

Heinz Butin



ulmer



KRANKHEITEN_{DER} WALD- UND PARKBÄUME

2. Auflage

Heinz Butin

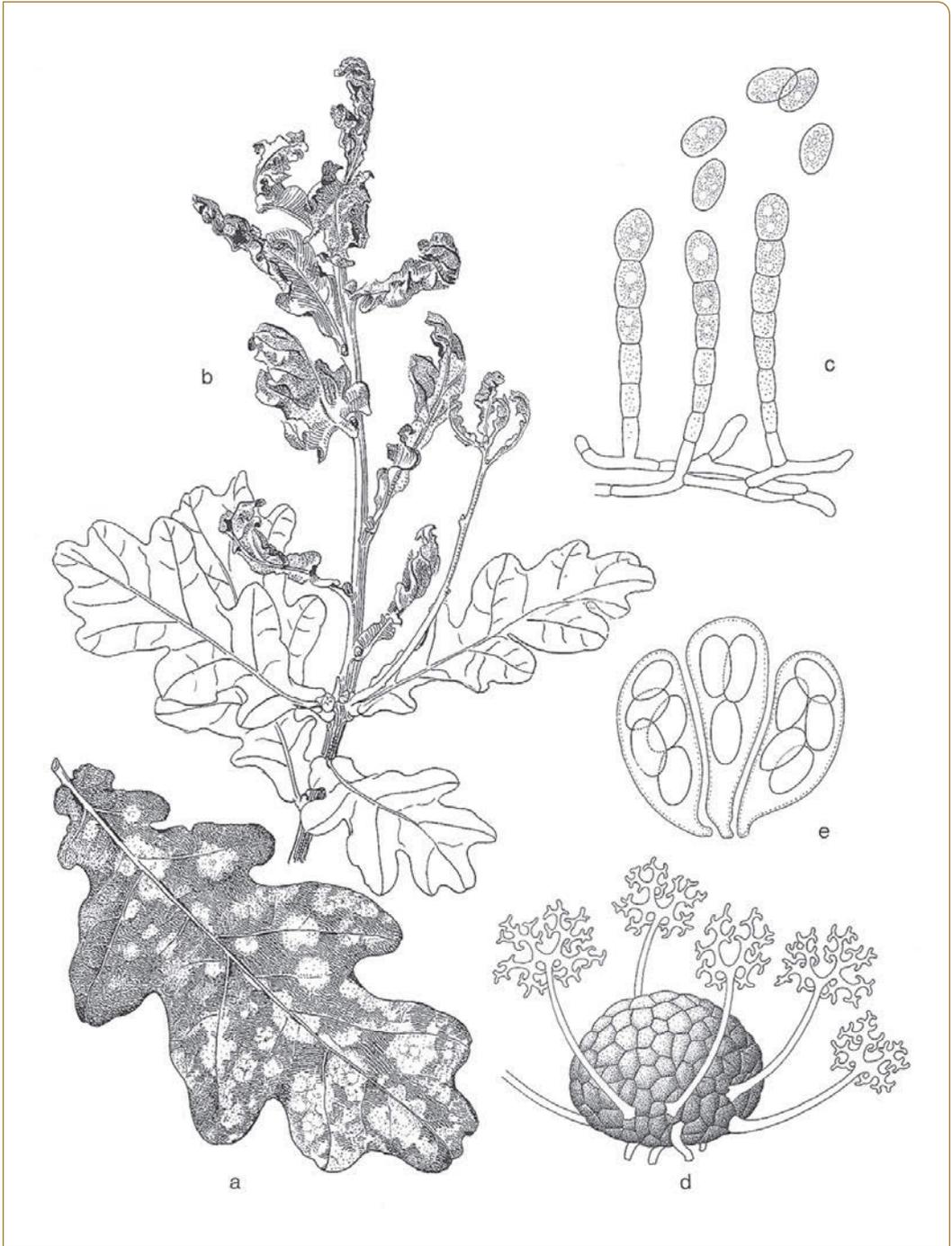
Krankheiten der Wald- und Parkbäume

Diagnose – Biologie – Bekämpfung

2., aktualisierte Auflage

140 Abbildungen

4 Sporentafeln



Eichenmehltau.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Einleitung	8		
1	Schäden an Blüten und Blütenständen	10	
2	Schäden an Samen	13	
3	Schäden an Keimlingen und Jungpflanzen	16	
3.1	Nichtparasitäre Schäden	16	
3.2	Parasitäre Schäden	19	
3.2.1	Keimlingsfäule der Koniferen	19	
3.2.2	Buchenkeimlingskrankheit	22	
3.2.3	Eichenwurzelfäule	24	
3.2.4	Triebspitzenkrankheit der Koniferensämlinge	26	
3.2.5	Meria-Lärchenschütte	28	
4	Schäden an Nadeln und Blättern	29	
4.1	Nichtparasitäre Nadelschäden	29	
4.2	Parasitäre Nadelschäden	33	
4.2.1	Fichtennadelröte	33	
4.2.2	Fichtennadelritzenschorf	35	
4.2.3	Rhizoctonia-Nadelbräune der Fichte	36	
4.2.4	Rhizosphaera-Nadelbräune der Fichte	38	
4.2.5	Fichtennadelrost	39	
4.2.6	Kiefernshütte	41	
4.2.7	Schwedische Kiefernshütte	44	
4.2.8	Naemacyclus-Nadelschütte der Kiefer	45	
4.2.9	Dothistroma-Nadelbräune der Kiefer	46	
4.2.10	Lecanosticta-Nadelbräune der Kiefer	48	
4.2.11	Kiefernadelrost	49	
4.2.12	Tannennadelrost	50	
4.2.13	Tannennadelritzenschorf	52	
4.2.14	Rhizoctonia-Nadelbräune der Tanne	52	
4.2.15	Kabatina-Nadelbräune der Tanne	54	
4.2.16	Lärchenschütte	56	
4.2.17	Rostige Douglasienschütte	57	
4.2.18	Rußige Douglasienschütte	59	
4.2.19	Schwarzer Schneeschimmel	60	
4.2.20	Weißer Schneeschimmel	62	
4.2.21	Thuja-Schuppenbräune	64	
4.3	Nichtparasitäre Blattschäden	65	
4.4	Parasitäre Blattschäden	68	
4.4.1	Eichenmehltau	68	
4.4.2	Apiognomonium-Blattbräune der Eiche	71	
4.4.3	Apiognomonium-Blattbräune der Buche	73	
4.4.4	Pleuroceras-Blattbräune des Bergahorns	75	
4.4.5	Petrakia-Blattbräune des Bergahorns	76	
4.4.6	Ahornmehltau	77	
4.4.7	Teerfleckenkrankheit des Ahorns	78	
4.4.8	Weißfleckigkeit des Ahorns	80	
4.4.9	Phoma-Krankheit der Esche	82	
4.4.10	Phloeospora-Krankheit der Ulme	83	
4.4.11	Apiognomonium-Blattbräune der Linde	85	
4.4.12	Blattbräune der Hainbuche	86	
4.4.13	Kräuselkrankheit der Erle	88	
4.4.14	Goldfleckenkrankheit der Schwarzpappel	89	
4.4.15	Marssonina-Krankheit der Schwarzpappel	90	
4.4.16	Ringfleckenkrankheit der Schwarzpappel	91	
4.4.17	Pappelrost	93	
4.4.18	Weidenrost	94	
4.4.19	Birkenrost	96	
4.4.20	Ebereschenschütte	98	
4.4.21	Phloeospora-Krankheit der Robinie	100	
4.4.22	Guignardia-Blattbräune der Rosskastanie	101	
4.4.23	Apiognomonium-Krankheit der Platane	103	
4.4.24	Entomosporium-Blattbräune des Weißdorns	106	
4.4.25	Apfelblattschorf	109	
4.4.26	Apiognomonium-Blattbräune der Kirsche	111	

- 4.4.27 Schrotschusskrankheit der Kirsche 112
- 4.4.28 Sprühfleckenkrankheit der Kirsche 113
- 4.4.29 Marssonina-Krankheit der Walnuss 113

5 Schäden an Knospen, Trieben und Ästen 115

- 5.1 Nichtparasitäre Schäden 115
 - 5.1.1 Sitzenbleiben von Knospen 115
 - 5.1.2 Frostschäden an jungen Trieben 115
 - 5.1.3 Absterben von Ästen und Zweigen 116
- 5.2 Parasitäre Schäden 121
 - 5.2.1 Knospensterben der Stechfichte 121
 - 5.2.2 Grauschimmelfäule 122
 - 5.2.3 Scleroderris-Krankheit der Koniferen 123
 - 5.2.4 Sirococcus-Fichtentriebsterben 126
 - 5.2.5 Triebschwinden der Kiefer 128
 - 5.2.6 Diplodia-Kiefertriebsterben 128
 - 5.2.7 Kieferndrehrost 130
 - 5.2.8 Wacholderrost 131
 - 5.2.9 Triebsterben an Thuja und Wacholder 133
 - 5.2.10 Triebsterben an Mammutbaum 136
 - 5.2.11 Eschentriebsterben 137
 - 5.2.12 Lindentriebsterben 139
 - 5.2.13 Birkentriebsterben 139
 - 5.2.14 Pollaccia-Krankheit der Pappel 140
 - 5.2.15 Marssonina-Krankheit der Weide 142
 - 5.2.16 Monilia-Triebsterben an Prunus 143
 - 5.2.17 Feuerbrand 144
 - 5.2.18 Baumhasel-Sterben 146

6 Rindenschäden 147

- 6.1 Allgemeine Grundlagen 147
- 6.2 Nichtparasitäre Rindenschäden 149
- 6.3 Parasitäre Rindenschäden 153
 - 6.3.1 Nectria-Krebs der Fichte 153
 - 6.3.2 Stammkrebs der Drehkiefer 154
 - 6.3.3 Kiefernringen-Blasenrost 155
 - 6.3.4 Weymouths Kiefern-Blasenrost 157
 - 6.3.5 Lärchenkrebs 159
 - 6.3.6 Phomopsis-Krankheit der Douglasie 161
 - 6.3.7 Rotpustelkrankheit 163
 - 6.3.8 Fusicoccum-Rindenbrand der Eiche 164

- 6.3.9 Eichensterben in Mitteleuropa 167
- 6.3.10 Stereum-Krebs der Roteiche 168
- 6.3.11 Pezicula-Krebs der Roteiche 169
- 6.3.12 Buchenrindennekrose 171
- 6.3.13 Wurzelhalsfäule der Rotbuche 174
- 6.3.14 Schwarzer Rindenschorf der Buche 175
- 6.3.15 Nectria-Krebs der Buche 177
- 6.3.16 Nectria-Krebs der Esche 178
- 6.3.17 Bakterienkrebs der Esche 179
- 6.3.18 Bakterienkrebs der Pappel 180
- 6.3.19 Rindenbrand der Pappel 180
- 6.3.20 Rußrindenkrankheit des Ahorns 182
- 6.3.21 Platanenkrebs 183
- 6.3.22 Massaria-Krankheit der Platane 185
- 6.3.23 Phytophthora-Krankheit der Erle 186
- 6.3.24 Phytophthora-Krankheit der Rosskastanie 187
- 6.3.25 Rindenkrebs der Esskastanie 188

7 Gefäßkrankheiten 191

- 7.1 Holländische Ulmenkrankheit 191
- 7.2 Amerikanische Eichenwelke 193
- 7.3 Verticillium-Welke 194
- 7.4 Wasserzeichenkrankheit der Weide 196

8 Wurzel- und Stammholzschäden 198

- 8.1 Abiotisch bedingte Strukturschäden 198
- 8.2 Holzverfärbungen 201
- 8.3 Holzfäulen und ihre Erreger 205
 - 8.3.1 Wurzellorchel 210
 - 8.3.2 Wurzelschwamm 212
 - 8.3.3 Kiefern-Braunporling 215
 - 8.3.4 Krause Glucke 217
 - 8.3.5 Riesenporling 218
 - 8.3.6 Hallimasch 219
 - 8.3.7 Brandkrustenpilz 224
 - 8.3.8 Blutender Schichtpilz 225
 - 8.3.9 Mosaikschichtpilz 227
 - 8.3.10 Leberpilz 228
 - 8.3.11 Kiefern-Feuerschwamm 228
 - 8.3.12 Rotrandiger Baumschwamm 230
 - 8.3.13 Echter Zunderschwamm 232
 - 8.3.14 Flacher Lackporling 233

- 8.3.15 Schwefelporling 234
- 8.3.16 Schuppiger Porling 235
- 8.3.17 Zottiger Schillerporling 235
- 8.3.18 Birkenporling 237
- 8.3.19 Austernseitling 238

9 Lagerschäden 239

- 9.1 Holzverfärbungen 239
 - 9.1.1 Einlauf 239
 - 9.1.2 Rotstreifigkeit 241
 - 9.1.3 Bläue 242
- 9.2 Holzfäulen und ihre Erreger 244
 - 9.2.1 Zaun-Blättling 245
 - 9.2.2 Gemeiner Spaltblättling 246
 - 9.2.3 Eichenwirrling 246
 - 9.2.4 Schmetterlings-Tramete 248
 - 9.2.5 Striegeliger Schichtpilz 249
 - 9.2.6 Schmutzbecherling 250
 - 9.2.7 Rötliche Kohlenbeere 250
 - 9.2.8 Holzkeulen (Xylaria-Arten) 251

10 Epiphyten, Symbionten, Kletterer, parasitische Blütenpflanzen 253

- 10.1 Epiphyten 253
 - 10.1.1 Algen 253
 - 10.1.2 Pilze 254
 - 10.1.3 Flechten 257

- 10.2 Symbionten 258
 - 10.2.1 Mykorrhiza 258
- 10.3 Kletterer 261
- 10.4 Parasitische Blütenpflanzen 261
 - 10.4.1 Gemeine Mistel 261
 - 10.4.2 Pappel-Seide 264
 - 10.4.3 Schuppenwurz 264

11 Formveränderungen und Wuchsanomalien 265

- 11.1 Hexenbesen 268
- 11.2 Knospensucht und Maserkropf 271
- 11.3 Echter Kropf und Knollenbildung 272
- 11.4 Baumkrebs, Rindenbrand und Rindenschorf 273
- 11.5 Baumtumor 274
- 11.6 Verbänderung 275
- 11.7 Zapfensucht 276

Sporentafeln 277

Service 281

- Erklärung der Fachbegriffe 281
- Literatur 287
- Verzeichnis der wissenschaftlichen Namen 295
- Verzeichnis der Schäden, Krankheiten und Krankheitserreger 299
- Impressum 303

Vorwort und Einleitung

Nachdem 1983 erstmals die „Krankheiten der Wald- und Parkbäume“ erschienen sind, konnte das Lehrbuch stetig erweitert und auf den jeweilig neuesten Erkenntnisstand der Baumpathologie gebracht werden. Der Autor hofft, dass auch die jetzt vorliegende 2. Auflage beim Ulmer Verlag wiederum den Ansprüchen der Leser – sei es als Lehrbuch, Bestimmungsbuch oder Nachschlagewerk – gerecht wird.

Um keine Irritationen aufkommen zu lassen, sei darauf hingewiesen, dass es sich bei dem hier als 2. Auflage bezeichneten Buch *de facto* um die 5. Auflage handelt. Der Neuanfang in der Auflagenzählung war – nach Verlagswechsel – sowohl verlagsintern als auch nach den Regeln der Deutschen Nationalbibliothek unumgänglich.

Um den neuen Benutzern einen kurzen Überblick über Inhalt und Zweck des Pathologiebuches zu geben, seien hier nochmals die wichtigsten Aspekte wiedergegeben, die sich seit der 1. Auflage kaum verändert haben.

Inhaltlich entspricht das Thema dem Stoffgebiet der klassischen Forstpathologie. Behandelt werden in erster Linie botanische Faktoren mit ihren spezifischen Krankheitsbildern, also Viren, Bakterien, Pilze und parasitische Blütenpflanzen. Schließlich werden auch auffällige abiotische Schadfaktoren (z. B. Frost, Dürre) sowie Mangelkrankheiten berücksichtigt.

Die Gliederung des Stoffes richtet sich nach dem Ort der Schädigung am Baum. So wird z. B. zwischen Blattkrankheiten, Nadelkrankheiten, Rindenschäden oder Holzschäden usw. unterschieden. Jede wichtige Krankheit erhält dabei ein eigenes Kapitel mit ausführlichem Text über das Schadbild sowie Angaben zur Morphologie, Biologie und Bekämpfung des Erregers. Ergänzt werden die Ausführungen durch Zeichnungen, die sowohl makroskopische Merkmale der Schädigung als auch mikroskopische Daten des Erregers wiedergeben. Für die Freunde des Mikroskops sind schließlich die vier Sporentafeln gedacht, die dem Diagnostiker mehr Sicherheit bei der Bestimmung eines Schaderregers geben können.

Um dem Leser die Möglichkeit zu geben, tiefer in die Materie einzudringen, finden sich an den gegebenen Stellen des Textes weiterführende Literaturangaben. Hierbei wurden vor allem neuere Forschungsergebnisse berücksichtigt. So wurden einige neue Krankheiten und Krankheitserreger aufgenommen, die erst in den letzten Jahren in Deutschland beobachtet worden sind. Aus praktischen Gründen wurde auch das Register neu gestaltet, indem jetzt die wissenschaftlichen Namen und die deutschen Begriffe in zwei getrennten Verzeichnissen aufgeführt werden. Schließlich mussten auch die wissenschaftlichen

Namen auf den neuesten Stand gebracht werden. In den meisten Fällen sind wir hierbei den Empfehlungen des Index Fungorum (Stand 1. Juli 2018) gefolgt. Für einige spezielle Pilzgruppen haben wir die Namen allerdings renommierten Handbüchern entnommen (z. B. Klenke und Scholler 2015). Um den Bezug zur forstlichen Praxis nicht abreißen zu lassen, sind zusätzlich Synonyme mit aufgenommen worden. Dies gilt besonders für die Bezeichnung von Baumkrankheiten, deren eingeführte Begriffe – im Gegensatz zur wechselhaften Anwendung der wissenschaftlichen Namen – für eine gewisse Stabilität in der forstpathologischen Nomenklatur sorgen sollen.

Wer im vorliegenden Buch vergeblich nach farbigen Abbildungen sucht, findet einen Ausgleich in zwei ergänzenden Veröffentlichungen, die wegen der zahlreichen Fotos und kurzen Texte auch dem Nichtfachmann gefallen könnten. Es sind dies der „Farbatlas Waldschäden“ sowie der „Farbatlas Gehölzkrankheiten“, beide erschienen im Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Wenn heute die „Krankheiten der Wald- und Parkbäume“ inzwischen einen festen Platz in der Literatur der Forstpathologie erlangt haben, so sollte hier nochmals erwähnt werden, dass an dem Zustandekommen und dem Erfolg des Buches im Laufe der Zeit zahlreiche Kollegen und helfende Hände mitgewirkt haben. Besonders hervorheben möchte ich die Mitarbeit von Frau A. Krischbin sowie Herrn R. Kliefoth, die wesentlichen Anteil an der Bildgestaltung des Buches gehabt haben. Dem Verlag Eugen Ulmer bin ich für das Entgegenkommen und sein Verständnis für die Fortführung des Buches zu Dank verpflichtet. Bedanken möchte ich mich schließlich auch bei meiner Frau, Dr. Bärbel Butin, für ihren unermüdlichen Einsatz bei der Fertigstellung des Manuskriptes.

Wolfenbüttel, im Januar 2019

Heinz Butin

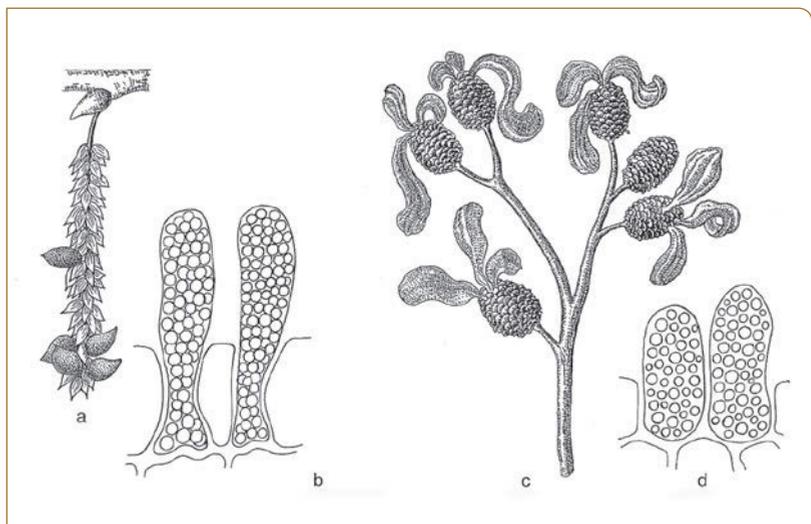
1 Schäden an Blüten und Blütenständen

Blüten und Blütenstände besitzen im Vergleich zu anderen Teilen des Baumes eine relativ kurze Lebensdauer, die oft nur wenige Tage oder Wochen umfasst. Trotzdem entgehen sie nicht immer der Einwirkung abiotischer oder auch biotischer Schadfaktoren. – Zu den wichtigsten **abiotischen Faktoren**, die weiträumig Schäden an Blüten oder Blütenständen verursachen können, gehören besondere Witterungsereignisse, vor allem **Spätfröste**. Betroffen sind hiervon in erster Linie Frühblüher wie Walnuss, Esskastanie, Rotbuche und Eiche. Bei diesen Baumarten wird der Schaden meist erst am ausbleibenden Samenertrag bemerkt. Bei Zierbäumen, z. B. bei der Magnolie, kommt es dagegen oft schon nach der ersten Frostnacht zu spektakulären Veränderungen: Die ehemals weißen Blütenblätter werden unansehnlich braun und hängen schlaff herab. Von den **biotischen Krankheitserregern**, die Veränderungen an Blüten oder Blütenständen hervorrufen können, sind folgende **Pilze** sowie **Bakterien** erwähnenswert:

- *Erwinia amylovora*: bakterieller Erreger des „Feuerbrandes“ von Rosaceen (s. Kap. 5.2.17); befällt zunächst Blüten oder Blütenstände, die braun werden und vertrocknen; später können auch Triebe und Blätter in Mitleidenschaft gezogen werden.
- *Botrytis cinerea* Pers. „Grauschimmel“: kann in feuchten Jahren zur Welke und zur völligen Vernichtung von Blüten bei verschiedenen

Abb. 1. Schäden an Blüten.

a, b *Taphrina johansonii*: **a** befallener weiblicher Blütenstand der Zitterpappel, **b** Ascii; **c, d** *Taphrina alni*: **c** befallene Blütenstände der Grau-Erle, **d** Ascii (**b, d** nach Mix 1969; **c** nach Hartig 1900).



Ziergehölzen (*Magnolia*, *Syringa*, Zierformen von *Prunus*) führen; sonst wirtsunspezifischer Schwächeparasit (Abb. 67 c).

- *Monilia laxa* (Ehrenb.) Sacc. & Voglino, „Monilia-Welke“: verursacht bei verschiedenen *Prunus*-Arten, z. B. bei *Prunus triloba*, eine Blütenfäule mit nachfolgendem Absterben ganzer Triebe; an befallenen Pflanzenteilen stellenweise feiner grauer Pilzrasen mit zitronenförmigen Konidien, die in einfachen oder verzweigten Ketten gebildet werden; befallene Pflanzenteile sind sofort zu entfernen (Abb. 78).
- *Taphrina alni* (Berk. & Broome) Gjaerum (Syn. *Taphrina amentorum*), „Kätzchenkrankheit der Erle“: Der zu den „Wucherlingen“ (Taphrinales) gehörende Pilz verursacht rötliche, zungenartige Auswüchse an den weiblichen Kätzchen von *Alnus incana* und anderen Erlenarten (Abb. 1 c, d).
- *Taphrina johansonii* Sadeb.: befällt die weiblichen Blüten von *Populus tremula* und verwandten Arten, wobei einzelne Fruchtanlagen in blasig aufgetriebene goldgelbe, sterile Fruchtkapseln („Narrentaschen“) umgewandelt werden; die Asci sind 60–140 µm lang, im mikroskopischen Schnitt an der Basis kaum wurzelartig verlängert (Abb. 1 a, b).
- *Taphrina rhizophora* Johanson: Urheber ebenfalls goldgelber, blasenartiger Deformationen einzelner Fruchtanlagen weiblicher Kätzchen, jedoch nur auf *Populus alba*; Asci 80–100 µm lang, an der Basis wurzelartig schmal ausgezogen (Mix 1969).
- *Chrysomyxa pyrolata* G. Winter, „Gelber Zapfenrost“: heterözischer Rostpilz mit Entwicklung auf den Zapfen der Fichte (Haplontenwirt) und den Blättern von *Pyrola*-Arten (Dikaryontenwirt). Die gelben bis goldgelben Äcidien finden sich in Gestalt weniger, 1–2 mm großer,

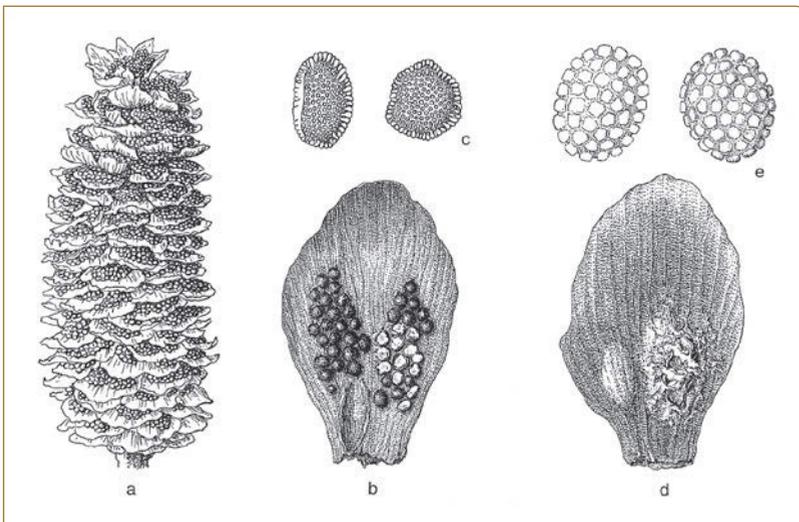


Abb. 2. Schäden an Fichtenzapfen. **a–c** *Thekopsora areolata*: **a** befallener Zapfen, **b** Deckschuppe mit Äcidien, **c** Äcidiosporen; **d, e** *Chrysomyxa pyrolata*: **d** Deckschuppe mit Äcidien, **e** Äcidiosporen (a nach Ferdinand- und Jørgensen 1938/39).

blasiger Anschwellungen auf der Außenseite der Zapfenschuppen. Die Äcidiosporen sind grobwarzig, rundlich bis elliptisch und $25\text{--}36 \times 20\text{--}30 \mu\text{m}$ groß (Abb. 2 d, e). Erkrankte Zapfen werden vorzeitig braun und bilden keine oder nur wenige Samen aus. Vorkommen im Verbreitungsgebiet von *Pyrola*-Arten, z. B. im Voralpenraum.

- *Thekopsora areolata* (Fr.) Magnus (Syn. *Pucciniastrum areolatum*), „Kugeliger Zapfenrost“: heterözischer Rostpilz auf Zapfen und jungen Trieben der Fichte (Haplontenwirt) und Blättern der Traubenkirsche (Dikaryontenwirt). Auf der Fichte durchwuchert das Myzel zunächst den gesamten weiblichen Blütenstand; im Sommer werden auf der Ober- und Unterseite der sperrig abstehenden Zapfenschuppen kugelige Äcidien mit feinwarzigen, polyedrischen und $21\text{--}28 \times 17\text{--}20 \mu\text{m}$ großen Äcidiosporen ausgebildet (Abb. 2 a–c). Nach der Sporentlassung und dem Abbröckeln der schwarzbraunen Peridie bleibt auf den Zapfenschuppen eine gleichmäßig strukturierte Oberfläche zurück. Werden junge Triebe infiziert, so kommt es zu einseitigen Rindennekrosen und zu Triebkrümmungen. Auf der abgestorbenen Rinde werden schließlich Spermogonien ausgebildet. Die weitere Entwicklung des wirtswechselnden Rostpilzes läuft überwiegend auf der Gewöhnlichen Traubenkirsche (*Prunus padus*) ab, wo es zur Ausbildung mobiler, farbloser Uredosporen und fest sitzender Teleosporen kommt. Die Neuinfektion der Fichtenzapfen erfolgt schließlich durch die auf dem Dikaryontenwirt gebildeten Basidiosporen. Wirtschaftlich von Bedeutung ist der Kugelige Zapfenrost nur in Samenplantagen, wo ein Befall den Samenertrag beeinträchtigen kann. Auf der Traubenkirsche kommt es nicht selten zur Abstoßung infizierter Blattbereiche, sodass das Blatt siebartig durchlöchert erscheint (Gäumann 1959).

2 Schäden an Samen

Schäden an Samen können sowohl durch abiotische als auch biotische Faktoren verursacht werden. Zu den nichtparasitischen, **abiotischen Schadfaktoren** gehören hohe Temperaturen oder eine unsachgemäße Anwendung von Beizmitteln bei der Saatgutaufbereitung. Bleibt trotz optimaler Behandlung der Samen die Keimung aus, so kann es sich um Verwendung zu alten (überlagerten) Saatgutes handeln, wobei die Lebensdauer von Samen je nach Baumart zwischen wenigen Wochen (Pappel, Weide) und mehreren Jahren (Fichte, Kiefer, Robinie) liegt. Diese natürliche Zeitspanne der Keimfähigkeit kann durch bestimmte Verfahren bei der Saatgutaufbereitung durch Samentrocknung oder -aufbewahrung bei niedrigen Temperaturen erheblich verlängert werden. Nicht zu verwechseln mit der natürlichen Samenalterung ist die ebenfalls physiologisch bedingte Keimruhe (Dormanz), die bei einigen Samen durch Anwendung tiefer Temperaturen vorzeitig aufgehoben werden kann.

Für die an Samen auftretenden **parasitären Schäden** sind fast ausschließlich Pilze verantwortlich. Bei den hier vorkommenden Pilzarten lassen sich grundsätzlich zwei biologische Gruppen unterscheiden. Die eine umfasst zahlreiche unspezifische „Schimmelpilze“, die bei hoher Luftfeuchtigkeit nur die äußere Samenschale besiedeln oder erst nach der Beschädigung der Samenschale, z. B. durch Insekten, in das Innere des Samens oder der Frucht eindringen. Zu den häufiger vorkommenden Vertretern gehören anamorphe Stadien der Gattungen *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* und *Trichothecium* (Abb. 3). Auf der anderen Seite gibt es Samenspezialisten, die in der Lage sind, auch intakte

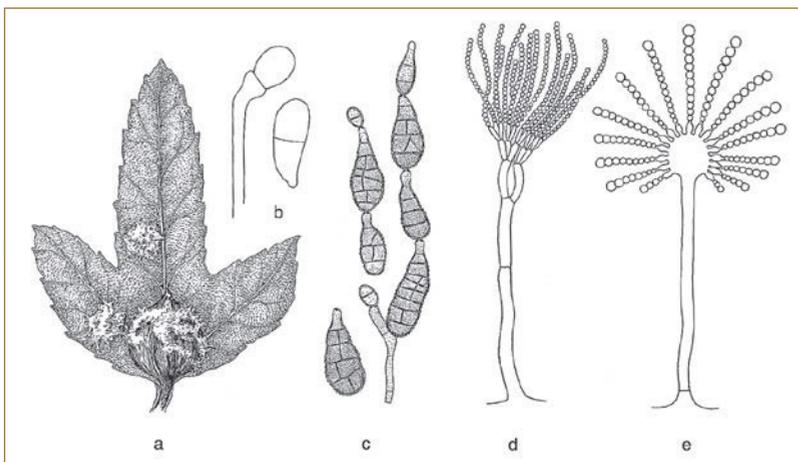


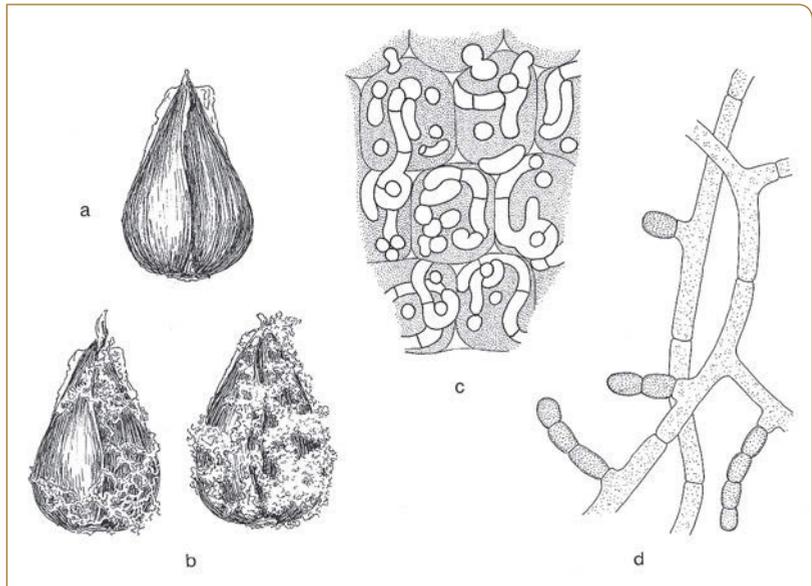
Abb. 3. Schimmelpilze an Samen und Früchten.

a, b *Trichothecium roseum* auf Samen von Hainbuche;
c *Alternaria* sp.;
d *Penicillium* sp.;
e *Aspergillus* sp.
 (c nach Ellis 1971).

Samen anzugreifen und in deren Inneren eine Fäule hervorzurufen. Zu dieser Gruppe gehören einige Arten der Gattungen *Rhizoctonia* und *Ciboria*, die die Samen resp. Früchte verschiedener Baumarten infizieren können. Wirtschaftlich bedeutsame Schäden treten jedoch nur bei Bucheckern und Eicheln auf. Von den beiden wichtigsten Samenschädlingen kann folgende Beschreibung gegeben werden:

- *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn: infiziert die Samen überwiegend vom Boden aus. Äußerlich gibt sich ein Befall (z. B. bei der „Bucheckernfäule“) durch ein wollig-weißes Myzel zu erkennen, das der Samenschale locker anliegt. Bei der Untersuchung des Sameninneren findet man in den hellbraun verfärbten, stärkehaltigen Zellen der Keimblätter zahlreiche „fette“ Pilzhyphen. Der sicherste Nachweis eines *Rhizoctonia*-Befalls erfolgt durch Inkulturnahme des Pilzes. Auf geeigneten Nährböden entsteht ein weißes, gleichmäßig wachsendes Myzel mit kettenförmig angeordneten Chlamydosporen. In älteren Kulturen werden 3–5 mm große dunkle Sklerotien angelegt (Abb. 4). Die durch *Rhizoctonia solani* hervorgerufene Samenfäule tritt in epidemischer Form vorzugsweise nach nasskalten Herbst- und Wintermonaten auf. Die Schäden steigen dabei mit dem pH-Wert des Bodens und dem Gehalt an organischem Material. – Zur Verhütung größerer Verluste kann zunächst einmal eine Bodenbearbeitung vorgenommen werden. Weiterhin hat sich frühes Einsammeln der Bucheckern als vorteilhaft erwiesen. Etwas aufwendiger ist das Aufspannen oder Auslegen von Fangnetzen, wodurch eine Kontaminierung mit dem Erreger fast vollständig verhütet werden kann. Bei der Auf-

Abb. 4. Bucheckernfäule. **a** Buchecker ohne Befall, **b** Bucheckern mit *Rhizoctonia*-Pilzmyzel, **c** Hyphen im Keimblattgewebe, **d** in Kultur gebildetes Myzel mit Chlamydosporen.



bewahrung der Eckern achte man auf trockene Lagerung des Saatgutes. Schließlich besteht noch die Möglichkeit, Fungizide einzusetzen, um die an der Samenschale anhaftenden Keime abzutöten. Bereits infizierte Samen können durch eine Warmwasserbehandlung (1 Std. bei 41 °C) saniert werden.

- *Ciboria batschiana* (Zopf) N. F. Buchwald: Erreger der „Schwarzen Eichelfäule“, der nicht selten ganze Eichelernten vernichten kann. Die Infektion der Eicheln erfolgt in der Regel im Herbst durch frei werdende Ascosporen. Als erstes Symptom finden sich dunkle Flecke auf der äußeren Samenschale; unter der Samenschale entwickeln sich kleine, orangegelbe, dunkel umrandete Flecke, auf denen zunächst die *Myrioconium*-Anamorphe ausgebildet wird. In einem späteren Stadium werden die Kotyledonen braun und porös, begleitet von einem unangenehmen Fäulegeruch. Im folgenden Herbst brechen aus den inzwischen geschrumpften und mumifizierten, völlig schwarzen Eicheln die zimtbraunen, 0,5–2 cm großen, trichterförmigen Apothecien hervor (Abb. 5). – Da die Infektion von älteren, am Boden liegenden Eicheln ausgeht, sollte möglichst früh im Herbst mit dem Einsammeln der Eicheln begonnen werden. Bei der Aufbewahrung des Saatgutes sollte einem Befall durch geeignete Lagerungsbedingungen oder durch Anwendung von Beizmitteln vorgebeugt werden. Bereits infizierte Samen können durch eine zweistündige Warmwasserbehandlung bei 41 °C (Thermotherapie) wirksam saniert werden. – Als weitere Wirtspflanze, deren Früchte von *Ciboria batschiana* befallen werden, gilt die Esskastanie (*Castanea sativa*). Auch hier schrumpfen die befallenen Kotyledonen und werden zu unförmigen, schwarzen Pseudosklerotien, die dem Pilz als Dauerorgane dienen. Entsprechend der Unterlage wird hier die Krankheit als „Schwarze Kastanienfäule“ bezeichnet.

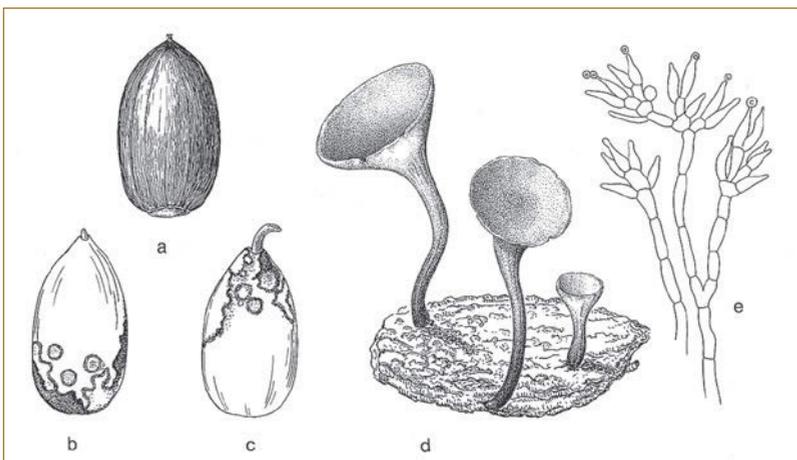


Abb. 5. Schwarze Eichelfäule. **a** befallsfreie Eichel mit Schale, **b, c** befallene Samen ohne Schale, **d** Apothecien auf mumifizierter Eichel, **e** *Myrioconium*-Anamorphe.

3 Schäden an Keimlingen und Jungpflanzen

3.1 Nichtparasitäre Schäden

Frost gehört bei Sämlingen und Jungpflanzen zu den relativ häufig auftretenden abiotischen Schadfaktoren. Von den zeitlich verschiedenen Frostphasen wirkt sich der Winterfrost besonders schädigend aus. Die Symptome sind Braunwerden der Nadeln oder Blätter bzw. das Absterben ganzer Pflanzen. Die Frostempfindlichkeit ist dabei art- und provenienzspezifisch. Besonders deutlich zeigt sich diese Abhängigkeit bei der Douglasie, deren Herkünfte ein breites Spektrum hoher Resistenz (var. *glauca*) bis zur hohen Frostempfindlichkeit (einige *menziesii*-Herkünfte) besitzen.

Eine besondere Form der Frostschädigung ist das „Ausfrieren“ der Sämlinge. Diese auch als „Barfrost“ bezeichnete Erscheinung kommt durch Eisbildung im Boden zustande, wobei kleinere Pflanzen durch Volumenzunahme und Aufbrechen des Bodens in die Höhe und aus dem Erdreich gehoben werden (Hochfrieren der Sämlinge). Wenn dann der Boden auftaut und wieder zusammensinkt, fallen die Sämlinge um und vertrocknen. Dieses „Auswintern“ stellt sich vor allem bei fehlender winterlicher Schneedecke ein.

Maßnahmen zur Verhütung von Frostschäden im Forstgarten sind späte Saat im Frühjahr, Abschirmen der Beete mit Reisig oder Kunststoffnetzen sowie eine ausgewogene Ernährung unter Beachtung einer ausreichenden Kaliversorgung unter Vermeidung zu hoher Stickstoffgaben.

Hitzeschäden entstehen bei Keimlingen dann, wenn sich die oberste Bodenschicht durch Sonneneinstrahlung bis zur letalen Temperatur erwärmt. Der kritische Punkt liegt für Kiefernensämlinge zwischen 45 und 55 °C. Charakteristisch für die hier auftretenden Schadbilder ist das Umknicken der Keimlinge im Bereich der Erd-Luft-Zone nach vorangegangener Einschnürung des noch zarten Hypokotyls. Am bekanntesten sind Hitzeschäden bei Laubhölzern, besonders bei Rotbuche, deren Sämlinge nach dem Verholzen des Stängels noch längere Zeit stehen bleiben, wobei sich oberhalb der Schädigungsstelle durch Assimilatstau eine keulenartige Stammverdickung bildet (Abb. 6 c). Eine derartige spindelartige Verdickung des Stängels kann auch durch eine nicht vorschriftsmäßige Herbizid-Anwendung ausgelöst werden.

Als Folgeerscheinung von Hitzeschäden treten bei Jungpflanzen nicht selten Pilze auf, die den Eindruck von Primärparasiten erwecken. Neben den Vertretern der Gattungen *Alternaria* und *Fusarium* sind es vor allem folgende Arten:

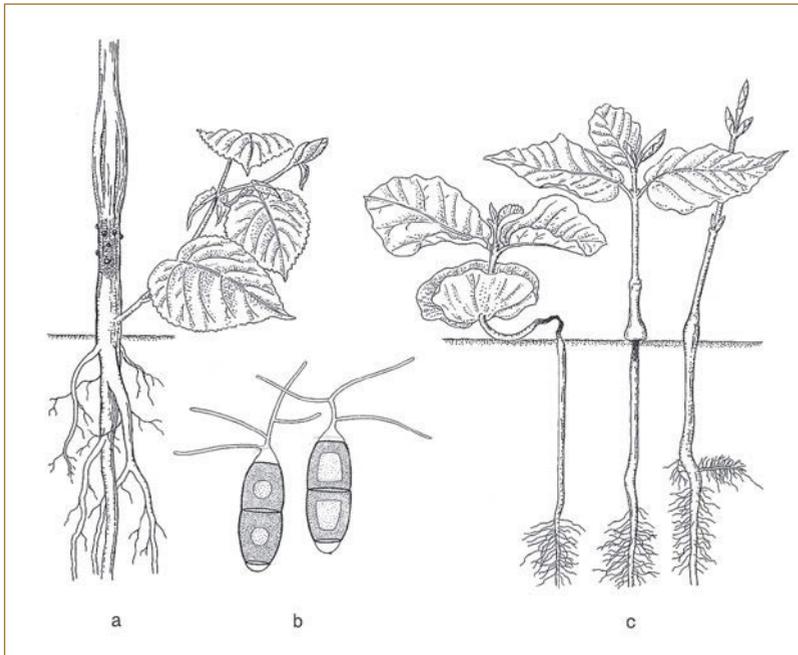


Abb. 6. Hitzeschäden an Sämlingen.

a geschädigter Lindensämling mit *Truncatella hartigii*-Befall, **b** zugehörige Konidien; **c** verschiedene Stadien hitzegesetzter Buchenkeimlinge.

- *Truncatella hartigii* (Tubefuß) Steyaert: Konidien $18\text{--}20 \times 6 \mu\text{m}$ groß, dreifach septiert; Vorkommen auf Ahorn, Buche, Fichte, Linde und Tanne (Abb. 6 a, b).
- *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert: Sporen $21\text{--}29 \times 9\text{--}12 \mu\text{m}$ groß, vierfach septiert (Tafel II/1); Vorkommen auf *Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Sequoia* und *Thuja* sowie auf anderen Koniferen.

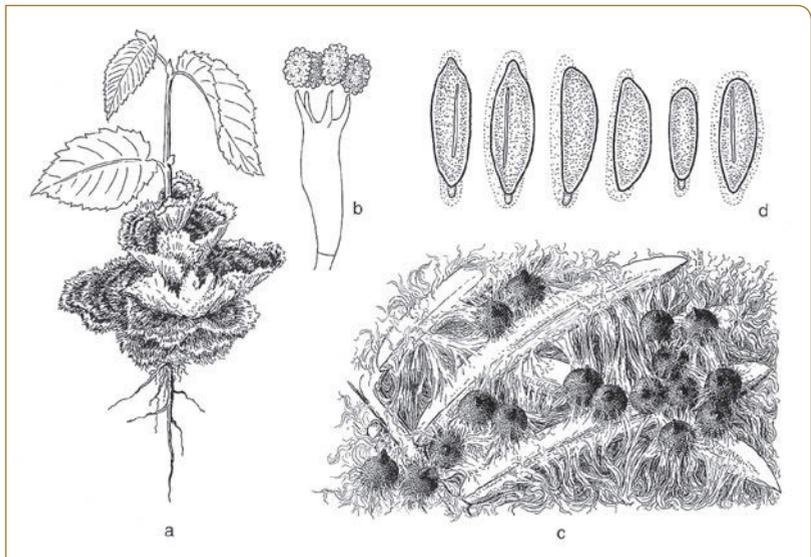
Nährstoffmangelschäden treten bei Keimlingen besonders häufig in Erscheinung, da diese noch nicht über genügend Reservestoffe verfügen und vom Bodennährstoffgehalt unmittelbar abhängig sind. Als Krankheitssymptome können Kümmerwuchs und Blatt- bzw. Nadelverfärbungen auftreten. Bei Stickstoffmangel kommt es bei Koniferen zur Ausbildung relativ kleiner, hellgrüner Nadeln; eine Violett-färbung ist wiederum ein Hinweis auf eine ungenügende Versorgung mit Phosphor. Den verschiedenen Mangelsymptomen kann durch eine gezielte Nährstoffzugabe begegnet werden (Bergmann 1993).

Ersticken von Sämlingen oder Jungpflanzen kann durch verschiedene Pilzarten herbeigeführt werden, die sich sowohl in ihrer systematischen Zugehörigkeit als auch in ihrer Aggressivität unterscheiden. Denn neben ausschließlich epiphytisch/saprobisch lebenden Formen gibt es Arten, die einen Übergang zur parasitischen Lebensweise erkennen lassen. Die „Erstickungspilze“ müssen daher teilweise auch zu den parasitären Schadfaktoren gerechnet werden:

- *Thelephora terrestris* Erh. (Erd-Warzenpilz): Dieser zu den Basidiomyceten gehörende Pilz bildet seine Fruchtkörper in der Regel am Boden aus. Befinden sich tote Äste oder auch lebende Pflanzen in der Nähe, so werden diese vom Pilz als Stütze zur Ausbildung seiner fächerförmigen, lederbraunen und oft in mehreren Etagen übereinanderstehenden Fruchtkörper genutzt. Dabei können junge Koniferen, namentlich Fichten- und Tannensämlinge, vom Pilz völlig umwachsen und zum Absterben gebracht werden (Hartig 1880). Gefährdet sind auch Birkensämlinge, die in sandigen sauren Böden aufwachsen (Abb. 7a, b).
- *Helicobasidium brebissonii* (Desm.) Donk (Syn. *H. purpureum*): Diesen ebenfalls zu den Basidiomyceten gehörenden Pilz findet man gelegentlich an der Stammbasis und im Wurzelbereich vor allem von Verschulftichten. Der überwiegend in der Nebenfruchtform vorkommende und in diesem Stadium als *Rhizoctonia crocorum* bekannte Pilz bildet anfangs epiphytisch wachsendes rotviolettes Myzel aus, das in einem späteren Stadium zum Parasitismus übergehen kann, sodass betroffene Pflanzen zu kränkeln beginnen und absterben. An Forstpflanzen ist seine Bedeutung gering. Als „Wurzeltöter“ und Erreger einer Wurzelfäule kann er dagegen erheblichen Schaden an landwirtschaftlich genutzten Pflanzen verursachen.
- *Rosellinia mycophila* (Fr.) Sacc.: Der zu den Ascomyceten gehörende Pilz wächst ebenfalls zunächst epiphytisch, wobei das bräunlich weiße Myzel die Nadeln und Zweige mit einem dichten Hyphenfilz überzieht (Abb. 7 c, d). Die befallenen Nadeln werden anschließend braun, was auf einen Übergang zur parasitischen Lebensweise

Abb. 7. Erstickungspilze.

a, b *Thelephora terrestris*: **a** Fruchtkörper an einem Birkensämling, **b** Basidie mit Basidiosporen; **c, d** *Rosellinia mycophila*: **c** befallene Fichtennadeln mit Pilzfruchtkörpern, **d** zugehörige Ascosporen (**d** nach Petrini 2013).



schließen lässt. Betroffen sind vor allem dicht stehende Sämlinge oder Verschulffichten an Orten, an denen anhaltend hohe Luftfeuchtigkeit herrscht. Unter diesen besonderen klimatischen Bedingungen sind auch ältere Koniferenpflanzen (Christbaumkulturen) gefährdet, wobei sich das Myzel von den bodennahen Ästen bis zur Krone ausbreiten kann. – Sicherstes Bestimmungsmerkmal sind die spät zur Entwicklung kommenden schwarzen, kugeligen, 0,6–0,8 mm großen Fruchtkörper mit ihren spindelförmigen, einzelligen, braunen und im Mittelwert $19,5 \times 6,5 \mu\text{m}$ großen Ascosporen (Petrini 2013).

3.2 Parasitäre Schäden

3.2.1 Keimlingsfäule der Koniferen

Erreger: verschiedene Pilzarten

Die Keimlingsfäule zählt zu den häufigsten und gefürchtetsten Krankheiten im Forstpflanzgarten und in der Baumschule. Sie tritt sowohl an keimenden Samen als auch an Sämlingen im ersten Entwicklungsjahr auf. Besonders gefährdet sind Koniferensämlinge.

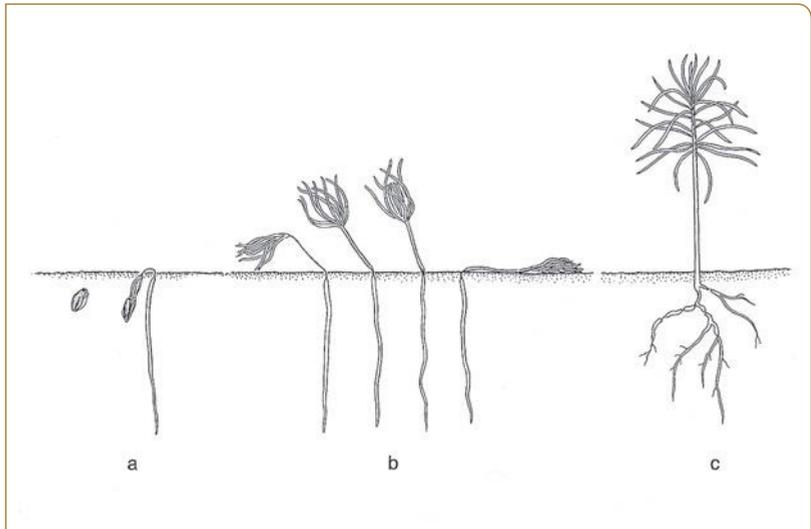
Da die Keimlinge zu verschiedenen Entwicklungsphasen erkranken können, lassen sich unterschiedliche **Krankheitssymptome** feststellen, die allerdings ineinander übergehen können. Man unterscheidet drei Befallsformen:

- Frühe Keimlingsfäule (Vor-Auflaferkrankung),
- Normale Umfallkrankheit (Nach-Auflaferkrankung),
- Späte Keimlingsfäule (Wurzelfäule an älteren Sämlingen).

Das Krankheitsbild der **Frühen Keimlingsfäule** bleibt dem Auge meist verborgen, denn die ersten Krankheitsprozesse spielen sich überwiegend unter der Erdoberfläche ab. Betroffen ist das Entwicklungsstadium des Sämlings von der Keimung an bis zur Streckung und Aufrichtung des Hypokotyls. Eine Infektion führt zu einer raschen Zersetzung des befallenen Gewebes, bevor der Keimling die Oberfläche erreicht hat (Abb. 8 a).

Das häufigste zu beobachtende Krankheitsbild der Keimlingsfäule, die eigentliche **Umfallkrankheit**, tritt zwei bis drei Wochen nach der Aussaat auf. Die ersten Symptome einer gelbbraunen Verfärbung des unteren Stängelteiles werden häufig nicht bemerkt; umso spektakulärer ist das darauf folgende Umknicken der Sämlinge unmittelbar über der Bodenoberfläche, ausgelöst durch Zerstörung und Schrumpfung des noch nicht kutinisierten zarten Parenchyms (Abb. 8 b). Die Keimlingsfäule kann auch an solchen Sämlingen auftreten, die das Alter von acht Wochen schon überschritten haben. Diese **Späte Keimlingsfäule** äußert sich in einer teilweisen oder völligen Zerstörung des Wurzelsystems.

Abb. 8. Keimlingsfäule der Koniferensämlinge. **a** Frühe Keimlingsfäule, **b** Umfallkrankheit, **c** Späte Keimlingsfäule mit Wurzelschäden.



Da der Keimstängel zu diesem Zeitpunkt schon eine gewisse Festigkeit besitzt, können die sich braun verfärbenden Keimlinge noch längere Zeit stehen bleiben. Keimlinge, bei denen das Wurzelwerk nur teilweise zerstört ist, bilden unter günstigen Bedingungen Adventivwurzeln aus und erholen sich. Dieses späte Stadium der Keimlingsfäule wird vielfach nicht erkannt und für einen Trockenis- oder Nematodenschaden gehalten (Abb. 8 c).

Alle drei Befallsformen lassen sich auf die Tätigkeit bodenbürtiger Pilze zurückführen. Man kennt heute etwa 40 verschiedene Pilzarten, die eine Keimlingsfäule bei Forstpflanzen hervorrufen können. Einige von ihnen sind obligate Parasiten (z. B. *Phytophthora cinnamomi*), andere besitzen einen überwiegend parasitischen Charakter (*Rhizoctonia*- und *Pythium*-Arten). Die meisten Keimlingspilze leben jedoch als Saprobionten im Boden, von wo sie erst unter bestimmten Bedingungen auf lebende Pflanzen übergehen. Zu dieser Gruppe gehören z. B. *Cylindrocarpon destructans* und einige *Fusarium*-Arten.

Die pathogene Wirkung der meisten Keimlingspilze beruht auf der Ausbildung von Enzymen oder Toxinen, die entweder die Zellwand abbauen oder den Keimling auf physiologischem Wege erkranken lassen. Von einigen häufiger vorkommenden Keimlingspilzen kann folgende Kurzbeschreibung gegeben werden:

- *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell: ursprünglich aus den USA stammender Krankheitserreger mit Vorkommen inzwischen auch in südeuropäischen Ländern; kann mit Saatgut verbracht werden (daher Pflanzengesundheitszeugnis bei Importen aus Drittländern und europäischen Befallsgebieten erforderlich); auflaufende Sämlinge zeigen Symptome der Umfallkrankheit; Befall auch an

älteren Kiefern (vor allem *Pinus radiata*) mit Triebsterben und starkem Harzfluss („Pechkrebs“); Erregernachweis anhand von Reinkulturen (Schröder et al. 2016).

- *Fusarium oxysporum* Schlecht.: häufigster Keimlingspilz mit Auftreten besonders in saurem Substrat; verursacht Welke und völliges Absterben nach dem Auflaufen. Weitere pathogene Arten (Gerlach und Nirenberg 1982): *F. culmorum* (Tafel II/3), *F. avenaceum* (Abb. 9 b).
- *Globisporangium (Pythium) debaryanum* (R. Hesse) Uzuhashi et al.: Vertreter der Oomycetes mit unseptiertem Myzel und Sporangien, in denen auf ungeschlechtlichem Wege Zoosporen entstehen; bei geschlechtlicher Fortpflanzung entwickelt sich im Oogonium nach Befruchtung eine Oospore, die als Überdauerungs- und Verbreitungseinheit fungiert (Abb. 9 a).
- *Phytophthora cinnamomi* Rands: Erreger eines Wurzelsterbens an Keimlingen und Jungpflanzen von *Abies*, *Chamaecyparis*, *Juniperus* und *Taxus*; Nadeln verfärben sich stumpfgrün, später braun; Verhütung durch Hygienemaßnahmen bei der Pflanzenvermehrung, bei Containerpflanzen auch durch Behandlung der Wurzelballen mit Fungiziden; Pilz überdauert im Freiland bei uns nur in milden Wintern.
- *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn: bekanntester Vertreter des *Rhizoctonia*-Komplexes, der sich aus mehreren, schwer bestimmbareren Arten zusammensetzt (Roberts 1999). Der vor allem in Koniferensaatbeeten vorkommende Pilz besiedelt vom Boden aus das Wurzelsystem sowie den Wurzelhals, sodass der Keimling abstirbt. Typisch für die Gat-

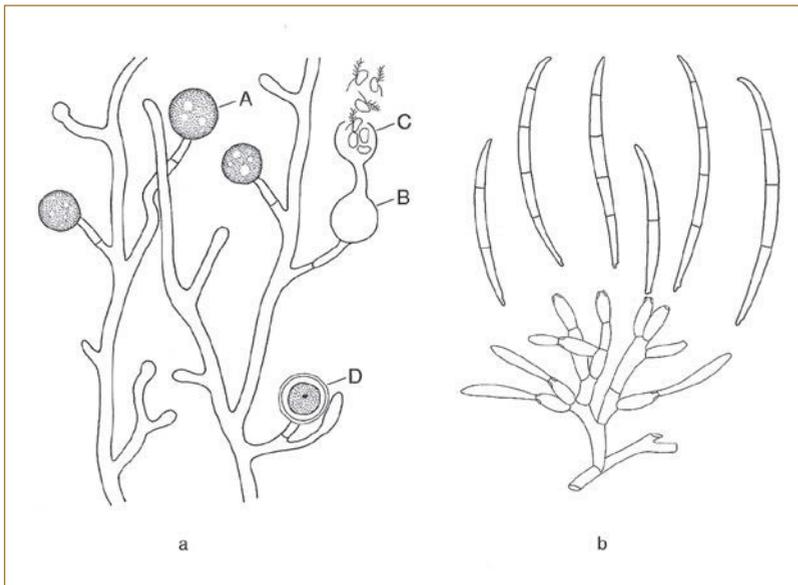


Abb. 9. Erreger von Keimlingskrankheiten. **a** *Globisporangium debaryanum*: Sporangium (A), entleertes Zoosporangium (B), Keimblase mit Zoosporen (C), Oospore (D); **b** Konidienträger mit Sporen von *Fusarium avenaceum* (a nach von Arx 1971).

tung *Rhizoctonia* ist die Ausbildung kettenförmig aneinandergereihter Chlamydosporen, die sich rechtwinklig vom oberflächlich wachsendem Myzel abzweigen (Abb. 4 d). Weiterhin werden von einigen Arten schwarzbraune Sklerotien ausgebildet, die mehrere Jahre im Boden überdauern können.

- *Trichoderma viride* Pers.: aggressivster Vertreter der artenreichen Gattung *Trichoderma*; kann Keimlinge von Fichte und Kiefer zum Absterben bringen und verursacht an Feinwurzeln älterer Koniferen eine Wurzelfäule; er bildet in Kultur ein rasch wachsendes, zunächst weißes Myzel, das später von der Mitte der Kultur aus spangrün wird; die Konidienträger sind wirtelig am Myzel angeordnet und tragen rundliche, warzige, 2,5–3,5 µm große spangrüne Konidien (Tafel III/16), die zu 10 bis 20 in kleinen, schleimigen Tröpfchen zusammenfließen.

Zur **Verhütung** und **Bekämpfung** der Keimlingsfäule bieten sich verschiedene Maßnahmen an. Die biologische Vorbeugung kann durch Einhaltung bestimmter Umweltbedingungen erreicht werden, die zunächst dazu dienen, den Keimlingen optimale Entwicklung und eine hohe Vitalität zu sichern. Hierbei ist auf einen geeigneten Standort bzw. auf die Herstellung einer geeigneten Bodenmischung mit einem ausgeglichenen, nicht zu hohen Feuchtigkeitsangebot zu achten.

Eine unmittelbare biologische Bekämpfung könnte in der Anreicherung des Bodens mit antagonistischen Pilzen, z. B. *Trichoderma* sp., bestehen; ausreichend praktische Erfahrungen liegen hierüber jedoch noch nicht vor.

Von den physikalischen Desinfektionsverfahren kann die Hitzebehandlung des Bodens genannt werden, die jedoch nur für Schütterde und in der Containertechnik infrage kommt. Umso bedeutsamer ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, deren Anwendungserfolg allerdings von zahlreichen Faktoren (Bodentyp, Pflanzenart, Erreger, Antagonisten) abhängt. Bei Kenntnis der jeweiligen Pilzart sollten spezifisch wirkende Präparate eingesetzt werden. Eine chemische Bekämpfung mit Fungiziden kann beim Saatgut (durch Beizen), im Boden vor der Aussaat (durch Bodenentseuchung) und selbst noch nach dem Auflaufen der Saat (durch Gießen oder Spritzen) durchgeführt werden.

3.2.2 Buchenkeimlingskrankheit

Erreger: *Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schroet.

Die Krankheit, die nach Hartig (1880) schon seit 1783 in Deutschland bekannt ist, äußert sich in einer rotbraunen, fleckenartigen Verfärbung der Kotyledonen, der Primärblätter und der Stängelteile. Bei feuchter Witterung fallen stärker erkrankte Keimlinge bald um und verfaulen (trockene Witterung lässt die Pflanzen noch eine Weile stehen). Be-

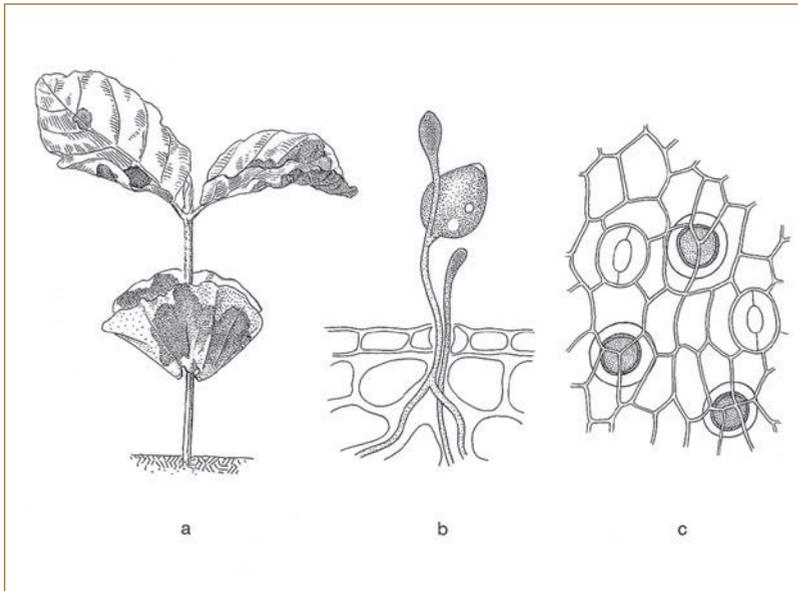


Abb. 10. Buchenkeimlingskrankheit. **a** befallener Buchenkeimling, **b** Sporangienträger von *Phytophthora cactorum* mit verschiedenen reifen Sporangien, **c** Oosporen in abgestorbenem Keimblattgewebe (**b** nach Hartig 1900; **c** nach Ferdinandsen und Jørgensen 1938/39).

schränkt sich der Befall auf kleinere Bereiche der Keim- oder Primärblätter, so kann sich die Pflanze erholen.

Neben den charakteristischen Befallssymptomen sind für die Diagnose des Buchenkeimlingspilzes – der im Übrigen auch andere Laubbaumarten befällt – verschiedene mikroskopische Merkmale von Bedeutung, die dazu beitragen, den Befund abzusichern. So treten bei feuchter Witterung oder nach Aufbewahrung kranker Pflänzchen in einer feuchten Schale zahlreiche, unseptierte Hyphen durch Spaltöffnungen und Epidermiszellen nach außen, wo an hyalinen Trägerhyphen apikal oder auch seitlich Sporangien ausgebildet werden (Abb. 10).

Kommt ein Sporangium mit Wasser in Berührung, so entwickeln sich in seinem Innern begeißelte Zoosporen, die aus dem Sporangium auschwärmen und auf dem Wasserwege Keimlinge infizieren. Da dieser Prozess von der Infektion bis zur Bildung neuer Zoosporen nur wenige Tage dauert, erklärt sich die explosionsartige Ausbreitung der Krankheit bei regenreicher Witterung. Bei trockenem Wetter wird das Sporangium als Ganzes abgeworfen und auf dem Luftwege als Konidie verbreitet. Neben Wind und Wasser kommen als Vektoren für die Verbreitung der Sporen auch Schnecken, Insekten und Mäuse sowie schließlich auch der Mensch (bei der Begehung der Quartiere) infrage. Der Buchenkeimlingspilz besitzt demnach verschiedene Verbreitungsmöglichkeiten, die ihm ein sicheres Überleben garantieren. Außer den Sporangien und Zoosporen, die für die Epidemiologie bedeutsam sind, bildet der zu den Oomyceten gehörende Pilz dickwandige Oosporen

aus, die die Funktion von Dauerorganen besitzen. Sie entstehen in dem befallenen Wirtsgewebe und gelangen mit den faulenden Pflanzenteilen in den Boden, wo sie mehrere Jahre überdauern können.

Als Bekämpfungsmaßnahme sind sowohl kulturtechnische als auch chemische Verfahren bekannt. Da die Entwicklung des Pilzes durch erhöhte Bodenfeuchtigkeit gefördert wird, vermeide man schattige Lagen, künstliche Beschattung und staunasse Böden. Wo die Krankheit einmal aufgetreten ist, sollen die verseuchten Beete einige Jahre nicht mehr für Laubholzsäaten verwendet werden. Eine vorbeugende Bekämpfung kann durch Bodendesinfektion vor der Aussaat und eine direkte Bekämpfung durch Spritzungen mit Fungiziden erfolgen. Bei erhöhter Erkrankungsgefahr ist eine tägliche Kontrolle der Saatbeete und das Entfernen und Verbrennen erkrankter und abgestorbener Sämlinge erforderlich.

3.2.3 Eichenwurzelfäule

Erreger: *Rosellinia desmazieresii* (Berk. & Broome) Sacc.

Rosellinia thelena (Fr.) Rabenh.

Cylindrocarpon destructans (Zinsm.) Scholten

Fusarium oxysporum Schlecht.

- *Rosellinia desmazieresii* (Syn. *Rosellinia quercina*) tritt als „Eichenwurzelötter“ (Hartig 1880) schädigend an ein- bis dreijährigen Eichen auf. Die Krankheit, die hauptsächlich auf vernässten Böden beobachtet werden kann, äußert sich zunächst durch Vergilben und Welken der Blätter. Zieht man solche Pflanzen aus dem Boden, so findet man die Wurzel abgestorben und oft mit einem feinen, weißen Myzel umspinnen („Weißer Wurzelschimmel“). Weißes fächerartiges Myzel lässt sich dann auch unter der Wurzelrinde nachweisen. Da weißes Myzel auch von anderen Wurzelpilzen gebildet wird, sollten die Fruchtkörper als eindeutiges Bestimmungsmerkmal herangezogen werden (Abb. 11 a–c). Diese finden sich meist zu mehreren oberflächlich an der Basis der Stämmchen oder tiefer an der Hauptwurzel. Die Perithezien sind kugelig, schwarz und etwa 1 mm groß. Die in schlanken Asci ausgebildeten Ascosporen sind spindelförmig, anfangs farblos, später dunkelbraun und $21\text{--}32 \times 6\text{--}8,5 \mu\text{m}$ groß (Petrini 2013).
- *Rosellinia thelena* lebt ebenfalls parasitisch auf Eichenwurzeln; von *R. desmazieresii* unterscheidet sie sich durch hyaline, $4\text{--}8 \mu\text{m}$ lange Anhängsel an den beiden Enden der Sporen (Tafel I/1).
- *Cylindrocarpon destructans* wird heute in immer stärkerem Maße an abgestorbenen Wurzeln von Verschulpflanzen bei Eiche, aber auch an Buche und anderen Laubgehölzen nachgewiesen. Besonders gefährdet sind ausgehobene und in den Einschlag gebrachte Pflanzen, die während dieser Zeit offenbar eine Änderung in ihrem Abwehr-

system erfahren. Unter den genannten Bedingungen vermag der Pilz, der sonst ein nichtparasitärer Bestandteil der Rhizosphäre der Eiche sowie anderer Laubbaumarten ist, an seiner ursprünglichen Wirtspflanze pathogen zu werden. Vermeidung eines langen Einschlags bzw. Verkürzung der Zeit zwischen Ausheben und Pflanzung dürften daher die besten Schutzmaßnahmen sein. Zur Diagnose des Pilzes sind seine typisch geformten Konidien geeignet, die in sahnegelben Sporenlagern auf der Oberfläche befallener Wurzeln ausgebildet werden. Die Makrosporen sind farblos, zylindrisch, ein- bis mehrzellig, an beiden Enden abgerundet und $25\text{--}30 \times 4,5\text{--}6,5 \mu\text{m}$ groß (Abb. 11 d, e).

- *Fusarium oxysporum* (Tafel II/2) sowie andere *Fusarium*-Arten werden erst nach stärkerer Belastung der Verschulppflanzen durch bestimmte Umweltbedingungen wie Bodenvernässung oder Trockenheit beobachtet. Unter diesen Bedingungen werden auch die Wurzeln anderer Laubgehölze, wie z. B. Rotbuche und Ahorn, befallen. Als diagnostisches Merkmal für die Gattung *Fusarium* gelten die sichelförmigen und mehrfach septierten Konidien (Abb. 9 b). Eine genaue Artendiagnose ist meist erst anhand von Kulturmerkmalen möglich (Gerlach und Nirenberg 1982).

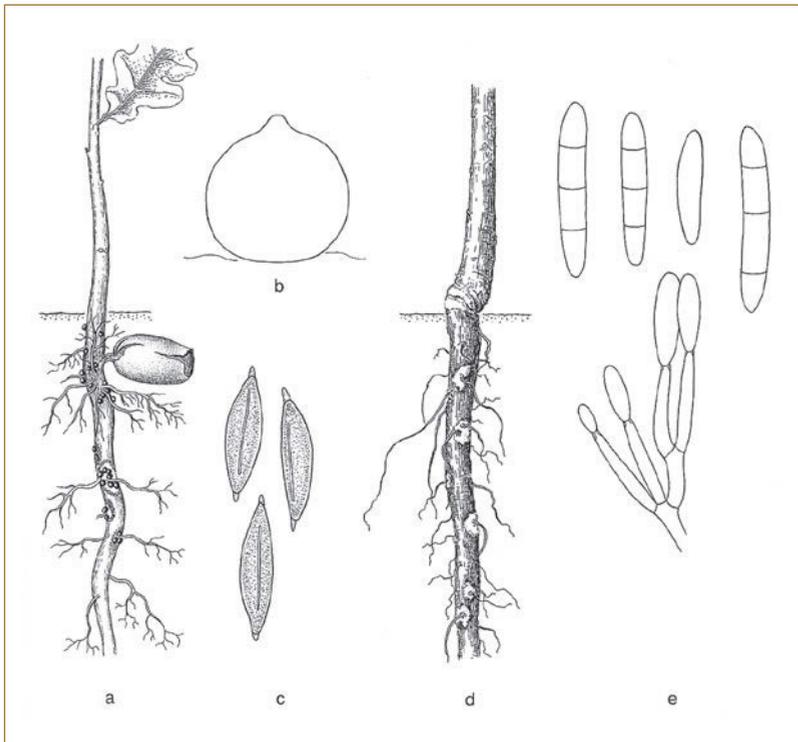


Abb. 11. Eichenwurzelfäule. **a–c** *Rosellinia desmazieriesii*: **a** Eichensämling mit Wurzelbefall, **b** Fruchtkörperquerschnitt (schematisch), **c** Ascosporen; **d, e** *Cylindrocarpon destructans*: Eichenwurzel mit Befall, **e** Konidienträger mit Konidien (**a** nach Hartig 1900; **c** nach Petrini 2013).

3.2.4 Triebspitzenkrankheit der Koniferensämlinge

Erreger: *Strasseria geniculata* (Berk. & Broome) Höhn.

Botrytis cinerea Pers.

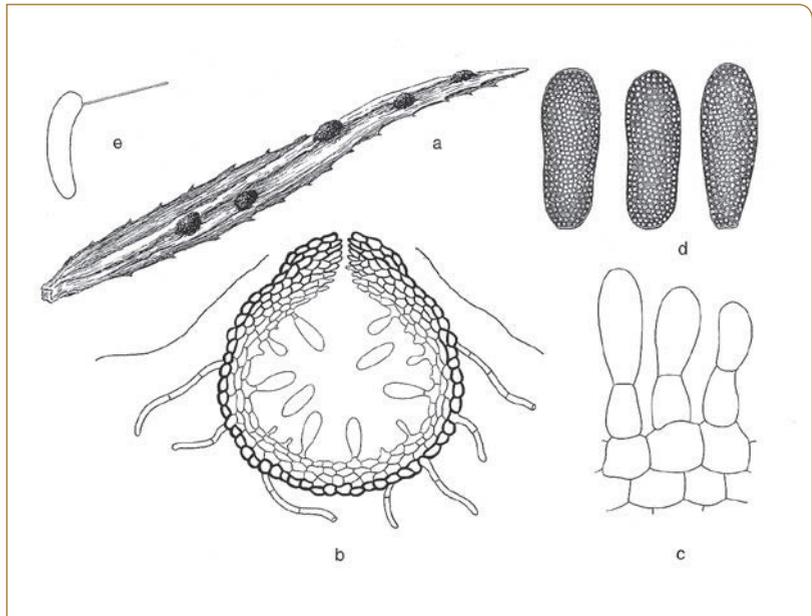
Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyko & Sutton

Sirococcus conigenus (DC.) P. F. Cannon & Minter

Die an ein- bis dreijährigen Sämlingen verschiedener Koniferen auftretende Triebspitzenkrankheit ist durch einen Befall junger Maitriebe ausgezeichnet, wobei die Infektion meist zur Zeit des beginnenden Streckungswachstums erfolgt. Die befallenen Triebe werden welk, krümmen sich nach unten und trocknen unter Verbräunung ein. Die Erkrankung beginnt am Haupttrieb und dehnt sich von dort auf die Seitentriebe aus. Im Endstadium einer Erkrankung kommt es schließlich zu einem partiellen Abwerfen der abgestorbenen Nadeln. Als Urheber der Erkrankung sind bisher vier verschiedene Pilzarten ausgemacht worden, die folgendermaßen beschrieben werden können:

- *Strasseria geniculata* scheint unter den hier aufgeführten Erregern der gefährlichste zu sein. In Saatbeeten tritt er meist nestweise auf. Zum Nachweis suche man auf der Unterseite gebräunter Nadeln nach den schwarzen Conidiomata des Pilzes. Die hier gebildeten zylindrischen und leicht gebogenen Konidien sind farblos, $10-13 \times 3 \mu\text{m}$ groß und am Ende mit einer ca. $15 \mu\text{m}$ langen gestreckten Borste versehen (Abb. 12 e). Als Wirtspflanzen sind verschiedene Arten der Gattungen *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga* und *Taxus* bekannt.

Abb. 12. Pilze an Kiefernämlingen. **a-d** *Sphaeropsis sapinea*: **a** Kiefernadel mit Conidiomata, **b** Fruchtkörperlängsschnitt, **c** Teil der Fruchtkörperwandung, **d** reife Konidien; **e** Konidie von *Strasseria geniculata*.



- *Botrytis cinerea* ist allgemein als Erreger der „Grauschimmelfäule“ bekannt, mit weitgehend wirtsunspezifischem Vorkommen auf zahlreichen Pflanzenarten. In Koniferensaatbeeten tritt er häufig epidemisch auf, oft mit tödlichem Ausgang für die befallenen Pflanzen. Neben dem parasitischen Vorkommen kann der Pilz auch saprobisch auf abgestorbenen Pflanzenresten leben. Makroskopisch lässt sich der Pilz leicht an seinem graubraunen, silbrig-glänzenden Luftmyzel erkennen, das bei hoher Luftfeuchtigkeit auf den erkrankten Triebspitzen zur Entwicklung kommt. Die an mehrfach verzweigten Konidienträgern gebildeten Sporen sind eiförmig und $9\text{--}12 \times 6\text{--}10 \mu\text{m}$ groß (Abb. 67 b ,c).
- *Sphaeropsis sapinea* befällt ein- bis dreijährige Sämlinge verschiedener Kiefernarten. Der Nachweis des Pilzes erfolgt anhand der $30\text{--}45 \times 10\text{--}16 \mu\text{m}$ großen, einzelligen, zunächst farblosen, dann dunkelbraunen Konidien (Abb. 12 a–d). Im Übrigen kommt der Pilz auch an älteren Kiefern vor, wo er ein auffälliges Triebsterben verursacht (s. Kap. 5.2.6).
- *Sirococcus conigenus* ist der Erreger einer von Robert Hartig (1890) erstmals beschriebenen „Fichtentriebkrankheit“, die sowohl an älteren Bäumen (s. Kap. 5.2.4) als auch „verderblich schon in Saat und Pflanzenbeeten auftreten kann“. Besonders gefährdet sind bestimmte Provenienzen von *Picea pungens*, *P. contorta* und *P. sitchensis*. Eindeutig identifizierbar ist der Pilz an seinen spindelförmigen, $12\text{--}14 \times 3 \mu\text{m}$ großen, ein- bis zweizelligen Sporen (Abb. 69 d), die in ca. 0,5 mm großen, braunschwarzen Conidiomata gebildet werden.

Das Auftreten aller genannten Pilzarten wird durch hohe stagnierende Luftfeuchtigkeit begünstigt. Andere Witterungsfaktoren, u. a. die Temperatur, haben eine nur untergeordnete Bedeutung. Auf der anderen Seite scheinen solche Sämlinge besonders anfällig zu sein, die durch Trockenstress, Nährstoffmangel oder Verletzungen gelitten haben.

Für die Verhütung einer Erkrankung sind zunächst hygienische Maßnahmen (Entfernen des befallenen Materials, keine Neuanlage auf bereits verseuchten Quartieren) ratsam. Weiterhin sollten feuchte Lagen gemieden werden. Bei Sämlingsanzuchten unter Glas kann durch Belüftung oder durch Einsatz langsam laufender Ventilatoren eine schnellere Abtrocknung der oberirdischen Pflanzenteile erreicht werden. In Fällen einer erhöhten Erkrankungsgefahr können chemische Bekämpfungsmaßnahmen angezeigt sein. Die aussichtsreichste und umweltfreundlichste Schutzmaßnahme dürfte allerdings in der Wahl wenig anfälliger Herkünfte liegen.

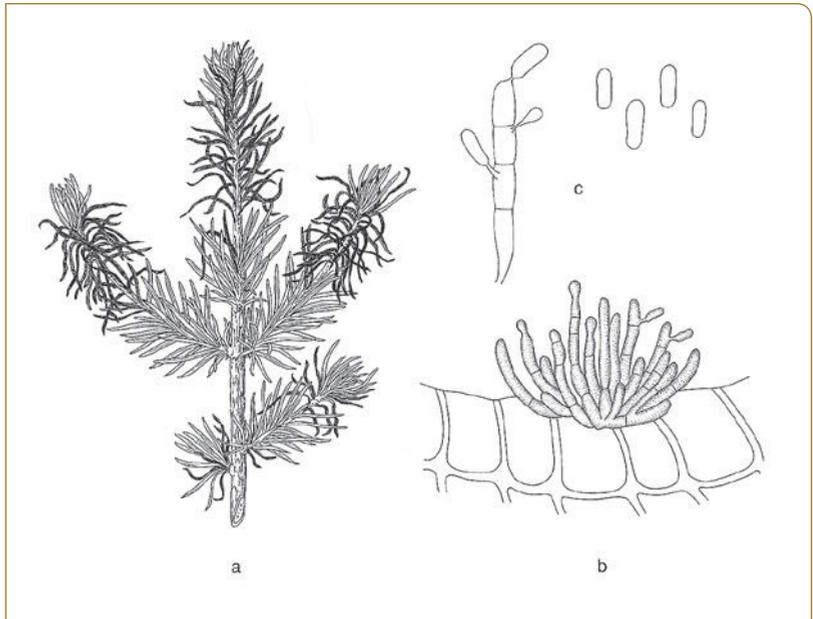
3.2.5 Meria-Lärchenschütte

Erreger: *Rhabdocline laricis* (Vuill.) K. Stone

Syn. *Meria laricis* Vuill.

Gelbliche oder braune Verfärbungen und Welkwerden der Nadeln junger Lärchen im Frühsommer deuten auf einen Befall durch den zu den Deuteromyceten gehörenden Pilz *Rhabdocline laricis* hin. Die Verfärbung beginnt in der Regel an den Nadeln der unteren Zweige und breitet sich mehr oder weniger rasch nach oben zum Gipfeltrieb aus. Ein Teil der getöteten Nadeln fällt sofort ab, während ein anderer Teil zumeist noch lange Zeit an den Zweigen hängen bleibt. In die Zweige scheint der Pilz nicht einzudringen, doch vermag er durch starken Nadelbefall seinen Wirt erheblich zu schwächen und für Sekundärpilze zu disponieren. Bei feuchter Witterung wachsen aus den Spaltöffnungen der Nadeln Sporenträger hervor, die an ihren Enden zahlreiche einzellige, $8-10 \times 2,5-3 \mu\text{m}$ große Sporen abschnüren. Bei Lupenbetrachtung geben sich die gebündelt auftretenden Sporenträger als kleine weiße Punkte auf der Unterseite der Nadeln zu erkennen. Der Pilz überwintert entweder in den noch am Baum hängenden oder bereits abgefallenen Nadeln, auf denen im Frühjahr erneut Sporen ausgebildet werden. Besonders gefährdet sind Sämlinge und jüngere Pflanzen der Europäischen Lärche, wohingegen die Japanische Lärche sowie alle Hybriden selten und dann nur schwach befallen werden (Abb. 13).

Abb. 13. Meria-Lärchenschütte.
a Befallsbild an Europäischer Lärche,
b Konidienträger auf der Nadelunterseite,
c Konidienträger mit Konidien (**b** nach Ferdinandsen und Jørgensen 1938/39; **c** nach Hartig 1900).



4 Schäden an Nadeln und Blättern

4.1 Nichtparasitäre Nadelschäden

Frostschäden können bei Koniferen grundsätzlich dann eintreten, wenn die Temperatur eine Zeit lang unter 0 °C sinkt. Allerdings hängt die Auswirkung tiefer Temperaturen vom Zeitpunkt (Jahreszeit) und dem Zustand (Alter) der Assimilationsorgane ab. Bei den Nadeln spielen praktisch nur der **Winterfrost** und der **Spätfrost** eine Rolle.

Winterfrostschäden treten meist an mehreren Bäumen auf und sind durch eine mehr oder weniger starke Nadelbräune der älteren Nadeljahrgänge charakterisiert. Entweder werden nur die Nadelspitzen oder auch ganze Nadeln hell- bis mittelbraun. Die betroffenen Nadeln bleiben noch längere Zeit am Baum haften, bis sie während des Sommers abfallen. Schäden dieser Art können bei Fichte, Tanne, Kiefer, Douglasie, aber auch bei der Zeder beobachtet werden. Winterfrostschäden entstehen durch einen Temperatureinbruch mit ungewöhnlich tiefen Temperaturen nach einer längeren Wärmeperiode. Ausschlaggebend hierbei ist offenbar die fehlende Frosthärte der Bäume, die durch eine vorangegangene Wärmeperiode aufgehoben oder abgeschwächt wird. Es wird allerdings auch die Ansicht vertreten, dass die winterliche Nadelbräune in besonderen Fällen mit erhöhtem Wasserentzug in Zusammenhang stehe. Diese als **Frosttrocknis** oder auch „Winterdürre“ benannte Erscheinung besitzt ähnliche Symptome wie die durch Erfrieren verursachten Krankheitsbilder. Schäden durch Frosttrocknis werden vor allem bei jüngeren Pflanzen beobachtet, wenn den Nadeln bei stärkerer Besonnung mehr Wasser entzogen wird als die Pflanze aus dem gefrorenen Boden aufzunehmen vermag. Die gleiche Ursache trifft für die in Gebirgslagen vorkommende Nadelverbräunung bei Fichte, Lärche und Zirbe zu. Die Identifizierung von Winterfrost und Winterdürre wird dadurch noch erschwert, dass die normale Frosthärte durch Einwirkung verschiedener Stressfaktoren (SO₂-Einwirkung, Kaliummangel oder trockene Standorte) herabgesetzt werden kann. Schließlich scheint sich auch eine übermäßige Stickstoffernährung negativ auf die Frosttoleranz von Koniferen auszuwirken (Arondson 1980).

Treten tiefe Temperaturen nochmals im Mai oder Juni auf, so kommt es zu **Spätfrostschäden**. Zu diesem Zeitpunkt ist vor allem der Neuaustrieb betroffen, dessen Nadeln zunächst ihre Turgeszenz verlieren und später – oft erst nach Tagen – braun werden (s. Kap. 5.1.2). Ältere Nadeln bleiben von Spätfrösten in der Regel verschont.

Nährstoffmangelschäden werden durch Fehlen bestimmter Nährstoffe oder Spurenelemente im Boden bzw. in den Assimilationsorganen

ausgelöst. Sie äußern sich durch Verkleinerung der Nadeln oder durch Nadelverfärbungen, wobei die Art der Farbänderung in vielen Fällen einen direkten Hinweis auf das fehlende Element gibt. Beispiele:

- **Eisen/Manganmangel** (Kalkchlorose): weißlich gelbe Verfärbung zunächst nur an der Basis der jüngsten Nadeln, später vollständige Vergilbung; ältere Nadeln bleiben grün.
- **Kaliummangel**: schwache gelbliche Nadelverfärbung mit späterer Verbräunung der Nadelspitzen.
- **Magnesiummangel**: Gelbspitzigkeit bis vollständige Vergilbung der Nadeln älterer Nadeljahrgänge; bei der Fichte als reversible „akute Vergilbung“ regional auf sauren Verwitterungsböden, bei jüngeren Kiefern auf ärmeren Sandböden.
- **Stickstoffmangel**: gleichmäßig hellgrüne Verfärbung aller Nadeln; auch Nadelverkleinerung und Triebverkürzung.

Zur Absicherung der Diagnose sind chemische Nadelanalysen erforderlich. Weitere Angaben zu Nährstoffmangelerscheinungen sind der speziellen Literatur zu entnehmen (Bergmann 1993, Hartmann und Butin 2017, Sinclair und Lyon 2005).

Unter **Salzschäden** versteht man überwiegend die durch Auftausalz (NaCl) entstandenen Schäden an Blättern, Nadeln und Zweigen. Entsprechend den Hauptanwendungsbereichen sind Bäume entlang von Straßen und Wegen besonders betroffen. Entweder handelt es sich hierbei um unmittelbare Einwirkung von salzhaltigem Spritzwasser auf Nadeln und Triebe, oder die Salzlösung gelangt über den Boden zu den Assimilationsorganen. Als Sonderfall gelten die in Küstennähe auftretenden Schäden, verursacht durch salzhaltigen Seewind.

Die an Nadeln auftretenden Symptome einer Salzschädigung sind weitgehend unspezifisch. Bei Fichte und Douglasie verfärben sich die Nadeln des jüngsten Jahrganges rotbraun und fallen später ab. Bei der weniger empfindlichen Tanne verfärben sich die Nadeln selbst bei stärkerer Salzeinwirkung nur olivgrau bis olivbraun, oder sie werden gelblich. Besonders empfindlich ist die Serbische Fichte, deren Symptome unter dem Namen „Omorika-Sterben“ oder „Nadelbräune der Omorika-Fichte“ bekannt sind. Als Krankheitssymptome gelten hier fleckenartige Chlorosen sowie Nadelverbräunungen, die von der Nadelspitze aus beginnen, wobei die Nadeln an der Triebspitze am stärksten betroffen sind. Ursache solcher Schäden können u. a. auch Cl-haltige Düngemittel sein, wobei selbst sogenannte Tannen- oder Gartendünger betroffen sein können. Zur Verhütung von Salzschäden achte man daher auf Cl-freie Düngemittel. Für eine Sanierung bereits geschädigter Omorika-Fichten haben sich hohe Gaben von Magnesiumsulfat (Bittersalz) bewährt. Bei der Verwendung von Cl-haltigen Auftausalzen gilt die allgemeine Empfehlung einer sparsamen ziel-