

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 neoveitchii</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	Verwandschaftliche 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 Resistenzeigenschaften	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 Wurzelbildung	302
3.1.3.6	Verzweigungsform und Resistenzeigenschaften	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 Wurzelbildung	323
3.1.8.2	Wurzelbildung in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften	325
3.1.8.3	Wurzelbildung 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 Herkunftsversuche von MÜNCH 343 · Fichtenherkunftsversuch Gahrenberg 344 · Herkunftsversuche von RUBNER 344 · Hes- sischer Fichtenherkunftsversuch 1959/60 346 · Nachkommen- schaftsprüfung des Instituts für Forstgenetik und Forstpflanzen- züchtung 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	360
	Finnland 360 · Schweden 360 · Norwegen 363 · Großbritannien 364 · Belgien 364 · Frankreich 365 · ČSSR 365 · Rumänien 366 · USA 366	
3.2.2.5.2	Internationaler Fichtenherkunftsversuch 1939	367
	Dänemark 367 · Kanada 367	
3.2.2.5.3	Internationaler Fichtenherkunftsversuch 1964/68	368
	Schweden 372 · Bundesrepublik Deutschland 376 · Großbritannien 377 · Österreich 377	
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

Inhalt

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