©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Die thermischen Vegetationszonen der Erde

Ein Beitrag zur Präzisierung der geobotanischen Terminologie Mit einer Vegetationskarte

- Fred-Günter Schroeder -

ZUSAMMENFASSUNG

Um eine einfache Übersicht über die Gesamtgliederung der Vegetation der Erde zu erhalten, ist es zweckmäßig, die zugrundeliegenden Klimaunterschiede in ihre thermischen und hygrischen Komponenten zu zerlegen.

Nach den übergeordneten thermischen Faktoren ergibt sich eine Gliederung in 7 breitenparallele thermische Zonen, deren Klimagrenzwerte und humide Normalvegetation zuerst besprochen werden (Abb. 1, 2).

Die anschließend behandelten hygrisch bedingten Vegetationsunterschiede lassen in jeder der 5 nicht-polaren Zonen eine Aufstellung von 4 Humiditätsgraden zu (Abb. 2).

Auf dem Hintergrund der historisch bedingten Florenunterschiede kann man die ökologischen Grundlagen der wichtigsten Vegetationstypen der Erde durch die Kombination von thermischer Zone und Humiditätsgrad beschreiben (Abb. 2; Vegetationskarte).

Die Höhenstufung der Vegetation in den Gebirgen wird am Schluß kurz diskutiert. Die Stufen der extratropischen Gebirge können als modifizierte Auslieger der weiter polwärts gelegenen Zonen gelten. Die temperierte Waldstufe der tropischen Gebirge ist als eigenständige Einheit anzusehen, für die die Bezeichnung Oreotropische Stufe vorgeschlagen wird (Abb. 3).

SUMMARY

In spite of the very detailed knowledge on the world's vegetation, there is still no generally accepted system of global classification. An attempt for a new, easily understandable interpretation is presented here, using the facts of taxa and community distribution and considering their climatical backgrounds.

Based on the vegetation pattern of humid regions, 7 latitudinal vegetation zones are distinguished: the two polar zones beyond the northern and southern timberlines, the Tropical Zone, and four extratropical (temperate) forest zones. Their differences depend on temperature climate, and their delimitations can be connected with certain approximate values within the two thermic gradients of summer warmth and winter minima. From north to south, the seven zones with their determining conditions are:

Arctic (summer very cool, no month with mean temperature above +10°C)
Boreal (short summer, 1 to 4 months above +10°C; winter cold)
Nemoral (summer rather long, at least 5 months above +10°C; winter moderately cold with frosts below -10°C)
Meridional (mild winter with frosts between 0 and -10°C)
Tropical (no frost at all, no thermic seasons distinct enough to affect plant growth)
Austral (same condition as Meridional)
Antarctic (similar to Arctic).

Within the five thermic forest zones, the vegetation changes according to the conditions of humidity. The hygric gradient from wholly humid to wholly arid can be usefully classified into 4 grades defined by the character of vegetation:

Humid (with the forest typical for the respective zone)
Semihumid (with forest considerably different from the humid type in life forms and/or taxa)
Semiarid (beyond the hygric forest line, but with a ± closed cover of woodland, scrub, or grassland)
Arid (no closed vegetation cover: semidesert and desert).

On the base of historically different floras, the ecological background for most of the world's major vegetation regions can be described by a combination of the thermic zones with the humidity grades (see Abb. 2 and the Vegetation Map).

The altitudinal vegetation belts of extratropical mountains are considered as more or less modified outliers of the corresponding latitudinal zones. The temperate forest belt of tropical mountains, which combines genuine tropical characters with those of Austral and Meridional vegetation, is proposed to be called Oreotropical.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

GLIEDERUNG

Einleitung

Vegetationszonen im humiden Bereich
1. Die Tropische Zone und ihre geobotanischen Grenzen
2. Die Polarzonen jenseits der thermischen Waldgrenzen
   Arktische Zone
   Antarktische Zone
3. Die extratropischen (gemäßigten) Waldzonen
   Nordhalbkugel:
      Meridionale Zone
      Nemorale Zone
      Boreale Zone
   Südhalbkugel: Australe Zone

Hygrische Untergliederung der thermischen Zonen
1. Tropische Zone
2. Meridionale und Australe Zone
3. Nemorale Zone
4. Boreale Zone
5. Polarzonen

Vegetationsstufen der Gebirge
1. Alpine Stufe
2. Waldstufen in den Extratropen
3. Oreotropische Stufe

EINLEITUNG

Die Landschaftsgürtel der Erde, mit ihren kennzeichnenden Klimatypen und Vegetationsformationen und deren wirtschaftsgeographischen Konsequenzen, sind seit Jahrhunderten ein zentrales Thema sowohl der Geographie als auch der Botanik. Trotz detaillierter Kenntnisse wird jedoch die globale Gliederung in Zonen und deren Definition nicht einheitlich gehandhabt. Ursache sind vor allem die unterschiedlichen Einteilungsprinzipien. Rein mathematisch-geographische, klimatologische, geomorphologische, vegetationskundliche, floristische und agrargeographische Kriterien können zu sehr verschiedenen Gliederungen führen; sie werden zudem oft in wenig durchsichtiger Weise vermischt. So kommt es, daß manche viel benutzten Termini einen so verschiedenen Inhalt haben können, daß sie ohne Zusatz-Definitionen kaum noch Aussagewert besitzen: Musterbeispiele sind die Begriffe "subtropisch" und "temperiert".

Auch die neueren rein botanisch fundierten Darstellungen zeigen eine unbefriedigende Uneinheitlichkeit und lassen zudem oft wegen zu vieler, nicht immer klar definierter Kategorien den großen Überblick vermissen. Im vorliegenden Beitrag wird daher versucht, die Fülle der bekannten Einzelheiten neu zu einer überschaubaren und zugleich organischen Gliederung zusammenzufassen. Primäre Einteilungskriterien sind dabei die Tatsachen der Pflanzenverbreitung und -vergesellschaftung, wobei floristische und physiognomische Merkmale gleich wichtig sind.

Zweierlei Ursachen bedingen die globalen Unterschiede von Flora und Vegetation: historische und aktuell-ökologische. Wir betrachten nur die letzteren näher, d.h. die klimatischen. Auf der Grundlage der historisch vorgegebenen Floren sind die floristisch-physiognomisch definierten Vegetationsgebiete klimatisch bedingt, und ihre Abgrenzungen lassen sich mit Änderunggen bestimmter Klimafaktoren parallelisieren. Hierfür angegebene Schwellenwerte dürfen allerdings nicht absolut genommen werden; es sind vielmehr Näherungswerte, die durch die Wirkung der übrigen Klimakomponenten variiert werden.

Die komplexe Gliederung der Flora und Vegetation der Erde läßt sich leichter überschaubar machen, wenn man ihre klimatischen Grundlagen in die beiden Hauptkomponenten, thermische und hygrische Faktoren, aufteilt und die durch sie bewirkten Abgrenzungen getrennt betrachtet.

Dabei ist der thermische Faktor der übergeordnete. Er wird durch die geographische Breite bestimmt: vom Äquator zu den Polen ändert sich die Temperatur von dauernd warm zu dauernd kalt. Dieser Gradient wird durch geomorphologische Faktoren (Verteilung von Land und Meer, Gebirge) nur modifiziert; durch edaphische Faktoren läßt sich ungünstiges Wärmeklima nicht wesentlich verbessern. Etwa breitenparallele thermisch bedingte Zonen bilden daher die Grundlage der Vegetationsgliederung der Erde.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Die hygrischen Verhältnisse können unabhängig von der Breitenlage sehr unterschiedlich sein. In den thermischen Zonen ist daher jeweils eine hygrisch bedingte Untergliederung der Vegetation zu erwarten. Ungünstige hygrische Verhältnisse können jedoch durch edaphische Faktoren ausgeglichen werden (z.B. Wasserzufuhr durch Flüsse aus klimatisch humiden Gebieten). Daher ist der Vegetationstyp des humiden Teils jeder thermischen Zone auch in den nichthumiden Teilen möglich und für die Abgrenzung verwendbar; er kann als der jeweilige Normaltyp angesehen werden.

Um die rein thermische Vegetationszonierung vom Äquator zu den Polen, unabhängig von hygrisch bedingten Störungen, zu ermitteln, müssen wir also zunächst die humiden Gebiete untersuchen. Anschließend können die hygrischen Abwandlungen innerhalb jeder Zone betrachtet werden. Zum Schluß folgt ein Blick auf die den thermischen Zonen analogen Höhenstufen in den höheren Gebirgen.

VEGETATIONSZONEN IM HUMIDEN BEREICH

Im Bereich des Äquators sind die Temperaturen für den Pflanzenwuchs dauernd gleichmäßig günstig; die Temperaturmittel aller Monate entsprechen ± dem Jahresmittel. Begibt man sich vom Äquator in immer höhere Breiten, so treten nach- bzw. nebeneinander folgende Änderungen im Temperaturklima ein, die für den Pflanzenwuchs von Bedeutung sein können:

(1) Das J a h r e s m i t t e l nimmt ab.
(2) Die M o n a t s m i t t e l werden unterschiedlich, es kommt zu einer Abstufung vom wärmsten zum kältesten Monat.
(3) Das M i t t e l d e s k ä l t e s t e n M o n a t s sinkt in einen Bereich, in dem keine volle Photosynthese mehr möglich ist; dadurch entsteht eine relative Wachstums-Ruhezeit, d.h. ein Winter im vegetationskundlichen Sinne. Weitere Temperaturabnahme - auch im Sinne von (4) - führt zur Verlängerung und Intensivierung des Winters; dieser wird zur absoluten Ruhezeit, und die Wachstumsperiode (Sommer) wird auf die Hälfte des Jahres oder weniger beschränkt.
(4) Es treten T e m p e r a t u r - M i n i m a unter dem Gefrierpunkt auf, wodurch das Vorkommen nicht frostresistenter Sippen unmöglich wird. Weiteres Sinken der Minima bewirkt eine immer schärfere Auslese unter den verbleibenden Sippen und Lebensformen nach ihrer Frosthärte.
(5) Das M i t t e l d e s w ä r m s t e n M o n a t s sinkt so weit ab, daß auch im Sommer die Photosynthese nicht mehr optimal stattfinden kann und schließlich völlig unmöglich wird.

Welche dieser Gradienten bewirken wo welche Änderungen der Vegetation? Wie die folgende Analyse zeigt, lassen sich auf der Landfläche der Erde nicht mehr als 7 rein thermisch bedingte Vegetationszonen unterscheiden (vgl. die Übersicht Abb. 1 und die Vegetationskarte). Die zwischen ihnen vermittelnden Übergangssäume (Ökotone) werden hier mit Absicht vernachlässigt, da es auf die Darstellung des Typischen ankommt.

1. D i e T r o p i s c h e Z o n e u n d i h r e g e o b o t a n i s c h e n G r e n z e n

Im humiden äquatoralen Bereich herrscht als natürliche Vegetation ein artenreicher immergrüner Laubwald, der traditionell als T r o p i s c h e r R e g e n w a l d bezeichnet wird. So weit sich dieser Vegetationstyp relativ unverändert nach Norden und Süden erstreckt, reicht auch die Tropische Vegetationszone.

Bereiche, in denen man vom Äquator einigermaßen weit polwärts vordringen und dabei im ± humiden Bereich bleiben kann, gibt es infolge der globalen Luftzirkulation nur auf den Ostseiten der Kontinente.

Auf der Nordhalbkugel ist der beste räumliche Zusammenhang in O s t a s i e n gegeben. Nach Norden hin verändert sich der Charakter der Vegetation auf weite Strecken zunächst kaum, auch nicht in Gebieten, deren Monatsmittel schon erhebliche Unterschiede (bis über 10°C) aufweisen. Erst bei etwa 23°N (S-China) bis 28°N (Himalaja-Fuß) treten starke Änderungen ein, die weniger die Physiognomie der Pflanzenformation betreffen, um so mehr aber ihre floristische Zusammensetzung. Auf sehr engem Raum finden hier zahlreiche Gattungen und Familien ihre nördliche Arealgrenze, so daß die Sippengarnitur des Tropischen Regenwaldes sehr dezimiert wird. Dafür kommen Vertreter von Sippen hinzu, deren Verbreitungsschwerpunkt in den Extratropen liegt; sie übernehmen auch die Dominanz in der Vegetation.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

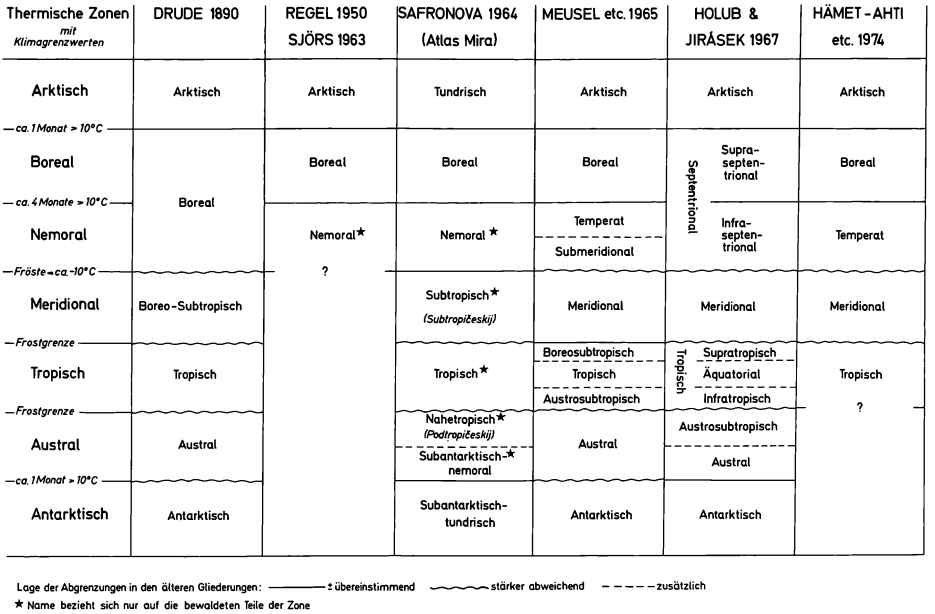


Abb. 1: Die hier unterschiedenen thermischen Vegetationszonen im Vergleich zu einigen früheren Gliederungen.

Ein ähnlich scharfer floristischer Umschlag liegt in Ost-Nordamerika im südlichen Drittel der Halbinsel F l o r i d a , etwa bei 27°N. In beiden Fällen wird an der betr. Stelle traditionell die Grenze zwischen dem paläo- bzw. neotropischen und dem holarktischen Florenreich gezogen.

Hier also liegt die geobotanische Nordgrenze der Tropischen Zone. Beim Vergleich mit Klimadaten ergibt sich, daß ihr Verlauf in Ostasien etwa mit der Südgrenze des Auftretens von Frösten zwischen 0 und -2°C zusammenfällt, zugleich aber auch mit der Südgrenze des Temperaturmittels von <10°C für den kältesten Monat. In Florida liegt letztere Linie jedoch etwa 3 Breitengrade nördlicher, während die Frostgrenze mit dem Verlauf der floristischen Grenze übereinstimmt. Der Schluß liegt nahe, daß die Nordgrenze der tropischen Flora und Vegetation durch das Auftreten von Frösten bedingt ist.

Auf der Südhalbkugel gibt es Landbereiche, in denen man aus eindeutig tropischen Breiten weit nach Süden vordringen kann, ohne den ± humiden Bereich zu verlassen, vor allem in O s t a u s t r a l i e n . Etwa von der NO-Spitze des Kontinents zieht sich ein schmaler, in Queensland örtlich unterbrochener Streifen immergrünen Feuchtwaldes längs der Küste bis nach Tasmanien. Von paläotropischen (indomalesischen) Elementen beherrschter Tropischer Regenwald reicht hier bis etwa 22°S nach Süden. Dann nimmt die Zahl der paläotropischen Elemente stärker ab; an ihre Stelle treten nach und nach Sippen südlich-extratropischer Verbreitung, die ab etwa 30°S dominierend werden. Prüft man die Klimadaten, so stellt man fest, daß die Abgrenzung wie in Ostasien und in Florida mit den Temperaturminima parallel geht: das Gebiet nördlich 22°S ist frostfrei, während südlich von 30°S überall Fröste zwischen -1 und -8°C auftreten. Die Frostgrenze ist also auch hier ausschlaggebend für das Vorherrschen tropischer bzw. extratropischer Flora und Vegetation. Der auffallend breite Übergangsstreifen ist ebenfalls erklärlich: hier liegen die Minima nahe der Küste überall noch über 0°C, im Binnenland jedoch zwischen 0 und -3°C, also gerade im kritischen Bereich.

Ein zweites Gebiet, in dem Feuchtwälder aus Äquatornähe weit nach Süden reichen, ist O s t b r a s i l i e n . Von ca. 6°S bis etwa 29°S erstreckt sich an der Küste entlang ein kaum unterbrochener Streifen Tropischen Regenwaldes. Er grenzt im Süden jedoch nicht an extratropische Wälder, sondern an das Grasland der Pampa. Die Frostgrenze stimmt hier etwa mit der Pampasgrenze überein.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Im tropischen O s t a f r i k a fehlen humide Gebiete mit Ausnahme der Ostküste Madagaskars. Auf dem Festland tritt humides Klima ab etwa 25°S in Natal auf. Die Flora ist hier noch rein tropisch, entsprechend dem Fehlen von Frösten. Erst an der Südküste bei ca. 34°S, wo stellenweise Fröste um -1°C vorkommen, zeigt der immergrüne Feuchtwald eine Beimischung von extratropischen Elementen; ausgesprochen extratropische Vegetation gibt es aber erst im sommertrockenen Gebiet der Kapflora.

Die Feuchtwaldgebiete von Südchile und Neuseeland, noch südlicher und ganz jenseits der Frostgrenze gelegen, werden völlig von extratropischen Sippen beherrscht.

Zusammengefaßt: Das Vorkommen tropischer Flora und Vegetation reicht im humiden Bereich etwa bis an die absolute Frostgrenze. Die so definierte Tropische Zone ist der Bereich, in dem keinerlei pflanzenschädigende Tieftemperaturen auftreten. Zugleich liegt die 10°-Isotherme des kältesten Monats überall - außer in Ostasien, wo sie damit zusammenfällt - weiter polwärts als die Frostgrenze. Da Mitteltemperaturen von 10°C etwa die untere Grenze optimaler Phytosynthese bezeichnen, gibt es also nirgends Jahreszeiten, in denen das Wachstum durch zu niedrige Temperaturmittel eingeschränkt wird. Dementsprechend ist die oft vorgenommene Aufteilung in mehrere thermische Zonen (z.B. MEUSEL etc.) vegetationskundlich nicht zu begründen; die große Vielfalt der tropischen Vegetation ist durch die hygrischen Unterschiede bedingt.

2. D i e P o l a r z o n e n j e n s e i t s d e r t h e r m i s c h e n W a l d g r e n z e n

Von allen, wie auch immer definierten Landschaftsgürteln der Erde ist die nördlich der nordpolaren Baumgrenze gelegene A r k t i s c h e Z o n e mit ihrer Tundrenvegetation diejenige, über deren Umfang, Abgrenzung und Benennung die größte Einigkeit herrscht. Auch die klimatische Ursache für die thermische Waldgrenze, die meist im Bereich zwischen 65 und 70°N liegt, ist unumstritten: infolge mangelnder Sommerwärme reicht die Stoffproduktion für den Aufbau hochwüchsiger Gehölze nicht mehr aus. Als klimatischen Schwellenwert hat bereits GRISEBACH die 10°-Juli-Isotherme angenommen und damit erstmalig erfolgreich eine Vegetationsgrenze mit Klimadaten verknüpft; die kritische Diskussion der Modifizierung dieses Wertes durch die übrigen Klimafaktoren von BROCKMANN-JEROSCH ist als klassisch anzusehen und gilt mutatis mutandis auch für alle übrigen Parallelisierungen.

Das Gegenstück auf der Südhalbkugel, die südpolare waldfreie Zone, umfaßt nur minimale Landflächen, außer der äußersten Südspitze Südamerikas sämtlich landferne (sog. subantarktische) Inseln. Die durch den gleichen Klimafaktor bedingte thermische Waldgrenze liegt auf Feuerland bei 55°S, sonst teils schon bei 40°S. Die Vegetation stimmt nur bezüglich der Waldfreiheit mit der arktischen überein; ob man die Büschelgras-, Hartpolster- und Staudenfluren, die eher der tropisch-alpinen Vegetation ähneln, mit unter den Begriff der Tundra rechnen soll, ist eine Definitionsfrage. Logischerweise ist diese Vegetationszone als A n t a r k t i s c h e Z o n e zu bezeichnen. Doch ist diese Benennung insofern nicht ganz glücklich, als ihre Umgrenzung weder mit der des antarktischen Kontinents noch mit der des Antarktischen Florenreiches übereinstimmt.

3. D i e e x t r a t r o p i s c h e n (g e m ä ß i g t e n) W a l d z o n e n

Zwischen der Tropischen und den beiden polaren Zonen bleibt auf jeder Hemisphäre ein von extratropischen Sippen beherrschtes Waldgebiet übrig; beide Bereiche können als nördliche bzw. südliche gemäßigte (temperierte) Zonen benannt werden, was wohl die sinnvollste Anwendung dieses vieldeutigen Begriffes ist. Sie ist aber vegetationskundlich nicht einheitlich; die Notwendigkeit der Aufteilung in mehrere thermische Vegetationszonen ist mindestens für die n ö r d l i c h e g e m ä ß i g t e Z o n e offensichtlich. Von der Tropengrenze ausgehend, wollen wir zunächst diese näher betrachten.

Für den nördlich der Tropengrenze gelegenen, von extratropischen Sippen beherrschten immergrünen Laubwald gibt es unterschiedliche Benennungen; vielfach wurde er gar nicht als eigenständige, weltweit verbreitete Formation erkannt. Wir wollen ihn mit dem seit RÜBEL am häufigsten verwendeten Namen L o r b e e r w a l d bezeichnen. In Ostasien bedeckt er ausgedehnte Gebiete von Südjapan über Südchina bis zum Osthimalaja. Die Zahl der beteiligten Baumgattungen und -arten ist erheblich (wenn auch wesentlich geringer als

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

im Tropischen Regenwald). Wichtige Familien, denen viele der dominierenden Bäume angehören, sind die Fagaceen und die Lauraceen; weitere charakteristische Elemente sind Theaceen, Magnoliaceen, Aquifoliaceen, Araliaceen, Oleaceen, Rosaceen. Ein typischer Unterschied gegenüber dem Tropischen Regenwald ist die regelmäßige Beteiligung von Koniferen, die einzeln beigemischt, auf Sonderstandorten und als Pionierarten aber auch dominierend sein können. Eine ähnliche Sippengarnitur, aber an Artenzahl sehr verarmt, hat das flächenmäßig kleine Lorbeerwaldgebiet im ostamerikanischen Nord-Florida.

Nach Norden erstreckt sich der Bereich des Lorbeerwaldes bis etwa 31°N in Florida, 27°N in SO-China, 32°N in SW-China, 35°N in Korea, 37°N in Japan. Überall dort wird der immergrüne Lorbeerwald durch eine physiognomisch stark abweichende Formation abgelöst: den Sommergrünen Laubwald. Sucht man nach einem Klimagrenzwert, der allen Grenzabschnitten gemeinsam ist, so stellt man fest, daß es sich etwa um die Südgrenze des regelmäßigen Auftretens von Frösten unter -10°C handelt. Wie die Nordgrenze des Tropischen Regenwaldes, so dürfte also auch die des Lorbeerwaldes durch die Temperaturminima bedingt sein. Während die Überschreitung der absoluten Frostgrenze zur Abtötung zahlreicher frostempfindlicher tropischer Sippen führt, erleiden die frosthärteren Lorbeergehölze bei Frösten unter -10°C Schädigungen der Blätter. Als ökologische Reaktion hierauf ist die Ausbildung der sommergrünen Lebensform anzusehen, die solche Schäden durch Abwurf dieser empfindlichsten Teile vermeidet.

Die thermische Vegetationszone der Lorbeerwälder, die durch die Temperaturminima von etwa 0°C und -10°C eingegrenzt wird, ist derjenige Teil der Nordhemisphäre, dessen organischer Zusammenhang von vegetationskundlicher Seite bisher weitgehend ignoriert wurde; ihre einzelnen Teilgebiete, humide wie nicht-humide, wurden in unterschiedlichster Weise zusammengefaßt bzw. anderen Zonen zugeschlagen. Als geeigneter Name steht der bisher vor allem in der floristischen Literatur (MEUSEL etc.) benutzte Begriff der M e r i d i o n a l e n Z o n e zur Verfügung.

Während der Lorbeerwald in seiner typischen (humiden) Form nur an den Ostseiten der Kontinente ausgebildet ist, nimmt der im Norden anschließende S o m m e r g r ü n e L a u b w a l d (Sommerwald) nicht nur in Ostasien und Ostnordamerika, sondern auch im weiteren Europa ausgedehnte Flächen ein. Im Gegensatz zum Lorbeerwald besteht über die physiognomische Umgrenzung, geographische Verbreitung und Benennung dieser eindeutig definierten Formation keinerlei Uneinigkeit. Vom Lorbeerwald ist er nicht nur durch die Physiognomie der Baumschicht abgegrenzt, sondern auch durch die Vielfalt der Sippen und Lebensformen des Unterwuchses, bedingt durch die Besonderheiten des Lichtklimas im Waldesinnern, die in keinem anderen humiden Waldtyp vergleichbar sind. Die Anzahl der Gehölzarten variiert; sie ist am größten in den sommerwärmsten Teilbereichen. Neben den Sommergrünen sind auch hier immergrüne Nadelhölzer beteiligt, die aber die gleiche marginale Stellung einnehmen wie im Lorbeerwald.

In Norden grenzt der Sommergrüne Laubwald in allen drei Gebieten an immergrünen Nadelwald. Der Übergang zur Dominanz der Nadelhölzer erfolgt in Ostnordamerika bei etwa 46 - 50°N, in Nordeuropa bei 57 - 60°N, in Ostasien bei 45 - 51°N. Die klimatische Grundlage für die Grenze ist von WALTER geklärt worden: sie liegt etwa da, wo die Mitteltemperatur weniger als 4 Monate lang über 10°C bleibt. Begrenzender Faktor für den Sommergrünen Laubwald sind nicht Temperaturminima, sondern die Länge und Qualität des Sommers - d.h. die Zeit, in der eine volle Photosynthese möglich ist. Das ist leicht einzusehen: die Vermeidungsstrategie der Sommergrünen, die empfindlichsten Teile während des Winters abzuwerfen, bedingt, daß der gesamte Photosyntheseapparat jedes Jahr neu aufgebaut werden muß. Das ist aber nur dann ökonomisch, wenn er genügend lange und intensiv ausgenutzt werden kann. Anscheinend wird es bei Unterschreitung des genannten Schwellenwertes ökonomischer, die Blätter mehrere Wuchsperioden lang zu benutzen. Die dafür notwendige Frosthärte haben jedoch nur Nadelhölzer entwickeln können.

Obwohl die Umgrenzung und Zusammengehörigkeit der drei Sommerwaldgebiete eindeutig und unumstritten ist, hat sich für die entsprechende thermische Zone bisher kein einheitlicher Name durchsetzen können. Wir wollen sie nach REGEL, SJÖRS und WALTER als N e m o r a l e Z o n e bezeichnen; der neuerdings mehrfach (MEUSEL etc., HÄMET-AHTI etc.) im gleichen Sinne benutzte Begriff "Temperate Zone" erscheint wegen seiner Vieldeutigkeit weniger zweckmäßig.

Der nördlich der Nemoralen Zone gelegene Nadelwaldgürtel ist demgegenüber seit langem allgemein als B o r e a l e Z o n e bekannt. Dieses größte einheitliche Waldgebiet der Erde, das sich auf beiden Nordkontinenten ge-

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

schlossen von Küste zu Küste erstreckt, ist außerordentlich artenarm: von insgesamt etwa 500 rezenten Koniferenarten enthält es nur etwa 20. Hinzu kommen noch einige sommergrüne Laubhölzer (raschwüchsige Weichhölzer wie *Betula, Populus, Alnus*), die jedoch, ebenso wie die sommergrünen Lärchen, nur als Pioniergehölze und auf Sonderstandorten eine Rolle spielen; die Konkurrenzverhältnisse sind also genau umgekehrt wie in der Nemoralen Zone.

Während der Boreale Nadelwald in den südlichen Teilen der Zone gutwüchsige, geschlossene Bestände (Dunkle Taiga) bildet, nehmen Wüchsigkeit und Bestandesdichte gegen die polare Waldgrenze hin stark ab. Dies setzt meist schon einige 100 km südlich der Waldgrenze ein und hat zur Unterscheidung einer s u b a r k t i s c h e n U n t e r z o n e geführt, in der die niedrigen, lockeren Wälder stark mit Elementen der Tundra durchsetzt sind. In Gebieten mit stark ozeanischem Klima kann hier die Birke zur Vorherrschaft kommen. Es ist vermutet worden, daß die Konkurrenzüberlegenheit der Koniferen dadurch verloren geht, daß ihre Blätter in den milden Wintern zu hohe Substanzverluste durch Atmung erleiden. Die subarktischen Birkenwälder (besonders in Nordeuropa und in der Umgebung der Beringstraße) gehören aber nicht zur Nemoralen Zone, sondern sind als Entmischungs- (Segregations-) Formen des Borealen Waldes anzusehen.

Mit der Meridionalen, Nemoralen und Borealen Zone lassen sich auf der Nordhalbkugel 3 gemäßigte thermische Vegetationszonen unterscheiden. Auf der gemäßigten S ü d h a l b k u g e l ist die Lage nicht so eindeutig. Dem steht schon die nach Süden zunehmende Zersplitterung der Landmassen entgegen, die auch zu stärkerer floristischer Aufspaltung geführt hat (3 extratropische Florenreiche). Sind die auf der Nordhemisphäre wirksamen Prinzipien der Vegetationsgliederung im Süden trotzdem wiederzufinden, oder ist die Situation hier grundsätzlich anders?

Wie wir in Ostaustralien gesehen haben, schließt auch nach Süden jenseits der Frostgrenze an den Tropischen Regenwald ein immergrüner Laubwald an, in dem extratropische Sippen vorherrschen. In Physiognomie und Zusammensetzung dem ostaustralischen ähnlich sind die immergrünen Feuchtwälder Neuseelands und Südchiles, die erst bei ca. 35°S beginnen und keinen direkten Kontakt zum Tropischen Regenwald haben. Charakteristische Familien sind neben Lauraceen und Araliaceen z.B. Cunoniaceen, Monimiaceen, Proteaceen, Escalloniaceen und Myrtaceen, sowie nach Süden stärker zunehmend Fagaceen (*Nothofagus*) und Winteraceen. Hinzu kommen wieder Koniferen (besonders auffällig, aber nur lokal verbreitet, die Araukarien). Die Vegetation aller drei Gebiete wird in der Literatur oft als "Subtropischer" oder "Temperierter Regenwald" bezeichnet; sie stimmt jedoch als Formation mit dem nordhemisphärischen L o r b e e r w a l d grundsätzlich überein und kann diesem angeschlossen werden.

Wie auf der Nordhemisphäre, schließt also auch im Süden an die Tropische Zone zunächst ein Bereich der Lorbeerwälder an, der der Meridionalen Zone entspricht. Wie ändert sich nun die Vegetation, wenn man weiter nach Süden vordringt? Aus geomorphologischen Gründen sind die Möglichkeiten hierzu beschränkt: Australien reicht (mit Tasmanien) bis 43°S, Neuseeland bis 47°S; nur Südamerika erreicht mit Feuerland 56°S, womit bereits die polare Waldgrenze überschritten ist. Südlich von 40 - 42°S nimmt in allen drei Gebieten die Gesamtzahl der Gehölzsippen stark ab und zugleich der Deckungsanteil von *Nothofagus* in der Vegetation zu. Der Charakter des immergrünen Lorbeerwaldes bleibt aber erhalten; diese Formation geht nicht nur in Australien und Neuseeland bis ans Südende des Landes, sie bildet vielmehr auch die antarktische Waldgrenze auf Feuerland. Auch die wenigen Baumarten der südlichsten noch Wald tragenden landfernen Inseln (Gough-Insel, Neu-Amsterdam, Auckland-Inseln) im Bereich von 40 - 50°S sind immergrüne Laubhölzer vom Lorbeertyp.

Der gemäßigte Waldgürtel, der auf der Nordhalbkugel aus drei gut unterschiedenen Vegetationszonen besteht, läßt sich also im Süden vegetationskundlich nicht weiter aufteilen. Er erscheint als eine einzige thermische Zone, in der der Lorbeerwald von der Tropengrenze bis an die polare Waldgrenze reicht; wir wollen sie mit dem schon von DRUDE im ähnlichen Sinne benutzten Begriff als A u s t r a l e Z o n e benennen.

Grund für den Unterschied zwischen Nord- und Südhalbkugel ist die andersartige räumliche Verteilung der maßgebenden Klimagrenzlinien. Im Norden erreicht der immergrüne Lorbeerwald da seine Grenze, wo regelmäßig Fröste unter -10°C auftreten, und es schließt sich die sommergrüne Nemorale Zone an. Im Waldgebiet der Südhalbkugel sucht man humide Tieflagen mit regelmäßigen Frösten unter -10°C vergeblich; selbst in den waldfreien Teilen Süd-Feuerlands und auf den subantarktischen Inseln wird diese Temperatur kaum unterschritten. Die -10°C-Grenze liegt hier also polnäher als die polare Waldgrenze. Im Wald-

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

gebiet entfällt damit der begrenzende Faktor für den Lorbeerwald, und so fehlen im Süden Entsprechungen zur Nemoralen und Borealen Zone. Lokale Anklänge an erstere gibt es allerdings in Südamerika: auf der Anden-Ostseite, im Grenzbereich gegen die patagonische Halbwüste, findet sich ein Übergangsstreifen mit etwas stärkerer Frostintensität, in dem Wälder aus sommergrünen *Nothofagus*-Arten vorkommen (austro-nemorale Vegetationsinseln).

HYGRISCHE UNTERGLIEDERUNG DER THERMISCHEN ZONEN

Bisher wurde die Betrachtung der Vegetation der sieben thermischen Zonen bewußt auf den humiden Klimabereich beschränkt, der aber in Wirklichkeit nur den geringeren Teil der Landoberfläche einnimmt. Sieht man von den beiden Polarzonen ab, in denen die Auswirkung der ungünstigen Temperaturen hygrische Unterschiede unbedeutend macht, so kann man fast überall eine Abstufung des Niederschlagsregimes feststellen, die von ganzjährig humiden Bedingungen über die Ausbildung hygrischer Jahreszeiten (Regen-, Trockenzeit) bis zu dauernder Aridität reicht.

Entsprechend diesem Gradienten wird die jeweilige zonale Waldformation des humiden Bereichs zunächst modifiziert, bei Überschreiten der hygrischen Waldgrenze durch andere (Nichtwald-) Formationen abgelöst und im Extremfall durch Wüste ersetzt. Die nichtpolaren thermischen Vegetationszonen unterteilen sich also in hygrisch bedingte Vegetationsgebiete (Regionen), die jeweils einem der 4 folgenden H u m i d i t ä t s g r a d e zugeordnet werden können:

H u m i d : Feuchtigkeit zur Ausbildung des jeweiligen Normal-Waldtyps ausreichend.
S e m i h u m i d : Klimaxvegetation ebenfalls geschlossener Wald, der aber vom humiden Normaltyp physiognomisch und/oder floristisch wesentlich abweicht.
S e m i a r i d : jenseits der hygrischen Waldgrenze, aber noch ± geschlossene Vegetationsdecke (Offenwald, Busch, Steppe).
A r i d : ohne geschlossene Vegetationsdecke (Halbwüste, Wüste).

Während die thermisch bedingten Vegetationsgrenzen relativ leicht mit einfachen Klimawerten verknüpft werden konnten, ist dies bei den hygrischen nicht möglich. Einzig in der Tropischen Zone, wo thermische Jahreszeiten fehlen, lassen sie sich einigermaßen gut auf die Zahl der humiden bzw. ariden Monate zurückführen (ELLENBERG). In den Extratropen sind hingegen nicht nur Dauer und Intensität der Regen- und Trockenzeiten, sondern vor allem ihre unterschiedliche Koinzidenz mit den thermischen Jahreszeiten (Sommer-, Winterregen usw.) für die Ausbildung der Vegetation maßgebend.

Es folgt eine Charakterisierung der hygrischen Regionen und ihrer Vegetation im Rahmen der thermischen Zonen (vgl. Abb. 2 und die Vegetationskarte).

1. T r o p i s c h e Z o n e

Im Gegensatz zu allen anderen Zonen beherbergen die s e m i h u m i d e n Regionen hier eine sowohl in den Lebensformen als auch im Sippenbestand eigenständige Waldformation: den R e g e n g r ü n e n W a l d . Entsprechend seinem tropophytischen Charakter ist er um so reiner ausgebildet, je schärfer der Gegensatz zwischen Regen- und Trockenzeit ist. Die laubwerfenden Bäume des Regengrünen Waldes ähneln physiognomisch oft denen des nemoralen Sommerwaldes, gehören aber meist ganz abweichenden Sippen an; vermutlich sind die beiden Typen laubwerfender Angiospermen unabhängig voneinander entstanden. Wie im Sommerwald erlaubt das besondere Lichtklima auch hier einen dichten Unterwuchs aus tropophytischen Kräutern und Gräsern. Dieser vertrocknet zum Ende der Vegetationsperiode und führt in der Trockenzeit zu starker Brandgefährdung. Wo das Lokalklima zur Ausbildung von Trockengewittern neigt, kann der Wald durch Brände dauernd geschädigt und schließlich durch Grasland (S a v a n n e) ersetzt werden (Feuerklimax); verstärkt und modifiziert wird die Brandwirkung mancherorts (vor allem in Afrika) durch den Einfluß von Großwildherden (natürliche Brand-Wildfraß-Savanne). Auch durch die Einwirkung des Menschen und seines Weideviehes kann der Regengrüne Wald leicht in gleicher Richtung verändert werden (anthropogene Savanne). Ist der Gegensatz Regenzeit/Trockenzeit stärker verwischt (z.B. durch Ausbildung mehrerer Regenzeiten), so kann der Wald auch im semihumiden Bereich großenteils oder sogar überwiegend immergrün sein; er entspricht dann physiognomisch mehr dem extratropischen Hartlaubwald (vgl. später). Sonst gibt es Vorkommen immergrünen Waldes vor allem im Grundwasserbereich dauernd fließender Flüsse; sie

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

bleiben als Galeriewälder auch in Savannengebieten erhalten, soweit sie wegen des Fehlens vertrockneten Unterwuchses von Bränden verschont werden.

In den s e m i a r i d e n Regionen, jenseits der hygrischen Waldgrenze, setzt sich die Vegetation aus einer Fülle verschiedenartiger Lebensformen zusammen, z.B. Kleinbäume bzw. Großsträucher mit immergrüner, regengrüner oder malakophyller Belaubung, solche von extrem xeromorphem (oft dornigem) oder sukkulentem Bau sowie xeromorphe Klein-Schopfbäume; Klein- und Zwergsträucher ähnlicher Bautypen; xeromorphe Gräser und Stauden; Ephemere. Welche der genannten Formen in der Vegetation dominieren, hängt sowohl vom speziellen Klimacharakter ab (Niederschlagsmenge, -verteilung, Ausmaß der jährlichen Schwankungen) als auch von den Bodenverhältnissen, die unter so extremem Niederschlagsregime für die Physiognomie genau so bestimmend werden können wie das Klima selbst. Die Brandgefährdung ist auch hier erheblich, doch nicht so stark wie im Regengrünen Wald, da infolge geringerer Produktion weniger vertrocknete Biomasse angehäuft wird.

In den a r i d e n Regionen bleiben von den Lebensformen der semiariden nur die niedrigwüchsigen übrig. Sie bilden in den H a l b w ü s t e n oberirdisch lückige, im Wurzelbereich aber geschlossene ausdauernde Bestände (diffuse Vegetation); unter den extremsten Bedingungen, in den echten W ü s t e n, finden sich solche Bestände nur noch inselartig an Stellen, wo aus edaphischen Gründen mehr Wasser zur Verfügung steht als der Niederschlagsmenge entspricht (kontrahierte Vegetation). Unter ganz speziellen Klima- und Bodenbedingungen können statt der ausdauernden Halbwüstenvegetation kurzlebige, aber dichte Ephemerenbestände auftreten (z.B. Nebelkräuter-Halbwüsten).

2. M e r i d i o n a l e u n d A u s t r a l e Z o n e

Beide Zonen, deren humider Normalwaldtyp der Lorbeerwald ist, können hier zusammen betrachtet werden. Wie in allen extratropischen Zonen, müssen die s e m i h u m i d e n Regionen hier differenziert werden in solche mit Sommerregen und solche mit Winterregen. In Sommerregengebieten fällt die hygrisch günstige mit der thermisch günstigen Jahreszeit zusammen, wodurch der Unterschied Sommer/Winter verstärkt wird; das begünstigt das Auftreten tropophytischer Lebensformen. Für Winterregengebiete gilt das Umgekehrte.

Die meisten semihumiden Teile beider Zonen haben W i n t e r r e g e n . Sie tragen einen modifizierten Lorbeerwald, der wegen seines anscheinend erhöhten Anteils an Sippen mit harten, skleromorphen Blättern traditionell als H a r t l a u b w a l d bezeichnet wird. In den beiden meridionalen Winterregengebieten (Mittelmeergebiet, Südwest-Nordamerika) ist der Sippenbestand + eine trockenresistente Auslese der nordhemisphärischen Lorbeerwaldflora; dominierende Bäume sind meistens immergrüne Eichen. Stärker eigenständig ist die Flora der australen Hartlaubwaldgebiete, besonders in Südwest- und Südaustralien sowie im Kapland mit zahlreichen endemischen Proteaceen und Myrtaceen, weniger ausgeprägt in Mittelchile. Wie im Lorbeerwald, so sind auch im Hartlaubwald Koniferen beteiligt, vor allem als Besiedler edaphischer Extremstandorte. In beiden Hemisphären treten dabei Cupressaceen hervor, in der Meridionalen Zone außerdem zahlreiche *Pinus*-Arten.

Bereiche mit S o m m e r r e g e n sind demgegenüber unbedeutend. In der Meridionalen Zone finden sie sich im westlichen Randbereich des südchinesischen Lorbeerwaldgebietes sowie in Nordamerika in Texas und den günstigeren Teilen von Süd-Arizona. Die Vegetation zeigt in beiden Fällen ein Gemisch von Gehölzen des Lorbeer- bzw. Hartlaubwaldes mit einigen nemoralen Sommergrünen und tropischen Regengrünen. Ähnlich sind im Innern Ostaustraliens den Lorbeerwaldelementen zunehmend Regengrüne beigemischt.

In s e m i a r i d e n Regionen mit Sommerregen können auf besonders hierzu geeigneten Böden Formationen aus hochwüchsigen Gräsern auftreten, die den nemoralen Steppen (vgl. später) ähneln; in Texas bilden sie deren südliche Fortsetzung. Besonders auffällig sind sie als Pampas im australen Südamerika. Nach den Durchschnittswerten erscheint das Klima hier eher als semihumid; warum trotzdem von Natur aus Grasland vorherrschte, ist bislang umstritten. Möglicherweise bewirken die starken jährlichen Schwankungen der Niederschlagsmenge, daß das Klima für die Vegetation im Endeffekt semiarid ist.

Von diesen Sonderfällen abgesehen, ähnelt das Vegetationsmosaik, unabhängig von der Lage der Regenzeit, sehr dem der semiariden Tropen. Es treten die gleichen Lebensformen auf, und auch die Sippengarnitur kann noch ebenso viele oder sogar mehr Elemente tropischer wie solche extratropischer Verwandtschaftskreise enthalten. Entsprechendes gilt für die a r i d e n Regionen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Es läßt sich nachweisen, daß im semiarid-ariden Bereich der floristische Sprung an der Grenze meridional/nemoral wesentlich größer ist als an der Grenze der Tropischen Zone. Ursache ist vermutlich, daß Trocken- und Frostresistenz auf den gleichen physiologischen Grundlagen beruhen, so daß trokkenangepaßte tropische Sippen im Durchschnitt etwas frosttoleranter sind als die der humiden Regionen. Die vegetationskundliche Abgrenzung Tropen/Extratropen ist daher in den Trockengebieten schwieriger als im Waldbereich; auf der Vegetationskarte ist dem durch die Farbgebung und Punktierung der Grenzlinie Rechnung getragen.

3. Nemorale Zone

Hier ist die Art der Kombination der Regenzeit mit den thermischen Jahreszeiten für die Vegetationsgliederung besonders bedeutsam. In den semihumiden Regionen nehmen Gebiete mit Sommerregen einen großen Raum ein. Besonders ausgeprägt ist das in Ostasien im Zusammenhang mit dem Sommermonsun: große Teile Zentral- und Nordchinas erhalten fast ihre gesamte Niederschlagsmenge in den 3 Sommermonaten, der Rest des Jahres ist fast niederschlagsfrei, so daß nach dem extrem kalten, schneearmen Winter die Frühlingsmonate oft als Dürrezeit erscheinen. Die Vegetation ist ein Trokken-Sommerwald, in dessen Sippenbestand viele anspruchsvollere und frostempfindliche Sippen fehlen. Ähnlich, aber klimatisch weniger extrem ist das Trocken-Sommerwaldgebiet im Westteil Ost-Nordamerikas, dessen Vegetation als Oak-Hickory Forest bekannt ist. Weitere Trocken-Sommerwälder, bei denen die Hauptregenzeit mehr zum Frühsommer/Spätfrühling verschoben ist, finden sich in Osteuropa und an den Westrändern der zentralasiatischen Gebirge, sowie als Sonderfall mit besonders mildem Winter im submediterranen Bereich. Allen gemeinsam ist das starke Vorherrschen von Eichen und die relativ geringe Schattigkeit, die das häufige Auftreten von Sträuchern und Kleinbäumen (besonders Rosaceen und Papilionaceen) im Waldesinnern erlaubt.

Weniger verbreitet sind Gebiete mit Winterregen. Großflächig tritt nemorales Klima mit Winterregen nur in West-Nordamerika auf; kleinflächig gibt es ähnliche Klimabedingungen in Gebirgsstufen im südlichen Mittelmeergebiet und im Westhimalaja. Indem der Sommer zwar warm, aber trocken und der Winter zwar feucht, aber kalt ist, ist die Einteilung des Jahres in eine klimatisch günstige Vegetationsperiode und eine absolute winterliche Ruhezeit aufgehoben. Unter solchen Umständen sind immergrüne Lebensformen gegenüber den tropophytischen im Vorteil. Da jedoch der Winter für immergrüne Laubbäume zu kalt ist, gelangen die frosthärteren Koniferen zur Dominanz. Es handelt sich dabei um Sippen, die auch in den humiden Sommerwaldregionen auftreten, dort aber auf Sonder- und Extremstandorte beschränkt sind. Im semihumiden Winterregengebiet kehren sich die Konkurrenzverhältnisse um: es entsteht ein Nemoraler Nadelwald, in dem zwar auch Sommergrüne beteiligt sind, aber nur auf Sonderstandorten und als Pionierhölzer. Der Nemorale Nadelwald ist als eigenständige Formation meist verkannt worden, weil im gebirgigen West-Nordamerika ein enges räumliches Neben- und Durcheinander von Borealer Zone, Borealer Gebirgsstufe und Nemoralem Nadelwald vorliegt, das physiognomisch schwer zu trennen ist. Die floristische Zusammensetzung erlaubt aber die Differenzierung: typisch nemorale Gattungen, die in der Borealen Zone kaum eine Rolle spielen, sind *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Abies*, *Thuja*, *Chamaecyparis*; ferner *Sequoia* und *Sequoiadendron* als auf den Nemoralen Nadelwald beschränkte Relikte. Die kleinen Vorkommen Nemoralen Nadelwaldes im Mittelmeergebiet und Himalaja sind demgegenüber verarmt; Hauptgattung ist *Abies*, dazu tritt als endemische Reliktgattung *Cedrus*.

Semiaride Regionen. Wie schon angedeutet, liegt im semiariden und ariden Bereich zwischen Meridionaler und Nemoraler Zone eine ausgeprägte floristische Grenze. Hier verschwinden nicht nur zahlreiche Familien von tropischem Arealcharakter, sondern auch so auffallende Lebensformen wie Stammsukkulenten und Monokotylen-Schopfbäume. Für den Vegetationstyp ist auch hier die Lage der Regenzeit bedeutungsvoll. Wird bei ausgeprägtem Sommerregen die Regenzeit so kurz, daß sie für Waldwuchs nicht mehr ausreicht, so tritt an die Stelle des tropophytischen Sommerwaldes tropophytisches Grasland, die Steppe. In Osteuropa-Westsibirien, ebenso in der Prärie im mittleren Nordamerika liegt die kurze, aber ergiebige Regenzeit im Frühsommer; im dürren Hoch- und Spätsommer stirbt die dichte, wiesenartige Vegetationsdecke oberirdisch völlig ab. In den Steppengebieten Ostasiens ist die Vegetationsperiode, entsprechend dem Auftreten des Monsuns, mehr in den Hochsommer verschoben.

In Gebieten mit Winterregen, also vor allem im Innern West-Nordamerikas, geht der Nemorale Nadelwald jenseits der hygrischen Waldgrenze in

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

niedrige Offenwälder aus Baumwacholder und niedrigwüchsigen Kiefernarten über, mit Unterwuchs aus xerophytischen Sträuchern und Gräsern. Ähnliche Baumwacholder-Offenwälder gibt es in mediterranen Gebirgen und in verschiedenen Teilen Vorder- und Zentralasiens. Sie treten auch in Klimaten auf, in denen eine geringe Regenmenge gleichmäßiger über das Jahr verteilt ist, können dann auch größere Anteile sommergrüner Sträucher oder Kleinbäume (z.B. *Amygdalus*-Arten) enthalten.

Allerdings darf der Einfluß des Klimas auf die Verteilung der Lebensformen hier nicht zu starr gesehen werden; vielmehr spielt auch der Boden eine große Rolle. Allgemein gilt, daß lehmig-tonige Böden den Graswuchs begünstigen, felsig-steinige dagegen den Gehölzwuchs (WALTER). Unter Umständen kann die Wirkung des Klimas von der des Bodens so stark überlagert werden, daß der Vegetationscharakter ins Gegenteil verkehrt wird.

Die Halbwüsten und Wüsten der a r i d e n Regionen werden hauptsächlich von xeromorphen oder malakophyllen Klein- und Zwergsträuchern beherrscht. Neben den weltweit verbreiteten Chenopodiaceen sind für die Nemorale Zone besonders strauchige Artemisien charakteristisch (Wermut-Halbwüste). Eine Besonderheit sind die Ephemeren-Halbwüsten Innerasiens, die eigentlich einen Extremfall der Steppe darstellen: auf Lößböden läßt eine sehr kurze, aber regelmäßig auftretende Regenzeit im März einen kurzlebigen, dichten Rasen aus einjährigen Gräsern und Kräutern erstehen, in dem viele unserer Ackerpflanzen ihre Urheimat haben.

4. B o r e a l e Z o n e

Hier, am kühlen Nordrande des Waldes, sind die hygrischen Unterschiede ziemlich gering. Bemerkenswert sind nur die s e m i h u m i d e n Regionen mit S o m m e r r e g e n . Auch hier kommt es zu einer Förderung der Tropophyten, so daß die Sippengarnitur des Borealen Waldes in Richtung auf die Sommergrünen entmischt wird. Wo die Boreale Zone in Westsibirien und Mittelkanada nach Süden an nemorale Steppengebiete grenzt, tritt ein semihumider Übergangssaum aus Espenwäldern auf (Weichholz-Waldsteppe). Im Innern Ostsibiriens kommt auf großen Flächen die Lärche zur Dominanz (Helle Taiga). Hier ist allerdings nicht auszuschließen, daß als Ursache die Schädigung der Nadeln der immergrünen Koniferen durch die extremen Winterfröste mitwirkt, denn die im Klimadiagramm angedeutete Frühjahrsdürre wird sicherlich durch Wassernachlieferung aus dem auftauenden Dauerfrostboden gemildert. Semihumid-winterfeuchte sowie semiaride und aride Gebiete mit borealem Klima gibt es nur in Höhenstufen der innerasiatischen und inneramerikanischen Gebirge; ihre Vegetation ähnelt der der entsprechenden nemoralen Regionen.

5. P o l a r z o n e n

Die vegetationsbedeckten Teile der Antarktischen Zone sind überall humid. In der Arktischen Zone gibt es zwar Bereiche mit extrem geringen Niederschlägen. Doch tritt für die Vegetation wegen des Auftauens von Dauerfrostboden wohl kein Wassermangel ein, so daß z.B. das bei 80°N gelegene Peary Land in Nordgrönland bei nur 53 mm Niederschlag infolge seiner langen Sonnenscheindauer zu den pflanzenreichsten Gebieten der Arktis gehört.

VEGETATIONSSTUFEN DER GEBIRGE

Steigt man aus Tieflagen in höhere Gebirgslagen auf, so ändert sich das Jahresmittel der Temperatur ähnlich wie von niederen zu höheren Breiten. Dementsprechend treten bei genügend großer vertikaler Erhebung den thermischen Zonen analoge Vegetationsstufen auf. Anders als beim thermischen Gradienten Äquator - Pol ändert sich die Ausbildung thermischer Jahreszeiten in vertikaler Richtung im Prinzip nicht. Ob und in welchem Ausmaße solche vorhanden sind, ist durch die thermische Zone bedingt, in der das Gebirge liegt. Daher weicht die Höhenstufung teilweise von der Breitenzonierung ab, und auch da, wo sie mit ihr übereinstimmt, sind die floristischen und ökologischen Unterschiede zwischen einer Stufe und der entsprechenden Zone um so größer, je weiter beide in Nord-Süd-Richtung auseinander liegen.

Wir wollen die thermische Höhenstufung nur für den Bereich humiden Klimas skizzieren (vgl. Abb. 3); in den nicht-humiden Regionen sind die Verhältnisse zwar komplizierter, aber nicht grundsätzlich anders.
Anzumerken ist noch, daß die hier besprochenen, Vegetationszonen analogen Stufen nicht mit der rein ökologisch definierten Stufung planar/kollin/montan

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

usw. verwechselt werden dürfen; nur der Begriff alpin ist in beiden Systemen identisch.

1. Alpine Stufe

Die eindeutigste und auffallendste Stufengrenze in den höheren Gebirgen ist die thermische Waldgrenze. Sie heißt in den Gebirgen alpine Waldgrenze, oberhalb von ihr liegt die den Polarzonen analoge Alpine Stufe. Von Tieflandslage im Kontakt mit der polaren steigt die alpine Waldgrenze bis in die Tropen auf über 3000, teils über 4000 m Höhe an. In den polnäheren Gebieten mit deutlichem Sommer und Winter läßt sie sich ähnlich wie die polare etwa mit der 10°-Isotherme des wärmsten Monats parallelisieren. Mit der Verwischung der thermischen Jahreszeiten in niederen Breiten wird das undeutlicher, und in den inneren Tropen mit ihrer dauernd gleichmäßigen Temperatur scheint der Schwellenwert, bei dem die Produktion für den Aufbau von Bäumen nicht mehr ausreicht, etwa bei einem Jahresmittel von 5 - 7°C zu liegen. Allerdings sind diese Werte weniger präzise festzustellen als bei der Abgrenzung der polaren Zonen: erstens wird die Wirkung der klimatischen Durchschnittswerte im Gebirge viel stärker durch lokale Faktoren modifiziert, und zweitens liegen für den weltweiten Vergleich zu wenig genaue Klimadaten vor (das gilt auch für die übrigen Gebirgsstufen).

Abgesehen von der stärkeren Differenzierung infolge größerer Standortsdiversität, die für Gebirgsvegetation allgemein gilt, zeigt die alpine Vegetation in der Borealen Zone noch kaum Unterschiede gegenüber der arktischen Tundra. Auch in der Nemoralen Zone besteht grundsätzlich Ähnlichkeit, doch ist die Zahl der Sippen, auch höheren Ranges, sehr vermehrt; für die Meridionale Zone gilt das noch mehr. Ursache ist das günstigere Klima mit weniger extremen Frösten, besser schützender Schneedecke und höherer Strahlungsintensität im Sommer gegenüber den polaren Tieflagen.

In der Alpinen Stufe der Tropen werden die Standortsbedingungen in anderer Hinsicht wieder ungünstiger: Während der Sommer extratropisch-alpiner Gebiete relativ frostarm ist, weist die ganzjährige Vegetationsperiode in den Tropen täglichen Frostwechsel auf. Zwar gibt es keine starken Fröste (-10°C werden in humiden Bereichen nur ausnahmsweise erreicht); um so extremer ist aber der tägliche Kontrast zu den Mittagstemperaturen, die bei senkrechtem Sonnenstand und der starken Strahlungsintensität der Hochlagen auf dem Boden oft über +50°C ansteigen. So sind hier besondere Lebensformen zu finden (z.B. Hartpol-

Humiditäts-grad / Therm. Zone	Humid	Semihumid		Semiarid		Arid
		Sommerregen *Summer rain*	Winterregen *Winter rain*	Sommerregen	Winterregen	
Arktisch	Tundra	—	—	—	—	—
Boreal	Immergrüner Nadelwald *Evergreen Conifer Forest*	Sommergrüner Lärchen- bzw. Espen-Wald *Deciduous Larch resp. Aspen Forest*	(Immergrüner Nadelwald)*	(Steppe)*	(Immergrüner Offen-Nadelwald)*	*
Nemoral	Sommergrüner Laubwald *Deciduous (Summergreen) Broadleaved Forest*		Immergrüner Nadelwald *Evergreen Conifer Forest*	Steppe, Sommergr. Offenwald *Prairie, Deciduous Woodland*	Immergrüner Offen-Nadelwald *Evergreen Conifer Woodland*	Halbwüste, Wüste *Semidesert, Desert*
Meridional	Lorbeerwald *Temperate Evergreen Broadleaved Forest ("Laurel Forest")*	Lorbeerwald mit Sommer- und Regengrünen *Laurel Forest with deciduous trees*	Hartlaubwald *Evergreen Sclerophyllous Forest*	Offenwald, Steppe *Mixed Woodland, Prairie*	Offenwald, Trockenbusch *Mixed Woodland, Scrub*	
Tropisch	Tropischer Regenwald *Tropical Rain Forest*	Regengrüner Wald (Savannen als Feuerklimax) *Deciduous (Raingreen) Forest (Savannas as fire climax)*		Offenwald, Trockenbusch *Mixed Woodland, Scrub*		
Austral	Lorbeerwald *Laurel Forest*	Lorbeerwald mit Regengrünen *Laurel Forest with raingreen trees*	Hartlaubwald *Evergreen Sclerophyllous Forest*	Offenwald, Steppe (Pampa) *Mixed Woodland, Pampa*	Offenwald, Trockenbusch *Mixed Woodland, Scrub*	
Antarktisch	~ Tundra	—	—	—	—	—

* = nicht in der Borealen Zone selbst, sondern nur in Borealen Gebirgsstufen *(in Boreal Mountain Belts only)*

Abb. 2: Übersicht über die Hauptvegetationstypen der Erde nach thermischen Zonen und Humiditätsgraden.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

ster, Wollkerzenpflanzen). In der Flora dominieren Sippen extratropischer oder weltweiter Verbreitung; unter letzteren sind strauchige Compositen auffällig, besonders im Bereich dicht oberhalb der Waldgrenze.

Die Unterschiede der tropischen Alpinen Stufe gegen die Antarktische Zone sind weniger ausgeprägt, entsprechend größerer klimatischer Ähnlichkeit; in der Australen Zone vollzieht sich ein allmählicher Übergang.

2. Waldstufen in den Extratropen

In den höheren Gebirgen der Australen Zone ist naturgemäß keine abweichende Waldstufe über dem Lorbeerwald der Tieflagen zu erwarten: dieser erstreckt sich, allmählich verarmend, bis an die alpine ebenso wie an die polare Waldgrenze. Nur im südlichen Südamerika, wo auch in Tieflagen Anklänge an nemorale Vegetation auftreten können, ist der immergrüne Lorbeerwald im Bereich der alpinen Waldgrenze meist von einem schmalen Gürtel sommergrüner *Nothofagus*-Wälder überlagert (austro-nemorale Stufe).

In den nördlichen Extratropen entspricht die Stufung weitgehend der horizontalen Zonierung. Als charakteristische Beispiele seien vorgeführt: Gebirge Mittelskandinaviens (ca. 64°N) in der Borealen Zone, Alpen (ca. 47°N) in der Nemoralen Zone, Fuji-san (Japan, 35°N) und Omei-shan (China, ca. 30°N) in der Meridionalen Zone. Die thermische Waldgrenze, zugleich Obergrenze des borealen Waldes, liegt etwa bei 800 m ü.M. in Mittelskandinavien, 2000 m in den Alpen, 2600 m am Fuji, 2800 m im Omei-shan. Ebenso steigt die Untergrenze der Borealen Stufe von etwa 1200 m in den Alpen über 1800 m am Fuji auf 2000 m im Omei-shan, die der Nemoralen Stufe von 500 m am Fuji auf 800 m im Omei-shan. Die klimatischen Ursachen für die Stufengrenzen meridional/nemoral und nemoral/boreal dürften die gleichen sein wie bei den entsprechenden Zonen; soweit Klimadaten vorliegen, widersprechen sie dieser Annahme nicht. Während der nemorale Wald der beiden ostasiatischen Gebirge sich von den weiter nördlich liegenden zonalen Sommerwäldern kaum unterscheidet, zeigen die Wälder der Borealen Stufe nach Süden stärkere Abwandlungen. Der boreale Nadelwald der Alpen gleicht in seinen dominierenden Gattungen (*Picea*, *Pinus*, *Larix*) noch sehr dem der Borealen Zone Eurasiens. Am Fuji treten zu diesen mit starkem Anteil *Tsuga* und *Abies* hinzu, die im Omei-shan allein dominieren; zwei Gattungen also, die eher der Nemoralen als der Borealen Zone zuzuordnen sind. Daß sie in der Borealen Stufe vorherrschen können, verdanken sie den hier erheblich milderen Winterminima.

3. Oreotropische Stufe

In den humiden Gebirgen der inneren Tropen zeigt die Stufung keine Wiederholung der nordhemisphärischen Waldzonen. Der gesamte Bereich bis zur alpinen Waldgrenze hinauf ist von immergrünem Laubwald bedeckt, der auf den ersten Blick keine Gliederung in mehrere Formationen erkennen läßt. Erst genauere Untersuchung zeigt, daß je nach den lokalen Gegebenheiten etwa im Bereich zwischen 1600 und 2500 m ü.M. eine Grenze erreicht ist, an der zahlreiche Sippen des typischen Tropischen Regenwaldes ausfallen, während manche anderen (z.B. Araliaceen, Myrtaceen) ihren Anteil an der Vegetation stark erhöhen. Außerdem treten nach oben immer mehr Vertreter von Gruppen hinzu, die ihre Hauptverbreitung in den Extratropen haben, z.B. Cunoniaceen, Proteaceen, Escalloniaceen, Ericaceen, Rosaceen, mancherorts auch Fagaceen. Auch Koniferen sind beteiligt (wenn auch kaum dominierend), ein charakteristisches Element der höheren Lagen aller feuchttropischen Gebirge ist die Gattung *Podocarpus*.

Soweit die sehr wenigen exakten Klimadaten eine Verknüpfung erlauben, scheint die Grenze ungefähr mit der Untergrenze des Auftretens gelegentlicher Fröste zusammenzufallen. Sie wäre demnach den Grenzen der Tropischen gegen die Meridionale und Australe Zone analog. Da zwischen Frostgrenze und alpiner Waldgrenze nur eine einzige, von immergrünen Laubhölzern beherrschte temperierte Waldstufe liegt, entspricht die Stufung der tropischen Gebirge der Zonierung auf der Südhalbkugel. Diese Übereinstimmung beruht auf der gleichen relativen Lage der maßgebenden Klimagrenzlinien: in beiden Bereichen wird, im Gegensatz zu den nördlichen Extratropen, die durch Wärmemangel bedingte thermische Waldgrenze früher erreicht als die Grenze des Auftretens stärkerer Fröste, die für die Lebensform der immergrünen Laubbäume begrenzend ist.

Trotzdem kann die tropische Höhenstufe nicht ohne weiteres als extrazonaler Auslieger der Australen Zone verstanden werden. Sie unterscheidet sich von

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

beiden extratropischen Waldgebieten durch das Fehlen thermischer Jahreszeiten. Die Monatsmittel der Temperatur sind das ganze Jahr über gleichmäßig, und die gelegentlichen Fröste können jederzeit auftreten; es gibt also keine winterliche Ruhezeit wie in den Lorbeerwäldern. Außerdem enthält die Flora sowohl australe als auch meridionale Elemente neben solchen, die auf tropische Gebirge beschränkt sind. Für die Flora und Vegetation der tropischen Höhenwälder sei deshalb die eigenständige Bezeichnung O r e o t r o p i s c h e S t u f e vorgeschlagen; die unteren Gebirgshänge mit rein tropischer Flora wären demgegenüber die W a r m t r o p i s c h e S t u f e . In ihrer Lage zwischen Frost- und Waldgrenze entspricht die Oreotropische Stufe also einerseits der Australen Zone der Südhalbkugel, andererseits allen 3 extratropischen Waldzonen und -stufen der Nordhalbkugel. Ü b e r g ä n g e in beiden Richtungen gibt es in den Randtropen (Abb. 3).

Auf der Südhalbkugel ähnelt die Vegetation der Höhenstufe (oberhalb ca. 800 - 1200 m) etwa ab 20°S mehr dem australen Lorbeerwald als dem oreotropischen in Äquatornähe. Der Unterschied der Monats-Temperaturmittel von ca. 10°C wirkt sich hier oben bereits als Gegensatz Sommer/Winter aus; die warmtropische Vegetation der Tieflagen wird von einer A u s t r a l e n S t u f e überlagert (z.B. Südbrasilien, Nordost-Australien, Neucaledonien), die in Australien direkten Anschluß an die Australe Zone hat.

Komplizierter ist der Übergang auf der Nordhalbkugel. Ein gutes Beispiel ist Taiwan bei ca. 24°N. Der Tropische Regenwald der Tieflagen geht bei ca. 600 m Höhe in einen Lorbeerwald über, der von den Lorbeerwäldern Südjapans und Südchinas kaum abweicht. Diese M e r i d i o n a l e S t u f e reicht bis etwa 2000 m. Darüber folgt bis etwa 2900 m ein Abschnitt, in dem immergrüne Lorbeergehölze (z.B. *Quercus*, *Camellia*), Sommergrüne (*Acer*, *Ulmus*, *Juglans*, *Fagus*) und Koniferen nemoraler Verbreitung (*Chamaecyparis*, *Tsuga*, *Pseudotsuga*) ein schwer überschaubares, edaphisch differenziertes Gemisch bilden. Die oberste Stufe bis zur Waldgrenze bei ca. 3600 m wird von *Abies* beherrscht (Boreale Stufe). Der Vergleich mit den weiter nördlich gelegenen Gebirgen Omei-shan und Fuji deutet an, daß die Nemorale Stufe hier quasi in Auflösung begriffen ist, d.h. daß ihre Grenzen zur Meridionalen und Borealen Stufe sich verwischen und die Sommergrünen nur noch an edaphisch besonders geeigneten Standorten auftreten. Ganz ähnlich sind die Verhältnisse im östlichen Himalaja (ca. 28°N) sowie in manchen humiden Gebirgen Mexikos (20 - 24°N). Die Erklärung erscheint einfach: Die Untergrenze des Auftretens stärkerer Fröste (unter ca. -10°C), die in der Meridionalen Zone bei ca. 500 - 800 m Höhe den Übergang zur Nemoralen Stufe bewirkt, nähert sich in den randtropischen Gebirgen der Höhenlage der thermischen Waldgrenze. Damit verschwindet die Grundbedingung für das Auftreten der Nemoralen Stufe, die daher in den Randtropen auskeilt. Weiter äquatorwärts wäre für den tropophytischen Sommerwald auch wegen des Fehlens thermischer Jahreszeiten kein Platz mehr. Die räumliche Trennung zwischen Lorbeerwald und Borealem Nadelwald ist damit aufgehoben, und die übrig bleibenden Koniferen gliedern sich in den immergrünen Laubwald ein.

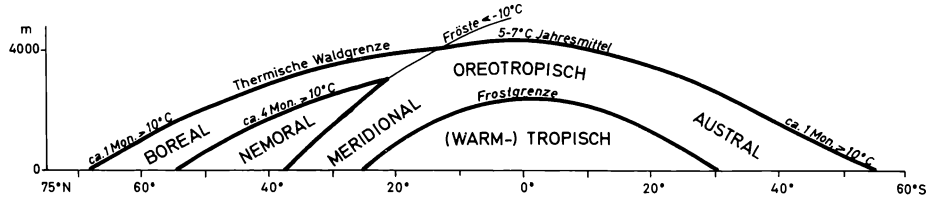


Abb. 3: Schema der dreidimensionalen Verteilung der Vegetationszonen und -stufen im humiden Bereich der Erde.

SCHRIFTEN

AHTI, T., HÄMET-AHTI, L., JALAS, J. (1968): Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. - Ann. Bot. Fenn. 5: 169-211.

BADER, F.J.W. (1960): Die Verbreitung borealer und subantarktischer Holzgewächse in den Gebirgen des Tropengürtels. - Nova Acta Leopoldina 148.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

BAUMANN-BODENHEIM, M.G. (1956): Über die Beziehungen der neu-caledonischen Flora zu den tropischen und den südhemisphärisch-subtropischen bis -extratropischen Floren und die gürtelmäßige Gliederung der Vegetation von Neu-Caledonien. - Ber. Geobot. Inst. Rübel 1955: 64-74.

BEADLE, N.C.W. (1981): The Vegetation of Australia. - G. Fischer, Stuttgart.

BOBEK, H. (1951): Die natürlichen Wälder und Gehölzfluren Irans. - Bonner Geogr. Abh. 8.

BRAUN, E.L. (1950): Deciduous Forests of Eastern North America. - Hafner, New York.

BROCKMANN-JEROSCH, H. (1919): Baumgrenze und Klimacharakter. - Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz 6.

DRUDE, O. (1890): Handbuch der Pflanzengeographie. - Engelmann, Stuttgart.

ELLENBERG, H. (1962): Wald in der Pampa Argentiniens? - Veröff. Geobot. Inst. Rübel 37.

- (1975): Vegetationsstufen in perhumiden bis perariden Bereichen der tropischen Anden. - Phytocoenologia 2: 368-387.

- (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 3. Aufl. - Ulmer, Stuttgart.

- , MUELLER-DOMBOIS, D. (1967): Tentative physiognomic-ecological classification of plant formations of the Earth. - Ber. Geobot. Inst. Rübel 1966: 21-55.

ERN, H. (1974): Zur Ökologie und Verbreitung der Koniferen im östlichen Zentralmexiko. - Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 67: 164-198.

FRANKLIN, J.F., DYRNESS, C.T. (1969): Vegetation of Oregon and Washington. - USDA Forest Service Research Paper PNW 80.

FREITAG, H. (1971): Die natürliche Vegetation Afghanistans. - Vegetatio 22: 285-344.

GRISEBACH, A. (1872): Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. I, II. - Engelmann, Leipzig.

HÄMET-AHTI, L., AHTI, T., KOPONEN, T. (1974): A scheme of vegetation zones for Japan and adjacent regions. - Ann. Bot. Fenn. 11: 59-88.

HEDBERG, O. (1964): Features of Afroalpine Plant Ecology. - Acta Phytogeogr. Suec. 49.

HOLUB, J., JIRÁSEK, V. (1967): Zur Vereinheitlichung der Terminologie in der Phytogeographie. - Fol. Geobot. Phytotax. 2: 69-113.

HUECK, K. (1966): Die Wälder Südamerikas. - G. Fischer, Stuttgart.

- , SEIBERT, P. (1972): Vegetationskarte von Südamerika. - G. Fischer, Stuttgart.

JÄGER, E. (1968): Die klimatischen Bedingungen des Areals der Dunklen Taiga und der sommergrünen Breitlaubwälder. - Ber. Dtsch. Bot. Ges. 81: 397-408.

KLING, H.J., GLAWION, R. (1982): Die natürlichen Vegetationsformationen der Erde. - Geogr. Rundschau 34: 461-470.

KLOTZ, G. (1966): Beiträge zur Flora und Vegetation Indiens I. - Wiss. Z. Univ. Halle M 15(1): 97-148.

KNAPP, R. (1965): Die Vegetation von Nord- und Mittelamerika. - G. Fischer, Stuttgart.

- (1973): Die Vegetation von Afrika. - G. Fischer, Stuttgart.

KÜCHLER, W. (1964): Potential Natural Vegetation of the Conterminous United States. - Amer. Geogr. Soc. Spec. Publ. 36.

LAUBENFELS, D.J. DE (1975): Mapping the World's Vegetation. - Syracuse Geogr. Ser. 4.

LITTLE, E.L. (1971-78): Atlas of United States Trees. I-V. - USDA Forest Service Misc. Publ. 1146, 1293, 1314, 1342, 1361.

LÖVE, D. (1970): Subarctic and Subalpine: Where and What? - Arct. Alp. Res. 2: 63-73.

MEUSEL, H., JÄGER, E., WEINERT, E. (1965-78): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. I, II. - G. Fischer, Jena.

- , SCHUBERT, R. (1971): Beiträge zur Pflanzengeographie des Westhimalajas. - Flora 160: 137-194, 373-432, 573-606.

N.N. (1965): The Plant Cover of Sweden. - Acta Phytogeogr. Suec. 50.

NUMATA, M., MIYAWAKI, A., ITOW, D. (1972): Natural and Semi-natural Vegetation in Japan. - Blumea 20: 435-496.

OBERDORFER, E. (1960): Pflanzensoziologische Studien in Chile. - Flor. Veget. Mundi 2.

QUÉZEL, P. (1965): La Végétation du Sahara. - G. Fischer, Stuttgart.

REGEL, C. (1950): Dynamik von Klima und Pflanzendecke in Nordeuropa. - Ber. Geobot. Inst. Rübel 1949: 11-22.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

- (1952): Botanische Betrachtungen auf einer Reise in Schweden. - Ber. Geobot. Inst. Rübel 1951: 35-55.

ROWE, J.S. (1972): Forest Regions of Canada. - Canadian Forestry Service Publ. 1300.

RÜBEL, E. (1930): Pflanzengesellschaften der Erde. - Huber, Bern.

SAFRONOVA, V.A. (1964): Rastitel'nost'. Karte 66/67. In: Fiziko-Geografičeskij Atlas Mira. - Moskau.

SCHMID, E. (1949): Prinzipien der natürlichen Gliederung der Vegetation des Mediterrangebietes. - Mitt. Bot. Mus. Univ. Zürich 185: 169-200.

SCHMITHÜSEN, J. (1968): Allgemeine Vegetationsgeographie. 3. Aufl. - De Gruyter, Berlin.

- (Hersg.) (1976): Atlas zur Biogeographie. - Meyers Großer Physischer Weltatlas III. Bibliogr. Institit., Mannheim.

SCHWEINFURTH, U. (1957): Die horizontale und vertikale Verbreitung der Vegetation im Himalaja. - Bonner Geogr. Abh. 20.

- (1962): Studien zur Pflanzengeographie von Tasmanien. - Bonner Geogr. Abh. 31.

- (1966): Neuseeland. Beobachtungen und Studien zur Pflanzengeographie und Ökologie der antipodischen Inselgruppe. - Bonner Geogr. Abh. 36.

SJÖRS, H. (1963): Amphi-Atlantic Zonation. Nemoral to Arctic. - In: North Atlantic Biota and their History: 109-125. Pergamon Press, Oxford.

STEENIS, C.G.G.J. VAN, BALGOOJ, M.M.J. VAN (1963-74): Pacific Plant Areas. I-III. - Nat. Inst. Sci. Technol., Manila bzw. J.J. Groen, Leiden.

TROLL, C. (1948): Der asymmetrische Aufbau der Vegetationszonen und Vegetationsstufen auf der Nord- und Südhalbkugel. - Ber. Geobot. Inst. Rübel 1947: 46-83.

- (1967): Die klimatische und vegetationsgeographische Gliederung des Himalaja-Systems. - Ergebn. Forsch.-Untern. Nepal-Himalaja I: 353-388.

VESTER, H. (1940): Die Areale und Arealtypen der Angiospermen-Familien. - Bot. Archiv 41: 203-275, 295-356, 520-577.

WALTER, H. (1964-68): Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. I, II. - G. Fischer, Jena.

- (1967): Das Pampaproblem in vergleichend ökologischer Betrachtung und seine Lösung. - Erdkunde 21: 181-203.

- (1974): Die Vegetation Osteuropas, Nord- und Zentralasiens. - G. Fischer, Stuttgart.

- (1979): Vegetation und Klimazonen. 4. Aufl. - UTB 14. Ulmer, Stuttgart.

- , LIETH, H. (1964): Klimadiagramm-Weltatlas. - G. Fischer, Jena.

WANG, CHI-WU (1961): The Forests of China, with a Survey of Grassland and Desert Vegetation. - Maria Moors Cabot Foundation Publ. 5.

WEBER, H. (1958): Die Páramos von Costa Rica und ihre pflanzengeographische Verkettung mit den Hochanden Südamerikas. - Abh. Akad. Wiss. Lit. Mainz, Math.-Nat. Kl. 3: 123-194.

WERGER, M.J.A. (1973): Phytosociology of the Upper Orange River Valley, South Africa. - V & R, Pretoria.

ZOHARY, M. (1973): Geobotanical Foundations of the Middle East. I, II. - G. Fischer, Stuttgart.

Anschrift des Verfassers:

Prof.Dr. F.-G. Schroeder
Systematisch-Geobotanisches Institut
Untere Karspüle 2

D-3400 Göttingen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: NS_3

Autor(en)/Author(s): Schroeder Fred Günter

Artikel/Article: Die thermischen Vegetationszonen der Erde. Ein Beitrag zur Präzisierung der geobotanischen Terminologie Mit einer Vegetationskarte 31-46