

Biodiversität Nordamerikas

- Elgene O. Box, Athens, Georgia/USA -

Zusammenfassung

Nordamerika, der drittgrößte Erdteil der Welt, erstreckt sich von der Arktis bis in die Tropen und ist der einzige Erdteil, der deutlich alle Grundklimatypen der Welt zeigt. Im Vergleich mit anderen Erdteilen hat Nordamerika einige der höchsten Wälder, der ältesten Bäume und der größten Flächen naturnaher Landschaften auf der Erde. Die taxonomische Diversität in den gemäßigten Teilen Nordamerikas ist größer als in Europa, aber geringer als in vergleichbaren Teilen Asiens, wo die Auswirkungen der letzten Eiszeit weniger ausgeprägt waren. Der Artenreichtum Nordamerikas ist insgesamt nicht besonders groß, doch existieren höchst interessante Zentren der Diversität bzw. des Endemismus, insbesondere in Kalifornien, im Südosten (einschließlich der Südappalachen) sowie in verschiedenen westlichen Gebirgen und Trockengebieten. Die Öko-Regionen Nordamerikas, von denen manche auch auf globalem Niveau einzigartig sind, wurden von mehreren Autoren klassifiziert. Eine grundlegende Beschreibung der Vegetation der USA liegt noch weit hinter dem Stand von Europa und Japan, eine elektronische Checkliste der nördlich von Mexiko vorkommenden Pflanzen (etwa 20.000 Arten) - mit Arealkarten - ist jedoch vor kurzem erschienen. Eine vollständige Flora Nordamerikas sowie ein nationales Klassifikationssystem der Vegetation der USA werden vorbereitet.

Einführung

Nordamerika ist mit 25.3 Millionen km² der drittgrößte Erdteil der Welt und erstreckt sich wie die wesentlich größere eurasiatische Landmasse von der Arktis bis in die Tropen, d.h. fast über die ganze nordsüdliche Länge der Nordhalbkugel. Entsprechend den Regelmäßigkeiten globaler atmosphärischer Zirkulation (s. Tab. 1) sind auf beiden Landmassen alle Hauptklimata der Erde sowie die entsprechenden zonalen Vegetationstypen (natürliche Landschaften) ausgeprägt vorhanden (vgl. WALTER & BRECKLE 1999; BOX, in Druck). Weil Europa aber nicht bis in die Tropen reicht und Asien in den höheren Breiten keine Westküste hat, bleibt Nordamerika die einzige, als Erdteil anerkannte Landmasse, die deutlich alle Grundklimatypen und zonalen Vegetationstypen besitzt.

Im Vergleich mit anderen Erdteilen besitzt Nordamerika weiterhin:

- die höchsten Wälder (*Sequoia*, *Sequoiadendron*, bis 100 m);
- die ältesten Bäume (*Pinus aristata*, bis 3.800 Jahre);
- sehr große Flächen von temperiertem Laubwald und Grasland;
- überwiegend nord-süd-orientierte Bergketten;
- eine der erdweit biotisch reichsten Wüstenregionen (Sonora-Wüste);
- mehrere ausgedehnte und wichtige klimatische sowie floristische Übergangsbereiche;
- große Vegetationsgebiete, die von regelmäßigen Bränden beherrscht sind;
- eine Ostseite, die dem zonalen Gegenstück Ostasiens entspricht;
- häufige Eisstürme und Orkane sowie 75 % aller Tornados auf der Erde.

Tab.1 : Globale Zirkulation, Klimazonen und zonale Vegetationstypen.

	<u>Klimatyp</u>	<u>WALTER</u> (1968, 1973)	<u>Zonale Vegetationstypen</u>
Äquator (Innertropische Konvergenz = Tiefdruckrinne)	Äquatorial (warm, feucht)	I	Tropische Regenwälder
Passatwinde, (Einfluß nur auf kont. Ostseiten)	Tropisch (wechselfeucht)	II	(Tropische Halbhimmergrüne Wälder) Regengrüne Wälder und Gehölze
Hochdruckgebiete (Einfluß besonders auf kontinentale Westseiten)	Arid (heiß, trocken)	III	Warme Wüsten und Halbwüsten
Westwindzonen (Wind vom Westen)	Mediterran (sommetrocken)	IV	Hartlaubwälder bzw. -Maquis
Polarzonen (Hochdruck)	Maritime W-Küsten (kühl-ozeanisch)	Vm	Temperierte Regenwälder
Pole	Warmtemperiert Temperiert Kontinental Boreal Polar	Ve VI VII VIII IX	Lorbeerwälder Sommergrüne Wälder Temperierte Grasländer Temperierte Halbwüsten & Wüsten Boreale Wälder Tundren und Kältewüsten

Die globale Zirkulation der Atmosphäre generiert die meisten Hauptklimatypen der Erde (nach H. WALTER 1968, 1973). Die fett gedruckten Typen entsprechen den Komponenten der globalen Zirkulation oder werden direkt von ihr bedingt; die schrägen Linien zeigen die jahreszeitliche Verschiebung der Wind- und Luftdruckgebiete in nord - südlicher Richtung.

In Nordamerika existieren ferner noch große naturnahe Flächen von fast allen Biomen. Südamerika ist kleiner als Nordamerika, stellt jedoch teilweise eine ökologische Ergänzung der Biodiversität Nordamerikas auf der Südhalbkugel dar (vgl. GENTRY 1982).

In der hier vorgelegten Darstellung der Biodiversität Nordamerikas geht es ausschließlich um vegetationskundliche Aspekte. Angaben zur Zoodiversität können z.B. bei GROOMBRIDGE (1992) nachgeschlagen werden, aus dessen großem Kompendium auch nachfolgend einige Zahlen genannt werden.

Biodiversität umfasst aber mehr als Artenzahlen und bedeutet natürlich auch eine Vielfalt an Standorten und entsprechenden Vegetationstypen. Eingeschlossen sind die besonderen Aspekte der regionalen Vegetation, endemischer Taxa und Typen, der Variabilität von Pflanzen bei Mangelfaktoren und ihren Grenzwerten sowie besondere Anpassungsformen und funktionelle Phänomene.

Eine fundamentale Beschreibung der Vegetation Nordamerikas liegt derzeit weit hinter dem Stand von Europa und Japan; auch die Vegetation Kanadas wurde bisher phytosoziologisch ausführlicher behandelt als die der USA. Derzeit wird jedoch ein nationales Klassifikationssystem auch in den USA vorbereitet. Eine Checklist der nördlich von Mexiko vorkommenden Pflanzen (etwa 20.000 Arten) wurde 1980 von KARTESZ veröffentlicht und ist einschließlich der Arealkarten jetzt auch elektronisch verfügbar (USDA & NRCS 1997, KARTESZ & MEACHAM 1999). Für Mittelamerika und den karibischen Raum zeigt sich der Stand der Vegetationsbeschreibung dagegen wesentlich fleckenhafter.

Ziel der vorliegenden Darstellung ist es, einen Überblick über die Hauptvegetationsgebiete Nordamerikas, ihre historischen und biogeographischen Bedingungen sowie die Besonderheiten der Flora bzw. Vegetation des Kontinents zu geben. Weitere Literatur über Biodiversität und Vegetationsgeographie Nordamerikas ist in der unten stehenden Liste enthalten (mit Ausnahme von floristischen Arbeiten, die viel zahlreicher sind).

- Global (vergleichend): ARCHIBOLD 1995; EYRE 1968; WALTER 1968, 1973
- Zonierung: BAILEY & CUSHWA 1981; BAILEY 1995; ECOREGIONS WORKING GROUP 1989; GRELLER 1989; LIVINGSTON & SHREVE 1921; MERRIAM 1898; WOLFE 1979
- Geschichte: BRYANT & HOLLOWAY 1985; DELCOURT & DELCOURT 1981; GRAHAM 1972; WRIGHT 1983
- Baumarten: BROCKMAN 1986; LITTLE 1971-81; LITTLE et al. 1974
- Nordamerika: BARBOUR & BILLINGS 1988; BROWN et al. 1998; CHABOT & MOONEY 1985;
(regional) DAUBENMIRE 1978; EYRE 1980; FLORA N AMER. COMM. 1993; HUNT 1974; KNAPP 1963; KÜCHLER 1964; RICKETTS et al. 1999; SHELFORD 1963; VANKAT 1979
- Kanada: ROUSSEAU 1974; ROWE 1959
(regional)
- Westen/Norden: BARBOUR & MAJOR 1977; PEINADO et al. 1997; RIVAS-MARTINEZ et al. 1999
- Osten/Südosten: BRAUN 1950; CHRISTENSEN 1988; LIETH & LANDOLT 1979; MIYAWAKI et al. 1994; MYERS & EWEL 1990
- Mesoamerika: ASPREY & ROBBINS 1953; BEARD 1946, 1949, 1955; BORHIDI 1991; COKER 1905; MIRANDA & HERNANDEZ 1963; RZEDOWSKI 1981

Biogeografische Entwicklung von Nordamerika

Biodiversität wird nicht nur von Umweltfaktoren bedingt, sondern auch von der geologischen und biologischen Geschichte sowie dem menschlichen Einfluß (vgl. BARTRAM 1791, SISK 1998). Einige für Nordamerika wichtige Fakten der Erdgeschichte werden in Tab. 2 genannt.

Obwohl die Trennung von Nordamerika und Eurasien schon vor etwa 180 Millionen Jahren begann, blieben die beiden Landmassen bis vor etwa 49 Millionen Jahren über Grönland miteinander verbunden. Während dieser Zeit war Nordamerika über Alaska auch an Nordostasien gebunden, so daß von einer vermuteten, aus gemeinsamen zirkumpolaren Elementen der höheren Breiten bestehenden Arktis-Tertiären Flora gesprochen wird (AXELROD 1958, 1983). In Nordamerika wurde das Gebiet mit gemeinsamen Gattungen bzw. Arten jedoch erst durch eine Meerestransgression und danach durch die Entstehung der Rocky Mountains während des Oligozän in zwei Regionen gespalten, und zwar in einen schmalen pazifischen Streifen im Westen und ein größeres, wirklich nemorales Gebiet im Osten. Diese beiden Regionen besitzen heute noch viele gemeinsame Pflanzen-Gattungen, besonders unter den wichtigen Laubbäumen, doch fast keine gemeinsame Arten.

Während der Eiszeit war Nordamerika im Westen kaum vergletschert, im Osten jedoch bis südlich der Großen Seen. Weiter nach Süden erstreckte sich zunächst ein schmaler Tundra-Streifen, daran angrenzend eine relativ trockene boreale Zone und im Süden schließlich ein Refugium für nemorale Elemente bis an die Küste (vgl. DELCOURT & DELCOURT 1981). Nach dem Rückgang der Eisdecke und anschließender Nordwanderung der Baumarten aus den Refugialgebieten gelangten die wichtigen nemoralen Gattungen bis nach Südkanada vor etwa 10.000 Jahren. Vor etwa 5000 Jahren erreichten die Temperaturen ihren Höhepunkt und das Meeresniveau seinen heutigen Stand. Danach führte der Abfall der Temperaturen zur Vernäsung weiter Landstriche, vor allem an der atlantischen Küste, und somit zur Versumpfung und Vermoorung (Paludifizierung) großer Gebiete, wobei die heutigen Sumpfgebiete (z.B. Dismal Swamp) entstanden.

Die heutige Landfläche Nordamerika wird durch die lange Bergkette der Rocky Mountains beherrscht, die sich von Alaska bis Mexiko erstreckt und sich in Form der mittelamerikanischen Kordillere und der Anden weiter bis zur Südspitze Südamerikas fortsetzt. Die anderen Bergketten in Nordamerika, d.h. die Appalachen, die Kaskaden und die Sierra Nevada sowie die beiden Stränge der Sierra Madre in Mexiko sind ebenfalls nord-süd orientiert. Als Folge können sich Kaltluftmassen von Kanada sehr rasch und unbehindert weit nach Süden, sogar in den Karibischen Raum hinein bewegen. Die Durchschnittstemperaturen im Winter liegen im östlichen Nordamerika meistens um 2-5°C höher als auf gleicher geografischer Breite in Ostasien, doch sind die absoluten Temperaturminima in Nordamerika wesentlich tiefer. Das große Gebiet der laubwerfenden Wälder im östlichen Nordamerika erstreckt sich dementsprechend weit nach Süden, wobei man insgesamt von einem warmtemperierten sommergrünen Waldgebiet sprechen kann (vgl. KIRA 1977).

Die Niederschlagsgefälle in Nordamerika verlaufen hauptsächlich in ost-westlicher Richtung, insbesondere in den USA. Alle Gradienten der klimatischen Wasserbilanz (Niederschlag minus potentieller Verdunstung) sind also oft sehr kompliziert und regional differenziert. Außerdem schaffen die Bergketten in Nordamerika drei große Trockengebiete: die sogenannten „Great Plains“ zwischen den Rocky Mountains und dem östlichen Waldgebiet, das Große Becken zwischen der Sierra Nevada und den Rocky Mountains sowie das hochgelegene mexikanische Zentraltal.

In Nordamerika entsprechen die Böden meistens über große Flächen der klimatischen Zonierung und können daher als zonale oder mindestens quasizonale Böden betrachtet wer-

Tab. 2: Geologische Geschichte Nordamerikas.

Palaeozoikum:	von 600M vH	Entstehung der Appalachen
Mesozoikum (223-65 Millionen vH)		
Trias (223-192M vH)	von 200M vH	Aufbruch der Pangaea
Jura (192-135M vH)	180M vH	Trennung von Afrika und Nordamerika; erste ostamerikanische Küstenebene
	bis 100M vH?	Angiospermen erreichen Vorherrschaft
Tertiär		
Paläozän & Eozän	(65-38M vH)	Madro-Tertiär-Geoflora; tropische Flora im Südosten Trennung von Eurasien vollständig
Oligozän	(38-23M vH)	Entstehung der Rocky Mountains Beginn globaler Abkühlung (?)
Miozän	(23-5M vH)	Klimate werden kühler und trockener
Pliozän	(5-1.8M vH)	Entstehung der Kaskaden und der Sierra Nevada; die meisten modernen Pflanzentaxa existieren, Kräuter zahlreich
Quartär		
Pleistozän	(1.8-0.01M vH)	Glaziale u. interglaziale Perioden: -Eisdecke in Kanada u. nordöstl. USA -Vegetationszonen nach Süden geschoben -Meeresniveau schwankend
	18K vH	Letztes Glazial in Nordamerika: -Meeresniveau um 150 m niedriger -Ostküste 50-150 km weiter nach Osten -breitere Küstenebenen
	14-12K vH	Erwärmung und Rückzug der Eisdecke
Holozän	(seit 10K vH)	Entwicklung der heutigen Biome
	8-5K vH	wärmste Periode seit dem letzten Glazial
	5K vH	Meeresniveau erreicht den heutigen Stand; Abkühlung und Paludifizierung im Osten

Abkürzungen: K = Tausende (Jahre), M = Millionen (Jahre), vH = (Jahre) vor Heute.

den. Die große Ausnahme gibt es im Südosten, wo im sommergrünen Waldgebiet ein spezieller Tonboden vorkommt, der im warmtemperierten Klima des Tertiärs lokal durch Sand-schichten überlagert worden ist und deshalb eine Besonderheit bildet.

Auch die Hauptvegetationstypen entsprechen meistens dieser klimatischen Zonierung; sie werden in Tab. 3 aufgelistet. Tundren und boreale bzw. montane Koniferenwälder sind im Norden Kanadas und Amerikas und in allen Gebirgen bis Südmexiko zu finden. Temperierte Koniferenwälder befinden sich vorwiegend in trockneren Bergenlagen (besonders mit *Pinus*)

Tab. 3: Hauptvegetationstypen und Vegetationsgebiete Nordamerikas.

Arktische und alpine Tundren

Arktische: Alaska-Kanada, Grönland

Alpine: Appalachen, Rocky Mountains, Kaskaden-Sierra Nevada, Mexiko

Boreale und Montane Koniferenwälder

Borealer Wald: Alaska-Kanada, östliches Kanada

- Ökotone: Waldtundra, Waldsteppe

Montane Wälder: Appalachen, Rocky Mountains, Kaskaden-Sierra Nevada, Mexiko

Nemoraler (Sommergrüner) Laubwald: Osten, nordwestliche USA, Sierra Madre Oriental

- Ökotone: Waldsteppe ("grove belt"), boreo-montaner bzw. nördlicher Mischwald

Warmtemperierte Wälder: südöstliche USA, montane Stufen in Mittelamerika und der Karibik

Temperierte Koniferenwälder

Temperierter Regenwald (pazifische Küste)

Submediterrane: pazifische Küstengebirge, Sierra Nevada, Süd-Kaskaden

Trockene Bergwälder: Rocky Mountains, Sierra Nevada-Kaskaden, Große Becken, etc.

Mediterrane und andere xerophytische Wälder und Gehölze

Mediterraner Hartlaubwald (Kalifornien)

Maquis: Chaparral u. Encinal, "coastal sage", "deciduous chaparral" (Große Becken)

Juniper-Piñon-Gehölz (Große Becken)

Laubwerfende Gehölze: Kalifornien, Große Becken, Texas-Nordmexiko

Temperierte Grasländer

Echte Prärie (Hochgras): östliche "Great Plains"

Typische Grasländer: "Great Plains", Palouse (Oregon-Washington-Idaho)

Andere: Texas-Louisiana-Küstenprärie, kalifornische Steppe (mediterran)

Wüsten und Halbwüsten

Winterkalte: Große Becken, Colorado-Plateau, kleinere intermontane Becken

Subtropische: Sonora-Wüste, Chihuahua-Wüste, Mojave-Wüste

Tropische Gehölze und Savannen

Niedrige regengrüne u. Dorn-Gehölze: pazifisches Mittelamerika, karibische Leeseiten

Savannen (sehr verstreut und meist von Wald abgeleitet)

Tropische Regengrüne Wälder: Yucatan, inneres Mittelamerika, pazifisches Costa-Rica

Tropischer Regenwald: Panama und karibisches Mittelamerika, einige karibischen Luvseiten

Halbimmergrüne: vereinzelt Übergänge zu Regenwald

Tropische Gebirge: zentralamerikanische Kordillere, einige karibische Inseln

(kolline und montane Regenwälder, Nebelwald, alpiner Páramo)

sowie im sehr ozeanischen, kühltemperierten Regenwald an der pazifischen Küste. Die nord-amerikanischen Gebiete der zonalen sommergrünen Wälder und der temperierten Grasländer sind in ihrer Nord-Süd- bzw. Ost-West-Erstreckung besonders breit. Mediterrane und andere xerophytischen Gehölze bedecken große Flächen in Kalifornien und in den niedrigeren Bergstufen im Großen Becken. Die Wüstengebiete Nordamerikas sind nicht groß, aber relativ vielseitig, besonders auffällig ist die Sonora-Wüste. Die tropischen Vegetationstypen bedecken relativ kleine Flächen in Mittelamerika und der Karibik, zeigen aber die meisten Vegetationstypen und Waldstufen, wie man sie auch aus den tropischen Regenwäldern anderer Erdteile kennt. Nur immergrüne Laubwälder der warmtemperierten Zone (*Quercus*- sowie laurophyllie Wälder der südöstlichen Küstenebene) kommen ausschließlich fleckenhaft vor und sind auf feuergeschützte, aber nicht zu nasse bzw. nährstoffarme Standorte beschränkt.

Artenreichtum und Endemismus

Schätzungen des Artenreichtums verschiedener Erdregionen sind vorwiegend nach GROOMBRIDGE (1992) in Tab. 4 wiedergegeben. Der gemäßigte Osten Nordamerikas hat mehr Pflanzenarten als Europa, aber weniger als vergleichbare Gebiete Ostasiens, wo die Auswirkungen der letzten Eiszeit weniger ausgeprägt waren (FRENZEL 1968). Kanada und die USA - jedoch ohne die Hawaii-Inseln - haben zusammen etwa 18-20.000 Arten, also weniger als das Mittelmeergebiet mit seinen 25.000 oder China mit nachweisbar etwa 30.000 Arten, die auf vergleichbaren geographischen Breiten liegen.

Die Artenzahlen in den verschiedenen Ländern Nordamerikas, ebenfalls hauptsächlich aus GROOMBRIDGE (1992) zusammengefasst, sind in Tab. 5 dargestellt. Obwohl der Artenreichtum der Gebiete nördlich von Mexiko nicht besonders hoch ist, steht Mexiko selbst mit schätzungsweise bis zu 30.000 Arten an vierter Stelle unter allen Länder der Welt (GROOMBRIDGE 1992). Costa Rica hat wahrscheinlich bis zu 12.000 Arten auf nur 50.9 Millionen km² und Kuba, die größte Insel des Karibischen Meeres mit 114.5 Millionen km² Fläche, hat etwa

Tab. 4: Artenzahlen der verschiedenen Großräume der Erde.

Lateinamerika (inkl. Mexiko und Mittelamerika)	85.000
Mexiko	20-30.000
Kuba	6.000
Tropisches und subtropisches Asien	50.000
Malesien	30.000
Indien	15.000
China	30.000
Tropisches und subtropisches Afrika	40-45.000
Nordafrika	10.000
Tropisches Afrika	21.000
Südliches Afrika	21.000
Mittelmeergebiet	25.000
Nordamerika (Kanada + Vereinigte Staaten)	17-20.000
Australien	15.000
Europa	12.500

Daten von verschiedenen Autoren, zusammengestellt von GROOMBRIDGE (1992, S. 66, 80-82).

Tab. 5: Anzahl der Arten und Endemiten der höheren Pflanzen in Nordamerika.

	Fläche (10 ³ km ²)	Blüten- pflanzen	Gymno- spermen	Farne	Endemiten	Prozent Endemiten
Größere Gebiete						
Grönland (Dänemark)	2175	497	1	31	0	0.0
Kanada	9922	2920	33	65	147	4.9
Vereinigte Staaten	9363	18956	113	404	4036	20.7
Mexiko	1972	20-30000	71	1000	3624	13.9
Mittelamerika						
Belize	23.0	2.5-3000	10	134	150	5.2
Guatemala	108.9	8000	29	652	1171	13.5
El Salvador	21.4	2500	8	400	17	0.6
Honduras	112.1	5000	30	325	148	2.8
Nicaragua	148.0	7000	-	500	57	0.8
Costa Rica	50.9	10-12000	9	1000	1800	15.0
Panama	78.5	9000	12	577	1222	12.7
Größere Inseln und Inselgruppen						
Bahamas	13.9	1172	3	43	115	9.4
Kuba	114.5	5996	23	495	3229	49.6
Dominican.Rep. + Haiti	76.2	5000	7	650	1800	-
Puerto Rico	9.0	2128	1	364	235	9.4
Jamaica	11.4	2746	4	558	906	27.4
Einige Kleinere Inseln						
Bermuda	0.05	147	0	20	15	9.0
Turks und Caicos Inseln	0.43	440	1	7	9	2.0
Cayman Inseln	0.26	518	1	20	19	3.4
Dominica	0.75	1127	1	197	11	0.8
Guadeloupe + Martinique	2.86	1670	1	261	26	1.6
St Lucia	0.62	909	-	118	11	1.1
Barbados	0.43	542	-	30	5	0.8
Grenada	0.35	919	1	148	4	0.4
Trinidad-Tobago	5.13	2132	-	289	226	9.3

Daten aus GROOMBRIDGE (1992, S. 81). Alle Zahlen entsprechen Arteninventaren, mit Ausnahme von Mexiko, den mittelamerikanischen Ländern, Grenada und Trinidad-Tobago. Innerhalb der Regionen werden die Länder von Norden nach Süden aufgelistet.

6.000 Arten. Schätzungen der taxonomischen Diversität ohne Berücksichtigung politischer Grenzen werden neuerdings in der Weltkarte von BARTHOLOTT et al. (1999) angegeben. Diese Karte zeigt ganz deutlich den größeren Artenreichtum in Mittelamerika und im Süden der USA, aber auch die erhöhte Diversität in den Appalachen und den Rocky Mountains. CURRIE & PAQUIN (1987) zeigten ferner, dass die Anzahl der Baumarten in Nordamerika insgesamt nach Süden ansteigt, und zwar mit zunehmender realer Verdunstung, d.h. der klimatisch bedingten Evapotranspiration. Dieser Trend läßt sich auch an anderen Gradienten beobachten und er entspricht weitgehend der sogenannten Arten-Energie-Theorie der Diversität, wie sie bei SCHALL & PIANKA (1978), WRIGHT (1983), ROHDE (1992) sowie WALKER (1992) beschrieben wird.

Daten über den Artenreichtum und den Endemismus wurden neuerdings auch in der großen, vom WWF (WorldWildlife-Fund) unterstützten Zusammenstellung der Ökoregionen Nordamerikas einschließlich ihres Schutzzustandes veröffentlicht (RICKETTS et al. 1999; vgl. OLSON & DINERSTEIN 1998). Die 116 von RICKETTS et al. (1999) abgegrenzten Ökoregionen Nordamerikas (nördlich von Mexiko) basieren auf drei früheren Kartierungsprojekten von

OMERNIK (1995) für die USA, der ESWG (1995) für Kanada und von GALLANT et al. (1995) für Alaska. Eine auf DINERSTEIN et al. (1995) und auf FLORES et al. (1971) zurückgehende Karte der Ökoregionen Mexikos wurde ebenfalls von RICKETTS et al. publiziert, allerdings ohne Daten über Artenreichtum bzw. Endemismus. Bei den von RICKETTS et al. (1999: Appendix C) dargestellten Ökoregionen - ohne Mittelamerika - sind die höchsten Artenzahlen in den folgenden Einheiten zu finden: den Mischwäldern des Südostens (3.363), Koniferenwäldern des Südostens (3.095), Strauchländern des Colorado-Plateaus (2.556), Strauchsteppen des Großen Beckens (2.519), in der Mojave-Wüste (2.490), in mesophytischen Wäldern der Appalachen (2.487), der Blue Ridge (2.398), in den Wäldern der Sierra-Nevada (2.373) sowie in den Savannen des Edwards-Plateau (Texas, 2.361) und der westlichen Kurzgrassteppe (2.359). Die Wälder der Südappalachen gehören somit zu den reichsten temperierten Waldgebieten der Erde; die *Pinus*-Savannen der südöstlichen Küstenebene besitzen darüber hinaus eine der reichsten Krautfloren der Erde.

Die kalifornische Florenprovinz mit ihren etwa 2.140 Endemiten wurde als bedeutendstes Endemitenzentrum Nordamerikas bezeichnet und gehört damit vermutlich zu den 18 wichtigsten Endemitenzentren der Welt (MYERS 1990). Zu erwähnen sind aber auch die Südappalachen, der Llano Estacado (=Edwards-Plateau, Texas) und die südliche Hälfte der Halbinsel von Florida (GROOMBRIDGE 1992). Unter den von RICKETTS et al. (1999) genannten Ökoregionen sollen die Koniferenwälder bzw. die Savannen der südöstlichen Küstenebene sowie die Strauchsteppen des Großen Beckens bis zu 200 endemische Arten beherbergen. Die Koniferenwälder der westlichen Rocky Mountains sowie der Berge Nordkaliforniens, die mediterranen Hartlaubgehölze Kaliforniens und die Chihuahua-Wüste sollen jeweils bis 150 Endemiten besitzen. Die biogeografisch sehr interessante Sonora-Wüste hat nicht viel weniger Pflanzenarten (2.068) als die Mojave-Wüste (2.490) bzw. Chihuahua-Wüste (2.263), enthält jedoch nur rund 20 endemische Pflanzenarten (RICKETTS et al. 1999).

Andere Diversitätsbegriffe und -Maße

Wie schon gesagt, sind Artenzahlen nicht der einzige Maß für Biodiversität. Die räumliche Diversität von Land-Cover-Types der USA wurde von WICKHAM et al. (1995) durch die Analyse einer auf Satellitendaten basierenden Karte von LOVELAND et al. (1991) untersucht. Drei Begriffe der räumlichen Diversität wurden in diesem Zusammenhang benutzt: Anzahl der Deckungstypen pro Quadrat (in verschiedenen Maßstäben), dieselbe mit Betonung der natürlichen Vegetationstypen und Anzahl der verschiedenen Deckungstypen in angrenzenden Zellen des Rasters. Alle drei Indices waren im Westen der USA höher als im Osten; Gebiete mit erhöhter Diversität im Osten lagen in den Appalachen, in Florida sowie im inneren Tiefland westlich der Mittel- und Südappalachen.

In der WWF-Untersuchung von RICKETTS et al. (1999) wird auch der Begriff „**Distinctiveness**“ (etwa als „Einzigartigkeit“ zu übersetzen) von Ökoregionen bzw. Ökosystemen verwendet. Dieser Begriff wurde im Hinblick auf höhere Tiere und Pflanzen als ein Maß quantifiziert, das auf vier Hauptkriterien basiert, und zwar auf:

- Artenreichtum,
- Anzahl der Endemiten,
- Vorkommen von raren ökologischen bzw. Evolutions-Phänomenen und
- Seltenheit dieses Typs auf globalem Niveau.

Unter den 116 von RICKETTS et al. (1999) benannten Ökoregionen Nordamerikas (nördlich von Mexiko) wurden insgesamt 32 als „globally outstanding“, d.h. global hervorragend eingestuft. Diese Vegetationstypen befinden sich hauptsächlich an der Westküste Nordamerikas, entlang der US-mexikanischen Grenze, im Südosten der USA inklusive Florida und erschei-

nen in einem polar-borealen Streifen von Nordalaska und den nördlichen Rocky Mountains bis Nordostkanada, besonders auf der Ungava-Halbinsel.

Zusätzlich zu dieser Klassifikation wurde ein „**Conservation Status Index**“ erstellt und auf alle Ökoregionen angewendet. Weitere Einzelheiten und Werte dazu sind bei RICKETTS et al. (1999) beschrieben.

Besonderheiten der Regionalen Vegetation

Die Haupttypen der natürlichen Vegetation Nordamerikas sind in Tab. 4 dargestellt. Sie werden in mehreren älteren und neueren Arbeiten ausführlich behandelt (z.B. KNAPP 1963, SHELFORD 1963, VANKAT 1979, BARBOUR & BILLINGS 1999). Hier sollen nur einige Besonderheiten von Vegetation und Flora kurz dargestellt werden.

Die polaren Tundren und die borealen Wälder sind aus den teilweise zirkumpolar verbreiteten Taxa wie *Picea*, *Abies*, *Pinus*, *Betula* und *Populus* sowie von Zwergsträuchern aus der Gruppe der Ericaceen, der Seggen und horstartig wachsenden Gräser aufgebaut, dazu kommen viele Moose und Flechten. Die Gattung *Larix* kommt auch in Nordamerika vor, jedoch hauptsächlich als Begleitart der Wälder im Umfeld der Moore. Die Gesamtanzahl der Pflanzenarten ist nicht hoch - sie ist vergleichsweise niedriger als in Sibirien - und liegt wahrscheinlich in beiden Zonen zusammen unter 2.000 Arten. Interessant ist, dass die Birkenwälder der weniger kontinentalen Regionen des borealen Skandinavien auch in küstennahen Streifen von Alaska, Grönland, und Neufundland sowie auf Island und den Aleuten in Erscheinung treten. Solche Bereiche ließen sich nach der Klimaklassifikation von WALTHER (1968) dem Klimatyp VIII_m zuordnen, wobei „m“ eine maritime Variante bezeichnen soll.

Sommergrüne Wälder bedecken große Gebiete im östlichen Nordamerika; sie sind viel artenreicher als in Europa, erreichen aber nicht die Artenzahlen von Ostasien. Unter den derzeit in Europa fehlenden, in Nordamerika aber wichtigen sommergrünen Baumgattungen sind *Carya*, *Liriodendron* und *Liquidambar* zu erwähnen. Die reichsten Laubwälder der USA sind die „mixed mesophytic forests“ an den feuchteren Westhängen der Mittel- und Südappalachen. Diese Wälder zeigen hochwüchsige Bäume mit bis 40 m hohen Exemplaren von *Fraxinus*, *Liriodendron*, *Tilia*, *Liquidambar*, *Acer* und sogar der laubwerfenden *Magnolia*, aber nur wenig *Quercus* ist am Aufbau der Wälder beteiligt (BRAUN 1950). Aufnahmen von 30 x 30 m Größe zeigen in diesen Wäldern besonders reiche Krautschichten und können insgesamt bis zu 80 Arten umfassen. Die Süd-Appalachen haben keine alpine Stufe, ihre bis 2.000m hohen Berge, die höchsten im östlichen Nordamerika, zeigen eine allgemein vollständige Stufenfolge von nemoralen Tieflands- und kollinen Wäldern über montane Mischwälder bis zu subalpinen Wäldern, die aus der ostkanadischen *Picea rubens* und der endemischen *Abies fraseri* aufgebaut sind. Die Süd-Appalachen sind von Regionen mit ähnlichen Klimabedingungen im Norden durch die niedrigeren Mittel-Appalachen getrennt. Deshalb bilden sie mit ihrer Stufenfolge, ihrem feuchten Klima - aber auch einigen Trockentälern - und mit lokalen sowie borealen und arktischen Arten ein wichtiges Zentrum der Biodiversität im temperierten Teil Nordamerikas. Sommergrüne Wälder mit verschiedenen Arten aus zahlreichen verwandten Gattungen kommen in kleinen Bereichen der nordwestlichen USA vor. Manche östliche Elemente kennzeichnen die winterkahlen nemoralen Wäldern der Sierra Madre Oriental von Ostmexiko als geografische und ökologische Differentialarten (s. MIRANDA & SHARP 1950; vgl. PETERS 1995).

In den Grasländern der „Great Plains“ werden im allgemeinen drei Zonen unterschieden, und zwar die echte Hochgras-Prärie im Osten (VI-VII Ökoton, nach WALTHER 1968), ein Mischgras-Streifen in der Mitte (auch in Kanada) und die „High Plains“ Horstgras-Steppe im Westen, die bis an die Rocky Mountains reicht (s. KNAPP 1963). Dazu kommen das „Desert

Grassland“ von New-Mexiko bei jährlichen Niederschlägen unter 400 mm und der Übergang vom Grasland der gemäßigten Zone zu subtropischer Savanne in Texas. Dieser Übergang wird durch die Steppen des höher gelegenen und besonders reichen Llano Estacado in Zentraltexas und die tiefer gelegenen *Prosopis-Opuntia*-Savannen von Südtexas und Nordmexiko gekennzeichnet.

Unter den Wüsten sind die Strauchsteppen der Chihuahua-Wüste, die zu 90% aus *Larrea tridentata* bestehen und die Wüsten des Großen Beckens, überwiegend *Artemisia tridentata*, relativ eintönig. Die anderen beiden Wüstengebiete dagegen sind besonders interessant. Die höher gelegene Mojave-Wüste (über 600 m NN) mit ihren kälteren Wintern nimmt eine Zwischenstellung ein und besitzt daher keine großen Säulenkakteen. Statt dessen wachsen die sehr interessanten endemischen Bäume von *Yucca brevifolia* mit bis etwa 8-10 m hohen Exemplaren, die einer Form entsprechen, welche sonst nur in einigen tropischen Gebieten vorkommt (vgl. *Aloe*, *Dracaena*, *Beaucarnea*, *Xanthorrhoea*). Am interessantesten ist aber die Sonora-Wüste (einschließlich Baja California); sie ist fast frostfrei und mit zwei Regenperioden im Jahr durch eine besonders reiche Vegetation an gemeinsam vorkommenden Lebensformen mit großen Säulenkakteen (*Carnegiea gigantea* aber auch *Lemaireocereus*) ausgezeichnet. Unter den übrigen Wüstengebieten der Erde hat nur ein Teil der südafrikanischen Karroo zwei Regenperioden; und auch diese Wüste ist reich an Sukkulenten. In der Sonora-Wüste jedoch bestimmen neben den Sukkulenten auch regengrüne Bäumen (z.B. *Cercidium*-Arten) und Sträucher (besonders *Fouquieria splendens*, die bis 4-5mal im Jahr austreiben kann), ferner immergrüne Wüstensträucher wie *Larrea tridentata*, sukkulente Bäumchen und Kegelformen (*Opuntia*), sowie stammlose und Stamm-Rosetten von *Yucca* bzw. *Agave* und viele sehr xeromorphe Zwergsträucher, Wüstengräser wie *Hilaria rigida* das Vegetationsbild. Dazu sind Epiphyten wie Loranthaceae und manchmal sogar *Cuscuta* sowie viele ephemere Kräuter und Gräser zu erwähnen (vgl. SHREVE 1951).

Das kalifornische Mediterrangebiet wurde als wichtiges Endemitenzentrum bereits erwähnt (vgl. GROOMBRIDGE 1992). Die charakteristische Vegetation zeigt die sklerophylle, maquisartige Konvergenzform aller Mediterrangebiete der Erde. Zu den ausgedehnt vorkommenden Landschaftstypen gehören aber auch die Hartlaubwälder aus *Quercus*, teilweise mit *Arbutus*, die Zwergstrauch-Landschaften („coastal sage“) aus aromatischen, jedoch fast völlig laubabwerfenden Arten der Gattungen *Erigonum*, *Salvia* und *Artemisia*, die *Pinus*- und *Quercus*-Savannen und das Grasland auf dem flachen Zentraltal zwischen den Küstengebirgen und der Sierra Nevada. Kein anderes Mediterrangebiet der Erde hat diese Vielfalt an Landschaften auf größeren Flächen zu bieten. Kalifornien wird in Amerika der „Goldene Staat“ genannt, nicht wegen des berühmten Erzes in der Sierra Nevada, sondern wegen der spätsommerlichen Farbe der weiten nicht bewaldeten Landschaften.

Eine Besonderheit Nordamerikas stellen die hochwüchsigen Koniferenwälder dar, die in der WALTHER'schen IV-Vm-Übergangszone der nordkalifornischen Küste (*Sequoia sempervirens*) und Sierra Nevada (*Sequoiadendron gigantea*) sowie weiter nach Norden in dem sich entlang der pazifischen Küste erstreckenden temperierten Regenwald (Vm-Klimatyp) vorkommen. Diese Hochwüchsigkeit der Bäume in den IVVm- und Vm-Zonen entspricht einem globalen Muster (vgl. Südaustralien, Südchile, Neuseeland), aber nur in Nordamerika bestehen diese Wälder vorwiegend aus Koniferen, die vielleicht besser an die Trockenheit des relativ größeren Erdteils angepasst sind. Obwohl die jetzt endemischen „Redwoods“ (*Sequoia* und *Sequoiadendron*) für ihre Höhe am berühmtesten sind, war der höchste je vermessene Baum (125m) eine *Pseudotsuga menziesii* (CARDER 1995). Vor der Eiszeit lebten *Pseudotsuga* und *Sequoia* auch in Europa, in einem Klimagebiet, das vielleicht dem heutigen IV-Vm-Klimatyp entsprach. Der temperierte Regenwald reicht nach Norden bis Südalaska, hat eine durchschnittliche Höhe von 50-60 m und besteht hauptsächlich aus *Thuja plicata*, *Tsuga*

heterophylla, *Picea sitchensis*, *Abies amabilis* und *Pseudotsuga*; der Strauch- und Kraut-Unterwuchs ist sehr artenarm.

Am kompliziertesten gestalten sich jedoch die Standortbedingungen auf den azonalen Sandböden der breiten, flachen und tiefgelegenen Küstenebene des warmtemperierten Südostens. Liegt ein Standort um 1 m höher, so wird er plötzlich trocken und durch Feuer angreif-

Tab. 6: Zonale und azonale Vegetationstypen der südöstlichen USA.

ZONALE VEGETATION	EDAPH./TOPOGENE VEGETATION	
Humid-subtropische Zone		
Immergrüne bzw. halimmergrüne Laubwälder mit (sub)tropischen Arten (kommen oft als "hammocks" d.h. Waldinseln vor)	Rocklands Auen "Everglades" Küste	<i>Pinus</i> -Gehölze Trockengebüsche <i>Taxodium</i> -Sumpfwälder <i>Taxodium</i> -Inseln u. Savannen Naßprärien u. Marschland Mangroven Dünengehölz bzw. -Wiesen
Warmtemperierte Zone		
Immergrüne Laubwälder (etwas sklerophyll hauptsächlich <i>Quercus</i>)	Mulden und Einsenkungen Auen Quellen Kalkstein Flachland Sandhügel Küste	laurophylle Wälder immergrüne Strauchmoore mesomorphe Auenwälder <i>Taxodium</i> -Sumpfwälder sehr mesomorphe Wälder laubwerfende Wälder pyrogene <i>Pinus</i> -Savannen, inkl. Feuchtwiesen xeromorphe <i>Quercus</i> -Gehölze Trockensavannen (<i>Quercus</i> , <i>Pinus</i>) Salzmarsch u. Brackwassermarsch, Dünenwiesen bzw. -Gehölz, Naßprärien, Marschland, <i>Quercus</i> -Gehölz bzw. -Wald
Nemorale Zone		
sommergrüne Laubwälder (hauptsächlich <i>Quercus</i>)	Mulden Auen Kalkstein Magerstandorte Küste	Moore, teilweise mit Torf Auenwälder, Sumpfwälder <i>Juniperus</i> -Waldland <i>Pinus</i> -Wälder Salzmarsch u. Brackwassermarsch, Dünenwiesen bzw. -Gehölz, Marschland, <i>Quercus</i> -Gehölz
--> Berge		
montane Laubwälder ("northern hardwoods")	Hügel Gebirgsrücken Geröll	reiche "cove forests" <i>Pinus</i> - bzw. <i>Quercus</i> -Wald <i>Tsuga</i> -Wälder
montane Mischwälder		
subalpiner <i>Picea-Abies</i> -Wald	Gebirgsrücken	<i>Rhododendron</i> -Gehölz Grasflächen ("balds")

bar. Auf nur wenig tiefer gelegenen Stellen dagegen kann das Grundwasser jahreszeitlich bedingt sogar an die Oberfläche steigen. Trotzdem kann die Vegetation, oder mindestens ihre Unterschicht, auch auf solchen Stellen brennen. Der zonale immergrüne Laubwald scheint durch die Tiefsttemperaturen, die vielleicht nur ein- oder zweimal im Jahrhundert auftreten, begrenzt zu sein (BOX 1988, 1995a,b). Solche Wälder können jedoch nur fleckenhaft an denjenigen Stellen aufkommen, die nicht zu trocken oder zu naß bzw. nährstoffarm sind und die nicht brennen. An trockenen, nährstoffarmen Sandhügeln wachsen niedrige, offene bzw. inselartige *Quercus*-Bestände. In leichten Mulden entwickeln sich Moore aus immergrünen Sträuchern von *Ilex* und *Ericaceae*, die manchmal von vereinzelt *Pinus serotina*-Bäumen umringt sind; sie bilden Torfschichten, brennen aber auch regelmäßig. Auf großen Flächen kommen artenreiche *Pinus*-Savannen vor, die von den Bränden ihrer Strauch- und Kraut-Unterschichten erhalten werden. In den sehr seltenen, sogenannten Feuchtsavannen, die auch brennen, kann man auf einer Fläche von 2 m² manchmal mehr als 100 Krautarten zählen. Eine Liste der wichtigsten zonalen, edaphischen und topogenen Vegetationstypen der Küstenebene enthält Tab. 6. Viele dieser Typen sind sehr artenarm, andere sind sehr artenreich; die Vielfalt an Vegetationstypen in der Landschaft ist deshalb sehr hoch.

In der südlichen Hälfte der Halbinsel Florida ist der Übergang zu den Tropen entwickelt, der im klimatisch trockensten Teil des östlichen Nordamerika gedeiht. Wo die Standorte nicht zu trocken sind, wird dieser Übergang durch immergrüne *Quercus virginiana*-Wälder mit dichter Baumunterschicht von Palmen (*Sabal palmetto*) gebildet. Etwa 200 km weiter südlich wird jedoch diese temperierte Flora des östlichen Nordamerika fast vollständig durch die neotropische Flora ersetzt (s. LITTLE 1978c, LONG & LAKELA 1971, MYERS & EWEL 1990). Dieser Arten-Turnover ist auf das Ausbleiben von Frost zurückzuführen und stellt den größten Arten-Turnover am gesamten polar-tropischen Gradienten dar. Er tritt in Florida besonders dramatisch in Erscheinung, obwohl er auch in anderen Gebieten der Nordhalbkugel vorkommt.

Die tropische Region Nordamerikas - d.h. Mittelamerika und die Karibischen Inseln - ist im Vergleich mit anderen Erdteilen relativ klein. Als Folge davon haben jedoch bestimmte Gebiete eine sehr hohe Vielfalt an Arten und Standorten sowie entsprechenden Vegetationstypen auf relativ kleinem Raum. Mexiko besitzt etwa 30.000 Pflanzenarten und vielleicht auch die reichsten tropischen Trockenwälder sowie subtropischen *Quercus-Pinus*-Wälder der Erde (RICKETTS et al. 1999). Einen wahren Mikrokosmos der tropischen Vegetation findet man aber in Costa Rica mit seiner karibischen und pazifischen Küste sowie Bergen bis über 3000 m Höhe und etwa 12.000 Pflanzenarten. Nicht nur tropische Regenwälder sind in Costa Rica zu finden, sondern auch das größte geschützte Trockenwaldgebiet in Nordamerika, hohe Bergwälder aus tropischen Arten in tieferen Lagen, *Quercus* in den höheren Lagen und echte alpine Paramo-Flächen, die jedoch die schopffartigen *Espeletia*-Formen der Anden nicht besitzen. Als Laboratorium zur Untersuchung der tropischen Wälder gilt Costa Rica als Mekka wegen der Vielfalt an Arten, Stufen, Standorten und Infrastruktur. Zu den zonalen, in Nordamerika fehlenden Vegetationstypen gehören jedoch die alpine Feucht-Puna (II) und Trocken-Puna (III) der wechselfeuchten Anden.

Schlussbemerkung

Alle Vegetationstypen in Nordamerika werden, wie auf anderen Erdteilen, durch vermutete Klimaänderung sowie den Druck wachsender Bevölkerungszahlen und kommerzieller Habgier gefährdet. Im amerikanischen Fernsehen hörte man neulich Reklamesprüche wie „In life it's OK to be aggressive, as long as ...“ von Investitionsfirmen, die versuchen, sich einerseits zu entschuldigen und andererseits das Publikum gleichzeitig von dem aggressiven Wall-

Street-Lifestyle zu überzeugen. Eine Erwärmung des Klimas von global durchschnittlich nur 1°C kann zu großen Verschiebungen der klimatisch bedingten Areale vieler wichtiger Pflanzenarten führen (BOX et al. 1999, DAVIS & ZABINSKI 1992, IVERSON et al. 1999, LASSITER et al. 1999). In den mittleren und höheren Breiten werden aber größere Anstiege der Temperaturen erwartet (HOUGHTON et al. 1996). Die Bedrohung der Biodiversität durch geänderte Landnutzung und Zersplitterung der Landschaft ist weniger voraussagbar, doch gefährlicher.

Literatur

- ARCHIBOLD, O. W. (1995): Ecology of World Vegetation. - Chapman and Hall, London. 510 pp.
- ASPREY, G. F. & R. G. ROBBINS (1953): The vegetation of Jamaica. - Ecol. Monogr. **23**: 353-412.
- AXELROD, D. I. (1958): Evolution of the Madro-Tertiary flora. - Botanical Review **24**: 433- 509.
- AXELROD, D. I. (1983): Biogeography of oaks in the Arcto-Tertiary Province. - Annals Missouri Botan. Garden **70**: 629-657.
- BAILEY, R. G. (1995): Description of the Ecoregions of the United States. 2. überarb. u. erweit. Aufl. (1. Aufl. 1980). - Miscellaneous Publications Nr. 1391 (rev.). USDA Forest Service, Washington. 108 pp + Karte (1 : 7.500.000).
- BAILEY, R. G. & C. T. CUSHWA (1981): Ecoregions of North America. - Publ.-Nr. FWS/OBS- 81/29. US Fish & Wildlife Service, Washington. Karte (1:12.000.000).
- BARBOUR, M. G. & W. D. BILLINGS (Red.) (1999): North American Terrestrial Vegetation. 2. Aufl. (1. Aufl. 1988). - Cambridge University Press. 621 pp.
- BARBOUR, M. G. & J. BILLINGS (Red.) (1977): Terrestrial Vegetation of California. - John Wiley & Sons, New York. 1002 pp.
- BARTHLOTT, W., N. BIEDINGER, G. BRAUN, F. FEIG, G. KIER & J. MUTKE (1999): Terminological and methodological aspects of the mapping and analysis of global biodiversity. - Acta Bot. Fennica **162**: 103-110.
- BARTRAM, W. (1791): Travels through North and South Carolina, Georgia, East and West Florida. - Beehive Press, Savannah. 142 pp (Faksimile 1973 der originalen Londoner Version).
- BEARD, J. S. (1946): The natural vegetation of Trinidad. - Oxford Forestry Memoirs **20**.
- BEARD, J. S. (1949): The natural vegetation of the Windward and Leeward Islands. - Oxford Forestry Memoirs **21**: 1-192.
- BEARD, J. S. (1955): The classification of tropical American vegetation types. - Ecology **36**: 89- 100.
- BORHIDI, A. (1991): Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba. - Akademiaia Kiado, Budapest.
- BOX, E. O. (1988): Some similarities in the climates and vegetation of central Honshu and central eastern North America. - Veröff. Geobot. Inst. Rübel **98**: 141-168.
- BOX, E. O. (1995a): Global and local climatic relations of the forests of East and Southeast Asia. - In: Vegetation Science in Forestry (E. O. BOX et al., Red.), Handbook of Vegetation Science, Band 12/1, pp. 23-55. Kluwer, Dordrecht.
- BOX, E. O. (1995b): Factors determining distributions of tree species and plant functional types. - Vegetatio **121**: 101-116.
- BOX, E. O., D. W. CRUMPACKER & E. D. HARDIN (1999): Predicted effects of climatic change on distribution of ecologically important native tree and shrub species in Florida. - Climatic Change **41**: 213-248.
- BOX, E. O. (im Druck): Vegetation analogs and differences in the Northern and Southern Hemispheres: a global comparison. - Plant Ecology.
- BRAUN, E. L. (1950): Deciduous Forests of Eastern North America. - Blakiston Co., Philadelphia. 596 pp.
- BROCKMAN, C. F. (1986): Trees of North America. - Überarbeitete Ausgabe. Golden Press, New York. 280 pp.
- BROWN, D. E., F. REICHENBACHER & S. E. FRANSON (1998): A Classification of North American Biotic Communities. - University of Utah Press, Salt Lake City. 141 pp.

- BRYANT, V. M. & R. G. HOLLOWAY (1985): Pollen Records of Late-Quaternary North American Sediments. - American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.
- CARDER, A. (1995): Forest Giants of the World, Past and Present. - Fitzhenry & Whiteside, Markham (Ontario). 208 pp.
- CHABOT, B. F. & H. A. MOONEY (Red.) 1985. Physiological Ecology of North American Plant Communities. - Chapman and Hall, New York. 351 pp.
- CHRISTENSEN, N. L. (1988): Vegetation of the Southeastern Coastal Plain. - In: North American Terrestrial Vegetation (M. G. BARBOUR & W. D. BILLINGS, Red.), pp. 317-363. Cambridge University Press.
- COKER, W. C. (1905): Vegetation of the Bahama Islands. - Geogr. Soc. Baltimore (USA). 270 pp.
- CURRIE, D. J. & V. PAQUIN (1987): Large-scale biogeographical patterns of species richness of trees. - Nature **329**: 326-327.
- DAUBENMIRE, R. F. (1978): Plant Geography with special reference to North America. - Academic Press, New York. 338 pp.
- DAVIS, M. B. & C. ZABINSKI (1992): Changes in Geographical Range Resulting from Greenhouse Warming: Effects on Biodiversity in Forests. - In: Global Warming and Biological Diversity (R. L. PETERS & T. E. LOVEJOY, Red.), pp. 297-308. Yale University Press, New Haven (USA).
- DELCOURT, P. A. & H. R. DELCOURT (1981): Vegetation maps for eastern North America: 40.000 yr B.P. to the present. - In: Geobotany II (R. C. ROMANS, Red.), pp. 123-165. Plenum, New York.
- DINERSTEIN, E., D. M. OLSON, D. J. GRAHAM, A. L. WEBSTER, S. A. PRIMM, M. P. BOOKBINDER & G. LEDUC (1995): A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin American and the Caribbean. - World Bank, Washington.
- ECOREGIONS WORKING GROUP (1989): Ecoclimatic Regions of Canada, first approximation. - Ecol. Land Classif. Series No. **23**. Environment Canada, Ottawa. 119 pp + Karte (1:7.500.000).
- ESWG (Ecological Stratification Working Group) (1995): A National Ecological Framework for Canada. - Center for Land and Biological Resources Research, Agriculture and Agrifood Canada; and Ecozone Analysis Branch, Environment Canada, Ottawa.
- EYRE, F. H. (Red.) (1980): Forest Cover Types of the United States and Canada. - Society of American Foresters, Washington. 148 pp.
- EYRE, S. R. (1968): Vegetation and Soils: A World Picture. 2. Aufl. - Arnold Co., London. 314 pp.
- FLORA OF NORTH AMERICA EDITORIAL COMMITTEE (Red.) (1993): Flora of North America North of Mexico. Band I: Introduction. - Oxford University Press, New York/Oxford.
- FLORES, M. G., L. J. JIMENEZ, S. X. MADRIGAL, T. F. TAKAKI, X. E. HERNANDEZ & J. RZEDOWSKI (1971): Mapa de Tipos de Vegetación de la República Mexicana. Karte (1:2.000.000). - Seccion de Recursos Hidraulicos, México.
- FRENZEL, B. (1968): The Pleistocene vegetation of northern Eurasia. - Science **161**: 637-649.
- GALLANT, A. L., E. F. BINNIAN, J. M. OMERNIK & M. B. SHASBY (1995): Ecoregions of Alaska. - USGS Professional Paper Nr. 1567. US Geological Survey, Washington.
- GENTRY, A. H. (1982): Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny? - Annals Missouri Botanical Garden **69**: 557-593.
- GRAHAM, A. (Red.) (1972): Floristics and Paleofloristics of Asia and Eastern North America. - Elsevier, Amsterdam. 278 pp.
- GRELLER, A. M. (1989): Correlation of warmth and temperateness with the distributional limits of zonal forests in eastern North America. - Bull. Torrey Botan. Club **116**: 145-163.
- GROOMBRIDGE, B. (Red.) (1992): Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources. - World Conservation Monitoring Center (et al.). Chapman & Hall, London. 585 pp.
- HOUGHTON, J. T., L. G. MEIRA FILHO, B. A. CALLANDER, N. HARRIS, A. KATTENBERG & K. MASKELL (1996): Climate Change 1995: The Science of Climate Change. - Cambridge University Press, Cambridge (UK). 572 pp.
- HUNT, Ch. B. (1974): Natural Regions of the United States and Canada. - W. H. Freeman Co., San Francisco. 725 pp.

- IVERSON, L. R., A. M. PRASAD, B. J. HALE & E. K. SUTHERLAND (1999): Atlas of Current and potential Future Distributions of Common Trees of the Eastern United States. - General Technical Report, Nr. NE-265. USDA Forest Service, Washington. 245 pp.
- KARTESZ, J. T. (1980): Synonymized Checklist of the Vascular Flora of the United States: a Plant Thesaurus. - Timber Press, Portland (Oregon). 869 pp.
- KARTESZ, J. T. & C. A. MEACHAM (1999): Synthesis of the North American Flora, Version 1.0. - North Carolina Botanical Garden, Chapel Hill. CD-ROM (auch: <http://plants.usda.gov/plants>).
- KIRA, T. (1977): A Climatological Interpretation of Japanese Vegetation Zones. - In: *Vegetation Science and Environmental Protection* (A. MIYAWAKI et al., Red.), pp. 21-30. Maruzen, Tokyo.
- KNAPP, R. (1965): Die Vegetation von Nord- und Mittelamerika und der Hawaii-Inseln. *Vegetation der einzelnen Großräume*, Bd. I. - Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart. 373 pp.
- KÜCHLER, A. W. (1964): The Potential Natural Vegetation of the Conterminous United States. - New York: American Geographical Society, Special Research Publ., Nr. 36. 116 pp + Karte (1 : 3.168.000).
- LASSITER, R. R., E. O. BOX, R. G. WIEGERT, J. M. JOHNSTON, J. BERGENGREN & L. A. SUAREZ (2000): Vulnerability of ecosystems of the mid-Atlantic region, USA, to climate change. - *Environm Toxicol. and Chemistry* **19**(42): 1153-1160.
- LIETH, H., & E. LANDOLT (Red.) (1979): *Contributions to Knowledge of Flora and Vegetation in the Carolinas*. 3 Bände. - Veröff. Geobotan. Inst. Rübel, Zürich.
- LITTLE, E. L. (1971-81): Atlas of United States Trees. 6 Bände. - US Forest Service, Miscellaneous Publications Nr. 1146, 1293, 1314, 1342, 1361, 1410. US Forest Service, Washington.
- LITTLE, E. L., R. O. WOODBURY & F. H. WADSWORTH (1988): *Arboles de Puerto Rico y las Islas Virgenes*. - US Forest Service, Washington. 1177 pp.
- LIVINGSTON, B. E. & F. SHREVE (1921): *The Distribution of Vegetation in the United States, as Related to Climatic Conditions*. - Carnegie Institute Publications Nr. 284. Carnegie Institute, Washington. XVI, 590 pp.
- LONG, R. W. & O. LAKELA (1971): *Flora of Tropical Florida*. - University of Miami Press. 962 pp.
- LOVELAND, T. R., J. W. MERCHANT, D. O. OHLEN & J. F. BROWN (1991): Development of a land-cover characteristics data-base for the conterminous United States. - *Photogramm. Engineering & Remote Sensing* **57**: 1453-1463.
- MERRIARN, C. H. (1898): *Life Zones and Crop Zones of the United States*. - Biological Survey Bulletins Nr. 10. US Dept. of Agriculture, Washington. 79 pp.
- MIRANDA, F. & E. HERNANDEZ (1963): Los tipos de vegetación de México y su clasificación. - *Bol. Soc. Bot. de Mexico* **28**: 29-179.
- MIRANDA, F. & A. J. SHARP (1950): Characteristics of the vegetation in certain temperate regions of eastern Mexico. - *Ecology* **31**: 313-333.
- MIYAWAKI, A., K. IWATSUKI & M. M. GRANDTNER (Red.) (1994): *Vegetation in Eastern North America*. - University of Tokyo Press. 515 pp.
- MYERS, N. (1990): The biodiversity challenge: expanded hot-spots analysis. - *The Environmentalist* **10**: 243-256.
- MYERS, R. L. & J. J. EWEL (Red.) (1990): *Ecosystems of Florida*. - University of Central Florida Press, Orlando. 765 pp.
- OLSON, D. M. & E. DINERSTEIN (1998): The Global 200: A representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. - *Conserv. Biol.* **3**: 502-515.
- OMERNIK, J. M. (1995): *Level III Ecoregions of the Continent*. Karte (1:7.000.000). - National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Environmental Protection Agency, Washington.
- PEINADO, M., J. L. AGUIRRE & J. DELGADILLO (1997): Phytosociological, bioclimatic and biogeographical classification of woody climax communities of western North America. - *J. Vegetation Science* **8**: 505-528.
- PETERS, R. (1995): Architecture and Development of Mexican Beech Forest. - In: *Forest Ecosystems of East and Southeast Asia in Global Perspective* (E. O. Box et al., Red.), *Handbook of Vegetation Science*, Band 12/1, pp. 325-343. Kluwer, Dordrecht.

- RICKETTS, T. H., E. DINERSTEIN, D. M. OLSON, C. J. LONCKS, W. EICHBAUM, D. DELLA SALA, K. KAVANAGH, P. HEDAO, P. T. HURLEY, K. M. CARNEY, R. ABELL & S. WALTERS (1999): Terrestrial Ecoregions of North America: A Conservation Assessment. - Island Press, Covelo (California). 558 pp.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., D. SÁNCHEZ-MATA & M. COSTA (1999): North American Boreal and Western Temperate Forest Vegetation. - *Itinera Geototanica* Bd. **12**. Madrid.
- ROHDE, K. (1992): Latitudinal gradients in species diversity: a search for a primary cause. - *Oikos* **65**: 514-527.
- ROUSSEAU, C. (1974): Géographie floristique du Québec-Labrador. - Presses Univ. Laval, Quebec. 799 pp.
- ROWE, J. S. (1972): Forest Regions of Canada. - Canadian Forestry Service Publications Nr. 1300 (Karte). Dept. of Environment, Ottawa.
- RZEDOWSKI, J. (1981): Vegetación de México. - Limusa, México (D.F.). 432 pp.
- SCHALL, J. J. & E. R. PIANKA (1978): Geographical trends in numbers of species. - *Science* **201** :679-686.
- SHELFORD, V. E. (1963): The Ecology of North America. - Univ. of Illinois Press, Urbana. 610 pp.
- SHREVE, F. (1951): Vegetation of the Sonoran Desert. - Carnegie Institute Publications Nr. 591. Carnegie Institute, Washington. 192 pp.
- SISK, T. D. (Red.) (1998): Perspectives on the Land-Use History of North America: A Context for Understanding our Changing Environment. - US Geological Survey, Biological Sciences Division, Biol. Sci. Reports Nr. USGS/BRD/BSR-1998 0005:23-31.
- USDA & NRCS (1997): The PLANTS Data-Base (<http://plants.usda.gov>, 11/1997). - US Department of Agriculture and Natural Resources Conservation Service. National Plant Data Center, Baton Rouge (Louisiana).
- VANKAT, J. L. (1979): The Natural Vegetation of North America. - Wiley, New York. 261 pp.
- WALKER, B. H. (1992): Biological and ecological redundancy. - *Conserv. Biology* **6**:18-23.
- WALTER, H. (1968): Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung. Band II: Die gemäßigten und arktischen Zonen. - VEB Gustav-Fischer-Verlag, Jena. 1002 pp.
- WALTER, H. (1973): Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. Band I: Die tropischen und subtropischen Zonen. - VEB Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart. 743 pp.
- WALTER, H. & S.-W. BRECKLE (1999): Vegetation und Klimazonen. - 7. Aufl. (1. Aufl. 1970). Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 544 pp.
- WICKHAM, J. D., T. G. WADE, K. B. JONES, K. H. RITTER & R. V. O'NEILL (1995): Diversity of ecological communities of the United States. - *Vegetatio* **119**: 91-100.
- WOLFE, J. A. (1979): Temperature parameters of humid to mesic forests of eastern Asia and relation to forests of other regions of the Northern Hemisphere and Australasia. - U.S. Geological Survey, Professional Papers Nr. 1106. US Geological Survey, Washington. 37 pp.
- WRIGHT, D. H. (1983): The species-energy theory: an extension of species-area theory. - *Oikos* **41**: 496-506.
- WRIGHT, H. E., jr. (1983): Late Quaternary Environments of the United States. - University of Minnesota Press, Minneapolis.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Elgene O. Box, University of Georgia, Franklin College of Arts and Sciences, Dept. of Geography, GGS Building, Athens, Georgia 30602-2502, USA

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Box Elgene O.

Artikel/Article: [Biodiversität Nordamerikas 223-239](#)