

INHALT

1	Krankheiten der Fichte und Schäden im Fichtenwald	1
1.1	Einführung	1
1.2	Pilze als Schaderreger. Von S. SCHÖNHAR	3
1.2.1	Einleitung	3
1.2.2	Schäden an Samen	3
1.2.2.1	<i>Pucciniastrum areolatum</i> (Fr.) Otth.	4
1.2.2.2	<i>Chrysomyxa pirolata</i> Wint.	4
1.2.2.3	Schimmelpilze	4
1.2.3	Krankheiten der Keimlinge und Jungpflanzen	5
1.2.3.1	Keimlings- und Wurzelfäulepilze	5
1.2.3.2	<i>Sclerotinia fuckeliana</i> (de Bary) Fuckel Konidienform: <i>Botrytis cinerea</i> (Fr.) Pers.	7
1.2.3.3	<i>Pestalotia bartigii</i> Tub.	8
1.2.3.4	<i>Rosellinia herpotrichoides</i> Hept. et Dav.	8
1.2.3.5	<i>Thelephora terrestris</i> Ehr. ex Fr.	9
1.2.4	Krankheiten der Knospen, Nadeln und Triebe	9
1.2.4.1	<i>Gemmamyces piceae</i> (Borthw.) Cassagr. (= <i>Cucurbitaria piceae</i> Borthw.) Konidienform: <i>Megaloseptoria mirabilis</i> Naum.	9
1.2.4.2	<i>Lophodermium macrosporum</i> (Htg.) Rehm	10
1.2.4.3	<i>Lophodermium piceae</i> (Fuck.) Höhn.	11
1.2.4.4	<i>Rhizosphaera kalkhoffii</i> Bubák	11
1.2.4.5	<i>Herpotrichia juniperi</i> (Duby) Petr. (= <i>Herpotrichia nigra</i> Hartig)	12
1.2.4.6	<i>Lophophacidium hyperboreum</i> Lagerb.	13
1.2.4.7	<i>Chrysomyxa ledi</i> (Alb. et Schw.) de Bary	13
1.2.4.8	<i>Chrysomyxa rhododendri</i> (D. C.) de Bary	14
1.2.4.9	<i>Chrysomyxa abietis</i> (Wallr.) Unger	14
1.2.4.10	<i>Chrysomyxa woroninii</i> Tranz.	14
1.2.4.11	<i>Gremmeniella abietina</i> (Lagerb.) Morelet (= <i>Scleroderris lagerbergii</i> Gremm.) Konidienform: <i>Brunchorstia pinea</i> (Karst.) Höhn	15
1.2.4.12	<i>Sirococcus strobilinus</i> Preuss (= <i>Ascochyta piniperda</i> Lind.)	15
1.2.5	Rindenkrankheiten	16
1.2.5.1	<i>Nectria fuckeliana</i> Booth (= <i>Nectria cucurbitula</i> Fuck.)	16
1.2.5.2	<i>Valsa kunzei</i> Fries Konidienform: <i>Cytospora kunzei</i> Sacc.	16
1.2.5.3	<i>Lachnellula calyciformis</i> (Willd.) Dharne (= <i>Dasyscypha calyciformis</i> [Willd.] Rehm)	17
1.2.6	Wurzelkrankheiten	18
1.2.6.1	<i>Rhizina undulata</i> Fr.	18

1.2.6.2	<i>Armillaria mellea</i> (Vahl ex Fr.) Kumm. (= <i>Armillariella mellea</i> [Vahl ex Fr.] Karst.)	19
1.2.7	Stammfäulen	22
1.2.7.1	<i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref. (= <i>Fomes annosus</i> [Fr.] Cooke)	22
1.2.7.2	<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. et Schw. ex Fr.) Fr. (= <i>Haematostereum sanguinolentum</i> [Alb. et Schw. ex Fr.] Pouz.)	27
1.2.7.3	<i>Amylostereum areolatum</i> (Chaill. in Fr.) Boid. (= <i>Stereum areolatum</i> Fr.)	29
1.2.7.4	<i>Resinicium bicolor</i> (Alb. et Schw. ex Fr.) Parm. (= <i>Odontia bicolor</i> [Alb. et Schw. ex Fr.] Qué.)	29
1.2.7.5	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Fr.) Jülich (= <i>Corticium evolvens</i> [Fr.] Fr.)	30
1.2.7.6	<i>Coniophora olivacea</i> (Fr.) Sacc.	30
1.2.7.7	<i>Coniophora puteana</i> (Schum. ex Fr.) Karst.	31
1.2.7.8	<i>Serpula himantoides</i> (Fr. ex Fr.) Karst. (= <i>Merulius himantoides</i> Fr.)	31
1.2.7.9	<i>Tyromyces stipticus</i> (Pers. ex Fr.) Kotl. et Pouz. (= <i>Polyporus stipticus</i> [Pers.] ex Fr.)	32
1.2.7.10	<i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. et Pouz. (= <i>Polyporus borealis</i> Fr.)	32
1.2.7.11	<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd. ex Fr.) Karst. (= <i>Polyporus adustus</i> [Willd.] Fr.)	33
1.2.7.12	<i>Phaeolus schweinitzii</i> (Fr.) Pat. (= <i>Polyporus schweinitzii</i> Fr.)	33
1.2.7.13	<i>Onnia leporina</i> (Fr.) Jahn (= <i>Polyporus circinatus</i> Fr.)	34
1.2.7.14	<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw. ex Fr.) Karst. (= <i>Fomes pinicola</i> [Sw. ex Fr.] Cooke)	34
1.2.7.15	<i>Phellinus chrysoloma</i> (Fr.) Donk (= <i>Trametes abietis</i> [Karst.] Sacc.)	35
1.2.7.16	<i>Pholiota squarrosa</i> (Pers. ex Fr.) Kumm.	35
1.2.7.17	<i>Panellus mitis</i> (Pers. ex Fr.) Sing. (= <i>Pleurotus mitis</i> [Pers. ex Fr.] Qué.)	36
1.2.8	Lagerschäden	36
1.2.8.1	Holzerstörende Pilze	36
1.2.8.2	Bläuepilze	37
1.2.9	Mykorrhiza	37
1.2.10	Zusammenfassung	39
1.3	Tierische Schädlinge. Von D. KLIMETZEK und J. P. VITÉ	40
1.3.1	Die Fichte als Wirtspflanze	40
1.3.1.1	Ökologie und Wirtsbeziehungen	40
1.3.1.2	Anfälligkeit für Insektenbefall	43
1.3.1.3	Abwehrmechanismen gegen Insekten	46
1.3.2	Zapfen- und Samenschädlinge	52
1.3.2.1	Vögel, Säuger	52
1.3.2.2	Insekten	53
1.3.2.2.1	<i>Laspeyresia strobilella</i>	53
1.3.2.2.2	<i>Dioryctria abietella</i>	56
1.3.2.2.3	<i>Lasiomma anthracina</i>	57
1.3.3	Kulturschädlinge	58
1.3.3.1	Säuger, Fadenwürmer, Milben	58

1.3.3.2	Insekten	58
1.3.3.2.1	<i>Otiorrhynchus niger</i>	60
1.3.3.2.2	<i>Hylastes cunicularius</i>	61
1.3.3.2.3	<i>Hylobius abietis</i>	62
1.3.3.2.4	<i>Liosomaphis abietinum</i>	67
1.3.4	Schädlinge an Knospe und Trieb	68
1.3.5	Nadelschädlinge	71
1.3.5.1	Macrolepidoptera	71
1.3.5.1.1	<i>Lymantria monacha</i>	71
1.3.5.1.2	<i>Orgyia recens</i>	76
1.3.5.2	Microlepidoptera	76
1.3.5.2.1	<i>Epinotia tedella</i>	76
1.3.5.2.2	<i>Zeiraphera diniana</i>	78
1.3.5.2.3	<i>Zeiraphera ratzeburgiana</i>	81
1.3.5.3	Hymenoptera	81
1.3.5.3.1	<i>Cephalcia abietis</i>	82
1.3.5.3.2	<i>Pristiphora abietina</i>	84
1.3.5.3.3	<i>Pachynematus</i> sp.	86
1.3.6	Rinden- und Frischholzschädlinge	86
1.3.6.1	Microlepidoptera	86
1.3.6.1.1	<i>Laspeyresia pactolana</i>	86
1.3.6.1.2	<i>Dioryctria splendidella</i>	87
1.3.6.2	Cerambycidae	88
1.3.6.2.1	<i>Tetropium</i> sp.	88
1.3.6.2.2	<i>Monochamus</i> sp.	89
1.3.6.3	Curculionidae	90
1.3.6.3.1	<i>Pissodes</i> sp.	90
1.3.6.4	Scolytidae	90
1.3.6.4.1	<i>Ips typographus</i>	96
1.3.6.4.2	<i>Ips amitinus</i>	105
1.3.6.4.3	<i>Pityogenes chalcographus</i>	107
1.3.6.4.4	<i>Dendroctonus micans</i>	108
1.3.6.4.5	<i>Polygraphus poligraphus</i>	111
1.3.6.4.6	<i>Trypodendron lineatum</i>	112
1.3.6.4.7	<i>Gnathotrichus materiarius</i>	120
1.3.6.5	Lymexiliidae	120
1.3.6.5.1	<i>Hylecoetus</i> sp.	120
1.3.6.6	Siricidae	120
1.3.6.6.1	<i>Urocerus</i> sp.	120
1.3.6.7	Formicidae	124
1.3.6.7.1	<i>Camponotus</i> sp.	124
1.3.7	Wildschäden	125
1.3.7.1	<i>Capreolus capreolus</i>	127
1.3.7.2	<i>Cervus elaphus</i>	129
1.3.8	Zusammenfassung	131
1.4	Wind und Sturm	133
1.4.1	Wind	133
1.4.1.1	Einfluß des Windes auf Kronen-, Verzweigungs- und Stammform	133
1.4.1.2	Einfluß des Windes auf Photosynthese, Transpiration und Höhenwachstum	133
1.4.1.3	Der Wind als begrenzender Standortsfaktor an den Waldgrenzen im Norden und im Hochgebirge	134

1.4.2 Sturm	134
1.4.2.1 Schadensarten	134
1.4.2.2 Überblick über größere Sturmkatastrophen in Europa	135
1.4.2.3 Meteorologische Bedingungen für Sturmschäden	138
1.4.2.4 Einflußfaktoren auf die Sturmgefährdung	142
1.4.2.4.1 Geländere relief, Seehöhe	142
1.4.2.4.2 Boden, Standortstyp und Wurzel ausbildung	143
1.4.2.4.3 Disposition des Einzelbaumes	147
1.4.2.4.3.1 Krone und Verzweigungsform	147
1.4.2.4.3.2 Stamm	149
1.4.2.4.3.3 Wurzelfäule	151
1.4.2.4.4 Sturmgefährdung der Fichte im Vergleich zu anderen Baumarten, insbesondere Tanne, mit besonderer Berücksichtigung der Statik der Bäume	151
1.4.2.4.5 Bestandesmerkmale	157
1.4.2.4.5.1 Bestandestyp	157
1.4.2.4.5.2 Bestandeshöhe und Bestandesalter	161
1.4.2.4.5.3 Rauigkeit des Kronendachs	162
1.4.2.4.5.4 Bestand eserziehung	162
1.4.2.4.5.5 Hiebseingriffe zur natürlichen Verjüngung	165
1.4.2.4.5.6 Traufschutz	165
1.4.2.4.5.7 Deckungsschutz	166
1.4.3 Zusammenfassung	167
1.5 Schnee, Eis und Hagel	168
1.5.1 Schnee und Eis	168
1.5.1.1 Schadensarten	168
1.5.1.2 Überblick über größere Schnee- und Eisbruchkatastrophen in Europa	170
1.5.1.3 Meteorologische Bedingungen für Schnee- und Eisbruchschäden	174
1.5.1.4 Schnee- und Eislasten auf Fichtenbäumen und Fichtenbeständen	175
1.5.1.5 Einflußfaktoren auf die Schnee- und Eisbruchgefährdung	176
1.5.1.5.1 Seehöhe	176
1.5.1.5.2 Geländere relief, Exposition	178
1.5.1.5.3 Disposition des Einzelbaumes	179
1.5.1.5.3.1 Theoretische Untersuchungen zur Widerstandsfähigkeit von Krone und Schaft gegen Belastung	179
1.5.1.5.3.2 Krone und Verzweigungsform	180
1.5.1.5.3.3 Stamm	184
1.5.1.5.3.4 Soziologische Stellung des Einzelbaumes	188
1.5.1.5.4 Bestandesmerkmale	189
1.5.1.5.4.1 Herkunft (Standortsrasse)	189
1.5.1.5.4.2 Bestandestyp und Bestandaufbau	190
1.5.1.5.4.3 Bestandeshöhe und Bestandesalter	192
1.5.1.5.4.4 Bestandesbegründung und Bestand eserziehung	193
1.5.1.5.4.5 Schäl schäden	196
1.5.2 Hagel	196
1.5.3 Zusammenfassung	197
1.6 Frost	197
1.6.1 Art und Umfang der Frostschäden	197
1.6.2 Jahresgang der Kälteresistenz von Nadeln und jungen Trieben	198
1.6.3 Winterfrost	200
1.6.4 Spät- und Frühfrost	201

1.6.5 Frostrocknis	203
1.6.6 Komplexwirkung von Luftschadstoffen und Frost	204
1.6.7 Frostrisse am Stamm	205
1.6.8 Zusammenfassung	205
1.7 Dürre und Hitze	206
1.7.1 Dürre	206
1.7.1.1 Art und Umfang der Dürreschäden	206
1.7.1.2 Trocknis von Fichten-Tannen-Wäldern im Fernen Osten der UdSSR	209
1.7.1.3 Austrocknungsvermögen und Überdauerungsvermögen von Dürre	212
1.7.1.3.1 Austrocknungsvermögen	212
1.7.1.3.2 Überdauerungsvermögen von Dürre	212
1.7.1.4 Wasserpotential, Stomataregulation, Photosynthese und Wurzel- entwicklung bei Dürrebelastung	213
1.7.1.4.1 Wasserpotential	213
1.7.1.4.2 Stomataregulation	214
1.7.1.4.3 Photosynthese	215
1.7.1.4.4 Wurzelentwicklung	216
1.7.2 Hitze	217
1.7.2.1 Obere Temperaturgrenzen	217
1.7.2.2 Rindenbrand	217
1.7.2.3 Hitze-(Trocken-)risse	218
1.7.3 Zusammenfassung	219
1.8 Blitzschäden	220
1.9 Streusalzschäden	221
2 Fichtensterben	223
Neuartige Waldschäden – Luftschadstoffe – Umweltstreß – Hypothesen	
2.1 Einleitung	223
2.2 Das Wort „Fichtensterben“ in der forstlichen Literatur	226
2.3 Gegenwärtige Schadsituation	230
2.3.1 Schadbilder	230
2.3.1.1 Nadelverlust – Kronenverlichtung	230
2.3.1.1.1 Lebensdauer von Fichtennadeln – Anzahl der benadelten Jahrestriebe	230
2.3.1.1.2 Nadelfall	233
2.3.1.1.3 Das Lametta-Symptom	234
2.3.1.1.4 Ersatztrieb Bildung	235
2.3.1.1.5 Kronenverlichtung – Kronenschäden	236
2.3.1.2 Nadelverfärbung – Vergilbung – Bräunung – Rötung	240
2.3.1.2.1 Nadelverfärbungen vor dem Auftreten der „neuartigen Waldschäden“	240
2.3.1.2.2 Nadelverfärbungen in der Gegenwart	241
2.3.1.2.2.1 Nadelvergilbungen in den höheren Lagen der deutschen Mittelgebirge auf sauren Böden (montane Nadelvergilbung)	242
2.3.1.2.2.2 Vergilbung auf Karbonat-Standorten in höhe- ren Lagen der Kalkalpen	243
2.3.1.2.2.3 Nadelröte älterer Bestände in Süddeutschland	243
2.3.2 Schadenserfassung – Schadstufen	244
2.3.2.1 Terrestrische Schadenserfassung	244
2.3.2.2 Fernerkundung zur Erfassung der Waldschäden – Luftbildinterpretation	249

2.3.3	Schadensausmaß – zeitliche und regionale Entwicklung	253
2.4	Luftschadstoffe als mögliche Ursache der „neuartigen Waldschäden“	259
2.4.1	Gegenwärtiger Stand der Diskussion	259
2.4.2	Schadstoffquellen	259
2.4.3	Transport und chemische Umwandlung (Photooxidantien)	261
2.4.4	Immissionen – Deposition im Bestand	263
2.5	Wirkung von Luftschadstoffen auf Fichtenbestände	263
	Geschichtlicher Rückblick – Rauchschäden in der Vergangenheit	
2.5.1	Umfang der Rauchschäden in Mitteleuropa	264
2.5.2	Waldbauliche Probleme in Rauchschadensgebieten	265
2.5.3	Biotische und abiotische Folgeschäden	266
2.5.4	Forschung – Erfassung der Schäden	267
2.5.5	Warnungen – Initiativen	273
2.6	Oberirdische Wirkung von Luftschadstoffen auf Bäume und Pflanzenteile	275
2.6.1	Geschichtlicher Rückblick	275
2.6.2	Neuere Ergebnisse. Von T. KELLER	280
2.6.2.1	Anatomische Schädigungen	284
2.6.2.1.1	Nadeloberfläche	284
2.6.2.1.1.1	Wachsmenge (Quantität)	284
2.6.2.1.1.2	Struktur	285
2.6.2.1.1.3	Qualitative Wachszusammensetzung	287
2.6.2.1.1.4	Kutikula-Häutchen	287
2.6.2.1.2	Nadelinneres	288
2.6.2.1.3	Holzkörper	289
2.6.2.2	Physiologische Schädigungen	290
2.6.2.2.1	CO ₂ -Gaswechsel	291
2.6.2.2.1.1	Nettoassimilation	291
2.6.2.2.1.2	Atmung	293
2.6.2.2.1.3	Translokation	293
2.6.2.2.2	Transpiration und stomatäres Verhalten	293
2.6.2.2.3	Plasmatische Veränderungen	296
2.6.2.2.3.1	Säuregrad	296
2.6.2.2.3.2	Plasmolyse, Pufferkapazität, Trübungstest	296
2.6.2.2.3.3	Elektrische Leitfähigkeit	297
2.6.2.2.4	Filterwirkung und Elementgehalte	298
2.6.2.2.4.1	Filterwirkung	298
2.6.2.2.4.2	Nährelementgehalte	300
2.6.2.2.4.3	Schadelementgehalte	301
2.6.2.3	Biochemische Schädigungen	304
2.6.2.3.1	Enzyme	304
2.6.2.3.2	Hormone und flüchtige Substanzen	305
2.6.2.3.3	Kohlehydrate und Energiestoffwechsel	305
2.6.2.3.4	Organische Säuren	306
2.6.2.3.4.1	Aminosäuren und SH-Gruppen	306
2.6.2.3.4.2	Fettsäuren und Ascorbinsäure	307
2.6.2.3.4.3	Phenole, Gerbsäuren	308
2.6.2.3.5	Pigmente	309
2.6.2.4	Ökologische Auswirkungen	310
2.6.2.4.1	Empfindlichkeit für Standortfaktoren	310
2.6.2.4.1.1	Frost	310
2.6.2.4.1.2	Trockenheit	311
2.6.2.4.1.3	Ernährung	311

2.6.2.4.2	Empfindlichkeit für biotische Faktoren	311
2.6.2.4.2.1	Insekten	312
2.6.2.4.2.2	Pilze	313
2.6.2.4.2.3	Bakterien, Viren etc.	313
2.6.2.4.3	Pollen- und Samenkeimkraft	313
2.7	Wirkung von Luftschadstoffen auf Bodeneigenschaften, Bodenorganismen, Bodenvegetation und Wurzeln	314
2.7.1	Geschichtlicher Rückblick	314
2.7.2	Neuere Ergebnisse	317
2.7.2.1	Bodeneigenschaften	318
2.7.2.1.1	Deposition von Luftschadstoffen	318
2.7.2.1.2	Bodenversauerung	320
2.7.2.1.3	Veränderungen der Kationenaustauscheigenschaften – Nährstoffauswaschung	323
2.7.2.1.4	Störungen der Nährelementaufnahme und des Wasserhaushaltes	324
2.7.2.1.5	Humuskörper	325
2.7.2.2	Bodenorganismen und biologische Aktivität – Mykorrhizen	326
2.7.2.2.1	Bodenorganismen und biologische Aktivität	326
2.7.2.2.2	Mykorrhizen	328
2.7.2.3	Bodenvegetation	331
2.7.2.4	Säure- und Metall-Toxizität – Wurzelentwicklung	333
2.7.2.4.1	Säure- und Metall-Toxizität	333
2.7.2.4.2	Feinwurzelentwicklung bei zunehmender Bodenversauerung	336
2.8	Grenzkonzentrationen waldschädlicher Immissionen	338
2.9	Immissionsresistenz der Fichte im Vergleich zu anderen Baumarten	343
2.10	Umweltstreß. Von M. TESCHE	346
2.10.1	Theoretisches Konzept	346
2.10.2	Streß und Krankheit	351
2.10.3	Einzelne Stressoren und ihre Wirkungen	352
2.10.3.1	Hydraturstreß	353
2.10.3.2	Temperaturstreß	361
2.10.3.3	Strahlungsstreß	368
2.10.3.4	Immissionsstreß	370
2.10.4	Komplexe Streßsituationen	376
2.10.5	Ziele und Aufgaben künftiger Streßforschung	381
2.10.5.1	Streßindikation	381
2.10.5.2	Streß auf Ökosystemebene	382
2.10.5.3	Ausblick	383
2.11	Zuwachs und Holzqualität in geschädigten Fichtenbeständen	384
2.11.1	Geschichtlicher Rückblick – Rauchschäden in der Vergangenheit	384
2.11.2	Immissions- und „neuartige“ Waldschäden – neuere Ergebnisse	388
2.11.2.1	Zuwachs	388
2.11.2.1.1	Methoden der Zuwachsuntersuchungen	388
2.11.2.1.2	Zeitpunkt des Beginns der Zuwachsveränderung	390
2.11.2.1.3	Zuwachs von Einzelbäumen unterschiedlicher Vitalität	394
2.11.2.1.4	Zuwachs geschädigter Bestände	397
2.11.2.1.5	Nadelverlust und Zuwachsverlust	399
2.11.2.2	Holzqualität	401
2.12	Mögliche Schadensursachen und Hypothesen zum Waldsterben	402
2.12.1	Vorbemerkung	402
2.12.2	Luftschadstoffe	404

2.12.2.1	Luftschadstoffe im allgemeinen	404
2.12.2.2	Schwefeldioxid	407
2.12.2.3	Stickstoff	411
2.12.2.4	Fluor- und Chlorwasserstoff	413
2.12.2.5	Chlorkohlenwasserstoffe – Trichloressigsäure	413
2.12.2.6	Photooxidantien – Ozon	414
2.12.2.7	Wasser-Zugspannungs-Insuffizienz	416
2.12.2.8	Säure- und Metall-Toxizität	416
2.12.2.8.1	Bodenversauerung – Aluminium-Toxizität – Wurzelschäden	416
2.12.2.8.2	Schwermetall-Toxizität	419
2.12.2.9	Additive und synergistische Wirkungen	419
2.12.3	Witterung	422
2.12.3.1	Dürre – Wasserversorgung	422
2.12.3.2	Frost	426
2.12.4	Klima	426
2.12.5	Nährelementversorgung	427
2.12.6	Pilze	428
2.12.7	Epidemie-Hypothese	
	Viren, Mykoplasmen, Rickettsien	429
2.12.8	Waldzustand – Waldbewirtschaftung	432
2.12.9	Radioaktive Emissionen	433
2.12.10	Elektromagnetische Wellen	435
2.12.11	Vulkanausbrüche	435
2.12.12	Komplexe Wirkungen – Interaktionen verschiedener Faktoren	436
2.12.13	Diskussion und Zusammenfassung	439
Literatur		445
1	Krankheiten der Fichte und Schäden im Fichtenwald	445
1.1	Einführung	445
1.2	Pilze als Schaderreger	445
1.3	Tierische Schädlinge	459
1.4	Wind und Sturm	482
1.5	Schnee, Eis und Hagel	494
1.6	Frost	502
1.7	Dürre und Hitze	506
1.8	Blitzschäden	511
1.9	Streusalzschäden	511
2	Fichtensterben	512
Sachregister		591