

IT

# Entomologie

Herausgegeben von  
Konrad Dettner und Werner Peters

Mit Beiträgen von  
Thomas Bauer, Alfred Buschinger, Konrad Dettner,  
Anne-Katrin Eggert, Gerhard Eisenbeis, Klaus Honomichl,  
Manfred Kaib, Jürgen Milde, Joseph K. Müller, Werner Peters,  
Heiner Römer, Hans Scharstein, Gerhard Seifert,  
Klaus-Dieter Spindler, Anton Stabentheiner, Georg Stommel,  
Gernot Wendler, Wilfried Wichard, Rolf Ziegler, Dieter Zissler,  
Helmut Zwölfer



**GUSTAV  
FISCHER**

Stuttgart • Jena • Lübeck • Ulm

# Inhalt

<b>Vorwort</b> . . . . .	VII	1.5.3	Drüseneinheiten	34
Lehrbücher und zusammenfassende Werke zur Entomologie . . . . .	IX	1.5.4	Drüsenorgane	38
Bestimmungsliteratur für mitteleuropäische Insekten . . . . .	X	1.5.5	Spinn- und Drüsenhaare	40
Auswahl aus der Vielzahl von Zeitschriften mit Arbeiten entomologischen Inhalts . . . . .	XI	1.5.6	Verbreitung	40
Wichtige Nachschlagemöglichkeiten für Literaturzitate und Arbeitsthemen . . . . .	XII	1.5.7	Wachdrüsen	40
		1.5.8	Haftsekrete	44
		1.5.9	Milchdrüsen	44
		1.6	Kopfdrüsen	46
		1.6.1	Frontal-, Antennen-, Mandibel-, Pharynx- und Maxillardrüsen . . . . .	46
		1.6.2	Labialdrüsen	46
		1.6.3	Labialdrüsen als Spinn- und Seidendrüsen	49
<b>1 Integument</b> (Werner Peters)		<b>2 Körpergliederung</b> . . . . .	<b>53</b>	
1.1 Allgemeines . . . . .		(Gerhard Seifert)		
1.2 Epidermis . . . . .		2.1 Tagmata . . . . .	53	
1.3 Cuticula . . . . .		2.2 Caput(Kopf). . . . .	54	
1.3.1 Allgemeines . . . . .		2.2.1 Segmentierung . . . . .	54	
1.3.2 Chitin . . . . .	5	2.2.2 Kopfkapsel . . . . .	54	
1.3.3 Proteine . . . . .	8	2.2.3 Kopfanhänge . . . . .	57	
1.3.4 Lipide . . . . .	8	2.3 Thorax . . . . .	60	
1.3.5 Einlagerung von Substanzen . . . . .	9	2.3.1 Segmentierung . . . . .	60	
1.3.6 Schichtenbau . . . . .	10	2.3.2 Verbindung zwischen Skleriten, Gelenke . . . . .	61	
1.3.7 Häutung . . . . .	14	2.3.3 Thoraxextremitäten . . . . .	61	
1.3.8 Oberflächendifferenzierungen . . . . .	18	2.3.4 Sklerite des Thoraxstammes . . . . .	64	
1.3.9 Aus- und Einstülpungen der Cuticula oder des Integuments . . . . .	19	2.4 Abdomen . . . . .	69	
1.3.10 Echte Haare und Schuppen . . . . .	20	2.4.1 Segmentzahl, Gliederung, Sklerite . . . . .	69	
1.4 Färbung . . . . .	30	2.4.2 Stammuskulatur . . . . .	70	
1.4.1 Allgemeines . . . . .	30	2.4.3 Abdominalextremitäten . . . . .	71	
1.4.2 Färbung aufgrund physikalischer Eigenschaften der Cuticula . . . . .	30	<b>2.4.4</b> Äußere weibliche Geschlechtsorgane . . . . .	72	
1.4.3 Sklerotisierung und Melanisierung . . . . .	31	2.4.5 Äußere männliche Geschlechtsorgane . . . . .	74	
1.4.4 Färbung durch Pigmente: Ablagerung von Stoffwechselprodukten . . . . .	31			
1.4.5 Färbung, Zeichnungsmuster und ihre Veränderung . . . . .	31			
1.5 Hautdrüsen . . . . .	33			
1.5.1 Allgemeines . . . . .	33			
1.5.2 Einfache Drüsenzellen . . . . .	34			

### **3 Biochemie und Stoffwechsel . . . . .77** (*Rolf Ziegler*)

3.1	Einleitung . . . . .	77
3.2	Ernährung . . . . .	77
3.3	Freisetzung von Energie aus Nahrung und Energiespeichern . . . . .	78
3.3.1	Kohlenhydrate . . . . .	78
3.3.2	Transport der Reduktionsäquivalente in die Mitochondrien . . . . .	78
3.3.3	Oxidative Phosphorylierung . . . . .	79
3.3.4	Lipide . . . . .	80
3.3.5	Proteine . . . . .	80
3.4	Synthese von Reserven . . . . .	80
3.4.1	Kohlenhydrate . . . . .	81
3.4.2	Lipide . . . . .	81
3.4.3	Proteine . . . . .	82
3.5	Hunger . . . . .	82
3.5.1	Hunger bei Larven . . . . .	82
3.5.2	Hunger bei adulten Insekten . . . . .	83
3.6	Flug der Insekten . . . . .	83
3.6.1	Schätzungen des Energieaufwandes für den Flug . . . . .	84
3.6.2	Transport von Sauerstoff und Substraten . . . . .	84
3.6.3	Brennstoffe für den Flug . . . . .	84
3.6.4	Kontrolle des Energiestoffwechsels während des Fluges . . . . .	86
3.7	Fortpflanzung . . . . .	87
3.7.1	Kosten der Fortpflanzung . . . . .	87
3.7.2	Hormonelle Kontrolle des Energiestoffwechsels während der Fortpflanzung . . . . .	88
3.8	Ungünstige Umweltbedingungen . . . . .	88
3.9	Hormone, die den Energiestoffwechsel steuern . . . . .	89

### **4 Ernährung und Verdauung 91** (*Werner Peters*)

4.1	Anregung, Dauer und Steuerung der Nahrungsaufnahme . . . . .	91
4.2	Extrazelluläre Verdauung . . . . .	92
4.3	Allgemeines . . . . .	92
4.4	Der Vorderdarm . . . . .	95

4.5	Der Mitteldarm . . . . .	9g
4.5.1	Das Epithel des Mitteldarms und seine Regeneration . . . . .	98
4.5.2	Peritrophische Membranen und die Kompartimentierung des Mitteldarms . . . . .	102
4.5.3	Verdauungsenzyme . . . . .	110
4.5.4	Nahrungsspezialisten . . . . .	114
4.6	Malpighische Gefäße . . . . .	119
4.7	Der Hinterdarm . . . . .	120
4.7.1	Gliederung des Hinterdarms . . . . .	120
4.7.2	Nahrungsreste (Kot, Faeces) . . . . .	122
4.8	Der Fettkörper . . . . .	123

### **5 Wasserhaushalt, Osmo- und Ionenregulation sowie Exkretion. . . . .129** (*Gerhard Eisenbeis und Wilfried Wichard*)

5.1	Allgemeines . . . . .	129
5.2	Wasserhaushalt . . . . .	131
5.2.1	Transpiration . . . . .	131
5.2.2	Absorption von Wasser durch spezielle Organe und Wasserdampfabsorption . . . . .	137
5.2.3	Wasseraufnahme durch Trinken, die Nahrung und metabolisches Wasser . . . . .	140
5.3	Osmo- und Ionenregulation . . . . .	142
5.3.1	Osmoregulation in hypo-osmotischer Umgebung . . . . .	142
5.3.2	Hypo-osmotische Regulation . . . . .	147
5.4	Exkretion . . . . .	148
5.4.1	Malpighische Gefäße . . . . .	149
5.4.2	Die Weiterverarbeitung des Harns während der Darmpassage . . . . .	157
5.4.3	Kryptonephridialkomplexe . . . . .	159
5.4.4	Sonstige Organe der Exkretion: Labialdrüsen, Nephrocyten, Mitteldarm, Fettkörper und Integument . . . . .	162
5.4.5	Die Exkretion von Stickstoff . . . . .	167

<b>6</b>	<b>Tracheensystem . . . . .</b>	<b>171</b>	8.2.2	Laufen. . . . .	205
	<i>(Gerhard Seifert)</i>		8.2.3	Springen. . . . .	210
6.1	Ontogenese und Aufbau. . . . .	171	8.3	Fortbewegung in und auf dem Wasser. . . . .	213
6.2	Feinstruktur und Beatmung . . . . .	172	8.4	Fortbewegung in der Luft . . . . .	215
6.2.1	Körperstamm . . . . .	174	8.4.1	Aerodynamik und Kinematik . . . . .	215
6.2.2	Körperanhänge. . . . .	176	8.4.2	Funktionsmorphologie des Flugapparates. . . . .	217
6.3	Ventilation der atmungsaktiven Tracheolenendigungen . . . . .	177	8.4.3	Physiologie de^ Flugsystems . . . . .	219
6.4	Atmung bei Wasserinsekten . . . . .	178	8.5	Orientierung der Fortbewegung im Raum . . . . .	225
6.5	Funktionen . . . . .	179	8.5.1	Fortbewegung bei fehlenden externen Orientierungsmerkmalen . . . . .	225
<b>7</b>	<b>Hämolymphe und Hämolymphetransport . . . . .</b>	<b>183</b>	8.5.2	Fortbewegung mit Hilfe externer Orientierungsmerkmale. . . . .	226
	<i>(Gerhard Seifert)</i>		<b>9</b>	<b>Nervensystem . . . . .</b>	<b>245</b>
7.1	Die Hämolymphe. . . . .	183		<i>(Jürgen Milde)</i>	
7.1.1	Ontogenese. . . . .	183	9.1	Aufgaben. . . . .	245
7.1.2	Beschaffenheit . . . . .	183	9.2	Grundaufbau. . . . .	245
7.1.3	Aufgaben der Hämolymphe . . . . .	185	9.2.1	Entwicklung . . . . .	247
7.1.4	Abwehrmechanismen. . . . .	185	9.2.2	Neurochemie. . . . .	248
7.1.5	Wundverschluß . . . . .	187	9.3	Bausteine. . . . .	249
7.2	Organe und Mechanismen des Hämolymphetransports. . . . .	187	9.3.1	Neuronen. . . . .	249
7.2.1	Herz. . . . .	188	9.3.2	Gliazellen . . . . .	251
7.2.2	Diaphragmata . . . . .	189	9.3.3	Neurosekretorische Zellen. . . . .	252
7.2.3	Flügelherzen. . . . .	190	9.3.4	Blut-Hirn-Schranke. . . . .	252
7.2.4	Antennenampullen. . . . .	192	9.4	Bauchmark und Periphere Nerven . . . . .	253
7.2.5	Wechselwirkung von Beatmung des Tracheensystems und Hämolymphetransport bei Holometabolen-Imagines. . . . .	193	9.4.1	Aufbau der Ganglien. . . . .	253
<b>8</b>	<b>Fortbewegung und sensomotorische Integration. . . . .</b>	<b>197</b>	9.5	Gehirn und Unterschlundganglion . . . . .	255
	<i>(Gernot Wendler)</i>		9.5.1	Protocerebrum. . . . .	257
8.1	Skelettmuskulatur und ihre Kontrolle. . . . .	197	9.5.2	Deutocerebrum. . . . .	265
8.1.1	Funktionsmorphologie. . . . .	197	9.5.3	Tritocerebrum . . . . .	267
8.1.2	Bau der Muskeln. . . . .	199	9.5.4	Unterschlundganglion. . . . .	267
8.1.3	Steuerung der Kontraktion . . . . .	200	9.6	Viscerales Nervensystem . . . . .	267
8.1.4	Kontraktionsmechanismus. . . . .	204	9.6.1	Stomatogastrisches Nervensystem . . . . .	268
8.2	Fortbewegung an Land. . . . .	204	9.6.2	Retrocerebraler Komplex. . . . .	268
8.2.1	Kriechen. . . . .	204	9.6.3	Ventrales und Caudales Viscerales System. . . . .	269
			<b>10</b>	<b>Lernen und Gedächtnis . . . . .</b>	<b>271</b>
				<i>(Jürgen Milde)</i>	
			10.1	Futterdressuren bei Honigbienen . . . . .	271
			10.2	Kategorien von Lernvorgängen . . . . .	273

10.3 Duftlernen bei Honigbienen . . . 274

10.4 Physiologie und zelluläre  
Grundlagen . . . . . 275

10.5 Neurogenetik . . . . . 276

10.6 Orientierungsverhalten im Flug . . 277

**11 Sinnesphysiologie . . . . . 279**

*(Manfred Kaib, Heiner Römer, Hans Scharstein, Anton Stabentheiner und Georg Stommel)*

11.1 Mechanorezeption . . . . . 279  
*(Heiner Römer)*

11.1.1 Bau- und Funktionsprinzip  
mechanorezeptiver  
Insektensensillen . . . . . 279

11.1.2 Die Vielfalt mechanosensitiver  
Sensillen . . . . . 282

11.1.3 Reiz-Erregungsumsetzung  
(sensorische Transduktion). . . . 282

11.1.4 Die adäquaten Reize, ihre  
Perzeption und der  
Verhaltenskontext . . . . . 284

11.1.5 Die adaptive Funktion tympanaler  
Gehörorgane . . . . . 296

11.2 Temperatur-und Feuchterezeption . 298  
*(Anton Stabentheiner und Heiner Römer)*

11.3 Chemorezeption . . . . . 302  
*(Manfred Kaib)*

11.3.1 Einleitung . . . . . 302

11.3.2 Biologische Bedeutung des  
chemischen Sinnes. . . . . 303

11.3.3 Struktur chemischer Sinnesorgane  
und Strukturvielfalt . . . . . 304

11.3.4 Reizleitung zu den Sinneszellen . . 309

11.3.5 Empfindlichkeit der chemischen  
Sinnesorgane . . . . . 311

11.3.6 Spezifität der chemischen  
Sinnesorgane und Erkennung  
chemischer Muster. . . . . 315

11.4 Photorezeption. . . . . 320  
*(Hans Scharstein und Georg Stommel)*

11.4.1 Bedeutung des Lichtsinnes. . . . 320

11.4.2 Photorezeptoren. . . . . 321

11.4.3 Die Phototransduktion: vom Licht  
zur elektrischen Erregung . . . . . 322

11.4.4 Von der Sehzelle zum Bild:  
Augenformen. . . . . 329

**12 Endokrinologie . . . . . 349**

*(Klaus-Dieter Spindler)*

12.1 Hormone und ihre Bildungsorte . 349

12.1.1 Neurosekretorische Zellen und  
Zentren . . . . . 349

12.1.2 Corpora allata/Corpora  
cardiaca-Komplex, Ringdrüse . . . 351

12.1.3 Häutungsdrüsen . . . . . 352

12.1.4 Reproduktionsorgane. . . . . 355

12.1.5 Andere Gewebe als  
Hormonproduzenten. . . . . 355

12.1.6 Hormonrezeptoren. . . . . 355

12.2 Funktionen einiger ausgewählter  
Hormone. . . . . 356

12.2.1 Häutungshormone und die  
Regulation ihrer Synthese. . . . . 356

12.2.2 Juvenilhormone und die Regulation  
ihrer Synthese. . . . . 357

12.2.3 Metamorphose. . . . . 358

12.2.4 Myotrope Hormone. . . . . 358

12.2.5 Adipokinetische Hormone. . . . . 359

12.2.6 Hormonelle Regulation des  
Wasserhaushaltes. . . . . 359

12.3 Eingriffe in das Hormonsystem als  
Mittel zur Schädlingsbekämpfung . 360

**13 Fortpflanzung und  
Entwicklung. . . . . 363**

*(Anne-Katrin Eggert, Joseph K. Müller  
und Dieter Zissler)*

13.1 Fortpflanzung. . . . . 363  
*(Dieter Zissler)*

13.1.1 Innere Geschlechtsorgane. . . . . 363

13.1.2 Fortpflanzungsformen. . . . . 399

13.1.3 Begattung. . . . . 402

13.2 Entwicklung . . . . . 407  
*(Dieter Zissler)*

13.2.1 Embryonalentwicklung  
(Embryogenese) . . . . . 407

13.3	Fortpflanzungsverhalten . . . . . 437 ( <i>Joseph K. Müller und Anne-Katrin Eggen</i> )	15	Insekten und Pflanzen ... 507 ( <i>Helmut Zwölfer</i> )
13.3.1	Einleitung . . . . . 437	15.1	Phytophage Insektentaxa . . . . . 507
13.3.2	Theorie der Geschlechtsunterschiede . . . . . 438	15.2	Phytophage Lebensformtypen . . . . . 508
13.3.3	Fortpflanzungsverhalten von Männchen . . . . . 442	15.2.1	Ektophytische Blatt-, Stengel- und Wurzelfresser . . . . . 509
13.3.4	Fortpflanzungsverhalten von Weibchen . . . . . 452	15.2.2	Pflanzensauger . . . . . 510
13.3.5	Investition in die Nachkommen: Brutfürsorge und Brutpflege . . . . . 459	15.2.3	Endophytische Arten ohne Gallbildung . . . . . 511
13.3.6	Geschlechterkonflikt . . . . . 463	15.2.4	Gallbildner . . . . . 514
<b>14</b>	<b>Soziale Insekten. . . . . 469</b> ( <i>Alfred Buschinger</i> )	15.3	Evolution der Phytophagie bei Insekten . . . . . 517
14.1	Grundlagen sozialer Lebensweise . . 469	15.4	Entomophage Insekten und Pflanzen . . . . . 518
14.2	Soziale Organisation von Termitenstaaten . . . . . 470	15.5	Abwehreinrichtungen bei Pflanzen und Gegenanpassungen phytophager Insekten . . . . . 519
14.3	Soziale Organisation von Hymenopterenstaaten . . . . . 474	15.5.1	Insekten und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe . . . . . 519
14.3.1	Wespen . . . . . 474	15.5.2	Physikalische Abwehr- vorrichtungen . . . . . 521
14.3.2	Bienen . . . . . 476	15.5.3	Schutz durch entomophage Insekten . . . . . 521
14.3.3	Ameisen . . . . . 479	15.5.4	Täuschung und Orientierungser schwerung von Phytophagen . . . . . 522
14.4	Kastenbildung . . . . . 483	15.5.5	Unberechenbarkeit des Nahrungsangebots . . . . . 522
14.4.1	Psychophysiologische Kastendetermination . . . . . 485	15.6	Wirtsfindung und Wirtswahl . . . . . 523
14.4.2	Blastogene und trophogene Kastendetermination . . . . . 486	15.7	Mutualistische Beziehungen zwischen Insekten und Pflanzen . . 523
14.4.3	Genetische Morphendetermination . 487	15.7.1	Insekten als Blüten-Bestäuber . . . 524
14.5	Kommunikation . . . . . 489	15.7.2	Blütenbestäubung: Anpassungen bei Blütenbesuchern . . . . . 525
14.5.1	Optische und akustische Kommunikation . . . . . 489	15.7.3	Blütenbestäubung: Anpassungen bei Pflanzen . . . . . 525
14.5.2	Taktile Kommunikation . . . . . 491	15.7.4	Koevolution in entomogamen Bestäubersystemen . . . . . 526
14.5.3	Olfaktorische Kommunikation . . . . 491	15.7.5	Ameisen und Pflanzen . . . . . 527
14.6	Homöostase und soziale Regulation . . . . . 495	15.8	Coevolutive Beziehungen zwischen Insekten und Pflanzen . . . . . 527
14.7	Symbiosen und Parasitismus . . . . . 497	<b>16</b>	<b>Entomophage Insekten . . 531</b> ( <i>Thomas Bauer</i> )
14.7.1	Die Pilzsymbiosen von Termiten und Ameisen . . . . . 497	16.1	Räuber . . . . . 531
14.7.2	Trophobiose von Ameisen und Pflanzensaugern . . . . . 498	16.1.1	Zusammentreffen mit der Beute . . 531
14.7.3	Gäste und Parasiten in Nestern sozialer Insekten . . . . . 498		
14.7.4	Sozialparasitismus . . . . . 502		

16.1.2	Orten und Erkennen . . . . .	533	18.2.2	Biochemische Prozesse in den Leuchtorganen . . . . .	619
16.1.3	Angriff . . . . .	535	18.2.3	Biologische Bedeutung des Leuchtens. . . . .	620
16.1.4	Verzehren . . . . .	538	<b>19</b>	<b>Insekten und Mikroorganismen. . . . .</b>	<b>625</b>
16.1.5	Generalisten und Spezialisten . . . .	540		<i>(Konrad Dettner)</i>	
16.1.6	Fallstudie Suchjäger: Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae) und Springschwänze (Collembola) . . .	541	19.1	Endosymbiose . . . . .	625
16.1.7	Fallstudie Lauerer: Gottesanbeterinnen . . . . .	546	19.1.1	Symbionten . . . . .	625
16.1.8	Fallstudie Fallensteller: Ameisenlöwen. . . . .	549	19.1.2	Wirtsinsekten . . . . .	626
16.2	Parasitoide. . . . .	551	19.1.3	Vorkommen der Endosymbionten im Wirtsinsekt . . . . .	626
16.2.1	Wirtssuche. . . . .	553	19.1.4	Weitergabe der Endosymbionten an die Nachkommen des Wirtes . . . .	629
16.2.2	Brutfürsorge und Eiablage. . . . .	555	19.1.5	Symbiotische Wechselbeziehungen zwischen Wirt und Symbiont . . . .	630
16.2.3	Lebensweise der Larven. . . . .	560	19.2	Ektosymbiose. . . . .	635
16.2.4	Superparasitoide. . . . .	563	19.2.1	Holzwespen . . . . .	635
16.2.5	Multiparasitoide. . . . .	564	19.2.2	Blattschneiderameisen. . . . .	637
16.2.6	Hyperparasitoide. . . . .	565	<b>20</b>	<b>Biologische, chemische und biotechnische Schädlingsbekämpfung . .</b>	<b>639</b>
16.3	Parasiten . . . . .	566		<i>(Konrad Dettner und Helmut Zwölfer)</i>	
<b>17</b>	<b>Insekten als Nahrungsquelle, Abwehrmechanismen . . 5 6 9</b>		20.1	Biologische Schädlingsbekämpfung: Übersicht . . . . .	639
	<i>(Konrad Dettner)</i>			<i>(Helmut Zwölfer)</i>	
17.1	Insekten als Nahrungsquelle für Vertebraten und Invertebraten (Prädatoren und Parasitoide) . .	569	20.1.1	Die Einbürgerung von Nutzorganismen. . . . .	640
17.1.1	Vertebraten als Insektenfresser .	570	20.1.2	Schädlingsbekämpfung mit entomophagen Insekten . . . . .	642
17.1.2	Arthropoden als Insektenfresser	574	20.1.3	Unkrautbekämpfung mit phytophagen Insekten. . . . .	646
17.2	Abwehrmechanismen der Insekten .	574	20.2	Chemische Schädlingsbekämpfung/Resistenz .	648
17.2.1	Primäre Abwehrmechanismen (passive Abwehr). . . . .	575		<i>(Konrad Dettner)</i>	
17.2.2	Sekundäre Abwehrmechanismen . .	586	20.2.1	Wichtigste Typen von Insektiziden .	649
17.2.3	„Innere“ Abwehr von Insekten . . .	611	20.2.2	Repellents. . . . .	658
17.2.4	Nicht direkt gegen Organismen gerichtete Schutzmaßnahmen . . . .	612	20.2.3	Fumigantien. . . . .	659
<b>18</b>	<b>Biolumineszenz. . . . .</b>	<b>615</b>	20.3	Biotechnische Schädlingsbekämpfung . . . . .	659
	<i>(Konrad Dettner)</i>			<i>(Konrad Dettner)</i>	
18.1	Biolumineszenz bei Collembolen und Dipteren. . . . .	615			
18.2	Biolumineszenz bei Käfern. . . . .	616			
18.2.1	Morphologie und Histologie der Leuchtorgane. . . . .	617			

20.3.1	Physikalische Reize . . . . .	659	22.1.2	Populationswachstum . . . . .	710
20.3.2	Chemische Reize . . . . .	659	22.1.3	Zeitliche Dichteabhängigkeit von Wachstumsfaktoren . . . . .	711
20.3.3	Insektenresistente Pflanzen (transgene Pflanzen). . . . .	664	22.1.4	Räumliche Dichteabhängigkeit von Wachstumsfaktoren . . . . .	712
20.4	Integrierter Pflanzenschutz . . . . . ( <i>Helmut Zwölfer</i> )	666	22.1.5	Umwelt- und Ressourcenstruktur . . . . .	713
<b>21</b>	<b>Medizinische Entomologie. . . . .</b>	<b>669</b>	22.2	Einfluß von Natalität und Mortalität . . . . .	713
	( <i>Werner Peters</i> )		22.2.1	Natalität und Natalitätsfaktoren . . . . .	714
21.1	Allgemeines . . . . .	669	22.2.2	Mortalität und Mortalitätsfaktoren . . . . .	715
21.2	Gifttiere . . . . .	672	22.2.3	Ein Fallbeispiel für Wechselwirkungen von Faktoren . . . . .	717
21.2.1	Allgemeines . . . . .	672	22.2.4	Konfliktsituationen und Kompromißlösungen . . . . .	718
21.2.2	Stachelgifte von Hymenoptera . . . . .	673	22.3	Regulation s- und Rückkopplungstypen . . . . .	719
21.2.3	Gifthaare von Schmetterlingsraupen . . . . .	674	22.3.1	Interaktive Populationsregulation . . . . .	719
21.2.4	Gift enthaltende Tiere . . . . .	675	22.3.2	Ein einfaches Rückkopplungsmodell . . . . .	720
21.3	Lästlinge und Krankheitserreger . . . . .	675	22.3.3	Einseitige (nicht-interaktive) Steuerungssysteme . . . . .	721
21.3.1	Allergien, Ungezieferwahn und Lästlinge . . . . .	675	22.3.4	„Selbstregulation“ bei Insektenpopulationen . . . . .	721
21.3.2	Läuse . . . . .	676	22.3.5	Kombinationen von Regulationstypen . . . . .	722
21.3.3	Wanzen . . . . .	678	22.3.6	Regulation und Populationsstruktur . . . . .	723
21.3.4	Diptera . . . . .	680	22.4	Massenwechselformen bei Insekten . . . . .	724
21.3.5	Flöhe . . . . .	687	22.5	Populationsdynamische Untersuchungsverfahren . . . . .	726
21.4	Insekten als Zwischenträger oder Überträger von Krankheitserregern . . . . .	691	22.5.1	Grundlagen . . . . .	726
21.4.1	Insekten als Zwischenträger, Verschleppung von Krankheitserregern . . . . .	691	22.5.2	Lebensstadien . . . . .	727
21.4.2	Übertragung von Viren . . . . .	693	22.5.3	Schlüsselfaktor-Analyse . . . . .	728
21.4.3	Übertragung von Bakterien . . . . .	696	<b>23</b>	<b>Systematik. . . . .</b>	<b>731</b>
21.4.4	Übertragung von Rickettsien . . . . .	698		( <i>Klaus Honomichi</i> )	
21.4.5	Übertragung von Spirochaeten . . . . .	700	23.1	Die systematischen Gruppen (Taxa). . . . .	731
21.4.6	Übertragung von Flagellaten . . . . .	700	23.1.1	Die Art . . . . .	731
21.4.7	Übertragung von Malaria . . . . .	703	23.1.2	Die höheren Taxa . . . . .	733
21.4.8	Übertragung von Filarien . . . . .	705	23.1.3	Die Artbildung . . . . .	733
<b>22</b>	<b>Regulation der Populationsdichte. . . . .</b>	<b>709</b>	23.2	Methoden der Systematik . . . . .	734
	( <i>Helmut Zwölfer</i> )		23.2.1	Rekonstruktion des Stammbaums . . . . .	734
22.1	Grundbegriffe der Populationsdynamik . . . . .	709	23.2.2	Umsetzen des Stammbaums in ein System . . . . .	741
22.1.1	Steuerung, Begrenzung und Regulation . . . . .	709	23.3	Cladogramm der Insekten . . . . .	743



24 Tiergeographie. . . . . 747  
(Werner Peters)

- 24.1 Allgemeines. . . . . 747
- 24.2 Chorologie (Arealkunde). . . . . 747
- 24.3 Faunistik . . . . . 754
- 24.4 Tiergeographische Regionen . . . . . 754
- 24.5 Historische Tiergeographie. . . . . 756

25 Übersicht über die Vielfalt  
der Insekten. . . . . 763  
(Konrad Dettner und Werner Peters)

- 25.1 Collembola, Springschwänze . . . . . 763
- 25.2 Protura, Beintastler . . . . . 767
- 25.3 Diplura, Doppelschwänze . . . . . 770
- 25.4 Archaeognatha, Felsenspringer . . . . . 772
- 25.5 Zygentoma, Fischchen . . . . . 775
- 25.6 Ephemeroptera, Eintagsfliegen . . . . . 777
- 25.7 Odonata, Libellen . . . . . 780
- 25.8 Plecoptera, Steinfliegen. . . . . 783
- 25.9 Embioptera, Tarsenspinner. . . . . 785
- 25.10 Notoptera (Grylloblattodea) . . . . . 787
- 25.11 Dermaptera, Ohrwürmer. . . . . 789
- 25.12 Mantodea, Fangschrecken,  
Gottesanbeterinnen. . . . . 791
- 25.13 Blattodea, Schaben . . . . . 794

- 25.14 Isoptera, Termiten. . . . . 796
- 25.15/ 25.16 Ensifera und Caelifera, Langfühler-  
und Kurzfühlerschrecken . . . . . 797
- 25.17 Plasmida (Phasmatodea,  
Cheleutoptera), Stab- oder  
Gespenstheuschrecken . . . . . 799
- 25.18 Zoraptera . . . . . 801
- 25.19 Psocoptera, Staubläuse, Flechtlinge,  
Rinden- und Bücherläuse. . . . . 802
- 25.20 Phthiraptera, Tierläuse. . . . . 804
- 25.21 Hemiptera (Rhynchota,  
Schnabelkerfe). . . . . 808
- 25.22 Thysanoptera, Fransenflügler,  
Blasenfüße. . . . . 829
- 25.23 Coleoptera, Käfer. . . . . 833
- 25.24 Megaloptera, Schlammfliegen . . . . . 841
- 25.25 Raphidioptera, Kamelhalsfliegen . . . . . 844
- 25.26 Planipennia, Netzflügler. . . . . 845
- 25.27 Hymenoptera, Hautflügler. . . . . 849
- 25.28 Trichoptera, Köcherfliegen. . . . . 860
- 25.29 Lepidoptera, Schmetterlinge . . . . . 865
- 25.30 Mecoptera, Skorpionsfliegen . . . . . 877
- 25.31 Siphonaptera (Aphaniptera), Flöhe 880
- 25.32 Diptera, Zweiflügler. . . . . 884
- 25.33 Strcpsiptera, Fächerflügler. . . . . 901

**Register. . . . . 905**