

Wolfgang Rohe

Die Borkenkäfer

Deutschlands, Österreichs und der Schweiz

Mit Splint- und Eichenkernholzkäfern



QUELLE & MEYER

Wolfgang Rohe

Die Borkenkäfer

Deutschlands, Österreichs und der Schweiz

Mit Splint- und Eichenkernholzkäfern



Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
2	Systematik und Morphologie der Käfer	14
2.1	Systematik und wissenschaftliche Namensgebung (Nomenklatur)	14
2.2	Morphologie und Anatomie der Käfer	22
3	Biologie	30
3.1	Die Brutbilder und Ernährungsweise von Rinden- und Holzbrütern sowie die Nahrung von Bewohnern krautiger Pflanzen.	30
3.2	Antagonisten, Kommensalen und Symbionten – natürliche Gegenspieler, Begleitarten und Symbiosepartner.	34
3.2.1	Vögel.	34
3.2.2	Gliedertiere.	36
3.2.2.1	Insekten	36
3.2.2.2	Milben (Acari)	52
3.2.2.3	Spinnen	54
3.2.3	Nematoden	54
3.2.4	Mikrosporidien, Bakterien und eukaryontische Einzeller sowie Viren (Entomopathogene)	56
3.2.5	Pilze.	57
3.3	Reproduktion.	61
3.4	Lebenszyklus	62
3.5	Ökologische und wirtschaftliche Bedeutung	64
3.6	Wechselwirkungen, Kommunikation	70
4	Zur Benutzung des Schlüssels	74
5	Unterfamilien-Schlüssel: Platypodinae – Eichenkernholzkäfer, Scolytinae – Splintkäfer und Ipinae – Borkenkäfer	76
	Nachfolgend sind die einzelnen Arten am Ende nach ihrer Lebensweise mit Buchstaben-Codes charakterisiert:	
RB	Rindenbrüter	
HB	Holzbrüter und Ambrosiapilzzüchter	
WB	Wurzelhalsbrüter	
N	Wirtspflanzen sind Nadelgehölze; bei enger/bevorzugter Wirtsbaumwahl wird die Gattung in Klammern genannt	
L	Wirtspflanzen sind Laubgehölze	
K	Wirtspflanzen sind krautige Pflanzen (selten)	
St	Wirtspflanzen sind Sträucher (selten)	
KS	Wirtspflanzen sind krautige Pflanzen und Sträucher (selten)	
G	nicht heimische Gastart	
I	invasive fremdländische Art	
S	seltene heimische Art	
5.1	Unterfamilie Platypodinae Shuckard, 1840 – Eichenkernholzkäfer	76
5.1.1	Gattungs- und Artenschlüssel der Unterfamilie Platypodinae- Eichenkernholzkäfer.	77
	Gattung: Platypus Herbst, 1793	78
	<i>Platypus cylindrus</i> (F., 1792) HB/L	78

	Gattung Treptoplatypus Wood, 1993	82
	<i>Treptoplatypus oxyurus</i> L. Dufour, 1843 HB/N (<i>Abies</i>)/G	82
5.2	Unterfamilie Scolytinae Latreille, 1804 – Splintkäfer	84
	(Rindenbrüter an Laubbäumen) Scolytini Latreille, 1804	84
	Gattung Scolytus Geoffroy 1762 – Splintkäfer	85
	<i>Scolytus kirschii kirschii</i> Skalitzky, 1876 RB/L (<i>Ulmus</i>)	91
	<i>Scolytus multistriatus multistriatus</i> (Marshall, 1802) – Kleiner Ulmensplintkäfer RB/L (<i>Ulmus</i>)	95
	<i>Scolytus ensifer</i> Eichhoff, 1881 RB/L (<i>Ulmus</i>)	99
	<i>Scolytus laevis</i> Chapuis, 1869 – Mittlerer Ulmensplintkäfer RB/L	101
	<i>Scolytus pygmaeus</i> (Fabricius, 1787) – Zwergsplintkäfer RB/L	106
	<i>Scolytus ratzeburgii</i> E. W. Janson, 1856 – Großer Birkensplintkäfer RB/L (<i>Betula</i>)	108
	<i>Scolytus scolytus</i> (Fabricius, 1775) – Großer Ulmensplintkäfer RB/L (<i>Ulmus</i>)	112
	<i>Scolytus triarmatus</i> (Eggers, 1912) RB/ (<i>Ulmus</i>)	117
	<i>Scolytus eichhoffi</i> Reitter, 1894 RB/L	120
	<i>Scolytus sulcifrons</i> Rey, 1892 RB/L (<i>Ulmus</i>)	123
	<i>Scolytus intricatus</i> (Ratzeburg, 1837) – Eichen-Splintkäfer RB/L (<i>Quercus</i>)	126
	<i>Scolytus rugulosus</i> (P. W. Müller, 1818) – Runzlicher Obstbaumsplintkäfer RB/L	130
	<i>Scolytus amygdali</i> Guérin-Ménéville, 1847 – Mandelsplintkäfer RB/L	132
	<i>Scolytus koenigi</i> Schevyrew, 1890 – Ahorn-Splintkäfer RB/L (<i>Acer</i>)	136
	<i>Scolytus mali</i> (Bechstein, 1805) – Großer Obstbaum-Splintkäfer RB/L	139
	<i>Scolytus carpini</i> (Ratzeburg, 1837) – Hainbuchen-Splintkäfer RB/L (<i>Carpinus</i>)	143
5.3	Unterfamilie Ipinae Reitter, 1913 – Borkenkäfer	148
5.3.1	Gattungsschlüssel zur Unterfamilie Ipinae Reitter, 1913 – Borkenkäfer	148
5.3.1.1	Bastkäfer (an Laub- und Nadelbäumen als Rinden- und Wurzelbrüter)	154
	Tribus Hylastini LeConte, 1876	154
	Gattung Hylastes Erichson, 1836	154
	<i>Hylastes linearis</i> Erichson, 1836 WB/N (<i>Pinus</i>) in Stöcken	156
	<i>Hylastes cunicularius</i> Erichson, 1836 WB/N (<i>Picea</i>)	159
	<i>Hylastes fallax</i> Wichmann, 1911	164
	<i>Hylastes ater</i> (Paykull, 1800) – Schwarzer Kiefernbastkäfer WB/N (<i>Pinus</i>)	164
	<i>Hylastes brunneus</i> (Erichson, 1836) WB/N	167
	<i>Hylastes opacus</i> Erichson, 1836 WB/N (<i>Pinus</i>)	170
	<i>Hylastes attenuatus</i> Erichson, 1836 WB/N (<i>Pinus</i>)	172
	<i>Hylastes angustatus</i> (Herbst, 1793) WB/N (<i>Pinus</i>)	174
	Gattung Hylurgops Le Conte, 1876	177
	<i>Hylurgops glabratus</i> (Zetterstedt, 1828) – Dunkelbrauner Fichtenbastkäfer RB/N/S	178
	<i>Hylurgops palliatus</i> (Gyllenhal, 1813) – Gelbbrauner Fichtenbastkäfer RB/N	182
	Tribus Hylesinini Erichson, 1836	184
	Gattung Hylastinus Bedel, 1888	184
	<i>Hylastinus obscurus</i> (Marshall, 1802) KS/S	185
	<i>Hylastinus fankhauseri</i> Reitter, 1895 ST	188

Gattung Hylesinus Fabricius, 1801	191
<i>Hylesinus wachtli</i> Reitter, 1887	192
<i>Hylesinus varius</i> (Fabricius, 1775) – Bunter Eschenbastkäfer RB/L	195
<i>Hylesinus toranio</i> (D'Anthoine, 1788) – Kleiner schwarzer Eschenbastkäfer RB/L	199
<i>Hylesinus crenatus</i> (Fabricius, 1787) – Großer schwarzer Eschenbastkäfer RB/L	202
Gattung Kissophagus Chapuis, 1869	207
<i>Kissophagus vicinus</i> (Comolli, 1837) – Efeu-Borkenkäfer L (<i>Hedera</i>)/S	207
<i>Kissophagus novaki</i> Reitter, 1894 – Südlicher Efeu-Borkenkäfer L (<i>Hedera</i>)/S....	209
Gattung Pteleobius Bedel, 1888	211
<i>Pteleobius vittatus</i> (Fabricius, 1787) – Kleiner bunter Ulmenbastkäfer RB/L	
(<i>Ulmus</i>)	211
<i>Pteleobius kraatzii</i> (Eichhoff, 1864) – Bunter Ulmenbastkäfer RB/L (<i>Ulmus</i>)	215
Gattung Chaetoptelius Fuchs 1912	217
<i>Chaetoptelius vestitus</i> (Mulsant & Rey, 1861) RB/L (<i>Pistacia</i>)/G	218
Tribus Hylurgini Gistel, 1848	220
Gattung Dendroctonus Erichson, 1836	220
<i>Dendroctonus micans</i> (Kugelann, 1794) – Riesenbastkäfer RB/N.....	221
Gattung Hylurgus Latreille, 1807	223
<i>Hylurgus ligniperda</i> (Fabricius, 1787) WB/N (<i>Pinus</i>).....	223
<i>Hylurgus micklitzi</i> Wachtl, 1881 WB/N (<i>Pinus</i>).....	225
Gattung Tomicus Latreille, 1802	227
<i>Tomicus minor</i> (Hartig, 1834) – Kleiner Waldgärtner RB/N (<i>Pinus</i>).....	228
<i>Tomicus piniperda</i> (Linnaeus, 1758) – Großer Waldgärtner RB/N (<i>Pinus</i>).....	231
Gattung Xylechinus Chapuis, 1869	236
<i>Xylechinus pilosus</i> (Ratzeburg, 1837) – Fichtenbastkäfer RB/N	236
Tribus Phloeosinini Nüsslin, 1912	238
Gattung Phloeosinus Chapuis, 1869	238
<i>Phloeosinus aubei</i> (Perris, 1855) RB/N	240
<i>Phloeosinus thujae</i> (Perris, 1855) – Wacholder-Borkenkäfer RB/N.....	243
<i>Phloeosinus sequoiae</i> (Hopkins, 1903) RB/N/G.....	249
Tribus Phloeotribini Chapuis, 1869	250
Gattung Phloeotribus Latreille, 1786 (= <i>Phthorophloeus</i> Rey 1883)	
(= <i>Phloeophthorus</i> Wollaston 1854)	250
<i>Phloeotribus caucasicus</i> Reitter, 1891 RB/L (<i>Fraxinus</i>)	252
<i>Phloeotribus scarabaeoides</i> (Bernard, 1788) RB/L.....	255
<i>Phloeotribus spinulosus</i> (Rey, 1883) RB/N (<i>Picea</i>)	258
<i>Phloeotribus rhododactylus</i> (Marsham, 1802) – Ginster-Borkenkäfer RB/ST	261
<i>Phloeotribus cristatus</i> (Fauvel, 1889) Westschweiz	264
<i>Phloeotribus liminaris</i> Harris, 1852 – Spätblühende Traubenkirschen-Borkenkäfer	
RB/L (<i>Prunus</i>)/G	266
Tribus Polygraphini Chapuis, 1869	268
Gattung Carphoborus Eichhoff, 1864	268

<i>Carphoborus minimus</i> (Fabricius, 1798) RB/N (<i>Pinus</i>)	269
<i>Carphoborus rossicus</i> Semenov, 1902 RB/N (<i>Picea</i>)	273
Gattung Polygraphus Erichson, 1836	273
<i>Polygraphus grandiclava</i> C. G. Thomson, 1886 – Kirschbaum-Borkenkäfer RB/N	274
<i>Polygraphus poligraphus</i> (Linnaeus, 1758) – Doppeläugiger Fichtenbastkäfer RB/N	277
<i>Polygraphus subopacus</i> C. G. Thomson, 1871 RB/N	281
Tribus Hypoborini Nüsslin, 1911	285
Gattung Hypoborus Erichson, 1836	285
<i>Hypoborus ficus</i> Erichson, 1836 – Feigenbaum-Borkenkäfer RB/L (<i>Ficus</i>)/G	286
Gattung Liparthrum Wollaston, 1854	290
<i>Liparthrum mori</i> (Aube, 1862) RB/L (<i>Morus</i>)/G	290
<i>Liparthrum bartschti</i> Mühl, 1891 RB/L (<i>Mispel</i>)/G	292
 5.3.1.2 Gezähnte Borkenkäfer oder Borkenkäfer im engeren Sinne (Forstwirtschaftlich wichtige Rindenbrüter an Nadel- und Laubbäumen sowie Holzbrüter; einzelne Arten auch in krautigen Pflanzen)	 294
 Tribus Corthylini LeConte, 1876	 294
Gattung Gnathotrichus Eichhoff, 1869	295
<i>Gnathotrichus materiarius</i> (Fitch, 1858) HB/N/I	296
Gattung Pityophthorus Eichhoff, 1864	299
<i>Pityophthorus exsculptus</i> (Ratzeburg, 1837) – Gekerbter Fichten-Borkenkäfer RB/N (<i>Picea</i>)	302
<i>Pityophthorus pityographus pityographus</i> (Ratzeburg, 1837) – Gefurchter Fichtenborkenkäfer RB/N	306
<i>Pityophthorus micrographus micrographus</i> (Linnaeus, 1758) – Haarstirn- Borkenkäfer, Furchenflügeliger Fichtenborkenkäfer, Fichten-Haarstirn- borkenkäfer, Kleiner nordischer Borkenkäfer RB/N	309
<i>Pityophthorus traegardhi</i> Spessivtseff, 1921 RB/N (<i>Picea</i>)	312
<i>Pityophthorus glabratus</i> Eichhoff, 1878 – Glatter Borkenkäfer RB/N	314
<i>Pityophthorus buyssoni buyssoni</i> Reitter, 1901 RB/N	318
<i>Pityophthorus lichtensteinii</i> (Ratzeburg, 1837) – Waldföhren-Borkenkäfer RB/N	319
<i>Pityophthorus knoteki</i> Reitter, 1898 – Knoteks Arven-Borkenkäfer RB/N (<i>Pinus</i>)/S	322
<i>Pityophthorus pubescens</i> (Marsham, 1802) – Flaumiger Borkenkäfer RB/N (<i>Pinus</i>)	325
<i>Pityophthorus carniolicus</i> Wichmann, 1910 – Krainer Kiefern-Borkenkäfer RB/N (<i>Pinus</i>)/S	327
<i>Pityophthorus morosovi</i> Spessivtseff, 1926 – Fichtenzweig-Borkenkäfer RB/N	329
<i>Pityophthorus henscheli</i> Seitner, 1887 – Bergföhren-Borkenkäfer RB/N (<i>Pinus</i>)/S	331
<i>Pityophthorus solus</i> Blackman, 1928 RB/N (<i>Pinus</i>)/G	334

Tribus Cryphalini Lindemann, 1877	335
Gattung Cryphalus Erichson, 1836	335
<i>Cryphalus piceae</i> (Ratzeburg, 1837) – Kleiner Tannenborkenkäfer RB/N (<i>Abies</i>)	337
<i>Cryphalus intermedius</i> Ferrari, 1867 – Kleiner Lärchenborkenkäfer, Kleiner gekörnter Lärchenborkenkäfer RB/N	340
<i>Cryphalus abietis</i> (Ratzeburg, 1837) – Gekörnter Fichtenborkenkäfer RB/N	342
<i>Cryphalus saltuarius</i> Weise, 1891 – Bergwaldborkenkäfer RB/N/S	344
Tribus Ernoporini Nüsslin, 1911	347
Gattung Ernoporicus Berger, 1916	347
<i>Ernoporicus caucasicus</i> (Lindemann, 1876) – Kaukasischer Linden- Borkenkäfer, Kleiner Linden-Borkenkäfer RB/L (<i>Tilia</i>)	347
<i>Ernoporicus fagi</i> (Fabricius, 1798) – Kleiner Laubholz-Borkenkäfer RB/L (<i>Fagus</i>)	349
Gattung Ernoporus Thomson, 1859	351
<i>Ernoporus tiliae</i> (Panzer, 1793) – Linden-Borkenkäfer, Gewöhnlicher Linden-Borkenkäfer RB/L (<i>Tilia</i>)	352
Tribus Xyloterini LeConte, 1876	353
Gattung Trypodendron Stephens, 1830	353
<i>Trypodendron domesticum</i> (Linnaeus, 1758) – Buchen-Nutzholzborkenkäfer, Laubnutzholzborkenkäfer HB/L	355
<i>Trypodendron laeve</i> Eggers, 1939 – Glatter Nutzholzborkenkäfer HB/N/S	362
<i>Trypodendron lineatum</i> (Olivier, 1795) – Gestreifter Nutzholzborkenkäfer, Liniertes Nutzholzborkenkäfer, Nadelholz-Ambrosiakäfer HB/N	364
<i>Trypodendron signatum</i> (Fabricius, 1792) – Eichen-Nutzholzborkenkäfer, Liniertes Laubnutzholz-Ambrosiakäfer, Liniertes Laubnutzholzborkenkäfer HB/L	369
Tribus Trypophloeini Nüsslin, 1911	371
Gattung Trypophloeus Fairmaire, 1869	371
<i>Trypophloeus alni</i> (Lindemann, 1875) RB/L (<i>Alnus</i>)	373
<i>Trypophloeus rybinskii</i> rybinskii Reitter, 1895 RB/L (<i>Salix</i>)/S	374
<i>Trypophloeus binodulus</i> (Ratzeburg, 1837) RB/L (<i>Populus</i>)	375
<i>Trypophloeus granulatus</i> (Ratzeburg, 1837) RB/L (<i>Populus</i>)	377
Gattung Hypothenemus Westwood, 1836	379
<i>Hypothenemus eruditus</i> Westwood, 1836 RB/L + Palmen .../G	379
Tribus Crypturgini LeConte, 1876	382
Gattung Crypturgus Erichson, 1836	382
<i>Crypturgus hispidulus</i> C. G. Thomson, 1870 – Rauer Zwergborkenkäfer, Kleiner borstiger Nadelholzborkenkäfer RB/N	383
<i>Crypturgus pusillus</i> (Gyllenhal, 1813) – Winziger Fichtenborkenkäfer RB/N	385
<i>Crypturgus cinereus</i> (Herbst, 1794) – Kleiner Kiefernborstenkäfer RB/N	386
<i>Crypturgus subcristatus</i> Eggers, 1933 RB/N	389

Tribus Dryocoetini Lindemann, 1876	391
Gattung <i>Xylocleptes</i> Ferrari, 1867	391
<i>Xylocleptes bispinus</i> (Duftschmid, 1825) – Waldreben-Borkenkäfer RB/L	
(<i>Clematis</i>)	392
Gattung <i>Coccotrypes</i> Eichhoff, 1878	396
<i>Coccotrypes dactyliperda</i> (Fabricius, 1801) – Dattelnkern-Borkenkäfer	
in Samen/Palmen/G.	397
Gattung <i>Dactylotrypes</i> Eggers, 1927	400
<i>Dactylotrypes longicollis</i> (Wollaston, 1864) in Samen/Palmen +	
Drachenbäumen/G.	401
 Gattung <i>Dryocoetes</i> Eichhoff, 1864	403
<i>Dryocoetes autographus</i> (Ratzeburg, 1837) – Zottiger Fichtenborkenkäfer	
RB/N	404
<i>Dryocoetes hectographus</i> Reitter, 1913 – Skandinavischer Walzen-	
borkenkäfer RB/N.	407
<i>Dryocoetes alni</i> (Georg, 1856) – Französischer Erlenborkenkäfer,	
Erlenborkenkäfer RB/L	408
<i>Dryocoetes villosus villosus</i> (Fabricius, 1792) – Zottiger Eichenborkenkäfer	
RB/L.	410
<i>Dryocoetes himalayensis</i> Strohmeyer, 1908 RB/L/G	414
 Gattung <i>Lymantor</i> Løvendal, 1889	420
<i>Lymantor coryli</i> (Perris, 1855) – Hasel-Borkenkäfer, Haselnuss-Borkenkäfer	
RB/L.	421
<i>Lymantor aceris aceris</i> (Lindemann, 1875) – Ahorn-Borkenkäfer RB/L/S	422
 Tribus Taphrorychini Reitter, 1913	424
Gattung <i>Taphrorychus</i> Eichhoff, 1878	424
<i>Taphrorychus hirtellus</i> Eichhoff 1878	426
<i>Taphrorychus villifrons</i> (Dufour, 1843) – Kleiner Eichen-Borkenkäfer RB/L/S	429
<i>Taphrorychus bicolor</i> (Herbst, 1794) – Kleiner Buchen-Borkenkäfer RB/L	431
<i>Taphrorychus alni</i> Pfeffer, 1940 – Kleiner Erlen-Borkenkäfer RB/L (<i>Alnus</i>)	436
<i>Taphrorychus siculus</i> Eggers, 1908 RB/L (<i>Alnus</i>)	437
 Tribus Thamnurgini Eichhoff, 1864	439
Gattung <i>Thamnurgus</i> Eichhoff, 1864	439
<i>Thamnurgus varipes</i> Eichhoff, 1878 – Wolfsmilchkraut-Borkenkäfer K/S	441
<i>Thamnurgus euphorbiae</i> (Küster, 1845) – Südlicher Krautborkenkäfer K	
(<i>Euphorbia</i>)	444
<i>Thamnurgus delphinii</i> (Rosenhauer, 1856) – Rittersporn-Krautborkenkäfer	
K/ (<i>Delphinium</i>)/S	446
<i>Thamnurgus petzi</i> Reitter, 1901 – Eisenhut-Krautborkenkäfer K	
(<i>Aconitum</i>)/S	447
<i>Thamnurgus kaltenbachii</i> Bach, 1849 – Gamander-Krautborkenkäfer,	
Kraut-Borkenkäfer K/S	448

Tribus Ipsini Bedel, 1888	450
Gattung Ips De Geer, 1775	450
<i>Ips acuminatus</i> (Gyllenhal, 1827) – Sechszähliger Kiefernborke n käfer RB/N (<i>Pinus</i>)	452
<i>Ips sexdentatus</i> (Boerner, 1766) – Zwölfzähliger Kiefernborke n käfer, Großer zwölfzähliger Kiefernborke n käfer RB/N (<i>Pinus</i>)	457
<i>Ips duplicatus</i> (C. R. Sahlberg, 1836) – Nordischer Fichtenborke n käfer RB/N	462
<i>Ips typographus</i> (Linnaeus, 1758) – Buchdrucker, Großer achtzähliger Fichtenborke n käfer RB/N (<i>Picea</i>)	465
<i>Ips amitinus</i> (Eichhoff, 1872) – Kleiner achtzähliger Fichtenborke n käfer RB/N (<i>Picea</i>)	473
<i>Ips cembrae</i> (Heer, 1836) – Großer Lärchenborke n käfer, Achtzähliger Lärchenborke n käfer RB/N	477
Gattung Orthotomicus Ferrari, 1867	481
<i>Orthotomicus mannsfeldi</i> (Wachtl, 1880) – Schwarzkiefern-Borke n käfer RB/N (<i>Pinus</i>)	484
<i>Orthotomicus longicollis</i> (Gyllenhal, 1827) – Langhalsiger Kiefern- borke n käfer RB/N (<i>Pinus</i>)	489
<i>Orthotomicus erosus</i> (Wollaston, 1857) RB/N	495
<i>Orthotomicus robustus</i> (Knotek, 1899) RB/N	500
<i>Orthotomicus tridentatus</i> Eggers, 1921 RB/N	504
<i>Orthotomicus starki</i> Spessivtseff, 1926 (noch nicht im Untersuchungs- gebiet nachgewiesen; aber angrenzend in Nordpolen) RB/N	508
<i>Orthotomicus suturalis</i> (Gyllenhal, 1827) RB/N	509
<i>Orthotomicus proximus</i> (Eichhoff, 1868) RB/N (<i>Pinus</i>)	511
<i>Orthotomicus laricis</i> (Fabricius, 1792) – Vielzähliger Kiefernborke n käfer RB/N	514
Gattung Pityogenes Bedel, 1888	517
<i>Pityogenes chalcographus</i> (Linnaeus, 1760) – Kupferstecher RB/N (<i>Picea</i>)	519
<i>Pityogenes trepanatus</i> (Nördlinger, 1848) RB/N (<i>Pinus</i>)	529
<i>Pityogenes irkutensis monacensis</i> Fuchs, 1911 RB/N (<i>Pinus</i>)	532
<i>Pityogenes irkutensis irkutensis</i> RB/N (<i>Pinus</i>)	534
<i>Pityogenes bidentatus</i> (Herbst, 1784) RB/N	537
<i>Pityogenes quadridens</i> (Hartig, 1834) RB/N (<i>Pinus</i>)	540
<i>Pityogenes bistridentatus</i> (Eichhoff, 1878) RB/N (<i>Pinus</i>)	544
<i>Pityogenes conjunctus</i> Reitter, 1887 – Kleiner Arvenborke n käfer RB/N (<i>Pinus</i>)	547
Gattung Pityokteines Fuchs, 1911	550
<i>Pityokteines spinidens</i> (Reitter, 1895) – Westlicher Tannenborke n käfer RB/N	552
<i>Pityokteines vorontzowi</i> Jakobson, 1896 – Mittlerer Tannenborke n käfer, Vorontzowis Tannenborke n käfer RB/N (<i>Abies</i>)	556
<i>Pityokteines curvidens</i> (Germar, 1824) – Krummzähliger Tannen- borke n käfer, Krummzähliger Weißtannenborke n käfer RB/N (<i>Abies</i>)	560

Tribus Xyleborini LeConte, 1876	565
Gattung Anisandrus Ferrari, 1867	565
<i>Anisandrus maiche</i> (Kurentzov, 1941) – HB/L/I	566
<i>Anisandrus dispar</i> (Fabricius, 1792) – Ungleicher Holzbohrer HB/L	567
Gattung Heteroborips Reitter, 1913 (partim <i>Xyleborus</i>)	573
<i>Heteroborips cryptographus</i> (Ratzeburg, 1837) HB/(<i>Populus</i>)	573
Gattung Xyleborinus Reitter, 1913	577
<i>Xyleborinus attenuatus</i> (Blandford, 1894) HB/L/G	578
<i>Xyleborinus saxeseni</i> (Ratzeburg, 1837) – Kleiner Holzbohrer HB	580
Gattung Xyleborus Eichhoff, 1864	588
<i>Xyleborus affinis</i> Eichhoff, 1868	590
<i>Xyleborus cryptographus</i> (Ratzeburg, 1837) RB/Ambrosia/(<i>Populus</i>)	592
<i>Xyleborus eurygraphus</i> (Ratzeburg, 1837) HB/(<i>Pinus</i>)	595
<i>Xyleborus monographus</i> (Fabricius, 1792) Gehöckerter Eichenholzbohrer HB/(<i>Quercus</i>)	600
<i>Xyleborus dryographus</i> (Ratzeburg, 1837) – Gekörnter Nutzholzborkenkäfer HB/(<i>Quercus</i>)	603
<i>Xyleborus pfeilii</i> (Ratzeburg, 1837) HB/(<i>Alnus</i>)	606
Gattung Xylosandrus Reitter, 1913	608
<i>Xylosandrus crassiusculus</i> (Motschulsky, 1866) – Asiatischer Nutzholz- borkenkäfer HB/L/I	609
<i>Xylosandrus morigerus</i> Blandford, 1894 HB/in Gewächshäusern/G	613
<i>Xylosandrus germanus</i> (Blandford, 1894) – Japanischer Nutzholz- borkenkäfer HB/I	614
Gattung Cyclorhipidion Hagedorn, 1912	620
<i>Cyclorhipidion distinguendum</i> (Eggers, 1930) HB/I	621
<i>Cyclorhipidion pelliculosum</i> (Eichhoff, 1878) HB/L/I	623
<i>Cyclorhipidion bodoanum</i> (Reitter, 1913) HB/I	627
6 Auswahl an Wirtspflanzen und ihre Splint-, Borken- und Kernholzkäfer	631
7 Danksagung	642
8 Literatur	643
9 Internet	657
10 Glossar/Fachbegriffe	658
11 Register	663
Der Autor	676

1 Einleitung

Der König des Waldes ist nicht der Rothirsch, sondern der Borkenkäfer.

Der Mensch verursacht den Klimawandel, das Insektensterben und das massive Eindringen fremder Arten in unserer heimischen Natur. Diese neuartigen globalen Veränderungen weisen in Zukunft in Mitteleuropa dem Buchdrucker und anderen Borken- sowie Splintkäfern eine große gestalterische Bedeutung in unseren Wäldern und urbanen Gehölzbeständen zu. Auch in höheren Lagen in Deutschland, Österreich und der Schweiz erlauben die steigenden Temperaturen einen früheren Schwärmbeginn und eine längere Entwicklungszeit der Borkenkäfer. Dadurch erreicht das Vermehrungspotenzial der Borkenkäfer eine neue Dimension und das Risiko für Massenvermehrungen, auch in Hochlagen, steigt kontinuierlich. Der ausbleibende Niederschlag in der Vegetationszeit und die hohen Temperaturen erfordern deshalb einen grundlegenden Wandel im Waldbau und in der Gestaltung von städtischem Grün (verändert nach Schopf & Hoch 2019) sowie dem Umgang mit urbanem Wasser. Langfristige gesamtheitliche Planungen unter Berücksichtigung der Land- und Wasserwirtschaft sind unumgänglich. Lokal und temporär können mit chemischen Mitteln Borkenkäfer zurückgedrängt werden. Aber langfristig und großflächig sind Insektizide ohne Aussicht auf Erfolg. Vielversprechend dagegen sind biologische Regulierungsmechanismen. Eine dauerhafte und nachhaltige naturnahe Bewirtschaftung der Wälder ist nur mit den Borkenkäfern und ihren natürlichen Feinden (Antagonisten) realisierbar. Umso wichtiger sind grundlegende Kenntnisse zur Lebensweise, Ökologie und Systematik der gehölzbewohnenden Käfer.

Viele Rindenbrüter-Arten und nadelfressende Insekten profitieren von einer Temperaturzunahme und Trockenperioden. Trockenstress ist ein wichtiger Faktor in der Prädisposition von Beständen für den Befall durch Buchdrucker und beeinflusst maßgeblich die Interaktionen zwischen der Wirtsbaumart Fichte, wirtssuchenden Borkenkäfern und mit den Käfern assoziierten Bläuepilzen (Netherer 2022). Borkenkäfer sind in der Regel die ers-

ten Besiedler von geschwächten oder toten Bäumen. Sie sind Türöffner oder Initiatoren für ein ganzes Netzwerk von Zersetzern (Destruenten). Sie beschleunigen oder ermöglichen erst die Verwertung der schwer abbaubaren Holz- und Rindensubstanzen. Deshalb nehmen sie eine Schlüsselrolle im Ökosystem Wald ein. Die Bodenfruchtbarkeit ist also abhängig von der Aktivität der Borkenkäferfauna. Sie bilden eine wichtige, oft sogar zentrale Nahrungsbasis für eine Vielzahl von Waldbewohnern. Sie erhöhen dadurch wesentlich die Biodiversität in unseren Wäldern. Mit dem schnellen und umfangreichen Abbau durch ihre enorme Vermehrungsrate können sie zügig auf Ereignisse wie Sturmwurf, Trockenheit und andere Störungen reagieren und die natürliche Dynamik des Waldökosystems beschleunigen. Sie sind Indikatoren und zeigen waldbauliche Fehler auf, aber auch die konkreten Auswirkungen des Klimawandels. Sie können sich auch hervorragend auf neue Baumarten einstellen und diese entsprechend als Nahrungsgrundlage nutzen (z. B. Douglasie). Und sie sind Wettstreiter mit dem Menschen. Lässt er sich zu viel Zeit mit der Holzentnahme, so verwerten sie diese Ressource in ihrer ökologischen Art und Weise.

Die zukünftige Forstwirtschaft muss den Walderhalt sichern. Die Wald-Funktionen sind volkswirtschaftlich, aber auch ökologisch von sehr hoher Bedeutung. Da der Klimawandel viele Standorte schon jetzt stark verändert hat, stoßen unsere heimischen Baumarten an ihre physiologischen Grenzen. Diese Hürden zu überwinden erfordert auch den Einsatz von gebietsfremden Baumarten. Diese standortspassenden „Helfer-Arten“ können einen Vorwald begründen, der zeitlich limitiert und nutzbar ist. Unter den jetzigen Bedingungen bildet sich unter seinem Schutzmantel ein Binnenklima, sprich Waldinnenklima aus, das für unsere heimischen Arten behaglich ist. Dadurch erhalten sie eine Chance zum Heranwachsen und zur Etablierung. Diese anspruchsvolle Aufgabe ist nur mit qualifiziertem Fachpersonal sowie breiter Unterstützung der Bevölkerung und Politik möglich. Wir sollten uns nicht noch mehr Zeit lassen mit der Lösung der zukünftigen Herausforderungen.

2 Systematik und Morphologie der Käfer

2.1 Systematik und wissenschaftliche Namensgebung (Nomenklatur)

In der zoologischen Systematik werden für alle bekannten Arten eindeutige Namen vergeben und in einem stufig gegliederten System angeordnet. Seit die Evolutionstheorie von Charles Darwin wissenschaftlich anerkannt ist, wird die Ähnlichkeit der Spezies als Ausdruck der genealogischen Verwandtschaft verstanden, und man versucht sie nach gemeinsamer Abstammung anzuordnen (phylogenetisches System). Dieses System stellt Informationen zur Abänderung der Lebensformen im Laufe der Evolution zur Verfügung (Honomichl 2003).

Zur Erforschung der natürlichen Verwandtschaft werden anatomische Merkmale (z. B. der Geschlechtsapparat, der Proventriculus), morphologische (sprich der Körperbau), verhaltensbiologische (z. B. der Bau der Brutbilder), chemische (z. B. die Aminosäuren-Ausstattung) und im zunehmenden Maße genetische Merkmale verwendet.

Das System ist hierarchisch angeordnet. Die jeweilige Stufe ist an der Endung des wissenschaftlichen Namens erkennbar. Die Ordnung der Käfer (Coleoptera) umfasst mehrere Überfamilien (engl. superfamily). Die Überfamilie der Rüsselkäferartigen endet mit Curculionoidea. Die Familie der Rüsselkäfer endet mit Curculionidae und die Unterfamilie der Borkenkäfer endet mit Ipinae. Der Name einer Tribus endet auf -ini und einer Untertribus (engl. subtribus) auf -ina (ICZN 1999).

In der Natur begegnen uns ausschließlich Individuen. Das Zusammenfassen in Gruppen (Taxa) ist also eine Hilfskonstruktion des Menschen für seine wissenschaftliche Arbeit – mit einer Ausnahme: Die Individuen zeigen immer klar und eindeutig durch ihr natürliches Verhalten während der Fortpflanzung, dass sie gruppenweise zusammen gehören zu einer Kategorie – der Art (Honomichl 2003). Diese Kategorie ist die unumstrittene Grundlage aller systematischen Erkenntnisse auf der Welt. Allerdings ist die wissenschaftliche Definition sehr anspruchsvoll und immer noch nicht zweifelsfrei gelungen. Die einzelnen Mitglieder einer Art können durchaus vielgestaltige Ausprägungen von Merkmalen tragen. Es liegt also eine Varianz vor. Dies ist oft der Fall

bei den unterschiedlichen Geschlechtern. Deshalb existieren manchmal zwei Bestimmungsschlüssel für eine Art, sowohl für die Weibchen als auch für die Männchen. Aber auch im Laufe der Zeit ändern sich die Merkmalsausprägungen.

Die Artbenennung ist festgelegt in einem international gültigen Regelwerk – dem zoologischen Code (ICZN 1999). Er wurde in seinen Grundzügen von Carl von Linné (1707–1778) begründet. Jede Art wird mit zwei latinisierten Namen benannt (binäre oder binominale Nomenklatur): einem großgeschriebenen Gattungsnamen, der gleichzeitig die Bezeichnung für die nächsthöhere taxonomische Einheit (die Gattung) darstellt, und einem kleingeschriebenen Beiwort, das oft auch als Artzusatz (Epitheton) bezeichnet wird. Beide Wörter werden kursiv dargestellt, wenn dies nicht möglich ist, werden sie unterstrichen. Um die Eindeutigkeit dieser Namensgebung zu gewährleisten, dürfen ein Gattungsname innerhalb des Tierreichs und ein Beiwort innerhalb einer Gattung nur einmal vergeben werden. Um eine Art unverwechselbar und vollständig zu be-

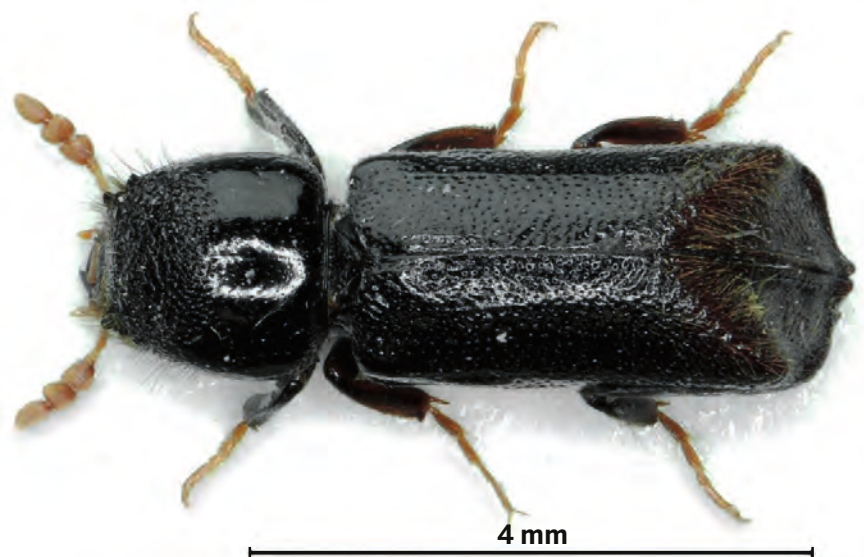


Abb. 1: *Xylopertha retusa* (Oliver, 1790) (Museum Kassel) Heringhausen St. Muffert, 500 m NN (Hessen), leg. U. Schaffrath 28.4.-8.6. 2017. In Mitteleuropa kommt der 3 – 6 mm große Kapuzenkäfer besonders an geschlagenen oder verdorrten Teilen der Eiche, in Reisig, in Ästen und Kletterholz und in Pfählen vor (Cymorek 1974). Insofern besiedelt er durchaus gleiche Substrate wie ein Borkenkäfer. Auch der Körperbau ist ähnlich. Der Kopf wird weitgehend durch den Halsschild überschirmt, der Halsschild zeigt in seiner vorderen Hälfte eine Bezeichnung, die Flügeldecken haben im letzten Viertel einen Absturz und die Beine sind sehr gut zum Graben im Holz geeignet. Alle aufgeführten Merkmale trifft man auch bei Borkenkäfern an. Allerdings sind die Fühler der Kapuzenkäfer nicht geknickt (gekniert). Darin unterscheiden sich die Unterfamilien.



Abb. 2: *Lyctus linearis* (Goeze, 1777) – Parkettkäfer (Mus. Frankfurt). Der in Mitteleuropa weit verbreitete Käfer wurde auch nach Nordamerika eingeschleppt. Der Parkettkäfer ist im Freiland die häufigste *Lyctus*-Art bei uns. Die Larven haben Beine und ernähren sich hauptsächlich von Eichensplintholz, aber auch Tropenhölzer werden angenommen. In Innenräumen und Holzimportlagern ist meist der aus den Tropen stammende Braune Splintholzkäfer (*Lyctus brunneus*) anzutreffen. Der Körper beider Arten ist flach und stäbchenförmig, die Fühler sind 11-gliedrig und die Fühlerkeule besteht aus zwei verbreiterten und abgeflachten Gliedern.

zeichnen, müssen ihrem binären Namen noch der Name des Erstbeschreibers dieser Art sowie das Jahr der Veröffentlichung angefügt werden. In der Zoologie werden Autorennamen und Jahreszahl durch ein Komma getrennt – z. B.: *Pityophthorus knoteki* Reitter, 1898. Häufig auftretende Autorennamen können auch abgekürzt werden; z. B. schreibt man L. für Linné. Wird eine Art aus systematischen Erwägungen heraus in eine andere Gattung versetzt, so wird die gesamte Ergänzung aus Autor und Jahreszahl in Klammern gesetzt – wie z. B. *Ips typographus* (L., 1758). Der dazugehörige deutsche Name „Buchdrucker“ wird als Trivialname bezeichnet. Dieser kann regional schon abgewandelt sein (z. B. Großer achtzähliger Fichtenborkenkäfer), spätestens aber in einer Fremdsprache lautet er völlig anders (engl. spruce bark beetle). Darum ist er für den international tätigen Wissenschaftler wenig brauchbar. Die deutschen Namen sind oft zusammengesetzt. Ist das erste Wort ein Substantiv, so verwenden wir einen Bindestrich: Waldreben-Borkenkäfer (*Xylocleptes bispinus*). Ist es

ein Adjektiv, so wird es mit großem Anfangsbuchstaben geschrieben: Sechszähliger Kieferborkenkäfer (*Ips acuminatus*). Werden zwei Adjektive verwendet, so wird nur das erste Wort mit großem Anfangsbuchstaben geschrieben.

Maßgebend für die wissenschaftliche Artbenennung ist der erste gültig vergebene Artname (Prioritätsregel). Spätere Benennungen, die in Unkenntnis der Erstbeschreibung vergeben wurden, heißen Synonyme und sind ungültige Namen. Benennungen vor 1758 (dem Erscheinungsjahr der 10. Auflage von Linnes „Systema naturae“) werden nicht berücksichtigt (verändert nach Honomichl 2003).

Die vergleichbare Lebensweise der holzbewohnenden Käfer erzwingt spezifische Körperformen. Diese gleichgerichtete Entwicklung im Substrat Holz nennt man Konvergenz. Zu nennen sind z. B. Kapuzenkäfer (Bostrichidae Latreille, 1802) Abb. 1, Splintholzkäfer (Ptinidae: Lyctinae) Abb. 2 und Baumschwammfresser (Ciidae Leach, 1819; = Cisiidae; = Cioidae) Abb. 3. Diese Käfergruppen sind aber nicht näher verwandt mit den Borkenkäfern. Sie werden hier vorgestellt aufgrund der Verwechslungsgefahr.

Die Borkenkäfer, die Splintkäfer und die Kernholzkäfer gehören zur artenreichen Familie der Rüsselkäfer. Diese weist weltweit über 50.000 Arten auf (Shin et al. 2017). Der Erfolg beruht insbesondere auf der Coevolution mit den Blütenpflanzen (Farell 1998) und der Entwicklung des Rüssels zur geschützten Eiablage in Pflanzen durch die weiblichen Käfer (Anderson 1993, 1995). Aber auch eine Kaskade von weiteren evolutionären Innovationen (Oberprieler et al. 2007), wie z. B. spezielle Nahrungsbeziehungen zu Pflanzen und Pilzen (z. B. Marvaldi et al. 2002) führten zur Arten-Radiation der Rüsselkäfer und zur Verminderung der Aussterberate dieser Arten (McKenna et al. 2015).

Nach genetischen und Aminosäuren-Untersuchungen sowie der Morphologie der Larven werden die **Kernholzkäfer** in die Nähe der Unterfamilie der Dryophthorinae Schoenherr, C.J., 1825 (Shin et al. 2017, Marvaldi 1997; Toussaint et al. 2017; Mugu et al. 2018; Chamorro et al. 2021) und Brachycerinae (Mugu et al. 2018) gestellt. Die Dryophthorinae weisen 153 (Chamorro et al. 2021) bis 197 Gattungen (nach Catalogue of Life, 21.01.2023) und 1.200 (Chamorro et al. 2021) bis 2.129 Arten (Catalogue of Life) auf. Die oft großen Tiere (von 1,5–28 mm *Protocerus colossus*) der Unterfamilie haben ihr Hauptverbreitungsgebiet weltweit in den tropischen Regionen. Meist ernähren sie sich von einkeimblättrigen Pflanzen. Sie leben vielfach an Wurzeln von Gräsern und im Holz von Palmen. Sie werden deshalb auch „palm weevils“ im englischen Sprachraum genannt. In dieser Unterfamilie finden wir wirtschaftlich wichtige Bananen-, Zuckerrohr-, Mais-, Palmen- und Vorratsschädlinge (Rheinheimer & Hassler 2013). Hier sei beispielhaft der Reiskäfer (*Sitophilus oryzae*) Abb. 4 aus der Gattung der Kornkäfer und *Diocalandra frumenti* (J.C.Fabricius, 1802) Abb. 5 genannt.



Abb. 3: *Cis bidentatus* (Oliver, 1790) (Senckenberg-Sammlung Frankfurt) Öswaldhütte, Schafreuter Grat und –Hang (Bayern, TK 50 Karwendelgebirge), leg. G. Flechtner 26.8.2003. Die Baumschwammfresser werden auch Hartpilzkäfer genannt. In Mitteleuropa gibt es zwei Unterfamilien: Cisinae Leach, 1819 (Vorderhäften durch einen Prosternalfortsatz getrennt) und Orophinae Thomson, 1863 (Vorderhäften berühren sich innen, ein Prosternalfortsatz fehlt). Die Fühler sind 8- bis 10-gliedrig und die Füße (Tarsen) sind 4-gliedrig mit einem stark vergrößerten Klauenglied. Die beintragenden Larven als auch die Käfer ernähren sich von Pilzen (mycetophag) und verlassen nur für die Schwärmzeit den Brut- und Nahrungshabitat (Baumschwämme oder seltener verpilztes Holz). Sie besiedeln nadel- als auch laubholzzersetzende Schwämme. Dabei spielen Baumpilze mit einer zähen (z. B. *Coriopsis*, *Trametes*) bis harten (z. B. *Fomitopsis*, *Fomes*) Fruchtkörperkonsistenz eine weit größere Rolle als weichfleischige (z. B. *Laetiporus*, *Polyporus*) Pilze (Reibnitz 1999).

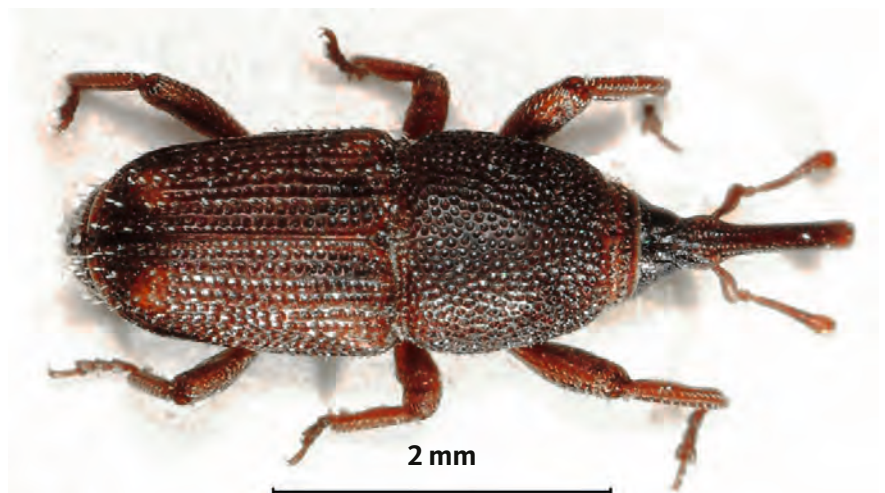


Abb. 4: Der Reiskäfer (*Sitophilus oryzae* A. Hustache, 1930) als ein Vertreter aus der Unterfamilie der Dryophthorinae. (Entomologische Sammlung der Forstzoologie, Universität Göttingen).



Abb. 5: *Diocalandra frumenti* (J.C.Fabricius, 1802). Der weltweit verschleppte Rüsselkäfer befällt viele Palmen (*Cocos nucifera*, *Phoenix dactylifera*, *P. canariensis*, *Elaeis guineensis* und weitere Arten). Er überträgt auch Schadpilze wie z. B. *Thielaviopsis paradoxa*, der das Holz der Palmen zermürbt. Dies führt zu einer erheblichen Gefahr für Menschen durch herabstürzende Palmenteile.



Abb. 6: *Anthonomus phyllocola* (J.F.W. Herbst, 1795)(Senckenberg Sammlung Frankfurt). Darmstadt, 12.7.1961.

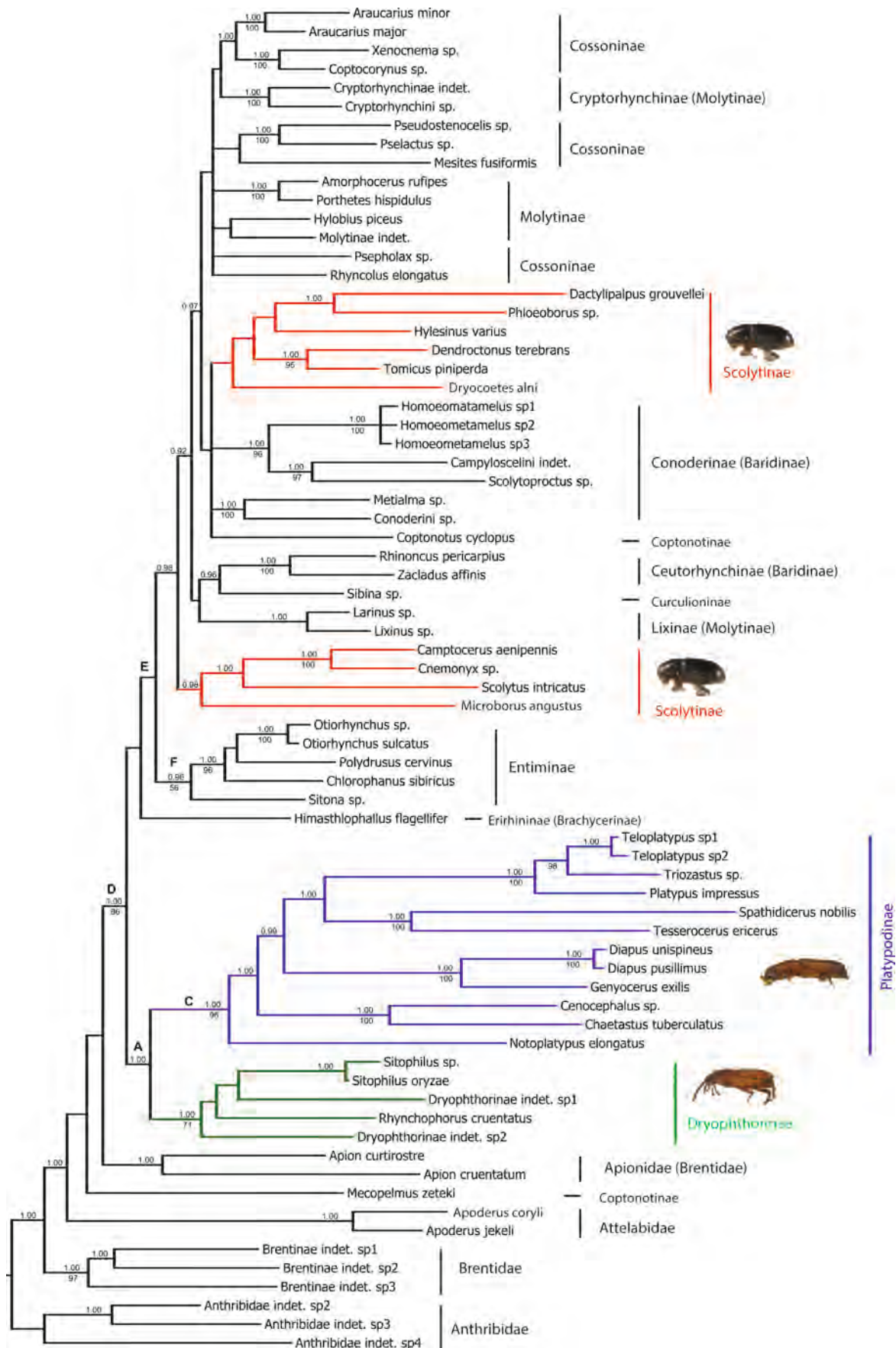
Erste Nachweise von **Borkenkäfern** stammen aus der mittleren Kreidezeit (ca. 120 Millionen Jahre; Kirejtschuk et al. 2009). Sie entwickelten sich zeitgleich mit der Radiation der Samen-/Blütenpflanzen (Spermatophyta). Aufgrund ihrer evolutionären Plastizität und Anpassungsfähigkeit sind Borkenkäfer in der Lage, sich in gesunden, toten oder sterbenden Pflanzen zu entwickeln. Deshalb sind sie von zentraler Bedeutung für die Ökologie der Wälder. Die Splint- und Borkenkäfer weisen zusammen ca. 6.000 Species in 247 Gattungen und 26 Triben auf. 86 % der Gattungen sowie 79 % der Arten finden wir in den Tropen und Subtropen. Davon töten nur 1 % regelhaft gesunde Bäume (Alonso-Zarazaga und Lyal 2009; Kirkendall et al. 2015).

Nach Shin et al. (2017) ist die Gattung *Scolytus* am nächsten mit der Rüsselkäfer-Gattung *Anthonomus* Germ., 1817 (Blüten- und Knospenstecher) verwandt (Abb. 6). Beide Gattungen wären nach der genannten Publikation zu den Faulholzrüsslern (Gattung *Cossonus* Clairville, 1798) zu stellen (Abb. 7). Diese Gruppierung würde wiederum eine evolutionäre Verwandtschaftsgruppe mit den restlichen Borkenkäfern bilden (Shin et al. 2017). Für eine eigene Entscheidung fehlen mir noch ausreichende Materialsichtungen.



Abb. 7: *Cossonus parallelepipedus* (J.F.W. Herbst, 1795) (Senckenberg Sammlung Frankfurt). Rheininsel Kühkopf, 2.5.1957, Coll. H. Vogt.

Abb. 8: Die Abstammung (Phylogenie) einiger Rüsselkäfer-Unterfamilien anhand genetischer Merkmale. Die Kernholzkäfer (Platypodinae) sind näher mit den Dryophthorinae verwandt. Die Splintkäfer (*Scolytus*) bilden keine monophyletische Gruppe mit den Borkenkäfern (hier z. B. *Hylesinus*, *Dendroctonus* und *Tomicus*). Sie sind demnach keine enge Verwandte. Der größere genetische Abstand rechtfertigt die Bildung zweier getrennter Unterfamilien: Scolytinae und Ipinae. Abbildung aus Mugu, S., Pistone, D. & B.H. Jordal (2018): New molecular markers resolve the phylogenetic position of the enigmatic wood-boring weevils Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae). *Arthropod Systematics & Phylogeny* 76 (1): 45–58.



anzulegen. Ist die Borke zu dünn, so verlässt die Larve den Baum (Warzée et al. 2006). Dies könnte ein Grund sein, warum der Buntkäfer mehr Reproduktionserfolg auf Kiefern statt Fichten hat. In einem Mischbestand sind im Gegensatz zu einem Fichten-Reinbestand, relativ zur Buchdrucker-Population, mehr Ameisenbuntkäfer vorhanden (Warzée et al. 2006). Weitere bekannte Borkenkäfer-Jäger unter den Buntkäfern sind *Thanasimus femoralis* (Abb. 10) und *Tilloidea unifasciata*.

Die Rindenglanzkäfer sind in Europa mit 14 Arten vertreten. Von den nur zwei bis fünf Millimeter großen Tieren sind 10 Arten als Borkenkäfer-Prädatoren bekannt (Wermelinger & Schneider Mathis 2021). Man findet sie unter der Rinde von Nadel- und Laubbäumen. Der Flache Wurzelglanzkäfer (*Rhizophagus depressus*) (Abb. 11 und Abb. 12) und *Rh. dispar* erbeuten Eier oder Larven von *Trypodendron lineatum*, *Pityogenes chalcographus*, *Ips typographus*, *Ips acuminatus*, *Ips amitinus*, *Ips sexdentatus*, *Orthotomicus erosus*, *Dendroctonus micans*, *Tomicus piniperda* und *T. minor* (Kolomiets & Bogdanova 1980 nach Kenis et al. 2004, Sarikaya & Ibis 2016 und eigene Ergänzungen). Zusätzlich ernähren sie sich von Pilzen und organischem Material (Kenis et al. 2004). Der Flache Rindenkäfer (*Rhizophagus grandis*) (Abb. 18) dagegen ist ein spezialisierter Räuber auf den Riesenbastkäfer (*Dendroctonus micans*). Die adulten Rindenkäfer und ihre Larven erbeuten Eier, Larven, Puppen und noch nicht ausgehärtete Adulte vom Riesenbastkäfer (Kenis et al. 2004). Bei geringer Beutedichte tritt oft Kannibalismus unter den Prädatoren auf, z. B. *Rh. grandis*-Larven bei *Dendroctonus micans* (Baiser et al. 1984) oder *Th. formicarius*-Larven im Buchdrucker-Brutbild (Hui & Bakke 1997). Weitere Borkenkäfer-Jäger sind *Rhizophagus perforatus*, *Rh. bipustulatus* (Abb. 15), *Rh. nitidulus*, *Rh. fenestralis* (= *Rh. parvulus*) (Abb. 17),



Abb. 10: Der Ameisenbuntkäfer – *Thanasimus femoralis* in Aufsicht.

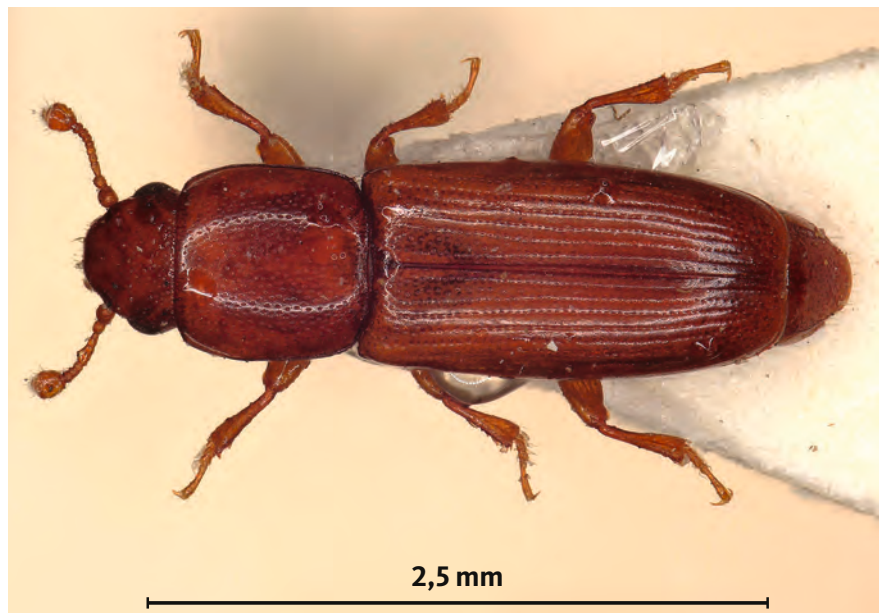


Abb. 11: Der Flache Wurzelglanzkäfer – *Rhizophagus depressus* in Aufsicht (Uni Göttingen). Er wird 2,8 bis 4,5 mm lang.

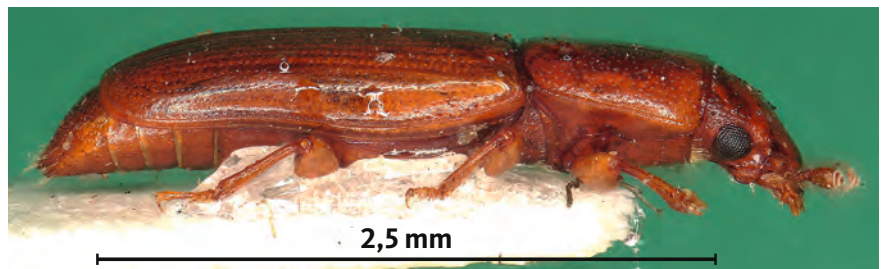


Abb. 12: Der Flache Wurzelglanzkäfer – *Rhizophagus depressus* in Seitenansicht (Uni Göttingen).

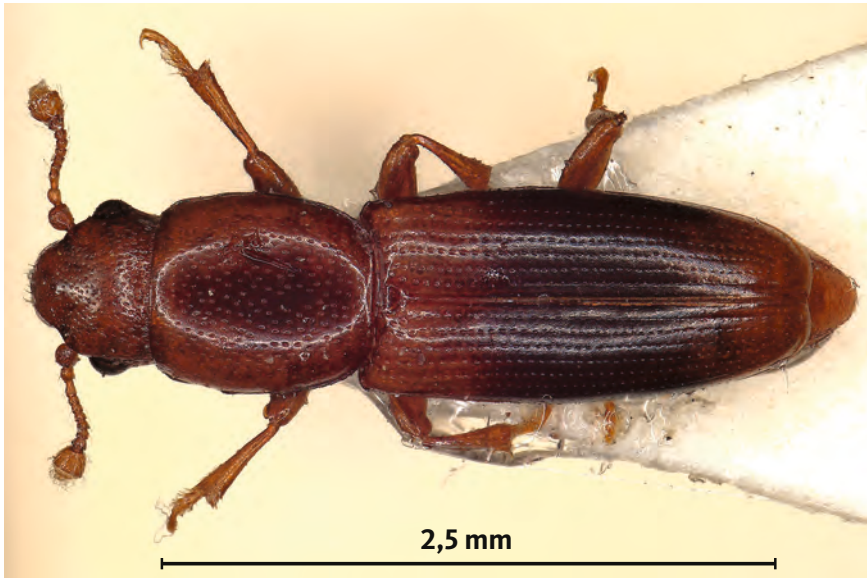


Abb. 13: *Rhizophagus nitidulus* in Aufsicht (Uni Göttingen).

Rh. cribratus und *Pityophagus ferrugineus*.

Die Freisetzung von natürlichen Gegenspielern der Borkenkäfer im Rahmen der Biologischen Schädlingsbekämpfung war meist ohne erkennbaren Nutzen. Der bisher einzige, aber mehrfach belegte Erfolg war die Massenvermehrung und Freisetzung vom Flachen Rindenkäfer (*Rhizophagus grandis*) gegen den Riesenbastkäfer (*Dendroctonus micans*) im Kaukasus, Frankreich, Großbritannien und in der Türkei (Raffa et al. 2015).

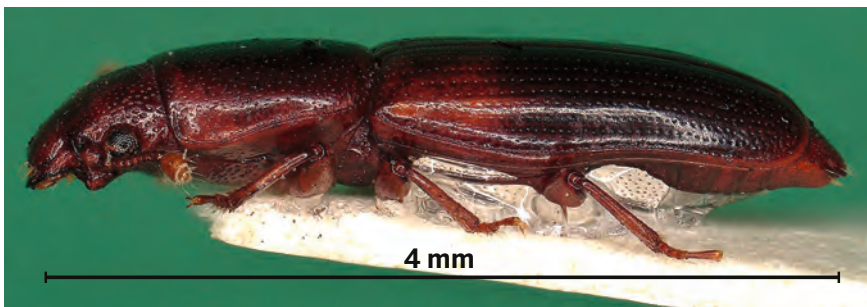


Abb. 14: *Rhizophagus nitidulus* in Seitenansicht (Uni Göttingen).

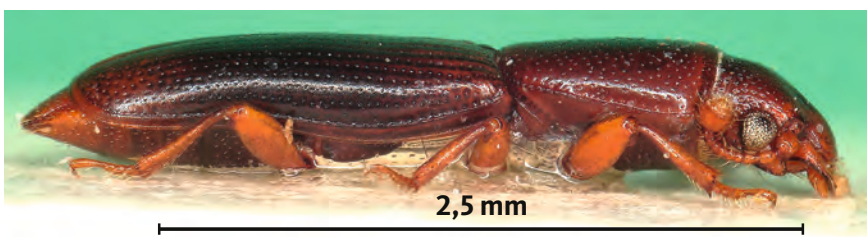


Abb. 15: *Rhizophagus bipustulatus* in Seitenansicht (Uni Göttingen).

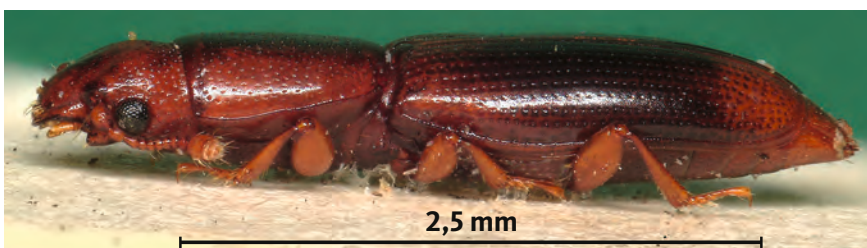


Abb. 16: *Rhizophagus dispar* in Seitenansicht (Uni Göttingen). Der räuberische Käfer stammt aus einem Brutbild von *Taphrorychus bicolor*.

Unter den Jagdkäfern (Trogossiti-
dae) finden sich zwei Borkenkäfer-
Prädatoren: *Nemozoma elongatum*
(auch *Nemosoma elongatum* ge-
schrieben)(4-6 mm lang) und *Tem-
nochila caerulea*. *N. elongatum* ist
häufig und jagt in Nadel- und Laub-
bäumen nach 16 verschiedenen
Borkenkäfer-Arten, wie z. B. dem
Kleinen Buchenborkenkäfer (*Ta-
phrorychus bicolor*)(Wermelinger &
Schneider Mathis 2021). Hauptsächlich
erbeutet er den Kupferstecher
(*Pityogenes chalcographus*)(Baier
1991). *Nemozoma* kann aufgrund
seiner schlanken Körpergestalt in
das Brutgangsystem der Borken-
käfer eindringen und darin die Käfer
überwältigen. Seine Eier legt er um
die Einbohrlöcher der Borkenkäfer
ab. Die geschlüpften Larven drin-
gen in das Brutsystem ein und fres-
sen dort Larven, Puppen und noch
nicht ausgehärtete Jungkäfer. Jede
Jagdkäfer-Larve frisst im Laufe
ihrer Entwicklung 30 bis 50 Borken-
käfer-Larven (Dippel 1996). *T. cae-
rulea* stellt z. B. *Ips sexdentatus* ins-
besondere in Südeuropa nach.

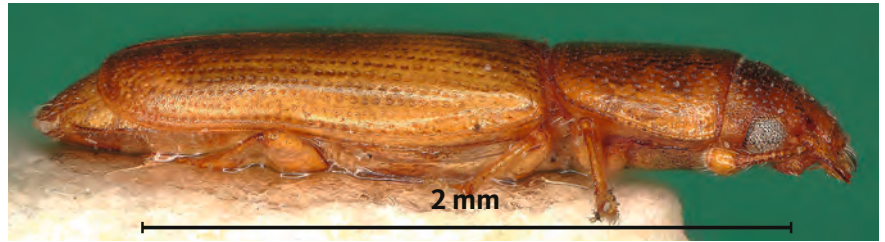


Abb. 17: *Rhizophagus fenestralis* (= *Rh. parvulus*) in Seitenansicht (Uni Göttingen).



Abb. 18: Links der seltene Flache Rindenkäfer (*Rhizophagus grandis*)(Körperlänge: 4,1–5,5 mm), rechts *Rhizophagus fenestralis* (= *Rh. parvulus*) in Aufsicht (Uni Göttingen).

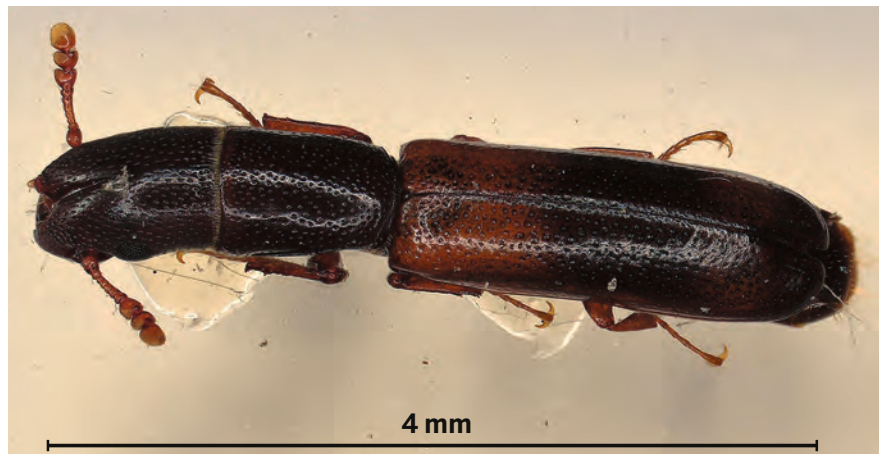


Abb. 19: *Nemozoma elongatum* in schräger Aufsicht (Mus. Frankfurt).



Die artenreiche Familie der Kurzflügler (Staphylinidae) beinhaltet einige räuberische Arten. Meist erbeuten sie viele verschiedene Arten. Regelmäßige Borkenkäfer-Prädatoren sind *Nudobius lentus*, *Phloeopora testacea* und *Placusa*-Arten, z. B. *P. depressa* (Rauhut et al. 1993). *Nudobius lentus* wird regelhaft in Borkenkäfer-Pheromonfallen gefangen (Kenis et al. 2004).

Abb. 20: Der Kopf in frontaler Ansicht von *Nemozoma elongatum* (Uni Göttingen). Die zwei Stirnlappen über den kräftig entwickelten Mandibeln und die tiefe Furche auf der Stirn sind gut zu erkennen.

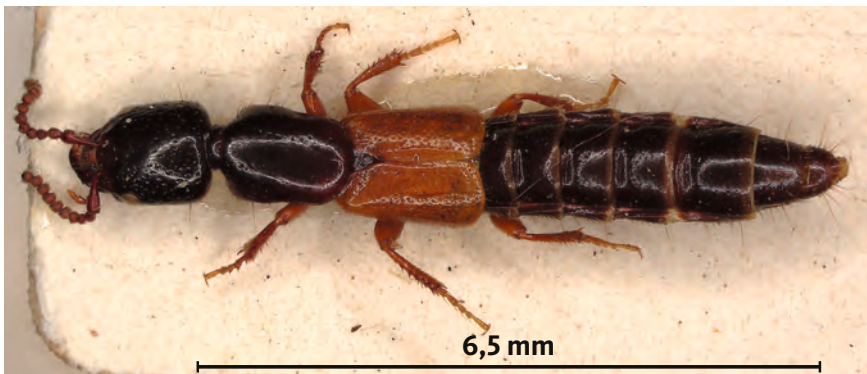


Abb. 21: Der räuberische Kurzflügler *Nudobius lentus* in Aufsicht (Uni Göttingen).

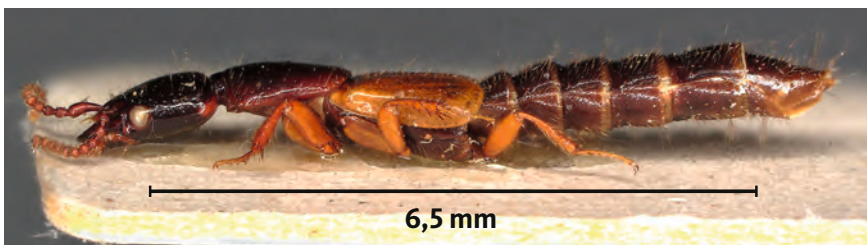


Abb. 22: Der räuberische Kurzflügler *Nudobius lentus* in Seitenansicht (Uni Göttingen).

oder den Reifungsfraß der Borkenkäfer gelöst ist und sie dadurch in die Brutbilder der Borkenkäfer eindringen können (Wichmann 1957). Es tritt Kannibalismus unter den Kamelhalsfliegen-Larven auf. Ihre Bedeutung bei der Regulation von Borkenkäfern ist aufgrund der genannten Lebensweise gering, umso mehr, als sie auch die von anderen Räubern abgelegten Eier fressen. Die wichtigsten Kamelhalsfliegen sind *Puncha ratzeburgi* sowie die Gefleckte Kamelhalsfliege (*Phaeostigma notata*), die überwiegend in Laub- und Mischwäldern, aber auch in Parks und Gärten lebt. Sie kann im subalpinen Raum bis hinauf zur Waldgrenze vorkommen (verändert nach Wermelinger & Schneider Mathis 2021).

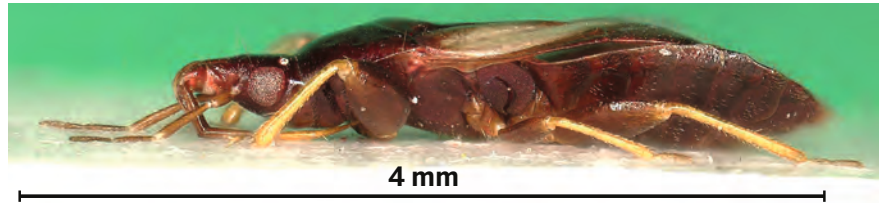


Abb. 39: Seitenansicht der weiblichen Blumenwanze *Scoloposcelis pulchella* (Anthoridae: Scolopini). Körperlänge 3,29 mm und Körperhöhe 0,62 mm.



Abb. 40: Seitenansicht der männlichen Blumenwanze *Scoloposcelis pulchella* (Anthoridae: Scolopini). Körperlänge 2,96 mm und Körperhöhe 0,55 mm.

3.2.2.2 Milben (Arachnida: Acari)

Ca. 55.000 Milbenarten wurden bisher weltweit erfasst. Vermutlich existieren allerdings ca. 500.000 bis 1 Million Arten (Walter & Procter 2013; Walter & Behan-Pelletier 1999).

Die Milben-Faunen im Waldboden, in Baumhöhlen und in den Brutbildern von Borkenkäfern unterscheiden sich deutlich (Skubała & Gurgul 2011).

Stehendes Totholz und von Borkenkäfern und Pathogenen befallene Bäume beherbergen eine Vielzahl von Milben, die selbstständig oder mit Hilfe von holzbewohnenden Insekten eindringen. Mehr als 270 Milben-Arten weltweit sind bisher bei Borkenkäfern entdeckt worden.

Milben sind in zwei Überordnungen eingeteilt: die Parasitiformes (= Anactinotrichida) und die Acariformes (= Actinotrichida).

Die Überordnung **Parasitiformes** weisen ca. 13.000 beschriebene Arten auf und gliedern sich in vier Ordnungen: Holothyrida und Opilioacarida (beide kommen nicht bei Borkenkäfern vor) sowie Ixodida und Mesostigmata (= Gamasida). Zecken (Ixodida) werden sehr selten bei Borkenkäfern gefunden. Innerhalb der Mesostigmata mit 11.000 Arten finden wir viele holzbewohnende Arten als auch Borkenkäfer assoziierte Spezies.

Die Überordnung **Acariformes** mit über 42.000 Arten ist in zwei Ordnungen gegliedert: Trombidiformes und Sarcotiformes. In beiden Ordnungen existieren viele borkenkäfer-assoziierte Milben-Arten. Zu den Sarcotiformes gehört z. B. die Unterordnung der Hornmilben, auch Moos-, Käfer- oder Panzermilben genannt (Oribatida) (Walter & Procter 2013; Hofstetter et al. 2015).

Milben durchlaufen vier Entwicklungs-Stadien: Larven, Protonymphen, Deutonymphen und Adulttiere. Oft findet man Deutonymphen auf Borkenkäfern. Bei den meist stark gepanzerten Schildkröten-Milben (Parasitiformes: Mesostigmata: Uropodina) bilden die Deutonymphen aus dem erhärteten Sekret der Analdrüsen am Hinterleibsende einen elastischen Stiel (Pedicel), mit dem sie sich an den Borkenkäfer heften und so sicher transportiert werden (Moritz 1993). So findet man sie auch an Museums-Käferexemplaren.

In Buchdrucker-Brutgängen in Polen leben 60 Milben-Arten (Gwiazdowicz 2008 aus Gwiazdowicz et al. 2012). Allein bei Buchdrucker-Käfern fand man in Schweden 38 Milbenarten (Moser et al. 1989a). Davon kommen 33 Arten auch in Deutschland vor (Moser & Bogenschütz 1984). Am häufigsten treten *Dendrolaelaps quadrisetus* und *Trichouropoda polytricha* auf. Erstere Art ist meist unter den Flügeldecken und die zweite Milben-Art am Absturz bei den Käfern anzutreffen. Beide Milben nutzen mehrere Borkenkäfer-Arten als Transporteur. *Trichouropoda polytricha* findet man in Europa z. B. auf: *Ips typographus*, *I. amitinus*, *I. duplicatus*, *P. chalcographus*, *H. palliatus* und *D. autographus* (Gwiazdowicz et al. 2015; Kneé et al. 2012).

Die Mehrzahl der Milben-Spezies lebt von Pilzen, Aas, Nematoden oder anderen Organismen und benutzt die Borkenkäfer lediglich als Vektoren (Transportvehikel), um von einem Baum zum anderen zu gelangen und neue Nahrungsquellen zu erschließen. Dieses Verhalten wird auch phoretisch (Phoresie) genannt.

Mit Borkenkäfern assoziierte Milben haben im Allgemeinen eine oder mehrere Generationen je Saison (uni- oder multivoltin). Die Lebensdauer kann wenige Wochen oder mehrere Jahre beinhalten.

Milben können als Feinde (Antagonisten), als Gäste (Kommensalen) oder als Symbiose-Partner bei Borkenkäfer-Arten auftreten.

Manche Milben-Arten nutzen käfer-mutualistische Pilze, andere käfer-antagonistische Pilze. Sie übertragen Pilze, die die Baumabwehr gegen Borkenkäfer schwächen; aber auch entomopathogene Pilze wie z. B. *Beauveria bassiana* (Hofstetter et al. 2015). Milben können die jeweiligen Pilze auf ihrer Körperoberfläche oder in speziellen Taschen, z. B. an den Körperseiten (Sporotheca), zum nächsten Baum transportieren. Dabei sammeln sie gezielt bestimmte Pilz-Arten auf. In einer Studie in Schweden wurden 20 Milben-Arten auf Buchdruckern (*Ips typographus*) nach Pilzsporen abgesucht. Von den 20 Milben-Arten trugen 17 Arten Pilzsporen mit sich. Bei 85 % der 739 Milben-Individuen wurden Ascosporen nachgewiesen. 361 Individuen trugen eine Art von Ascosporen, 146 zwei Arten, 68 drei Arten, 37 vier Arten, 15 fünf Arten und eine Milbe (*Dendrolaelaps quadrisetus*) wies sechs verschiedene Pilzsporen auf. Alle 16 Individuen mit fünf oder sechs verschiedenen Ascosporen waren große Milben. Neun Milben-Arten mit insgesamt 77 Individuen (11 %) transportierten den pathogenen Bläuepilz *Ophiostoma polonicum*. Weitere vier *Ophiostoma*-Arten konnten nachgewiesen werden: *O. bicolor*, *O. europaoides*, *O. penicillatum* und *O. piceae*. Die Milben hatten keine speziellen Organe zum Pilz-Transport. Auch die parasitischen Milben *Iponemus gaebleri*, *Pyemotes dryas* und *Paracarophaenax ipidarius* trugen Ascosporen (Moser et al. 1989b).

Der Schlauchpilz (Ascomycet) *Ophiostoma novo-ulmi* verursacht das Ulmen-Sterben, auch Ulmenwelke genannt. Er wird von Splintkäfer-Arten (*Scolytus*) übertragen. Die auf den Splintkäfer-Arten *Scolytus multistriatus*, *S. pygmaeus* und *S. scolytus* lebenden Milben-Arten transportieren z. T. ebenfalls den phytopathogenen Pilz. Von zehn auf den Käfern gefundenen Milben-Arten trugen vier Arten den Pilz: *Elattoma fraxini*, *Proctolaelaps scolyti*, *Pseudotarsonemoides eccoptogasteri* und *Tarsonemus crassus*. Bei allen Milben befanden sich *Ophiostoma novo-ulmi*-Ascosporen auf dem Körper. *Tarsonemus crassus* transportierte zusätzlich die meisten Pilzsporen in seinen Sporotheken. Einige *Proctolaelaps scolyti*-Individuen hatten auch den Pilz im Verdauungsapparat. Die beiden Milben-Arten *Elattoma fraxini* und *Pseudotarsonemoides eccoptogasteri* hatten nur wenige Pilzsporen am Körper. *Proctolaelaps scolyti* und *Tarsonemus crassus* dagegen transportierten viele Ascosporen. Diese beiden Milben-Arten sind auch Pilzfresser. *Scolytus scolytus* ist der stärkste Überträger der phytopathogenen Pilzsporen. Nur auf dieser Käfer-Art wurden viele *Proctolaelaps scolyti* und *Tarsonemus crassus* Milben nachgewiesen. Eventuell ist die Pilz-Vektor-Leistung von *Scolytus scolytus*

auf die beiden Milben-Arten und ihre Ascosporen>Last zurückzuführen (Moser et al. 2010).

Ebenso werden Nematoden von Milben erbeutet, die Borkenkäfer-Antagonisten sind oder für die Borkenkäfer von Vorteil sind (Mutualisten). Insofern können Milben die Struktur, Diversität und Stabilität der Borkenkäfer-Gemeinschaften mit Pilzen und Nematoden erheblich beeinflussen. Dies wirkt sich entsprechend auf die Borkenkäfer-Reproduktion aus (Hofstetter & Moser 2014). Zusätzlich leben wenige Arten räuberisch von Borkenkäfern und saugen deren Eier, Larven und Puppen aus. Zu diesen Gattungen zählen *Iponemus*, *Pyemotes*, *Proctolaelaps* und *Dendrolaelaps*. Die beiden ersten sind parasitoiden-ähnlich, da für die Entwicklung ihrer Larven ein einziges Borkenkäfer-Ei genügt. Nach der letzten Häutung saugen die adulten Milben an Larven und Puppen von Borkenkäfern. Folgende Milben-Arten sind Buchdrucker-Parasiten (*Ips typographus*): *Iponemus gaebleri*, *Pyemotes dryas* und *Paracarophaenax ipidarius*. *Pyemotes dryas* ist auch als Parasit bei *Cryphalus*-, *Leperesinus*-, *Pityogenes*-Arten sowie bei *Polygraphus poligraphus* und *Pityophthorus pityographus* bekannt (Hofstetter et al. 2015). *Pyemotes dryas* kann lokal vollständig die Reproduktion von *Polygraphus poligraphus* unterbinden (Moser et al. 1989a). Die Bedeutung von Milben bei der Regulation von Borkenkäfern wird stark unterschätzt. Ein Milben-Weibchen legt in der Regel ca. 65 Eier. Daraus schlüpfen oft wiederum zu 90 % Weibchen. Es wurden schon Absterberaten von Borkenkäfer-Eiern (*Ips typographus* und *I. amitinus*) von bis zu 90 Prozent beobachtet (Gäbler 1947).

Pyemotes herfsi (Oudemans, 1936) (= *Pediculoides herfsi* Oudemans, 1936) gehört zur Ordnung Trombidiformes und zur Familie Pyemotidae. Sie lebt räuberisch bei *Scolytus*- und *Tomicus*-Arten und weiteren Insekten-Spezies (Hofstetter et al. 2015). Die Weibchen saugen an Insekten-Larven. Vor dem Saugakt ist sie ca. 0,2-0,32 mm lang. Mit der Nahrungsaufnahme schwillt der Hinterleib deutlich an (Physogastrie) und die Körpergröße kann bis zu einem Millimeter anwachsen. In dem mütterlichen Hinterleib entwickeln sich die Jungtiere bis zur Geschlechtsreife. Schon nach dem 9. bis 12. Tag (bei 25°C) nach Anstich der Beutelarve wird der erste Nachwuchs (7 bis 284 Tiere) geboren. An einem Tag können bis zu 40 Jungtiere schlüpfen. Unter den Neugeborenen überwiegen die Weibchen. Diese werden noch während des Schlupfvorgangs von Männchen begattet (meist durch Brudertiere), die sich auf dem Hinterleib des Weibchens befinden. Der begrenzte Nahrungsvorrat der weiblichen Jungtiere zwingt diese nach 2 Tagen mit der eigenen Nahrungsaufnahme zu beginnen (Moritz 1993).

Mit steigender Durchschnitts-Temperatur verändert sich die Artenzusammensetzung der mit den Borkenkäfern vergesellschafteten Milben und Pilze. Es kann auch zu Artenverlust kommen (Hofstetter et al. 2007).

3.2.2.3 Spinnen

In Deutschland wurden 992 Spinnen-Arten aus 40 Familien nachgewiesen. Davon haben gut ein Viertel (259 Spezies) ihren Verbreitungsschwerpunkt im Wald. Weitere 289 Spinnen-Arten sind im Wald anzutreffen ohne spezifische Waldbindung und 444 Spinnen-Arten leben außerhalb der Wälder (Blick et al. 2019). In der Schweiz wurden bisher rund 945 und in Österreich 984 Spinnen-Arten beschrieben (Blick et al. 2004). Im Wald sind sie von der Streuschicht bis in die Baumkronen verbreitet. Spinnen besiedeln diverse Wald-Mikrohabitate und haben jahreszeitlich unterschiedliche Aktivitäts-Schwerpunkte. Es gibt z. B. auch winteraktive Arten. In einem hessischen Buchenwald konnten im Winter an toten und lebenden Baumstämmen 140 Spinnen-Arten mit ca. 23.000 Individuen gefangen werden (Blick 2011). Die großen netzbauenden Spinnenarten sind eher selten im Wald. Arten- und individuenreich kommen die Spinnen vor allem an Baumrinde und am Waldboden vor. Die meisten Spinnen-Arten sind unspezifische (polyphage) Insekten-Räuber. Ausnahmen stellen die *Dysdera*-Arten (Asselfresser) und die Familie der Mime-tidae (Spinnenfresser) dar (Blick et al. 2019). Im Kronenbereich der Nadelwälder stellen netzlos jagende Spinnen aus der Familie Thomisidae häufig den größten Individuenanteil, während in den Kronen der Laubwälder die Netzspinnenfamilien Linyphiidae, Micryphantidae und Theridiidae oft dominieren (Albert 1976). In 2 bis 4 m Höhe konnte Blick (2011) an Laub- und Nadelbaumstämmen insgesamt 334 Spinnen-Arten und ca. 98.000 Adulttiere nachweisen. Die sechs häufigsten Arten (über 3.000 Adulttiere) waren: die Gewöhnliche Bodenspinne (*Hahn timer pusilla*), die Waldfinsterspinne (*Amaurobius fenestralis*), das Hohe Ballonköpfchen (*Pelecopsis elongata*), die Graue Waldbaldachinspinne (*Drapetisca socialis*), die Zwillingskrabbspinne (*Xysticus audax*) und das Rüsselzierköpfchen (*Walckenaeria cuspidata*). Unter bestimmten Bedingungen können Spinnen als dominante Prädatoren einen messbaren Einfluss auf Insekten-Populationen haben. Nach Kirchner (1964) aus Nyffeler (1982) wird der Verzehrumfang von Spinnen aller Straten (im Boden als auch in der Vegetation) in einem deutschen Forst-Ökosystem auf 100 kg Frischgewicht Insekten/ha/Jahr geschätzt bei einer Besiedlungsdichte von 50 bis 200 Spinnen-Individuen/m².

Im Stamm- und Baumkronenbereich sowie an liegenden Stämmen können Spinnen Borkenkäfer auf und seltener unter der Rinde sowie beim An- und Abflug erbeuten. Sie greifen direkt die Käfer an oder fangen sie mit ihrem Spinnennetz.

In der Schweiz konnten in den Baldachinnetzen von *Troxochrus nasutus* (Erigonidae/Micryphantidae – Zwergspinnen) drei Fichtenbastkäfer (*Hylurgops palliatus*) und fünf Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) nachgewiesen werden (Moor & Nyffeler 1983).

3.2.3 Nematoden

Fadenwürmer (Nematoda) kommen in großer Individuen- und Artenzahl in vielen Lebensräumen vor. Man findet sie in den Sedimenten von Gewässern, in sowie auf Tieren und Pflanzen als Parasiten und freilebend im Boden. Auf Wiesen können bis zu 20 Mio. Nematoden pro m² leben. Bisher wurden ca. 15.000 Arten weltweit und in Deutschland 1.700 Arten beschrieben. Die meisten Fadenwürmer sind nur 0,5–3 mm lang. Der Körper ist fadenförmig und dreh-rund. Es sind keine Körperanhänge vorhanden. Der Hautmuskelschlauch und der Innendruck erlauben eine kräftige schlängelnde Fortbewegung (Westheide & Rieger 2013). Die Nematoden-Artengemeinschaften in Totholz hängen eng mit den Baum-Arten zusammen. Meist sind es Bakterien- und Pilzfresser (Moll et al. 2021). Unter ihnen gibt es auch viele insektenparasitische Arten, wie z. B. *Steinernema*. Diese setzt man in der Biologischen Schädlingsbekämpfung ein. Die parasitischen Arten sind oft deutlich länger als die bodenbewohnenden Nematoden (Dowe 1987). Wichtig für die Nematoden-Arten sind der pH-Wert und der Wassergehalt (Moll et al. 2021). Im Kern- und Splintholz von Baumstümpfen (aus 13 Baumarten) wurden aus neun Ordnungen insgesamt 27 verschiedene Nematoden-Familien nachgewiesen. Über 70% der Fadenwurm-Arten ernährten sich von Pilzen und Bakterien. 7% waren Tierparasiten. Nematodengemeinschaften werden nicht bestimmt durch die Arten- und Individuenzahl der Pilze, sondern durch die spezifische Artenzusammensetzung der Pilze und deren Auswirkungen auf den pH-Wert und die Bakterienzusammensetzung (Moll et al. 2021).

Die mit den Splint- und Borkenkäfern zusammenlebenden Fadenwürmer können als Kommensalen, als Symbionten, als Halbschmarotzer und als Vollscharotzer (Endoparasiten) auftreten (verändert nach Rühm 1956). Bei 57 Splint- und Borkenkäfer-Arten wurden 168 Nematoden-Arten und 5 Unterarten nachgewiesen. Davon sind 114 Arten und 5 Unterarten an die Splint- und Borkenkäfer gebunden. 65 Nematoden-Arten und 4 Unterarten leben als Kommensalen, 7 Arten und eine Unterart als Halbparasiten, 8 Arten als Ektoparasiten und 34 Arten als Endoparasiten in ihren Insektenwirten (Rühm 1956). Inzwischen sind erheblich mehr assoziierte Nematoden-Arten bekannt. Die Halbparasiten leben nur als Larven im Mitteldarm, in den Malpighischen Gefäßen oder in der Leibeshöhle der Käfer und verlassen sie als Adulttiere um sich im Brutsystem der Käfer zu bewegen und zu ernähren. Die Symbionten erbeuten im Brutbild Feinde der Käfer und die Kommensalen ernähren sich von anderen Organismen wie Pilzen oder toter organischer Substanz, ohne den Käfern zu nutzen oder zu schaden. Die Fadenwürmer sind auf die Käfer als Transporteur angewiesen. Phoresie – d. h. Nematoden lassen sich von den Käfern zu ihren Mikrolebensräumen tragen, ohne den Transporteur zu beeinträchtigen – ist bei borkenkäfer-assoziierten Nematoden

die Regel. Die Fadenwürmer halten sich dazu unter den Flügeldecken (Elytren), auf den Flügeln (oft an der Basis), zwischen den Körpersegmenten, speziell zwischen Brust (Thorax) und Hinterleib (Abdomen) und zwischen den einzelnen Hinterleibssegmenten (z. B. im Genitalsegment) auf. Oft sind sie dabei in Form einer Dauerlarve (Ruhestadium) unterwegs. Als Besonderheit sondern sie ein schleimiges Sekret ab, das als gelatinöse Schutzhülle den Nematoden-Körper vor Austrocknung und mechanischer Beeinträchtigung bewahrt (Rühm 1956). Unter den Flügeldecken sind oft zusätzlich sehr bewegungsfreudige Milben, die ebenfalls den Käfer als Vektor nutzen.

Im Käferbrutbild verlassen die Nematoden das Insekt und ernähren sich saprobiontisch oder räuberisch im Käfer-Gangsystem hauptsächlich von Bakterien und Pilzen sowie von deren Produkten, von Bohrmehl und Käferkot, von weiteren Mikroorganismen oder anderen Nematoden. Dadurch dezimieren sie auch parasitische Nematoden, die für die Borkenkäfer schädlich sind. Vorteilhaft für Nematoden sind sich häufig überkreuzende Larvengänge oder Plätzefraß, der im Brutbild durchgeführte Regenerations- und Reifefraß, eine umfangreiche Mulmproduktion im Brutsystem, ausgedehnte Brutgangsysteme mit einer großen inneren Oberfläche und gemischte Brutgangsysteme von großen Borkenkäfern und kleinen *Crypturgus*-Arten oder von Bockkäfer- und Prachtkäfer-Larven. Negativ für Nematoden sind die verharzten Mulmplatten in *Dendroctonus micans*-Brutbildern, der zusammengepresste Mulm in den Muttergängen von *Ips acuminatus*, die intensive Reinigung von Muttergängen bei einigen Borkenkäfer-Arten, austrocknende Brutgangsysteme durch klaffende Rinde, die Pilzrasen der Ambrosia-Käfer, allgemein Holzbrüter-Gangsysteme, geringe Nachkommenzahlen wie z. B. bei *Xylechinus pilosus*, von Hallimasch (*Armillaria*) oder Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*, = *Fomes annosus*) überzogener Mulm und die intensive Parasitierung von Käfer-Larven durch Hautflügler (Hymenoptera). Beim Gestreiften Nutzborkenkäfer (*Trypodendron lineatum*) wurden bisher keine und beim Ungleichlichen Holzbohrer (*Anisandrus dispar*) nur eine kommensalische Nematoden-Art gefunden. Parasitische Fadenwürmer weisen dagegen beide Käfer-Arten auf (Rühm 1956).

Nematoden ernähren sich, wie schon dargestellt, überwiegend von Bakterien und Pilzen. Dabei wandern sie hinter den fressenden Käfer-Larven her. Fadenwürmer können im Laufe ihrer individuellen Entwicklung ihre Ernährungsweise wechseln. Dies geht mit morphologischen Veränderungen des vorderen Verdauungstraktes einher. Nach der Reproduktion der Alttiere suchen die neuentstandenen Nematoden-Larven gezielt die Jungkäfer in ihren Puppenwiegen auf und besteigen ihr tierisches Transportmittel. Die Nematoden können offensichtlich olfaktorisch die Jungkäfer erkennen. So schließt sich der Kreis.

Folgende Nematoden-Gattungen nutzen Borkenkäfer aus der Gattung *Ips* De Geer, 1775 als Vektoren: *Bursaphelenchus*, *Cryptaphelenchus*, *Ektaphelenchus*, *Fuchsnema*, *Micoletzkyia*, *Neoditylenchus* und *Plectus*-Spezies.

Die zwei häufigsten phoretischen Fadenwurm-Arten bei *Ips*-Borkenkäfern sind *Bursaphelenchus eidmanni* (Rühm, 1956) und *Micoletzkyia buetschlii* (Fuchs, 1915) (Grucmanová & Holuša 2013).

Im Gegensatz zu den phoretischen Nematoden leben die meisten parasitischen Fadenwürmer im Körperinneren der Käfer. Bei Borkenkäfer werden Larven, Puppen und Adulttiere befallen. Die Nematoden-Gattung *Cryptaphelenchus* tritt zusätzlich auch als Ektoparasit, also an der Körperoberfläche von Borkenkäfern auf. Ein Teil der Nematoden-Entwicklung findet außerhalb der Borkenkäfer-Körper statt. Der Nematoden-Lebenszyklus ist deshalb sehr gut auf die Lebensweise der Käferarten abgestimmt.

Die häufigsten endoparasitischen Nematoden-Gattungen von Borkenkäfer der Gattung *Ips* De Geer, 1775 sind *Contortylenchus*, *Cryptaphelenchus*, *Ektaphelenchus*, *Parasitaphelenchus*, *Parasitorhabditis* und *Parasitylenchus*-Spezies. Die häufigsten endoparasitischen Fadenwurm-Arten bei *Ips*-Borkenkäfern sind *Parasitylenchus dispar* (Fuchs, 1915) und *Contortylenchus diplogaster* v. Linstow, 1890.

Die Beeinträchtigungen der Borkenkäfer durch die im Körperinneren schmarotzenden Fadenwürmer können sehr vielfältig sein. Zum einen rauben Nematoden den Käfern Körperreserven indem sie deren Fettgewebe aufzehren. Ebenso wird die Körperflüssigkeit (Hämolymphe) selektiv von den Nematoden genutzt. Aber auch andere Organe (z. B. die Malphigischen Gefäße, der Verdauungstrakt, die Fortpflanzungsorgane) können befallen und beschädigt oder zerstört werden. Eine weitere negative Beeinflussung ist die Bildung von unverträglichen oder giftigen Substanzen. Großen Schaden richtet z. B. *Parasitorhabditis ipsophila* Lieutier and Laumond, 1978 im Kiefern-Borkenkäfer *Ips sexdentatus* (Borner, 1776) an. Der entomopathogene Fadenwurm zerstört den Verdauungstrakt des Käfers. Weitere Schäden bei *Ips*-Arten, verursacht durch andere Nematoden-Arten, sind verringerte Fruchtbarkeit bei Männchen und Weibchen, zeitliche Verschiebung des Schwärmens, geringere Nahrungsaufnahme sowie reduzierte Brutbildgröße (kürzere Muttergänge). Die Parasitenlast eines einzelnen Käfers kann erheblich sein. Mehrere hundert Nematoden können sich in und auf dem Käfer befinden. Dies hängt mit der hohen Fruchtbarkeit der Nematoden zusammen: Ein weibliches Tier kann bis zu 10.000 Larven produzieren (Grucmanová & Holuša 2013).

Die Befallsraten können sehr unterschiedlich sein. Unter den Flügeldecken vom Buchdrucker (*Ips typographus*) findet man durchschnittlich 35 kommensalische *Cryptaphelenchus macrogaster macrogaster*. Es können aber auch bis zu 165 Nematoden auf einem Käfer sein. Der durchschnittliche Befall der Buchdrucker-Population lag bei 25%. Bei einer *Hylurgus ligniperda*-Population waren 55% mit dem Enddarmparasiten *Parasitorhabditis ligniperdae* befallen. Durchschnittlich befanden sich 15–25 Nematoden in einem



Die Vielfalt und Dynamik der Borkenkäfer wird die Zukunft unserer heimischen Wälder in verstärktem Maße beeinflussen.

Die symbiontisch lebenden Borkenkäfer sind die evolutionär und ökologisch wichtigste Unterfamilie der Rüsselkäfer. Sie nehmen in heimischen Waldökosystemen eine zentrale Rolle ein und sind selbst eine bedeutende Nahrungsbasis für viele Tiergruppen. In Deutschland, Österreich und der Schweiz leben ca. 125 Arten, überwiegend in Laub- und Nadelbäumen. Dadurch, dass der Klimawandel für die Zukunft neue Wälder erzwingt, wird es immer wichtiger, spezielle Artenkenntnisse zu Borkenkäfern und deren Biologie zu besitzen. Dieses notwendige Wissen vermittelt Prof. Dr. Wolfgang Rohe in dem vorliegenden Buch, welches daher nicht nur in die Hand aller Praktiker aus den betreffenden Bereichen wie Forst, Landschaftspflege und Naturschutz gehört, sondern Lehrenden und Lernenden der entsprechenden Fächer zu dem nötigen Grundwissen verhilft.

Auch politisch Verantwortliche und kommunale Entscheider sollen die Erkenntnisse dieses neuen Standardwerkes bei relevanten Entscheidungen berücksichtigen. Ferner werden alle entomologisch und naturkundlich Interessierten dort ebenfalls wertvolle Anregungen finden.



www.quelle-meyer.de

ISBN 978-3-494-01872-0

Best.-Nr.: 4941872