

INHALT

1 Das Wachstum der Fichte	1
1.1 Grundlagen der Stoffproduktion	2
1.1.1 Ökologie des Gaswechsels	2
1.1.1.1 Photosynthese	2
1.1.1.1.1 Einführung	2
1.1.1.1.2 Chlorophyllgehalt der Nadeln	2
1.1.1.1.3 Licht	6
1.1.1.1.4 Temperatur	7
1.1.1.1.5 CO ₂ - und Wasserdampfgehalt der Luft, Wind	8
1.1.1.1.6 Wasserversorgung	11
1.1.1.1.7 Nährelementversorgung	13
1.1.1.2 Atmung (Respiration)	13
1.1.1.2.1 Nadel- und Zweigatmung	13
1.1.1.2.2 Rindenatmung	15
1.1.1.2.3 Wurzelatmung	16
1.1.1.3 Transpiration	17
1.1.1.4 Der Gaswechsel im Zusammenspiel der Umweltfaktoren	22
1.1.1.5 Einfluß der Herkunft, des Verzweigungstyps, der Kronenhöhe und des Nadelalters auf den Gaswechsel	24
1.1.1.6 Der Gaswechsel im Bestand	28
1.1.1.6.1 Der Gaswechsel in gleichaltrigen Fichtenbeständen. Ergebnisse der Projekte (DFG) „Ebersberger Forst“ und „Solling“/BRD, IBP UNESCO-Programm	28
Ebersberger Forst 28 · Solling 33	
1.1.1.6.2 Der Gaswechsel in Fichtenmischbeständen und im Plenterwald	35
1.1.2 Krone (Assimilationsapparat) und Zuwachs	36
1.1.2.1 Erfassung der Krone und der Assimilationsorgane	36
1.1.2.2 Aufbau und Entwicklung der Krone	37
1.1.2.2.1 Kronenform	37
1.1.2.2.2 Assimilationsorgane	39
Licht- und Schattennadeln, Nadelgewicht 39 · Nadeloberfläche je kg Nadelrockengewicht 40 · Anzahl der benadelten Jahrestriebe (Lebensdauer der Nadeln) 40 · Verteilung der Assimilate in der Krone 41	
1.1.2.3 Einfluß von Kronengröße, sozialer Stellung, Standort und genetischer Veranlagung auf die Produktivität gegebener Nadelmassen	41
1.1.2.4 Krone und Zuwachs von Fichten verschiedener Verzweigungsformen	45
1.1.2.5 Einfluß forstlicher Maßnahmen auf Kronengröße und Zuwachs	46
1.1.2.5.1 Standraum	46
1.1.2.5.2 Grünästung	48
1.1.2.6 Krone und Zuwachs in gleichaltrigen Fichtenbeständen	49
1.1.2.6.1 Ergebnisse der Projekte (DFG) „Ebersberger Forst“ und „Solling“/BRD, IBP UNESCO-Programm	49
1.1.2.6.2 Untersuchungen in Böhmen-Mähren/ČSSR, MAB UNESCO-Programm	52
1.1.2.6.3 Ergebnisse sonstiger Untersuchungen	54
1.1.2.7 Krone und Zuwachs in urwaldnahen Mischbeständen und im Plenterwald	55

Inhalt

1.2 Wachstum des Einzelbaumes	59
1.2.1 Krone	59
1.2.2 Stamm	60
1.2.2.1 Höhenwachstum	60
1.2.2.1.1 Anlage der Triebe und Sproßbildung	60
1.2.2.1.2 Austrieb	60
1.2.2.1.3 Höhenwachstum im Tagesgang	61
1.2.2.1.4 Höhenwachstum im Jahresgang	61
1.2.2.1.5 Höhenwachstum im Lebensablauf	64
1.2.2.2 Durchmesserwachstum	68
1.2.2.2.1 Durchmesserwachstum im Tagesgang	68
1.2.2.2.2 Durchmesserwachstum im Jahresgang (Jahringbildung)	68
1.2.2.2.3 Durchmesserwachstum im Lebensablauf	73
1.2.2.2.4 Grundflächenzuwachs	73
1.2.2.3 Schaftform (Formzahl) und Ausbauchungsreihen	73
1.2.2.4 Zuwachs an oberirdischem Holzvolumen sowie an Rinde	77
1.2.2.5 Zuwachs an Holztrockensubstanz	79
1.2.3 Wurzel	79
1.2.4 Die größten und ältesten Fichten Europas	81
1.3 Wachstum der Fichte im Reinbestand	83
1.3.1 Einfluß der Umwelt auf das Bestandeswachstum	83
1.3.1.1 Einfluß des Großklimas/Das Wachstum der Fichte in Europa	83
1.3.1.2 Beziehungen zwischen Standortsfaktoren und Wuchsleistung der Fichte in abgegrenzten Waldgebieten	89
1.3.2 Störungen des normalen Wachstumsablaufes	97
1.3.2.1 Samenjahre	97
1.3.2.2 Insekten und Wild	98
1.3.2.3 Pilze	102
1.3.2.4 Wind und Sturm	102
1.3.2.5 Schnee	103
1.3.2.6 Frost, tiefe Spätwintertemperaturen	103
1.3.2.7 Dürre	104
1.3.2.8 Immissionen	105
1.3.3 Einfluß von Pflanzverband und Durchforstung auf das Bestandeswachstum	106
1.3.3.1 Einfluß des Pflanzverbandes	106
1.3.3.1.1 Geschichtlicher Rückblick	106
1.3.3.1.2 Übersicht über Pflanzverbandsversuche in Europa	107
1.3.3.1.3 Ergebnisse der Pflanzverbandsversuche	111
Tabellarische Übersicht von Versuchsergebnissen 111 · Höhenwachstum 111 · Durchmesserwachstum 111 · Schaftform 113 · Zuwachs an Holzvolumen 113 · Astigkeit und Holzqualität 114	
1.3.3.2 Einfluß der Durchforstung	116
1.3.3.2.1 Geschichtlicher Rückblick	116
1.3.3.2.2 Übersicht über Durchforstungsversuche in Europa	119
1.3.3.2.3 Internationaler Stammzahlversuch in Fichte der IUFRO	126
1.3.3.2.4 Ergebnisse der Durchforstungsversuche	127
Tabellarische Übersicht von Versuchsergebnissen 127 · Höhen- wachstum 128 · Durchmesserwachstum 131 · Grundflächen- zuwachs 132 · H/d-Wert und Bestandesformzahl 132 · Zuwachs an Holzvolumen 133 · Zuwachs an Holztrockensubstanz 139 · Astigkeit und Holzqualität 140	
1.3.3.3 Optimale Bestandesgrundfläche und optimale Bestandesdichte	141

1.3.3.4	Berechnung ertragskundlicher Erwartungswerte von Modellen zur Standraumregulierung (Wachstumssimulation)	145
1.3.4	Umsetzen der Fichte	150
1.3.5	Fichten-Ertragstafeln in Europa	152
1.3.5.1	Struktur von Ertragstafeln	152
1.3.5.2	Übersicht der Fichten-Ertragstafeln	165
1.3.5.3	Korrekturfaktoren zu Ertragstafeln in Süddeutschland. Bearbeitet von H.-U. MOOSMAYER	167
1.3.5.4	Auszüge aus den Fichten-Ertragstafeln WIEDEMANN 1936/42 (Deutsch- land); HAMILTON/CHRISTIE 1971 (Großbritannien); HALAJ/ŘEHÁK 1979 (ČSSR)	168
1.3.6	Massentafeln	172
1.3.7	Sortentafeln und Sortenertragstafeln	173
1.4	Wachstum der Fichte im Mischbestand	176
1.4.1	Mischung der Fichte mit Lichtbaumarten	176
1.4.1.1	Der Lärchen-Fichten-Bestand	176
1.4.1.1.1	Mischung mit europäischer Lärche	176
1.4.1.1.2	Mischung mit japanischer Lärche	177
1.4.1.2	Der Kiefern-Fichten-Bestand	178
1.4.1.3	Der Kiefern-Fichten-Lärchen-Bestand	181
1.4.1.4	Der Eichen-Fichten-Bestand	181
1.4.1.5	Der Fichten-Birken-Bestand	182
1.4.1.6	Der Fichten-Weißerlen-Bestand	182
1.4.2	Mischung der Fichte mit Licht- und Schattbaumarten	182
1.4.2.1	Der Fichten-Kiefern-Tannen-Bestand	182
1.4.3	Mischung der Fichte mit Schattbaumarten	185
1.4.3.1	Der Fichten-Buchen-Bestand	185
1.4.3.2	Der Fichten-Tannen-Bestand	188
1.4.3.3	Der Fichten-Tannen-Buchen-Bestand	189
1.5	Wachstum der Fichte im Fichten-Tannen-Buchen-Plenterwald	190
1.6	Wachstum der Fichte im subalpinen Fichten-Plenterwald	193
1.7	Wachstum der Fichte im Mittelwald	194
1.8	Wachstum der Fichte im Urwald	194
1.9	Vergleich der Produktion von Fichtenwäldern mit Wäldern anderer Baumarten und anderen Ökosystemen der Erde	200
1.10	Energiebindung und -akkumulation in Fichtenwäldern	202
1.11	Zusammenfassung	205
2	Genetik und Züchtung der Fichte	208
2.1	Karyotyp	208
2.2	Generative und vegetative Vermehrung	209
2.2.1	Generative Vermehrung	209
2.2.2	Vegetative Vermehrung	212
2.2.2.1	Autovegetative Vermehrung	212
2.2.2.2	Heterovegetative Vermehrung	215
2.3	Genetische Variabilität	216
2.3.1	Geographisches genetisches Variationsmuster	216
2.3.2	Genetische Variation innerhalb von Populationen	226
2.4	Heritabilität	231
2.5	Züchtung	233
2.5.1	Auslesezüchtung	233

Inhalt

2.5.2 Kreuzungszüchtung	235
2.5.3 Züchtungsziele und Züchtungsprogramme	238
2.6 Erhaltung der Genressourcen	247
2.7 Zusammenfassung	247
3 Wirkungen des Fichtenanbaus auf den Boden. Von K. E. REHFUESS	250
3.1 Einleitung	250
3.2 Geschichtlicher Überblick	250
19. Jahrhundert 250 · Periode von 1900–1955 251 · Periode von 1955–1969 252 · Periode seit 1969 253	
3.3 Einwirkungsmöglichkeiten der Fichte auf den Boden	253
3.3.1 Menge und Beschaffenheit der Streu	253
3.3.1.1 Streu aus dem Sproßbereich	253
3.3.1.2 Wurzelstreu	256
3.3.2 Wurzeltracht	256
3.3.3 Strahlungs- und Temperaturverhältnisse im Bestandesinnern	257
3.3.4 Begleitvegetation	258
3.3.5 Besonderheiten des Wasser- und Nährstoffhaushalts	259
3.3.5.1 Wasserhaushalt	259
3.3.5.2 Nährstoffhaushalt	261
3.4 Wirkungen des Fichtenreinanbaus auf Bodeneigenschaften	264
3.4.1 Bodengefüge und Wasserhaushalt	265
3.4.2 Bodenreaktion	266
3.4.3 Humuskörper	267
3.4.4 Mikroorganismenbesatz und mikrobiologische Aktivität	270
3.4.5 Mineralkörper	271
3.5 Folgerungen	273
3.6 Erfahrungen mit anderen Fichtenarten	275
3.7 Bodenveränderungen unter Fichte auf früher landwirtschaftlich genutzten Flächen	277
3.8 Zusammenfassung	278
4 Wirkungen des Fichtenwaldes auf die Umwelt des Menschen	280
4.1 Einfluß des Fichtenwaldes auf Wasserhaushalt und Wasserqualität	280
4.1.1 Wasserhaushalt	280
4.1.1.1 Niederschlag	281
4.1.1.2 Transpiration der Bäume	281
4.1.1.3 Interzeption der Bäume, Kronendurchlaß und Stammabfluß	284
4.1.1.4 Verdunstung des Bodens und der Bodendecke	288
4.1.1.5 Gesamtverdunstung	289
4.1.1.6 Wasserabfluß und Erosion	291
4.1.1.7 Einfluß des Schnees auf den Wasserhaushalt	294
4.1.1.8 Wasserbilanz	295
4.1.2 Wasserqualität	298
4.1.3 Möglichkeiten zur Steuerung des Wasserangebots im Fichtenwald	301
4.1.4 Wasserwirtschaftliche Bewertung des Fichtenwaldes	302
4.1.5 Zusammenfassung	303
4.2 Einfluß des Fichtenwaldes auf Luftreinheit und Luftqualität	304
4.2.1 Luftreinheit	304
4.2.1.1 Gasförmige Luftverunreinigungen	304
4.2.1.2 Staubbörmige Luftverunreinigungen	306
4.2.1.3 Sonstige Luftverunreinigungen	306

4.2.2	Luftqualität (Sauerstoffabgabe)	306
4.3	Fichtenwald als Lärmschutz	307
4.4	Fichtenwald als Lawinenschutz	312
4.5	Erholungswirkung und Schönheit des Fichtenwaldes	315
4.5.1	Bioklimatische Untersuchungen	315
4.5.2	Heilwirkung der Fichte im Volksglauben	318
4.5.3	Ergebnisse von Meinungsumfragen	320
4.5.3.1	Befragung von Ärzten	320
4.5.3.2	Befragung der Wohnbevölkerung und der Waldbesucher in verschiedenen Waldgebieten	321
4.5.4	Der Fichtenwald als Honigspender	330
4.5.5	Schönheit der Fichte und des Fichtenwaldes	332
4.6	Die Fichte in Kultur und Kunst	356
4.6.1	Die Fichte in Mythologie und Brauchtum	356
4.6.2	Dichtung	358
4.6.3	Malerei	364
4.6.4	Musik	371
4.6.5	Der Philosoph Johann Gottlieb Fichte	372
5	Das Holz der Fichte. Von W. LIESE und D. DUJESIEFKEN	373
5.1	Anatomie des Fichtenholzes	373
5.1.1	Makroskopische Strukturen	373
5.1.1.1	Holzbild	373
5.1.1.2	Jahringbreite	374
5.1.1.3	Spätholzanteil	376
5.1.1.4	Dendrochronologie	377
5.1.1.5	Wirkungen von anthropogenen Umwelteinflüssen	378
5.1.2	Mikroskopische Strukturen	380
5.1.2.1	Tracheiden	380
Tracheidenlänge 380 · Tracheidenquerschnitt 381		
5.1.2.2	Zellwand der Tracheiden	381
5.1.2.3	Tüpfel	384
Hoftüpfel 384 · Einseitig behöfte Tüpfel 386		
5.1.2.4	Parenchym	386
5.1.2.5	Holzstrahlen	387
5.1.2.6	Harzkanäle	388
Axiale Harzkanäle 388 · Radiale Harzkanäle 389		
5.2	Chemie des Fichtenholzes	389
5.2.1	Chemische Bestandteile	389
5.2.2	Verteilung der chemischen Bestandteile	391
5.2.3	Verkernung	394
5.2.4	Chemische Eigenschaften	397
5.3	Physikalisch-technologische Eigenschaften des Fichtenholzes	398
5.3.1	Dichte	398
Rohdichteschwankungen innerhalb eines Stammes 399 · Einfluß von Standort und Umwelt auf die Rohdichte 400		
5.3.2	Sorption, Quell- und Schwindverhalten	401
5.3.3	Elastische Eigenschaften	403
5.3.4	Festigkeitseigenschaften	404
5.3.4.1	Statische Festigkeiten	404
5.3.4.2	Dynamische Beanspruchbarkeit	405

Inhalt

5.3.5 Härte und Abnutzungswiderstand	406
5.3.6 Thermische Eigenschaften	406
5.3.7 Elektrische Eigenschaften	407
5.3.8 Akustische Eigenschaften	408
5.4 Dauerhaftigkeit, Schädlinge und Schutz des Fichtenholzes	408
5.4.1 Natürliche Dauerhaftigkeit	408
5.4.2 Tierische und pflanzliche Schädlinge an lagerndem und verbautem Holz	409
5.4.2.1 Tierische Holzschädlinge	409
Hausbock 409 · Gewöhnlicher Nage- oder Klopfkäfer 410 · Blauer Scheibenbock 410	
5.4.2.2 Pflanzliche Holzschädlinge	411
Echter Hausschwamm 411 · Brauner Kellerschwamm 412 · Weißer Poren- schwamm 412 · Blättlinge 412 · Fächerschwamm 413 · Moderfäule 413 · Bakterien 413 · Bläue 414	
5.4.3 Holzschutz	415
5.4.3.1 Tränkbarkeit	415
5.4.3.2 Tränkverfahren	417
Nicht-Druckverfahren 417 · Druckverfahren 418 · Kesseldruckverfahren 418	
5.5 Ast- und Wurzelholz der Fichte	419
5.5.1 Astholz, Struktur und Eigenschaften	419
5.5.2 Wurzelholz, Struktur und Eigenschaften	420
5.6 Fichtenrinde	422
5.6.1 Struktur und Eigenschaften	422
Dicke der Rinde 422 · Bast und Borke 423 · Anatomie der Rinde 424 · Eigenschaften der Rinde 427	
5.6.2 Zur Rindenverwertung	429
5.7 Gütemerkmale, Sortierung und Verwendung des Fichtenholzes	431
5.7.1 Gütemerkmale	431
Äste 432 · Druckholz 432 · Harztaschen 434 · Drehwuchs 435 · Haselholz 435 · Risse 435 · Stauchbrüche und Wulstholz 435	
5.7.2 Sortierung	436
5.7.2.1 Sortierung nach Gattung, Art und Herkunft	436
5.7.2.2 Zur Sortierung von Stamm- und Schnittholz	438
5.7.2.3 Sortierung nach dem Verwendungszweck	439
5.7.3 Verwendung des Holzes	440
Danksagung	443
Literatur	445
1 Das Wachstum der Fichte	445
2 Genetik und Züchtung der Fichte	490
3 Wirkungen des Fichtenanbaus auf den Boden	511
4 Wirkungen des Fichtenwaldes auf die Umwelt des Menschen	516
4.1 Einfluß des Fichtenwaldes auf Wasserhaushalt und Wasserqualität	516
4.2 Einfluß des Fichtenwaldes auf Luftreinheit und Luftqualität	523
4.3 Fichtenwald als Lärmschutz	523
4.4 Fichtenwald als Lawinenschutz	524
4.5 Erholungswirkung und Schönheit des Fichtenwaldes	525
4.6 Die Fichte in Kultur und Kunst	529
5 Das Holz der Fichte	530
Sachregister	544