

INHALT

Waldbau

1 Fichtenwald-Ökosysteme. Von H. THOMASIVS	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Klassifikation der Ökosysteme und Stellung der Fichtenwälder in dieser Ordnung	3
1.3 Entstehung und Dynamik von Waldökosystemen	4
1.3.1 Allgemeines	4
1.3.2 Lebensformen der bei Fichtenwald-Sukzessionen relevanten Pflanzen	5
1.3.2.1 Annuelle	5
1.3.2.2 Bienne	6
1.3.2.3 Perennierende Gräser und Kräuter	7
1.3.2.4 Sträucher und Halbsträucher	8
1.3.2.5 Bäume	9
1.3.2.6 Zusammenfassung	16
1.4 Beeinflussung von Fichtenwald-Sukzessionen durch Veränderung der Umweltbedingungen	17
1.4.1 Autogene und allogene Umweltveränderungen	17
1.4.2 Beeinflussung der Waldsukzession durch Stoffentzüge	19
1.4.3 Zäsuren in der Ökosystementwicklung durch Waldbrände, Kahlschläge, Stürme u.a. Einwirkungen	21
1.5 Sukzessionstypen	24
1.5.1 Autogene Sukzessionen	25
1.5.1.1 Autogene Sukzessionen mit gegen Null konvergierender Stoffbilanz	25
1.5.1.1.1 P-K-Sukzession	26
1.5.1.1.2 P-J-Sukzession	29
1.5.1.1.3 P-P-Sukzession	31
1.5.1.2 Autogene Sukzessionen mit divergierenden Stoffbilanzen	34
1.5.1.2.1 Sukzessionen mit Baumartenwechsel als Folge autogener Standortsveränderungen	34
1.5.1.2.2 Sukzessionen mit Biomwechsel als Folge autogener Standortsveränderungen	35
1.5.2 Allogene Sukzessionen	35
1.6 Struktur von Fichtenwald-Ökosystemen	38
1.6.1 Raumstruktur	38
1.6.1.1 Baumverteilung oder Distribution	38
1.6.1.2 Vertikalstruktur	41
1.6.1.3 Durchmesserstruktur und Schlankheitsgrad	42
1.6.1.4 Bestandesdichte	44
1.6.2 Altersstruktur	47
1.6.3 Arten- und Populationsstruktur	48
1.7 Produktivität von Fichtenwald-Ökosystemen	50
1.8 Stabilität	53
1.8.1 Allgemeines	53
1.8.1.1 Dynamisches Gleichgewicht und Kriterien zu dessen Beurteilung	54
1.8.1.2 Außergewöhnliche Einwirkungen	55

1.8.1.3 Mechanismen zur Erhaltung bzw. Regeneration von Gleichgewichtszuständen	55
1.8.2 Stabilität künstlicher und unbalancierter Ökosysteme	60
2 Fichten-Urwälder der Erde	67
2.1 Einführung	67
2.2 Ur- und Naturwälder Nord-, Mittel- und Südosteuropas mit <i>Picea abies</i>	71
2.2.1 Ur- und Naturwälder mit vorherrschender Fichte	71
Nordeuropa	71
Nordfinland	71
Ostrobotnia – Primäre Sukzession zu Fichtenwald im Landhebungsgebiet der Küste	73
Nationalpark Pyhähäkki/Finnland	73
Nationalpark Hamra/Schweden	73
Nationalpark Ormtjernkampen/Norwegen	74
Nationalpark Gutulia und Urwaldreservat Eldfardalen/Norwegen	79
Mittel- und Südosteuropa	79
Alpen	79
Urwaldreservat Scatlè/Schweiz	79
Urwaldreservat Derborence/Schweiz	81
Naturwaldreservat Rauterriegel/Österreich	81
Naturwaldreservat Poschalm/Österreich	82
Fichten-Lärchen-Wald Tamsweg-Lasaberg/Österreich	83
Gran Bosco di Salbertrand/Italien	84
Bayerischer Wald und Böhmerwald	86
Hochwald-Bestände im Bayerischen Wald	86
Fichten-Urwald Plešne jezero, Böhmerwald/ČSFR	87
Westerzgebirge	88
Naturschutzgebiet Großer Kranichsee	88
Lausitzer Tiefland	88
Naturschutzgebiet Weißwasser	88
Riesengebirge (Krkonoše)/ČSFR	89
Hohes Gesenke (Hruby Jeseník), Altvater (Praděd) Urwald Bílá Opava (Weiße Oppau)/ČSFR	90
Slowakei/ČSFR	90
Karpaten	92
Slowenien/Jugoslawien	92
2.2.2 Fichten-Tannen-Buchen-Ur- und Naturwälder	92
Alpen	93
Urwald Rothwald/Österreich	93
Schwarzwald	94
Bannwald Napf	94
Böhmerwald	96
Urwald Boubin (Kubany)/ČSFR	96
Slowakisches Erzgebirge	97
Urwaldreservat Dobroč/ČSFR	97
Karpaten	99
Waldkarpaten/UdSSR	99
Urwaldreservat Slătioara, Ostkarpaten, Bukowina/Rumänien	102
Jugoslawien	102

Urwald Peručica, Nationalpark Sutjeska/Bosnien	102
Urwald Čorkova Uvala, Nationalpark Plitwitzer Seen (Plitvička Jezero)/Kroatien	104
2.2.3 Hainbuchen-Stieleichen-Urwälder mit Fichte	105
Nationalpark Białowieża/Polen	105
2.3 Urwälder der UdSSR mit <i>Picea abies</i> , <i>P.ajanensis</i> (<i>P.jezoensis</i>), <i>P.obovata</i> (<i>P.abies</i> var. <i>obovata</i>), <i>P.orientalis</i> und <i>P.schrenkiana</i> .	
Von ST. A. DYRENKOV und JU. I. MAN'KO	106
2.3.1 Urwälder in der europäischen Taiga mit <i>Picea abies</i> , im Kaukasus mit <i>Picea orientalis</i> und im Tien-Shan mit <i>Picea schrenkiana</i> .	
Von ST. A. DYRENKOV	106
2.3.1.1 Geschichte der Erforschung der Fichtenwälder der europäischen Taiga	106
2.3.1.2 Struktur und Dynamik der Fichtenwälder der spontanen Taiga	114
2.3.1.2.1 Allgemeine Gesetzmäßigkeiten	114
2.3.1.2.2 Struktur der Bestände und Waldmassive der natürlichen Fichtenwälder sowie ihre gegenwärtige Dynamik	115
2.3.1.2.3 Schlussfolgerung	131
2.3.1.3 Urwälder mit <i>Picea orientalis</i> im Kaukasus	134
2.3.1.4 Urwälder mit <i>Picea schrenkiana</i> im Tien-Shan	137
2.3.2 Urwälder in der sibirischen Taiga und im sowjetischen Fernen Osten mit <i>Picea obovata</i> (<i>P.abies</i> var. <i>obovata</i>) und <i>P.ajanensis</i> (<i>P.jezoensis</i>).	
Von JU. I. MAN'KO	139
2.3.2.1 Urwälder mit <i>Picea obovata</i>	139
2.3.2.2 Urwälder mit <i>Picea ajanensis</i> (<i>P.jezoensis</i>)	146
2.3.2.2.1 Altersstruktur der Bestände	146
2.3.2.2.2 Altersdynamik der Wälder	155
2.4 Urwälder Ost- und Südasiens mit <i>Picea glehnii</i> , <i>P.jezoensis</i> , <i>P.koraiensis</i> und <i>P.smithiana</i>	163
Hokkaido/Japan	163
China – Nordostchina	164
Naturschutzgebiet Chang Bai-Shan, Provinz Jilin/Volksrepublik China	165
Korea-Fichten-Urwald Bai-Yan-Ao-Bao, Innere Mongolei/Volksrepublik China	166
Nationalpark Rara-See/Nepal	166
2.5 Urwälder Nordamerikas mit <i>Picea engelmannii</i> , <i>P.glauca</i> , <i>P.mariana</i> , <i>P.pungens</i> , <i>P.rubens</i> und <i>P.sitchensis</i>	167
2.5.1 Boreale Urwälder mit <i>Picea glauca</i> und <i>P. mariana</i> im Norden Kanadas und in Alaska	167
Kanada	168
Alaska	172
2.5.2 Subalpine Urwälder mit <i>Picea engelmannii</i> , <i>P.glauca</i> und <i>P.pungens</i> in den Rocky Mountains	173
Jasper Nationalpark, Alberta/Kanada	174
Zentrale und südliche Rocky Mountains/USA	174
Sangre de Cristo Mountains, New Mexico/USA	176
Santa Fe National Forest	176
Uinta Mountains, Utah/USA	176
2.5.3 Urwälder mit <i>Picea rubens</i> in den Appalachian Mountains/USA	177
2.5.4 Urwälder mit <i>Piceaitchensis</i> an der nordamerikanischen Westküste	178
Hoh Rain Forest, Olympic Nationalpark, Washington/USA	179
Prairie Creek Redwoods State Park, Redwood Nationalpark, Kalifornien/USA	180
2.6 Bedeutung des Feuers im Lebenszyklus des Fichten-Urwaldes	181

Inhalt

2.7	Rottenbildung an der alpinen und polaren Fichten-Waldgrenze	186
2.8	„Ribbon-Forest“ und „Hecken“	192
2.9	Erkenntnisse der Urwaldforschung für den Waldbau im Fichten-Wirtschaftswald	
	Vergleich Fichten-Urwald – Fichten-Wirtschaftswald	194
2.9.1	Baumartenzusammensetzung	195
2.9.2	Waldaufbau	197
2.9.3	Verjüngung	197
2.9.4	Stabilität des Bestandes	199
2.9.5	Dynamik des Fichten-Urwaldes	199
2.9.6	Fichten-Urwald – Idealbild des Fichten-Wirtschaftswaldes?	
	Waldbauliche Folgerungen	202
Bildteil	205
3	Wirtschaftswald mit Fichte	274
3.1	Einführung	274
3.2	Möglichkeiten und Grenzen des Fichtenanbaus	275
3.2.1	Standort	275
3.2.2	Produktionsrisiko und Betriebssicherheit	277
3.2.3	Waldfunktionen	278
3.2.4	Wirtschaftliche Gesichtspunkte	278
3.3	Betriebszieltypen mit Fichte	279
3.3.1	Betriebszieltypen	279
3.3.2	Umtriebszeiten	283
3.4	Verjüngung der Fichte	284
3.4.1	Geschichtlicher Rückblick	284
3.4.2	Kahlschlag mit Kunst- oder Naturverjüngung	285
3.4.2.1	Großkahlschlag mit Kunst- oder Naturverjüngung	285
3.4.2.2	Streifen- und saumweiser Kahlschlag mit Kunst- oder Naturverjüngung	288
3.4.3	Natürliche Verjüngung der Fichte	293
3.4.3.1	Einführung und geschichtlicher Rückblick	293
3.4.3.2	Migrationsfaktor	295
3.4.3.3	Keimung und Sämlingsentwicklung beeinflussende Faktoren	297
3.4.3.3.1	Zusammenwirken mehrerer Einflußfaktoren	297
3.4.3.3.2	Licht und Wärme	298
3.4.3.3.3	Boden, Bodenfeuchte und Bodendecke, Bodenbearbeitung	301
3.4.3.3.4	Moderholz	306
3.4.3.4	Verfahren zur natürlichen Verjüngung der Fichte	306
3.4.3.4.1	Schirmschlag	307
3.4.3.4.2	Femelschlag	309
3.4.3.4.3	Einzel- und Gruppenplenterung	312
3.4.3.4.4	Saumschlag (Randstellung)	314
3.4.3.4.5	Kombinierte Verfahren	314
3.4.3.4.6	Erfahrungen bei der natürlichen Verjüngung der Fichte in Mittel- und Südosteuropa	316
3.4.3.5	Baumartenwechsel (Fruchtwechsel)	324
3.4.3.6	Naturverjüngung auf vegetativem Wege	325
3.4.3.7	Einzelfragen zur Beurteilung der Fichten-Naturverjüngung	326
3.4.3.7.1	Erbgut – Erhaltung autochthoner Populationen	326
3.4.3.7.2	Wurzelbildung	326
3.4.3.7.3	Zuwachs und Vorrat	327
3.4.3.7.4	Betriebswirtschaftliche Beurteilung	330

3.4.3.8	Abschließende Bewertung	331
3.4.4	Künstliche Waldbegründung mit Fichte	333
3.4.4.1	Einführung und geschichtlicher Rückblick	333
3.4.4.2	Saatgut	334
3.4.4.2.1	Fruktifikation	334
3.4.4.2.2	Samenreifung und Zapfenernte	335
3.4.4.2.3	Aufbereitung und Aufbewahrung des Saatgutes	337
3.4.4.2.4	Saatgutprüfung	338
3.4.4.2.5	Verwendung fremder Samenherkünfte in der Vergangenheit	339
3.4.4.2.6	Identifizierung von Fichtenherkünften – Frühtestverfahren	342
3.4.4.2.7	Auswahl und Prüfung von Erntebeständen und Erntebäumen	348
3.4.4.2.8	Wahl der Herkunft.	353
3.4.4.3	Bodenbearbeitung und kontrolliertes Brennen	357
3.4.4.4	Saat im Freiland	360
3.4.4.5	Pflanzung	362
3.4.4.5.1	Anzucht von Pflanzen	362
3.4.4.5.1.1	Lage des Pflanzgartens	362
3.4.4.5.1.2	Anforderungen an den Pflanzgarten	364
3.4.4.5.1.3	Saat im Pflanzgarten	364
3.4.4.5.1.4	Verschulung	366
3.4.4.5.1.5	Düngung von Saat- und Verschulbeeten	368
3.4.4.5.1.6	Anzucht von Ballen- und Container-(Topfballen-)pflanzen	369
3.4.4.5.1.7	Anzucht von Stecklingen – Mikrovegetativvermehrung	370
3.4.4.5.2	Eigenschaften von Fichtenpflanzen und Kulturerfolg	372
3.4.4.5.2.1	Morphologische Eigenschaften	372
3.4.4.5.2.2	Physiologische Eigenschaften	377
3.4.4.5.3	Lagerung und Transport – Verpflanzungsreaktionen	378
3.4.4.5.4	Pflanzzeit	380
3.4.4.5.5	Pflanzverfahren	382
3.4.4.5.6	Pflanzverband	384
3.4.4.5.7	Zusammenfassende Bewertung	389
3.5	Bestandespflege	391
3.5.1	Kultur- und Jungwuchspflege	391
3.5.1.1	Ergänzung und Nachbesserung	391
3.5.1.2	Unkrautbekämpfung	392
3.5.1.3	Auflockerung überdichter Fichten-Naturverjüngungen	393
3.5.2	Jungbestandespflege	393
3.5.3	Durchforstung	399
3.5.3.1	Einführung	399
3.5.3.2	Sorten-, Wert- und Reinerträge verschiedener Durchforstungsarten	399
3.5.3.3	Ökologische Wirkungen und Schäden bei der Durchforstung	403
3.5.3.4	Vorschläge für Durchforstungen	407
Richtlinien für die Durchforstung in Frankreich. Von J. PARDÉ	411	
3.5.4	Einfluß der Standraumgestaltung auf den Betriebserfolg (Behandlungsmodelle).	415
3.5.5	Pflege im Mischbestand	422
3.5.6	Ästung	426
3.5.6.1	Geschichte der Fichtenästung	426
3.5.6.2	Neuere Ergebnisse	427
3.5.6.2.1	Fäulnisgefahr	428

Inhalt

3.5.6.2.2	Überwallung der Ästungswunden	428
3.5.6.2.3	Zuwachsreaktion	428
3.5.6.2.4	Auswahl der zu ästenden Bestände und Bäume	429
3.5.6.2.5	Beginn der Ästung und Ästungshöhe	429
3.5.6.2.6	Einfluß der Jahreszeit der Ästung	429
3.5.6.2.7	Rentabilität der Ästung	430
3.5.7	Zusammenfassende Bewertung	430
3.6	Anlage und Bewirtschaftung von Fichten-Holzproduktionsplantagen Von H. THOMASIU	433
3.6.1	Einleitung	433
3.6.2	Merkmale und Definition von Baumplantagen	433
3.6.3	Zur Eignung von Fichten-Spezies als Plantagenbaumarten	435
3.6.3.1	Anforderungen an Plantagenbaumarten allgemein	435
3.6.3.2	Spezifik der Gattung <i>Picea</i> hinsichtlich der Eignung bestimmter Spezies für eine Bewirtschaftung in Plantagen	438
3.6.4	Produktionsort von Fichtenplantagen	438
3.6.4.1	Anforderungen an den Produktionsort allgemein	440
3.6.4.2	Spezifische Anforderungen an den Standort bei Anlage und Bewirtschaftung von Holzproduktionsplantagen der Baumart Fichte	443
3.6.5	Generelle Gesichtspunkte bei der Anlage von Fichten-Holzproduktionsplantagen	444
3.6.6	Anlage von Fichten-Holzproduktionsplantagen	446
3.6.6.1	Standortzubereitung	446
3.6.6.2	Pflanzgut	447
3.6.6.3	Pflanzverband und innere Geometrie	448
3.6.6.4	Kulturtechnologie	451
3.6.7	Bestandesbehandlung	452
3.6.8	Substantielle Erträge	456
3.6.9	Ökonomie von Fichten-Holzproduktionsplantagen	457
3.7	Umwandlung von Fichten-Reinbeständen in Mischbestände	462
3.7.1	Einführung und geschichtlicher Rückblick	462
3.7.2	Mischbaumarten und Mischungsanteile	470
3.7.3	Planung und Technik der Umwandlung	474
3.7.4	Zusammenfassende Bewertung	477
3.8	Stabilisierung von Fichtenbeständen gegen Sturm und Behandlung sturmgeschädigter Bestände	478
3.8.1	Stabilisierung von Fichtenbeständen gegen Sturm	478
3.8.1.1	Einführung und geschichtlicher Rückblick	478
3.8.1.2	Baumarten zur Stabilisierung	479
3.8.1.3	Gestaltung des Waldmantels (Außenstabilisierung)	482
3.8.1.4	Stabilisierung des Bestandesinnern (Innenstabilisierung)	484
3.8.1.4.1	Standraumregulierung	484
3.8.1.4.2	Mischung der Fichte mit tiefwurzelnden Baumarten	486
3.8.1.4.3	Gliederung der Bestände in Stabilisierungszellen	486
3.8.1.5	Technische Maßnahmen zur Sturmsicherung	488
3.8.1.5.1	Dränage und Bodenbearbeitung	488
3.8.1.5.2	Wipfelköpfung und Aufastung	488
3.8.1.5.3	Sonstige Maßnahmen	488
3.8.2	Behandlung sturmgeschädigter Fichtenbestände	489
3.9	Stabilisierung von Fichtenbeständen gegen Schneebelastung und Behandlung schneebruchgeschädigter Bestände	490
3.9.1	Stabilisierung von Fichtenbeständen gegen Schneebelastung	490

3.9.1.1	Einführung und geschichtlicher Rückblick	490
3.9.1.2	Wahl der Herkunft	491
3.9.1.3	Waldbauliche Maßnahmen	492
3.9.1.4	Technische Maßnahmen zur Schneebruchverhütung	496
3.9.2	Behandlung schneebruchgeschädigter Bestände	496
3.10	Waldbauliche Probleme durch Wildschäden und Behandlung von Fichtenbeständen mit Schältschäden	497
3.10.1	Waldbauliche Probleme durch Wildschäden	497
3.10.2	Behandlung von Fichtenbeständen mit Schältschäden	499
3.11	Behandlung von Gebirgswald mit Fichte	501
3.11.1	Verjüngung – Gruppen-Femelschlag	503
3.11.2	Gruppenplenterung – Gebirgsplenterung	503
3.11.3	Verjüngung hochstaudenreicher subalpiner Fichtenwälder	504
3.11.4	Verjüngung im Bergmischwald	505
3.11.5	Verjüngung an der Waldgrenze	506
3.11.6	Hochlagenaufforstung	506
3.11.7	Pflege	507
3.11.8	Erzeugung von Fichten-Klangholz	508
3.12	Waldbauliche Maßnahmen in erkrankten und immissionsbelasteten Fichtenwäldern	509
3.12.1	Einleitung	509
3.12.2	Geschichtlicher Rückblick. Waldbauliche Maßnahmen bei „Rauchschäden“	509
3.12.3	Waldbauliche Maßnahmen bei den Waldschäden der Gegenwart	511
3.12.3.1	Literaturüberblick	511
3.12.3.2	Bestandespflege	512
3.12.3.3	Baumartenwahl	513
3.12.3.4	Verjüngung	514
3.12.3.5	Ausnutzung von Fichtenrestbestockungen und Aufforstung von immissionsbedingten Kahlf lächen	515
3.12.4	Resistenzzüchtung und Erhaltung der Genressourcen	516
3.12.4.1	Resistenzzüchtung	516
3.12.4.2	Erhaltung der Genressourcen	518
3.13	Zusammenfassung. Leitsätze für die waldbauliche Behandlung der Fichte	520
3.13.1	Vorbemerkung	520
3.13.2	Leitsätze für die waldbauliche Behandlung der Fichte	521
4	Ernährung und Düngung der Fichte. Von F.H. EVERS und H.-A. GUSSONE	524
4.1	Einleitung	524
4.2	Geschichtliches	525
4.3	Ernährung der Fichte	527
4.3.1	Nährelementbedarf	527
4.3.2	Nährelementkreislauf	528
4.3.3	Nährstoffbilanz	529
4.3.4	Ernährung und Wachstum	530
4.4	Diagnostische Verfahren zur Ermittlung des Ernährungsstatus und der Düngedürftigkeit von Fichtenbeständen	531
4.4.1	Einschätzung aufgrund der allgemeinen Standortgegebenheiten	531
4.4.2	Verfahren zur lokalen Ernährungsdiagnose	532
4.4.2.1	Mangelsymptome an den Nadeln	532
4.4.2.2	Bodenvegetation	532
4.4.2.3	Humuszustand	533
4.4.2.4	Bodenanalyse	533

4.4.2.5	Nadelanalyse	535
4.5	Verbesserung der Wuchsbedingungen durch Melioration und Düngung	538
4.5.1	Waldboden-Melioration	539
4.5.1.1	Verfahren	539
4.5.1.2	Hilfspflanzen und Hilfsbaumarten	540
4.5.2	Meliorative Düngung	542
4.5.2.1	Allgemeine Ziele der meliorativen Walddüngung	542
4.5.2.2	Nährstoffbedürftigkeit und Düngungswürdigkeit von Beständen	543
4.5.2.3	Technik der meliorativen Walddüngung	543
4.5.2.3.1	Gebräuchliche Düngemittel	543
4.5.2.3.2	Zeitpunkt und Ausführung meliorativer Walddüngungen	544
4.6	Düngungen zur Beseitigung akuter Mängel und zur Zuwachssteigerung der Fichte	545
4.6.1	Kultur- und Jungwuchs-Düngung	545
4.6.1.1	Ziele und Möglichkeiten	545
4.6.1.2	Ergebnisse von Düngungsversuchen auf verschiedenen Standorten	548
4.6.1.2.1	Arme Sande	549
4.6.1.2.2	Böden aus Sandsteinen	549
4.6.1.2.3	Böden aus Graniten, Gneisen, Porphyren, Phylliten, Schiefern, Quarziten	550
4.6.1.2.4	Böden aus Kalken	551
4.6.1.2.5	Böden aus anderen Gesteinen	551
4.6.1.2.6	Böden aus Feinlehm, Lößlehm	552
4.6.1.2.7	Organische Böden (Moorböden)	552
4.6.1.3	Wirkung unterschiedlicher Anwendungstechniken	553
4.6.1.4	Zusammenfassende Betrachtung	553
4.6.2	Bestandesdüngung	554
4.6.2.1	Ziele der Düngung	554
4.6.2.2	Versuchsergebnisse	554
4.6.2.3	Abhängigkeiten der Zuwachsreaktion	555
4.6.2.3.1	Der Standort	555
4.6.2.3.1.1	Klima	555
4.6.2.3.1.2	Boden	560
4.6.2.3.2	Bonitäten	561
4.6.2.3.3	Alter	562
4.6.2.3.4	Durchforstung	562
4.6.2.3.5	Düngerformen und Dosierungen	564
4.6.2.3.5.1	Stickstoff-Düngung (N)	564
4.6.2.3.5.2	Kalkung (Ca)	570
4.6.2.3.5.3	Phosphat-Düngung (P)	572
4.6.2.3.5.4	Kalium-Düngung (K)	573
4.6.2.3.5.5	Magnesium-Düngung (Mg)	575
4.6.2.3.5.6	Kombinierte Mineralstoff-Düngung (NPCa, NPK, NPKCa, PCa)	576
4.6.2.3.5.7	Spurenelement-Düngung	578
4.6.2.3.5.8	Behandlung mit Kompost und Siedlungsabfällen	579
4.6.2.4	Einfluß der Düngung auf die Holzqualität	580
4.7	Sonstige Wirkungen der Mineraldüngeranwendung	581
4.7.1	Düngungseinfluß auf Wurzelbildung und Mykorrhizierung	581
4.7.2	Einfluß der Düngung auf Forstinsekten	583
4.7.3	Blühstimulierung und Verbesserung der Fruktifikation	584
4.7.4	Wirkungen der Düngung auf Bodenflora und Bodenfauna	585
4.7.5	Gefährdungen der Bestände durch Düngung	586

4.8 Kalkung und Nährelementzufuhr zur Minderung von Waldschäden	587
4.8.1 Allgemeine Vorbemerkung zur Ursachenforschung	587
4.8.2 Verbesserung der Ernährungsverhältnisse als therapeutische oder palliative Maßnahme	589
4.8.2.1 Im Bereich der „klassischen“ Rauchschäden	589
4.8.2.2 Im Bereich der „neuartigen“ Waldschäden	590
4.8.2.2.1 Nährstoffmängel und ihre Entwicklung	590
4.8.2.2.2 Verhältnisse auf alten Düngungsversuchsflächen	592
4.8.2.2.3 Ergebnisse diagnostischer und therapeutischer Düngungsversuche	594
4.8.2.2.4 Praktische Maßnahmen	596
4.8.2.2.5 Risiken und Probleme der Kompensations- und Meliorationsdüngungen	597
4.9 Schlußbetrachtung	599
Ausblick	601
1 Die Fichte in der Forstwirtschaft der Zukunft	601
1.1 Grundsätzliche Gedanken	601
1.2 Bedeutung der Fichte in Gegenwart und Zukunft	603
1.3 Auswirkungen der „neuartigen Waldschäden“	607
1.4 Auswirkungen einer Klimaänderung	610
1.5 Zusammenfassung	614
Literatur	615
Fichten-Bücher in chronologischer Reihenfolge (Auswahl)	
1 Fichtenwald-Ökosysteme	615
2 Fichten-Urwälder der Erde	621
3 Wirtschaftswald mit Fichte	655
4 Ernährung und Düngung der Fichte	739
Ausblick. Die Fichte in der Forstwirtschaft der Zukunft	764
Sachregister	767