

H. SCHMIDT-VOGT
DIE FICHTE

BAND I • Reprint der 2. Auflage

DIE FICHTE

Ein Handbuch in zwei Bänden

BAND I

Taxonomie • Verbreitung • Morphologie • Ökologie • Waldgesellschaften

Von

Prof. Dr. Dr. HELMUT SCHMIDT-VOGT
Waldbau-Institut der Universität Freiburg

Unter Mitarbeit von

Prof. Dr. GISELA JAHN, Göttingen – Prof. Dr. FRIEDRICH KRAL, Wien
Prof. Dr. DIETER VOGELLEHNER, Freiburg

Reprint der 2. durchgesehenen Auflage
Mit 304 Abbildungen und 60 Übersichten

2025
Verlag Kessel
www.forstbuch.de
www.forestrybooks.com

Anmerkung vom Verlag zur Qualität der Bilder:

Leider waren die Originalbilder von Band 1 nicht mehr aufzufinden, so dass Scans vom Buch angefertigt werden mussten. Aufgrund der schwachen Auflösung der Originalbilder und des anschließenden Scannens hat die Bildqualität weiter gelitten. Wir bitten dies zu entschuldigen.

Verlag Kessel
Eifelweg 37
53424 Remagen-Oberwinter
Tel.: 02228-493
Fax: 03212-1024877
E-Mail: webmaster@forstbuch.de
Homepage: www.forstbuch.de
www.forestrybooks.com

In Deutschland hergestellt.

© 2025, Verlag Kessel. Alle Rechte vorbehalten. Das vorliegende Buch ist urheberrechtlich geschützt. Kein Teil darf ohne schriftliche Erlaubnis entnommen werden. Das gilt für alle Arten der Reproduktion.

ISBN: 978-3-910611-35-1

Meiner Frau

Vorwort zur Wiederauflage des 1. Bandes von ,Die Fichte‘ von Helmut Schmidt-Vogt

Als Autor kann man sich der Forstwirt- und -wissenschaft von zwei Seiten nähern: Entweder – der übliche Fall – man schreibt Fachbücher zu einer Teildisziplin und geht dabei von einzelnen Sachfragen auf die spezifische Anforderungen der Baumarten ein und leitet entsprechende Behandlungsvorschläge her. Oder aber man nimmt sich eine einzelne Baumart vor und erörtert anhand dieser alle wichtigen Bezüge zu den verschiedenen Fachgebieten.

Diesen zweiten Weg ist Schmidt-Vogt mit seinem epochalen wissenschaftlichen Rundumschlag zur Fichte gegangen. Das hat er mit bewunderungswürdiger Vollständigkeit getan. Keine Veröffentlichung ist ihm offenbar entgangen. Zudem ist ihm eine stilistisch gut lesbare und reich mit Fotos, Abbildungen und Tabellen ausgestattete Form gelungen. Außerdem hat er in die Nachbardisziplinen wie die Ökologie, die Botanik, Genetik hinübergeschaut, soweit sie jedenfalls die Fichte betrafen.

Natürlich muss man nicht alle auf vier Bände verteilten insgesamt 2.600 Seiten lesen, zumal ein Teil ja Literaturnachweise und Verzeichnisse enthalten. Dennoch kann ein solches Werk gleichermaßen den Fachleuten ein intellektuelles Vergnügen bieten und den Studierenden ein umfassendes Lehrwerk.

Jetzt wurde der 1. Band wieder aufgelegt. In ihm sind die Grundlagen über die Fichtenarten, ihre Morphologie, Ökologie und Waldgesellschaften vorgestellt. Schmidt-Vogt hat viele Gebiete des Fichtengürtels in Osteuropa, Asien und auch Nordamerika besucht und daher fundierte Kenntnisse über die Arten und ihre Verbreitung sammeln können. Das wird keinem Forstmann nochmals möglich sein.

Langfristig werden sich die Areale einiger Fichtenarten aufgrund des Klimawandels verschieben. Das dürfte jedoch nicht sehr rasch geschehen, so dass die Aussagen im Buch nach wie vor voll gültig sind.

Derzeit wird nur der 1. Band neu herausgegeben. Man kann nur wünschen, dass das Leserinteresse groß genug ist, um anschließend auch die Neuauflage der Bände 2–4 zu ermöglichen.

Jürgen Huss

VORWORT

Sommerhohe Wolken reisen,
Die vom Westen ostwärts zogen –
Aus dem Osten sind die Bäume
Sommerherrlich hergezogen.

Aus den fernsten Kontinenten
Kamen sie mit reicher Habe:
Kronen – Früchte – Blätter – Blüten
Brachten sie als Morgengabe.

Auf den Bergen, in den Tälern
Asiens sind sie aufgebrochen,
Von den Geistern und den Göttern
Wurden sie uns zugesprochen.

Unter Japans Feuergipfeln
Streuten aus sie ihre Saaten.
Was sie hörten, was sie sangen,
Wird kein Vogelklang verraten.

Andre stiegen von den Zinnen
Hoch vom Himalaya nieder:
In den sturmgeprüften Kronen
Schlafen noch die Felsenlieder.

Die Verse von FRIEDRICH SCHNACK könnten den Weg der Fichte in den europäischen Raum beschreiben. Man nimmt an, daß die Fichte im Fernen Osten ihren Ursprung hat. Das älteste dem Bautyp der Fichte ähnliche Holz wurde in der Mandschurei in Ostasien gefunden. Als die älteste noch lebende Fichtenart wird *Picea koyamai* angesehen, die in den Bergen Japans beheimatet ist. Sollte Ostasien tatsächlich der Entstehungsraum sein, so müßte sich die Fichte von dort aus in zwei großen Strömen ausgebreitet haben, einer nach Osten, einer nach Westen, beide Ströme die ganze nördliche Halbkugel umschließend.

Folgen wir den Versen, so finden wir im Strom nach Westen einen Wanderweg über China zum Himalaya und von dort weiter über den Tien-Shan, den Altai und den Ural bis nach Europa, wo nach der letzten Eiszeit der weiteste Vorstoß der Fichte auf einer Linie zum Stehen kam, die von der norwegisch-schwedischen Westküste über den Harz, Thüringer Wald und Schwarzwald zu den französischen Westalpen führt.

Hat man das ungeheure Areal der 36 Fichtenarten auf dieser Erde vor Augen, so mag es einen verwundern, daß die Fichte im mitteleuropäischen Raum, den sie bei ihrer Ausbreitung rund um die Erde wie der kleine Finger einer ausgestreckten Hand gerade noch erreicht hat, heute so umstritten ist. Alle anderen Länder der Welt kennen

diese Fichtendiskussion nicht. Doch bei uns gibt es keinen zweiten Baum, an dem sich die Geister so scheiden. Ist die Fichte für die einen der Brotbaum der Forstwirtschaft, so sehen die anderen in ihrem Anbau eine Gefährdung der Landeskultur. Es ist zu lesen vom „Wald in dem kein Vogel singt“ und von der „Fichtentragödie“. Kein Baum ist schlecht. Dies gilt in ganz besonderem Maße für die Fichte, die seit Jahrtausenden die borealen Wälder der nördlichen Erdhalbkugel prägt und mit deren Holz Amati und Stradivari ihre Meistergeigen bauten. Wenn Fehler in der Vergangenheit gemacht wurden, so liegt dies nicht an dieser Baumart, sondern an dem fehlenden Wissen um deren Gesetze. Ziel unserer Bemühungen war daher, diesen Baum kennen und verstehen zu lernen. Das Wort von Wilhelm LEOPOLD PFEIL „Frage die Bäume“ hat wohl gerade hier seine größte Bedeutung.

Es ist ein faszinierendes Unternehmen, einem Baum, wie der Fichte, in seiner weltumfassenden Verbreitung nachzuspüren, von den Westalpen in Frankreich über ganz Eurasien hinweg bis zum Amur im Fernen Osten und weiter von Alaska über den nordamerikanischen Kontinent bis zur Atlantikküste, von den nördlichsten Vorposten nahe dem Eismeer bis zu den südlichsten Ausläufern in der Sierra Madre Mexikos, von den weiten Ebenen der Taiga Sibiriens bis zu den Bergen Japans, des Himalayas und des Tien-Shan, von dessen Fichten Merzbacher in einem Expeditionsbericht begeistert schreibt, daß sie wie dunkle Riesenkerzen zum Himmel ragen.

Der Bologneser Petrus de Crescentiis war in seinem um 1305 entstandenen „Opus ruralium commodorum“ noch der Auffassung, daß Fichte, Tanne und Lärche fast dieselbe Baumart seien und nicht angebaut würden, sondern von selbst, auf wunderbare Weise, in die Höhe wüchsen. Von dieser ersten fast kindlichen Vorstellung bis zur Gegenwart hat sich vor allem über die Fichte, die heute in der Bundesrepublik Deutschland 42%, in Österreich 57% und in der Schweiz 40% der Waldfläche einnimmt, ein Schrifttum entwickelt, das kaum mehr überschaubar ist. In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen, diese Fichtenliteratur so aufzubereiten, daß die bisher gewonnenen Erkenntnisse für die Praxis verfügbar sind und zugleich die Lücken erkennbar werden, die Ansatzpunkte weiterer Forschung sein sollten. Im Rahmen der bestehenden Möglichkeiten waren wir dabei bemüht, uns nicht nur auf einen Überblick über den gegenwärtigen Stand des Wissens zu beschränken, sondern darüber hinaus aktuelle Fichtenprobleme zu lösen.

Das Buch ist als Handbuch gedacht. Streng genommen wird es den Anforderungen, die mit diesem Begriff verbunden sind, nicht gerecht werden können. Vom Umfang her war jedoch eine Beschränkung auf zwei Bände geboten. Es war aber auch nicht das Ziel, alles zu erfassen, was jemals über die Fichte geschrieben wurde. Dies gilt in gleicher Weise für die Auswahl der bearbeiteten Sachgebiete. Aufgenommen wurde, was für alle diejenigen wichtig und interessant sein dürfte, die mit der Fichte in der freien Natur zu tun haben. Es wird damit versucht, einen Kreis anzusprechen, der über die Forstwirtschaft hinaus geht. So greift die Arbeit trotz notwendiger Beschränkung doch weiter aus, als dies bisher bei monographischen Bearbeitungen von Waldbauarten üblich war. Bei dem weiten Interesse, das Fragen der Landeskultur und des Umweltschutzes heute finden, kann eine so umstrittene Baumart wie die Fichte nicht nur in forstwissenschaftlicher Sicht behandelt werden.

Die Bearbeitung geht davon aus, daß die Fichte ein wesentliches Element der gemäßigten Zonen der nördlichen Erdhalbkugel bildet und ist so konzipiert, daß am Anfang die Gattung *Picea* steht mit ihrer Entwicklungsgeschichte und ihrer Differenzierung in 36 Arten auf der Erde. Nach dieser breit angelegten Einführung konzentriert sich die weitere Darstellung auf die *Picea abies*, ihr erstes Auftreten, ihre Wanderbewegungen während und nach der Eiszeit, ihr natürliches Verbreitungsgebiet und die Geschichte ihrer künstlichen Ausbreitung durch den Menschen. Der folgende Abschnitt ist der morphologischen Variabilität, der ökologisch-geographischen Ras-

senbildung sowie der ökologischen Konstitution, den Umweltansprüchen und den begrenzenden Faktoren der Verbreitung gewidmet. Der autökologischen Betrachtung folgt die Synökologie mit einem den ersten Band abschließenden Abschnitt über die Fichtenwaldgesellschaften in Europa.

Der zweite Band wird Wachstum und Ertrag, biotische und abiotische Schäden, Einwirkung auf den Bodenzustand, Möglichkeiten der Züchtung, Beziehungen zu Landespflege und Umweltschutz, waldbauliche Behandlung und Holzeigenschaften der Fichte umfassen. Er wird in besonderem Maße forstlichen Fragestellungen gewidmet sein.

Eine Bearbeitung der Fichte in der vorgesehenen Form führt in Gebiete, die außerhalb des eigenen Forschungsbereiches liegen. Es war daher zu entscheiden zwischen einer weitgehenden Aufteilung des Stoffes auf Spezialisten und dem Versuch, für zusammenhängende Abschnitte eine eigene Darstellung zu erarbeiten. Der letztere Weg wurde gewählt, um zu einer möglichst weitgehenden Verzahnung der inhaltlich ineinander greifenden Teilgebiete zu kommen. Auch der Zwang zur Einarbeitung in Gebiete, die außerhalb der eigenen Forschung liegen, erschien der angestrebten synthetischen Betrachtung förderlich. In Kauf genommen werden mußte, daß nicht alle Abschnitte mit gleicher Sachkenntnis dargestellt werden konnten. Leitlinie bei der Abfassung war ein Grundsatz H. COTTAS bei einer Anweisung über Waldbau: „Den Umfang des Ganzen darstellen, vielseitige Ansichten verschaffen, unbefangene Urteile bilden und zeigen, worauf es im wesentlichen überall ankommt“. Soweit es der gegenwärtige Stand des Wissens noch nicht zuläßt, die in der Literatur dargestellten Befunde zu gesicherten Erkenntnissen zusammenzufassen, wurden in vertretbarem Umfang Spezialarbeiten zitiert, die einen Überblick über die Vielfalt der Auffassungen vermitteln und dem interessierten Leser das Auffinden der Originalliteratur erleichtern.

Bei der Erarbeitung des ersten Bandes wurde der Verfasser von vielen Seiten unterstützt. In drei selbständigen Beiträgen haben Frau Professor Dr. GISELA JAHN (4. Die Fichtenwaldgesellschaften in Europa), Herr Dozent Dr. FRIEDRICH KRAL (2.1.4.4 Verbreitungsgeschichte der Fichte im Alpenraum) und Herr Professor Dr. DIETER VOGELLEHNER (1.1 Die systematische Stellung der Koniferen) die Ergebnisse ihrer eigenen Forschung dargestellt. An der Erfassung der Literatur und Ausarbeitung des Stoffes haben die wissenschaftlichen Mitarbeiter des Waldbau-Instituts Dr. KARL GROSS, Dr. WERNER LUFT, DOROTHEE MAIWEG, NORBERT VON STADEN und Dr. ALBRECHT WACHTER mitgewirkt. Ebenfalls an Literaturauswertungen hat Frau Dr. AMÉLIE VOGEL-DANIELS mitgearbeitet, die darüber hinaus wesentliche Teile des Abschnitts über die Geschichte der künstlichen Verbreitung der Fichte verfaßt hat.

Besonderes Gedenken gilt den in so jungen Jahren aus dem Leben geschiedenen Mitarbeitern DOROTHEE MAIWEG und JAN JUNGCLAUS, die mit als erste an den Vorarbeiten zu diesem Buch mitwirkten.

Teilfragen wurden von Studenten in Seminararbeiten und auf Studienreisen untersucht. Aus der großen Zahl dieser Mitarbeiter können hier nur einige wenige Namen genannt werden: MAX-GEORG FRHR. VON ELTZ-RÜBENACH, LUTZ FÄHSEN, HELMUT FELDMANN, BERNHARD FRONING, GÜNTER GRAF, FRIDTJOF KÖHN, KLAUS MEYER, JÖRG MENTE, DIETER PARNIEWSKI, ULRICH SOMMER.

Die Erfassung der wichtigsten Literatur über die *Picea abies* sowie über die anderen Fichtenarten der Erde machte umfangreiche Übersetzungsarbeiten notwendig. Dies gilt insbesondere für alle Länder des Ostens einschließlich der UdSSR, Chinas, Koreas und Japans sowie für den skandinavischen und nordamerikanischen Raum. Im wesentlichen haben hier mitgeholfen: Frau HILDEGARD ABETZ, ALPARSLAN AKÇA, WILFRIED BERNDT, TSAI-YUNG CHEN, Frau Dr. MARGARETHE VON DELLINGSHAUSEN, Frau Dr. WALTRAUT GUTENBRUNNER, VERA HARBERGER, GÉRARD JUNG, Dr. YUNG

ZU KO, HERBERT KRAFT, HANS LINNERT, Dr. SHAW-LIN LO, ROLAND PETERS, PIETER SCHMIDT, DIETRICH SCHMIDT-VOGT, Frau JAROSLAVA ŠINDELÁŘOVÁ, Frau MARIA STÄHLE, TATJANA SUJEVA, MIWA TAMURA, LARISSA TARASSENKO, Dr. AUREL TEUSAN.

Weitreichende Unterstützung fand der Verfasser bei den zahlreichen Auslandsreisen sowie bei der Beschaffung ausländischer Literatur und wichtiger Daten. Auch hier können leider nur einige wenige Namen und Institutionen genannt werden.

Belgien: A. GALAUX, R. VANHOORNE, Bruxelles.

Bulgarien: A. ALEXANDROV, D. VELKOV, Sofia; K. T. SCHIKOV, Velingrad.

China: Bot. Inst. d. Akademie d. Wissenschaften Peking.

ČSSR: M. HOLUBČÍK, St. KORPEL, Zvolen.

Finnland: Bot. Inst. d. Universität Helsinki; M. HAGMAN, Maisala; A. KOIVISTO, Inari.

Frankreich: E. L. CHENAL, Epinal; F. COMBES, Sallanches, Haut-Savoie; M. CAMEL, Nice; A. COLLAS, Tarbes.

Großbritannien: For. Res. Stat. Alice Holt Lodge, Wrecclesham, Surrey.

Griechenland: J. K. PAPAIOANNOU, Thessaloniki; N. D. PANAYOTIDIS, Athen.

Indien: S. KEDHARNATH, K. C. SAHNI, Dehra Dun; G. NAQUSHBUND, N. A. MASOODI, I.-U. MIR, P. N. PANDITA, Srinagar, Kaschmir; R. P. SHARMA, Kandoli, Jammu.

Irland: O. V. MOONEY, G. GALLAGHER, M. SWAN, Dublin; J. M. TWOMEY, Castlebar.

Italien: R. MORANDINI, E. MAGINI, Firenze; L. SUSMEL, Padova; E. FERRARI, Trento.

Japan: I. MINE, S. NAKAMURA, Y. HAYASHI, Tokyo; S. ASADA, T. BABA, Ina, Nagano-ken; T. SHIDEI, Kyoto; Y. TERAZAKI, S. SASAKI, S. SAMEJIMA, Sapporo; M. TANAKA, Suwa-Eirinsho; T. ASATANI, Kitami, Hokkaido.

Jugoslawien: P. FUKAREK, Sarajevo; H. EM, B. NIČOTA, Skopje.

Kanada: R. REDMOND, J. S. MAINI, Ottawa; L. ROCHE, Quebec (jetzt Bangor, Großbritannien); D. P. FOWLER, Fredericton, New Brunswick; A. G. GORDON, Sault Ste. Marie, Ontario; W. G. BURCH, Vancouver, Brit. Col.

Luxemburg: M. R. FABER, Luxembourg.

Mexiko: O. ZARZOSA, Durango; C. R. VARGAS, M. REYES, El Salto, Dgo.; E. P. VALERA, X. M. SÁNCHEZ, Mexico.

Niederlande: C. P. VAN GOOR, G. HELLINGA, H. M. HEYBROEK, Wageningen.

Norwegen: O. BØRSET, Ås-NLH; A. LØKEN, H. ROBAK, E. BAUGER, Stend b. Bergen; E. SKOGLUND, Kirkenes.

Österreich: H. MAYER, L. GÜNZL, Wien; H. M. SCHIECHTL, Innsbruck.

Polen: St. KOCIECKI, S. TYSZKIEWICZ, Warszawa.

Rumänien: GH. MARCU, București; P. HARING, Cluj; R. ICHIM, V. RAESCU, Cîmpulung – Moldova.

Schweden: C. L. KIELLANDER, P. KRUTZSCH, Stockholm; J. REMRÖD, Umeå.

Schweiz: F. FISCHER, Zürich; Kantonsforstinspektorat Sitten/Sion.

Südkorea: R. H. HAUFE, Jeonju-Jeoula Bugdo.

Taiwan: S.-L. LO, Taichung.

Türkei: I. ERSAY, O. OZEL, Giresun; S. KÖSE, Trabzon.

USA: R. Z. CALLAHAM, Washington D.C.; D. M. SMITH, New Haven, Connecticut; G. L. BROWN, Golden, Colorado; R. K. HERMANN, Corvallis, Oregon; D. B. KLENKE, Medford, Oregon; C. B. WOODELL, Jacksonville, Oregon; G. P. EDGARS, Anchorage, Alaska.

USSR: L. F. PRAVDIN, Moskva; E. G. BOBROV, Leningrad; Polar-alpiner Bot. Garten Kirovsk, Kola; V. SKRIPČINSKIJ, Stavropol; L. POPOV, Irkutsk; Staatsbibliothek Sibir. Abt. Akad. Wiss., Novosibirsk; Alma-Ataische Forstl. Versuchsstation, E. L. BEREZIN, B. A. BYKOV, Alma Ata; Fernöstliches Wiss. Inst. f. Forstwirtschaft, Chabarovsk; J. I. MAN'KO, Vladivostok; Forstl. Versuchsstation Magadan.

Die Photos der China-Expeditionen von E. H. WILSON und F. N. MEYER wurden vom Arnold Arboretum der Harvard Universität, Jamaica Plain, Mass., USA, zur Verfügung gestellt. Bei der Auswahl und Herstellung der Kopien waren behilflich PAMELA BRUNS und G. P. DEWOLF.

Sämtliche Zeichnungen der Abschnitte 1 bis 3 einschließlich der Verbreitungskarten fertigte unermüdlich und mit großer Sorgfalt Frau GERTRAUD SCHWAIER, in deren Hand auch die Fotoarbeiten lagen. Soweit auf den Verbreitungskarten nicht auf andere Autoren verwiesen wird, wurden sie nach verschiedenen Literaturangaben vom Verfasser entworfen. Von ihm stammen auch alle Freilandaufnahmen ohne Quellen- oder Namensangabe.

Bei der mehrfachen Erstellung des Textmanuskriptes und der etwa 2300 Arbeiten umfassenden Literaturübersichten sowie beim Lesen der Korrekturen halfen in jahrelanger treuer Mitarbeit Frau MARIE HENNING, Frau IRMGARD MACK und Frau HILDE SELIGER. Das Sachregister wurde von ANEMONE LESSEL und THOMAS WIDMAIER zusammengestellt.

Bei den Freilandversuchen wirkten vor allem PETER DEICHNER und EDUARD WEBER mit.

In irgendeiner Weise war wohl jeder Mitarbeiter des Waldbau-Instituts an den Arbeiten zu diesem Buch beteiligt. Allen hier genannten und den vielen ungenannten Helfern sei hier herzlichst gedankt.

Für die Durchsicht von Teilausschnitten und wertvolle Anregungen danke ich meinen Kollegen Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. K. MANTEL und Prof. Dr. H. W. ZÖTTL, für Ergänzungen des forstgeschichtlichen Abschnitts über die künstliche Verbreitung der Fichte Herrn Prof. Dr. J. PACHER.

Besonderer Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die die Arbeiten an dieser Fichtenmonographie finanziell unterstützt und durch die Gewährung einer Beihilfe auch den Druck des Buches ermöglicht hat.

In gleicher Weise danke ich dem Verlag Paul Parey, insbesondere Herrn Dr. h.c. FRIEDRICH GEORGI, für die Bereitschaft, trotz der schwierigen Bedingungen der Gegenwart das Buch zu verlegen und in der bewährten guten Weise auszustatten.

Meiner Frau Hildegard danke ich für ihr Verständnis, das sie meiner Liebe zu der Fichte und meiner Arbeit über diesen Baum über drei Jahrzehnte hinweg entgegenbrachte. Ihr widme ich dieses Buch.

Freiburg i. Br.
Merzhausen, Januar 1976

HELMUT SCHMIDT-VOGT

Zur 2. Auflage

Das Handbuch der Fichte hat ein erfreulich großes Interesse gefunden. Kurz nach Erscheinen des ersten Teiles des zweiten Bandes war Band I vergriffen. Die Teilung des zweiten Bandes war durch die Walderkrankungen, die vor allem Fichtenwälder in Europa erfaßt haben, notwendig geworden. Um Verzögerungen bei der Fertigstellung des die Monographie abschließendes Bandes II/2 mit den Kapiteln über Krankheiten, Fichtensterben, Ernährung und Düngung sowie Waldbau zu vermeiden, mußte von einer Neubearbeitung des Bandes I abgesehen werden. Der Text wurde jedoch auf Fehler durchgesehen.

Freiburg i. Br.
Merzhausen, Oktober 1986

HELMUT SCHMIDT-VOGT

INHALT

1 Phylogenie, Taxonomie und Verbreitung der Gattung <i>Picea</i>	1
1.1 Die systematische Stellung der Koniferen. Von D. VOGELLEHNER	1
1.1.1 Einleitung	1
1.1.2 Die Koniferen im System der Höheren Pflanzen	1
1.1.2.1 Die Kormophyten	1
1.1.2.2 Die Cycadophytina	2
1.1.2.3 Die Coniferophytina	2
1.1.3 Phylogenetische Probleme der Koniferenorganisation	4
1.1.3.1 Die ältesten Koniferen: Voltziales, Lebachiaceae	4
1.1.3.2 Frühmesozoische Zwischengruppe: Voltziales, Voltziaceae	5
1.1.3.3 Die „modernen“ Koniferen: Pinales	6
1.1.4 Zusammenfassung und Abschluß	8
1.2 Taxonomie und natürliche Verbreitung der Gattung <i>Picea</i>	9
1.2.1 Taxonomische Eingliederung und Beschreibung der Gattung <i>Picea</i>	9
1.2.2 Ausscheidung der Arten der Gattung <i>Picea</i>	12
1.2.3 Index der Art-Synonyme	16
1.2.4 Beschreibung und Verbreitung der Fichtenarten	18
1.2.4.1 <i>Picea abies</i>	18
1.2.4.1.1 <i>Picea obovata</i> als Kaltklimarasse der <i>P. abies</i> und geographische Varietät in Sibirien	21
1.2.4.2 <i>Picea asperata</i>	29
1.2.4.3 <i>Picea bicolor</i>	33
1.2.4.4 <i>Picea brachytyla</i>	35
1.2.4.5 <i>Picea breweriana</i>	37
1.2.4.6 <i>Picea chihuahuana</i>	40
1.2.4.7 <i>Picea crassifolia</i>	42
1.2.4.8 <i>Picea engelmannii</i>	44
1.2.4.9 <i>Picea gemmata</i>	49
1.2.4.10 <i>Picea glauca</i>	50
1.2.4.11 <i>Picea glehnii</i>	55
1.2.4.12 <i>Picea hirtella</i>	57
1.2.4.13 <i>Picea jezoensis</i>	57
1.2.4.14 <i>Picea koraiensis</i>	63
1.2.4.15 <i>Picea koyamai</i>	67
1.2.4.16 <i>Picea likiangensis</i>	68
1.2.4.17 <i>Picea mariana</i>	72
1.2.4.18 <i>Picea maximowiczii</i>	79
1.2.4.19 <i>Picea mexicana</i>	80
1.2.4.20 <i>Picea meyeri</i>	81
1.2.4.21 <i>Picea montigena</i>	82
1.2.4.22 <i>Picea morrisonicola</i>	85
1.2.4.23 <i>Picea neoeitchii</i>	85
1.2.4.24 <i>Picea omorika</i>	87

1.2.4.25 <i>Picea orientalis</i>	89
1.2.4.26 <i>Picea polita</i>	93
1.2.4.27 <i>Picea pungens</i>	95
1.2.4.28 <i>Picea purpurea</i>	97
1.2.4.29 <i>Picea rubens</i>	101
1.2.4.30 <i>Picea schrenkiana</i>	103
1.2.4.31 <i>Picea shirasawae</i>	108
1.2.4.32 <i>Picea sitchensis</i>	110
1.2.4.33 <i>Picea smithiana</i>	116
1.2.4.34 <i>Picea spinulosa</i>	119
1.2.4.35 <i>Picea tianschanica</i>	121
1.2.4.36 <i>Picea wilsonii</i>	124
1.2.5 Horizontale und vertikale Verbreitung der Fichtenarten	125
1.3 Verwandtschaftliche Beziehungen der Fichtenarten	140
1.3.1 Einteilung der Gattung <i>Picea</i> in Sektionen nach morphologischen und anatomischen Nadel- und Zapfenmerkmalen	140
1.3.2 Kreuzungsfähigkeit und Phylogenie der Fichtenarten	146
1.3.3 Introgressive Hybridisation zwischen Fichtenarten	152
1.3.4 Chemotaxonomische Untersuchungen	158
1.3.5 Ergebnisse paläobotanischer Forschung	159
1.3.6 Zusammenfassung	163
2 Natürliche und künstliche Verbreitung der <i>Picea abies</i>	164
2.1 Verbreitungsgeschichte	164
2.1.1 Der Weg der Fichte von dem Ort ihres Ursprungs nach Europa	164
2.1.2 Wanderbewegungen der Fichte in den Warmzeiten des Eiszeitalters (Tegelen-, Waal-, Cromer-, Holstein- und Eem-Interglazial)	167
2.1.3 Wanderbewegungen der Fichte in Europa während der Interstadiale der letzten Eiszeit (Brørup- und Odderade-Nordhastedt-Interstadial)	170
2.1.4 Die Rückwanderung der Fichte von den europäischen Refugien nach der letzten Eiszeit (Weichsel-Würm-Eiszeit)	170
2.1.4.1 Die europäischen Refugien der Fichte während der letzten Eiszeit	172
2.1.4.2 Verbreitungsgeschichte der Fichte im nördlichen Europa	173
2.1.4.3 Verbreitungsgeschichte der Fichte in den Mittelgebirgen	175
2.1.4.4 Verbreitungsgeschichte der Fichte im Alpenraum. Von F. KRAL Einwanderung der Fichte in den Schwarzwald 185	180
2.1.4.5 Lokale Verbreitungsgeschichte der Fichte in den Berchtesgadener Kalkalpen und den Berner Voralpen	186
2.1.5 Wanderbewegungen der Fichte in Sibirien	187
2.2 Das natürliche Verbreitungsgebiet	189
2.2.1 Unterlagen zur Erfassung der natürlichen Verbreitung der Fichte	189
2.2.2 Das Problem der fichtenfreien Streifen	191
2.2.2.1 Die Mittelpolnische Disjunktion	191
2.2.2.2 Die Mittelkarpatische Disjunktion	194
2.2.2.3 Der fichtenfreie Streifen in Südbayern und Österreich	195
2.2.3 Gliederung des Verbreitungsgebietes	197
2.2.4 Das mittel- und südosteuropäische Fichtengebiet	198
2.2.4.1 Westliches Alpengebiet, Jura und Schwarzwald	198
2.2.4.1.1 Die Frage der natürlichen Verbreitung der Fichte in den Vogesen	203
2.2.4.2 Südabfall der Alpen und Apennin	205
2.2.4.3 Nördliches Alpenvorland und östliches Alpengebiet	207
2.2.4.4 Balkanhalbinsel	209

2.2.4.5 Ost- und Südkarpaten	212
2.2.4.6 Herzynisches Verbreitungsgebiet und Nordwestkarpaten	215
2.2.5 Das nordosteuropäische Fichtengebiet	223
2.2.5.1 Skandinavien	223
2.2.5.2 Baltisch-russisches Verbreitungsgebiet	226
2.2.6 Das sibirische Fichtengebiet	227
2.2.7 Die vertikale Verbreitung	235
2.3 Die künstliche Verbreitung	243
2.3.1 Die Verbreitung der Fichte in Mitteleuropa unter dem Einfluß des Menschen bis zum Ende des 18. Jahrhunderts	243
2.3.1.1 Allgemeine Entwicklung des Waldes unter dem Einfluß des Menschen	243
2.3.1.2 Stellung der Fichte in den Wäldern Mitteleuropas vor den großen Rodungsperioden	244
2.3.1.3 Die Waldentwicklung im Mittelalter und ihre Bedeutung für den spätmittelalterlichen Fichtenvorstoß	244
2.3.1.4 Frühe Fichtenanbauten im mitteleuropäischen Raum	246
2.3.1.5 Die Frage des Klimaeinflusses auf die Fichtenvorstöße des 16. und 17. Jahrhunderts	247
2.3.2 Der Anbau der Fichte im 19. und 20. Jahrhundert	252
2.3.2.1 Voraussetzungen für die Großaufforstungen mit Fichte im 19. Jahrhundert	252
2.3.2.2 Der Anbau der Fichte in Europa	256
2.3.2.2.1 Deutschland	256
2.3.2.2.2 Schweiz	264
2.3.2.2.3 Österreich	265
2.3.2.2.4 Frankreich, Belgien, Luxemburg	266
2.3.2.2.5 Holland	268
2.3.2.2.6 Großbritannien	268
2.3.2.2.7 Irland	271
2.3.2.2.8 Dänemark	272
2.3.2.2.9 Norwegen	272
2.3.2.2.10 Island	274
2.3.2.2.11 Ungarn	274
2.3.2.2.12 Rumänien	274
2.3.2.2.13 Übriges Europa	274
2.3.2.3 Fichtenanbauten außerhalb Europas	276
2.3.2.3.1 Nordhemisphäre	276
2.3.2.3.2 Südhemisphäre	278
2.3.2.3.3 <i>Picea abies</i> in Arboreten und Botanischen Gärten	279
3 Morphologie und Ökologie der <i>Picea abies</i>	281
3.1 Morphologische Variabilität	282
3.1.1 Einführung	282
3.1.2 Krone	287
3.1.2.1 Variation der Kronenform	287
3.1.2.2 Verbreitung und Entstehung der Kronenformen	288
3.1.2.3 Kronenform und Resistenz Eigenschaften	293
3.1.2.3.1 Schnee und Eis	293
3.1.2.3.2 Kälte und Frost	293
3.1.2.3.3 Trockenheit	294
3.1.2.4 Kronenform und Verzweigungsform	295
3.1.3 Verzweigung	295
3.1.3.1 Variation der Verzweigungsform	295

3.1.3.2 Verbreitung und Entstehung der Verzweigungsformen	296
3.1.3.3 Verzweigungsform und Wachstum	300
3.1.3.4 Verzweigungsform und Holzeigenschaften	302
3.1.3.5 Verzweigungsform und Wurzelausbildung	302
3.1.3.6 Verzweigungsform und Resistenz eigenschaften	303
3.1.3.6.1 Schnee und Eis	303
3.1.3.6.2 Kälte und Frost	305
3.1.3.6.3 Trockenheit	305
3.1.3.6.4 Wind und Sturm	305
3.1.3.6.5 Rotfäule	305
3.1.3.6.6 Rauch	305
3.1.3.6.7 Insekten	306
3.1.3.7 Kombination der Verzweigungsform mit anderen morphologischen Eigenschaften	306
3.1.4 Benadelung und Triebbehaarung	306
3.1.4.1 Benadelung	306
3.1.4.2 Triebbehaarung	307
3.1.5 Zapfen	308
3.1.5.1 Zapfengröße und -stärke	308
3.1.5.2 Zapfenfarbe	309
3.1.5.3 Zapfenschuppenform	310
3.1.5.3.1 Variation der Zapfenschuppenform	310
3.1.5.3.2 Verbreitung der Zapfenschuppenformen	311
3.1.5.3.3 Kombination der Zapfenschuppenform mit forstlichen Werteigenschaften	314
3.1.6 Forstliche Bedeutung der morphologischen Variabilität von Krone, Verzweigung und Zapfen der Fichte	316
3.1.7 Stamm und Rinde	319
3.1.7.1 Stamm	319
3.1.7.2 Rinde	321
3.1.8 Wurzel	322
3.1.8.1 Arteigene Wurzelausbildung	323
3.1.8.2 Wurzelausbildung in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften	325
3.1.8.3 Wurzelausbildung in Abhängigkeit von der Baumkrone	329
3.1.9 Cultivare	330
3.2 Ökologisch-geographische Rassenbildung	333
3.2.1 Einführung	333
3.2.2 Fichtenherkunftsversuche im Freiland	334
3.2.2.1 Versuche mit vorwiegend alpenländischen Herkünften	334
3.2.2.1.1 Österreich	334
3.2.2.1.2 Schweiz	337
3.2.2.1.3 Frankreich	341
3.2.2.2 Versuche mit vorwiegend mittel- und osteuropäischen Herkünften	343
3.2.2.2.1 Deutschland	343
Herkunftsversuche von MÜNCH 343 · Fichtenherkunftsversuch Gahlenberg 344 · Herkunftsversuche von RUBNER 344 · Hesischer Fichtenherkunftsversuch 1959/60 346 · Nachkommenschaftsprüfung des Instituts für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung Schmalenbeck 347 · Fichtenherkunftsversuch BRD 1959/66 347	343
3.2.2.2.2 Polen	352
3.2.2.2.3 ČSSR	353

3.2.2.2.4 Rumänien	354
3.2.2.2.5 Bulgarien	355
3.2.2.3 Vergleiche skandinavischer Herkünfte mit Herkünften aus dem übrigen natürlichen Verbreitungsgebiet der Fichte	355
3.2.2.3.1 Schweden	356
3.2.2.3.2 Norwegen	357
3.2.2.3.3 Finnland	357
3.2.2.4 Herkunftsversuche in Ländern ohne natürliche Fichtenvorkommen	358
3.2.2.4.1 Dänemark	358
3.2.2.4.2 Großbritannien	359
3.2.2.4.3 Island	359
3.2.2.5 Internationaler Fichtenherkunftsversuch der IUFRO	360
3.2.2.5.1 Internationaler Fichtenherkunftsversuch 1938 Finnland 360 · Schweden 360 · Norwegen 363 · Großbritannien 364 · Belgien 364 · Frankreich 365 · ČSSR 365 · Rumänien 366 · USA 366	360
3.2.2.5.2 Internationaler Fichtenherkunftsversuch 1939 Dänemark 367 · Kanada 367	367
3.2.2.5.3 Internationaler Fichtenherkunftsversuch 1964/68 Schweden 372 · Bundesrepublik Deutschland 376 · Großbritan- nien 377 · Österreich 377	368
3.2.3 Sonstige Herkunftsvergleiche (experimentelle Untersuchungen)	378
3.2.3.1 Vegetationsrhythmus	378
3.2.3.2 Enzymaktivität und Gaswechsel	379
3.2.3.3 Nährelementgehalt	380
3.2.3.4 Reaktion auf Beschattung und Seitenlicht	381
3.2.3.5 Trockenresistenz	381
3.2.3.6 Sauerstoffbedürfnis der Wurzeln	383
3.2.3.7 Resistenz gegen <i>Fomes annosus</i>	384
3.2.3.8 Chromatographische Untersuchungen	384
3.2.3.9 Genetische Untersuchungen mit Hilfe von Isoenzym-Identifizierung	384
3.2.4 Gesetzmäßigkeiten der ökologisch-geographischen Rassenbildung der Fichte nach dem Gesamtergebnis bisheriger Herkunftsversuche	386
3.2.4.1 Wachstum	386
3.2.4.1.1 Seehöhen-Variation	386
3.2.4.1.2 Breiten- und Längengrad-Variation	387
3.2.4.2 Vegetationsrhythmus	389
3.2.4.2.1 Austrieb	389
3.2.4.2.2 Austriebsgeschwindigkeit	391
3.2.4.2.3 Austrieb und Wüchsigkeit	392
3.2.4.2.4 Johannistriebbildung	392
3.2.4.2.5 Wachstumsabschluß und Lignifikation	392
3.2.4.3 Gaswechsel	392
3.2.4.4 Nährelementgehalt	393
3.2.4.5 Resistenzeigenschaften	393
3.2.4.5.1 Frost	394
3.2.4.5.2 Schnee und Eis	394
3.2.4.5.3 Trockenheit	395
3.2.4.5.4 Schattentoleranz	396
3.2.4.5.5 Rotfäule	396
3.2.4.5.6 Sauerstoffbedürfnis der Wurzeln	397
3.2.4.5.7 Insekten	397
3.2.4.6 Morphologische Eigenschaften	397

3.2.4.7 Holzeigenschaften	398
3.2.5 Adaption nicht bodenständiger Standortsrassen	398
3.2.6 Einfluß von Klima, eiszeitlichem Refugium, Wanderweg im Postglazial und Konkurrenz auf die Rassenbildung der Fichte	400
3.2.7 Zusammenfassung	403
3.3 Ökologische Konstitution, Umweltansprüche und begrenzende Faktoren der Verbreitung	406
3.3.1 Einführung	406
3.3.2 Klimatische Ansprüche	407
3.3.2.1 Wärmebedarf	407
3.3.2.2 Wasserbedarf	410
3.3.3 Lichtbedarf	418
3.3.4 Windempfindlichkeit	420
3.3.5 Ansprüche an den Boden	421
3.3.6 Zusammenwirken der Umweltfaktoren und physiologisches Optimum	426
3.3.7 Begrenzende Faktoren der Verbreitung	430
3.3.7.1 Begrenzende Faktoren im Westen des Verbreitungsgebietes	431
3.3.7.1.1 Begrenzende Faktoren für die natürliche Verbreitung	431
3.3.7.1.2 Begrenzende Faktoren für die künstliche Verbreitung	436
3.3.7.2 Begrenzende Faktoren im Norden des Verbreitungsgebietes	442
3.3.7.3 Begrenzende Faktoren im Osten des Verbreitungsgebietes	447
3.3.7.4 Begrenzende Faktoren im Süden des Verbreitungsgebietes	449
3.3.7.5 Begrenzende Faktoren in Hochlagen	451
3.3.8 Umweltansprüche anderer Fichtenarten und Versuche einer ökologischen Einordnung	461
3.3.8.1 Umweltansprüche anderer Fichtenarten	461
3.3.8.2 Versuche einer ökologischen Einordnung	463
3.3.9 Zusammenfassung	464
4 Die Fichtenwaldgesellschaften in Europa. Von G. JAHN	468
4.1 Vegetationskundliche Grundlagen	468
4.1.1 Zur Methode und zum Begriff der Waldgesellschaft	468
4.1.1.1 Definitionen	472
4.1.2 Die Waldgesellschaft als Beziehungsgefüge	474
4.1.2.1 Relative Standortskonstanz	474
4.1.2.2 Geschichte	475
4.1.2.3 Konkurrenz	476
4.1.2.4 Folgerungen für den Vergleich der Fichtenwaldgesellschaften	477
4.1.3 Zur vertikalen und horizontalen Vegetationsgliederung	478
4.2 Allgemeine Beschreibung und Systematik der Fichtenwaldgesellschaften	480
4.2.1 Hauptverbreitung und Klimahinweise	480
4.2.2 Vegetationskundliche Hauptmerkmale und Vergleich mit anderen Waldgesellschaften	482
4.2.3 Bestandesstrukturelle Merkmale	483
4.2.4 Stellung der Fichtenwälder im pflanzensoziologischen System	484
4.3 Die Fichtenwaldgesellschaften in den einzelnen Hauptverbreitungsgebieten	486
4.3.1 Das mittel- und südosteuropäische Areal	486
4.3.1.1 Fichtenwaldgesellschaften der Alpen	486
4.3.1.1.1 Westalpen, Jura und Schwarzwald	489
Westalpen 490 · Jura 495 · Schwarzwald 496	
4.3.1.1.2 Schweizer Alpen	498
4.3.1.1.3 Ostalpen	503

4.3.1.2 Fichtenwaldgesellschaften der Balkanländer	513
4.3.1.2.1 Gebiet der illyrischen Buchenwaldzone (Dauergesellschaften)	515
Extrem bodensaure Standorte 515 · Die Fichtenwälder auf Kalk 516	
4.3.1.2.2 Gebiet der moesischen Buchenwaldzone	516
4.3.1.2.3 Omorika-Fichtenwälder	517
4.3.1.3 Fichtenwaldgesellschaften der Ost- und Südkarpaten	518
4.3.1.4 Fichtenwaldgesellschaften im herzynisch-westkarpatischen Raum	521
4.3.1.4.1 Fichtenwaldgesellschaften der Westkarpaten und angrenzender Gebirge	521
4.3.1.4.2 Herzynisch-sudetische Mittelgebirgs-Fichtenwaldgesellschaften	527
4.3.2 Das nordosteuropäische Areal	538
4.3.2.1 Pflanzengeographische Übersicht	538
4.3.2.2 Die Fichtenwaldgesellschaften	540
4.3.2.2.1 Fichtenwälder der skandinavischen Florenprovinz	540
Fichtenwaldgesellschaften Norwegens 540 · Gliederung der Fichtenwälder Schwedens 542 · Waldtypen Finnlands 544	
4.3.2.2.2 Fichtenwälder der boreorossischen Florenprovinz	545
4.3.2.2.3 Fichtenwälder der sarmatischen Florenprovinz	548
4.3.2.3 Zusammenfassung	550
4.3.2.4 Vergleich mit mitteleuropäischen Fichtenwaldgesellschaften	551
4.4 Zusammenfassung	552

Literatur

1.1 Die systematische Stellung der Koniferen	561
1.2 Taxonomie und natürliche Verbreitung der Gattung <i>Picea</i>	561
1.3 Verwandtschaftliche Beziehungen der Fichtenarten	572
2.1 Verbreitungsgeschichte	574
2.2 Das natürliche Verbreitungsgebiet	580
2.3 Die künstliche Verbreitung	587
3.1 Morphologische Variabilität	592
3.2 Ökologisch-geographische Rassenbildung	599
3.3 Ökologische Konstitution, Umweltansprüche und begrenzende Faktoren der Verbreitung	606
4 Die Fichtenwaldgesellschaften in Europa	616
Sachregister	630

1 PHYLOGENIE, TAXONOMIE UND VERBREITUNG DER GATTUNG PICEA

1.1 Die systematische Stellung der Koniferen

Von DIETER VOGELLEHNER

1.1.1 Einleitung

Ein entscheidender Anteil am Verständnis biologischer Objekte kommt ihrer Systematisierung zu: die Ordnung, Sonderung der verschiedenen Organismen, ihre Zusammenfassung zu höheren Einheiten, die Schaffung verbindlicher übergeordneter Gruppen und ihre verbindliche Benennung sind die ersten Aufgaben der Systematik.

Im Gegensatz zu einer Ordnung und Systematisierung nichtbiologischer Objekte muß bei Pflanzen und Tieren ein wesentlicher Gesichtspunkt dazukommen: eigentliches Ziel der biologischen Systematik ist ein *natürliches* System, d.h. das System muß so angelegt sein, daß es einmal – wie andere Ordnungssysteme – dem praktischen Bedürfnis der Übersichtlichkeit entspricht, zum anderen aber eine Darstellung der Entwicklungsgeschichtlichen, phylogenetischen Zusammenhänge zu geben vermag.

In der folgenden kurzen Darstellung wird versucht, ausgehend von dem herkömmlichen System der Koniferen unter Einbeziehung der Ergebnisse paläontologischer Untersuchungen den Entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang zu umreißen.

1.1.2 Die Koniferen im System der Höheren Pflanzen

1.1.2.1 Die Kormophyten

Die auf dem festen Land erfolgreichste Pflanzengruppe sind die Kormophyten (*Höhere Pflanzen*), d.h. Pflanzen, die eine deutliche strukturelle (morphologische und anatomische) und funktionelle (physiologische) Gliederung in Wurzel, Sproß und Blatt besitzen (Kormus). Systematisch umfassen die Kormophyten zwei Abteilungen: die Farnpflanzen (Pteridophyta) und die Samenpflanzen (Spermatophyta).

Historisch gesehen (Übersicht 1) fällt die Hauptentwicklung der Farnpflanzen in das Paläozoikum (Devon-Oberkarbon), die der Samenpflanzen dagegen ins Mesozoikum und Känozoikum. Die erste Entwicklung von Samenpflanzen, insbesondere der entscheidende Schritt von der Sporenverbreitung zur Samenbildung, ist noch im Paläozoikum erfolgt. Mehrere Pflanzengruppen der verschiedensten Organisation

haben konvergent die Samenbildung erreicht; so vor allem unter den Farnen die *Samenfarne* (Pteridospermen) und unter den Bärlappen die Lepidospermen, die offenbar an die paläozoischen Schuppen- und Siegelbäume anschließen.

Übersicht 1 Die Erdzeitalter

Beginn vor Millionen Jahren		
Känozoikum	Quartär	2
	Tertiär	65
Mesozoikum	Kreide	140
	Jura	185
	Trias	230
Paläozoikum	Perm	275
	Karbon	330
	Devon	400
	Silur	425
	Ordovizium	500
	Kambrium	600
Präkambrium		2100

Diese samenbildenden Gruppen sind sämtlich Nacktsamer (Gymnospermen): die Samenanlagen sind frei, d.h. nicht in einen Fruchtknoten (wie bei den Bedecktsamern, Angiospermen) eingeschlossen.

Neben diesen, bald wieder erlöschenden Gruppen beginnt aber im Paläozoikum die Evolution einer zweiten Gruppe von Gymnospermen, die dann im Mesozoikum zum bedeutsamsten Faktor der Vegetation wird. Sehr früh bereits lassen sich hierbei zwei Hauptentwicklungslien verfolgen: die Cycadophytina, Pflanzen mit meist großen, mehrfach verzweigten

Blättern (Wedelblätter, Makro- oder Megaphylle) und die Coniferophytina mit meist kleinen, einfachen und in der Regel einnervigen Blättern (Nadelblätter, Mikrophylle). Beide Gruppen lassen sich auch in bezug auf ihre reproduktiven Organe unterscheiden: die Cycadophytina sind in der Regel „phyllospor“, d.h. die Samenanlagen stehen auf dorsiventral gewordenen Sporophyllen, während die Coniferophytina „stachyspor“ sind, d.h. die Samenanlagen sind auf radiär gebliebenen Teilen des Systems angeordnet. Beide Gruppen, die Cycadophytina und die Coniferophytina, sind auch für das Känozoikum, somit für die heutige Vegetation von Bedeutung, auch wenn sie seit dem Tertiär gegenüber den Bedecktsamern (Angiospermen) stark zurücktreten.

1.1.2.2 Die Cycadophytina (vgl. Übersicht 2)

Die Cycadophytina, die Gymnospermen mit Wedelblättern und Phyllosporie, umfassen eine ganze Reihe von Evolutionslinien, die vor allem im Mesozoikum eine bedeutende Entfaltung erfahren haben. Eine recht hohe Differenzierung weisen hierbei die Bennettiteen (Bennettitatae) auf, bei denen – offenbar konvergent zu den späteren Angiospermen – echte Zwitterblüten mit *Blütenhülle* entstanden sind. Sie verschwinden am Ende des Mesozoikums völlig. Anders verhält es sich mit den Cycadeen (Cycadatae), die, seit der Trias bekannt, heute noch mit einer Reihe von Gattungen und Arten vertreten sind. Ihr Anteil an der heutigen Gesamtvegetation ist allerdings klein. Eine sehr isolierte Gruppe sind die Gnetatae (Gattungen *Ephedra*, *Gnetum*, *Welwitschia*).

1.1.2.3 Die Coniferophytina (vgl. Übersicht 2)

Auch bei den parallel zu den Cycadophytina sich entwickelnden Coniferophytina handelt es sich um eine Schar sehr verschiedenartig organisierter Evolutionslinien,

Übersicht 2 Übersicht über die Gymnospermen (ohne die paläozoischen Samenfarn-Gruppen)

- Abteilung: Spermatophyta, Samenpflanzen
 Organisationsstufe der Gymnospermen, Nacktsamer
1. Unterabteilung: Cycadophytina, Wedelblättrige Nacktsamer
 1. Klasse: Bennettitatae, Bennettiteen
 2. Klasse: Cycadatae, Cycadeen
 3. Klasse: Gnetaeae
 2. Unterabteilung: Coniferophytina, Gabel- und Nadelblättrige Nacktsamer
 1. Klasse: Ginkgoatae
 2. Klasse: Pinatae
 1. Unterklasse: Cordaitidae, Cordaiten
 2. Unterklasse: Pinidae, Koniferen (i. e. S.)
 3. Unterklasse: Taxidae, Eiben

die aber über die gemeinsamen Merkmale des einfachen Gabel- oder Nadelblattes, über die stachyspore Ausbildung der Fortpflanzungsorgane sowie einen anatomisch hochentwickelten und funktionell den Cycadophytina überlegenen Holzstamm verfügen.

Als verhältnismäßig isoliert innerhalb der Coniferophytina sind die Ginkgoatae anzusehen, die von der Trias bis zur Kreide in reicher Formenfülle weltweit verbreitet waren. Sie erlebten jedoch am Ende des Mesozoikums und im Verlaufe des Tertiärs eine starke Verminderung der Sippen wie eine bedeutende Arealschrumpfung, so daß der heute auf wenige Bereiche Ostasiens beschränkte *Ginkgo biloba* nur ein Relikt einer ehemals artenreichen Gruppe darstellt. Den wesentlich bedeutsameren Teil der Coniferophytina stellen die Pinatae dar. Von ihnen sind die in manchem abweichen den Cordaitidae lediglich auf das Paläozoikum beschränkt, während die Pinidae (= Koniferen i. e. S., vgl. Übersicht 3) ihre Bedeutung vom obersten Oberkarbon bis heute als Bestandteil der Vegetation bestimmter klimatischer Bereiche bewahrt haben.

Übersicht 3 Die Koniferen

- Unterklasse: Pinidae (= Koniferen i. e. S.)
1. Ordnung: Voltziales
 Familien: Lebachiaceae, Voltziaceae
 2. Ordnung: Pinales
 Familien: Araucariaceae, Pinaceae, Taxodiaceae, Cupressaceae, Podocarpaceae, Cephalotaxaceae

Die Evolution der Koniferen (Pinidae) läßt sich anhand zahlreicher Fossilfunde recht gut rekonstruieren, und zwar im vegetativen Bereich vor allem in Organisation und Struktur des Stammes, im reproduktiven Bereich in Organisation und Struktur der *Zapfen*.

Die seit der Trias bekannten Taxidae sind verhältnismäßig isoliert (wichtigste Gattung: *Taxus*).