

350 MILLIONEN
JAHRE

W  **LD**



350 Millionen Jahre Wald

Johanna KOVAR und
Harald WALTHER

Eine Ausstellung des Naturhistorischen Museums Wien und des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden.

Adresse der Autoren: Dr. Johanna Kovar (siehe unten).
Dr. sc. Harald Walther, Staatliches Museum für Mineralogie u. Geologie Dresden,
DDR-801 Dresden, Augustusstraße 2.

Eigentümer, Herausgeber und Verleger: Naturhistorisches Museum Wien.
Verantwortliche Schriftleiterin: Dr. Johanna Kovar. Alle A-1014 Wien, Burgring 7. – Druck: Berger & Söhne Gesellschaft m.b.H., A-3580 Horn.
Klischees und Offsetfilme: Beissner & Co., Wien.
© Copyright by Naturhistorisches Museum Wien, 1986.

Inhalt

Evolution der Landpflanzen	6
Pflanzen über Jahrmillionen erhalten	8
Die Eroberung des Festlandes	10

Paläophytikum – Zeitalter der Farnpflanzen

Psilophyten – Nacktpflanzen aus dem Devon	11
Archaeopteris – Der erste Baum	11
Die ersten Wälder der Erdgeschichte	11
Das Steinkohlenzeitalter	12
Aus Pflanzen werden Kohlen	13
Der Steinkohlenwald	13
Pflanzen des Steinkohlenwaldes	
Die Bärlappgewächse	13
Die Schachtelhalme	15
Farnblättrige Pflanzen	16
Baupläne der Stämme baumförmiger Farnpflanzen	18
Die Wälder des Unterperm	19

Mesophytikum – Zeitalter der Nacktsamer

Die Vielfalt der Nacktsamer	20
Beginnende Isolierung der Kontinente	20
Der „Versteinerte Wald“ von Arizona	21
Der Steinkohlenwald von Lunz	22
Bennettiteen – „Bedecktsamer“ unter den Nacktsamern	23
Die ersten Blüten	24

Känophytikum – Zeitalter der Bedecktsamer

Die Bedecktsamer erscheinen	25
Die Wälder der Oberkreide	26
Die Kontinente nähern sich ihrer heutigen Lage	26
Tertiär – Die Braunkohlenzeit	27
Die Wälder des Tertiärs	28
Lorbeerwälder des Alttertiärs	29
Mischwälder am Ende des Alttertiärs	30
Subtropische Lorbeerwälder des älteren Jungtertiärs	31
Sommergrüne Laubwälder des oberen Jungtertiärs	32
Das Eiszeitalter	34
Die Waldgebiete der Erde heute	36

Mensch und Wald

Beginn der Besiedelung bis 20. Jahrhundert	38
Die Zukunft des Waldes	40
Register	42
Weiterführende Literatur	43

Vorwort

Die wissenschaftliche und kulturelle Zusammenarbeit zwischen der Republik Österreich und der Deutschen Demokratischen Republik, die seit vielen Jahren auf der Grundlage friedlicher Koexistenz zum Nutzen beider Länder praktiziert wird, ist mit dieser Gemeinschaftsausstellung des Naturhistorischen Museums Wien und des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie Dresden um ein weiteres Beispiel erfreulich bereichert worden. Auf Grund der traditionell guten Kooperationsbeziehungen auf den Gebieten der naturwissenschaftlichen Forschung und der museologischen Arbeit konnte auch der Plan einer gemeinschaftlichen Ausstellung reifen und verwirklicht werden. Bei gegenseitigen Anregungen arbeitsteilig vorbereitet, wird sie mit wertvollen Exponaten aus beiden Museen zunächst in Österreich und danach in der DDR ein aufgeschlossenes Publikum finden.

Das Thema ist die Entwicklung der hochwüchsigen Pflanzen im Verlaufe der wechselvollen Erdgeschichte. Deren Werdegang unterstreicht die Bedeutung der naturhistorischen Disziplinen für ein tieferes Verständnis der Evolution des Lebens und für ein umweltbewußtes Handeln der Menschen, macht aber auch die Verantwortung der Völker dafür deutlich, die weitere Entwicklung dieses kostbaren Lebensraumes nicht in dem Inferno eines atomaren Krieges enden zu lassen.

Ich darf der Hoffnung Ausdruck geben, daß die Ausstellung „350 Millionen Jahre Wald“ in beiden Ländern und darüber hinaus gute Resonanz finden und von unserem gemeinsamen Streben nach dem Frieden dienender konstruktiver Zusammenarbeit Zeugnis ablegen möge.



*Prof. Dr. h. c. BÖHME
Minister für Hoch- und Fachschulwesen
der Deutschen Demokratischen Republik*

Vorwort

Zu den wesentlichen Aufgaben naturwissenschaftlicher Museen gehört die Erforschung der Vielfalt in der Natur und deren Dokumentation. Aus dieser Verpflichtung heraus sind sowohl am Staatlichen Museum für Mineralogie und Geologie zu Dresden, als auch am Wiener Naturhistorischen Museum in jahrhundertelanger wissenschaftlicher Tradition Sammlungen von weltweiter Bedeutung entstanden, die auch heute im Rahmen der Forschungstätigkeit ständig ergänzt werden.

Die Forschung ist daher Voraussetzung für den anderen, genauso wichtigen Auftrag der Museen: Aus der Vielzahl der Sammlungsstücke jene auszuwählen, deren besondere Aussagekraft durch die wissenschaftliche Untersuchung erkannt wird, und sie der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Da sich die paläontologischen Sammlungen Dresdens und Wiens hervorragend ergänzen, ist es nur selbstverständlich, daß seit geraumer Zeit eine enge wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen den beiden Museen besteht. Aus dieser ist auch die Idee der Ausstellung „350 Millionen Jahre Wald“ entstanden, zu der beide Museen gleichermaßen beitragen. Mit Hilfe ihrer reichen Sammlungen von Pflanzenresten aus allen Epochen der Erdgeschichte wird der faszinierende Werdegang der Pflanzen und Wälder bis in die heutige Zeit dargestellt. Damit vermittelt die Ausstellung einen Eindruck von den gewaltigen Zeiträumen, die von den ersten Pflanzen auf dem Festland bis zu den komplizierten ökologischen Systemen heutiger Wälder vergangen sind. Sie soll aber auch aufzeigen, daß die Evolution als Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen sehr langsam vor sich geht. Viel langsamer als die sich ständig beschleunigende Veränderung der Erdoberfläche durch den heutigen Menschen.

Damit trägt auch diese Ausstellung dazu bei, das Bewußtsein für das Risiko zu schärfen, das die Schädigung des Waldes durch unsere Zivilisation heute in sich birgt.

Der Ausstellung selbst wünsche ich jenen Erfolg, den sich die engagierten Mitarbeiter dieses gemeinsamen Projektes erhoffen.



*Doz. Dr. Heinz FISCHER
Bundesminister für Wissenschaft und Forschung
der Republik Österreich*

Der Wald ist eine durch charakteristisch dichten Baumbestand gekennzeichnete Lebensgemeinschaft von Pflanzen und Tieren. Seine Entwicklung unterliegt eigenen Gesetzmäßigkeiten. Ökologische Selbständigkeit unterscheidet den Wald von anderen Lebensgemeinschaften. Bei Fehlen menschlichen Einflusses bestimmt vor allem das Klima seine Zusammensetzung und Ausbreitung.

Bereits im Oberdevon entwickeln sich durch Anpassung und Konkurrenzdruck aus den primitiven Landpflanzen die ersten Bäume.

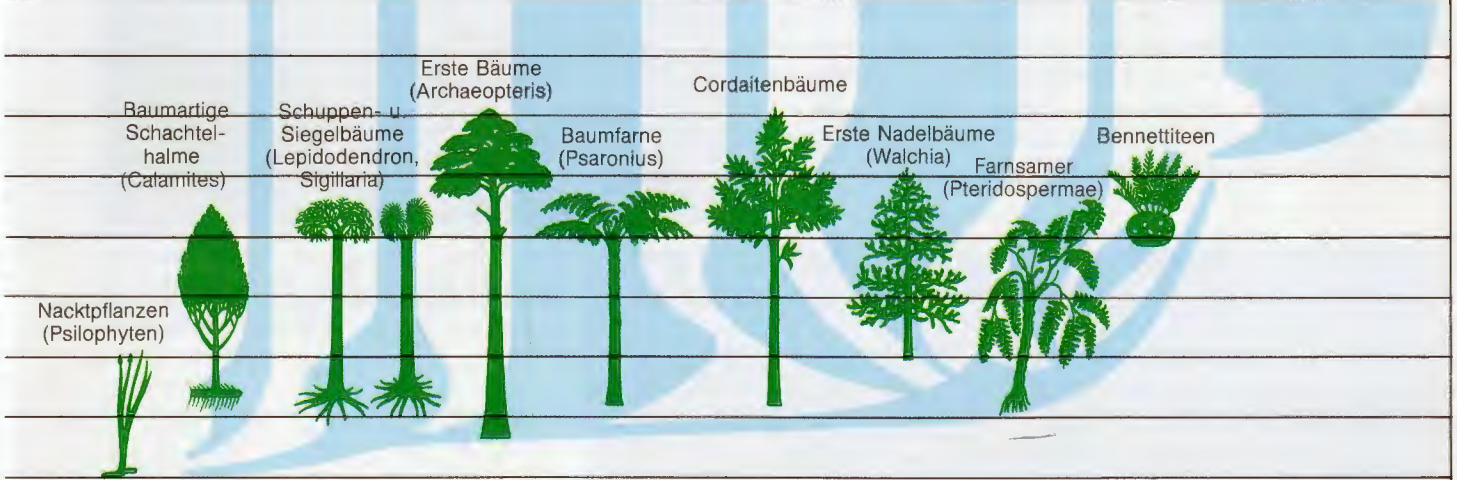
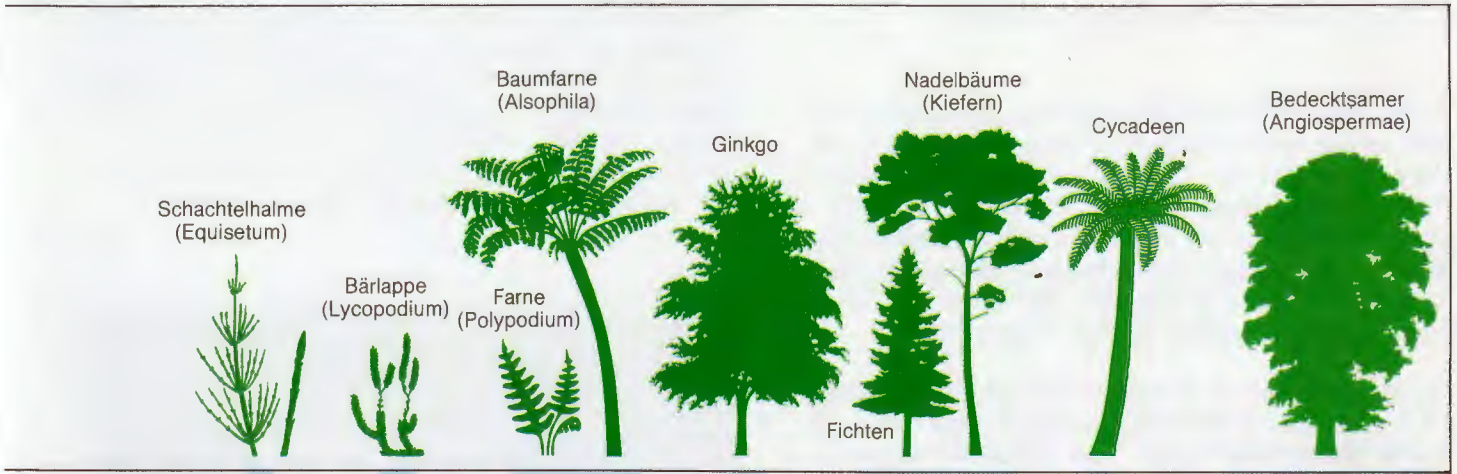
Im Lauf der Erdgeschichte erfolgt nicht nur fortschreitend die Besiedelung der verschiedenen Lebensräume durch Pflanzen, sondern die Lebensgemeinschaften werden zunehmend dichter. Steigende Spezialisierung ermöglicht die Erschließung ökologischer Nischen innerhalb bereits bestehender Lebensgemeinschaften.

So bilden sich im Verlauf von 350 Millionen Jahren für die einzelnen Zeitabschnitte charakteristische Wälder. Unser Wissen über sie verdanken wir den fossilen Pflanzenresten.

Die Paläobotanik ist die Wissenschaft der Erforschung fossiler Pflanzen. Die Vorstellung über die Evolution von den ersten Landpflanzen bis zu den Bedecktsamern in dem unvorstellbar langen Zeitraum von 350 Millionen Jahren ist ein Ergebnis dieser Wissenschaft.

Zeitliche Gliederung der Erdgeschichte und die Evolution der Landpflanzen.

<i>Evolution der Landpflanzen</i>					
Zeitalter		Beginn vor Mill. Jahren	Epoche		
Käno- phyti- kum-Zeit- alter der Be- decktsamer	Käno- zoikum- Erdneu- zeit	1,8	Quartär		
		65	Tertiär		
Mesophytikum- Zeitalter der Nacktsamer	Mesozoikum- Erdmittelalter	140	Kreide		
		195	Jura		
		230	Trias		
Paläophytikum- Zeitalter der Farnpflanzen	Paläozoikum- Erdaltertum	270	Perm		
		360	Karbon		
Eophytikum	Paläozoikum- Erdaltertum	410	Devon		
		435	Silur		
		500	Ordovizium		
		570	Kambrium		
		Prä- kambrium	Paläozoikum- Erdaltertum	2600	Algonkium
				4500	Archaikum

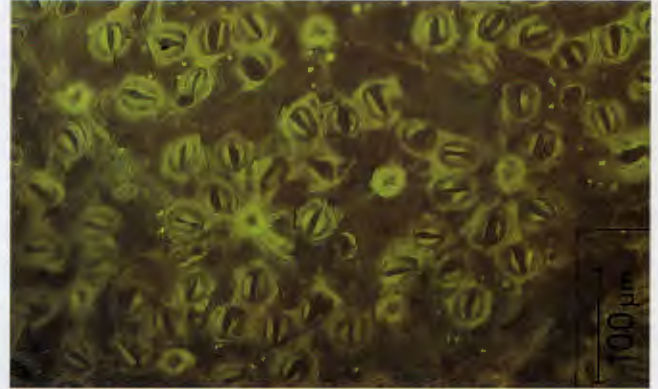


Pflanzen über Jahrmillionen erhalten

Voraussetzung für die Überlieferung von Pflanzenresten ist ihre rasche Einbettung unter Luftabschluß, um Verwesung und Fäulnis zu verhindern. Pflanzenteile (Blätter, Hölzer, Samen, Früchte und Blütenstaub) werden vom Wuchsort der Pflanzen durch Gewässer oder Wind zu den Ablagerungsplätzen in Altwasserarmen, Sümpfen und Seen transportiert. Dort werden sie unter Ton, Sand oder vulkanischer Asche eingebettet.

Üppige Vegetation in Sumpfbereichen ist die Grundlage für Kohlenbildung. Kohlenlagerstätten bergen daher oft reiche Pflanzenfossilfunde. Man unterscheidet paraliische Kohlen, die in Küsten- und Deltagebieten gebildet werden und vom Meerwasser beeinflusst werden, und limnische Kohlen, die in Süßwassersümpfen entstehen. Meist werden die einzelnen Organe einer Pflanze voneinander getrennt. Dies wird durch die Sortierung vor der Einbettung in das Sediment verursacht.

Fossildiagenese werden die physikalisch-chemischen Prozesse der Fossilwerdung bezeichnet. Das Ergebnis sind verschiedene Erhaltungszustände. Bei echten Versteinerungen sind Hartteile in ihrer ursprünglichen Struktur erhalten. Am inkohlten Abdruck kann noch die Zellstruktur der Pflanze überliefert sein. Hingegen besitzt der Abdruck keine organische Substanz mehr.



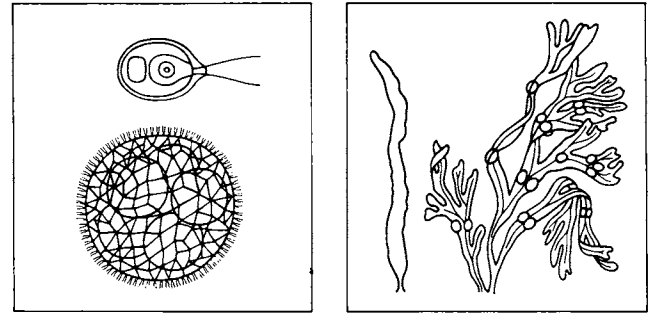
Die Kutikula, ein wachsähnliches Häutchen, schützt vor allem die Blätter der Landpflanzen vor Austrocknung. Sie ist häufig am inkohlten Abdruck erhalten und zeigt die Zellstruktur der Blattoberfläche.

Braunkohlentagebau bei Wackersdorf (BRD).

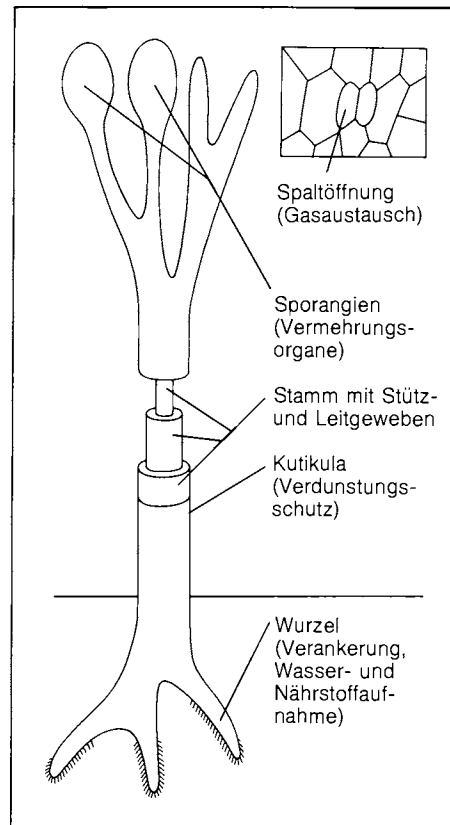
Die Eroberung des Festlandes

Wasserpflanzen (Algen) besitzen einen ungegliederten Aufbau des Pflanzenkörpers (Thallus). Das sie umgebende Wasser enthält alle Nährstoffe und trägt auch den Thallus. Es gibt weder Wassermangel noch kurzfristig größere Temperaturschwankungen. Ein Verdunstungsschutz wird nicht benötigt. Stützeinrichtungen fehlen. Die Nährstoffaufnahme erfolgt mit der gesamten Oberfläche.

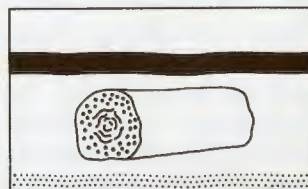
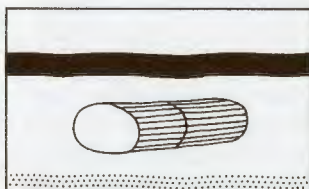
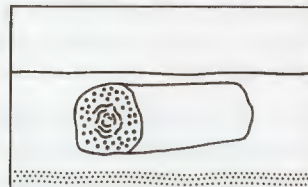
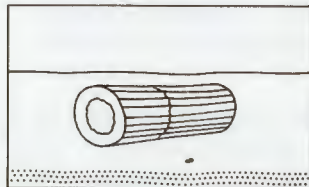
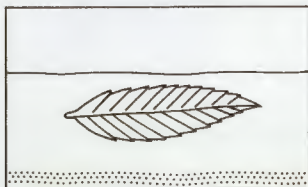
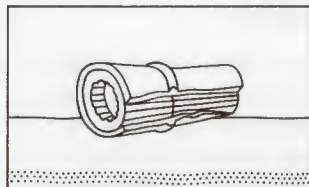
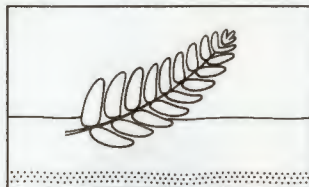
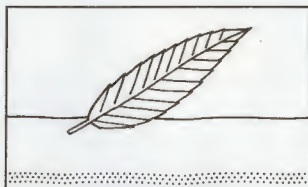
Das Landleben ist durch größere Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen gekennzeichnet. Die Nährstoffe sind im Boden konzentriert. Dies erfordert die Differenzierung des Thallus in den in Wurzel, Stamm und Blatt gegliederten Sproß. Die Wurzeln dienen der Verankerung im Boden sowie der Nährstoff- und Wasseraufnahme. Der Stamm besitzt Stütz- und Leitfunktion. Im Blatt findet die Photosynthese statt. Sie liefert für die Stoffwechselfunktion notwendige Energie. Weitere Voraussetzung für das Landleben sind die Ausbildung von Spaltöffnungen (Gasaustausch) an der Pflanzenoberfläche, Leitgeweben, Kutin (einer wachsähnlichen Substanz als Verdunstungsschutz) und von Lignin (Holzstoff mit Festigungsfunktion). Die ersten echten Landpflanzen besaßen diese Elemente. Es sind die einfachsten sproßpflanzen der Erdgeschichte. Sie lebten im Obersilur und Unterdevon.



Pflanzliches Leben im Wasser, links die Grünalge Volvox, rechts die Braunalge Fucus.



Pflanzliches Leben an Land. Der Wechsel vom Wasser- zum Landleben erfordert wesentliche Veränderungen im Bau der Pflanzen.



Von feinem Gesteinsmaterial eingebettet hinterläßt das Blatt nach Auflösung der organischen Substanz den Abdruck.

Bleibt die organische Substanz erhalten, entsteht der inkohlierte Abdruck.

Die Ausfüllung pflanzlichen Hohlraumes durch verfestigtes Gesteinsmaterial heißt Steinkern.

Die echte Versteinerung ist durch Erhaltung der ursprünglichen pflanzlichen Struktur gekennzeichnet.

Die verschiedenen Erhaltungszustände sind das Ergebnis der Fossilisation.



Inkohlierte Abdruck eines Blattes. Die pflanzliche Substanz ist in Kohle umgewandelt. NHM. $\frac{3}{4}$ natürl. Größe.

Echte Versteinerung eines Baumstammes aus dem versteinerten Wald von Lesbos.



Paläophytikum – Zeitalter der Farnpflanzen

Psilophyten-Nacktpflanzen aus dem Devon

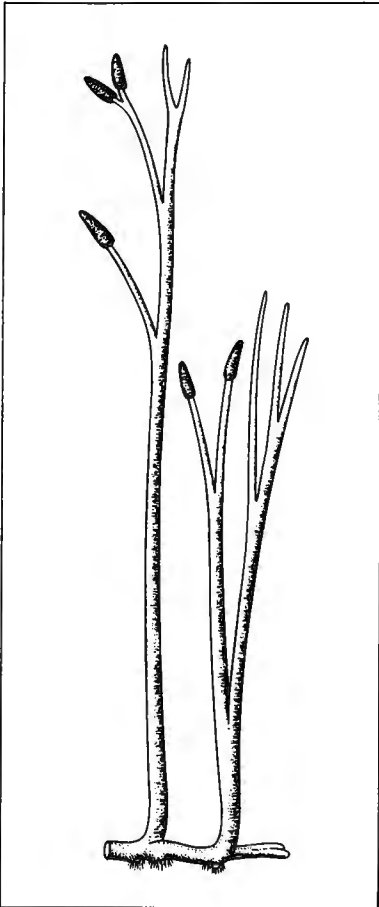
Die Psilophyten sind die einfachsten und ältesten bekannten Sproßpflanzen. Sie besitzen völlig nackte Sproße ohne Blätter. Echte Wurzeln fehlen noch. Die Sporangien (Vermehrungsorgane) sind endständig.

Archaeopteris – Der erste Baum

Im Unter- und Mitteldevon kommen krautige und zweigstrauchförmige Pflanzen vor. Im Oberdevon gibt es die ersten Bäume. Es sind die Progymnospermae (frühe Nacktsamer). Zu ihnen gehört *Archaeopteris*. Die Anatomie des Holzes weist auf Nacktsamer hin, während die Vermehrung wie bei den Farnen durch Sporen erfolgt. *Archaeopteris* ist ein bis 22 m hoher Baum mit bis zu 1,5 m Stammdurchmesser.

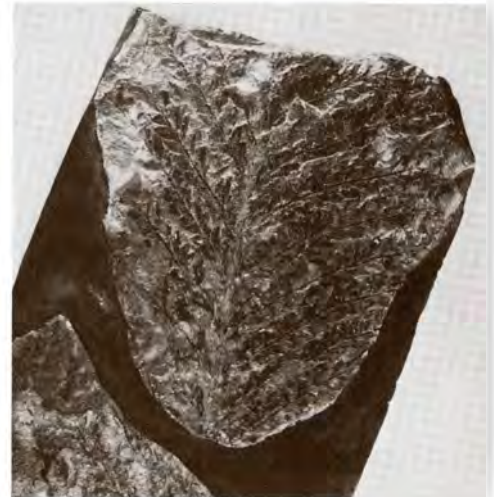
Die ersten Wälder der Erdgeschichte

Heute ausgestorbene baumartige Vertreter der Schachtelhalme, Bärlappe, Farne und der frühen Nacktsamer (Progymnospermae und Pteridospermae) müssen üppige Wälder gebildet haben, sodaß es auf der Bäreninsel (Norwegen, Barentsee) zur Kohlenbildung kam.



Archaeopteris halliana, Zweig mit sterilen und fertilen Fiedern. Oberdevon, Bäreninsel. Sammlung Universität Bonn. $\frac{1}{4}$ natürl. Größe.

Rhynia major gehört zu den Psilophyten. Die Pflanze lebte im Unter- bis Mitteldevon. Sie erreichte eine Wuchshöhe von etwa 30 cm.





Das Steinkohlenzeitalter

Seit dem Oberkarbon herrschen auf unserer Erde differenzierte Klimabedingungen. Erstmals treten einschneidende pflanzengeographische Unterschiede auf.

Die Nordhalbkugel der damaligen Erde wird von der arktokarbonischen Flora besiedelt. Sie gedeiht unter gleichmäßig warmem und feuchtem (subtropisch-tropischem) Klima. Es entstehen bedeutende Steinkohlenlager. Die arktokarbonische Flora wird in drei Florenprovinzen unterteilt (Euramerische-, Angara- und Cathaysia-Flora). Die Gondwana-Flora ist auf der Südhalbkugel verbreitet. Sie gedeiht unter kühlem Klima und besitzt einheitlichen Charakter. Nach der dort am häufigsten vorkommenden Pflanze *Glossopteris* (*Pteridospermae*) wird sie auch *Glossopteris-Flora* bezeichnet.



Die Lage der Kontinente im Oberkarbon (vor 300 Millionen Jahren).

-  arktokarbonische Flora
-  antarktokarbonische Flora



Glossopteris browniana. Karbon, Walterawang (Australien). NHM. ca. $\frac{1}{4}$ natürl. Größe.

Aus Pflanzen werden Kohlen

Kohlen entstehen aus Pflanzen ehemaliger Moore und Moorwälder im Lauf großer Zeiträume. Der Druck der überlagernden Gesteinsschichten und die damit verbundene Temperaturerhöhung sind für den Umwandlungsprozeß pflanzlicher Reste in Kohle – die Inkohlung – wesentlich. Beginnend bei Holz und Torf nimmt über Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit der Kohlenstoffgehalt (C) zu, während der Anteil flüchtiger Bestandteile (Sauerstoff, O und Stickstoff, N) sowie von Wasser abnimmt.

Der Steinkohlenwald

Im Karbon und Unterperm erreichen die Farnpflanzen (Bärlappe, Schachtelhalme und Farne) ihre höchste Entwicklungsstufe. Als oft riesige Bäume sind sie auf das feucht-tropische Klima spezialisiert. Samenähnliche Bildungen bei den Bärlappgewächsen und Schachtelhalmen weisen auf den Evolutionsschritt zur Samenbildung hin. Die Farnsamer (Pteridospermae) erreichen eine bedeutende Organisationshöhe.

Pflanzen des Steinkohlenwaldes

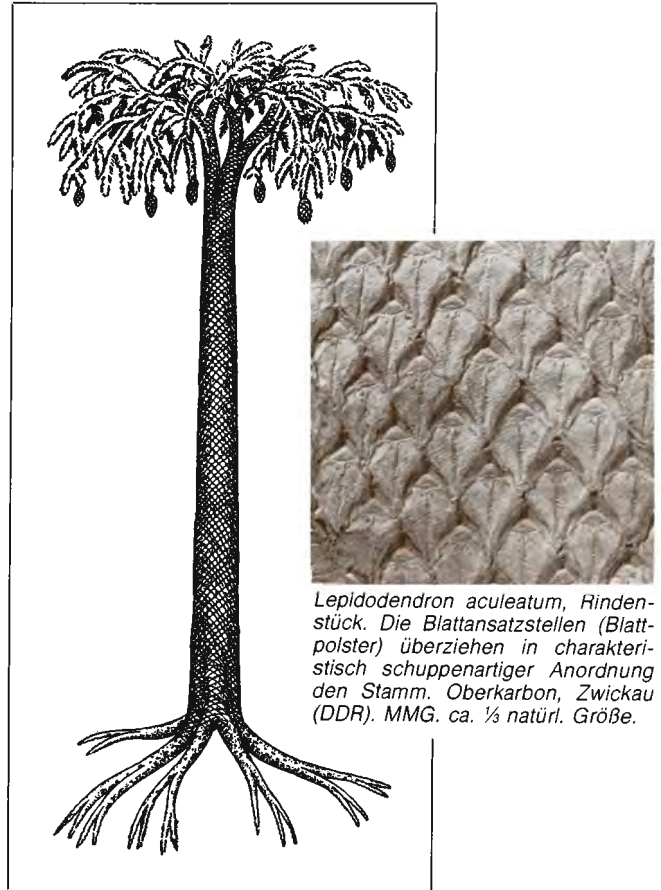
Die Bärlappgewächse

Die Bärlappgewächse kommen im Karbon vor allem als Schuppenbäume (Lepidodendron) vor. Sie gehören zu den kohlenbildenden Pflanzen der Karbonmoore. Heute gibt es nur noch Bärlappgewächse in krautiger Wuchsform.

Lepidodendron, benannt nach dem schuppenartigen Muster, das die Blattpolster auf dem Stamm hinterlassen, ist ein bis 38 m hoher Baum. An der Stammbasis erreicht er bis 2 m Durchmesser. Von Lepidodendron sind alle Organe bekannt (Stamm, Blätter, Sporenzapfen, Sporen und Stigmarien-Wurzelträger).

Der Siegelbaum (Sigillaria) ist mit etwa 20 m Höhe kleiner als Lepidodendron. Den Namen erhielt er wegen der siegelförmigen Blattnarben auf der Rinde. Die Sigillarien treten im Oberkarbon auf und erlöschen im Unterperm.

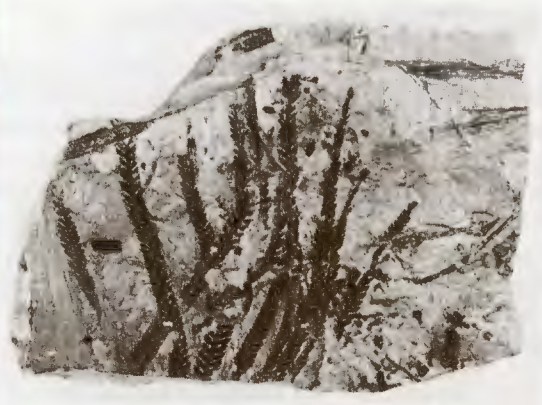
Seltener sind krautige Bärlappe. Lycopodites gutbieri zeigt große Ähnlichkeit zu den heute in den Tropen verbreiteten Moosfarngewächsen (Selaginellaceae).



Rekonstruktion eines Lepidodendron (Schuppenbaum).



Syringodendron sp. wird die Basis des Stammes von *Sigillaria* genannt. Oberkarbon, Naßfeld, Kärnten (Österreich). NHM. $\frac{1}{20}$ natürl. Größe.



Selaginellites gutbieri. Oberkarbon, Oberhohndorf bei Zwickau (DDR). MMG. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.



Selaginella wildenowi, ein tropisches Moosfarngewächs aus Malaysia, besitzt auffallende Ähnlichkeit zu fossilen krautigen Bärlappgewächsen.

Die Schachtelhalme

Im Karbon und Perm sind die Schachtelalmgewächse mit den baumartigen Calamiten vertreten. Besonders im Unterperm haben sie als Kohlebildner große Bedeutung. Im Gegensatz zu den heutigen Schachtelhalmen, die nur krautig sind, besitzen die Calamiten einen mächtigen, holzigen Stamm. Die Blätter sind als Annularia bekannt. Auch Sporenzapfen sind überliefert. Die Calamiten bilden im Steinkohlenwald auf sumpfigem Untergrund die mittlere Baumschicht.

Die Keilblattgewächse (Sphenophyllum) gehören ebenfalls zu den Schachtelhalmen. Als teilweise kriechende bis aufsteigende Pflanzen bilden sie an Ufern häufig dichte Bestände.



Sphenophyllum thoni. Unterperm, Döhlener Becken bei Dresden (DDR). MMG. natürl. Größe.

Annularia stellata, Zweige mit Blättern. Unterperm, Döhlener Becken bei Dresden (DDR). MMG. $\frac{1}{4}$ natürl. Größe.



Calamites gigas, Steinkern eines Riesenschachtelhalmes. Unterperm, Döhlener Becken bei Dresden (DDR). MMG. $\frac{1}{5}$ natürl. Größe.



Farnblättrige Pflanzen

Die farnblättrigen Pflanzen haben ebenfalls wesentlichen Anteil an der Vegetation des Karbon und Unterperm. Die echten Farne treten als Bäume, Bodenfarne oder vereinzelt lianenartig auf. Die Farnsamer (Pteridospermae) kommen als Sträucher oder kleine Bäume vor. In der Beblätterung besteht zwischen beiden Gruppen kein Unterschied. Nur durch den Nachweis der Fortpflanzungsorgane (Farne – Sporen, Farnsamer – Samen) und der unterschiedlichen Anatomie des Stammes ist eine sichere Unterscheidung möglich.



Samen von Farnsamern. Karbon, Youngstown, Ohio (USA). NHM. ca. $\frac{3}{4}$ natürl. Größe.



Medullosa stellata, versteinertes Stamm eines Farnsamers. Unterperm, Karl-Marx-Stadt-Hilbersdorf (DDR). MMG. ca. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.



Rhacopteris elegans, Blattwedelfragment eines Farnes oder Farnsamers. Karbon, Stradonitz, Böhmen (CSSR). NHM. ca. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.



Dicksonites pluckeneti, Blattwedel eines Farnsamers. Oberkarbon, Zwickau (DDR). MMG. ca. natürl. Größe.

Rekonstruktion eines Steinkohlenwaldes aus dem Oberkarbon. Im Vordergrund Karbonfarne, Farnsamer und Keilblattgewächse, im Bildmittelgrund Schuppen-, Siegelbäume und Riesenschachtelhalme. Im Hintergrund Cordaiten und Schuppenbäume.



Baumfarnbestand (*Cyathea cooperi*) heute in Cairns, Queensland (Australien).

Baupläne der Stämme baumförmiger Farnpflanzen

Durch An- und Dünnschliffe versteinerner Stämme lassen sich bei den baumförmigen Farnpflanzen verschiedene Baupläne unterscheiden.

„Röhrenbäume“

Bei baumförmigen Schachtelhalmen gewährleisteten Holz- und Rindenbildung um die Markhöhle mechanische Festigkeit.

„Rindenbäume“

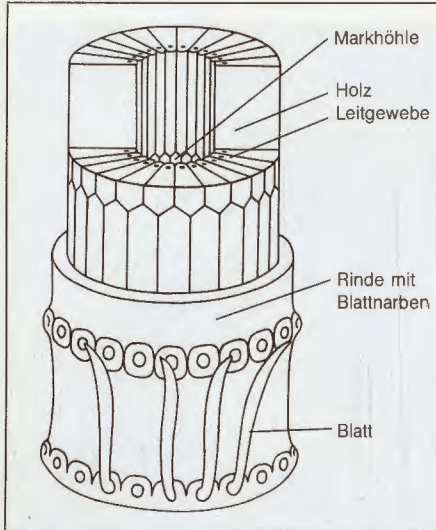
Die mechanische Stütze erfolgt durch eine mächtige Rinde, die bis 90% des Stammes ausmachen kann. *Lepidodendron* und *Sigillaria* sind Rindenbäume.

„Blattwurzelsbäume“

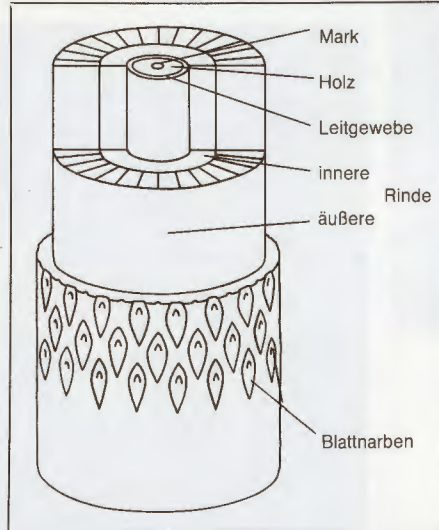
Festigkeit und Elastizität der Stämme von Baumfarne beruhen auf einem Mantel aus Wurzeln, der den Stamm umschließt und sich zur Basis hin verdickt.



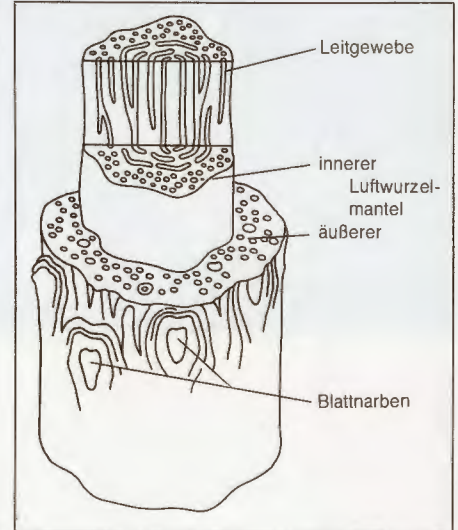
Psaronius sp. Der schlanke Stamm des Baumfarne ist von einem mächtigen Luftwurzelmantel umgeben. Unterperm, Karl-Marx-Stadt-Hilbersdorf (DDR), NHM. ca. 1/3 natürl. Größe.



Rekonstruktion des Stammquerschnittes eines baumförmigen Schachtelhalmes.



Rekonstruktion des Stammbaues bei *Lepidodendron*.



Stammbau des „Blattwurzelsbaumes“ *Psaronius*.

Die Wälder des Unterperm

Die Wälder des Unterperm sind artenärmer als die des Karbon. Sie gedeihen unter etwas wärmerem und trockenerem Klima. Pflanzen, die nicht in der Lage sind, sich diesen Bedingungen anzupassen, sterben aus (z. B. *Lepidodendron* und *Sigillaria*). Außer Farnen und Schachtelhalmen entwickeln sich eine Vielzahl von Nacktsamern, zu denen die Farnsamern und die Cordaiten zählen.

Zu den ersten Nadelhölzern gehören die Walchien. Ihre Blätter sind nadel- oder schuppenförmig. Die Verkleinerung der Blattfläche wird als Anpassung an das trockenere Klima des Perm gedeutet. Sie setzt die Verdunstung der Pflanze herab.



Walchia sp., Zweig eines Nadelbaumes. Unterperm, Nonweiler bei Birkenfeld, Saar-Nahegebiet (BRD). NHM. ca. $\frac{1}{3}$ natürl. Größe.



Callipteris conferta, Blattwedelfragment eines Farnsamers. Unterperm, Lebach, Saarland (BRD). NHM. ca. $\frac{1}{3}$ natürl. Größe.

Cordaites sp., Blätter von Cordaiten. Unterperm, Döhlener Becken bei Dresden (DDR). MMG. ca. $\frac{1}{3}$ natürl. Größe.



Mesophytikum – Zeitalter der Nacktsamer

Die Vielfalt der Nacktsamer

Die Nacktsamer (Gymnospermae) durchlaufen zwischen Perm und Unterkreide eine vielfältige Entwicklung. Es werden groß- und kleinblättrige Formen unterschieden. In diesem Zeitraum bilden sie den höchsten Anteil an der Vegetation. Deshalb wird dieser Abschnitt der Erdgeschichte auch Gymnospermenzeit genannt. Die Gymnospermenzeit (oder Mesophytikum) beginnt im Oberperm und endet in der Unterkreide. Das Mesozoikum (Erdmittelalter) umfaßt den Zeitraum Trias, Jura, Kreide.



Voltzia heterophylla, Zweig eines Nadelbaumes. Trias, Raibl, Kärnten (Österreich). NHM. Vergr. 0,7x.



Die Lage der Kontinente in der Oberkreide (vor 80 Millionen Jahren).

Nilssonia polymorpha, Blatt eines großblättrigen Nacktsamers aus der Verwandtschaft der Cycadeen. Jura, Hinterholz bei Gresten, Niederösterreich (Österreich). NHM. ca. natürl. Größe.

Der „Versteinerte Wald“ von Arizona

Der „Versteinerte Wald“ von Arizona liegt heute in einem Wüstengebiet. Vor 200 Millionen Jahren (Obertrias) war diese Region, wie die Funde verkieselter Baumstämme beweisen, von üppiger Vegetation bedeckt. Nadelgehölze, Cycadeen und Farne sind aus dem „Versteinerten Wald“ von Arizona bekannt.



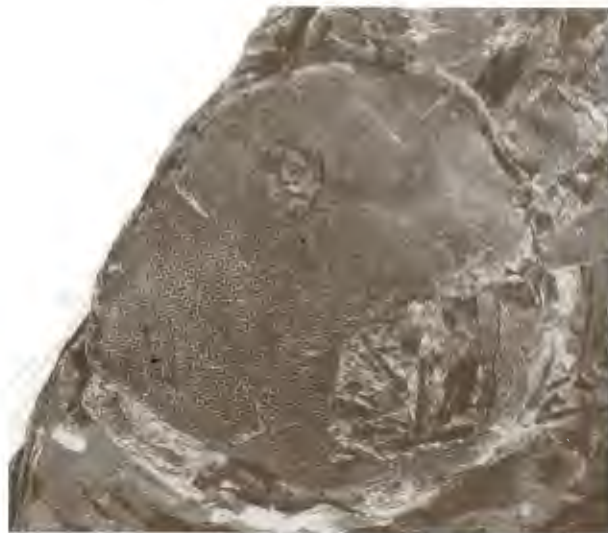
Verkieseltes Holz eines Nadelbaumes aus dem „Versteinerten Wald“ von Arizona (USA), Obertrias. NHM. 1/10 natürl. Größe.



Der „Versteinerte Wald“ von Arizona (USA). Die verkieselten Baumstämme, Zeugen ehemals reicher Vegetation, befinden sich heute in einem Wüstengebiet.

Der Steinkohlenwald von Lunz

In der Obertrias bildeten sich am Nordrand des Tethysmeeres vereinzelt Küstenmoore. Der Steinkohlenwald von Lunz gedieh in einem solchen Moor. Zu den kohlenbildenden Pflanzen gehören Riesenschachtelhalme, die in ihrem Bau den lebenden Schachtelhalmen näher stehen als den Calamiten des Erdaltertums. Die Ginkgogewächse, ebenfalls seit dem Erdaltertum bekannt, sind mit *Glossophyllum* vertreten. Besondere Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte der Pflanzen besitzen die heute ausgestorbenen Bennettiteen.



Bennetticarpus wettsteini, Frucht einer Bennettitee. Obertrias, Lunz, Niederösterreich (Österreich). NHM. ca. $\frac{1}{4}$ natürl. Größe.



Glossophyllum florini, Blätter eines Ginkgogewächses und *Pterophyllum longifolium*. Obertrias, Lunz, Niederösterreich (Österreich). NHM. Vergr. $\frac{2}{3}$ natürl. Größe.



Pterophyllum longifolium. Die Blätter dieser Bennettitee sind in der Steinkohlenflora von Lunz besonders zahlreich überliefert. Obertrias, Lunz, Niederösterreich (Österreich). NHM. $\frac{2}{3}$ natürl. Größe.

Bennettiteen – „Bedecktsamer“ unter den Nacktsamern

Die Bennettiteen gehören zu den Nacktsamern. Sie sind auf der Nordhemisphäre von der Obertrias bis in die Unterkreide formenreich vertreten. Man schätzt ihre Artenzahl in dieser Zeit auf 30–40 000. Hingegen leben heute insgesamt nur noch 770 Nacktsamer-Arten auf der ganzen Erde.

Die Bennettiteen erreichen einen ähnlich hohen Entwicklungsstand wie er später bei den bedecktsamigen Pflanzen auftritt. Sie besitzen erstmals im Pflanzenreich Zwitterblüten. Die Samenanlagen werden von Hüllblättern umschlossen. Auf diese Weise wird bei den Bennettiteen die Stufe der Bedecktsamigkeit erreicht, wie sie später nur noch von den Bedecktsamern bekannt ist. Spezialisierte Wechselbeziehungen mit Tieren entstehen. So wird angenommen, daß die Zwitterblüten von Insekten bestäubt wurden. Die Hüllblätter schützen die Samenanlagen vor Insektenfraß und Austrocknung. Diese fortschrittlichen Entwicklungen ermöglichen die Eroberung neuer ökologischer Nischen durch Pflanzen und Tiere. Trotz ihres „modernen“ Blütenbaues sterben die Bennettiteen noch in der Kreide aus.



Cycadeoidea (Raumeria) reichenbachiana, verkieselter Stamm. Unterkreide, Wieliczka (Polen). MMG. ca. $\frac{1}{10}$ natürl. Größe.

Rekonstruktion der Bennettitee *Cycadeoidea*. Höhe ca. 1 m.



Cycadeoidea dacotensis, verkieselter Stamm. Zwischen den rhombischen Blattansatzstellen stehen die Blüten. Unterkreide, Black Hills, Süd-Dakota (USA). NHM. Vergr. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.





Cycadeoidea (Raumeria) reichenbachiana, Dünnschliff einer halben Blüte im Querschnitt. Der kegelförmige zentrale weibliche Teil ist von männlichen gruppenweise verbundenen Staubblättern umgeben. Diese werden wiederum von zahlreichen Hüllblättern eingeschlossen. Unterkreide, Wieliczka (Polen). MMG. Vergr. 1,8x.

Die ersten Blüten

Die Zwitterblüten von Cycadeoidea sind von zahlreichen Hüllblättern umgeben. Sie bestehen aus einem zentralen kegelförmigen weiblichen Teil, der von männlichen gruppenweise verbundenen Staubblättern umschlossen wird. Im weiblichen Teil bilden die Samenanlagen von Schuppen umgebene zapfenähnliche Gebilde.



Cycas media in Cairns, Queensland (Australien). Die Cycadeen sind heute noch vorwiegend in den Tropen lebende Verwandte der Bennettiteen.

Känophytikum – Zeitalter der Bedecktsamer

Die Bedecktsamer erscheinen

Das plötzliche Auftreten und die massenhafte Verbreitung der Bedecktsamer (Angiospermae) in der obersten Unterkreide stellt nach dem Erscheinen der ersten Landpflanzen im Unterdevon den bedeutendsten Entwicklungsschritt im Pflanzenreich dar.

Während die Samen der Nacktsamer mit wenigen Ausnahmen (z. B. Bennettiteen) ungeschützt sind, werden die Samen der Bedecktsamer von Fruchtblättern eingehüllt. Verbessertes Nährstofftransport in den Stämmen wird durch die Entwicklung echter Gefäße gewährleistet. Mannigfaltiger Bau der Früchte ermöglicht deren Verbreitung durch Wind und zahllose Tierarten in die unterschiedlichsten Lebensräume.

Über die Abstammung der Bedecktsamer gibt es noch keine sicheren Beweise. Sie wird aber unter den Nacktsamern vermutet. Mit dem Auftreten der ersten Bedecktsamer beginnt das Känophytikum.



„*Aralia*“ *groenlandica*,
Blatt eines ursprünglichen
Bedecktsamers.
Kreide, Ellsworth, Kan-
sas (USA). NHM. $\frac{1}{2}$ natürl.
Größe.



Archaeanthus linnenbergeri,
Rekonstruktion eines primitiven
Bedecktsamers nach Funden aus
der mittleren Kreide von Kansas
(USA).

Die Wälder der Oberkreide

Die verwandtschaftlichen Beziehungen der Bedecktsamer aus der Unterkreide zu heutigen Formen sind noch weitgehend ungeklärt. Unter subtropischen bis tropischen Bedingungen entstehen in der Oberkreide verschiedentlich Sumpfwälder und Küstenmoore. In Grünbach (Niederösterreich) führen Überflutungen dieser Moore durch Meerwasser wiederholt zum Absterben aller Pflanzen und zur Ablagerung von Gesteinsmaterial. Dadurch entstehen in Grünbach mehrere Kohlenflöze, die reich an Pflanzenfossilien sind.



Die Kontinente nähern sich ihrer heutigen Lage

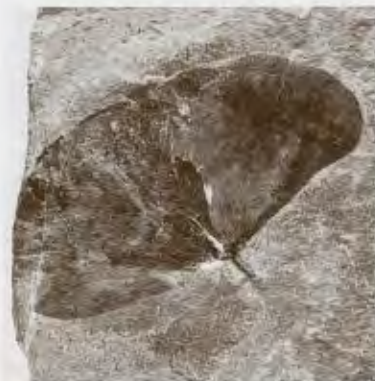
Mit dem Tertiär beginnt in der Erdgeschichte die Erdneuzeit, das Känozoikum. Im Verlauf von 65 Millionen Jahren nähert sich die Verteilung von Land und Meer durch Bewegungen der Kontinente und durch damit in Zusammenhang stehende Gebirgsbildungen den Verhältnissen der Gegenwart.



Die Lage der Kontinente zu Beginn der Erdneuzeit (vor 60 Millionen Jahren).

Ginkgo sp., Oberkreide, Grünbach, Niederösterreich (Österreich). NHM. $\frac{2}{3}$ natürl. Größe.

Flabellaria longirhachis, Teil eines Palmwedels, Oberkreide, Grünbach, Niederösterreich (Österreich). $\frac{1}{3}$ natürl. Größe.



Tertiär – Die Braunkohlenzeit

Neben dem Karbon ist das Tertiär das Zeitalter mächtiger Kohlenbildungen. Es sind hauptsächlich Braunkohlen, so daß das Tertiär auch Braunkohlenzeit genannt wird. Voraussetzung für die Kohlenbildung ist das Bestehen ausgedehnter Mooregebiete unter günstigen klimatischen und geologischen Bedingungen. Aus den Pflanzengesellschaften dieser Moore entstehen die Braunkohlen.



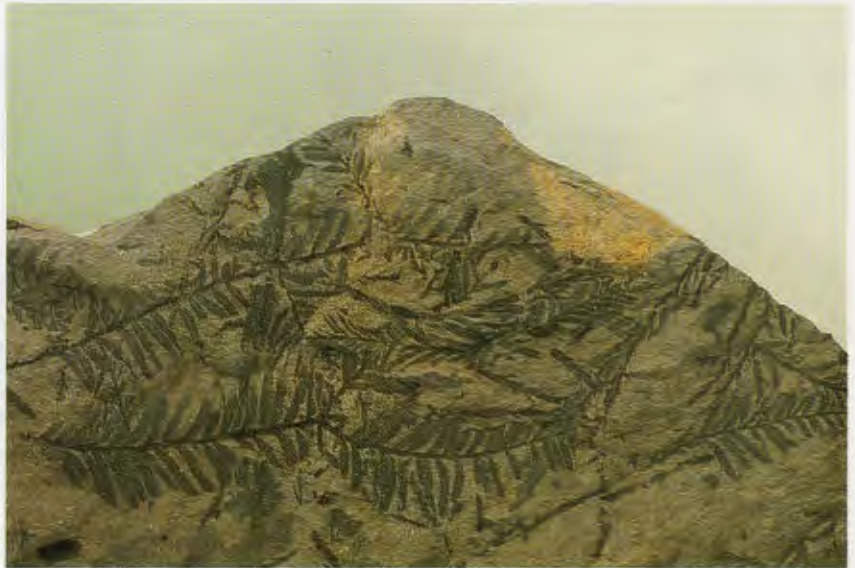
Glyptostrobus europaea, Zweig mit Zapfen. Dieser Nadelbaum gehört zu den wesentlichen kohlenbildenden Pflanzen des Tertiärs. Älteres Jungtertiär, Brestany (CSSR). MMG. $\frac{3}{4}$ natürl. Größe.

Sequoia abietina. In Stadien größerer Trockenheit von Braunkohlensümpfen ist der Nadelbaum *Sequoia* vermehrt vertreten. Jungtertiär, Köflach, Steiermark (Österreich). NHM. $\frac{3}{4}$ natürl. Größe.

Nyssa ornithobroma. Die Samen des Sumpftupelobaaumes bezeugen die Bedeutung dieser Art für die Braunkohlenbildung. Älteres Jungtertiär, Köflach, Steiermark (Österreich). NHM. Vergr. ca. 1,2x.



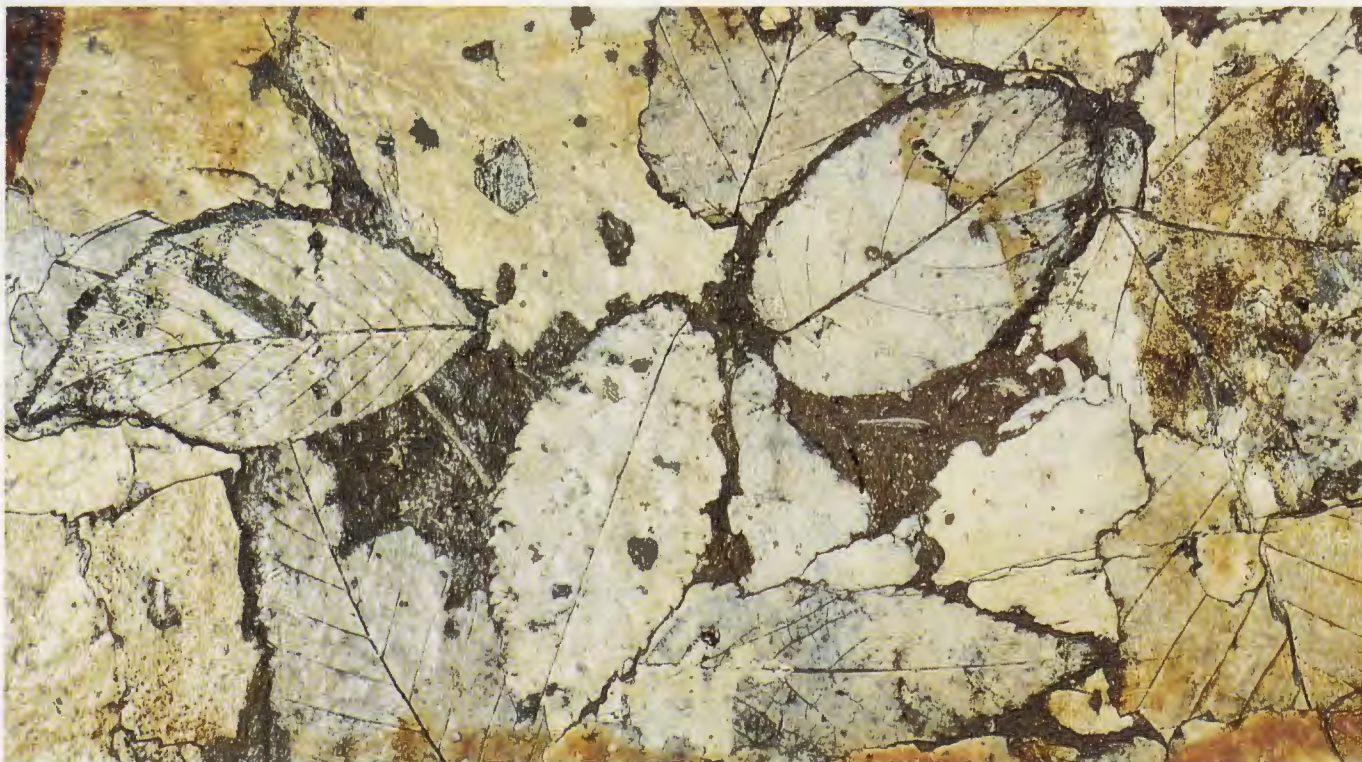
Spirematospermum wetzleri. Die in tertiären Braunkohlenablagerungen häufig vorkommenden Früchte stammen von einer Pflanze, aus der Verwandtschaft der Ingwers. Älteres Jungtertiär, Ponholz (BRD). NHM. ca. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.



Die Wälder des Tertiärs

Die paläogeographischen Veränderungen auf der Erdoberfläche bewirken klimatische Schwankungen. Mehrmaliger Wechsel in der Zusammensetzung der tertiären Wälder ist die Folge. Bereits in der Oberkreide gedeihen im Gebiet der heutigen Arktis unter feucht gemäßigtem Klima Wälder aus laubwerfenden Gehölzen und Nadelbäumen. In den Wäldern Eurasiens und Nordamerikas dominieren im Alttertiär immergrüne

subtropische Gehölze, wie z. B. die Lorbeergewächse. Den klimatischen Schwankungen entsprechend kommt es im Tertiär zu wechselweisem Vordringen und Zurückweichen der laubwerfenden Mischwälder gegenüber den immergrünen Gehölzen. Im Jungtertiär treten letztlich die immergrünen subtropischen Gehölze zurück. Ihre Nachkommen sind heute in subtropischen Gebieten Nord- und Zentralamerikas sowie Ostasiens zu finden.



Ulmus sp., *Betula sp.*, *Acer sp.* Blätter von Ulme, Birke und Ahorn beweisen, daß noch im Jungtertiär auf Island ein gemäßigtes Klima herrschte. Jungtertiär, Brjanslaekur (Island). Sammlung Dr. W. FRIEDRICH (Aarhus). $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.

Lorbeerwälder des Alttertiärs

Im Alttertiär besitzt Europa den Charakter eines Archipels, der von warmen Meeren umgeben ist. Unter feucht-warmem Klima herrschen immergrüne Regen- und Lorbeerwälder vor. In ihrer Zusammensetzung sind sie keinem heutigen Wald vergleichbar.

Für diese Zeit nimmt man eine Verschiebung der polaren Waldgrenze um 20–30 Breitengrade sowie der nördlichen Palmengrenze um 10–15 Breitengrade gegenüber heute nach Norden an.

Doliosobus taxiformis. Zweige dieses ausgestorbenen Nadelbaumes sind in Floren des Alttertiärs häufig. Alttertiär, Klausä bei Altenburg (DDR). MMG. ca. natürl. Größe.



Rhodomertophyllum sinuatum. Alttertiär, Altenburg (DDR). MMG. ca. natürl. Gr.

Sabal major, Palmwedel. Alttertiär, Häring, Tirol (Österreich). NHM. Vergr. 0,3x.

Mischwälder am Ende des Alttertiärs

Das Zurückweichen der ausgedehnten Flachmeere bewirkt die Vergrößerung der Landmassen am Ende des Alttertiärs. Warmgemäßigt feuchtes Klima ist die Folge. Viele Arten wandern von Norden und Nordosten nach Europa. Neben Sumpf- und Auwäldern herrschen Mischwälder aus immergrünen und laubwerfenden Arten vor.



Cunninghamia miocenica. Lebende Verwandte dieses Nadelbaumes sind nur aus China und Taiwan bekannt.

Jüngeres Alttertiär, Linz (Österreich). Sammlung J. KASTL (Linz). ca. natürl. Größe.

Comptonia acutiloba. Jüngeres Alttertiär, Linz (Österreich). Sammlung J. KASTL (Linz). $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.

Populus germanica und *Carpinus grandis*, Pappel- und Hainbuchenblätter. Jüngeres Alttertiär, Tagebau Bockwitz bei Leipzig (DDR). MMG. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.

Subtropische Lorbeerwälder des älteren Jungtertiärs

Die immergrüne Flora von Wiesa bei Kamenz (DDR) gedeiht unter subtropischen Bedingungen – ein Ergebnis erneuter klimatischer Änderungen. Wegen des häufigen Auftretens von Mastixiaceen-Früchten wird diese Flora auch Mastixioideen-Flora bezeichnet.



Subtropischer Eichen-Lorbeerwald in Borneo auf dem Mount Kinabalu in 1500–1800 m Seehöhe. Die fossile Flora von Wiesa bei Kamenz ist mit diesen Wäldern vergleichbar.



Cathaya bergeri. Zapfen eines unter subtropischen Bedingungen lebenden Nadelbaumes. Älteres Jungtertiär, Wiesa bei Kamenz (DDR). MMG. ca. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.

Trigonobalanopsis rhamnoides. Älteres Jungtertiär, Wiesa bei Kamenz (DDR). MMG. ca. natürl. Größe.



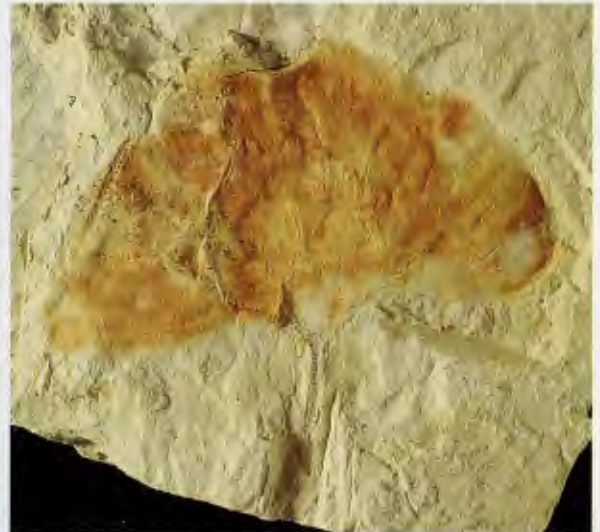
Eomastixia saxonica, Früchte. Die Mastixiaceen sind heute in subtropischen Wäldern Südostasiens beheimatet. Älteres Jungtertiär, Wiesa bei Kamenz (DDR). MMG. ca. $\frac{2}{3}$ natürl. Größe.

Sommergrüne Laubwälder des oberen Jungtertiärs

Die Entstehung von Hochgebirgen (Alpen, Himalaya) und zunehmende Verlandung von Flachmeergebieten in Zusammenhang mit einsetzender Vereisung polarer Gebiete bewirken stärkere Differenzierung der jungtertiären Wälder. Wärmeliebende Arten können in Südeuropa länger überleben als im übrigen Europa.



Trapa heeri, Früchte der Wassernuß. Lohnsburg, Oberösterreich (Österreich). NHM. Vergr. 1,4x.

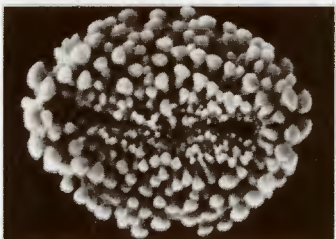


Ginkgo adiantoides. Jungtertiär, Lohnsburg, Oberösterreich (Österreich). NHM. Vergr. 1,2x.

Sommergrüner Auwald im Apalachicola-Gebiet, Florida (USA). Wälder im Südosten Nordamerikas können mit jenen des Jungtertiärs in Europa verglichen werden.



Quercus sp., Eichenblatt.
Jungtertiär, Ebersbrunn, Nieder-
österreich (Österreich). NHM.
½ natürl. Größe.



Ilex sp., Blütenstaub der Stech-
palme.
Jungtertiär, Badersdorf, Burgenland
(Österreich). Sammlung der Uni-
versität Wien. natürl. Größe 27 µm.



Populus latior, Blätter einer Pappel aus Öningen, einer der bedeutendsten tertiären Pflanzenfundstellen Europas. Jungtertiär, Baden (BRD). NHM. ½ natürl. Größe.

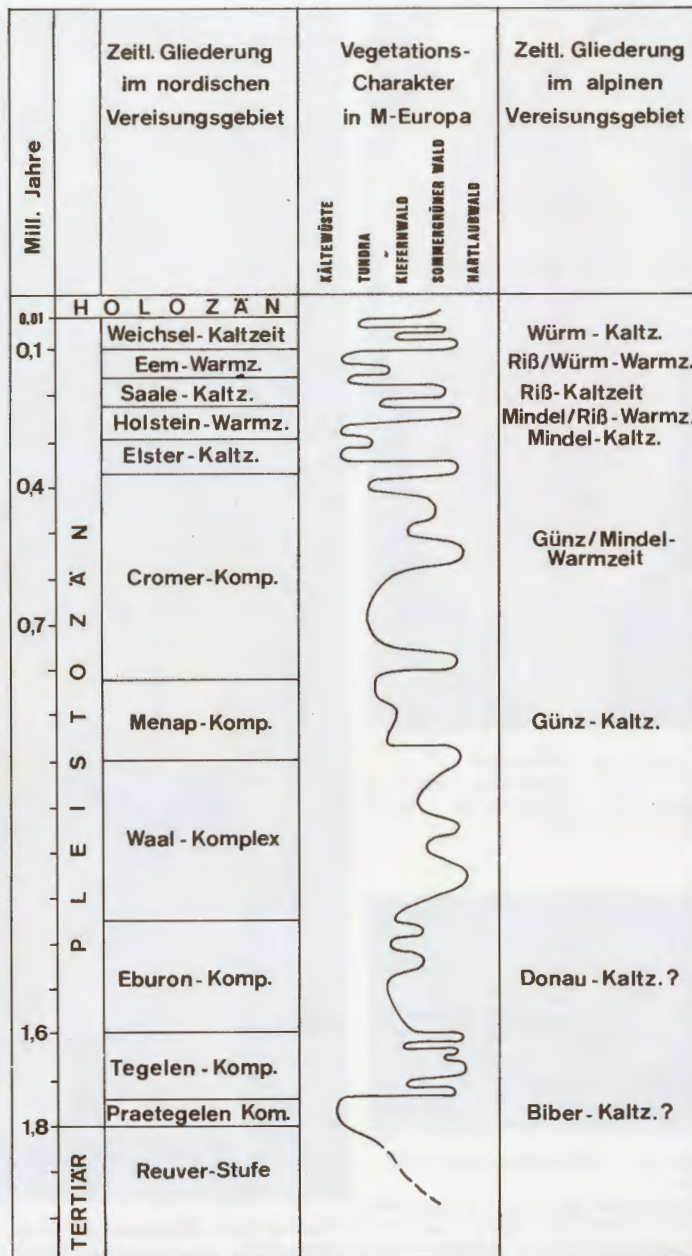
Das Eiszeitalter

Das Quartär wird in das Pleistozän (Eiszeitalter) und das Holozän (Nacheiszeit) gegliedert. Die an den Erdpolen bereits im Jungtertiär einsetzende Eiskappenbildung erreicht in den einzelnen Kaltzeiten des Pleistozäns ihre Höhepunkte. Die europäischen Laubwälder werden an die Küste des Mittelmeeres zurückgedrängt. Steppen und Tundren mit kältefesten Gehölzen entwickeln sich in den eisfreien Gebieten. In den Warmzeiten dringen die Laubwälder wieder nach Norden vor. Dieser mehrmalige Wechsel führt zum Aussterben der im Tertiär häufigen wärmeliebenden Gehölze, z. B. des Rhododendron, in den europäischen Laubwäldern.



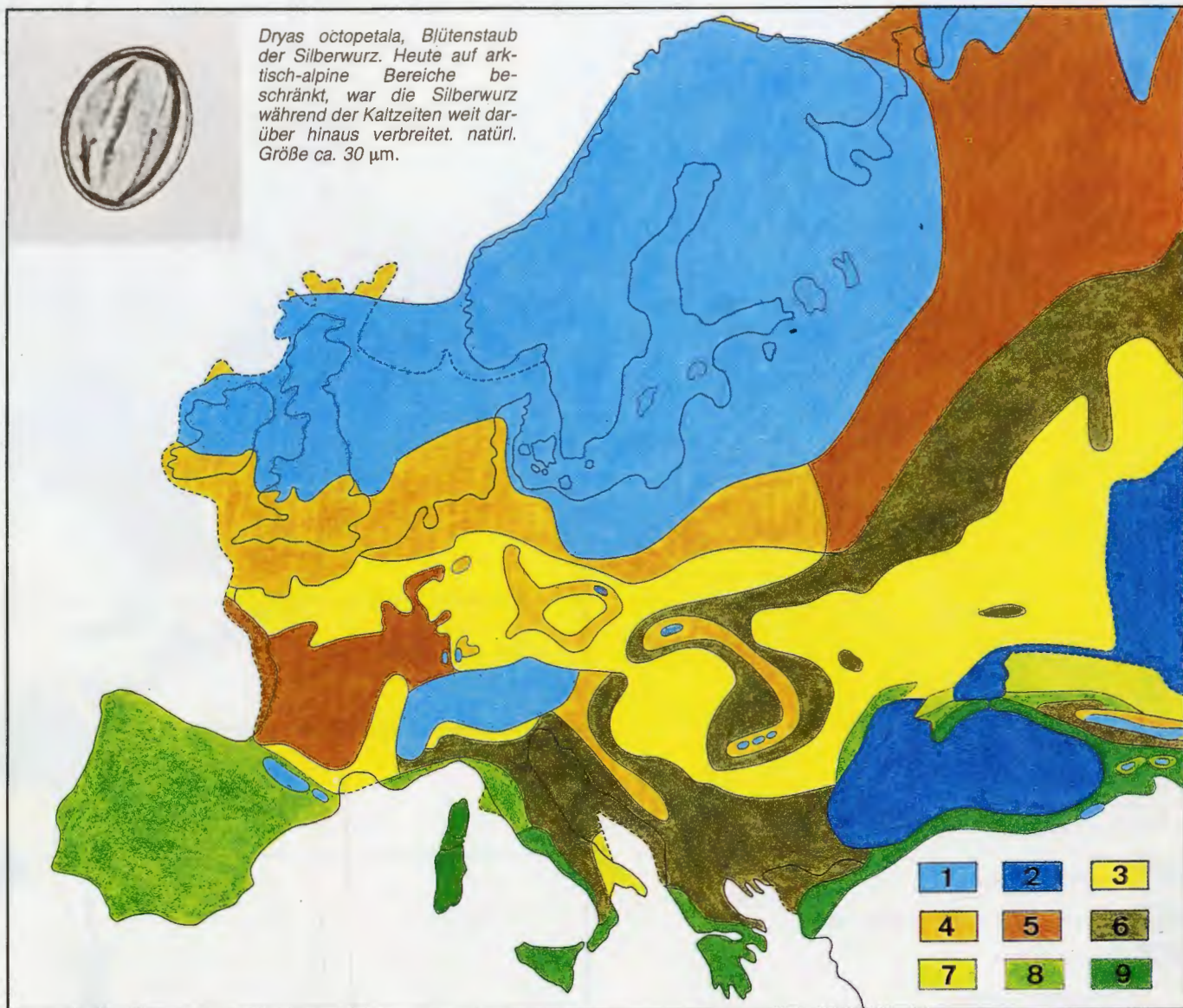
Rhododendron sordellii. Die Blätter dieses Rhododendrons gelten als Beweis dafür, daß es in der Mindel-Riß-Warmzeit wärmer war als heute. Seine nächsten Verwandten leben heute in Kleinasien und Portugal. Mindel-Riß-Warmzeit, Innsbruck (Österreich). Vergr. 0,4x.

Zeitliche Gliederung der Eiszeit und der Vegetationscharakter in Mitteleuropa.





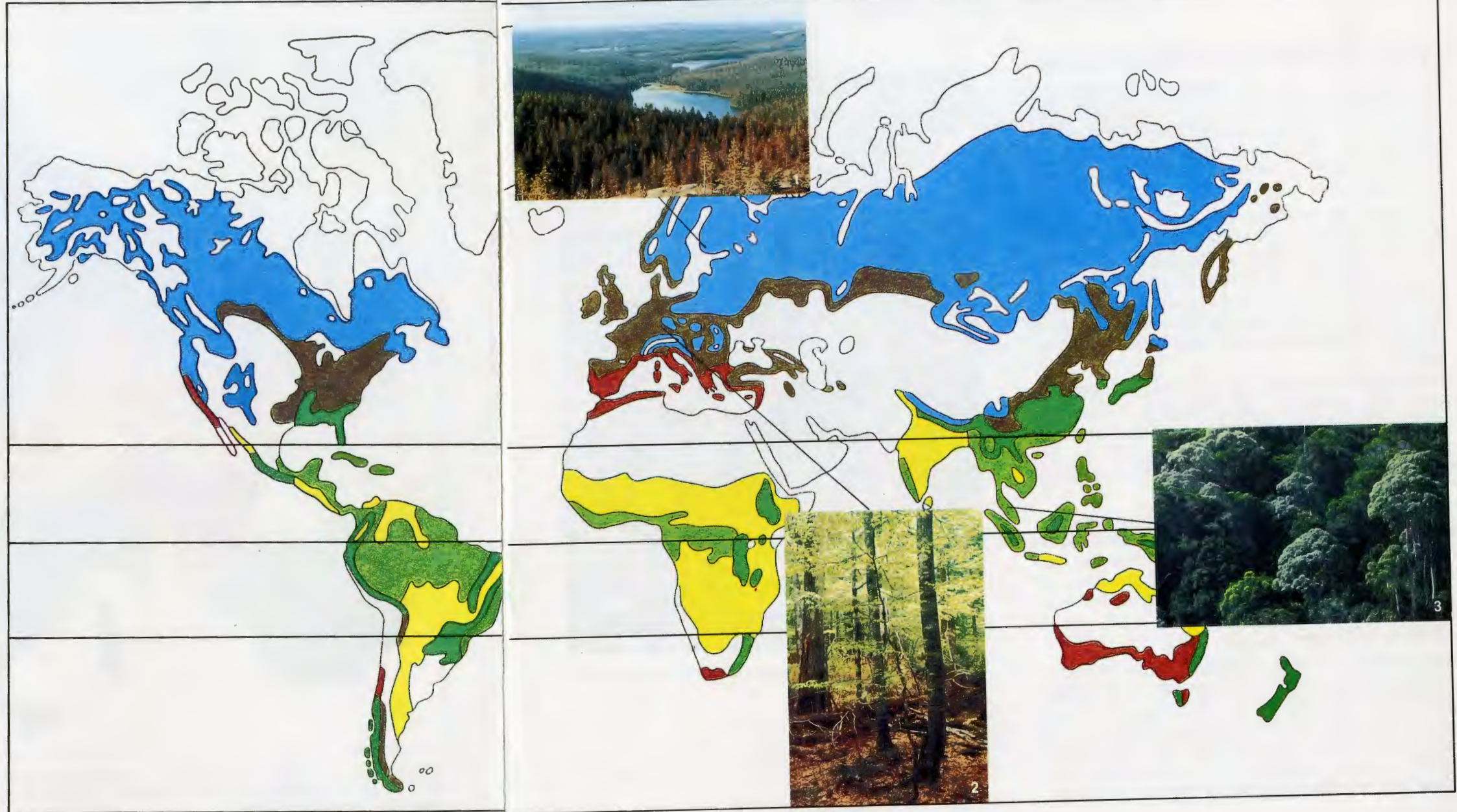
Dryas octopetala, Blütenstaub der Silberwurz. Heute auf arktisch-alpine Bereiche beschränkt, war die Silberwurz während der Kaltzeiten weit darüber hinaus verbreitet. natürl. Größe ca. 30 µm.



Rekonstruktion der Vegetationskarte Europas zur Zeit der maximalen Vereisung während der Würm-Kaltzeit. 1 Gletscher, 2 Seen und Binnenmeere, 3 Löbtundra, 4 Zwergstrauchtundra, 5 subarktische Kältesteppen, 6 Wald- und Strauchtundra, 7 Steppe mit Lößbildung, 8 Waldsteppe, 9 maritimer Mischwald.

Die Waldgebiete der Erde heute

Die heutige natürliche weltweite Waldverbreitung ist das Ergebnis eines Jahrmillionen dauernden Prozesses, der mit der Eiszeit und Nacheiszeit seinen Abschluß findet.



Die Waldgebiete der Erde heute.

- 1 Kalttemperater Nadelwald (Finnland)
- 2 Sommergrüner Laubwald (Österreich)
- 3 Tropischer Regenwald (Malaysia)

- Tropischer Regenwald
- Subtropischer u. montaner Regenwald
- Hartlaubgehölze
- Regengrüne Gehölze
- Sommergrüne Laubwälder
- (Kalt)temperate Nadelwälder

Mensch und Wald

Beginn der Besiedelung bis 20. Jahrhundert

Der Wald stellt eine der wichtigsten Rohstoff- und Nahrungsquellen der menschlichen Gesellschaft dar. Sein Wert für den Wasserhaushalt des Bodens und das Mikroklima ist durch nichts ersetzbar. Als besondere Pflanzenformation gibt er der Vegetation unserer Erde ein wechselvolles Bild.

Seit Beginn der Besiedelung durch den Menschen hat der Wald vielfältige Wandlungen erfahren. Der größte Teil der einstigen Urwälder der Nordhemisphäre wurde in Kulturlandschaft mit Kulturwald umgewandelt. Urwaldgebiete befinden sich heute vorwiegend noch in den Tropen. Die Bedeutung des Waldes wurde, wie die Eingriffe in dieses Ökosystem beweisen, nicht immer erkannt.

Vor Beginn der Besiedelung durch den Menschen bis zum 7. Jhdt. ist Mitteleuropa zu 70–80% mit fast unberührtem Urwald bedeckt. Nur im Flachland treten bedingt durch Siedlungen offene Landstriche auf. Die Waldnutzung ist vielfältig (Holz, Jagd, Wildobst, Honig, Waldweide).

Ab dem 7. Jahrhundert führen umfangreiche Rodungen durch Besiedelung und ab dem 12. Jahrhundert durch erhöhten Holzbedarf für Erzbergbau, Eisenhämmer, Glashütten, Köhlereien, Salinen und Schiffsbau zum Rückgang der Waldfläche in Europa. Erste Forstordnungen mit waldschützenden Bestimmungen werden erlassen.

Der fürstliche Prunk des Absolutismus bringt im 17. und 18. Jahrhundert die jagdlichen Interessen gegenüber den forstlichen in den Vordergrund. Holznot zeichnet sich durch Holzschlägerungen für Salinen und Bergbau ab. Durch das Aufblühen der Naturwissenschaften und die Aufklärung im 18. Jahrhundert kommt es zu den Anfängen einer geregelten Forstwirtschaft.

**Eyn zwolgeordent vnd nützlich
büchlin / wieman Bergwerck suchen vñ
finden sol. von allerley Metall / mit seinen figuren /
nach gelegenheyt des gebirgs artlich anges
zeygt / Mit anhangenden Bercknas
men den ansehenden bergleuts
ten vast dienstlich.**



Erzbergbau, Titelseite der Schrift des Ulrich RÜLEIN von Calw von 1518.



Waldlandschaft mit Jägern
1604, Roelandt SAVERY.

Im 19. Jahrhundert erhält der Grundsatz, den Wald so zu bewirtschaften, daß in Zukunft gleicher Nutzen wie in der Gegenwart gezogen werden kann, Bedeutung. Aufforstungen mit Fichten und Kiefern ersetzen die Laubwälder. Die aufstrebende Industrialisierung in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts sieht im Wald nur noch ein gewerbliches Unternehmen. Forstliche Versuchsanstalten werden ins Leben gerufen.

In Europa führen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Pflanzungen von Monokulturen zu häufigem Auftreten von Insektenmassenbefall, Sturmschäden und Bodenverschlechterung. Die Summe der Luftverunreinigungen durch Industrie, Verbrennungsmotoren und Hausbrand bewirkt zunehmende Umweltbelastung. Empfindliche Schäden treten zuerst bei Nadelbäumen (Tanne, Fichte), dann aber auch bei Laubbäumen (Rotbuche) auf. Bis zu den 70er-Jahren wird vor allem Rauchschaadenforschung betrieben. Nun setzt umfassende Immissionsschaadenforschung ein.

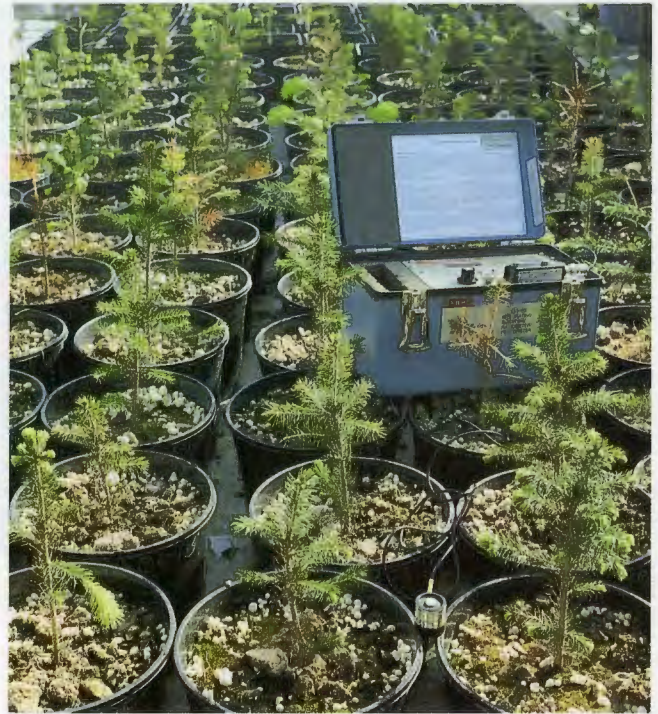


Waldschädigung durch Nonnenfraß.

Das „Baumsterben“ wird als Komplexerscheinung erkannt, an der zahlreiche Schadfaktoren beteiligt sind. Erste gesetzliche Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft und Gewässer erfolgen. Umfangreiche Rekultivierungsprojekte entstehen.

In Nordamerika ist clear-cut noch heute die vorherrschende Art der Waldnutzung. Riesige Waldflächen werden geschlägert und bleiben unaufgeforstet. Erst vor wenigen Jahren setzten Aufforstungsbemühungen ein.

Heute liegt mehr als die Hälfte der Waldfläche unseres Planeten in den Tropen. Etwa $\frac{2}{3}$ aller Tier- und Pflanzenarten gedeihen im tropischen Regenwald. 1980 betrug die Fläche unberührten geschlossenen tropischen Regenwaldes noch 990 Millionen Hektar (ha). Rodungen dieser Wälder bedeuten deren endgültige Zerstörung, da Nährstoffreserven im Boden fehlen. Steigender Bedarf an landwirtschaftlicher Nutzfläche führt zur Vernichtung von 7,5 Millionen ha dieses Regenwaldes pro Jahr. Das sind 20 548 ha pro Tag. Timber mining („Holzabbau“)-Ausbeutung ist noch immer die vorherrschende Art der Nutzung tropischer Wälder. Rekultivierungsprojekte entstehen erst vereinzelt.



Trockenheitsresistenz-Versuch bei Fichten verschiedener Herkunft an der Universität für Bodenkultur in Wien.

Die Zukunft des Waldes

Viele Nationen erkennen in steigendem Maß den Wert ihrer Waldreserven. Sie widmen sich ihrer Erhaltung und Erneuerung mit Forschung und Forstmaßnahmen. Doch die Probleme sind außerordentlich vielschichtig. Es gilt nicht mehr allein ein Gleichgewicht zwischen Waldnutzung und seiner Erhaltung anzustreben, sondern auch Waldschäden durch zivilisationsbedingte Umweltbelastung zu beheben.



Brandrodung im tropischen Regenwald des Jari-Dschungels (Amazonasgebiet).



Tropischer Regenwald, Pulau Penang, Acheh Forest Reserve, Malaysia.

Register

- Abdruck 8, 9
Acer sp. 28
Ahorn 28
Algonkium 6
Aisophila 7
Angara-Florenprovinz 12
Angiospermae 25
Annularia 14
Annularia stellata 14
antarktorkarbonisch 12
„Aralia“ groenlandica 25
Archaeanthus linnenbergeri 25
Archaeopteris 11
Archaeopteris halliana 11
Archaikum 6
arktorkarbonisch 12
Bärlappgewächse 11, 13
Baumfarn 16, 17, 18
Bedecktsamer 6, 23, 25, 26
Bennetticarpus wettsteini 22
Bennettititen 22, 23, 25
Betula sp. 28
Biber-Kaltzeit 34
Birke 28
„Blattwurzelbaum“ 18
Braunkohlen 27
Braunkohlensümpfe 27
Braunkohlenzeit 27
Calamiten 14, 22
Calamites gigas 14
Callipteris conferta 19
Carpinus grandis 29
Cathaya bergeri 31
Cathaysia-Florenprovinz 12
Comptonia acutiloba 30
Cordaiten 17, 19
Cordaites sp. 19
Cromer-Complex 34
Cunninghamia miocenica 20
Cyathea kooperi 17
Cycadeen 7, 21
Cycadeoidea dacotensis 23
Cycadeoidea (Raumeria)
 reichenbachiana 23, 24
Cycas media 24
Devon 6, 11, 25
Dicksonites pluckeneti 16
Doliodrostrobis taxiformis 29
Donau-Kaltzeit 34
Dryas octopetala 35
Eburon-Komplex 34
Eem-Warmzeit 34
Eiche 33
Elster-Kaltzeit 34
Eomastixia saxonica 31
Eophytikum 6
Equisetum 7
Erdaltertum (siehe auch
 Paläozoikum) 6, 22
Erdmittellaer (siehe auch
 Mesozoikum) 6, 20
Erdneuzeit (siehe auch
 Känozoikum) 6, 26
Euramerische-Florenprovinz 12
Farne 11, 16, 17, 19, 21
Farnsamer (siehe auch
 Pteridospermae) 13, 16, 17, 19
 Fichte 7, 39
Flabellaria longirhachis 26
Fossilidiagenese 8, 9
Fucus 10
Ginkgogewächse 22
Ginkgo sp. 7, 26
Ginkgo adiantoides 32
Glossophyllum 22
Glossophyllum florini 22
Glossopteris 12
Glossopteris browniana 12
Glossopteris-Flora 12
Glyptostrobus europaea 27
Gondwana 20
Gondwana-Flora 12
Günz-Kaltzeit 34
Günz-Mindel-Warmzeit 34
Gymnospermae 20
Gymnospermenzeit 20
Hainbuche 30
Hartlaubgehölze 36
Holozän 6, 34
Holstein-Warmzeit 34
Ilex sp. 33
Inkohlung 13
Jura 6, 20
Kalttemperater Nadelwald 36
Kambrium 6
Känophytikum (siehe auch Zeit-
 alter der Bedecktsamer) 6, 25, 26
Känozoikum (siehe auch
 Erdneuzeit) 6
Karbon 6, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 27
Keilblattgewächse (siehe auch
 Sphenophyllum) 14
Kiefer 7
Kohlenbildung 9, 11, 27
Kreide 6, 20, 23, 25, 26, 28
Kutikula 8
Kutin 10
Laubmischwald, maritimer 35
Lepidodendron (siehe auch
 Schuppenbaum) 7, 13, 18, 19
Lepidodendron dichotomum 13
limnisch 18
Lorbeerwälder 29
Löbtdundra 35
Lycopodium 7
Mastixiaceen 31
Mastixioideen-Flora 31
Medullosa stellata 16
Menap-Komplex 34
Mesophytikum (siehe auch Zeitalter
 der Nacktsamer) 6, 20
Mesozoikum (siehe auch Erdmittel-
 alter) 6, 20
Mindel-Kaltzeit 34
Mindel-Riß-Warmzeit 34
Montaner Regenwald 36
Moosfarngewächse 13, 14
Nacktsamer (siehe auch Gymno-
 spermae) 11, 19, 20, 23, 25
Nadelbäume 19, 20, 21, 27, 28,
 29, 30, 31
Nilssonia polymorpha 20
Nyssa ornithobroma 27
Ordovizium 6
Paläobotanik 6
Paläophytikum (siehe auch Zeitalter
 der Farnpflanzen) 6, 11
Paläozoikum (siehe auch
 Erdaltertum) 6
Palmen 26, 29
Pappel 30, 33
paralisch 8
Perm 6, 13, 15, 16, 19, 20
Pleistozän 6, 34
Polypodium 7
Populus germanica 30
Populus latior 33
Praetegelen-Komplex 34
Progymnospermae 11
Psaronius 18
Psilophyten 11
Pteridospermae (siehe auch
 Farnsamer) 11, 12, 13, 16
Pterophyllum longifolium 22
Quartär 6, 34
Quercus sp. 33
Regengrüne Gehölze 36
Reuver-Stufe 34
Rhacopteris elegans 16
Rhododendron 34
Rhododendron sordellii 34
Rhodomyrtophyllum sinuatum 29
Rhynia major 11
„Rindenbaum“ 18
Riß-Kaltzeit 34
Riß-Würm-Warmzeit 34
„Röhrenbaum“ 18
Rotbuche 39
Saale-Kaltzeit 34
Sabal major 29
Samen 16
Samenbildung 13
Schachtelhalmgewächse 11, 13,
 14, 17, 18, 19, 22
Schuppenbaum (siehe auch
 Lepidodendron) 7, 13, 17
Selaginellaceae 13
Selaginella wildenowii 14
Selaginellites gutbieri 13
Sequoia abietina 27
Siegelbaum (siehe auch
 Sigillaria) 7, 13, 17
Sigillaria (siehe auch Siegelbaum) 7,
 13, 14, 19
Silberwurz 35
Silur 6
Sommergrüne Laubwälder 36
Spaltöffnung 10
Sphenophyllum 14
Sphenophyllum thoni 14
Spirematospermum wetzleri 27
Sporangien 10, 11
Sproß 10
Stechpalme 33
Steinkern 9
Steinkohlenwald 13, 14, 16, 22
Steinkohlenzeitalter 12
Stigmarien 13
Strauchtdundra 35
Subarktische Kältesteppe 35
Subtropischer Regenwald 36
Sumpftupelobaum 27
Syringodendron sp. 14
Tanne 39
Tegelen-Komplex 34
Teritär 6, 27, 28, 34
Thallus 10
Trapa heeri 32
Trias 6, 20, 21, 23
Trigonobalanopsis toscana 11
Tropischer Regenwald 36
Ulm 28
Ulmus sp. 28
Versteinerung 8, 9
Volvix heterophylla 20
Volvix 10
Waal-Komplex 34
Walchia sp. 19

Walchien 19
Waldsteppe 35
Waldtundra 35
Wassernuß 32
Weichsel-Kaltzeit 34
Würm-Kaltzeit 34
Zeitalter der Bedecktsamer (siehe
auch Känophytikum) 6, 25
Zeitalter der Farnpflanzen (siehe
auch Paläophytikum) 6, 11
Zeitalter der Nacktsamer (siehe
auch Mesophytikum) 6, 20
Zwergstrauchtundra 35
Zwitterblüten 23, 24

Weiterführende Literatur

Der Planet Erde. Wälder. 1984. Time-Life Bücher, Amsterdam.
GENSEL, P. G. & ANDREWS, H. N. 1984. Plant Life in the Devonian. Praeger.
GEORGE, U. 1985. Regenwald. Vorstoß in das tropische Universum. Geo.
GOTHAN, W. & REMY, W. 1957. Steinkohlenpflanzen. Verlag Glückauf-GMBH. Essen.
MÄGDEFRAU, K. 1968. Paläobiologie der Pflanzen. Gustav Fischer Verlag Jena.
MITCHELL, A., JOHNSON, H., BURTON, M., FRANCO, J., GENNARO, J. & YOHO, J. G. 1981. Die Wälder der Welt. Hallwag Verlag.
REMY, W. & REMY, R. 1977. Die Floren des Erdalters. Verlag Glückauf-GMBH. Essen.
SCHAARSCHMIDT, F. 1968. Paläobotanik 1. und 2. Hochschultaschenbücher-Verlag.
STEWART, W. N. 1983. Paleobotany and the Evolution of Plants. Cambridge University Press.
TAYLOR, T. N. 1981. Paleobotany. An Introduction to Fossil Plant Biology. Mc. Graw-Hill Book Company.
THOMAS, B. 1981. Evolution of plants and flowers. St. Martin.

Bildnachweis

Fotos aller fossilen Objekte A. SCHUMACHER, Naturhistorisches Museum Wien.
Weiteres Bildmaterial: Prof. Dr. H. MAYER und Dipl.-Ing. A. PITTERLE, Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur Wien; Prof. Dr. A. WEBER und Prof. Dr. F. EHRENDORFER, Institut für Botanik der Universität Wien; Prof. Dr. D. DILCHER, University of Indiana; L. A. Mc. INTYRE, Virginia; Technische Universität Dresden Sekt. Forstwirtschaft Tharandt; Prof. Dr. W. KLAUS und Dr. R. ZETTER, Institut für Paläontologie der Universität Wien; Dr. H. KOLLMANN, Naturhistorisches Museum Wien; Dr. I. DRAXLER, Geologische Bundesanstalt Wien; Kunsthistorisches Museum Wien; Amerikahaus Wien.

Grafik

W. LUMPE Dresden und F. STÜRMER Wien.

Dank

Für fachliche Beratung und zur Verfügung gestellte Fotoobjekte danken wir der Technischen Universität Dresden Sekt. Forstwirtschaft Tharandt, dem Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin, der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Dipl.-Ing. A. PITTERLE Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur Wien, Dr. W. FRIEDRICH Universität Aarhus, Prof. Dr. J. SCHWEITZER Universität Bonn, Dr. H.-J. GREGOR München, J. KASTL Linz.

Abkürzungen: MMG – Staatliches Museum für Mineralogie und Geologie zu Dresden; NHM – Naturhistorisches Museum Wien.