2] Auch in eigentlichen nordfinnischen Hainen ist der Chamaephyten-Prozentsatz relativ hoch: In Mulgedium alpinum-Hainen nach KUJALAS (1921, S. 31) Aufzählung 8, in Geranium- und Dryopteris-Hainen nach der LAKARIS (1920, S. 42) 12.

die Chamaephyten-Prozentzahl (28) gut den Werten der obigen Tabellen.

In allen obenerwähnten Zahlen ist jede Art, gemäss der allgemeinen Methode von RAUNKIAER, als gleichwertig berücksichtigt worden, sei sie nun häufig oder selten, reichlich oder spärlich. Es möge deshalb hier auch ein Häufigkeitsspektrum und ebenso ein Mengenverhältnisse berücksichtigendes Formationsspektrum der schweizerischen Waldtypen hinzugefügt werden.

Das Häufigkeitsspektrum habe ich aus meinen Pflanzenlisten dadurch erhalten, dass die Pflanzenarten Wertzahlen (1, 2, 3, ...) nach der Häufigkeit des Auftretens auf den untersuchten Probeflächen bekamen, was berechtigt erscheint, da die Probeflächen meistens ziemlich gleich gross waren. Eine ungefähr ähnliche Berechnung des Spektrums nach der Häufigkeit der Pflanzenarten hat HÄYRÉN (1914, S. 25) unter der Bezeichnung: floristisch-biologische Häufigkeitsmethode früher angewandt. Das Häufigkeitsspektrum ist folgendes:

	Ph	Ch	H	G	Th
Heidewälder:					
Empetrum-Vaccinium-Typus . . .	16	36	41	—	7
Vaccinium-Typus	19	29	46	—	6
Frische Wälder:					
Myrtillus-Typus	20	19	51	2	8
Oxalis-Myrtillus-Typus	19	16	60	2	3
Hainwälder:					
Oxalis-Majanthemum-Typus . . .	6	10	75	6	3
Oxalis-Typus	19	5	61	13	2
Brachypodium-Chamaebuxus-Typus .	30	4	55	10	1
Vaccinium-Papilionaceen-Typus . .	13	14	69	—	4

Um ein wirklich quantitative Verhältnisse der verschiedenen Lebensformen widerspiegelndes Formationsspektrum zu erhalten, ist ein Aufnahmematerial nach einer Schätzungsmethode wie z. B. RAUNKIAERS Valenzmethode, und zwar mit möglichst kleinen Arealeinheiten (RAUNKIAER 1910, S. 40), notwendig. In Ermangelung von solchem Material habe ich die nach der Norrlinschen Skala geschätzten Dichtigkeitsziffern der

einzelnen Arten (1— = ½) zur Konstruktion eines Formationsspektrums für die Untervegetation der verschiedenen Waldtypen verwendet. Das Ergebnis ist wie folgt:

	Ch	H	G	Th
Heidewälder:				
Empetrum-Vaccinium-Typus . . .	58	26	—	16
Vaccinium-Typus	55	35	—	10
Frische Wälder:				
Myrtillus-Typus	38	45	3	14
Oxalis-Myrtillus-Typus	29	63	2	6
Hainwälder:				
Oxalis-Majanthemum-Typus . . .	10	80	5	5
Oxalis-Typus	6	76	15	3
Brachypodium-Chamaebuxus-Typus .	9	78	10	3
Vaccinium-Papilionaceen-Typus . .	15	82	—	3

Wie ersichtlich, zeigen die Häufigkeits- und Formationsspektren in allem Wesentlichen dasselbe wie das frühere Allgemeinspektrum. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Waldtypen werden jedoch grösser und deutlicher. Dies gilt vor allem von dem Chamaephyten-Prozentsatz; ausserdem tritt der relativ geringe Anteil der Hemikryptophyten (Gräser und Kräuter) an den Heidewäldern, der grosse Anteil an der Hainwaldvegetation bedeutend deutlicher hervor. Wie zu erwarten, weist besonders das Formationsspektrum diese Verhältnisse in sehr klarer Weise, meist schön reihenmässig, auf. In diesem Spektrum schliesst sich auch der Vaccinium-Papilionaceen-Typus, der in anderen Spektren eine Ausnahmestellung unter den Hainwaldtypen einnimmt, sehr gut an die anderen Hainarten an.

Ein biologisches Formationsspektrum, das auf einer wenigstens annähernd wahre Dominanzverhältnisse angebenden Gesellschaftsanalyse fusst, würde die Unterschiede der einzelnen Lebensformen in ihrem Anteil an den verschiedenen Waldtypen ohne Zweifel noch deutlicher zur Schau bringen. Das kann man u. a. aus den Gesellschaftsanalysen erschliessen, die Raunkiaer (1910) und Vahl (1911, 1919) über Waldbestände veröffentlicht haben, deren Waldtyp sich nach den Pflanzenlisten teilweise sehr gut bestimmen lässt.

Das mir verfügbare Material ist in mancher Hinsicht zu mangelhaft, um sichere Schlüsse darüber zu gestatten, ob man alle einzelnen Waldtypen durch biologische Formationsspektren zahlenmässig begrenzen und charakterisieren kann. Ein einwandfreier Versuch in dieser Richtung (natürlich für Waldvegetation in ± ursprünglichem Zustand) wäre vielleicht der Mühe wert. Dabei wäre es wahrscheinlich zweckentsprechend, auch die Moose und Flechten der Bodenvegetation als Chamaephyten (Bryochamaephyten nach Gams 1918, S. 340) zu berücksichtigen.

Wie bekannt, spielt u. a. die Grösse des Chamaephyten-Prozentsatzes eine wichtige Rolle in Raunkiaers (1908, S. 68) Unterscheidung der Pflanzenklimatypen und -gebiete, teilweise entgegengesetzt der Höhe des Hemikryptophyten-Prozentsatzes. In borealem und arktischem Gebiete unterscheidet Raunkiaer demnach: 1. eine kalt-temperierte Zone, Hemikryptophyten-Zone, südlich der 10% Ch-Biochore (Grenzlinie), 2. eine boreale Zone, Hemikryptophyten- und Chamaephyten-Zone, zwischen den 10 und 20% Ch-Biochoren, 3. eine arktische Zone, Chamaephyten-Zone, zwischen den 20 und 30% Ch-Biochoren und 4. ein arktisch-nivales Gebiet mit über 30% Ch.

Wir können gleichartige Ideen auf das Gebiet der Waldtypen übertragen und deren verschiedene Chamaephyten- und Hemikryptophyten-Prozente zur Unterscheidung und Charakterisierung der Waldklimaarten und -gebiete verwenden. Dabei können wir, wie es scheint, die Prozentsätze jeder beliebigen obigen Art von biologischen Spektren, am besten jedoch vom biologischen Formationsspektrum, verwenden. Weil aber, wie oben hervorgehoben wurde, dieses Spektrum, nach meinem Analysenmaterial berechnet, nicht als befriedigend zu bezeichnen ist und weil das allgemeine biologische Spektrum jedenfalls die Hauptzüge ziemlich gut wiedergibt, benutzen wir in diesem Zusammenhange dieses, wobei wir jedoch auch das Formationsspektrum im Auge behalten, und unterscheiden darnach die verschiedenen Waldtypengruppen und in grossen Zügen die ihnen entsprechenden Waldklimatypen und -gebiete:

1. Wälder, in denen der Chamaephyten-Prozentsatz niedrig, unter ca. 10, und der Anteil der Hemikryptophyten an der

Bodenvegetation verhältnismässig gross ist: Hemikryptophyten- (+ Geophyten-) Wälder oder Hainwälder.[1] Diese sind dem gemässigten Waldklima eigen und sind dessen Kennzeichen (Klima der Hemikryptophyten-Wälder, das in der Hauptsache dem gemässigten Laubwaldklima entspricht, jedoch die am meisten temperierten Klimaarten des Nadelwaldklimas umfassend).

2. Wälder, in denen der Chamaephyten-Prozentsatz 10—20 (oder wenig darüber) und der Hemikryptophyten-Prozentsatz einigermassen niedriger als oben ist: Chamaephyten- und Hemikryptophyten-Wälder oder frische Wälder; sie sind dem kühlen Waldklima eigentümlich (das Klima der Chamaephyten- und Hemikryptophyten-Wälder, das man im wesentlichen dem gemässigteren Nadelwaldklima entsprechend ansehen kann).

3. Wälder, in denen der Chamaephyten-Prozentsatz über 20 und der Hemikryptophyten-Prozentsatz bedeutend niedriger ist als bei den vorhergehenden Waldarten: Chamaephyten-Wälder oder Heidewälder; man kann sie als charakteristisch für das kaltkühle Waldklima ansehen (Klima der Chamaephyten-Wälder, das dem kälteren Nadelwaldklima entspricht).

Dass die hier unterschiedenen Waldarten[2] in grossen Zügen den erwähnten Klimaarten entsprechen, ersieht man aus

---

[1] Es sei hier bemerkt, dass man H-Wälder, in denen der Chamaephyten-Prozentsatz grösser als 10 ist (vielleicht Vaccinium-Papilionaceen-Typus; siehe jedoch Formationsspektrum), antrifft, aber diese stehen in mancherlei Beziehungen an der Grenze der anderen Waldarten. Ebenso gibt es zu den Ch- und H-Wäldern gehörige Waldarten, in denen der Chamaephyten-Prozentsatz ausnahmsweise hoch ist (in Nordfinnland der Dickmoostypus mit ca. 30 Chamaephyten-Prozenten), aber diese stehen auch sowohl nach ihrer ökologischen Struktur als nach ihrer Verbreitung an der Grenze zu den Heidewäldern.

[2] Es sei nebenbei bemerkt, dass man die tropischen Regenwälder vielleicht als Ph-Wälder bezeichnen könnte; mehrere subtropische, an Holz- und Straucharten reiche Waldarten als Ph- und H- (+ G- ?) Wälder. Zu diesen neigen schon die Wälder vom Brachypodium-Chamaebuxus-Typus und noch mehr die auf S. 177 kurz erwähnten, an phanerophytischen Arten reichen Buschwälder bei Lugano.

deren allgemeiner geographischen Verbreitung. Die Hemikryptophyten-Wälder dominieren z. B. in den Tiefebenen Mitteleuropas, die Chamaephyten- und Hemikryptophyten-Wälder z. B. in Südfinnland, die Chamaephyten-Wälder in Nordfinnland und Lappland, wo der Chamaephyten-Prozentsatz sogar des allgemeinen biologischen Spektrums in den dominierenden Waldtypen sehr hohe Werte erreicht (im Empetrum-Myrtillus-Typus nach den von Lakari, 1920, veröffentlichten Pflanzenverzeichnissen 37, im Myrtillus-Cladina-Typus 43 und im Cladina-Typus 59!). Ebenso dominieren in den Alpen, wie auch anderswo in den hohen Gebirgen Mitteleuropas, auf den niedrigsten Stufen die Hemikryptophyten-Wälder, weiter oben — in der Schweiz im grossen Durchschnitt von 1500 m Höhe ab (s. S. 179) — Chamaephyten- und Hemikryptophyten-Wälder; näher nach der Waldgrenze zu stellen sich häufig Chamaephyten-Wälder ein, eine vollständige Chamaephyten-Waldstufe ist hier aber nicht häufig ausgebildet, was jedoch vermutlich zum grossen Teile davon abhängt, dass an der Waldgrenze diese Wälder allgemein vernichtet sind (vergl. S. 179), ebenso sind hier u. a. edaphische Faktoren mit im Spiele (vergl. S. 186).

Obwohl die Waldtypen, ausser durch den gegenseitigen Kampf der Pflanzenarten ums Dasein, in grösseren Zügen hauptsächlich klimatisch und besonders klimatisch-edaphisch bedingt sind, spielen auch rein edaphische Faktoren daneben eine äusserst bedeutsame Rolle. Die edaphischen Faktoren können, wie es auch in betreff der sonstigen Vegetation allgemein der Fall ist, die klimatischen zum Teil oder fast gänzlich ersetzen. Dieser Umstand führt dazu, dass die edaphischen Faktoren überall, wo sie mit den einem jeden Klimatypus mehr oder weniger eigenen Bodentypen in höherem Grade unharmonisch sind, mehr oder weniger modifizierend auf die Waldtypenverhältnisse und somit auch auf die Chamaephyten-Prozentsätze der Waldvegetation, wie diese nach dem Pflanzenklima vorausgesetzt werden können, einwirken. Wenn die edaphischen Faktoren in Form grosser Unfruchtbarkeit des Bodens auftreten, vermehrt sich der Chamaephyten-Prozentsatz der Wälder, und der Hemikryptophyten-Prozentsatz sinkt, und wir können somit sagen, dass die ungünstigen edaphi-

schen Faktoren die Bildung von Waldarten eines kälteren Klimas begünstigen. Führen die edaphischen Faktoren zur Entstehung eines besonders fruchtbaren Bodens, z. B. durch vorteilhaften Kalkgehalt, so sinkt der Chamaephyten-Prozentsatz und steigt der Hemikryptophyten-(+ Geophyten-)Prozentsatz; die Entstehung von Waldarten wärmerer Klimate wird also gefördert. Dem Einflusse edaphischer Faktoren ist es also zu verdanken, dass die zonen- und stufenweise Verbreitung der oben unterschiedenen Hemikryptophyten-, Chamaephyten- + Hemikryptophyten-, sowie Chamaephyten-Wälder durchaus nicht so regelmässig ist, als sich nach den klimatischen Verhältnissen erwarten liesse.

Wie Raunkiaer die Chamaephyten-Biochoren zur Fixierung der Grenzstellen seiner oben erwähnten Pflanzenklimagebiete verwendet hat, so dürfte man die Wald-Chamaephyten-Biochoren zur Abgrenzung der oben unterschiedenen Waldklimagebiete und deren Untergebiete benutzen können. Die wichtigste von diesen ist zweifellos, nach dem allgemeinen biologischen Spektrum und einer ungefähr ähnlichen, mehr oder weniger weiten Berücksichtigung der Pflanzenarten, wie es in meinen Untersuchungen der Fall war, vorausgesetzt, die (ca.) 10% Wald-Chamaephyten-Biochore. Nach den das Gepräge verleihenden Waldtypen bestimmt, tangiert sie in Finnland vielleicht die Küsten des Finnischen Meerbusens und bildet in den Schweizer Alpen die Grenze zwischen montaner und subalpiner Stufe (s. S. 180).[1] Die genauere Fixierung des Verlaufs jener 10% Wald-Ch-Biochore, ebenso wie anderer wichtiger (ca. 20%) Wald-Chamaephyten-Biochoren ist eine Aufgabe künftiger Untersuchungen.[2]

[1] Die allgemeine 10% Ch-Biochore verläuft im Puschlav, nach dem von Brockmann-Jerosch (1907) veröffentlichten floristischen Material berechnet, ca. 1600 m ü. M. (Raunkiaer 1908, S. 70); also vielleicht ungefähr ähnlich wie die 10% Wald-Ch-Biochore (die montane Stufe erstreckt sich im Puschlav wahrscheinlich wenigstens 100—200 m höher als in den nördlichen Kalkalpen).

[2] Mehrere Beispiele dafür, wie der Wald-Ch-Prozentsatz auch in der subalpinen Stufe der Schweiz im allgemeinen steigt, je höher man kommt, liessen sich anführen. Es sei nur eins erwähnt: Aus dem Puschlav beschreibt

Es sei hier noch zum Schluss eine Bemerkung über die Aspektfolge der verschiedenen Waldtypen erlaubt. GAMS (1918) hat ja, wie bekannt, neulich die Berücksichtigung der Aspektfolge bei der Charakterisierung der Pflanzenvereine, Standorte und Pflanzenklimagebiete nachdrücklich empfohlen. Schon aus dem sehr ungleichen quantitativen Anteil der Chamaephyten und Hemikryptophyten (sowie Geophyten und Therophyten) an den verschiedenen Waldtypen (siehe das Formationsspektrum S. 192) ist ohne weiteres ersichtlich, dass ein mehr oder minder bestimmter Aspektverlauf des Unterwuchses (in grossen Zügen auch des Holz- und Strauchbestandes) wenigstens im allgemeinen für verschiedene Waldtypen charakteristisch ist und dass man sie durch «phäno-ökologische Spektren» (GAMS 1918, S. 396) der Untervegetation mehr oder weniger erfolgreich charakterisieren dürfte. In den Heidewäldern fehlt der Sommeraspekt oder ist schwach entwickelt, in den Hainwäldern dagegen ist er sehr ausgeprägt. Die Grenze zwischen montaner und subalpiner Stufe würde nach den Aspektverhältnissen vom Standpunkte der CAJANDERschen Waldtypeneinteilung aus im wesentlichen dorthin zu liegen kommen, bis wohin ein ausgeprägter «Hochsommer» der Bodenvegetation in den Wäldern ansteigt (s. bei GAMS 1918, S. 364), also gerade an der Stelle, welche auch von der 10% Wald-Chamaephyten-Biochore angedeutet wird.

5. Ueber die Artenzahl der höheren Gewächse in den verschiedenen Waldtypen.

In Finnland, wo die Waldtypen schon ziemlich vielseitig erforscht sind, ist für die verschiedenen Waldtypen u. a. eine verschiedene Anzahl Gefässpflanzenarten in bezug auf die Typen sowohl in ihrer Gesamtheit (LINKOLA 1919, LAKARI 1920, ILVESSALO 1922, PALMGREN 1922 b) als pro Probefläche (PALMGREN 1922 a [1916], S. 104 Fussn., ILVESSALO 1922) festgestellt worden und dies derart, dass in den als dürftig erschlossenen Typen die

BROCKMANN-JEROSCH (1907, S. 280) von 1850 m einen lichten Lärchen- und Fichtenwald mit Vaccinium-Unterwuchs und Ch-% 17, von 2150 m einen lichten Arven- und Lärchenwald mit Vaccinium-Unterwuchs und Ch-% ca. 30.