



# Die Antagonisten des Buchdruckers im Nationalpark Berchtesgaden



Die Antagonisten des  
Buchdruckers (*Ips typographus* L.)  
im Nationalpark Berchtesgaden  
unter besonderer Berücksichtigung  
des Ameisenbunkkäfers  
(*Thanasimus* sp.)

Thomas Rettelbach  
Technische Universität München

**Impressum:**

Nationalpark Berchtesgaden  
Forschungsbericht 47/2002

Herausgeber:

Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6,  
D-83471 Berchtesgaden, Telefon 0 86 52/96 86-0, Telefax 0 86 52/96 86 40,  
e-Mail: [poststelle@nationalpark-berchtesgaden.de](mailto:poststelle@nationalpark-berchtesgaden.de)  
Internet: <http://www.nationalpark-berchtesgaden.de>

im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen

Alle Rechte vorbehalten!

ISSN 0172-0023  
ISBN 3-922325-50-5

Druck: Berchtesgadener Anzeiger, Berchtesgaden

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Titelbild: Ameisenbüntkäfer (*Thanasimus femoralis*).

Titelbild: K. Wagner; sonstige Bilder: T. Rettelbach; Karten: D. Kilian

*Jahrtausende vor Gutenberg  
Im Forst man einen Käferzweig  
Bei seinem finstern Handwerk traf:  
Buchdrucker war er, Typograph.  
Der Förster, wenn er ihn erkennt,  
Samt seinem Druckwerk ihn verbrennt.*

Eugen Roth

## Vorwort

Ich hatte das Glück, während meiner Forschungstätigkeit in einer der schönsten Gegenden Bayerns arbeiten zu dürfen, im Nationalpark Berchtesgaden.

Deshalb möchte ich mich bei allen herzlich bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

An erster Stelle sei Herr Prof. Dr. Schopf genannt, der mir das Thema überlies und dem ich anregende Gespräche, auch über das Thema der Arbeit hinaus, verdanke.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Dr. Zierl, der als Nationalpark-Leiter das Zustandekommen dieser Arbeit initiiert und gefördert hat.

Für die Finanzierung des „Borkenkäfer-Projektes“ im Nationalpark Berchtesgaden sei dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen gedankt sowie der Firma Cyanamid-Agrar (Herr Schollmeyer) für die kostenlose Bereitstellung der Pheroprax-Dispenser.

Ohne die Unterstützung durch zahlreiche „helfende Hände“ wäre ein derartiges Projekt nicht durchführbar. Die Mitarbeiter des Funktional-Reviere, an ihrer Spitze Herr Krüger, möchte ich hier besonders erwähnen. Vor allem „Borkenkäfer-Experte“ Sepp Pfnür und Wolfgang Palzer haben mir bei Aufbau und Leerung sehr geholfen. Lorenz Köppl danke ich für sein Entgegenkommen bei allen anstehenden Problemen.

Den Revierleitern Hofbeck, Hörnes und Neubauer sowie deren Mannschaft schulde ich Dank für die Geduld mit dem manchmal lästigen „Forscher“.

Beim Leeren der Fallen, dem Auszählen von Fanggut und bei der Betreuung des Brutschrankes leisteten die Praktikanten Christian Böpple, Petra Poppen und Marc O'Donnell wertvolle Hilfe.

Ameisenbuntkäfer aus dem Nationalpark Bayerischer Wald wurden freundlicherweise von der dortigen Nationalparkverwaltung und von Frau Dr. Weißbacher (LWF) zur Verfügung gestellt.

Den Herren Dr. Baehr und Dr. Schacht an der Zoologischen Staatssammlung München danke ich für ihr Entgegenkommen und ihre Hilfe bei der Bestimmung.

Für die große Geduld beim Anfertigen der Karten möchte ich Daniela Kilian danken sowie Monika Krüger für die Einweisung am Digitalisier-Brett.

Alle Angehörigen der Nationalpark-Belegschaft, insbesondere Herr Dr. Freyer, schufen eine angenehme Atmosphäre, in der es Spaß machte, diese Arbeit zu verfassen.

Am Lehrstuhl für Angewandte Zoologie unterstützte mich besonders Dr. Axel Gruppe, der mich in die Geheimnisse der Elektrophorese einwies. Auch den anderen Lehrstuhl-Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern danke ich für die freundliche Aufnahme, besonders den „guten Geistern“ des Lehrstuhls, Frau Biederer und Frau Bayer.

Zuletzt möchte ich mich ganz besonders herzlich bei meiner Familie bedanken, die mir durch moralische, materielle oder finanzielle Hilfe ermöglichte, einer so schönen Arbeit nachzugehen.



Fraßbild des Buchdruckers (*Ips typographus*); die Fraßtätigkeit der Käfer hat hier die obersten Schichten des Splintholzes gefurcht.

# Inhaltsverzeichnis

## Die Antagonisten des Buchdruckers (*Ips typographus* L.) im Nationalpark Berchtesgaden unter besonderer Berücksichtigung des Ameisenbunkkäfers (*Thanasimus* sp.) von Thomas Rettelbach

Einleitung .....	15
Material und Methoden .....	19
<b>1 Flugaktivität von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp.</b> .....	19
<b>2 Statistische Analyse der Fallenfänge von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp. in den Jahren 1996 bis 1998</b> .....	19
<b>3 Anteil verschiedener Beifang-Gruppen am Fallenfang im Jahre 1996</b> .....	20
<b>4 Bestimmung von Ameisenbunkkäfer-Fängen</b> .....	20
4.1 Art- und Geschlechtsbestimmung bei <i>Thanasimus</i> sp.- Fängen des Jahres 1996 .....	20
4.2 Prozentuale Anteile von Ameisenbunkkäfern am Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998 .....	20
<b>5 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang</b> .....	23
5.1 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang in der Umgebung der Falle in den Jahren 1995 und 1996 .....	23
5.2 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998 in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone .....	23
<b>6 Rindenbrütende Borkenkäfer und ihre Antagonisten in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone</b> .....	23
6.1 Vergleich der Fangzahlen von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp. in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für die Jahre 1996 bis 1998 .....	23
6.2 Vergleich der Fangzahlen von <i>Pityogenes chalcographus</i> und <i>Nemosoma elongatum</i> in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für das Jahr 1998 .....	23
<b>7 Flugaktivität von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp. in Abhängigkeit von der Temperatur</b> .....	24
7.1 Flugaktivität 1996 .....	24
7.2 Tagesgang der Flugaktivität .....	24
<b>8 Arretierung von <i>Thanasimus</i> sp. in Borkenkäfer-Fangsystemen</b> ..	24
8.1 Laborversuche .....	24
8.2 Freilandversuche .....	24
<b>9 Markierungsversuche mit <i>Thanasimus femoralis</i></b> .....	27

10	<b>Auswirkung unterschiedlicher <i>Thanasimus femoralis</i>-Adult-Dichten auf die Larvenanzahl von <i>Thanasimus femoralis</i> und die Brutproduktion von <i>Ips typographus</i></b> .....	27
11	<b>Fraßkapazität, Eiablage und Larvenschlupf bei <i>Thanasimus femoralis</i> und <i>Thanasimus formicarius</i> in Abhängigkeit vom Beuteangebot</b> .....	28
12	<b>Gewichtvergleich bei Männchen und Weibchen von <i>Thanasimus</i> sp.</b> .....	29
13	<b>Futterverwertung bei adulten <i>Thanasimus femoralis</i> und <i>Thanasimus formicarius</i> im Vergleich</b> .....	29
14	<b>Größenvergleich bei Männchen und Weibchen von <i>Thanasimus</i> sp.</b> .....	29
15	<b>Genetische Strukturen in Populationen von <i>Thanasimus</i> sp. in Hoch- und Tieflage</b> .....	29
15.1	Untersuchungen im Jahre 1997 .....	30
15.1.1	Herkunft der untersuchten Käfer .....	30
15.1.2	Vorbereitung der Proben und der Gele .....	30
15.1.3	Herstellung der Gele .....	30
15.1.4	Elektrophorese .....	30
15.1.5	Färbungen .....	30
15.1.6	Auswertung .....	31
15.2	Untersuchungen im Jahre 1998 .....	31
15.2.1	Herkunft der untersuchten Käfer .....	31
15.2.2	Untersuchungsmethoden .....	31
16	<b>Artbestimmung bei <i>Thanasimus</i> sp.-Larven mit Hilfe der Elektrophorese</b> .....	34
17	<b>Besiedelung von unterschiedlich lange exponierten Stammstücken durch <i>Ips typographus</i>, dessen Antagonisten und andere Arthropoden</b> .....	34
18	<b>Untersuchungen an stehend befallenen Fichten</b> .....	34
19	<b>Statistik</b> .....	35
	<b>Ergebnisse</b> .....	44
1	<b>Flugaktivität von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp.</b> .....	44
1.1	<i>Ips typographus</i> .....	44
1.1.1	Flugverlauf von <i>Ips typographus</i> im Jahre 1996 .....	44
1.1.2	Flugbeginn bei <i>Ips typographus</i> im Jahre 1996 .....	44
1.2	<i>Thanasimus</i> sp. ....	46
1.2.1	Flugverlauf von <i>Thanasimus</i> sp. im Jahre 1996 .....	46
1.2.2	Flugbeginn bei <i>Thanasimus</i> sp. im Jahre 1996 .....	46
1.3	Vergleich von <i>Ips typographus</i> - und <i>Thanasimus</i> sp.-Flugaktivität im Jahre 1996 .....	47
1.4	Vergleich von <i>Ips typographus</i> - und <i>Thanasimus</i> sp.-Flugaktivität in den Jahren 1996 bis 1998 .....	47

1.5	Übersicht über die <i>Ips typographus</i> - und <i>Thanasimus</i> sp.-Fänge der Jahre 1989 bis 1998 .....	49
<b>2</b>	<b>Statistische Analyse der Fallenfänge von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp. in den Jahren 1996 bis 1998 .....</b>	<b>50</b>
2.1	<i>Ips typographus</i> – Haupteffekte .....	51
2.2	<i>Ips typographus</i> – Wechselwirkungen .....	52
2.3	<i>Thanasimus</i> sp. – Haupteffekte .....	53
2.4	<i>Thanasimus</i> sp. – Wechselwirkungen .....	54
<b>3</b>	<b>Anteil verschiedener Beifang-Gruppen am Fallenfang im Jahre 1996 .....</b>	<b>56</b>
3.1	Allgemeine Übersicht .....	56
3.2	Coleopteren-Beifänge in Schlitzfallen .....	57
<b>4</b>	<b>Bestimmung von Ameisenbuntkäfer-Fängen .....</b>	<b>58</b>
4.1	Art- und Geschlechtsbestimmung bei <i>Thanasimus</i> sp.-Fängen des Jahres 1996 .....	58
4.1.1	<i>Thanasimus femoralis</i> .....	58
4.1.2	<i>Thanasimus formicarius</i> .....	59
4.2	Prozentuale Anteile von Ameisenbuntkäfern am Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998 .....	60
4.2.1	Prozentualer Anteil von <i>Thanasimus</i> sp. am Fallenfang .....	60
4.2.2	Prozentualer Anteil von <i>Thanasimus femoralis</i> am <i>Thanasimus</i> sp.-Fallenfang .....	60
<b>5</b>	<b>Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang .....</b>	<b>64</b>
5.1	Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang in der Umgebung der Falle in den Jahren 1995 und 1996 .....	64
5.2	Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998 in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone .....	64
5.2.1	Kammrohrfallen .....	64
5.2.2	Schlitzfallen .....	64
<b>6</b>	<b>Rindenbrütende Borkenkäfer und ihre Antagonisten in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone .....</b>	<b>65</b>
6.1	Vergleich der Fangzahlen von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp. in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für die Jahre 1996 bis 1998 .....	65
6.2	Vergleich der Fangzahlen von <i>Pityogenes chalcographus</i> und <i>Nemosoma elongatum</i> in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für das Jahr 1998 .....	68
<b>7</b>	<b>Flugaktivität von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp. in Abhängigkeit von der Temperatur .....</b>	<b>70</b>
7.1	Flugaktivität 1996 .....	70
7.2	Tagesgang der Flugaktivität .....	72
7.2.1	Flugaktivität und Temperaturverlauf am 15. Mai 1997 im Schapbach-Profil .....	72
7.2.2	Flugaktivität und Temperaturverlauf am 11. und 12. Juni 1997 im Wimbachtal bzw. im Bereich Schwarzenederer .....	73

<b>8</b>	<b>Arretierung von <i>Thanasimus</i> sp. in Borkenkäfer-Fangsystemen</b> . . .	74
8.1	Laborversuche . . . . .	74
8.2	Freilandversuche . . . . .	75
8.3	Vergleich von Freiland- und Labordaten. . . . .	76
<b>9</b>	<b>Markierungsversuche mit <i>Thanasimus femoralis</i></b> . . . . .	76
<b>10</b>	<b>Auswirkung unterschiedlicher <i>Thanasimus femoralis</i>-Adult-Dichten auf die Larvenanzahl von <i>Thanasimus femoralis</i> und die Brutproduktion von <i>Ips typographus</i></b> . . . . .	78
10.1	Schlupfverlauf von <i>Ips typographus</i> . . . . .	78
10.2	Abwanderungsverlauf von <i>Thanasimus femoralis</i> -Larven . . . . .	79
10.3	Vergleich des Schlupfverlaufes von <i>Ips typographus</i> und des Abwanderungsverlaufes von <i>Thanasimus femoralis</i> -Larven . . . . .	80
10.4	Muttergang-Dichte. . . . .	82
<b>11</b>	<b>Fraßkapazität, Eiablage und Larvenschlupf bei <i>Thanasimus femoralis</i> und <i>Thanasimus formicarius</i> in Abhängigkeit vom Beuteangebot</b> . . . . .	86
11.1	Fraßkapazität . . . . .	86
11.2	Hungerversuch . . . . .	87
11.3	Eiablage . . . . .	89
11.4	Dynamik der Eiablage . . . . .	91
11.5	Entwicklungsdauer der Eier und Larvenschlupf . . . . .	93
<b>12</b>	<b>Gewichtvergleich bei Männchen und Weibchen von <i>Thanasimus</i> sp.</b> . . . . .	94
<b>13</b>	<b>Futterverwertung bei adulten <i>Thanasimus femoralis</i> und <i>Thanasimus formicarius</i> im Vergleich</b> . . . . .	94
<b>14</b>	<b>Größenvergleich bei Männchen und Weibchen von <i>Thanasimus</i> sp.</b> . . . . .	95
<b>15</b>	<b>Genetische Strukturen in Populationen von <i>Thanasimus</i> sp. in Hoch- und Tieflage</b> . . . . .	96
15.1	Untersuchungen an <i>Thanasimus femoralis</i> im Jahre 1997. . . . .	96
15.2	Untersuchungen an <i>Thanasimus femoralis</i> im Jahre 1998. . . . .	97
15.3	Untersuchungen an <i>Thanasimus femoralis</i> und <i>Thanasimus formicarius</i> aus dem Nationalpark Bayerischer Wald im Jahre 1998 . . .	98
<b>16</b>	<b>Artbestimmung bei <i>Thanasimus</i> sp.-Larven mit Hilfe der Elektrophorese</b> . . . . .	99
<b>17</b>	<b>Besiedelung von unterschiedlich lange exponierten Stammstücken durch <i>Ips typographus</i>, dessen Antagonisten und andere Arthropoden</b> . . . . .	99
17.1	Einfluss der Expositionszeit und des Standortes von Stammstücken auf die Besiedlungsdichte unterschiedlicher Arthropoden-Gruppen – Mehrfaktorielle Varianzanalyse. . . . .	99
17.2	Einfluss der Expositionszeit und des Standortes von Stammstücken auf die Besiedlungsdichte unterschiedlicher Arthropoden-Gruppen – Einzelvergleiche mittels Scheffé-Tests . . . . .	100

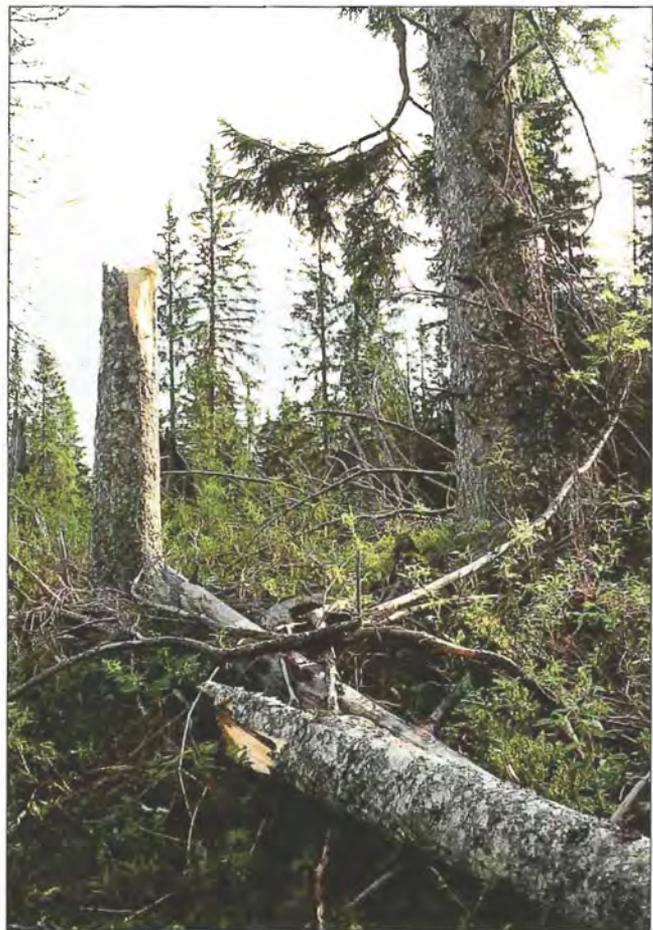
17.2.1	Einfluss der Expositionszeit .....	100
17.2.2	Einfluss des Standortes .....	102
17.3	Korrelationen zwischen verschiedenen Arthropoden-Gruppen .....	104
17.3.1	2 Wochen exponierte Stammstücke .....	104
17.3.2	4 Wochen exponierte Stammstücke .....	104
17.3.3	8 Wochen exponierte Stammstücke .....	104
17.4	Schlupfzahlen verschiedener Arthropoden-Gruppen .....	104
17.5	Schlupfzahlen der Larven verschiedener Arthropoden-Gruppen .....	121
<b>18</b>	<b>Untersuchungen an stehend befallenen Fichten .....</b>	<b>121</b>
18.1	Kontrolle auf Stehendbefall .....	121
18.2	Auswertung der Rindenproben .....	121
18.2.1	Vergleich der Besiedelungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen im Hinblick auf die Wasserversorgung .....	121
18.2.2	Vergleich der Besiedelungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen im Hinblick auf die Baumhöhe .....	126
18.2.3	Korrelation der Besiedelungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen .....	127
18.2.4	Besiedelung durch <i>Ips typographus</i> .....	129
18.3	Arthropoden aus stehend befallenen Fichten .....	130
18.4	Arthropoden-Larven aus stehend befallenen Fichten .....	131
	<b>Diskussion .....</b>	<b>139</b>
<b>1</b>	<b>Flugaktivität von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus sp.</i> .....</b>	<b>139</b>
1.1	<i>Ips typographus</i> .....	139
1.1.1	Flugaktivität von <i>Ips typographus</i> im Jahre 1996 .....	139
1.1.2	Flugbeginn bei <i>Ips typographus</i> im Jahre 1996 .....	139
1.2	<i>Thanasimus sp.</i> .....	139
1.2.1	Flugaktivität von <i>Thanasimus sp.</i> im Jahre 1996 .....	139
1.2.2	Flugbeginn bei <i>Thanasimus sp.</i> im Jahre 1996 .....	140
1.3	Vergleich von <i>Ips typographus</i> - und <i>Thanasimus sp.</i> -Flugaktivität im Jahre 1996 .....	140
1.4	Vergleich von <i>Ips typographus</i> - und <i>Thanasimus sp.</i> -Flugaktivität in den Jahren 1996 bis 1998 .....	140
1.5	Übersicht über die <i>Ips typographus</i> - und <i>Thanasimus sp.</i> -Fänge der Jahre 1989 bis 1998 .....	141
<b>2</b>	<b>Statistische Analyse der Fallenfänge von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus sp.</i> in den Jahren 1996 bis 1998 .....</b>	<b>141</b>
2.1	<i>Ips typographus</i> – Haupteffekte .....	141
2.2	<i>Ips typographus</i> – Wechselwirkungen .....	142
2.3	<i>Thanasimus sp.</i> – Haupteffekte .....	142
2.4	<i>Thanasimus sp.</i> – Wechselwirkungen .....	142
<b>3</b>	<b>Anteil verschiedener Beifang-Gruppen am Fallenfang im Jahre 1996 .....</b>	<b>143</b>
3.1	Allgemeine Übersicht .....	143

3.2	Coleopteren-Beifänge in Schlitzfallen. ....	143
3.2.1	Borkenkäfer. ....	143
3.2.2	Antagonisten. ....	144
3.2.3	Sonstige Coleoptera. ....	145
<b>4</b>	<b>Bestimmung von Ameisenbuntkäfer-Fängen. ....</b>	<b>146</b>
4.1	Art- und Geschlechtsbestimmung bei <i>Thanasimus</i> sp.-Fängen des Jahres 1996. ....	146
4.2	Prozentuale Anteile von Ameisenbuntkäfern am Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998. ....	146
4.2.1	Prozentualer Anteil von <i>Thanasimus</i> sp. am Fallenfang. ....	146
4.2.2	Prozentualer Anteil von <i>T. femoralis</i> am <i>Thanasimus</i> sp.-Fallenfang. ....	146
<b>5</b>	<b>Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang. ....</b>	<b>147</b>
5.1	Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang in der Umgebung der Falle in den Jahren 1995 und 1996. ....	147
5.2	Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998 in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone. ....	150
<b>6</b>	<b>Rindenbrütende Borkenkäfer und ihre Antagonisten in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone. ....</b>	<b>150</b>
6.1	Vergleich der Fangzahlen von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp. in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für die Jahre 1996 bis 1998. ....	150
6.2	Vergleich der Fangzahlen von <i>Pityogenes chalcographus</i> und <i>Nemosoma elongatum</i> in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für das Jahr 1998. ....	151
<b>7</b>	<b>Flugaktivität von <i>Ips typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp. in Abhängigkeit von der Temperatur. ....</b>	<b>153</b>
7.1	Flugaktivität 1996. ....	153
7.2	Tagesgang der Flugaktivität. ....	153
<b>8</b>	<b>Arretierung von <i>Thanasimus</i> sp. in Borkenkäfer-Fangsystemen. ....</b>	<b>154</b>
<b>9</b>	<b>Markierungsversuche mit <i>Thanasimus femoralis</i>. ....</b>	<b>155</b>
<b>10</b>	<b>Auswirkung unterschiedlicher <i>Thanasimus femoralis</i>-Adult- Dichten auf die Larvenanzahl von <i>Thanasimus femoralis</i> und die Brutproduktion von <i>Ips typographus</i>. ....</b>	<b>155</b>
10.1	Schlupfverlauf von <i>Ips typographus</i> . ....	155
10.2	Abwanderungsverlauf von <i>Thanasimus femoralis</i> -Larven. ....	156
10.3	Vergleich des Schlupfverlaufes von <i>Ips typographus</i> und des Abwanderungsverlaufes von <i>Thanasimus femoralis</i> -Larven. ....	157
10.4	Muttergang-Dichte. ....	157
<b>11</b>	<b>Fraßkapazität, Eiablage und Larvenschlupf bei <i>Thanasimus femoralis</i> und <i>Thanasimus formicarius</i> in Abhängigkeit vom Beuteangebot. ....</b>	<b>157</b>
11.1	Fraßkapazität. ....	157

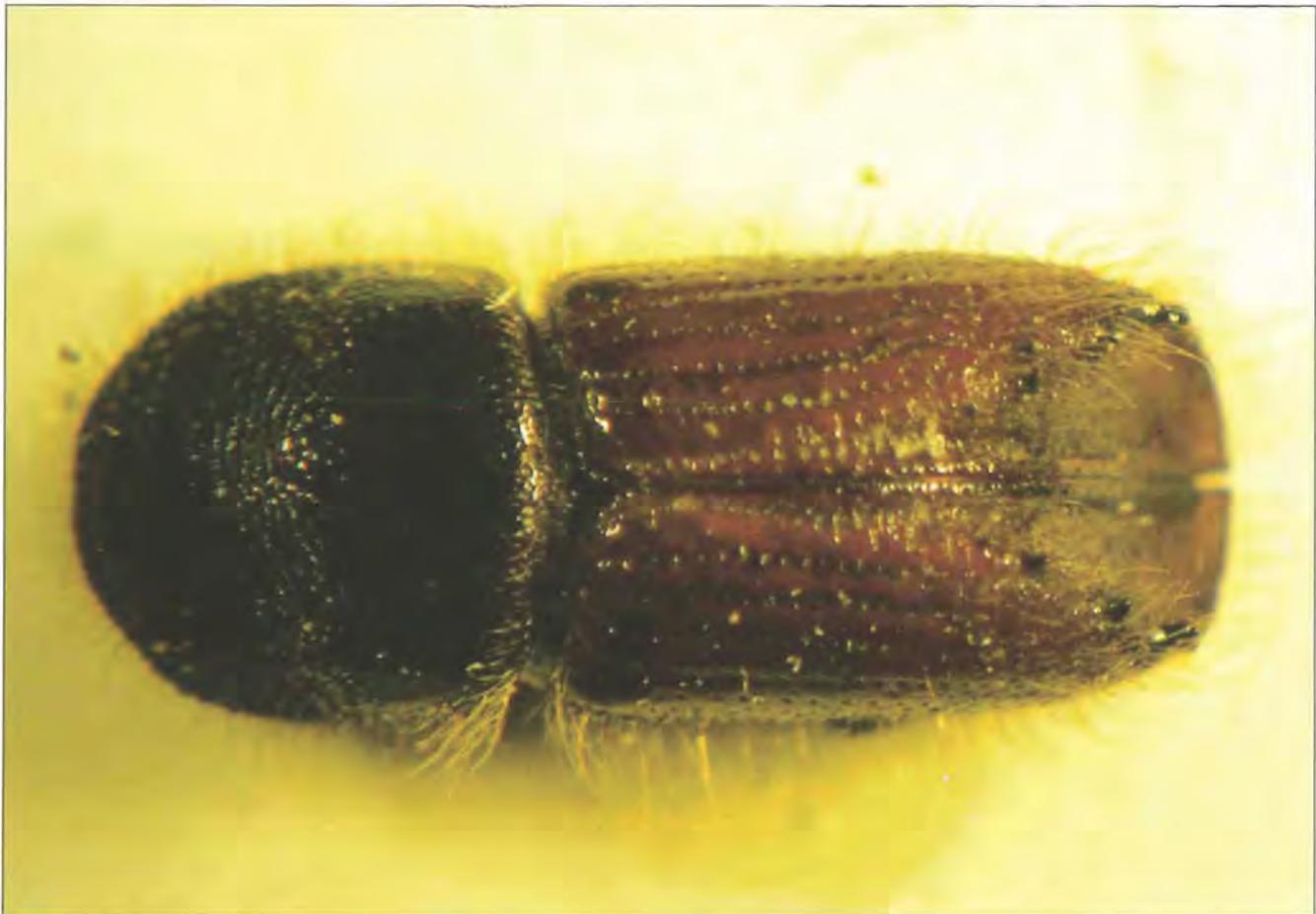
11.2	Hungerversuch .....	158
11.3	Eiablage .....	159
11.4	Dynamik der Eiablage .....	160
11.5	Entwicklungsdauer der Eier und Larvenschlupf .....	160
<b>12</b>	<b>Gewichtvergleich bei Männchen und Weibchen von <i>Thanasimus</i> sp.</b> .....	<b>161</b>
<b>13</b>	<b>Futterverwertung bei adulten <i>Thanasimus femoralis</i> und <i>Thanasimus formicarius</i> im Vergleich.</b> .....	<b>161</b>
<b>14</b>	<b>Größenvergleich bei Männchen und Weibchen von <i>Thanasimus</i> sp.</b> .....	<b>161</b>
<b>15</b>	<b>Genetische Strukturen in Populationen von <i>Thanasimus</i> sp. in Hoch- und Tieflage</b> .....	<b>161</b>
<b>16</b>	<b>Artbestimmung bei <i>Thanasimus</i> sp.-Larven mit Hilfe der Elektrophorese</b> .....	<b>162</b>
<b>17</b>	<b>Besiedelung von unterschiedlich lange exponierten Stammstücken durch <i>Ips typographus</i>, dessen Antagonisten und andere Arthropoden</b> .....	<b>163</b>
17.1	Schlupfzahlen verschiedener Arthropodengruppen .....	163
17.2	Borkenkäfer .....	163
17.3	Antagonisten .....	165
17.4	<i>Thanasimus</i> sp.-Larven .....	167
17.5	Sonstige Arthropoden .....	168
<b>18</b>	<b>Untersuchungen an stehend befallenen Fichten</b> .....	<b>171</b>
18.1	Kontrolle auf Stehendbefall. ....	171
18.2	Auswertung der Rindenproben .....	171
18.2.1	Vergleich der Besiedlungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen im Hinblick auf die Wasserversorgung .....	171
18.2.2	Vergleich der Besiedlungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen im Hinblick auf die Baumhöhe .....	172
18.2.3	Korrelation der Besiedlungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen .....	173
18.2.4	Besiedelung durch <i>Ips typographus</i> .....	173
18.3	Arthropoden aus stehend befallenen Fichten .....	174
18.3.1	Borkenkäfer .....	174
18.3.2	Antagonisten .....	177
18.3.3	Sonstige Arthropoden .....	182
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>182</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>186</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>190</b>
<b>1</b>	<b>Coleoptera aus Pheromonfallen (Schlitzfallen)</b> .....	<b>191</b>
<b>2</b>	<b>Arthropoden aus Stammstücken</b> .....	<b>196</b>
<b>3</b>	<b>Arthropoden aus stehend befallenen Fichten</b> .....	<b>222</b>



Fichten-Monokultur.



Nach Sturmeinwirkung abgebrochene Fichte (Windbruch).



Buchdrucker (*Ips typographus*).



Ameisenbuntkäfer (*Thanasimus femoralis*).



Durch einen insektenpathogenen Pilz befallener und dadurch verendeter Buchdrucker (*Ips typographus*).

# Die Antagonisten des Buchdruckers im Nationalpark Berchtesgaden

Thomas Rettelbach

## Einleitung

Der Buchdrucker (*Ips typographus* L.) gehört in Mitteleuropa sicher zu den von Menschen am meisten gefürchteten forstlichen Insekten-„Schädlingen“ (SCHWENKE 1996). Der in den letzten Jahrhunderten betriebene, teilweise flächenhafte Anbau seiner Hauptnahrungspflanze, der Fichte (*Picea abies* L.), begünstigte die Verbreitung des Buchdruckers. Dessen auf Pheromonen beruhendes Kommunikationssystem ermöglicht, in kurzer Zeit viele Artgenossen anzulocken, um die Widerstandskraft eines Baumes brechen und somit die Ressource ausbeuten zu können. Dieses System entwickelte sich vermutlich unter Bedingungen, die durch seltenes und zerstreutes Vorkommen bruttauglicher Fichten gekennzeichnet waren. Die Buchdrucker leiteten hier durch das Abtöten der Alt-Fichten einen Regenerationsprozess ein, da Material für Destruenten geschaffen wurde und der Lichteinfall auf den Boden das Wachstum junger Pflanzen begünstigte.

Vor allem aufgrund der von PRESSLER Mitte des 19. Jahrhunderts begründeten Reinertragslehre ist die Fichte in unseren Wirtschaftswäldern vielfach die Hauptbaumart. Hier muss sich das Aggregationsvermögen des Buchdruckers negativ auswirken, vor allem, wenn eine Schwächung der Bestände durch Windeinwirkung, Trockenheit oder Immissionsschäden eingetreten ist. Der Buchdrucker verursacht dann große wirtschaftliche Schäden. So betrug z. B. 1868 bis 1875 im Böhmer- und Bayerischen Wald der Anfall an „Käferholz“ ca. 4 Millionen fm. Von 1944 bis 1951 fielen in ganz Mitteleuropa ca. 30 Millionen fm Schadholz an (KLIMETZEK & VITE 1989).

Auch die Wirbelstürme „Vivian“ und „Wiebke“, die im Frühjahr 1990 allein in Bayern Wurf- und Bruchschäden von etwa 20 Millionen fm zur Folge hatten, lösten eine Borkenkäferkalamität größeren Ausmaßes aus. Im Nationalpark Berchtesgaden wurden durch die Stürme etwa 30.000 fm Holz geworfen und in den Folgejahren 1992 bis 1994 fiel eine fast ebenso große Menge den Borkenkäfern zum Opfer (ZIERL 1996).

Da der Buchdrucker eine derart große Gefahr für den Forst darstellt, wurde immer wieder versucht, den Befall bzw. die Ausbreitung des Befalls durch geeignete Maßnahmen zu verhindern. Wichtige Bekämpfungsmaßnahmen waren bzw. sind das rechtzeitige Einschlagen und

Entrinden befallener Bäume, das Legen von Fangbäumen, die Stammbegiftung mit Insektiziden und der Fang mit Hilfe von Pheromonfallen. Präventive Maßnahmen sind z. B. die Entfernung befallsdisponierten Materials („saubere Waldwirtschaft“) und die Begründung von Mischbeständen.

Nach der Entdeckung der drei wesentlichen Pheromon-Komponenten von *I. typographus* (cis-Verbenol, Methylbutenol, Ipsdienol) durch VITE et al. (1972), BAKKE et al. (1977) und KRAVIELITZKI et al. (1977), setzte man Ende der 1970er Jahre große Hoffnungen in den Einsatz von Lockstoff-Fallen zur Buchdrucker-Bekämpfung. 1979 wurde von der Firma Celamerck (heute Cyanamid Agrar), Ingelheim, das erste Lockstoff-Präparat gegen den Buchdrucker auf den Markt gebracht (VAUPEL 1991). Seitdem konnte die Menge gefangener Buchdrucker pro Falle durch die Entwicklung neuer Fallentypen und die Weiterentwicklung der Lockstoffpräparate (Zugabe von Ipsdienol zu Pheroprax®) deutlich erhöht werden (VAUPEL 1991). Obwohl die Effizienz von Pheromonfallen verschiedentlich in Frage gestellt wird (WEBER 1987, BOMBOSCH 1990), berichten mehrere Autoren vom erfolgreichen Einsatz der Lockstoff-Fallen auf regionaler (BAKKE 1983) bzw. lokaler Ebene (DIMITRI 1987; NIEMEYER et al. 1990; VAUPEL 1991). Nach VAUPEL (1991) ließ sich durch den Einsatz von Fallenternen an einem Waldrand eine Reduktion des Stehendbefalls um 70 % erreichen. Besonders ein derartiger, auf einzelne, gefährdete Bestände konzentrierter Massenfang scheint aussichtsreich und wirtschaftlich tragbar zu sein. Zur Stabilisierung unschädlicher Populationsdichten im Revier ist die „saubere Waldwirtschaft“ hingegen unerlässlich (NIEMEYER et al. 1990, VITÉ 1989).

Neben dem Massenfang wurden Pheromonfallen auch zur Überwachung der Buchdrucker-Population (Monitoring) genutzt (VITÉ 1989). Eine Korrelation zwischen Borkenkäferbefall und Fallenfang wiesen WESLIEN et al. (1989) nach.

Im Nationalpark Berchtesgaden werden Pheromonfallen, zu Monitoring-Zwecken, seit 1985 eingesetzt. Es werden vornehmlich schwarze Kammrohrfallen verwendet, seit 1989 im Bereich des Wimbachtales auch zusätzlich Schlitzfallen. In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob die Pheromonfallen die erwartete Monitoring-Funktion tatsächlich erfüllen. Außerdem soll geklärt werden, ob Kammrohr- oder Schlitzfallen besser für Monitoring-Zwecke geeignet sind.

Beim Einsatz von Pheromonfallen zum Fang von Buchdruckern treten immer wieder unerwünschte Beifänge in den Fallen auf, d. h. Arthropoden, die keine Buchdrucker sind (Nicht-Ziel-Arthropoden). Dies ist ein wesentlicher Nachteil der Borkenkäfer-Bekämpfung mit Hilfe von Lockstoff-Fallen. Vor allem die Einführung weißer Flugbarriere-Fallen im Jahre 1983 machte diese Problematik deutlich. Die weißen Fallen fingen eine Vielzahl blütenbesuchender Insekten, wie Bienen und Hummeln (HELLRIGL & SCHWENKE 1985). Durch die Verwendung schwarzer Theyson-Schlitzfallen (NIEMEYER et al. 1983) ging der Beifang dieser Insekten in den folgenden Jahren jedoch wieder stark zurück.

Neben Nicht-Ziel-Arthropoden, die zufällig oder aufgrund der Fallenbeschaffenheit (Form, Farbe) in die Pheromonfallen gelangen, gibt es auch solche, die von den Buchdrucker-Pheromonen angelockt werden. Hierzu zählen einerseits Borkenkäfer-Arten, wie z. B. der Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*), andererseits aber auch Antagonisten, welche die Buchdrucker-Pheromone als Kairomone nutzen können (KRETSCHMER 1991, NICOLAI et al. 1992). Vor allem für Ameisenbuntkäfer (*Thanasimus* sp.), die wichtige Borkenkäfer-Räuber darstellen (MILLS 1985), sind derartige kairomonale Effekte nachgewiesen (BAKKE & KVAMME 1981; VITE & WILLIAMSON 1970).

Im Nationalpark Berchtesgaden traten größere Ameisenbuntkäfer-Beifänge zum ersten Mal im Jahre 1995 auf (PFNÜR, pers. Mitt.). In den Untersuchungsjahren 1996 bis 1998 sollte deshalb, neben der Entwicklung der Buchdrucker-Fänge, vor allem die Entwicklung der Ameisenbuntkäfer-Fänge in den Pheromonfallen studiert werden. Besonders von Interesse war hierbei die Frage, inwiefern sich die beiden verwendeten Fallentypen hinsichtlich ihres Fangerfolges für Buchdrucker und Ameisenbuntkäfer voneinander unterscheiden, zumal die Theyson-Schlitzfallen so konzipiert sind, dass Ameisenbuntkäfer wieder aus der Falle herausgelangen können (KRETSCHMER 1991). Neben den Ameisenbuntkäfern sollten aber auch die übrigen Beifänge in ihrer Zusammensetzung analysiert und auf mögliche Buchdrucker-Antagonisten hin untersucht werden.

Im Zusammenhang mit Borkenkäfern wird von manchen Forstleuten die Befürchtung geäußert, dass nicht bewirtschaftete Wälder eine höhere Borkenkäfer-Dichte aufweisen könnten als bewirtschaftete Wälder und dass diese unbewirtschafteten Wälder somit eine Gefahr für den angrenzenden Wirtschaftswald darstellen (SCHLYTER & LUNDGREN 1993). Andererseits stellten LUNDGREN & SCHLYTER (1989) die These auf, dass eine festgestellte geringere Borkenkäfer-Dichte in unbewirtschafteten Wäldern möglicherweise auf eine höhere Räuber-Dichte zurückzuführen sein könnte.

Im Nationalpark Berchtesgaden sollten diese Hypothesen überprüft werden, denn hier gibt es sowohl Bereiche, in denen Borkenkäfer-Bekämpfung stattfindet („bewirtschaftete“ Wälder), als auch Bereiche, in denen diese unterbleibt (unbewirtschaftete Wälder). Ziel eines Nationalparks ist es unter anderem, „die natürlichen und natur-

nahen Lebensgemeinschaften sowie einen möglichst artreichen heimischen Tier- und Pflanzenbestand zu erhalten ... und ... einer natürlichen Entwicklung zuzuführen“ (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN 1987). Deshalb wurde das Nationalpark-Gebiet auch von der ansonsten in Bayern geltenden Verpflichtung zur Borkenkäferbekämpfung befreit. Zum Schutz angrenzender Privatwälder wurden jedoch „grenznahe Bereiche der Waldpflegezone von ca. 500 m bis zu einer Höhenlage von ca. 1300 m NN ab Nationalparkaußengrenze im bayerischen Bereich“ von dieser Regelung ausgenommen (REGIERUNG VON OBERBAYERN UND SCHWABEN 1993). In dieser „Borkenkäfer-Bekämpfungszone“ erfolgt die Bekämpfung von Borkenkäfern durch rechtzeitiges Einschlagen und Entrinden der befallenen Bäume, im Rest des Nationalparks (Ruhezone) findet keine Borkenkäferbekämpfung statt. Diese unterschiedliche Zonierung im Nationalpark Berchtesgaden bot nun die Möglichkeit, mit Hilfe von Pheromonfallen der Frage nachzugehen, ob sich die Fangzahlen von Buchdruckern und Ameisenbuntkäfern in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone voneinander unterscheiden.

Neben den bislang geschilderten Borkenkäfer-Bekämpfungsmaßnahmen, können sicherlich auch natürliche Gegenspieler des Buchdruckers wesentlich zu dessen Reduktion beitragen (MILLS 1985, WESLIEN & REGNANDER 1992). Trotz der zahlreichen bekannten Antagonisten (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994), ist es bislang jedoch nicht gelungen, biologische Bekämpfungsverfahren gegen den Buchdrucker zu entwickeln. Aussichtsreiche Ansätze gibt es lediglich hinsichtlich der Anwendung entomopathogener Pilze (*Beauveria bassiana*) und Bakterien (*Bacillus thuringensis* ssp.) (BATHON 1991).

Eine Kalamität des Buchdruckers können Antagonisten sicherlich nicht verhindern, da diese vor allem vom Angebot an Brutmaterial abhängt und gesteuert wird (VITÉ 1989). Allerdings ist ein deutlicher Einfluss der Antagonisten in der Phase des Abklingens einer Kalamität bzw. in der Latenzphase wahrscheinlich; hier tragen Antagonisten vermutlich zur Stabilisierung unschädlicher Populationsdichten mit bei. In einer der genannten Phasen befand sich die Buchdrucker-Population im Nationalpark Berchtesgaden zur Zeit der vorliegenden Arbeit. Es erschien deshalb interessant, sowohl die qualitative als auch die quantitative Zusammensetzung des Antagonisten-Spektrums (Räuber und Parasitoide) unter den besonderen Bedingungen des Nationalparks Berchtesgaden (größere Flächen ohne Borkenkäfer-Bekämpfung) zu analysieren. Der zeitliche Verlauf des Angriffs der Antagonisten sollte einerseits innerhalb einer Brutperiode des Buchdruckers untersucht werden; dazu wurden Stammstücke für unterschiedlich lange Zeit exponiert. Andererseits sollte der Verlauf der Antagonisten-Besiedelung über mehrere Jahre hinweg an einem Ort verfolgt werden; deshalb wurden mehrere Befallsherde induziert, deren Entwicklung in den Folgejahren kontrolliert werden konnte.

Eine wichtige Frage bei der Beurteilung der Effektivität eines Prädatoren ist die nach der Möglichkeit zur dichten



**Kammrohrfalle  
zum Fang von Borkenkäfern**

Fallen werden im Nationalpark nicht zur Bekämpfung der Borkenkäfer, sondern lediglich zu deren Überwachung eingesetzt. Hohe Fangzahlen in mehreren Fallen weisen auf eine erhöhte Befallsgefahr im betreffenden Gebiet hin.

 In Nationalpark sind grundsätzlich keine Borkenkäfer-Bekämpfungen (BKB). Zum Schutz der angrenzenden Forstbetriebe wird jedoch in einer bis zu 1000m breiten Zone im Nordend des Nationalparks Borkenkäferbekämpfungen vorgenommen (BKB der Nationalparkzone). Um Borkenkäfer abzuwehren und ihre Lebensdauer zu verlängern, müssen bestimmte Bäume rechtzeitig erkannt und so nach wie möglich geschützt werden.

**Wie werden die Borkenkäfer angelockt?**  
Durch chemische Lockstoffe (Pheromone) auf die nur eine geringe Menge Borkenkäfer reagiert. Zur der Borkenkäfer (K. typographus). Es werden sowohl männliche als auch weibliche gefangen.

**Ist eine Borkenkäferbekämpfung mittels dieser Lockstoff-Fallen möglich?**  
Leider nein! Ist es möglich, dass der Anfang einer Befallsgefahr durch die Fallen abgelesen werden, sind in einem Gebiet (z.B. im Nationalpark) die Borkenkäfer (K. typographus) zu bekämpfen.

**Was ist nach anderen Fallen Typen?**  
Neben der Kammrohrfalle gibt es noch die Borkenkäfer-Fallen und in der Nähe der Borkenkäfer-Fallen sind auch noch andere Typen von Borkenkäfer-Fallen (z.B. die Borkenkäfer-Fallen der Nationalparkzone) zu finden. Diese sind jedoch nicht für die Überwachung der Borkenkäfer im Nationalpark geeignet, sondern für die Bekämpfung der Borkenkäfer im Nationalpark.



6a

Pheromonfalle zum Fang von Borkenkäfern (Kammrohrfalle).



Pheromonfalle zum Fang von Borkenkäfern (Schlitzfalle).

teabhängigen Reaktion auf seine Beute. Ameisenbuntkäfer (*Thanasimus* sp.) kamen, wie erwähnt, im Nationalpark Berchtesgaden in größeren Mengen vor und gelten als effektive Buchdrucker-Räuber (MILLS 1985). Deshalb wurde an ihnen beispielhaft studiert, inwieweit sie als Adulte und als Larven auf ein unterschiedliches Angebot an Buchdruckern reagieren.

## Material und Methoden

### 1 Flugaktivität von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp.

Von der Nationalpark-Verwaltung wird seit 1985 die Flugaktivität von *I. typographus* durch pheromonbestückte, schwarze Kammrohrfallen kontrolliert. Diese befinden sich entlang der Schapbach-Kühroint-Straße (Schapbach-Profil, „SCHA“), im Wimbachtal (Wimbach-Profil, „WI“) und im Klausbachtal (Klausbach-Profil, „KL“). In der Regel stehen an jedem „Standort“ (1, 2, 3...) zwei Kammrohrfallen in etwa 20 bis 50 Meter Entfernung voneinander (1a, 1b, 2a, 2b...). Im Wimbachtal befinden sich jedoch je eine Kammrohr- (a-Falle) und eine schwarze Theyson-Schlitzfalle (b-Falle) an einem „Standort“. Einzelne stehende Kammrohrfallen findet man an den Schapbach-Standorten 10 bis 15. Eine Übersicht über die einzelnen Fallen und deren Standorte geben Tab. 1 bis Tab. 4 und Abb. 3 bis Abb. 5.

Da die Fallen bereits seit mehreren Jahren am gleichen Ort stehen, entspricht ihre Position nicht in allen Fällen den Kriterien, die für die Aufstellung von Pheromonfallen gelten. So stehen einzelne in Fichtendickungen (SCHA3aK), die bereits höher als die Falle sind, andere werden nach dem Blatt-Austrieb von nahestehenden Laubbäumen vollständig beschattet (SCHA4aK).

Neben den von der Nationalpark-Verwaltung aufgestellten Fallen kamen von 1996 bis 1998 weitere 24 schwarze Theyson-Schlitzfallen zum Einsatz (Tab. 1 bis Tab. 4 und Abb. 3 bis Abb. 5). Elf dieser Fallen wurden im Schapbach-Profil aufgestellt, sechs im Klausbach-Profil, eine im Wimbach-Profil und sechs im Gebiet Schüttalpel (Schüttalpel-Profil, „SCHAL“).

Alle neuen Schlitzfallen wurden so aufgestellt, dass die Vorderseite nach Südwesten zeigte. Diese Position sollte eine zu starke Sonneneinstrahlung zur Mittagszeit und eine eventuell damit verbundene schnelle Austrocknung des Pheromon-Dispensers verhindern. Außerdem wurde darauf geachtet, dass der Mindestabstand zur nächstliegenden vitalen Alt-Fichte 20 Meter betrug.

Die Fallen wurden in den Untersuchungs Jahren (1996-1998) bis spätestens Mitte April aufgestellt und mit je einem Pheroprax®-Dispenser (Cyanamid Agrar, Ingelheim) beködert. Ein Wechsel der Pheroprax®-Dispenser erfolgte Mitte Juni. Die Fallen wurden 1996 wöchentlich, in den Folgejahren alle zwei Wochen geleert. Die letzte Kontrolle erfolgte Ende September. Nach Angaben der Nationalpark-Verwaltung hatte sich diese Fangperiode

(Mitte April bis Ende September) bereits in den letzten Jahren bewährt.

Die Fänge wurden nach Arten bzw. Tiergruppen sortiert und gezählt. Die Arten *I. typographus*, *T. formicarius* und *T. femoralis* wurden in allen Untersuchungsjahren erfasst, die übrigen Tiergruppen nur 1996 (s. Material und Methoden 3). Waren mehr als 200 *I. typographus* in der Probe enthalten, erfolgte die Zählung nicht mehr individuell, sondern mit Hilfe eines Messzylinders (1 ml = 40 *I. typographus*). Um die Tiere für weitere Untersuchungen verwenden zu können, wurden sie tiefgefroren.

Analysiert wurden der Flugverlauf von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. sowie der Flugbeginn der beiden Arten in Abhängigkeit von der Höhe üNN. Außerdem wurden die Flugverläufe von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. in verschiedenen Jahren miteinander verglichen.

### 2 Statistische Analyse der Fallenfänge von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp. in den Jahren 1996 bis 1998

Mit dem Ende der Freilandsaison 1998 lagen für *I. typographus* und *Thanasimus* sp. Fangdaten von jeweils drei

Tab. 1: Fallen des Schapbach-Profiles.

Profil	Fallentyp	Höhenlage (m)	aufgestellt im Jahr	Kurzbezeichnung
Schapbach	Kammrohr	650	1985	SCHA1aK
Schapbach	Kammrohr	650	1985	SCHA1bK
Schapbach	Kammrohr	750	1985	SCHA2aK
Schapbach	Kammrohr	750	1985	SCHA2bK
Schapbach	Kammrohr	850	1985	SCHA3aK
Schapbach	Kammrohr	850	1985	SCHA3bK
Schapbach	Kammrohr	940	1985	SCHA4aK
Schapbach	Kammrohr	960	1985	SCHA4bK
Schapbach	Kammrohr	1050	1985	SCHA5aK
Schapbach	Kammrohr	1050	1985	SCHA5bK
Schapbach	Kammrohr	1150	1985	SCHA6aK
Schapbach	Kammrohr	1150	1985	SCHA6bK
Schapbach	Kammrohr	1250	1985	SCHA7aK
Schapbach	Kammrohr	1250	1985	SCHA7bK
Schapbach	Kammrohr	1340	1985	SCHA8aK
Schapbach	Kammrohr	1340	1985	SCHA8bK
Schapbach	Kammrohr	1450	1985	SCHA9aK
Schapbach	Kammrohr	1450	1985	SCHA9bK
Schapbach	Kammrohr	1280	1989	SCHA10K
Schapbach	Kammrohr	1200	1989	SCHA11K
Schapbach	Kammrohr	1320	1989	SCHA12K
Schapbach	Kammrohr	1400	1989	SCHA13K
Schapbach	Kammrohr	1360	1989	SCHA14K
Schapbach	Kammrohr	1320	1989	SCHA15K
Schapbach	Schlitz	730	1996	SCHA16S
Schapbach	Schlitz	850	1996	SCHA17S
Schapbach	Schlitz	980	1996	SCHA18S
Schapbach	Schlitz	1070	1996	SCHA19S
Schapbach	Schlitz	1120	1996	SCHA20S
Schapbach	Schlitz	1240	1996	SCHA21S
Schapbach	Schlitz	1320	1996	SCHA22S
Schapbach	Schlitz	1400	1996	SCHA23S
Schapbach	Schlitz	1370	1996	SCHA24S
Schapbach	Schlitz	1280	1996	SCHA25S
Schapbach	Schlitz	1210	1996	SCHA26S
Schapbach	Schlitz	1460	1996	SCHA27S
Schapbach	Schlitz	1380	1996	SCHA28S
Schapbach	Schlitz	1400	1996	SCHA29S

**Tab. 2: Fallen des Wimbach-Profiles.**

Profil	Fallentyp	Höhenlage (m)	aufgestellt im Jahr	Kurzbezeichnung
Wimbach	Kammrohr	840	1989	W11aK
Wimbach	Schlitz	840	1993	W11bS
Wimbach	Kammrohr	880	1989	W12aK
Wimbach	Schlitz	880	1993	W12bS
Wimbach	Kammrohr	920	1989	W13aK
Wimbach	Schlitz	920	1993	W13bS
Wimbach	Kammrohr	950	1989	W14aK
Wimbach	Schlitz	950	1993	W14bS
Wimbach	Kammrohr	880	1989	W15aK
Wimbach	Schlitz	880	1993	W15bS
Wimbach	Kammrohr	800	1989	W16aK
Wimbach	Schlitz	800	1993	W16bS
Wimbach	Kammrohr	750	1989	W17aK
Wimbach	Schlitz	750	1993	W17bS
Wimbach	Kammrohr	850	1989	W18aK
Wimbach	Schlitz	850	1993	W18bS
Wimbach	Kammrohr	940	1989	W19aK
Wimbach	Schlitz	940	1993	W19bS
Wimbach	Kammrohr	1000	1989	W10aK
Wimbach	Schlitz	1000	1993	W10bS
Wimbach	Kammrohr	1160	1989	W111aK
Wimbach	Schlitz	1160	1993	W111bS
Wimbach	Schlitz	1030	1996	W112S

**Tab. 3: Fallen des Klausbach-Profiles.**

Profil	Fallentyp	Höhenlage (m)	aufgestellt im Jahr	Kurzbezeichnung
Klausbach	Kammrohr	820	1992	KL1aK
Klausbach	Kammrohr	820	1985	KL1bK
Klausbach	Kammrohr	800	1992	KL2aK
Klausbach	Kammrohr	800	1985	KL2bK
Klausbach	Kammrohr	810	1992	KL3aK
Klausbach	Kammrohr	810	1985	KL3bK
Klausbach	Kammrohr	830	1992	KL4aK
Klausbach	Kammrohr	830	1985	KL4bK
Klausbach	Kammrohr	850	1992	KL5aK
Klausbach	Kammrohr	850	1985	KL5bK
Klausbach	Kammrohr	900	1992	KL6aK
Klausbach	Kammrohr	900	1985	KL6bK
Klausbach	Kammrohr	900	1992	KL7aK
Klausbach	Kammrohr	900	1985	KL7bK
Klausbach	Kammrohr	970	1992	KL8aK
Klausbach	Kammrohr	970	1985	KL8bK
Klausbach	Kammrohr	1060	1992	KL9aK
Klausbach	Kammrohr	1060	1985	KL9bK
Klausbach	Kammrohr	1120	1992	KL10aK
Klausbach	Kammrohr	1120	1985	KL10bK
Klausbach	Schlitz	810	1996	KL11S
Klausbach	Schlitz	860	1996	KL12S
Klausbach	Schlitz	860	1996	KL13S
Klausbach	Schlitz	980	1996	KL14S
Klausbach	Schlitz	1140	1996	KL15S
Klausbach	Schlitz	1220	1996	KL16S

**Tab. 4: Fallen des Schüttalpel-Profiles.**

Profil	Fallentyp	Höhenlage (m)	aufgestellt im Jahr	Kurzbezeichnung
Schüttalpel	Schlitz	790	1996	SCHAL1S
Schüttalpel	Schlitz	940	1996	SCHAL2S
Schüttalpel	Schlitz	1040	1996	SCHAL3S
Schüttalpel	Schlitz	1170	1996	SCHAL4S
Schüttalpel	Schlitz	1250	1996	SCHAL5S
Schüttalpel	Schlitz	1330	1996	SCHAL6S

Jahren vor, die mittels einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse untersucht werden konnten. Dabei wurden die Parameter Fallentyp (Schlitzfalle, Kammrohrfalle), Jahr (1996, 1997, 1998), Höhenstufe ( $\leq 850$  m üNN;  $850$  m  $< x \leq 1000$  m üNN;  $>1000$  m üNN) und Region (Schapbach, Wimbach, Klausbach) in die Analyse einbezogen.

### 3 Anteil verschiedener Beifang-Gruppen am Fallenfang im Jahre 1996

1996 wurden die Pheromonfallen-Fänge nach Arten bzw. Tiergruppen sortiert und gezählt. Erfasst wurden dabei „*I. typographus*“, „*Thanasimus* sp.“, „Coleoptera (ohne *I. typographus* und *Thanasimus* sp.)“ und „sonstige Beifänge“ (Diptera, Formicidae, Hymenoptera ohne Formicidae, Rhynchota, Arachnida, Isopoda, Myriapoda, Gastropoda, Dermaptera, übrige Beifänge).

Eine eingehende Untersuchung der Coleopteren-Beifänge wurde bei acht Schlitzfallen des Schapbach-Profiles durchgeführt. Dies geschah deshalb bei Schlitzfallen, weil diese gegenüber Kammrohrfallen einen höheren Coleopteren-Beifang aufwiesen (s. Ergebnisse 3.1). Die acht Fallen bildeten ein Höhenstransekt von ca. 700 m üNN bis ca. 1400 m üNN, wobei etwa alle 100 Höhenmeter eine Falle stand. (Fallen SCHA16S, SCHA17S, SCHA18S, SCHA19S, SCHA20S, SCHA21S, SCHA22S, SCHA23S). Die Bestimmung der Käfer erfolgte nach FREUDE, HARDE, LOHSE (1965, 1976, 1971, 1964, 1974, 1979, 1967, 1969, 1966, 1981, 1983), die ökologische Beurteilung nach KOCH (1989, 1989, 1992). Eine Überprüfung der Bestimmung wurde anhand der Käfersammlungen des „Lehrstuhls für Angewandte Zoologie der TUM“ und der „Zoologischen Staatssammlung München“ durchgeführt.

### 4 Bestimmung von Ameisenbuntkäfer-Fängen

#### 4.1 Art- und Geschlechtsbestimmung bei *Thanasimus* sp.-Fängen des Jahres 1996

In den Pheromonfallen fanden sich zwei *Thanasimus*-Arten: *T. femoralis* und *T. formicarius*. In den Untersuchungs-jahren wurde bei allen gefangenen Ameisenbuntkäfern eine Artbestimmung durchgeführt. Diese Artbestimmung erfolgte nach KOLIBAC (1992) bzw. nach GERSTMEIER (1998), die für Mitteleuropa nur die beiden oben genannten Arten anerkennen [FREUDE, HARDE, LOHSE (1979) unterscheiden die 3 Arten *T. formicarius* F., *T. rufipes* Brahm und *T. pectoralis* Fuss. (= *T. femoralis* Zett.)]. Zusätzlich wurde anhand der Genitalien das Geschlecht der gefangenen Individuen bestimmt.

#### 4.2 Prozentuale Anteile von Ameisenbuntkäfern am Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998

Für die drei Jahre 1996 bis 1998 wurden die prozentualen Anteile der Ameisenbuntkäfer (*Thanasimus* sp.) am Gesamtfang der Fallen (*I. typographus* + *Thanasimus* sp.) berechnet und für die einzelnen Regionen und Fallentypen verglichen. Ebenso erfolgte ein Vergleich der



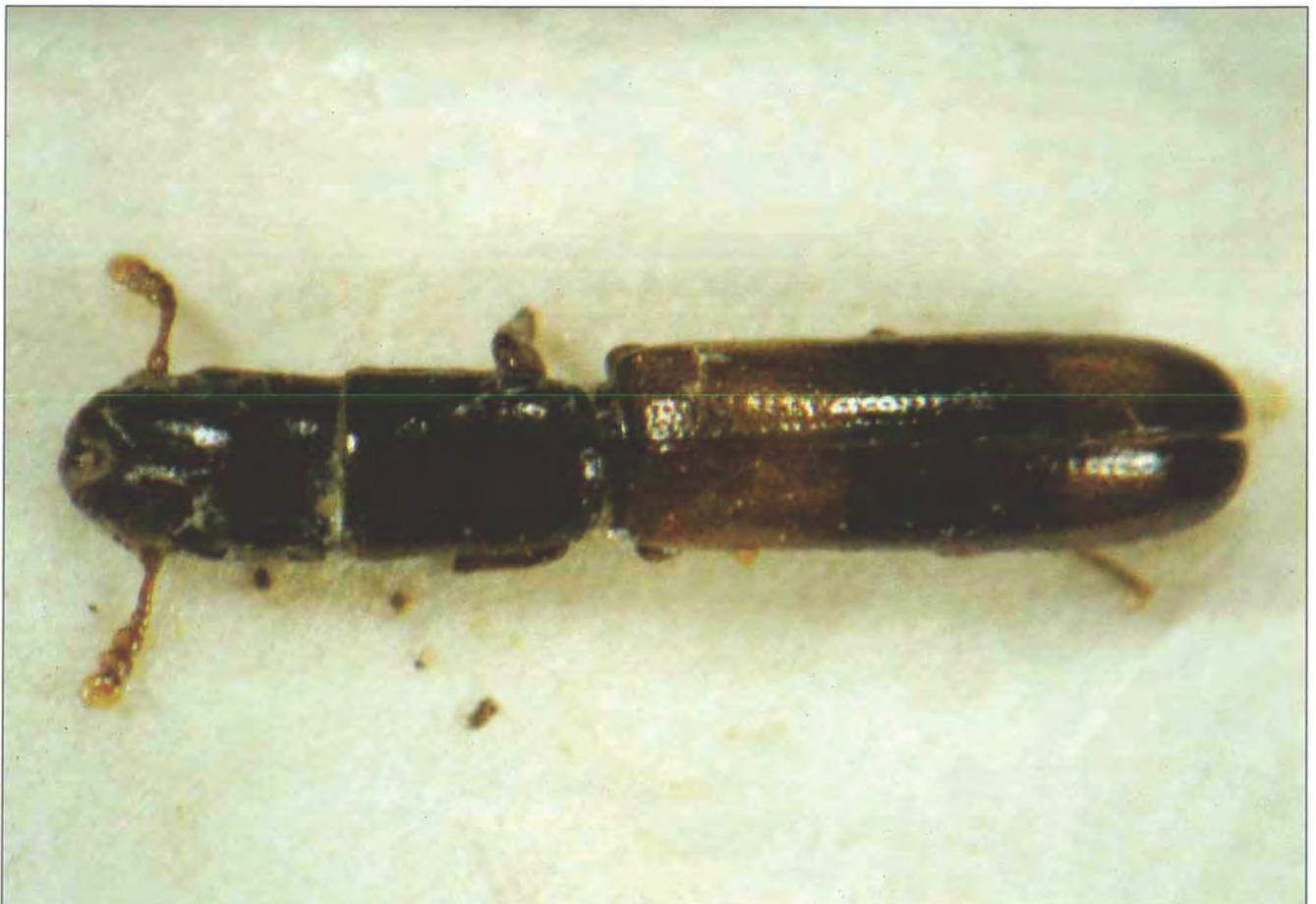
Während der Borkenkäferbekämpfung im Jahre 1993 geräumte Fläche im Bereich Herrenroint (Schapbach-Profil).



Fraßbild des Kupferstechers (*Pityogenes chalcographus*) in der Rinde einer Fichte.



Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*).



Jagdkäfer (*Nemosoma elongatum*).

Anteile von *T. femoralis* am Ameisenbuntkäfer-Fang für die verschiedenen Jahre, Regionen und Fallentypen.

## 5 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang

### 5.1 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang in der Umgebung der Falle in den Jahren 1995 und 1996

Anhand der Angaben der Revierleiter zum Stehendbefall durch Borkenkäfer im Jahre 1996 wurde überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen der Anzahl gefangener Käfer in einer Falle und dem Stehendbefall in 250 Metern Umkreis bestand. Betrachtet wurden jeweils die Summen der Fänge bis zum 21. April, 30. April, 8. Mai, 14. Mai, 21. Mai, 30. Mai und über den gesamten Fangzeitraum, jeweils getrennt für Kammrohr- und Schlitzfallen.

Die Daten von 1995 wurden vergleichend herangezogen, weil in diesem Jahr noch ein relativ hoher Stehendbefall zu verzeichnen war. Für 1995 standen jedoch bei den Fallenfängen nur Fangergebnisse für die Summen bis Ende April, Mitte Mai, Ende Mai und über den gesamten Fangzeitraum zur Verfügung.

### 5.2 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998 in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone

Die Beziehung des Fallenfanges zum Borkenkäferbefall sollte nicht nur auf lokaler, sondern auch auf regionaler Ebene untersucht werden. Da Angaben der Revierleiter zum Stehendbefall fast ausschließlich für die Borkenkäfer-Bekämpfungszone vorlagen, wurde der Borkenkäfer-Stehendbefall innerhalb der Borkenkäfer-Bekämpfungszone aufgenommen. Dies geschah getrennt für die drei Regionen Schapbach, Wimbach und Klausbach, sowie für Kammrohr- und Schlitzfallen. Stehendbefall, der in 500 m Radius um die einzelnen Fallen auftrat, wurde registriert. Anschließend wurden die Summen des Stehendbefalls und die Mittelwerte des Fallenfanges für die einzelnen Regionen und Fallentypen gebildet. In die Mittelwerte für Kammrohrfallen gingen Daten von 10 (Klausbach-Region), 19 (Schapbach-Region) bzw. 7 (Wimbach-Region) Fallen ein. Die Mittelwerte für Schlitzfallen wurden aus 11 (Schapbach-Region) bzw. 7 (Wimbach-Region) Fallen gebildet. Lediglich für die Schlitzfallen des Klausbach-Profiles konnte kein Mittelwert errechnet werden, da hier nur eine Falle in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone stand.

## 6 Rindenbrütende Borkenkäfer und ihre Antagonisten in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone

### 6.1 Vergleich der Fangzahlen von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp. in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für die Jahre 1996 bis 1998

In den Jahren 1996 bis 1998 wurden Vergleiche der Fangzahlen des Buchdruckers und der Ameisenbuntkäfer in

jeweils sechs Schlitzfallen der Borkenkäfer-Bekämpfungszone (Schapbach-Region, Fallen SCHA17S bis SCHA22S; Abb. 3) und der Ruhezone (Schüttalpel-Region; Fallen SCHAL1S bis SCHAL6S; Abb. 4) durchgeführt. In beiden Regionen standen die Fallen in einem Höhen transekt jeweils 100 Höhenmeter voneinander entfernt (800 m bis 1300 m üNN).

Im Gegensatz zur Schapbach-Region erfolgte im Gebiet Schüttalpel in den letzten Jahren keine Borkenkäferbekämpfung; selbst im Jahre 1994 blieb dieses Gebiet, wegen der schweren Zugänglichkeit des Geländes, sich selbst überlassen. Im Jahre 1994 sollte die Borkenkäfer-Bekämpfung nämlich, auf Anordnung des damaligen bayerischen Umweltministers Gauweiler, auf der ganzen Nationalpark-Fläche stattfinden („Gauweiler-Beschluss“; FREYER, pers. Mitt.).

Mit den Ergebnissen der Fangsaison 1998 lagen also Daten für drei Jahre vor. Es war deshalb möglich, alle Daten mittels einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse daraufhin zu überprüfen, ob die „Zone“ (Bekämpfungszone, Ruhezone), das „Jahr“ (1996, 1997, 1998) oder beide Faktoren gemeinsam signifikanten Einfluss auf die Fangzahlen des Buchdruckers oder der Ameisenbuntkäfer hatten.

### 6.2 Vergleich der Fangzahlen von *Pityogenes chalcographus* und *Nemosoma elongatum* in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für das Jahr 1998

Wie für *I. typographus* und *Thanasimus* sp., so wurde 1998 auch für den Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.) und dessen Prädator, den Jagdkäfer *Nemosoma elongatum* L., ein Vergleich der Fangzahlen in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone und der Ruhezone vorgenommen. Dazu wurden in jeder Region sechs Schlitzfallen aufgestellt, die in Höhen von 800 m bis 1300 m üNN standen (in der Schapbach-Region nahe den Fallen SCHA17S bis SCHA22S, in der Schüttalpel-Region nahe den Fallen SCHAL1S bis SCHAL6S; Abb. 3 und Abb. 4). Die Fallenstandorte waren dabei etwa 100 Höhenmeter voneinander entfernt. Alle Fallen wurden Mitte April mit einem Duftstoffbeutel bestückt, welcher das für den Kupferstecher spezifische Pheromonpräparat Chalcoprax® (Cyanamid Agrar) enthielt. Ein Wechsel des Beutels erfolgte Mitte Juni. Der Fangzeitraum reichte von Mitte April bis Ende September. Die Daten von jeweils sechs Schlitzfallen wurden getrennt für *P. chalcographus* und *N. elongatum* mittels eines Mann-Whitney-U-Tests verglichen.

Der Kupferstecher ist an Fichte sehr oft mit dem Buchdrucker vergesellschaftet. Beide Arten gehören zu den Erstbesiedlern innerhalb der Borkenkäfersukzession, d. h. sie können noch lebende Bäume befallen und abtöten. Der kleinere Kupferstecher besiedelt dabei meist die dünnrindigeren Bereiche von Krone und Ästen, der Buchdrucker den Stammbereich (POSTNER 1974). Ähnlich dem Buchdrucker, hat der Kupferstecher spezialisierte Antagonisten, die dessen Pheromone wahrnehmen können, um zu befallenen Stämmen zu gelan-

gen. Der Jagdkäfer ist ein solcher Antagonist und somit auch in Pheromonfallen zu finden (WIGGER 1993). Es erschien deshalb interessant, neben den Fangzahlen von Buchdrucker und Ameisenbuntkäfer auch diejenigen von Kupferstecher und Jagdkäfer innerhalb und außerhalb der Borkenkäfer-Bekämpfungszone miteinander zu vergleichen.

## 7 Flugaktivität von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp. in Abhängigkeit von der Temperatur

### 7.1 Flugaktivität 1996

Da die Fallen 1996 wöchentlich geleert wurden, erfolgte für dieses Jahr ein Vergleich der Fangzahlen der Pheromonfallen mit Temperaturdaten. Die verwendeten Temperaturdaten stammten von fest installierten Messstationen des Nationalparks Berchtesgaden.

Für den Vergleich der Daten über das gesamte Jahr hinweg wurden Fangergebnisse der Falle SCHA7aK den Temperatur-Werten der Klimastation 200 (Ramsau; 630 m üNN) gegenübergestellt. Für diese Klimastation lagen über das Jahr hinweg die kontinuierlichsten Messungen vor.

Um die Temperaturen zu Beginn des Buchdruckerfluges zu analysieren, wurden 1996 die Temperatur-Werte der Klimastationen 201 und 302 mit der wöchentlich erfassten Flugaktivität an zwei in unmittelbarer Nähe der Messstationen stehenden Kammrohrfallen verglichen (Tab. 5, Abb. 3 und Abb. 4).

Hierbei wurden Tagesmaximaltemperaturen, Tagesdurchschnitttemperaturen und Temperatursummen über 16,5°C ermittelt. Temperatursummen über 16,5°C wurden folgendermaßen berechnet: von den über 16,5°C liegenden Stundenmittelwerten wurde 16,5°C subtrahiert; die sich ergebenden Werte wurden anschließend addiert.

Tab. 5: Klimastationen.

Standort	benachbarte Falle	Klima Station (Nr.)	Höhenlage (m)
Schapbach	SCHA4aK	201	950
Wimbach	WI9aK	302	1060

### 7.2 Tagesgang der Flugaktivität

Am 15. Mai, 11. Juni und 12. Juni 1997 wurden Tagesgänge der Flugaktivität von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. ermittelt. Parallel zur Leerung der Fallen wurde die Lufttemperatur im Schatten gemessen. Die ausgewählten Tage waren solche, bei denen laut Wettervorhersage von sonnigem Wetter ausgegangen werden konnte.

Am 15. Mai 1997 wurden drei Kammrohr- und drei Schlitzfallen des Schapbach-Profiles kontrolliert, die sich in drei verschiedenen Höhenlagen befanden:

- SCHA2aK, SCHA16S (750 m, 730 m üNN)
- SCHA5aK, SCHA19S (1050 m, 1070 m üNN)
- SCHA9aK, SCHA23S (1450 m, 1400 m üNN)

Die Kontrolle der Fallen erfolgte von 8:00 Uhr bis 20:00 Uhr alle zwei Stunden und noch einmal um 21:00 Uhr. Zusätzlich wurde am 16. Mai um 8:00 Uhr kontrolliert.

Am 11. Juni 1997 wurden fünf Schlitz-Fallen im Wimbachtal untersucht, die auf gleicher Höhe lagen (1000 m üNN). Es waren dies vier Fallen an den Standorten des „Freilandversuchs Wimbach“, sowie die Schlitzfalle WI10bS (s. Abb. 4). Die Fallen wurden zwischen 8:00 Uhr und 21:00 Uhr kontrolliert.

Am 12. Juni 1997 wurden fünf Schlitz-Fallen untersucht, die im Bereich Schwarzenederer lagen: vier Schlitzfallen an den Standorten des „Freilandversuchs Schwarzenederer“ und die Schlitzfalle WI3bS (920 m üNN, s. Abb. 4). Die Kontrolle erfolgte von 7:30 Uhr bis 20:00 Uhr. Außerdem wurde am 13. Juni von 7:15 Uhr bis 9:00 Uhr kontrolliert.

Die Kontrolle am 11. und 12. Juni erfolgte zu Beginn und zum Ende der Flugzeit in kurzen Abständen, während des restlichen Tages im Abstand von einer Stunde.

## 8 Arretierung von *Thanasimus* sp. in Borkenkäfer-Fangsystemen

Mit Hilfe der Versuche zur Arretierung von *Thanasimus* sp. in Borkenkäfer-Fangsystemen sollte sowohl in Labor- wie in Freilandversuchen geklärt werden, in welchem Umfang ein Entkommen der Ameisenbuntkäfer aus den Fallen möglich ist. Außerdem stellte sich die Frage, ob die Anzahl an Borkenkäfern in den Fallen einen Einfluss auf die Arretierung der Ameisenbuntkäfer ausübt.

### 8.1 Laborversuche

In einem Raum wurden fünf Kammrohrfallen und fünf Schlitzfallen an einem Metallgestell bzw. auf einem Tisch nebeneinander angebracht. In die Fanggefäße der Fallen wurden je zwei adulte *Thanasimus* sp. und eine unterschiedliche Anzahl von adulten *I. typographus* gegeben. Die *Thanasimus* sp. / *I. typographus*-Verhältnisse betragen 2/10, 2/4 und 2/2. Während jedes Versuches wurden die Fanggefäße täglich kontrolliert und die Anzahl der darin befindlichen Tiere sowie deren Zustand (lebend/tot/zerlegt) notiert. Danach wurden wieder so viele Tiere hinzugegeben wie nötig waren, um das vorgegebene *Thanasimus* sp. / *I. typographus*-Verhältnis zu erreichen. Damit sollte ein Zufliegen von Tieren, wie es im Freiland geschieht, simuliert werden. Jeder Versuch dauerte sieben Tage, was dem Leerungsintervall der Monitoring-Fallen für 1996 entsprach.

### 8.2 Freilandversuche

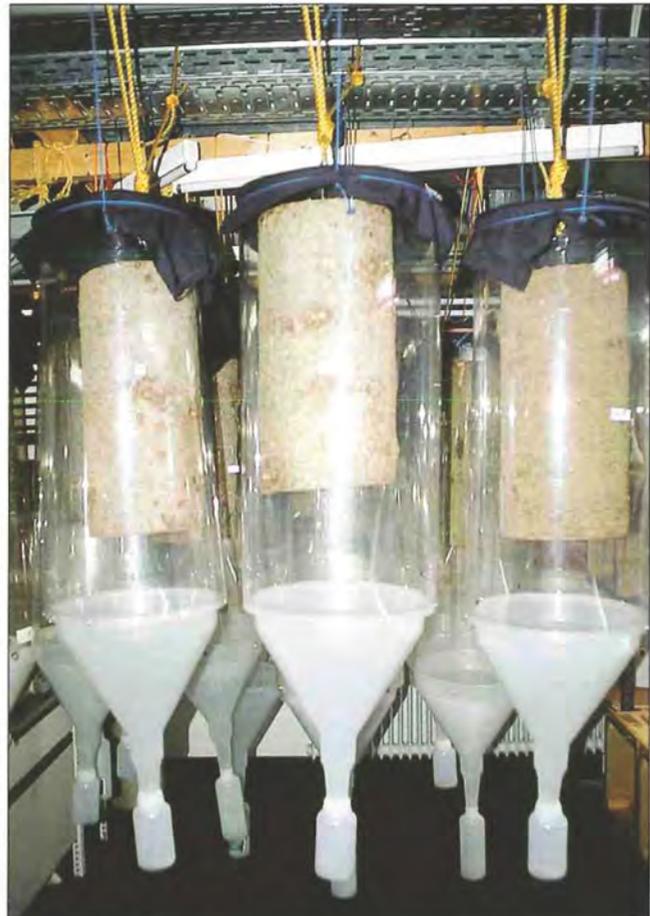
An fünf Standorten wurden je vier Fallen im Abstand von 50 Metern aufgestellt („Freilandversuch Schapbach, Wimbach Schwarzenederer, Klausbach I, Klausbach II“; Abb. 3 bis Abb. 5). Der Abstand der Fallen zum nächstliegenden Bestandesrand betrug mindestens 20 Meter. Zwei dieser Fallen waren Kammrohrfallen, zwei Schlitzfallen. Die Fangbehälter einer Kammrohr- und einer Schlitzfalle wurden abgedichtet und mit Flüssigkeit



Versuchsanordnung des Laborversuchs zur Arretierung von Ameisenbuntkäfern (*Thanasimus* sp.) in Borkenkäfer-Fangsystemen (s. Material und Methoden 8.1).



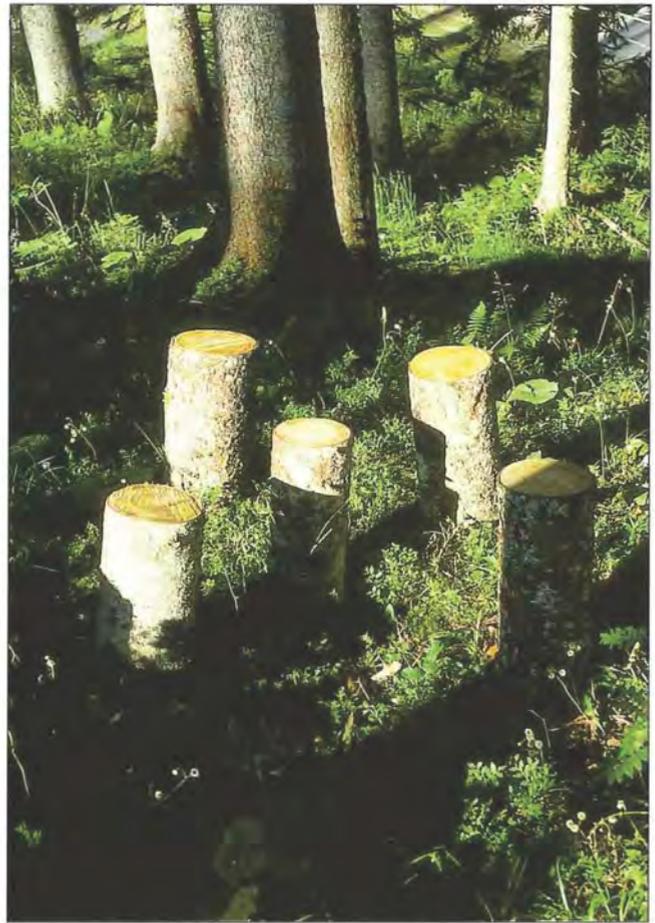
Zuchtkäfig für Buchdrucker (*Lepidoglyphus destructor*) (s. Material und Methoden 10).



Schlupfsektoren (s. Material und Methoden 10).



Elektrophorese-Kammer (s. Material und Methoden 15.1.4).



Exponierte Stammstücke (s. Material und Methoden 17).



Schlupfkäfige (s. Material und Methoden 17).

(Wasser+Spülmittel) gefüllt. Dadurch sollten gefangene Tiere in den Fanggefäßen arretiert werden.

Die Fallen wurden alle am 10. Mai 1996 mit Pheroprax® beködert. Die mit Flüssigkeit gefüllte Schlitzfalle am Standort Klausbach I wurde fortan als Referenz-Falle genutzt. Waren hier etwa 500 Buchdrucker gefangen worden, so wurden die Fallenpositionen an jedem Standort gewechselt. Dies geschah viermal, so dass jede Falle einmal an jeder der vier Positionen zu finden war (Wechsel am 20. Mai, 3. Juni und 10. Juni). Am 2. Juli wurden die Fallen abgebaut. Die gefangenen Tiere wurden sortiert und gezählt.

### 9 Markierungsversuche mit *Thanasimus femoralis*

1995 traten Ameisenbuntkäfer erstmalig in größeren Individuenzahlen in den Pheromonfallen des Nationalparks auf. Mitte Mai 1995 wurde deshalb mit der Zählung der Ameisenbuntkäfer begonnen. Nachdem die Tiere registriert waren, wurden sie 1995 in unmittelbarer Nähe der Falle wieder freigelassen (PFNÜR, pers. Mitt.). Die Käfer hatten also die Möglichkeit, erneut in eine Falle zu gelangen und so die Fangzahlen bei der nächsten Leerung zu erhöhen. 1996 und 1997 wurden die gefangenen Ameisenbuntkäfer hingegen aus den Fallen entnommen und für weitere Untersuchungen eingefroren. Um abschätzen zu können, wie viele Tiere nach einer Freilassung erneut gefangen werden, wurden Ameisenbuntkäfer mit Lackstiften auf den Flügeldecken markiert und in Fallennähe wieder freigelassen. Die Käfer aus einer Falle erhielten dabei eine einheitliche Farbkombination. Zur Markierung wurden die Tiere mittels einer Vorrichtung arretiert, wie sie zur Markierung von Honigbienen-Königinnen verwendet wird. Die Käfer wurden nach der Markierung auf umliegende Sträucher oder junge Bäume gesetzt.

Die Ameisenbuntkäfer stammten aus sechs Fallen des Klausbach-Profiles (KL2aK, KL2bK, KL3aK, KL3bK, KL4aK, KL4bK; s. Abb. 5). Markierungen wurden an diesen Fallen am 1. Mai und am 16. Juni 1997 durchgeführt.

### 10 Auswirkung unterschiedlicher *Thanasimus femoralis*-Adult-Dichten auf die Larvenanzahl von *Thanasimus femoralis* und die Brutproduktion von *Ips typographus*

In einem Laborversuch sollte überprüft werden, ob eine Erhöhung der Zahl adulter *T. femoralis* bei gleichbleibender Buchdrucker-Dichte zu einer gesteigerten Larvenproduktion von *T. femoralis* führt. Ebenso sollte der Einfluss der Ameisenbuntkäfer-Dichten auf die Anzahl geschlüpfter Buchdrucker untersucht werden. Die Durchführung des Versuches erfolgte im Institut für Angewandte Zoologie der LMU München in Freising. Die Raumtemperatur betrug während des gesamten Versuches  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , die relative Luftfeuchte lag bei 40 %.

Zu Beginn wurden 50 cm lange Fichten-Stammstücke mit *I. typographus* besiedelt. Die Stammstücke wurden dazu in spezielle Zuchtkäfige verbracht, welche aus

Spanplatten bestanden und auf der Ober- und Frontseite je eine, mit Drahtgaze bespannte Öffnung aufwiesen (Abb. 1). Die Beleuchtung erfolgte von oben mittels Leuchtstoffröhren, wobei für jeweils zwei Käfige vier Röhren in 60 cm Abstand zur Käfig-Oberseite angebracht waren (2 Osram L30 W/11, 2 Osram L30 W/77 Fluora). Die Photoperiode entsprach mit 16 Stunden Licht und 8 Stunden Dunkelheit Langtagbedingungen.

Auf der Oberseite der Stammstücke wurden am ersten Tag 50 Buchdrucker, am darauf folgenden Tag 20 Buchdrucker verteilt. Die Buchdrucker stammten aus der Erhaltungszucht des Instituts und waren bis zur Besiedelung bei  $+2^{\circ}\text{C}$  im Kühlraum gehalten worden. Für eine optimale (konkurrenzfreie) Besiedelung von Stammstücken mit 85 cm Länge und 20–30 cm Durchmesser hatte BOHLANDER (1997) 60 bis 100 frisch geschlüpfte Käfer empfohlen. Dies entspricht einer Käfer-Dichte von 110 bis  $125/\text{m}^2$ . Bei Verwendung von im Kühlraum gehaltenen Tieren waren jedoch, nach seinen Angaben, höhere Besiedelungsdichten nötig.

Diesem Hinweis wurde mit der Verwendung von 70 Buchdruckern pro 50 cm langem Stammstück Rechnung getragen. Bei Stammdurchmessern von 21 cm bis 29,5 cm lag die Buchdrucker-Dichte zwischen 151 und 212 Buchdruckern/ $\text{m}^2$ . Legt man bei optimaler Brutraumausnutzung für ein Brutsystem einen Platzbedarf von  $0,02 \text{ m}^2$  zu Grunde, so errechnet man 3,02 bis 4,24 Buchdrucker pro Brutsystem. Geht man von einem Geschlechterverhältnis von 1:1 aus, so wären in einem Brutsystem mit 2 Muttergängen maximal 2,12 Weibchen vorhanden, also eine nahezu optimale Besetzung.

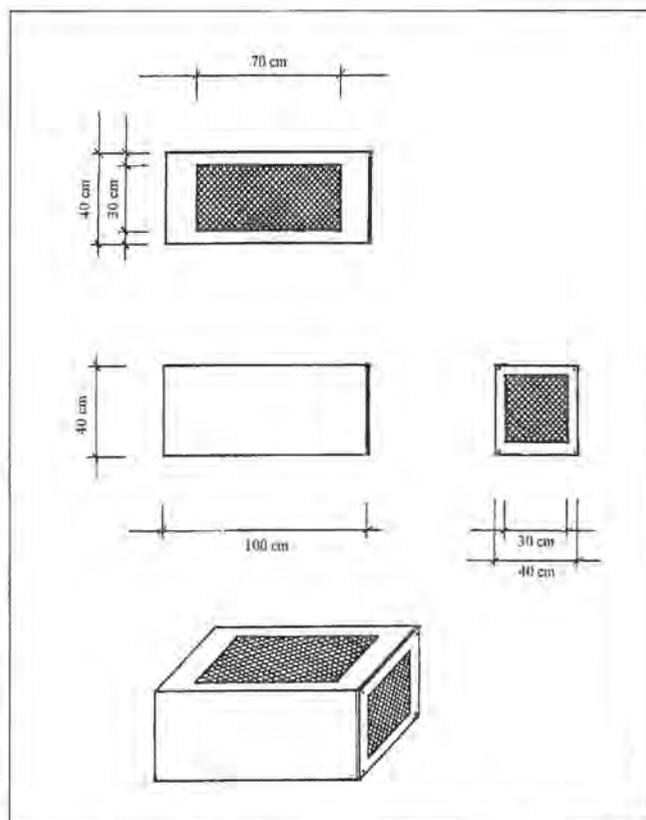


Abb. 1: Zuchtkäfig für *I. typographus* (verändert nach BOHLANDER 1997).

Eine übermäßige Konkurrenz um Brutraum war also bei 70 Buchdruckern pro Stammstück nicht zu erwarten, zumal die Mortalität bei Tieren aus dem Kühlraum höher ist und auch eine gewisse Prädation durch *T. femoralis*-Adulti erfolgen konnte.

Um diese Prädation gering zu halten, wurden die *T. femoralis*-Paare erst 5 bis 6 Stunden nach der Freilassung der letzten Buchdrucker in die Käfige gesetzt. Insgesamt wurden 6 Stammstücke mit einem Paar und 6 Stammstücke mit drei Paaren besetzt. 6 weitere Stammstücke dienten als Kontrolle und blieben deshalb frei von *T. femoralis*.

Die Ameisenbuntkäfer stammten aus Pheromonfallen-fängen im Nationalpark Berchtesgaden. Nachdem eine Paarung zweier Tiere beobachtet worden war, wurden diese in eine Petrischale mit angefeuchtetem Filterpapier gesetzt und bei Raumtemperatur bis zum Versuchsbeginn ad libitum mit Buchdruckern gefüttert.

Da nur 9 Zuchtkäfige vorhanden waren, wurde die Besiedelung mit Buchdruckern und Ameisenbuntkäfern zu zwei Zeitpunkten durchgeführt. Die ersten neun Stammstücke wurden am 12./13. Mai 1998, die zweiten neun am 28./29. Mai 1998 besiedelt, wobei jeweils 3 Stammstücke mit 0,1 und 3 *T. femoralis*-Paaren versehen wurden. Die Ameisenbuntkäfer für die erste Besiedelung waren Anfang Mai, die für die zweite Mitte Mai gefangen worden. Der Zeitraum zwischen Paarung und Versuchsbeginn betrug für die Ameisenbuntkäfer 5 bis 11 Tage (bei einem Paar 3 Tage).

Zwei Wochen nach der Besiedelung wurden die Stammstücke aus den Zuchtkäfigen entnommen. Dabei wurde darauf geachtet, dass kein adulter Ameisenbuntkäfer auf dem Stammstück verblieb.

Nach der Entnahme aus den Zuchtkäfigen wurden die Stammstücke in Schlupfeklektoren überführt. Diese bestanden aus Plexiglasröhren mit 45 cm Durchmesser, an deren unterem Ende ein Trichter mit einem Fanggefäß befestigt war. Verwendung fanden Plexiglasröhren mit 75 cm und 100 cm Länge. Oben waren die Röhren mit schwarzem Gazestoff abgedeckt, durch den in der Mitte das Seil zur Aufhängung des Stammstückes führ-

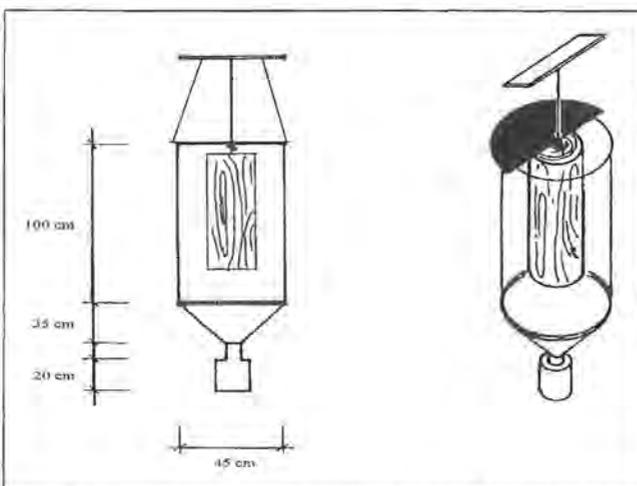


Abb. 2: Schlupfeklektor (verändert nach BOHLANDER 1997).

te. Der Stoff war mit einem Gummi-Ring an der Plexiglasröhre fixiert, das Loch für die Seilführung wurde mit Klebeband verschlossen (Abb. 2). Die Fangflaschen der Eklektoren wurden in der Folgezeit zumindest einmal wöchentlich geleert und die darin befindlichen Buchdrucker und *T. femoralis*-Larven registriert.

Am 3. August 1998 wurden die Eklektoren entfernt und die Stammstücke abgehängt. Um einen Eindruck von der Muttergang-Dichte zu bekommen und um unter der Rinde verbliebene Tiere zu erreichen, wurden die Stammstücke anschließend mit einem „Schepser“ (Handentrinder) geschält und die Rindenstücke untersucht.

### 11 Fraßkapazität, Eiablage und Larvenschlupf bei *Thanasimus femoralis* und *Thanasimus formicarius* in Abhängigkeit vom Beuteangebot

Die Versuche zur Ermittlung von Fraßkapazität und Eiablageverhalten bei *T. femoralis* und *T. formicarius* wurden im Labor in einem Klimaschrank durchgeführt. Der Beleuchtungswechsel im Klimaschrank entsprach mit 16 Stunden Licht und 8 Stunden Dunkelheit Langtagbedingungen. Synchron zum Beleuchtungswechsel erfolgte ein Temperaturwechsel von 20°C bei Licht zu 10°C bei Dunkelheit.

Die Versuchstiere stammten aus Pheromonfallen-Fängen des Nationalparks Berchtesgaden. Unter den gefangenen Ameisenbuntkäfern wurde im Labor nach kopulierenden Paaren gesucht. Diese Paare wurden herausgenommen und in eine Petrischale (Ø 9 cm) mit angefeuchtetem, weißem Filterpapier gesetzt. Ebenso wurden einzelne Ameisenbuntkäfer in Petrischalen gehalten.

Um den Gewichtsverlauf der adulten Ameisenbuntkäfer zu dokumentieren, wurden die Tiere einmal wöchentlich gewogen (Sartorius-Feinwaage, Genauigkeit: 0,1 mg).

Als Futter dienten lebende Buchdrucker, die ebenfalls in Pheromonfallen gefangen worden waren. Zu Beginn wurden die Ameisenbuntkäfer einige Tage ad libitum mit Borkenkäfern versorgt, um einen mehr oder weniger einheitlichen Ernährungsstatus herzustellen. Danach wurden die *T. femoralis*-Individuen und -Paare in drei Gruppen eingeteilt, welche eine unterschiedliche Anzahl von Beutetieren erhielten: 0,5/1/3 Buchdrucker pro Tag und Individuum (= 1/2/6 Buchdrucker pro Tag und Paar). Die Fütterung erfolgte dreimal wöchentlich (Montag, Mittwoch und Freitag). Dabei wurden gefressene und tote, aber nicht angefressene Buchdrucker registriert und aus den Petrischalen entfernt.

Einige Individuen wurden ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr weiter gefüttert. Die Gewichtsentwicklung wurde bei diesen Tieren aber bis zu deren Tod weiterverfolgt (Hungerversuch).

Da sich nur sehr wenige *T. formicarius* in den Fallen befanden, wurden alle *T. formicarius*-Individuen und -Paare mit 3 Buchdruckern pro Tag und Individuum (= 6 Buchdrucker pro Tag und Paar) gefüttert. Wegen dieser geringen *T. formicarius*-Anzahl wurden außer den Individuen aus Pheromonfallen auch einige Tiere direkt aus

dem Freiland (Rinde von mit Borkenkäfern befallenen Fichten) entnommen.

Im Zuge der Fütterung erfolgte auch eine Kontrolle des Filterpapiers und der Petrischale auf anhaftende Eier. Waren Eier vorhanden, so wurden diese in der Petrischale belassen und die Ameisenbuntkäfer in eine neue Petrischale mit frischem Filterpapier überführt. Die Eier wurden gezählt und bis zum Schlupf von Larven ebenfalls im Klimaschrank bei 18 Stunden Licht (20°C) und 6 Stunden Dunkelheit (10°C) aufbewahrt. Die Anzahl geschlüpfter Larven wurde festgehalten.

Der Versuch, auch die Entwicklung der Larven bei den erwähnten Bedingungen weiter zu verfolgen, scheiterte. Die Larven starben bereits nach wenigen Tagen oder Wochen. Dies lag vermutlich daran, dass zur Fütterung der Ameisenbuntkäfer-Larven lediglich Buchdrucker-Larven aus dem Freiland zur Verfügung standen, da im Nationalpark Berchtesgaden keine Buchdrucker-Dauerzucht im Labor möglich war. Eine tägliche Fütterung der empfindlichen *Thanasimus* sp.-Larven des ersten Larvenstadiums mit jungen, lebenden Buchdrucker-Larven war somit nicht durchführbar (s. HEIDGER 1994).

Sowohl bei den Adulten, wie auch bei den Eiern und Larven wurde das Filterpapier an den Fütterungstagen immer wieder angefeuchtet.

Nach dem Tod der Ameisenbuntkäfer erfolgte anhand der Genitalien eine Geschlechtsbestimmung, um einen möglichen Einfluss des Geschlechts auf die Fraßkapazität feststellen zu können.

#### **12 Gewichtsvergleich bei Männchen und Weibchen von *Thanasimus* sp.**

Für den Gewichtsvergleich von Männchen und Weibchen der Ameisenbuntkäfer wurden Daten von Paaren verwendet, die im Rahmen der Fraßversuche untersucht worden waren. Dabei wurde das Gewicht zur Berechnung herangezogen, welches kurz nach der Paarung ermittelt worden war, also noch bevor die Paare mit unterschiedlichen Buchdrucker-Mengen gefüttert worden waren. Für *T. femoralis* stand somit eine gleich große Anzahl von Männchen und Weibchen zur Verfügung (33 Männchen, 33 Weibchen). Bei *T. formicarius* wurden alle vorhandenen Tiere mit in die Berechnung einbezogen (2 Männchen, 7 Weibchen).

#### **13 Futterverwertung bei adulten *Thanasimus femoralis* und *Thanasimus formicarius* im Vergleich**

Mit Hilfe dieses Versuches sollte überprüft werden, ob sich die Adulten der beiden Ameisenbuntkäfer-Arten *T. femoralis* und *T. formicarius* hinsichtlich ihrer Futterverwertung unterscheiden. Dazu wurden die Ameisenbuntkäfer einzeln in Petrischalen gesetzt und mit einem Buchdrucker gefüttert. Unmittelbar vor und nach der Futteraufnahme wurden das Gewicht der Ameisenbuntkäfer auf 0,1 mg genau bestimmt. Außerdem wurden die

Buchdrucker gewogen und nach dem Fraß die übriggebliebenen Buchdrucker-Reste. Die Zeit, welche die Ameisenbuntkäfer für den Fraßvorgang benötigten wurde ebenfalls festgehalten. Mittels t-Test und Mann-Whitney-U-Test wurde geprüft, ob zwischen den beiden *Thanasimus*-Arten Unterschiede hinsichtlich der erhobenen Parameter bestanden.

Die *T. femoralis*-Individuen für diesen Versuch stammten aus Pheromonfallen im Nationalpark Berchtesgaden, die *T. formicarius*-Individuen stammten aus dem Freiland in der Nähe von Ainring (bei Freilassing, 440 m üNN).

#### **14 Größenvergleich bei Männchen und Weibchen von *Thanasimus* sp.**

Die Größe der Ameisenbuntkäfer wurde mittels eines Binokulars mit integriertem Messokular ermittelt. Dabei wurde die Länge der Flügeldecken als Maßstab für die Größe verwendet. Für diese Untersuchung standen *T. femoralis*-Individuen aus den Nationalparks Berchtesgaden und Bayerischer Wald zur Verfügung. Die hier vermessenen *T. formicarius*-Individuen stammten ausschließlich aus dem Nationalpark Bayerischer Wald.

#### **15 Genetische Strukturen in Populationen von *Thanasimus* sp. in Hoch- und Tieflage**

Mit Hilfe der Stärke-Gel-Elektrophorese sollte die genetische Struktur zweier Populationen von *T. femoralis* aus unterschiedlichen Höhenlagen untersucht und verglichen werden.

Die Elektrophorese ist ein Verfahren, bei welchem gelöste Substanzen, im vorliegenden Fall Enzyme (Proteine), im elektrischen Feld wandern. Die Wanderung der gelösten Enzyme geschieht auf oder in einem Träger-Medium, z. B. Zellulose-Acetat, Agarose, Polyacrylamid oder Stärke. Bei der hier angewandten Stärke-Gel-Elektrophorese bewegen sich die Enzyme durch ein Netzwerk aus gleich großen Poren im Stärke-Gel, welches für die meisten Protein-Moleküle leicht passierbar ist. Die Wanderungsgeschwindigkeit der Enzyme hängt dann, bei sonst gleichen Bedingungen (Puffer, Spannung, Stromstärke), nur von deren Ladung ab. Ist die Elektrophorese beendet, so kann man die im Gel fixierten Enzyme mittels verschiedener Aktivitätsfärbungen nachweisen.

Enzyme bestehen aus einer oder mehreren Polypeptid-Ketten. Die Primärstruktur dieser Ketten, d. h. deren Aminosäuresequenz, wird von Genen bestimmt. Bei diploiden Organismen, wie z. B. *T. femoralis*, ist die Information zur Bildung eines bestimmten Enzyms auf beiden homologen Chromosomen je einmal vorhanden; diese Ausprägungen eines Gens nennt man Allele. Sind die Allele eines Gens auf beiden Chromosomen identisch, so spricht man von homozygoten, anderenfalls von heterozygoten Individuen. Geht man im einfachsten Fall von zwei Allelen (1, 2) für ein bestimmtes Gen aus, so gibt es demnach zwei Typen von homozygoten (11,

22) und einen Typ heterozygote (12) Individuen. Unterscheiden sich die Ladungen der Enzyme, die von diesen zwei Allelen gebildet werden, so können mit Hilfe der Elektrophorese homo- und heterozygote Individuen unterschieden werden.

Es können jedoch bei weitem nicht alle Mutationen durch die Elektrophorese aufgedeckt werden, denn erstens gibt es redundante Mutationen (mutiertes und nicht mutiertes DNA-Triplet kodieren für die gleiche Aminosäure) und zweitens führt nicht jede ausgetauschte Aminosäure zu einer Ladungsänderung im Enzym und damit zu unterscheidbaren Banden bei der Elektrophorese. Schätzungsweise wird nur etwa ein Drittel der Aminosäure-Substitutionen mit Hilfe der Elektrophorese entdeckt (PASTEUR et al. 1988).

## 15.1 Untersuchungen im Jahre 1997

### 15.1.1 Herkunft der untersuchten Käfer

Die Käfer stammten aus zwei verschiedenen Höhenlagen des Schapbach-Profiles und wurden innerhalb von vier Wochen gefangen (Tab. 6). Die Distanz zwischen der Tieflagen-Falle und den Hochlagen-Fallen betrug 3,5 bis 4 km. Die Tiere wurden aus den Fallen entnommen und lebend bei  $-20^{\circ}\text{C}$  eingefroren.

Für Vorversuche wurden einzelne Tiere aus Fallen des Klausbach-Profiles entnommen und ebenfalls eingefroren.

### 15.1.2 Vorbereitung der Proben und der Gele

Die einzelnen Käfer wurden in einem Eppendorfgefäß mit 130  $\mu\text{l}$  Probenverdüpfungspuffer (TRIS-HCL+NADP, pH 6,8; nach PASTEUR et al. 1988) homogenisiert und bei 14000 U/min. fünf Minuten zentrifugiert. Anschließend wurden acht Filterpapierstreifen (ca. 5 mm x 2,5 mm) gestapelt, kurz in den Überstand getaucht und bis zum Beginn der Elektrophorese eingefroren. In Vorversuchen hatte sich gezeigt, dass dadurch eine ausreichende Menge an Protein auf die Filterpapierstreifen gelangte. Alle Arbeitsschritte wurden auf einem Kühlblock oder im Kühlraum durchgeführt.

**Tab. 6: Herkunft der für die Elektrophorese verwendeten Individuen von *T. femoralis*.**

	Falle	Leerung	Anzahl Käfer
Tieflage (750 m üNN)	SCHA2aK	30.6.1997	58
Hochlage (1250-1450 m üNN)	SCHA7aK, 7bK, 8aK, 9aK	16.6.1997	47

**Tab. 7: Zusammensetzung der Gele (für die Elektrophorese verwendete Gele sind unterstrichen).**

Gel	Zusammensetzung		
<u>LiOH pH 8,3<sup>1</sup></u>	63 ml Puffer A	157 ml Puffer B	26,4g Stärke
<u>Poulik pH 8,7<sup>2</sup></u>	220 ml Gelpuffer		26,4g Stärke
TBE pH 8,0 <sup>3</sup>	22 ml Puffer	198 ml H <sub>2</sub> O	26,4g Stärke
TME pH 7,4 <sup>4</sup>	22 ml Puffer	198 ml H <sub>2</sub> O	26,4g Stärke
PC pH 6,0 <sup>5</sup>	5,5 ml Puffer	214,5 ml H <sub>2</sub> O	26,4g Stärke
<u>TC pH 6,5/7,0/7,5/7,8<sup>6</sup></u>	63 ml Puffer	157 ml H <sub>2</sub> O	26,4g Stärke + 1,8g Harnstoff

### 15.1.3 Herstellung der Gele

Für die Elektrophorese fanden ausschließlich Gele mit einem Stärkegehalt von 12 % Verwendung (26,4 g Stärke auf 220 ml Puffer). Bei den TRIS-Citrat-Puffern wurde außerdem 1,8 g Harnstoff zugesetzt (Tab. 7).

Stärke bzw. Stärke und Harnstoff wurden unter Rühren in etwa 50 ml kaltem Puffer gelöst. Der Rest des Puffers wurde in der Mikrowelle drei Minuten lang erhitzt. Anschließend wurde auf einer Heizplatte ( $\sim 100^{\circ}\text{C}$ ) unter ständigem Rühren die Stärkelösung langsam dem Puffer zugegeben. Nach Auflösung der Stärke wurde die Lösung evakuiert und schließlich durch ein Sieb in Plexiglas-Küvetten (Höhe: 4 mm) gegossen. Die Herstellung der Gele war i.d.R. einen Tag, spätestens jedoch drei Stunden vor dem Gebrauch abgeschlossen. Nach dem Erkalten lagerten die Gele bis zur Verwendung im Kühlschrank.

In den Vorversuchen stellte sich heraus, dass nur die Gele LiOH, Poulik, TC pH 6,5, TC pH 7,0 und TC pH 7,8 deutliche Färbereaktionen (s. 15.1.5) ergaben. Für die eigentliche Untersuchung fanden deshalb nur diese Gele Verwendung.

### 15.1.4 Elektrophorese

Für die Elektrophorese wurde das Gel etwa 2 cm vom Rand entfernt an der Breitseite auf ganzer Länge eingeschnitten und die angetauten Filterpapierstreifen eingesetzt. Zwischen den einzelnen Filterpapierstreifen blieb ein Abstand von etwa einem halben Streifen frei. An den beiden Enden des Schnittes blieben ebenfalls mindestens 1,5 cm frei. Pro Gel konnten so Proben von maximal 35 Tieren untersucht werden. Zwischen Küvettenrand und Gel wurden nun an den Breitseiten etwa 0,2 mm starke Schwammtuch-Streifen gelegt und die Küvette anschließend in die Elektrophoresekammer überführt. Um zu starkes Austrocknen zu verhindern, wurden Gel und Ladungs-Brücken mit Zellophan-Folie bedeckt. Schwammtuch-Streifen und Ladungs-Brücken wurden vor der Verwendung in die Pufferlösung getaucht. Während der Elektrophorese befand sich das Gel zwischen zwei Kühlaggagaten. Die angelegten Spannungen und Stromstärken sowie die Laufzeiten variierten je nach verwendeten Puffersystemen und Färbemethoden (Tab. 8).

### 15.1.5 Färbungen

Nach Beendigung der Elektrophorese wurden die Ränder des Gels entfernt und dieses dann horizontal in 1 mm dicke Scheiben geschnitten. Die drei unteren Scheiben wurden für Färbungen verwendet, die oberste

1 Puffer A: Borsäure, LiOH\*H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O, pH=8,1 / Puffer B: Tris, Citronensäure\*H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O

2 Elektrodenpuffer: Borsäure, NaOH / Gelpuffer: Tris, HCl 1N

3 TBE: Tris, Borsäure, EDTA\*2Na, H<sub>2</sub>O

4 TME: Tris, Maleinsäure, EDTA\*2Na, MgCl<sub>2</sub>\*H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O

5 PC (Phosphat-Citro): Natriumdihydrogenphosphat, Zitronensäure\*H<sub>2</sub>O, (NaOH zur pH-Einstellung)

6 TC (Tris-Citro): Tris, Zitronensäure\*H<sub>2</sub>O

**Tab. 8: Laufbedingungen der Gele (für die Elektrophorese verwendete Gele sind unterstrichen).**

Gel	Volt	Ampere	Zeit in Stunden
<u>LiOH pH 8,3</u>	200	70	6
<u>Poulik pH 8,7</u>	220	75	5
TBE pH 8,0	250	70	5
TME pH 7,4	200	250	5
PC pH 6,0	100	70	5
<u>TC pH 6,5</u>	220	180	7
<u>TC pH 7,0</u>	220	180	7
TC pH 7,5	220	180	5
<u>TC pH 7,8</u>	220	180	5

**Tab. 9: Ausgewählte Färbungen.**

Gel	Färbungen <sup>7</sup>
LiOH pH 8,3	ALP, ARK, FUM
Poulik pH 8,7	ARK, CK, ME
TC pH 6,5	CAT, GPI, HK, IDH, PGM, PK
TC pH 7,0	ACO, FBP, GPD
TC pH 7,8	EST, FUM, G6PDH

Scheibe wurde verworfen. In Vorversuchen waren Färbungen von je 48 Enzymen für die oben erwähnten sieben Puffersysteme getestet worden. Davon wurden 16 Färbungen für fünf Puffersysteme ausgewählt (Tab. 9).

### 15.1.6 Auswertung

Nach Ausfärbung der Gele wurden die sichtbaren Bandenmuster auf Protokollblätter übertragen. Anschließend wurden die Banden den einzelnen Allelen der verschiedenen Gen-Loci zugeordnet und somit die Homozygotie der Individuen von *T. femoralis* ermittelt. Diese Zuordnung konnte zufriedenstellend für sechs Enzyme erfolgen (GPI, FBP, PGM, IDH, ALP, ARK[LiOH]). Die Allele jedes Locus wurden durchnummeriert, wobei das „schnellste“ Allel jeweils die Nummer 1 erhielt. Für jedes Individuum ergab sich so eine Zahlenkombination, die in das Statistikprogramm BIOSYS-1 (Release 1.7, David L. Swofford, Illinois Natural History Survey 1989) eingegeben wurde, z. B. „11“ für „homozygot bezüglich des Allels 1“ oder „12“ für „heterozygot bezüglich der Allele 1 und 2“. Mit Hilfe von BIOSYS-1 konnten verschiedene Kenngrößen für die beiden Populationen (Hoch-/Tiefelage) von *T. femoralis* errechnet werden:

- Abweichung von der Hardy-Weinberg-Verteilung (mittels Chi-Quadrat-Test)

<sup>7</sup> ACO: Aconitase Hydratase (EC-Nr.: 4.2.1.3)  
 ALP: Alkaline Phosphatase (EC-Nr.: 3.1.3.1)  
 ARK: Arginine Kinase (EC-Nr.: 2.7.3.3)  
 CAT: Catalase (EC-Nr.: 1.11.1.6)  
 CK: Creatine Kinase (EC-Nr.: 2.7.3.2)  
 EST: Esterase (EC-Nr.: 3.1.1.7)  
 FBP: Fructose-bisphosphatase (EC-Nr.: 3.1.3.11)  
 FUM: Fumarate Hydratase (EC-Nr.: 4.2.1.2)  
 GPD: Glycerol-3-phosphate Dehydrogenase (EC-Nr.: 1.1.1.8)  
 G6PDH: Glucose-6-phosphate Dehydrogenase (EC-Nr.: 1.1.1.49)  
 GPI: Glucose-6-phosphate Isomerase (EC-Nr.: 5.3.1.9)  
 HK: Hexokinase (EC-Nr.: 2.7.1.1)  
 IDH: Isocitrate Dehydrogenase (EC-Nr.: 1.1.1.42)  
 ME: Malate Dehydrogenase (NADP+) = Malic Enzyme (EC-Nr.: 1.1.1.40)  
 PGM: Phosphoglucomutase (EC-Nr.: 2.7.5.1)  
 PK: Pyruvate Kinase (EC-Nr.: 2.7.1.40)

- Koeffizienten für Heterozygoten-Defizit oder -Überschuss
- Mittlerer Heterozygotiegrad
- F-Statistiken

Beim Auftreten von mehr als zwei Allelen wurden die Allele dabei automatisch zu drei Gruppen zusammengefaßt (1. Homozygote für das häufigste Allel, 2. häufige/seltene Heterozygote, 3. seltene Homozygote und andere Heterozygote).

## 15.2 Untersuchungen im Jahre 1998

### 15.2.1 Herkunft der untersuchten Käfer

Die an *T. femoralis* im Nationalpark Berchtesgaden durchgeführten Untersuchungen des Jahres 1997 wurden 1998 noch einmal wiederholt.

Wie 1997 stammten die Käfer aus zwei verschiedenen Höhenlagen des Schapbach-Profiles und wurden innerhalb von vier Wochen gefangen (Tab. 10). Die Distanz zwischen der Tieflagen-Falle und den Hochlagen-Fallen betrug 3,5 bis 4,5 km.

Neben den Ameisenbuntkäfern aus dem Nationalpark Berchtesgaden konnten 1998 auch solche aus dem Nationalpark Bayerischer Wald untersucht werden. Dabei wurden sowohl *T. femoralis* als auch *T. formicarius* berücksichtigt (Tab. 11).

### 15.2.2 Untersuchungsmethoden

Die Untersuchungsmethoden entsprachen den unter 15.1. beschriebenen. Allerdings konnte, trotz mehrmaliger Wiederholung der Versuche, für *T. femoralis* aus dem Nationalpark Berchtesgaden nur bei den 3 Enzymsystemen GPI, IDH und PGM eine zufriedenstellende Auswertung erfolgen. Bei *T. femoralis*-Individuen aus dem Nationalpark Bayerischer Wald war die Auswertung nur für IDH und PGM möglich. Für *T. formicarius* aus dem Nationalpark Bayerischer Wald wurde, auch aufgrund der geringen Individuenzahl, keine statistische Auswertung vorgenommen.

**Tab. 10: Herkunft der für die Elektrophorese verwendeten Individuen von *T. femoralis*.**

	Falle	Leerung	Anzahl Käfer
Tieflage (750 m üNN)	SCHA2aK	27.4.1998	78
Hochlage (1250-1450 m üNN)	SCHA7aK, 7bK, 8aK, 9aK, 9bK, 10K, 11K, 12K, 13K, 14K, 15K, 22S, 26S	18.5.+2.6.1998	45

**Tab. 11: Herkunft der für die Elektrophorese verwendeten Individuen von *T. femoralis* und *T. formicarius* aus dem Nationalpark Bayerischer Wald.**

Art	Leerung	Anzahl Käfer
<i>T. femoralis</i> (Hochlage; 1000-1400 m üNN)	10.5.-21.7.1998	68
<i>T. formicarius</i> (Hochlage; 1000-1400 m üNN)	9.5.-5.6.1998	25



Entnahme der Schwartlinge von einer zuvor beköderten und vom Buchdrucker (*Ips typographus*) befallenen Fichte (s. Material und Methoden 18).



Fichte Kühroint 3 (s. Material und Methoden 18).

## 16 Artbestimmung bei *Thanasimus* sp.-Larven mit Hilfe der Elektrophorese

Bei der elektrophoretischen Untersuchung von adulten *T. femoralis*- und *T. formicarius*-Individuen hatte sich gezeigt, dass sich diese bezüglich der Lage ihrer Loci voneinander unterscheiden. Es lag deshalb nahe, zu untersuchen, ob nicht mit Hilfe der Elektrophorese eine Artbestimmung der *Thanasimus* sp.-Larven aus den Stammstücken bzw. Rindenproben möglich wäre. Dies war deshalb nötig, weil die Larven anhand des Larvenbestimmungsschlüssels in KLAUSNITZER (1991–1998) nicht zu differenzieren waren.

Um artreine Larven-Kollektive zu erhalten, wurden Stammstücke im Labor mit adulten *T. femoralis*- bzw. *T. formicarius*-Paaren besiedelt. Die aus den Stammstücken schlüpfenden Larven wurden dann mit Hilfe von Eklektoren gesammelt und lebend eingefroren (vgl. Material und Methoden 10).

Wie bei den Adulten, so fanden auch bei den Larven elektrophoretische Untersuchungen mit verschiedenen Puffer- und Enzymsystemen statt. Getestet wurden dabei die in Tab. 12 aufgeführten Gele bzw. Färbungen (Nomenklatur: s. Material und Methoden 15.1).

Tab. 12: Getestete Färbungen.

Gel	Färbungen
LiOH pH 8,3	ALP, EST, FUM, G6PDH
Poulik pH 8,7	ALP, ARK, ME, GPD, PK
TC pH 6,5	CAT, EST, FBP, G6PDH, GPI, HK, IDH, PGM, PK
TC pH 7,0	ACO, FBP, G6PDH, GPD, GPI, IDH, ME

## 17 Besiedelung von unterschiedlich lange exponierten Stammstücken durch *Ips typographus*, dessen Antagonisten und andere Arthropoden

Dieser Versuch sollte dazu dienen, die Besiedelung von Stammstücken durch *I. typographus*, dessen Antagonisten und andere Arthropoden in Abhängigkeit von der Expositionszeit der Stammstücke zu untersuchen.

Dazu wurden am 7. Mai 1996 vier Fichten an vier verschiedenen Standorten gefällt. Zwei dieser Standorte lagen in der Pflegezone, wo eine Borkenkäferbekämpfung bereits über längere Zeit durchgeführt worden war (Herrenröint: 1200 m üNN, Schapbach: 900 m üNN; Abb. 6). Zwei weitere Standorte lagen in der Ruhezone. Hier wurde bislang gar nicht (Wimbach: 900 m üNN; Abb. 4) oder nur ausnahmsweise im Jahre 1994 bekämpft (Archenkopf: 1200 m üNN; Abb. 6).

Aus jeder gefällten Fichte wurden 15 etwa 50 cm lange Stammabschnitte herausgeschnitten. Der unterste Abschnitt wurde etwa eineinhalb bis zwei Meter vom Stammfuß entfernt entnommen, der oberste lag in allen Fällen unterhalb des Kronenansatzes. Die Enden der

Stammstücke wurden mit Schutzwachs versehen, um eine zu starke Austrocknung zu verhindern. Anschließend wurden die Stammstücke in Dreier-Gruppen im lichten Bestand aufgestellt. Dabei wurde jedes Stammstück auf eine Stammscheibe gestellt, um direkten Bodenkontakt zu unterbinden. In der Mitte jeder Dreier-Gruppe wurde an einem Stock ein Pheroprax®-Beutel angebracht, um einen Befall mit *I. typographus* zu induzieren. Am 22. Mai wurde der Pheroprax-Beutel wieder entfernt. Zum selben Termin wurden an jedem Standort fünf Stammstücke entnommen (von jeder Dreier-Gruppe einer) und in Käfige verbracht. Diese Käfige wurden, vor Regen geschützt, im Freien gelagert. Am 5. Juni und 3. Juli wurden wiederum jeweils fünf Stammstücke gekäfigt. Folglich waren die Stammstücke zwei, vier oder acht Wochen exponiert.

Von Juni bis Oktober wurden nun in monatlichen Abständen die aus den Stammstücken hervorkommenden und im Käfig gefangenen Arthropoden entnommen und gezählt. Das auf dem Boden des Käfigs liegende Bohrmehl wurde mit einem Handstaubsauger aufgesaugt und auf Arthropoden hin untersucht.

Die Bestimmung der Käfer erfolgte nach FREUDE, HARDE, LOHSE (1965, 1976, 1971, 1964, 1974, 1979, 1967, 1969, 1966, 1981, 1983). Eine Ausnahme bildeten die Ameisenbuntkäfer, die nach KOLIBAC (1992) bzw. GERSTMEIER (1998) bestimmt wurden (s. Material und Methoden 4.1). Bei der Bestimmung der Scolytidae fand außerdem der Schlüssel von GRÜNE (1979) Verwendung. Zur Differenzierung der *Rhizophagus*-Arten *Rhizophagus dispar* Payk. und *R. bipustulatus* F. wurden alle Individuen vermessen, um die Quotienten Kopfbreite/Thoraxbreite und Thoraxlänge/Thoraxbreite zu bestimmen. Anhand dieser Daten erfolgte die Zuordnung zu den Arten (s. FREUDE, HARDE, LOHSE 1967, Bd. 7, S. 82–83). Die Überprüfung der bestimmten Käfer erfolgte mit Hilfe der Sammlungen des „Lehrstuhls für Angewandte Zoologie der TUM“ und der „Zoologischen Staatssammlung München“.

Die Bestimmung anderer Tiergruppen erfolgte nach BROHMER (1988), ENDERLEIN (1936), GÄBLER (1954), KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974), SACHTLEBEN (1952) und SCHMIEDEKNECHT (1907).

## 18 Untersuchungen an stehend befallenen Fichten

Ziel dieses Versuches sollte es sein, die Entwicklung neu induzierter Käfernester über einen Zeitraum von mehreren Jahren zu verfolgen. Außerdem sollte geprüft werden, ob die Wasserversorgung des Bodens hierbei von Bedeutung ist.

Deshalb wurden am 15. Mai 1996 fünf Fichten auf gut wasserversorgten (Kühroint, Seeangerl) und fünf Fichten auf weniger gut wasserversorgten Standorten (Archenkopf, Archenkanzel) an ihrer Südwest-Seite in etwa zweieinhalb bis drei Metern Höhe mit einem Pheroprax®-Beutel versehen (Abb. 6). Um die Flugaktivität von *I. typographus* in der Umgebung dieser Bäume zu kontrollieren wurden zusätzliche, Pheroprax®-beköderte Schlitz-

Tab. 13: Angaben zu den stehend befallenen Fichten.

Baum	Baumhöhe (m)	BHD (cm)	Höhe (m) Schwartling 1	Höhe (m) Schwartling 2	Höhe (m) Schwartling 3	Höhe (m) Schwartling 4	Höhe (m) Schwartling 5
Seeangerl 1	22	30	1,5	5	9	12	15
Seeangerl 2	21	31	1	5,5	9	12	15
Kührint 1	27	34	1	5	9	14,5	20
Kührint 2	23	32	1,5	4,5	9,5	13	17
Kührint 3	20	31	1	4	7	10	12
Archenkopf 1	28	33	1,5	5	9	13	17
Archenkopf 2	23	34	1,5	5	9	12	15
Archenkanzel	16	31	1,5	3	5	7,5	10

fallen aufgestellt (SCHA27S, SCHA28S und SCHA29S; s. Tab. 1 und Abb. 3).

Von den zehn beköderten Fichten wurden nur acht in die Auswertung mit aufgenommen, da bei zweien der Pheromonbeutel vom Stamm abgefallen und deshalb eine ausreichende Beködierung vermutlich nicht gegeben war.

Am 24. September 1996 wurden die beköderten Bäume gefällt. Aus jedem Stamm wurden in fünf unterschiedlichen Höhen 50 cm lange Schwartlinge entnommen (Tab. 13). Diese wurden bis zur weiteren Aufarbeitung in Stoffsäcke verpackt und vor Nässe geschützt gelagert. Im Labor wurden die Schwartlinge dann vermessen und entrinde.

Die unter der Rinde befindlichen Arthropoden wurden nach Arten bzw. Gruppen sortiert, gezählt und tiefgekühlt, um eine spätere, weitergehende Artbestimmung zu ermöglichen. Die Bestimmung erfolgte nach der gleichen Literatur wie bei den Stammstücken (s. Material und Methoden 17) Die ermittelten Individuenzahlen wurden anschließend auf die Anzahl pro Fläche (m<sup>2</sup>) umgerechnet.

Zudem wurden verschiedene Parameter erhoben, welche die Besiedelungsdichte von *I. typographus* beschreiben:

- Brutsysteme/m<sup>2</sup>
- Muttergänge/m<sup>2</sup>
- Mutterganglänge/m<sup>2</sup>
- durchschnittliche Mutterganglänge
- Einischen/Weibchen
- Larvenzahl/Weibchen
- Einischen/cm Ganglänge
- Larvenzahl/cm Ganglänge
- Einischen/cm Muttergang mit Einischen
- Larvenzahl/cm Muttergang mit Einischen
- Eimortalität.

Fichten im Umkreis von 15 Metern um die beköderten Bäume wurden mit Zahlen markiert und in einen Plan eingemessen. In diesen Plan wurden dann 1997 und 1998 die durch Borkenkäfer befallenen und abgetöteten Fichten eingetragen. Außerdem wurde auch im weiteren Umkreis nach befallenen Bäumen gesucht.

## 19 Statistik

Die statistischen Berechnungen wurden mit dem Statistikpaket SPSS for Windows (Release 6.1.3., 1995 und Release 10.0.5; 1999; SPSS Inc.) durchgeführt.

Die varianzanalytischen Berechnungen beruhen meist auf einer einfachen, mehrfaktoriellen ANOVA. Dabei kam in allen Fällen die Regressionsmethode für die Zerlegung der Quadratsummen zur Anwendung. Bei dieser Methode wird der Beitrag aller Effekte simultan geschätzt, d. h. jeder Effekt wird bezüglich aller beliebigen anderen Effekte korrigiert.

Als Tests für die Homogenität der Varianzen fanden der Bartlett-Box F-Test und der Cochrans C-Test Anwendung.

Die Normalität der Daten wurde mit Hilfe eines Ein-Stichproben-Kolmogorov-Smirnov-Testes überprüft.

Transformationen wurden mit Daten durchgeführt, um sie einer Normalverteilung bzw. der Varianzhomogenität anzunähern. Dabei wurden die Quadratwurzel-Transformation ( $x' = \sqrt{x}$ ), die Reziproken-Transformation ( $x' = 1/x$ ) bzw. die log(10)-Transformation ( $x' = \lg x$ ) verwendet.

Als weitere parametrische Tests fanden der t-Test (bei homogenen bzw. heterogenen Varianzen) bzw. die einfaktorische Varianzanalyse (Oneway) Verwendung. Zum paarweisen Mittelwert-Vergleich nach der einfaktorischen Varianzanalyse diente meist der Scheffé-Test, da dieser nach SACHS (1992) für gleich und ungleich große Stichprobengruppen und beliebige Paare von Mittelwerten zu verwenden ist, wohingegen der Student-Newman-Keuls-Test bei gleich großen Stichprobengruppen Anwendung findet.

Als nichtparametrische Tests wurden der Mann-Whitney-U-Test, der Rang-Test nach Wilcoxon und der Kruskal-Wallis-Test genutzt.

Nach einem Kruskal-Wallis-Test wurden paarweise Vergleiche nach der Student-Newman-Keuls-Methode oder der Methode von Tukey & Kramer durchgeführt (SACHS 1992).

Bei Korrelationen wurde der Spearman-Rang-Korrelationskoeffizient ( $r_s$ ) berechnet.

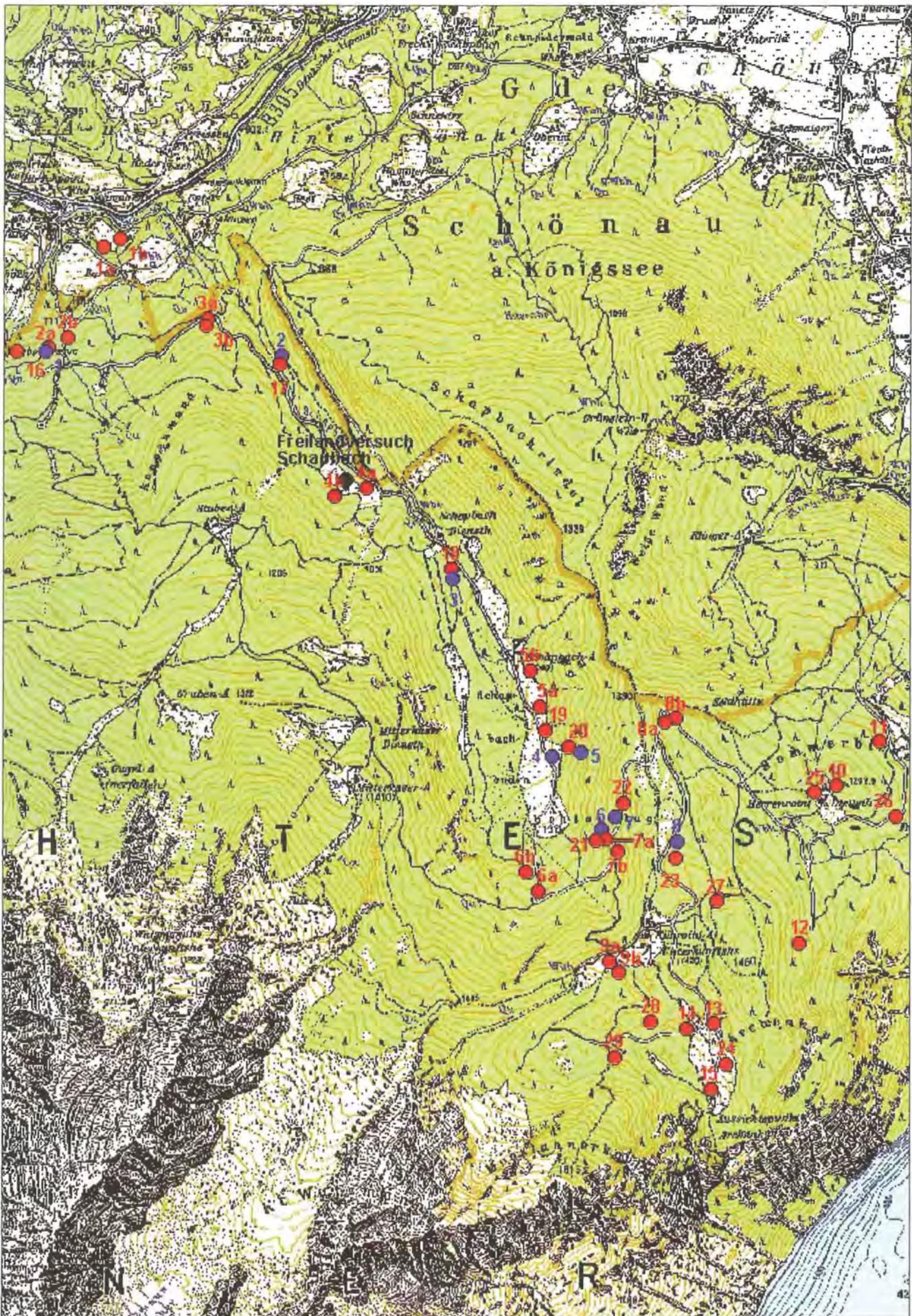


Abb. 3: Standorte der Fallen der Schapbach-Region (• Buchdrucker-Fallen; • Kupferstecher-Fallen; • Freilandversuch).

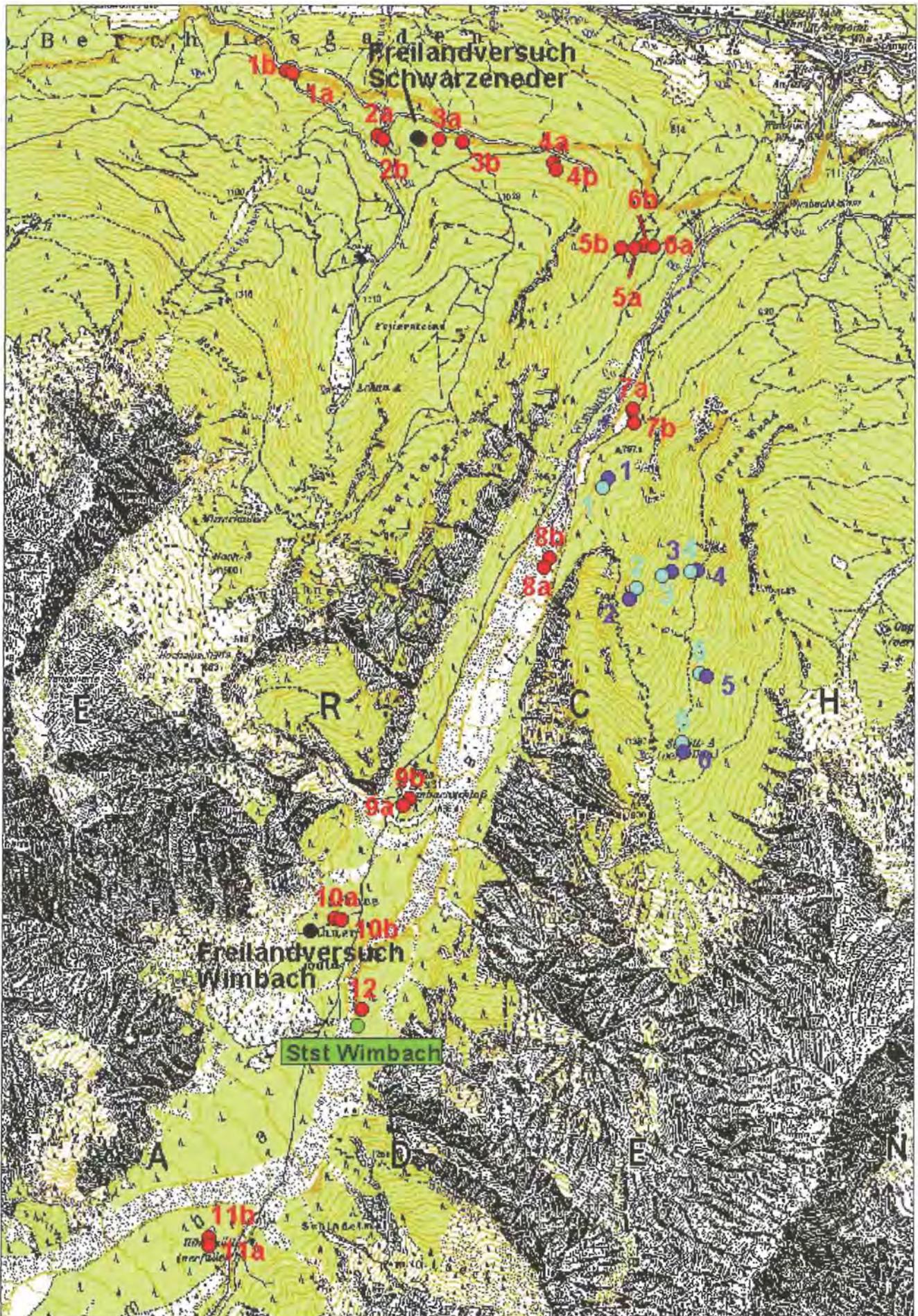


Abb. 4: Standorte der Fallen der Wimbach- und der Schüttalpe-Region (• Buchdrucker-Fallen – Wimbach-Profil; • Buchdrucker-Fallen – Schüttalpe-Profil; • Kupferstecher-Fallen – Schüttalpe-Profil; • Freilandversuch; • Stammstücke).

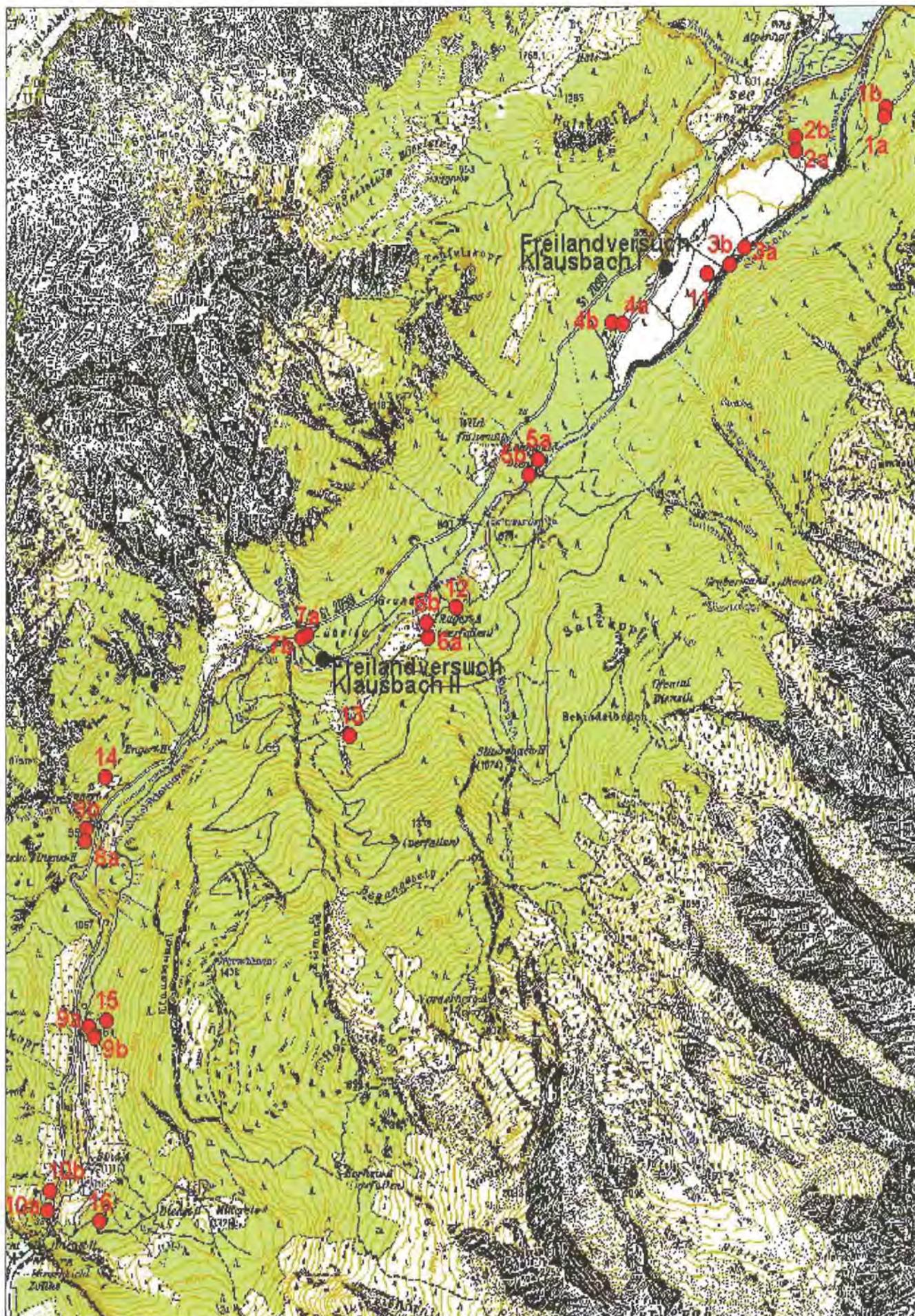


Abb. 5: Standorte der Fallen der Klausbach-Region (• Buchdrucker-Fallen; • Freilandversuch).

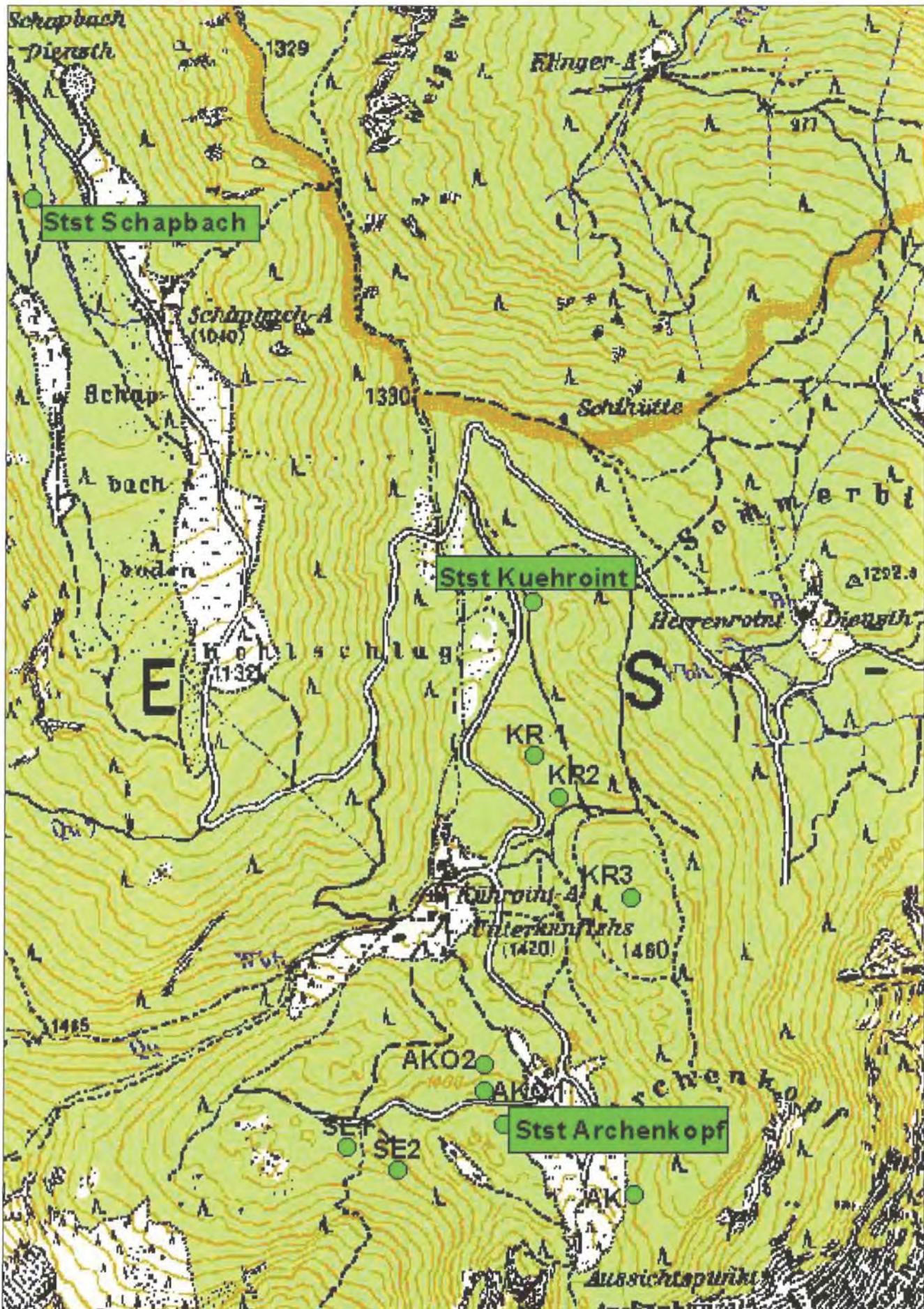


Abb. 6: Standorte der exponierten Stammstücke (\* Stst) und der Pheroprax-beködeten Fichten im Gebiet Schapbach-Kühroint (\*; SE = Seeangerl; AKO = Archenkopf; AK = Archenkanzel; KR = Kühroint).



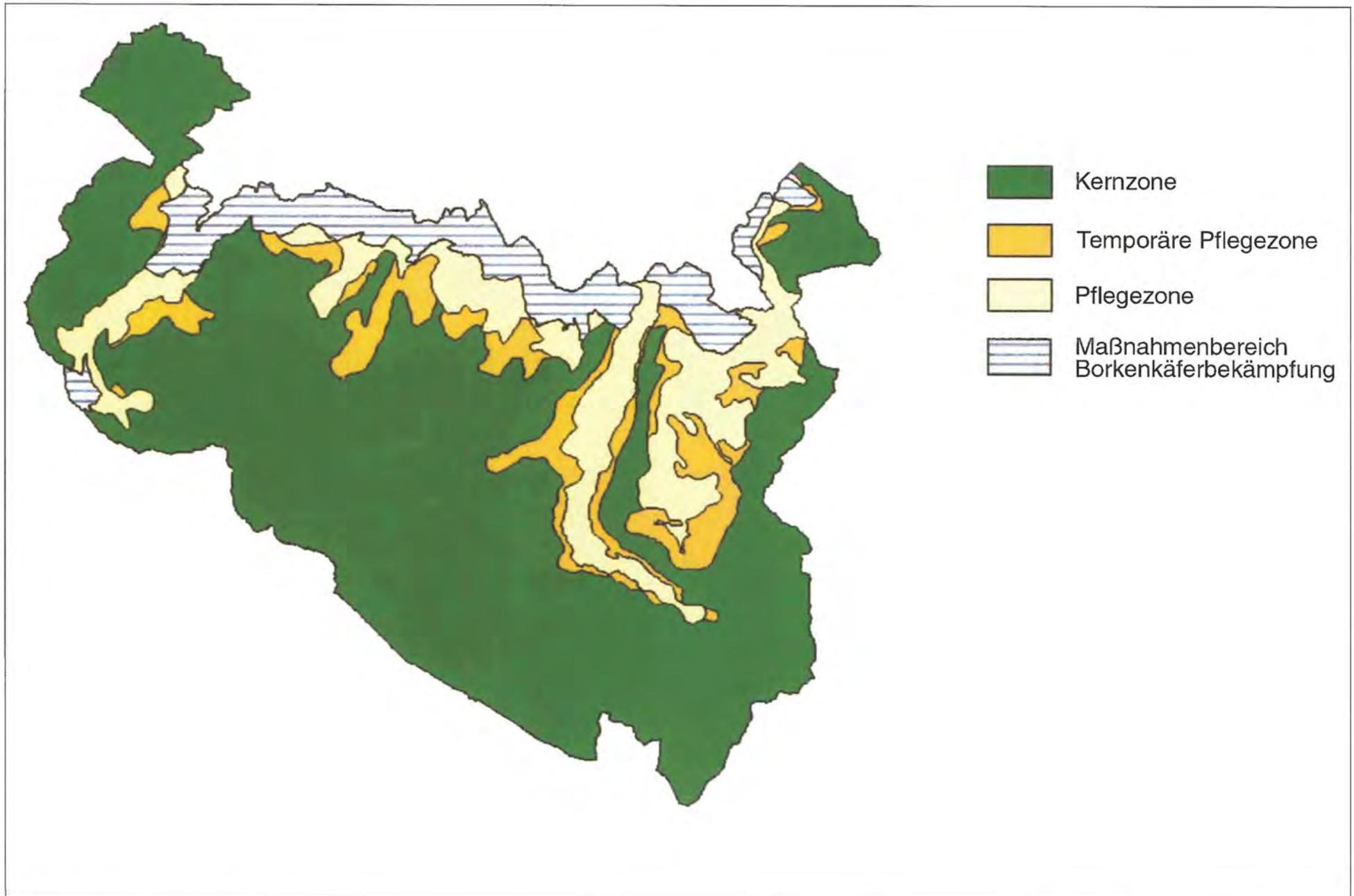
Schapbach-Region.



Blick ins obere Wimbach-Tal (Wimbach-Region).



Blick ins Klausbach-Tal (Klausbach-Region); am gegenüberliegenden Hang ist eine größere Windwurffläche zu sehen, die 1990 durch die Stürme Vivian und Wiebke entstanden ist (Ofental-Windwurf).



# Ergebnisse

## 1 Flugaktivität von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp.

### 1.1 *Ips typographus*

#### 1.1.1 Flugverlauf von *Ips typographus* im Jahre 1996

Die Haupt-Flugzeit des Buchdruckers erstreckte sich 1996 im Nationalpark Berchtesgaden von Ende April bis Anfang September. Vor dem 21. April und nach dem 4. September waren nur vereinzelt Buchdrucker in den Fallen zu finden.

Den Flugverlauf von *I. typographus* in Kammrohrfallen bzw. Schlitzfallen zeigen beispielhaft Abb. 7 und Abb. 8. Die überwinterte Buchdrucker-Generation erreichte ihr Flug-Maximum im Mai / Juni und vermutlich bildete sich eine partielle zweite Generation, deren Flug-Maximum Ende Juli auftrat. Kammrohr- und Schlitzfallen zeigten einen ähnlichen Verlauf. Der Gipfel der ersten Generation war dabei in der Regel höher als der der zweiten (Abb. 7 und Abb. 8). Lediglich bei 9 von 56 Kammrohrfallen und 2 von 35 Schlitzfallen war das zweite Maximum gleich hoch oder höher (Abb. 9).

#### 1.1.2 Flugbeginn bei *Ips typographus* im Jahre 1996

Die Fallen des Schapbach-Kammrohrfallen-Profiles stehen in Höhen von 650 m üNN bis 1450 m üNN und decken damit einen größeren Höhen-Bereich ab als die Fallen des Wimbach- und Klausbach-Profiles. Deshalb wurde anhand des Schapbach-Kammrohrfallen-Profiles untersucht, ob ein Zusammenhang des Flugbeginns von *I. typographus* mit der Höhe bestand. Je Höhenstufe wurde eine Falle berücksichtigt (H1=SCHA1bK, H2=SCHA2aK, H3=SCHA3bK, H4=SCHA4aK, H5=SCHA5aK, H6=SCHA6bK, H7=SCHA7aK, H8=SCHA8aK, H9=SCHA9aK; s. Tab. 1).

In den höheren Lagen des Schapbach-Kammrohrfallen-Profiles war 1996 eine Verzögerung des Flugbeginns von *I. typographus* gegenüber der Tieflage zu beobachten. In den Fallen H1, H2, H3 und H5 wurden Buchdrucker erstmals am 21. April registriert, in den Fallen H4 und H7 erstmals am 30. April und in den Fallen H6, H8 und H9 erstmals am 8. Mai (Abb. 10).

Korreliert man die Summe der *I. typographus*-Fänge der ersten drei Leerungstage mit der Meereshöhe, so ergibt sich ein signifikant negativer Korrelationskoeffizient (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s = -0,883$ ;  $p=0,003$ ;  $n=9$ ).

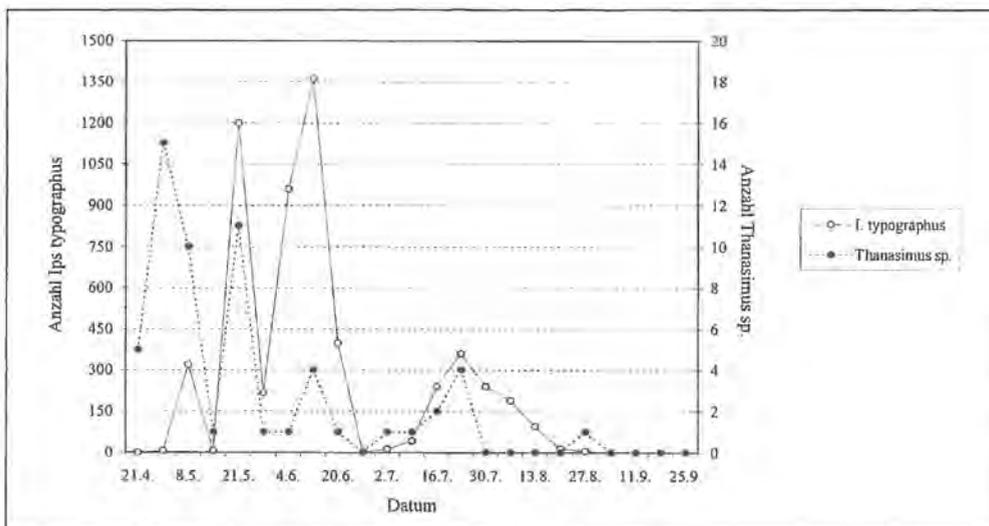


Abb. 7: Flugverlauf von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. im Jahre 1996 (Kammrohrfalle SCHA 7aK).

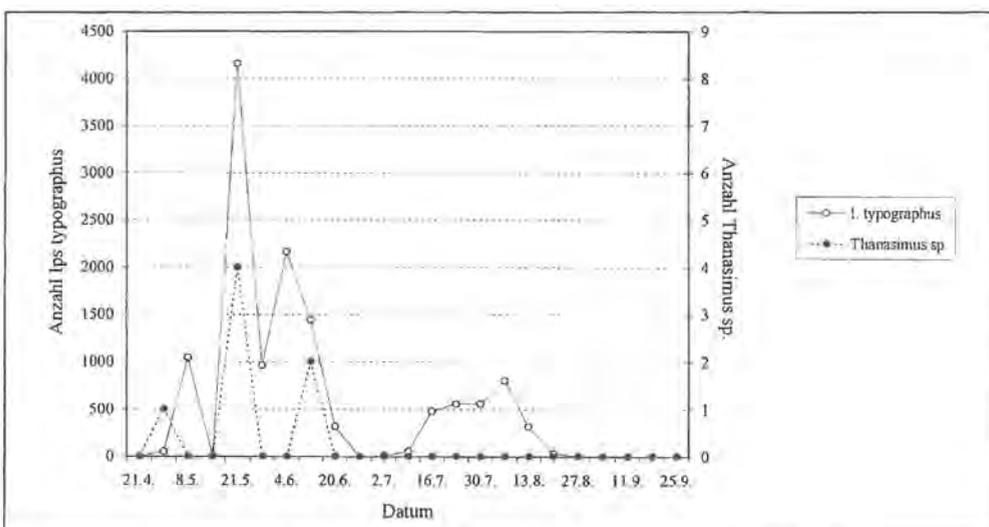
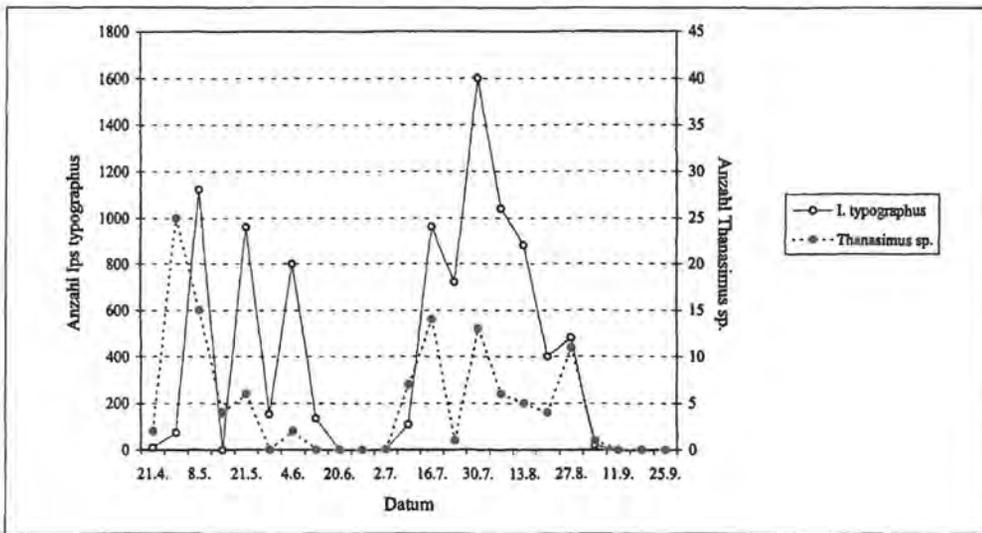
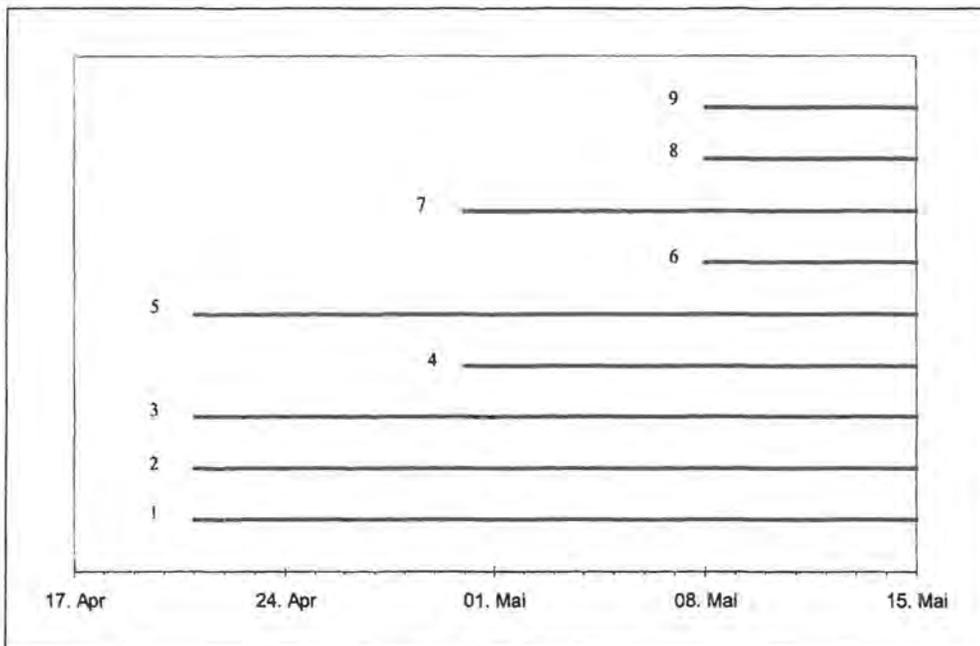


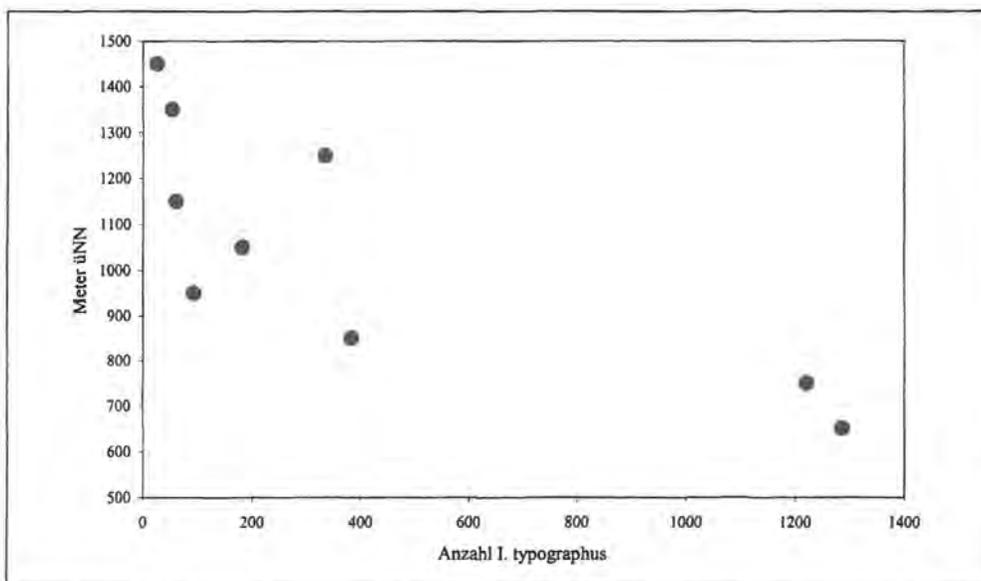
Abb. 8: Flugverlauf von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. im Jahre 1996 (Schlitzfalle SCHA 21S).



**Abb. 9:** Flugverlauf von *I. typographus* und *Thanasisimus sp.* im Jahre 1996 (Kammrohrfalle KL3bK).



**Abb. 10:** Flugbeginn von *I. typographus* im Jahre 1996 in Abhängigkeit von der Meereshöhe (Schapbach-Region, Kammrohrfallen; 1=650 m üNN, 9=1450 m üNN).



**Abb. 11:** Korrelation zwischen der Summe der *I. typographus*-Fänge der ersten drei Leerungstage und der Meereshöhe ( $r_s = -0,883$ ;  $p = 0,003$ ).

Die Korrelation des Jahresfanges erbrachte hingegen kein signifikantes Ergebnis (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s = -0,067$ ;  $p = 0,844$ ;  $n = 9$ ).

## 1.2 *Thanasimus* sp.

### 1.2.1 Flugverlauf von *Thanasimus* sp. im Jahre 1996

Ebenso wie *I. typographus* konnte *Thanasimus* sp. 1996 im Nationalpark Berchtesgaden bereits bei der ersten Fallen-Leerung nachgewiesen werden (21. April). Anders als bei *I. typographus* waren aber bereits in der Woche zwischen dem 15. und 21. April viele Ameisenbuntkäfer geflogen. Nach dem 4. September traten keine Ameisenbuntkäfer mehr in den Fallen auf, obwohl noch vereinzelte Buchdrucker gefangen wurden. Die Hauptflugzeit von *Thanasimus* sp. erstreckte sich also von Mitte April bis Ende August.

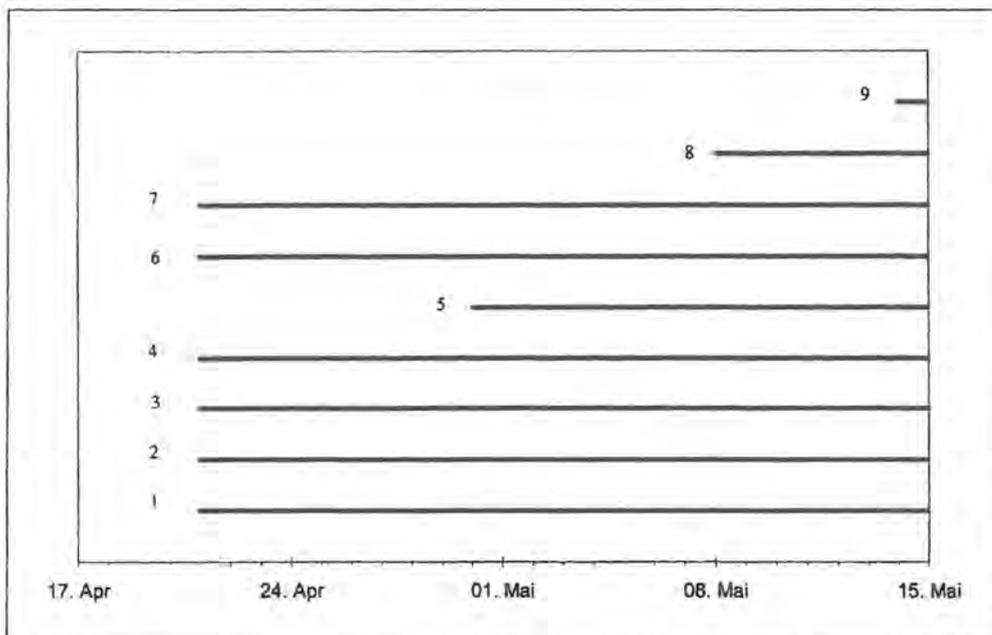
Der Flugverlauf von *Thanasimus* sp. im Jahre 1996 ist für Kammrohrfallen beispielhaft in Abb. 7, für Schlitzfallen

in Abb. 8 dargestellt. Die Fangergebnisse von *Thanasimus* sp. ergaben jedoch bei Kammrohr- und Schlitzfallen bei weitem kein so einheitliches Bild wie für *I. typographus*. Bei den Schlitzfallen war es aufgrund der geringen Fangzahlen nicht möglich, einen deutlichen Flugverlauf zu ermitteln. Die Kammrohrfallen-Fänge zeigen hingegen gewisse Tendenzen. So wiesen viele Fallen schon Ende April ein erstes Maximum auf. Ein zweites, meist niedrigeres Flugmaximum war in vielen Fällen Mitte bis Ende Juli zu beobachten (Abb. 7, Abb. 9).

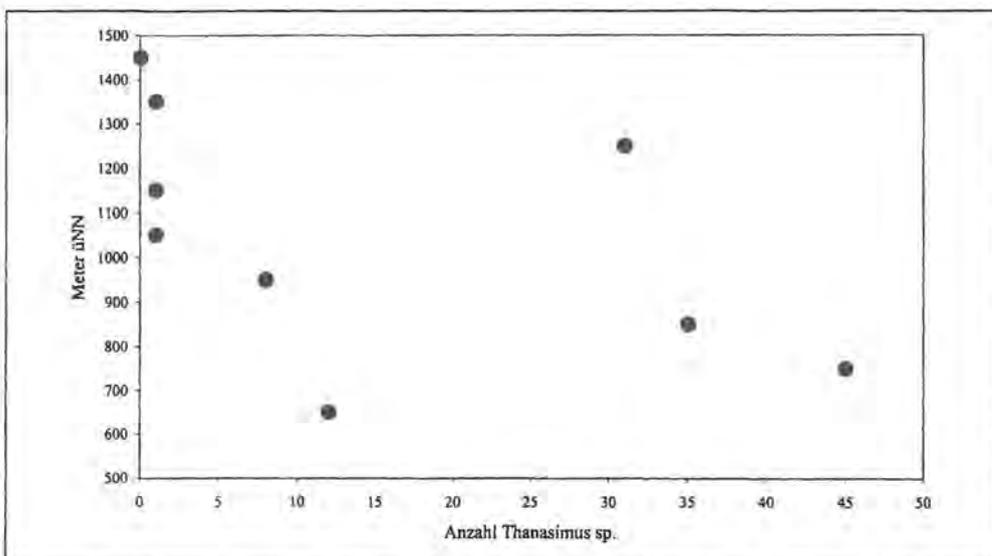
### 1.2.2 Flugbeginn bei *Thanasimus* sp. im Jahre 1996

Der Flug von *Thanasimus* sp. hatte 1996 im Schapbach-Kammrohrfallen-Profil am ersten Leerungstermin bereits in nahezu allen Höhenstufen eingesetzt. Lediglich der Flugbeginn bei Falle H5 und bei den beiden höchstgelegenen Fallen H8 und H9 war verzögert (Abb. 12).

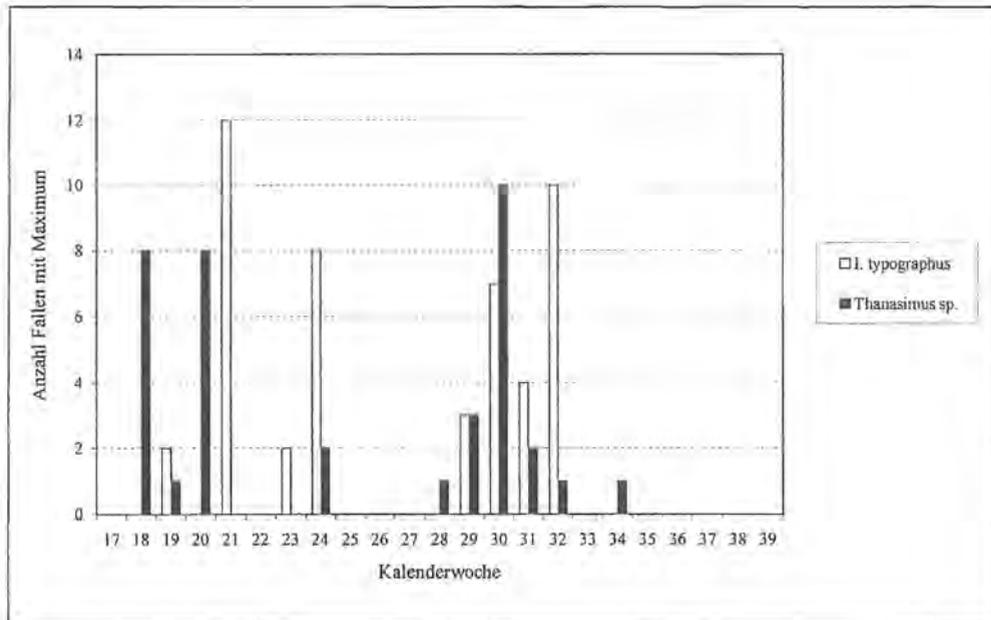
Zwischen der Fangsumme der drei ersten Fangtermine und der Meereshöhe bestand für *Thanasimus* sp. ein signifikanter Zusammenhang (Spearman-Rang-Korrela-



**Abb. 12:** Flugbeginn von *Thanasimus* sp. im Jahre 1996 in Abhängigkeit von der Meereshöhe (Schapbach-Region, Kammrohrfallen; 1=650 m üNN, 9=1450 m üNN).



**Abb. 13:** Korrelation zwischen der Summe der *Thanasimus* sp.-Fänge der ersten drei Leerungstage und der Meereshöhe ( $r_s = -0,712$ ;  $p = 0,032$ ).



**Abb. 14:** Lage der Maxima der ersten und zweiten Flugwelle von *I. typographus* und *Thanasimus sp.* im Vergleich (Schapbach-Profil; 24 Kammrohrfallen); aufgetragen ist die Anzahl der Fallen, die an einem bestimmten Fangtag ein *I. typographus*- bzw. *Thanasimus sp.*-Maximum aufwiesen.

tion:  $r_s = -0,712$ ;  $p = 0,032$ ;  $n = 9$ ). Kein derartiger Zusammenhang besteht hingegen zwischen der Jahresfangsumme und der Meereshöhe (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s = -0,369$ ;  $p = 0,076$ ;  $n = 9$ ).

### 1.3 Vergleich von *Ips typographus*- und *Thanasimus sp.*-Flugaktivität im Jahre 1996

Vergleicht man den Flugverlauf von *I. typographus* und *Thanasimus sp.*, so fällt auf, dass die Flugaktivität von *Thanasimus sp.* früher einsetzte als die von *I. typographus* (s. Abb. 7 und Abb. 8). Dies wird vor allem bei den Kammrohrfallen deutlich (Abb. 7). In den ersten zwei Wochen waren in Falle SCHA7aK lediglich einzelne Buchdrucker gefangen worden aber bereits 20 Amei-

**Tab. 14:** Korrelation zwischen *Thanasimus sp.* und *I. typographus* (Fallenfänge der ersten drei Wochen).

Profil	Fallentyp	$r_s$	$p$	$n$
Schapbach	Kammrohr	0,679	<0,001	24
Wimbach	Kammrohr	0,929	<0,001	11
Klausbach	Kammrohr	0,818	<0,001	20
Schapbach	Schlitz	0,621	0,041	14
Wimbach	Schlitz	0,448	0,145	12
Klausbach	Schlitz	0,618	0,191	6
Schüttalpel	Schlitz	0,783	0,066	6

**Tab. 15:** Korrelation zwischen *Thanasimus sp.* und *I. typographus* (Jahressumme).

Profil	Fallentyp	$r_s$	$p$	$n$
Schapbach	Kammrohr	0,369	0,076	24
Wimbach	Kammrohr	0,600	0,052	11
Klausbach	Kammrohr	0,642	0,002	20
Schapbach	Schlitz	0,709	0,004	14
Wimbach	Schlitz	0,688	0,013	12
Klausbach	Schlitz	-0,086	$\geq 0,05$	6
Schüttalpel	Schlitz	0,086	$\geq 0,05$	6

senbuntkäfer und damit 34 % des Jahresfanges an Ameisenbuntkäfern in dieser Falle.

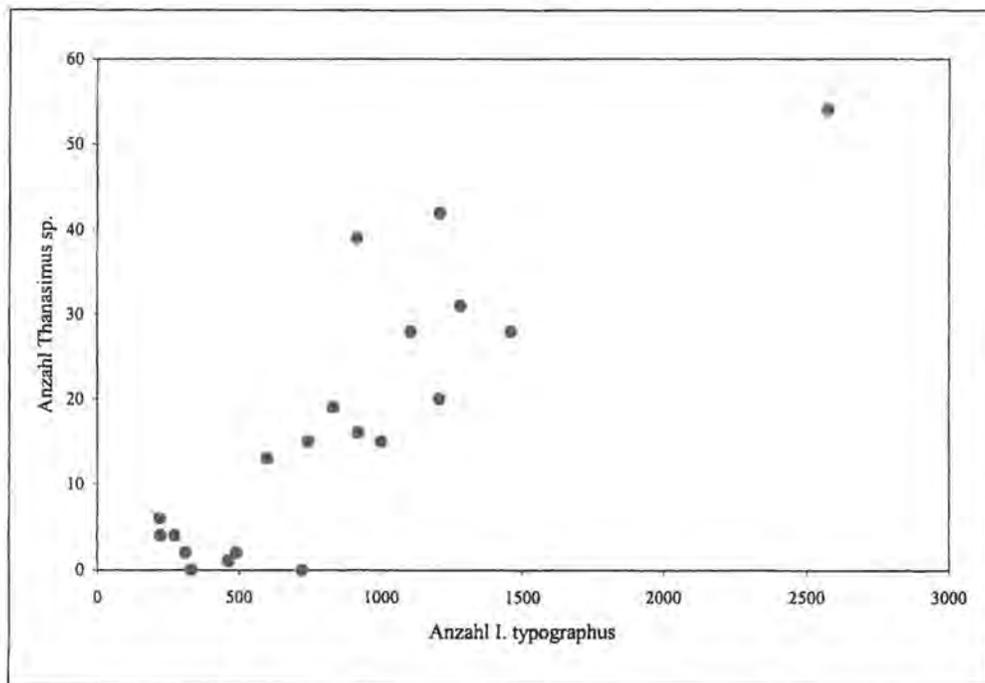
Für die Kammrohrfallen lässt sich auch zeigen, dass die Maxima der *Thanasimus sp.*-Fangzahlen bei einer Mehrzahl der Fallen früher auftraten als die der *I. typographus*-Fangzahlen. Dies galt sowohl für die erste wie auch für die zweiten Flugwelle (Abb. 14).

Korreliert man für die ersten drei Wochen des Jahres 1996 die Fallenfänge von *I. typographus* und *Thanasimus sp.*, so ergeben sich bei allen Kammrohrfallen-Profilen hohe, signifikante Korrelationskoeffizienten (Tab. 14, Abb. 15). Von den Schlitzfallen-Profilen weist nur das Schapbach-Profil einen signifikanten Korrelationskoeffizienten auf (Tab. 14). Korrelationen für alle Kammrohr- und alle Schlitzfallen ergeben dagegen eher niedrige Koeffizienten (Kammrohrfallen:  $r_s = 0,573$ ;  $p < 0,005$ ;  $n = 55$ ; Schlitzfallen:  $r_s = 0,450$ ;  $p = 0,007$ ;  $n = 35$ ).

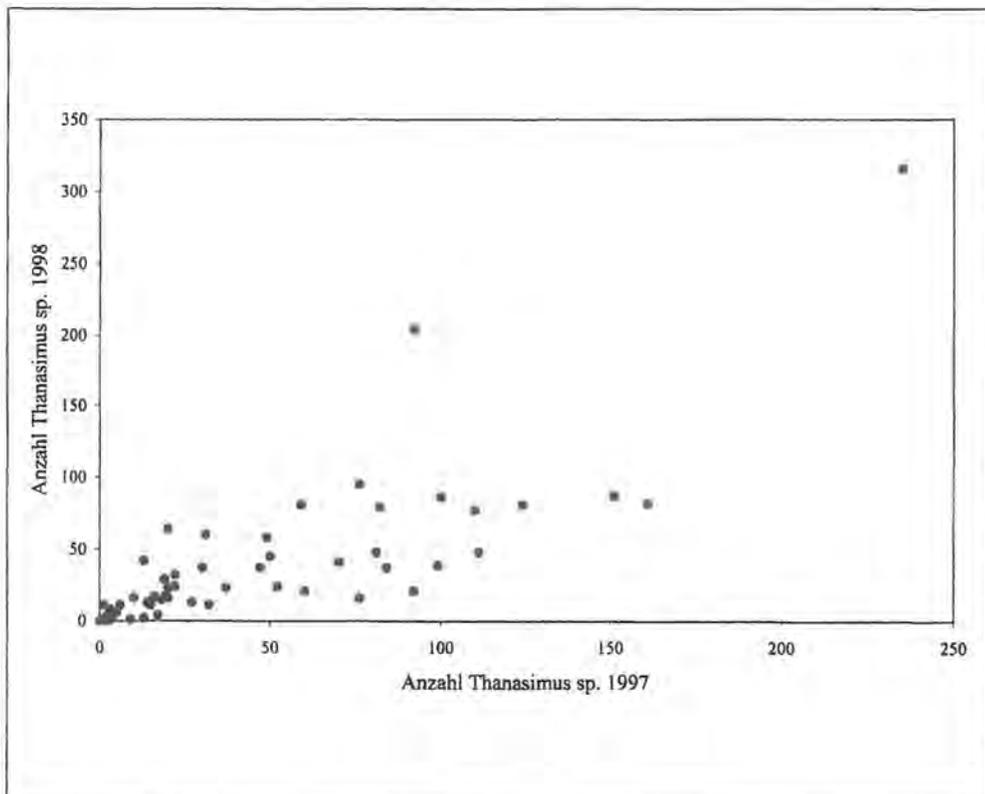
Die Korrelation der Fangsummen über das ganze Jahr ergibt bei drei von sieben Profilen signifikante Korrelationskoeffizienten, wobei diese bei den zwei Schlitzfallen-Profilen höher liegen als beim Kammrohrfallen-Profil (Tab. 15). Nimmt man die Jahresfänge aller Schlitzfallen und aller Kammrohrfallen zusammen, so ergeben sich signifikante, aber relativ niedrige Korrelationskoeffizienten (Kammrohrfallen:  $r_s = 0,534$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 55$ ; Schlitzfallen:  $r_s = 0,397$ ;  $p = 0,013$ ;  $n = 38$ ).

### 1.4 Vergleich von *Ips typographus*- und *Thanasimus sp.*-Flugaktivität in den Jahren 1996 bis 1998

Vergleicht man die Fangzahlen von *I. typographus* und *Thanasimus sp.* für die drei Jahre miteinander, so zeigt sich bei Betrachtung aller Kammrohrfallen, dass die *I. typographus*-Fangzahlen von 1996 und 1997 schwach positiv mit den *Thanasimus sp.*-Fangzahlen der jeweiligen Jahre korreliert sind (Tab. 16). Tendenziell waren also in Fallen mit hohen Buchdrucker-Zahlen auch höhere Ameisenbuntkäfer-Zahlen zu verzeichnen. Betrachtet



**Abb. 15:** Korrelation zwischen *Thanasimus* sp. und *I. typographus* für die Kammrohrfallen des Klausbach-Profiles (Fallenfang der ersten drei Wochen);  $r_s=0,818$ ;  $p<0,001$ .



**Abb. 16:** Korrelation zwischen der Anzahl *Thanasimus* sp. 1997 und der Anzahl *Thanasimus* sp. 1998 in Kammrohrfallen;  $r_s=0,856$ ;  $p<0,001$ .

man die Jahresfänge der Schlitzfallen, so war ein derartiger Zusammenhang nur im Jahre 1996 zu beobachten. Der Vergleich der *I. typographus*-Fangergebnisse von aufeinander folgenden Jahren macht deutlich, dass diese positiv korreliert sind (Tab. 17). Diese Korrelation ist dabei für die Schlitzfallen stärker als für die Kammrohrfallen. Fallen, die 1996 hohe Fangergebnisse aufgewiesen hatten, fingen tendenziell also auch 1997 und 1998 höhere *I. typographus*-Mengen.

Ebenso sind die *Thanasimus* sp.-Fangergebnisse von aufeinander folgenden Jahren positiv korreliert (Tab. 17,

Abb. 16). Anders als bei *I. typographus* ist bei *Thanasimus* sp. allerdings die Korrelation für die Kammrohrfallen stärker als für die Schlitzfallen.

Führt man die oben beschriebenen Korrelationen nicht für alle Kammrohrfallen bzw. Schlitzfallen gemeinsam durch, sondern jeweils für die unterschiedlichen Fallenprofile getrennt, so ergeben sich zum Teil Korrelationskoeffizienten, die über den oben erwähnten Werten liegen. Diese hohen Korrelationskoeffizienten sind in Tab. 18 aufgeführt. Bemerkenswert ist hierbei die stark positive Korrelation der Schlitzfallen-Fänge von *I. typogra-*

**Tab. 16: Signifikante Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten ( $r_s$ ) für die Jahresfänge von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. in den Jahren 1996, 1997 und 1998 (Kammrohr- und Schlitzfallen).**

Korrelation	$r_s$ (Kammrohr)	$r_s$ (Schlitz)
<i>I. typ. 96 - Than. sp. 96</i>	0,534 (n=55; p<0,001)	0,397 (n=38; p=0,013)
<i>I. typ. 97 - Than. sp. 97</i>	0,361 (n=55; p<0,001)	
<i>I. typ. 98 - Than. sp. 98</i>		

**Tab. 17: Signifikante Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten ( $r_s$ ) für die Jahresfänge von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. in den Jahren 1996, 1997 und 1998 (Kammrohr- und Schlitzfallen).**

Korrelation	$r_s$ (Kammrohr)	$r_s$ (Schlitz)
<i>I. typ. 96 - I. typ. 97</i>	0,468 (n=55; p<0,001)	0,749 (n=38; p<0,001)
<i>I. typ. 97 - I. typ. 98</i>	0,504 (n=55; p<0,001)	0,786 (n=38; p<0,001)
<i>Than. sp. 96 - Than. sp. 97</i>	0,740 (n=55; p<0,001)	0,642 (n=38; p<0,001)
<i>Than. sp. 97 - Than. sp. 98</i>	0,856 (n=55; p<0,001)	0,639 (n=38; p<0,001)

**Tab. 18: Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten ( $r_s$ ) der Jahresfänge verschiedener Parameter einzelner Fallen in verschiedenen Profilen und Jahren (Kammrohr- und Schlitzfallen).**

Profil	Korrelation	$r_s$ (Kammrohr)	$r_s$ (Schlitz)
Schapbach	<i>I. typ. 96 - Than. sp. 96</i>		0,709 (n=14; p=0,004)
Schüttalpel	<i>I. typ. 98 - Than. sp. 98</i>		0,943 (n= 6; p=0,005)
Wimbach	<i>I. typ. 96 - Than. sp. 96</i>		0,688 (n=12; p=0,013)
Wimbach	<i>I. typ. 97 - Than. sp. 97</i>		0,617 (n=12; p=0,032)
Wimbach	<i>I. typ. 98 - Than. sp. 98</i>		0,671 (n=12; p=0,017)
Klausbach	<i>I. typ. 96 - Than. sp. 96</i>	0,642 (n=20; p=0,002)	
Klausbach	<i>I. typ. 97 - Than. sp. 97</i>	0,485 (n=20; p=0,030)	
Schapbach	<i>I. typ. 96 - I. typ. 97</i>	0,589 (n=24; p=0,002)	0,829 (n=14; p<0,001)
Schüttalpel	<i>I. typ. 97 - I. typ. 98</i>		0,829 (n= 6; p=0,042)
Wimbach	<i>I. typ. 96 - I. typ. 97</i>		0,804 (n=12; p=0,002)
Wimbach	<i>I. typ. 97 - I. typ. 98</i>	0,609 (n=11; p=0,047)	0,825 (n=12; p=0,001)
Klausbach	<i>I. typ. 96 - I. typ. 97</i>	0,507 (n=20; p=0,023)	
Klausbach	<i>I. typ. 97 - I. typ. 98</i>	0,591 (n=20; p=0,006)	
Wimbach	<i>Than. sp. 97 - Than. sp. 98</i>	0,936 (n=11; p<0,001)	
Klausbach	<i>Than. sp. 96 - Than. sp. 97</i>	0,846 (n=20; p<0,001)	

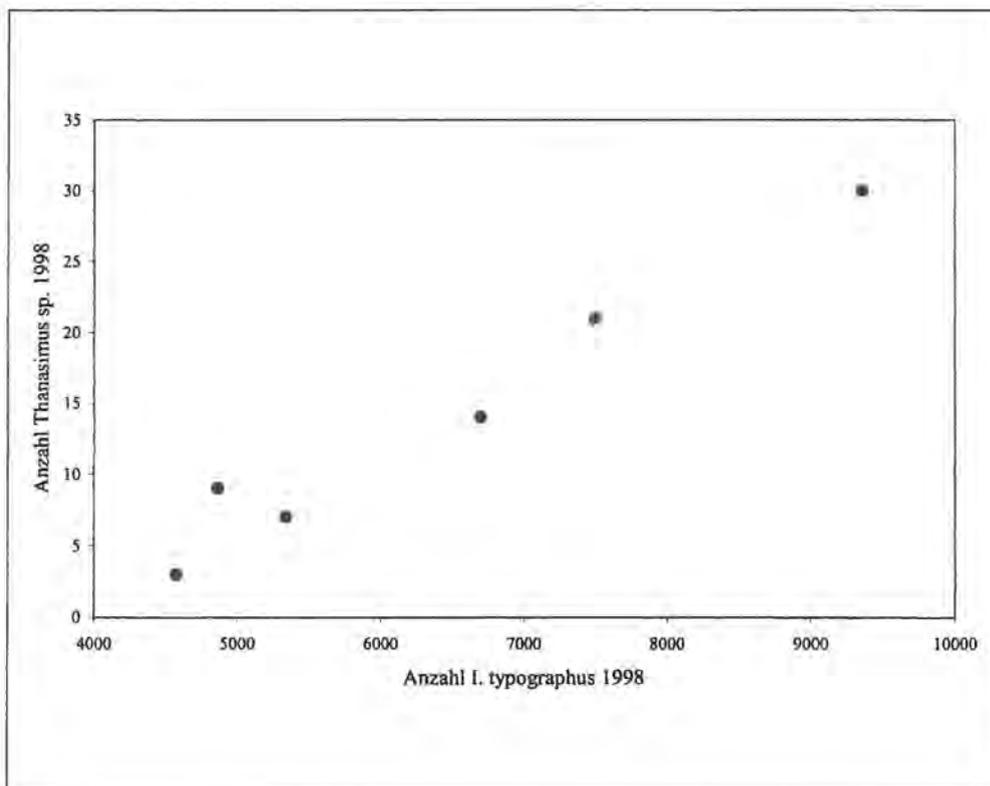
*phus* und *Thanasimus* sp. für das Jahr 1998 im Schüttalpel-Profil ( $r_s=0,943$ ; Abb. 17).

Berücksichtigt man für die Korrelationen nicht den gesamten Ameisenbuntkäfer-Fang (*Thanasimus* sp.), sondern die beiden Ameisenbuntkäfer-Arten *T. formicarius* und *T. femoralis* getrennt (s. Ergebnisse 4.1), so lassen sich, bis auf eine Ausnahme, keine neuen Erkenntnisse gewinnen. Außergewöhnlich ist jedoch eine signifikante, negative Korrelation im Schüttalpel-Profil zwischen den *T. formicarius*-Fängen des Jahres 1996 und den *I. typographus*-Fängen 1997 ( $r_s = -0,926$ ; n=6; p=0,008; Abb. 18).

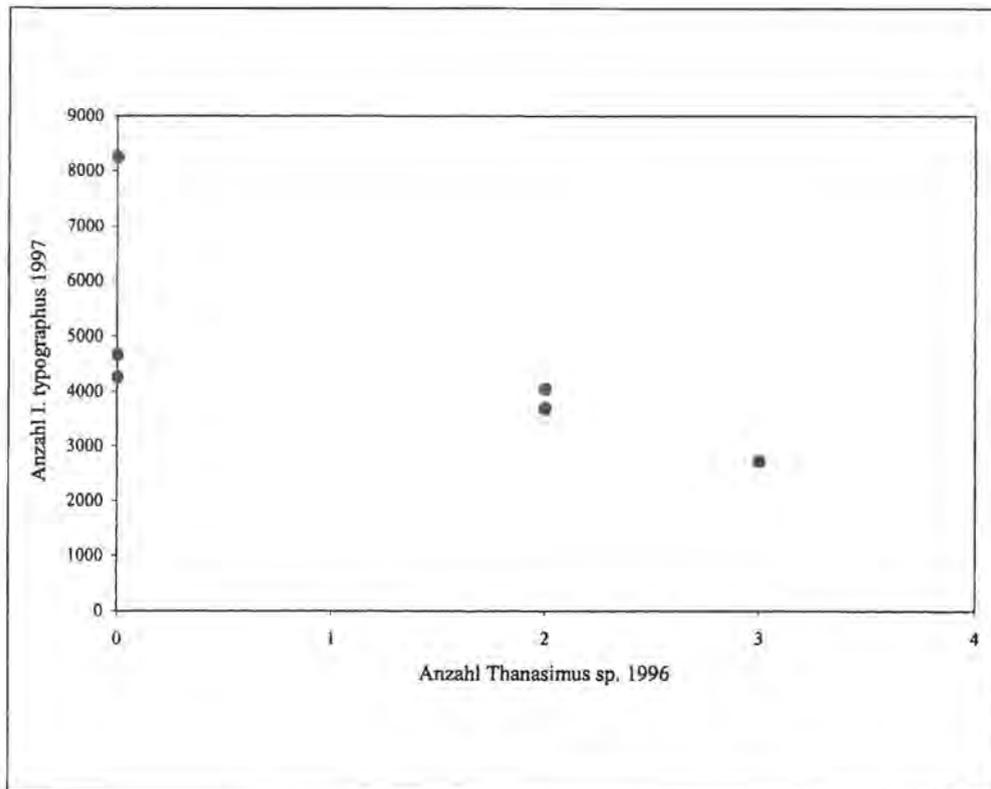
### 1.5 Übersicht über die *Ips typographus*- und *Thanasimus* sp.-Fänge der Jahre 1989 bis 1998

In Abb. 19 sind die Fangzahlen der 24 Kammrohrfallen des Schapbach-Profiles für die Jahre 1989 bis 1998 dargestellt. Dieses Profil wurde deshalb gewählt, weil für *I. typographus* hier die längste Beobachtungsreihe im Nationalpark Berchtesgaden vorliegt (FREYER, pers. Mitt.).

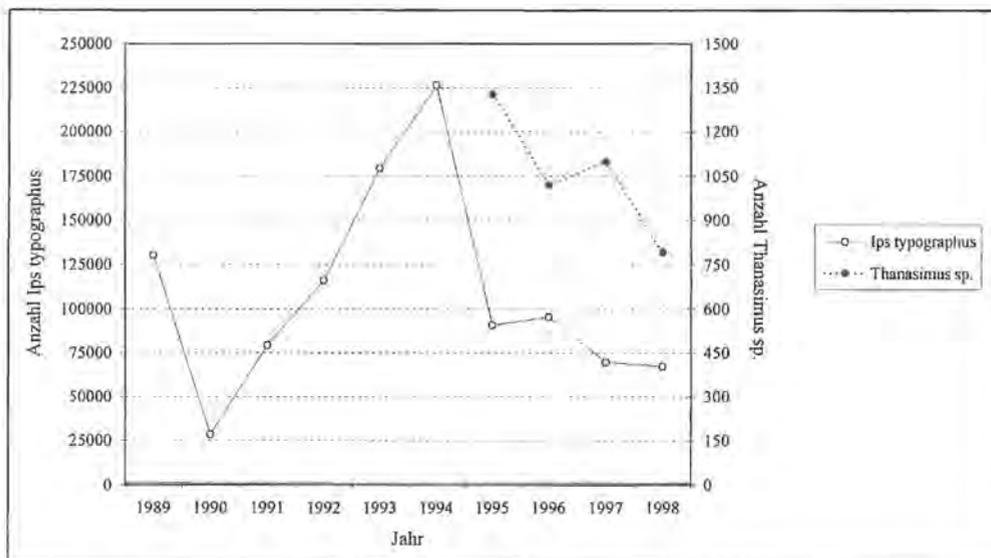
Sehr deutlich zeichnet sich ein kontinuierlicher Anstieg der Buchdrucker-Fangzahlen nach den Windwürfen der Jahre 1990 und 1991 ab. Im Jahre 1995 gingen die Fangzahlen dann aber extrem zurück. Die jährlichen



**Abb. 17: Korrelation zwischen der Anzahl *I. typographus* 1998 und der Anzahl *Thanasimus* sp. 1998 in Schlitzfallen des Schüttalpel-Profiles;  $r_s=0,943$ ; p=0,005.**



**Abb. 18:** Korrelation zwischen der Anzahl *T. formicarius* 1996 und der Anzahl *I. typographus* 1997 in Schlitzfallen des Schüttalpel-Profiles;  $r_s = -0,926$ ;  $p = 0,008$ .



**Abb. 19:** Fangzahlen der Jahre 1989 bis 1998 für *I. typographus* und *Thanasimus sp.* (Jahressummen der 24 Kammrohrfallen des Schapbach-Profiles; Daten von 1989 bis 1995: FREYER, pers. Mitt.).

Fangzahlen sanken in diesem Jahr gegenüber 1994 auf weniger als die Hälfte. Von 1995 bis 1998 war ein weiterer Rückgang zu verzeichnen. Die Fangzahlen waren jedoch 1998 immer noch mehr als doppelt so hoch wie vor dem Beginn der Massenvermehrung im Jahre 1990.

Die Fangzahlen für die Ameisenbuntkäfer zeigen gegenüber den Buchdrucker-Fangzahlen einen um ein Jahr „phasenverschobenen“ Verlauf. Erst im Jahre 1995 nämlich wurden in den Fallen nennenswerte Mengen an Ameisenbuntkäfern entdeckt. Deshalb wurde auch erst in diesem Jahr mit der Zählung der Ameisenbuntkäfer begonnen. Die Fangzahlen in den Jahren vor 1995 müssen deutlich niedriger gewesen sein (PFNÜR, pers. Mitt.). Die maximale Zahl an Ameisenbuntkäfern wurde also erst ein Jahr nach dem Höhepunkt der Buchdrucker-

Massenvermehrung registriert. Auch in den Jahren 1996 bis 1998 folgt die Kurve der Ameisenbuntkäfer-Fangzahlen der Buchdrucker-Kurve mit einjähriger Verzögerung. Selbst der leichte Anstieg der Buchdrucker-Fangzahlen von 1995 auf 1996 wird in den Jahren 1996 und 1997 von den Ameisenbuntkäfern nachvollzogen.

## 2 Statistische Analyse der Fallenfänge von *Ips typographus* und *Thanasimus sp.* in den Jahren 1996 bis 1998

Die Fallenfänge von *I. typographus* und *Thanasimus sp.* wurden mittels einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse untersucht. Dabei wurden die Parameter Fallentyp (Schlitzfalle, Kammrohrfalle), Jahr (1996, 1997, 1998),

Höhenstufe ( $\leq 850$  m;  $850 \text{ m} < x \leq 1000$  m üNN;  $> 1000$  m üNN) und Region (Wimbach, Klausbach, Schapbach) analysiert. Die Werte von *I. typographus* wurden für die Berechnung Quadratwurzel-transformiert, die *Thanasi-mus* sp.-Werte log(10)-transformiert.

## 2.1 *Ips typographus* – Haupteffekte

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse erbrachte bei den Haupteffekten lediglich einen hochsignifikanten Einfluss des Fallentyps auf die Fangzahlen von *I. typographus* (Tab. 19). Die Schlitzfallen fingen mit durchschnittlich 8008 *I. typographus* pro Falle und Jahr deutlich mehr In-

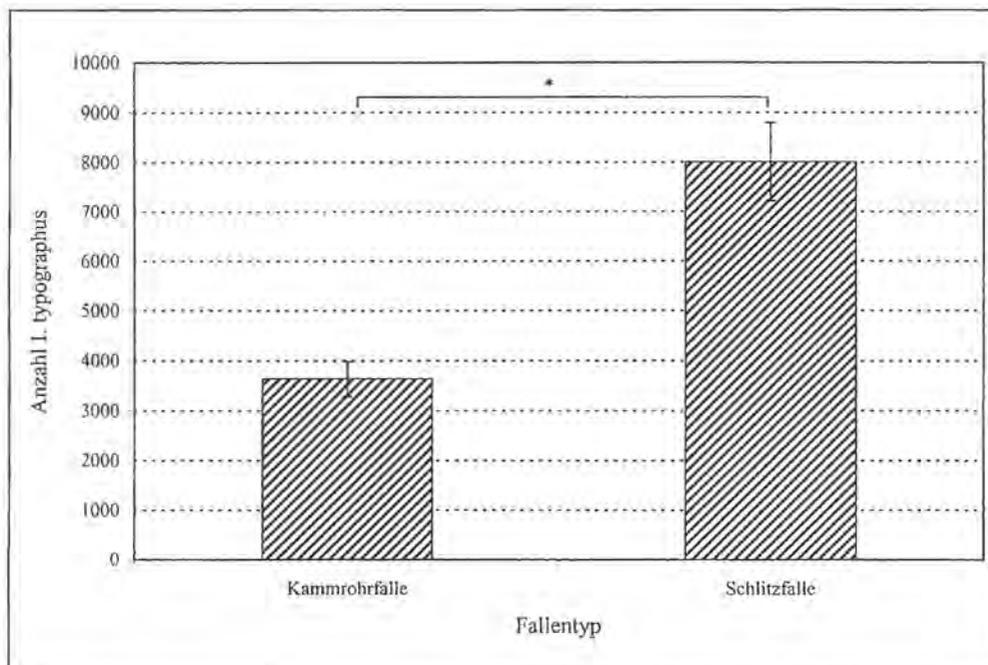
dividuen als die Kammrohrfallen mit durchschnittlich 3639 Individuen (Abb. 20).

Nach einem Rückgang der Fangzahlen von 5809 pro Falle im Jahre 1996 auf 4703 pro Falle im Jahre 1997, stieg die Zahl gefangener Buchdrucker im Jahre 1998 mit 5760 wieder auf ein ähnliches Niveau wie 1996 (Abb. 21).

In den drei Höhenlagen waren keine deutlichen Unterschiede der Buchdrucker-Fänge zu verzeichnen. Die Fangmenge war in der Mittellage mit 5619 Buchdruckern am höchsten, gefolgt von der Hochlage mit 5490 und der Tieflage mit 5155 Buchdruckern pro Falle und Jahr (Abb. 22).

**Tab. 19: Varianzanalyse: Einfluss des Fallentyps, des Jahres, der Höhenstufe und der Region auf die Anzahl der in Pheromonfallen gefangenen *I. typographus* (Quadratwurzel-transformierte Werte).**

Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
<b>Haupteffekte</b>	64599,2	7	9228,5	24,9	<0,001
Fallentyp (Kammrohrfalle; Schlitzfalle)	54855,8	1	54855,8	148,0	<0,001
Jahr (1996; 1997; 1998)	1052,6	2	526,3	1,4	0,244
Höhenstufe ( $\leq 850$ m; $850 \text{ m} < x \leq 1000$ m üNN; $> 1000$ m üNN)	1115,7	2	557,9	1,5	0,224
Region (Wimbach, Klausbach, Schapbach)	744,8	2	372,4	1,0	0,368
<b>Wechselwirkungen-2-fach</b>	16395,3	18	910,9	2,5	0,001
Fallentyp – Jahr	3044,2	2	1522,1	4,1	0,018
Fallentyp – Höhenstufe	375,8	2	187,9	0,5	0,603
Fallentyp – Region	208,8	2	104,4	0,3	0,755
Jahr – Höhenstufe	1170,5	4	292,6	0,8	0,533
Jahr – Region	451,0	4	112,8	0,3	0,875
Höhenstufe – Region	9340,9	4	2335,2	6,3	<0,001
<b>Wechselwirkungen-3-fach</b>	7938,6	20	396,9	1,1	0,382
Fallentyp – Jahr – Höhenstufe	276,0	4	69,0	0,2	0,945
Fallentyp – Jahr – Region	319,9	4	80,0	0,2	0,929
Fallentyp – Höhenstufe – Region	5399,0	4	1349,7	3,6	0,007
Jahr – Höhenstufe – Region	1452,4	8	181,6	0,5	0,863
<b>Wechselwirkungen-4-fach</b>					
(Fallentyp – Jahr – Höhenstufe – Region)	1184,9	8	148,1	0,4	0,920
erklärte Varianz	92248,4	53	1740,5	4,7	<0,001
nicht erklärte Varianz	76728,5	207	370,7		
Gesamt	168977,0	260	649,9		



**Abb. 20:** Anzahl der in Kammrohr- und Schlitzfallen gefangenen *I. typographus* (MW; VB; \* = Signifikanz in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit Quadratwurzel-transformierten Werten).

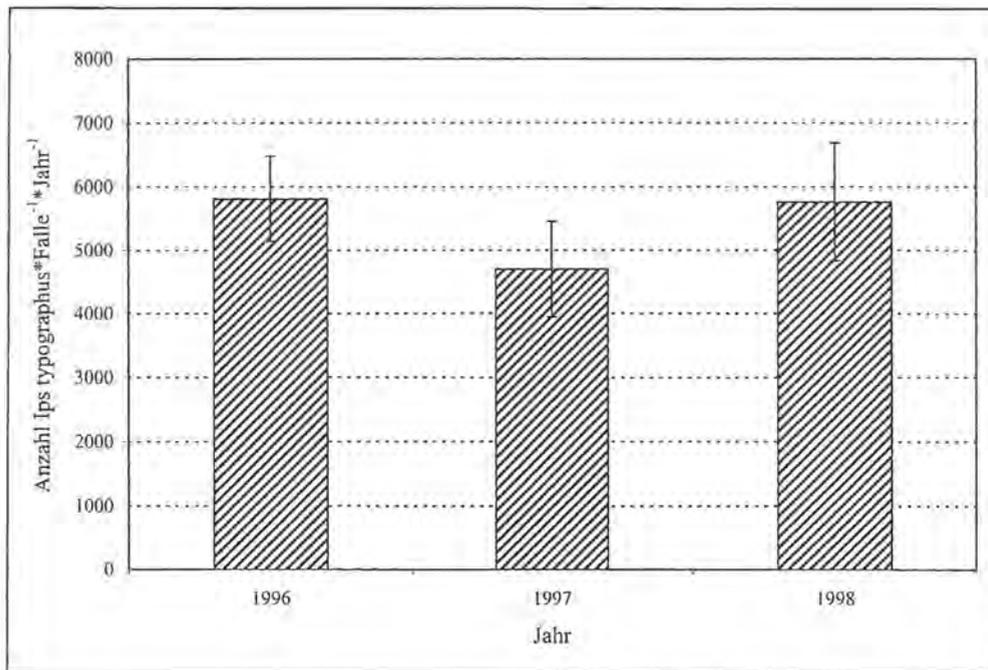


Abb. 21: Anzahl der in den Jahren 1996 bis 1998 gefangenen *I. typographus* (MW; VB).

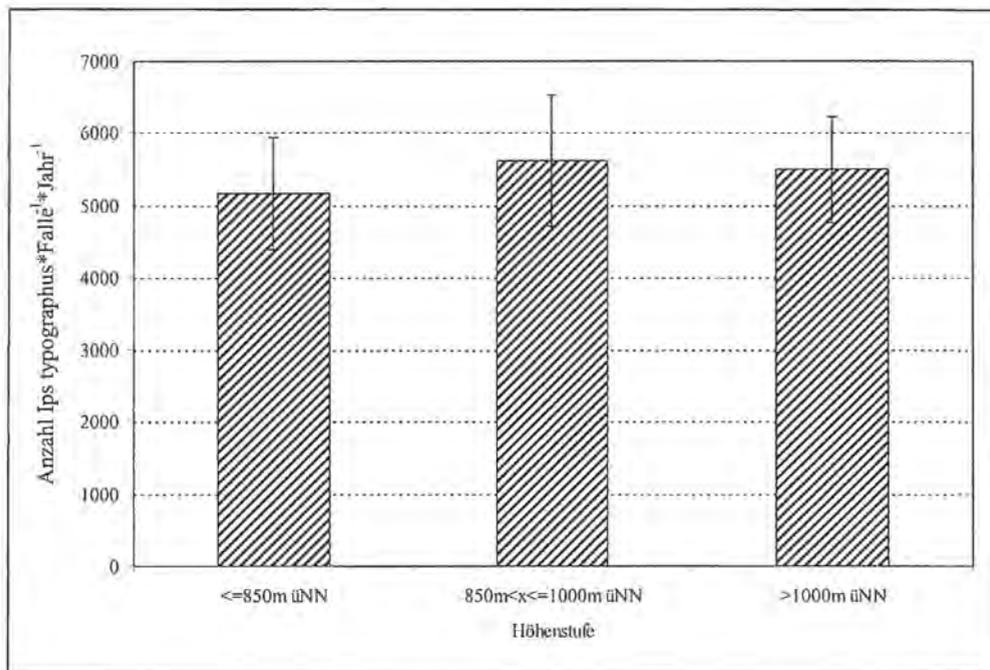


Abb. 22: Anzahl der in den drei Höhenstufen gefangenen *I. typographus* (MW; VB).

Wimbach war von den drei Regionen diejenige mit dem höchsten *I. typographus*-Fang (MW: 6307 *I. typographus*). Die Region Klausbach wies einen durchschnittlichen Fang von 5303, die Region Schapbach einen von 4919 Buchdruckern auf (Abb. 23).

## 2.2 *Ips typographus* – Wechselwirkungen

Zweifache Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Fallentyp und Jahr sowie Höhenstufe und Region wiesen einen signifikanten Einfluss auf die Fangzahlen von *I. typographus* auf (Tab. 19).

Die Mittelwerte der einzelnen Fallengruppen für die Wechselwirkung von Fallentyp und Jahr zeigt Tab. 20. Es wird erkennbar, dass in den Schlitzfallen ein kontinuierlicher Anstieg der Fangzahlen für *I. typographus* von

1996 bis 1998 festzustellen war. Die Kammrohrfallen hingegen fingen sowohl 1997 als auch 1998 deutlich weniger Buchdrucker als 1996, wobei 1998 die Fangzahlen höher lagen als 1997.

Die Mittelwerte der einzelnen Fallengruppen für die Wechselwirkung von Höhenstufe und Region sind in Tab. 21 dargestellt. Die Regionen Wimbach und Klausbach zeigten eine ähnliche Tendenz. Die Anzahl gefangener Buchdrucker nahm hier mit zunehmender Höhe zu. Extrem hohe Fangzahlen wiesen hierbei die Hochlagen-Fallen im Wimbachtal auf. Im Gegensatz dazu war in der Region Schapbach eine Abnahme der Fangzahlen mit zunehmender Höhe zu registrieren.

Bei den dreifachen Wechselwirkungen wies die mehrfaktorielle Varianzanalyse für die Kombination Region –

**Tab. 20: Mittelwerte (n-Zahlen) für die in den Jahren 1996 bis 1998 gefangenen *I. typographus* in Kammrohr- bzw. Schlitzfallen (Zweifache Wechselwirkung der mehrfaktoriellen Varianzanalyse, s. Tab. 19).**

	1996	1997	1998
Kammrohrfalle	4716,0 (n=55)	2817,1 (n=55)	3382,9 (n=55)
Schlitzfalle	7595,5 (n=32)	7962,8 (n=32)	9731,1 (n=32)

**Tab. 21: Mittelwerte (n-Zahlen) für die in den unterschiedlichen Höhenstufen der Regionen Schapbach, Wimbach und Klausbach gefangenen *I. typographus* (Zweifache Wechselwirkung der mehrfaktoriellen Varianzanalyse, s. Tab. 19).**

	Schapbach	Wimbach	Klausbach
≤850 m üNN	5714,0 (n=24)	4659,9 (n=24)	5029,9 (n=33)
850 m <x≤1000 m üNN	4931,4 (n=9)	6073,1 (n=36)	5376,4 (n=27)
>1000 m üNN	4682,7 (n=81)	11634,4 (n=9)	5694,1 (n=18)

**Tab. 22: Mittelwerte für die in den unterschiedlichen Höhenstufen der Regionen Schapbach, Wimbach und Klausbach gefangenen *I. typographus* in Kammrohr- bzw. Schlitzfallen (Dreifache Wechselwirkung der mehrfaktoriellen Varianzanalyse, s. Tab. 19).**

	Schapbach		
	≤850 m üNN	850 m <x≤1000 m üNN	>1000 m üNN
Kammrohrfalle	3889,7 (n=18)	2042,7 (n=6)	3209,0 (n=48)
Schlitzfalle	11186,7 (n=6)	10709,0 (n=3)	6826,4 (n=33)
	Wimbach		
	≤850 m üNN	850 m <x≤1000 m üNN	>1000 m üNN
Kammrohrfalle	2604,7 (n=12)	4000,6 (n=18)	4314,3 (n=3)
Schlitzfalle	6715,2 (n=12)	8145,6 (n=18)	15294,5 (n=6)
	Klausbach		
	≤850 m üNN	850 m <x≤1000 m üNN	>1000 m üNN
Kammrohrfalle	4229,4 (n=30)	4450,7 (n=18)	3406,3 (n=12)
Schlitzfalle	13034,3 (n=3)	7227,8 (n=9)	10269,7 (n=6)

Höhenstufe – Fallentyp einen signifikanten Wert aus (Tab. 19). Tab. 22 fasst die Mittelwerte der einzelnen Fallengruppen zusammen.

Für die beiden Fallentypen war dabei nur in der Wimbach-Region eine einheitliche Entwicklung der Fangzahlen in Bezug zur Höhenstufe festzustellen. In dieser Region stiegen nämlich sowohl bei den Kammrohrfallen als auch bei den Schlitzfallen die Fangzahlen mit zunehmender Höhe an.

Die anderen beiden Regionen Schapbach und Klausbach glichen sich dahingehend, dass für Kammrohr- wie für Schlitzfallen die Hochlage immer niedrigere durchschnittliche Fangzahlen aufwies als die Tieflage. In der Mittellage waren die Fangzahlen jedoch sehr unterschiedlich. Bei den Schapbach-Kammrohrfallen und den Klausbach-Schlitzfallen waren sie niedriger als die von Hoch- und Tieflage, bei den Klausbach-Kammrohrfallen höher als die von Hoch- und Tieflage und bei den Schapbach-Schlitzfallen lagen sie zwischen denen von Hoch- und Tieflage.

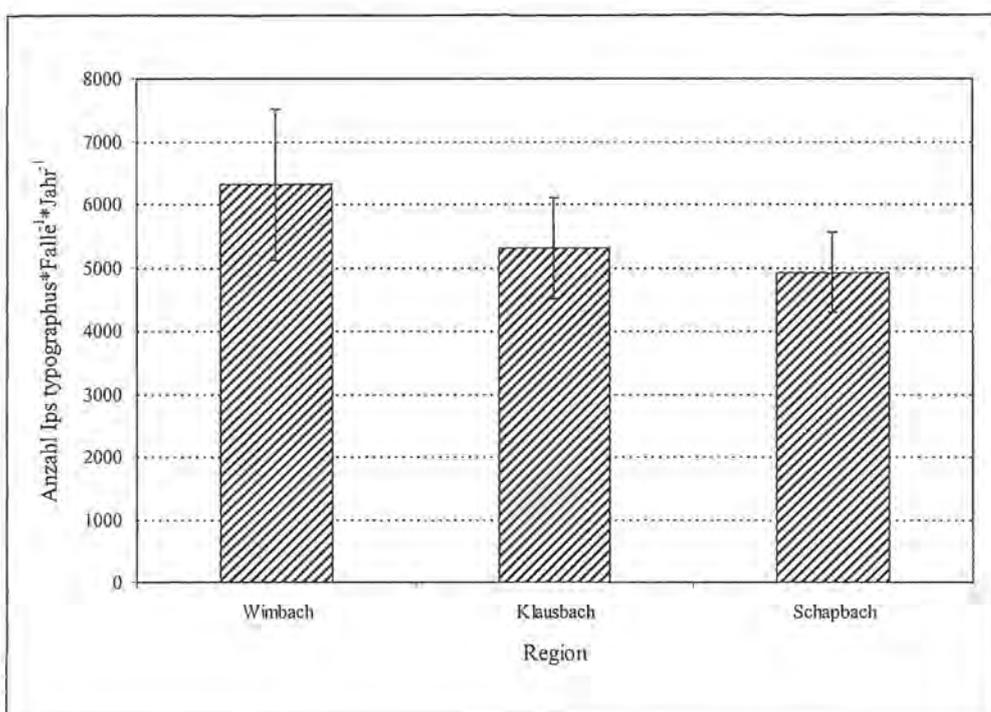
### 2.3 *Thanasimus* sp. – Haupteffekte

Bei den Ameisenbuntkäfern zeigten die Parameter Fallentyp, Höhenstufe und Region einen hochsignifikanten Einfluss auf die Fangergebnisse (Tab. 23).

Die Kammrohrfallen fingen mit 46,9 *Thanasimus* sp. pro Falle und Jahr im Mittel etwa fünfmal mehr Ameisenbuntkäfer als die Schlitzfallen mit 9,4 *Thanasimus* sp. (Abb. 24).

Von 1996 bis 1998 war ein leichter Rückgang der Ameisenbuntkäfer-Fangzahlen zu verzeichnen (Abb. 25).

Die Anzahl gefangener Ameisenbuntkäfer nahm mit zunehmender Höhe ab. So waren unter 850 m üNN 48,3 *Thanasimus* sp., zwischen 850 m und 1000 m üNN 34,5



**Abb. 23: Anzahl der in den drei Regionen des Nationalparks gefangenen *I. typographus* (MW; VB).**

**Tab. 23: Varianzanalyse: Einfluss des Fallentyps, des Jahres, der Höhenstufe und der Region auf die Anzahl der in Pheromonfallen gefangenen *Thanasimus* sp. [log(10)-transformierte Werte].**

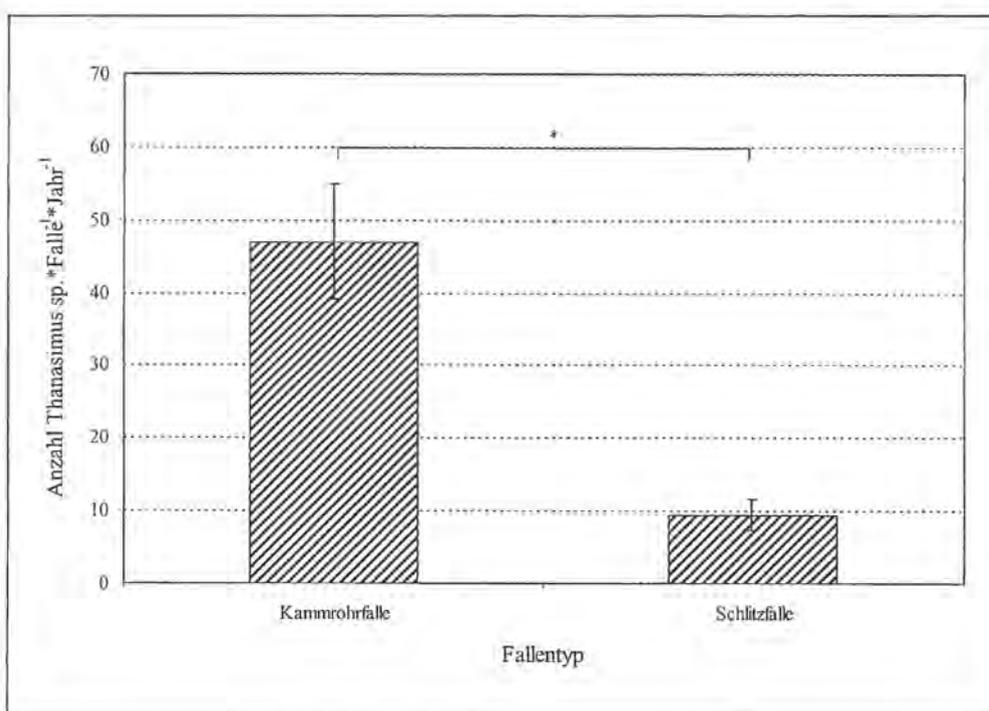
Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
<b>Haupteffekte</b>	21,79	7	3,11	12,35	<0,001
Fallentyp (Kammrohrfalle; Schlitzfalle)	6,82	1	6,82	27,07	<0,001
Jahr (1996; 1997; 1998)	0,91	2	0,46	1,81	0,166
Höhenstufe (≤850 m; 850 m<x<1000 m üNN; >1000 m üNN)	4,59	2	2,30	9,11	<0,001
Region (Wimbach, Klausbach, Schapbach)	4,97	2	2,49	9,86	<0,001
<b>Wechselwirkungen-2-fach</b>	6,02	18	0,33	1,33	0,174
Fallentyp – Jahr	0,57	2	0,29	1,14	0,322
Fallentyp – Höhenstufe	0,73	2	0,37	1,45	0,236
Fallentyp – Region	0,54	2	0,27	1,07	0,346
Jahr – Höhenstufe	0,13	4	0,03	0,13	0,972
Jahr – Region	0,45	4	0,11	0,45	0,774
Höhenstufe – Region	2,66	4	0,67	2,64	0,035
<b>Wechselwirkungen-3-fach</b>	4,34	20	0,22	0,86	0,637
Fallentyp – Jahr – Höhenstufe	0,30	4	0,08	0,30	0,881
Fallentyp – Jahr – Region	0,63	4	0,16	0,62	0,647
Fallentyp – Höhenstufe – Region	2,68	4	0,67	2,66	0,034
Jahr – Höhenstufe – Region	0,66	8	0,08	0,33	0,954
<b>Wechselwirkungen-4-fach</b>					
(Fallentyp – Jahr – Höhenstufe – Region)	0,74	8	0,09	0,37	0,938
erklärte Varianz	52,85	53	1,00	3,96	<0,001
nicht erklärte Varianz	52,16	207	0,25		
Gesamt	105,01	260	0,40		

*Thanasimus* sp. und über 1000 m üNN 18,1 *Thanasimus* sp. in den Fallen zu finden. Die Höhenstufen 1 und 3 unterschieden sich dabei signifikant (Scheffé-Test; Abb. 26).

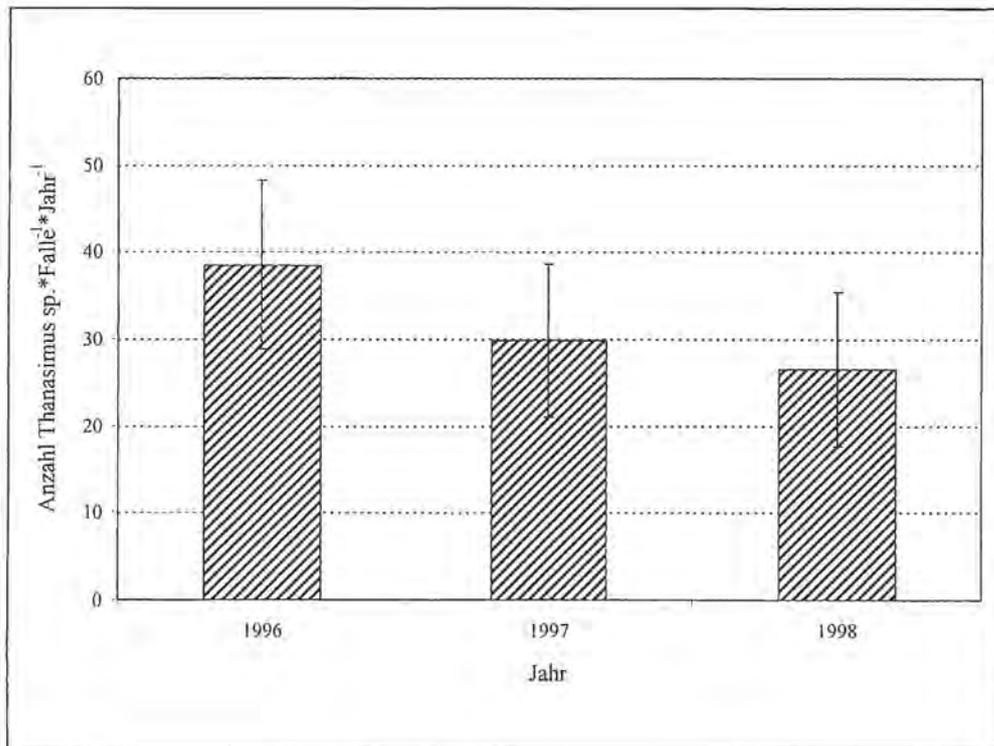
Bezüglich der Regionen wurden die meisten Ameisenbuntkäfer in der Region Klausbach gefangen. Hier waren durchschnittlich 42,4 *Thanasimus* sp. in den Fallen enthalten. In der Region Schapbach waren im Mittel 29,4, in der Region Wimbach 26,8 Ameisenbuntkäfer in den Fallen zu finden. Sowohl zwischen Klausbach und Wimbach als auch zwischen Schapbach und Wimbach bestanden signifikante Unterschiede (Scheffé-Test; Abb. 27).

#### 2.4 *Thanasimus* sp. – Wechselwirkungen

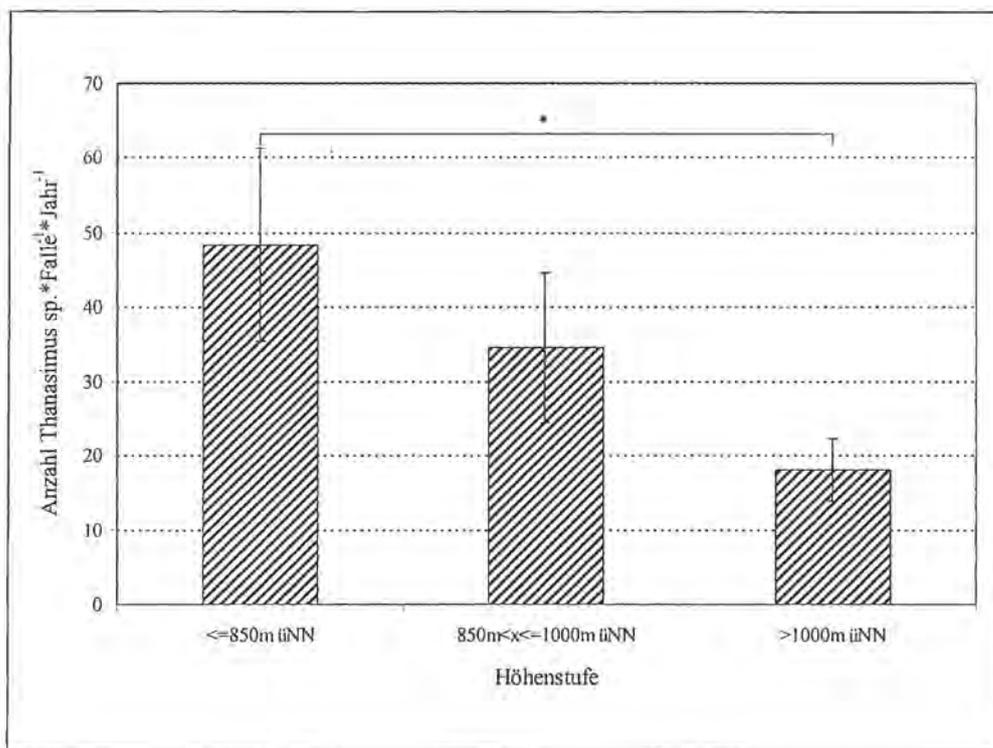
Die mehrfaktorielle Varianzanalyse erbrachte einen signifikanten Einfluss der zweifachen Wechselwirkung zwischen Höhenstufe und Region auf die Fangzahlen von *Thanasimus* sp.. In allen drei Regionen wurden in der Hochlage die wenigsten Ameisenbuntkäfer gefangen (Tab. 24). Die Regionen Schapbach und Klausbach gliederten sich insoweit, als die Fangzahlen mit abnehmender Höhenstufe zunahmten, d.h. die höchsten Fangzahlen wurden in der Tieflage verzeichnet. In der Region Wimbach waren jedoch die Ameisenbuntkäfer in der Tieflage in geringerem Umfang vertreten als in der Mittellage.



**Abb. 24:** Anzahl der in Kammrohr- und Schlitzfallen gefangenen *Thanasimus* sp. [MW; VB; \* = Signifikanz in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit log(10)-transformierten Werten].



**Abb. 25:** Anzahl der in den Jahren 1996 bis 1998 gefangenen *Thanasimus* sp. (MW; VB).



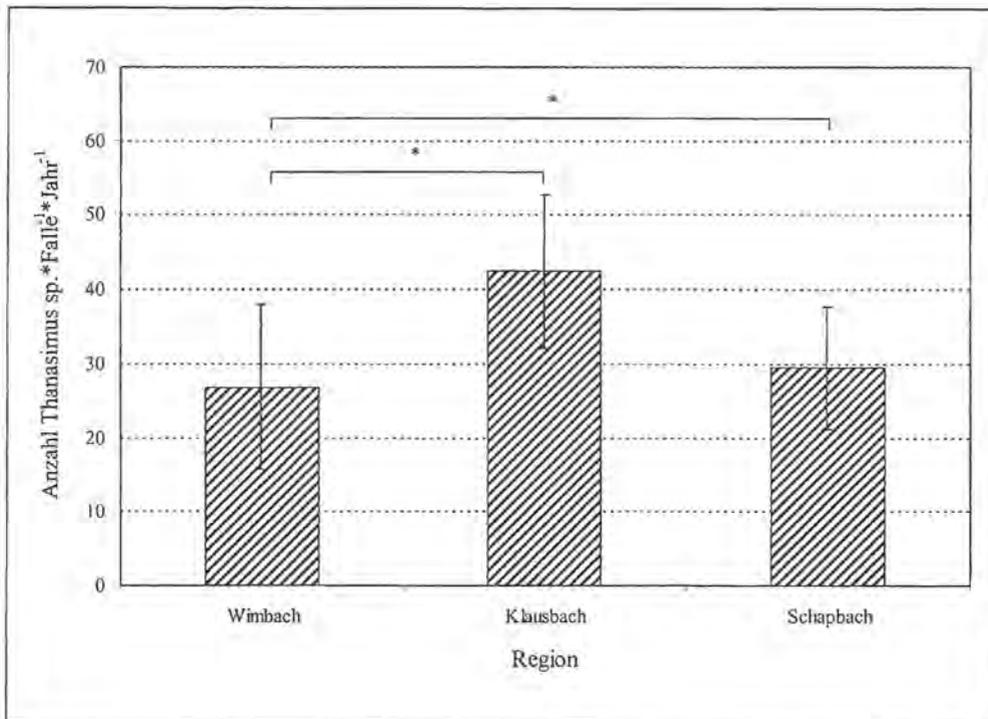
**Abb. 26:** Anzahl der in den drei Höhenstufen gefangenen *Thanasimus* sp. [MW; VB; \* = Signifikanz im Scheffé-Test mit log(10)-transformierten Werten].

Wie bei *I. typographus*, so war auch bei *Thanasimus* sp. ein signifikanter Einfluss der dreifachen Wechselwirkung Region – Höhenstufe – Fallentyp auf die Fangzahlen vorhanden.

Bezüglich der Höhenstufen glichen sich dabei in den Regionen Schapbach und Wimbach die Fänge in Kammrohr- und Schlitzfallen (Tab. 25). In der Region Schapbach wurde in der Tieflage die größte Zahl an Ameisenbuntkäfern gefangen. Geringere, aber ähnliche

Ameisenbuntkäfer-Zahlen wiesen hingegen die Mittel- und die Hochlage auf. Die Fallen in der Region Wimbach fingen in der Mittellage die meisten Ameisenbuntkäfer.

In der Region Klausbach wiesen die Schlitzfallen ebenfalls die höchsten Fangzahlen in der Mittellage auf. Die Kammrohrfallen im Klausbachtal zeigten jedoch einen stetigen Rückgang der Fangzahlen von der Tief- über die Mittel- zur Hochlage.



**Abb. 27:** Anzahl der in den drei Regionen des Nationalparks gefangenen *Thanasimus* sp. [MW; VB; \* = Signifikanz im Scheffé-Test mit log(10)-transformierten Werten].

### 3 Anteil verschiedener Beifang-Gruppen am Fallenfang im Jahre 1996

#### 3.1 Allgemeine Übersicht

Der prozentuale Anteil von *I. typographus* war in allen Fallen-Profilen sehr hoch und bewegte sich zwischen 95,5 % (Schüttalpel, Schlitzfallen) und 99,4 % (Wimbach, Schlitzfallen) (Tab. 26). Somit machten alle

**Tab. 24:** Mittelwerte für die in den unterschiedlichen Höhenstufen der Regionen Schapbach, Wimbach und Klausbach gefangenen *Thanasimus* sp. (Zweifache Wechselwirkung der mehrfaktoriellen Varianzanalyse, s. Tab. 23).

	Schapbach	Wimbach	Klausbach
≤850 m üNN	57,3 (n=24)	17,5 (n=24)	67,6 (n=33)
850 m < x ≤ 1000 m üNN	24,2 (n= 9)	38,8 (n=36)	34,3 (n=27)
>1000 m üNN	21,7 (n=81)	3,6 (n=9)	8,2 (n=18)

Beifänge zusammengekommen [*Thanasimus* sp., Coleoptera (ohne *I. typographus* und *Thanasimus* sp.), sonstige Beifänge] maximal 4,5 % und minimal 0,6 % des Gesamtfanges aus.

Der Vergleich der Prozentwerte von Coleoptera (ohne *I. typographus* und *Thanasimus* sp.) und sonstigen Beifängen zeigt, dass Schlitzfallen mehr Coleoptera, Kammrohrfallen mehr sonstige Beifänge enthielten (Tab. 26).

Prozentual machen die Coleopteren (ohne *I. typographus* und *Thanasimus* sp.) in den Schlitzfallen des Wimbachtales 0,4 % des Fanges aus (durchschnittlich 31 Coleopteren pro Falle und Jahr), in den anderen Profilen über 2 % (durchschnittlich mehr als 200 Coleopteren pro Falle und Jahr).

Schlüsselt man die „sonstigen Beifänge“ weiter auf, so zeigt sich, dass diese bei den Kammrohrfallen stark von den Formicidae dominiert werden (Tab. 27). Im Schapbach- und Wimbach-Profil stellen die Formicidae bei

**Tab. 25:** Mittelwerte für die in den unterschiedlichen Höhenstufen der Regionen Schapbach, Wimbach und Klausbach gefangenen *Thanasimus* sp. in Kammrohr- bzw. Schlitzfallen (Dreifache Wechselwirkung der mehrfaktoriellen Varianzanalyse, s. Tab. 23).

	Schapbach		
	≤850 m üNN	850 m < x ≤ 1000 m üNN	>1000 m üNN
Kammrohrfalle	68,3 (n=18)	33,5 (n=6)	32,5 (n=48)
Schlitzfalle	24,2 (n= 6)	5,7 (n=3)	6,0 (n=33)
	Wimbach		
	≤850 m üNN	850 m < x ≤ 1000 m üNN	>1000 m üNN
Kammrohrfalle	32,2 (n=12)	73,1 (n=18)	3,0 (n=3)
Schlitzfalle	2,9 (n=12)	4,5 (n=18)	3,8 (n=6)
	Klausbach		
	≤850 m üNN	850 m < x ≤ 1000 m üNN	>1000 m üNN
Kammrohrfalle	72,9 (n=30)	42,1 (n=18)	7,8 (n=12)
Schlitzfalle	14,0 (n= 3)	18,9 (n= 9)	9,0 (n= 6)

Tab. 26: Anteile verschiedener Tiergruppen am Fallenfang des Jahres 1996.

Profil	Fallentyp (Anzahl Fallen)	<i>I. typographus</i> %	<i>Thanasimus</i> sp. %	Coleoptera (ohne <i>I.</i> <i>typographus</i> und <i>Thanasimus</i> sp.) %	sonstige Beifänge %	Anzahl Individuen
Schapbach	Kammrohr (24)	96,0	1,0	0,6	2,4	100287
Wimbach	Kammrohr (11)	97,1	1,5	0,1	1,3	55197
Klausbach	Kammrohr (20)	98,0	1,1	0,1	0,8	112211
Schapbach	Schlitz (11)	97,1	0,2	2,4	0,3	104048
Wimbach	Schlitz (12)	99,4	0,1	0,4	0,1	90606
Klausbach	Schlitz (6)	96,3	0,2	3,4	0,1	54206
Schüttalpel	Schlitz (6)	95,5	0,3	3,4	0,8	39596

Tab. 27: Anteile verschiedener Tiergruppen an den „sonstigen Beifängen“ (s. Tab. 26); F.typ=Fallentyp; AF=Anzahl Fallen; SCHA=Schapbach; WI=Wimbach; KL=Klausbach; SCHAL=Schüttalpel; K=Kammrohrfalle; S=Schlitzfalle; Hym. o. F.=Hymenoptera ohne Formicidae; übrige Beif.=übrige Beifänge; Anz. Indiv.=Anzahl Individuen.

Profil	F.typ (AF)	Formicidae %	Hym. o. F. %	Diptera %	Rhynchota %	Dermaptera %	Myriopoda %	Arachnida %	Isopoda %	Gastropoda %	übrige Beif. %	Anz. Indiv.
SCHA	K (24)	73,3	6,1	1,2	0,6	4,2	1,4	8,5	1,1	1,8	1,9	2427
WI	K (11)	68,4	8,1	1,8	0,0	9,3	2,4	4,0	2,2	2,5	1,3	718
KL	K (20)	43,2	13,4	2,7	0,2	26,7	1,4	7,2	0,1	3,4	1,7	888
SCHA	S (11)	20,5	6,0	14,2	3,8	1,9	5,7	10,7	3,2	19,6	14,5	317
WI	S (12)	9,5	4,8	25,7	2,9	2,9	6,7	14,3	3,8	10,5	19,0	105
KL	S (6)	10,3	6,4	10,3	2,6	2,6	12,8	16,7	6,4	19,2	12,8	78
SCHAL	S (6)	55,9	4,2	4,5	0,6	0,0	1,0	8,4	8,0	10,0	7,4	311

den Kammrohrfallen etwa 70 % der „sonstigen Beifänge“, im Klausbach-Profil etwa 40 %. Als weitere wichtige Beifanggruppen treten in Kammrohrfallen Dermaptera, Hymenoptera ohne Formicidae und Arachnida auf. Diese Gruppen erreichen in einzelnen Profilen über 5 % Anteil an den „sonstigen Beifängen“.

Wesentlich weniger einheitlich zusammengesetzt sind die „sonstigen Beifänge“ der Schlitzfallen. Die Formicidae stellen dort zwar, mit mindestens 10 % Anteil, eine wichtige Gruppe der „sonstigen Beifänge“, sind aber nicht mehr dominant. Eine Ausnahme bildet das Schüttalpel-Profil, wo die Formicidae 56 % erreichen. Neben den Formicidae sind Diptera, Arachnida, Gastropoda und „übrige Beifänge“ individuenreiche Beifang-Gruppen, die in mehreren Profilen über 10 % erreichen.

Die „übrigen Beifänge“ setzen sich aus Einzelindividuen unterschiedlicher Arthropoden-Gruppen zusammen (Lepidoptera, Lepidoptera-Larven, Aphidae, Blattodea, Neuroptera-Larven, Plecoptera, Diptera-Larven, Symphyta-Larven, Saltatoria, Mecoptera, Psyllidae, Machilidae, Psocoptera, Pseudoscorpiones, unbestimmte Larven, unbestimmte Puppen).

### 3.2 Coleopteren-Beifänge in Schlitzfallen

Die Anteile einzelner Käferfamilien am Coleopteren-Beifang von 8 Schlitzfallen des Schapbach-Profiles werden in Abb. 28 und Abb. 29 dargestellt. Eine genauere Aufschlüsselung nach einzelnen Arten und deren Ökologie findet sich im Anhang (Tab. 83, Tab. 84).

Die höchsten Beifangzahlen unter den Käfern wies die Familie Scolytidae auf; insbesondere der Kupferstecher (*P. chalcographus*) war in hohen Individuenzahlen vertreten und stellte mehr als 75 % aller gefangenen Käfer-

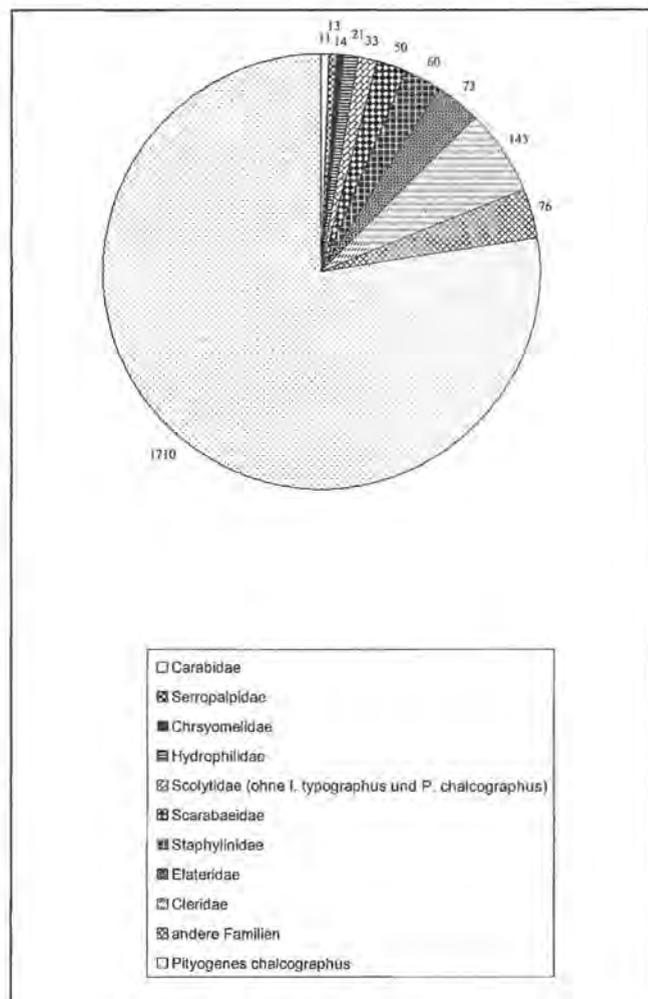


Abb. 28: Coleopteren aus Schlitzfallen (Individuenzahlen verschiedener Familien und von *P. chalcographus* am Coleopteren-Beifang der Schlitzfallen SCHA16S, 17S, 18S, 19S, 20S, 21S, 22S und 23S).

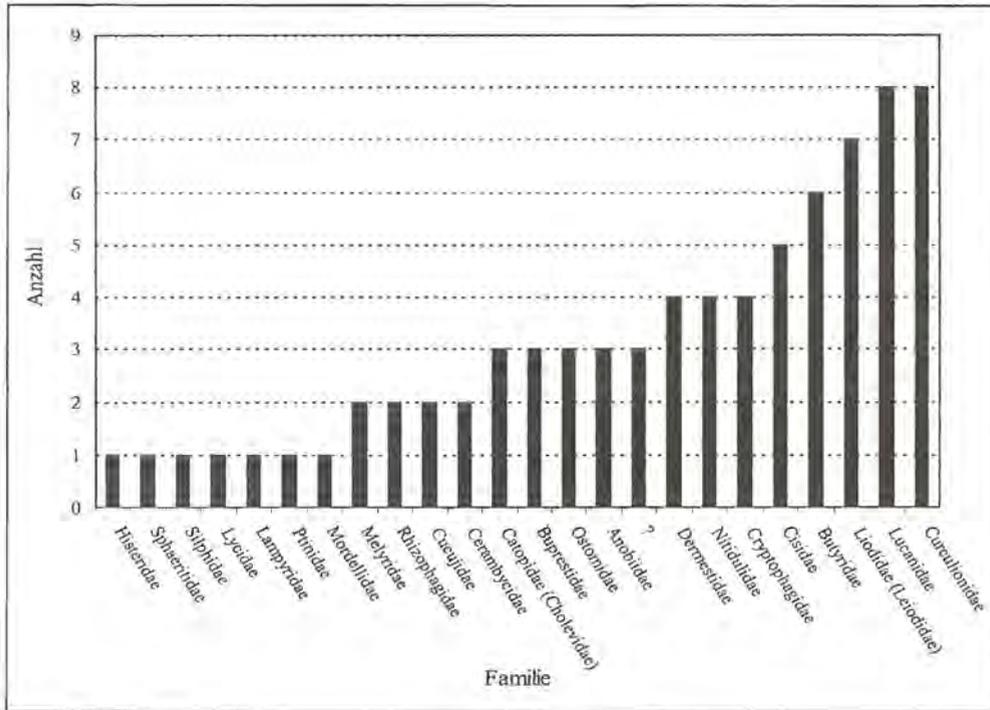


Abb. 29: Coleopteren aus Schlitzfallen (Individuenzahlen verschiedener Familien aus der Rubrik „andere Familien“ in Abb. 28).

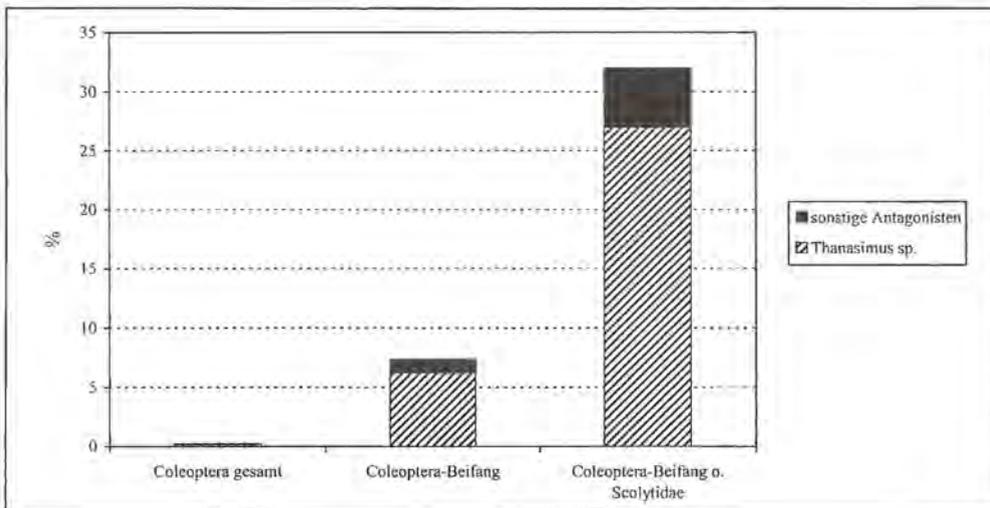


Abb. 30: Anteile der Borkenkäfer-Antagonisten am gesamten Coleopteren-Fang (inclusive *I. typographus*), am Coleopteren-Beifang (ohne *I. typographus*) und am Coleopteren-Beifang ohne Scolytidae.

Individuen. Nach den Scolytidae waren die Cleridae (*T. femoralis* und *T. formicarius*) die zweithäufigste Käferfamilie, gefolgt von Elateridae und Staphylinidae.

Alle übrigen 28 Käferfamilien traten in deutlich geringeren Individuenzahlen auf und machten zusammengenommen lediglich 10 % des Coleopteren-Beifanges aus.

Neben unspezifischen Coleopteren-Beifängen wurden in den Schlitzfallen auch Borkenkäfer-Antagonisten nachgewiesen. Diese stellten zwar lediglich 0,2 % des gesamten Coleopteren-Fanges (inclusive *I. typographus*), aber bereits 7,3 % des Coleopteren-Beifanges (Abb. 30). Betrachtet man den Coleopteren-Fang ohne Scolytidae, so haben die Antagonisten daran einen Anteil von immerhin 32,0 %.

Unter den Antagonisten waren die Cleridae (*T. femoralis* + *T. formicarius*) die weitaus größte Gruppe. Sie machten 0,2 % des Coleopteren-Gesamtfanges, 6,2 % des

Coleopteren-Beifanges bzw. 27,0 % des Coleopteren-Fanges ohne Scolytidae aus. *T. femoralis* war dabei mit 135 gefangenen Individuen deutlich häufiger als *T. formicarius* mit nur 8 Individuen. Neben den beiden *Thanasimus* sp.-Arten war nur noch *Quedius plagiatus* Mannh. in höheren Individuenzahlen vertreten (7 gefangene Individuen). Die anderen Antagonisten traten nur vereinzelt auf (nie mehr als 3 gefangene Individuen pro Art; s. Anhang; Tab. 83).

#### 4 Bestimmung von Ameisenbuntkäfer-Fängen

##### 4.1 Art- und Geschlechtsbestimmung bei *Thanasimus* sp.-Fängen des Jahres 1996

###### 4.1.1 *Thanasimus femoralis*

*T. femoralis* war im Jahre 1996 in den Pheromonfallen die deutlich häufigere *Thanasimus*-Art. Der Anteil am

*Thanasimus* sp.-Gesamtfang (Kammrohrfallen + Schlitzfallen) betrug 95 % (Abb. 31). In den Schlitzfallen war der Anteil mit 96,1 % etwas höher als in den Kammrohrfallen mit 94,3 %.

In Lagen unterhalb von 1000 m üNN war *T. femoralis* prozentual etwas häufiger als in Lagen oberhalb von 1000 m üNN (Tab. 28).

Bei allen Kammrohrfallen mit einem Jahresfang von mehr als einem Tier waren sowohl Männchen als auch Weibchen vorhanden. Für alle Kammrohrfallen ergab sich ein prozentualer Männchen-Anteil von 55 % und für die Schlitzfallen von 61 % (Abb. 32).

Der höchste Jahresfang betrug bei einer Kammrohrfalle 212 *T. femoralis*, bei einer Schlitzfalle 59. Ohne *T. femoralis*-Fang blieben 1996 eine Kammrohr- und vier Schlitzfallen.

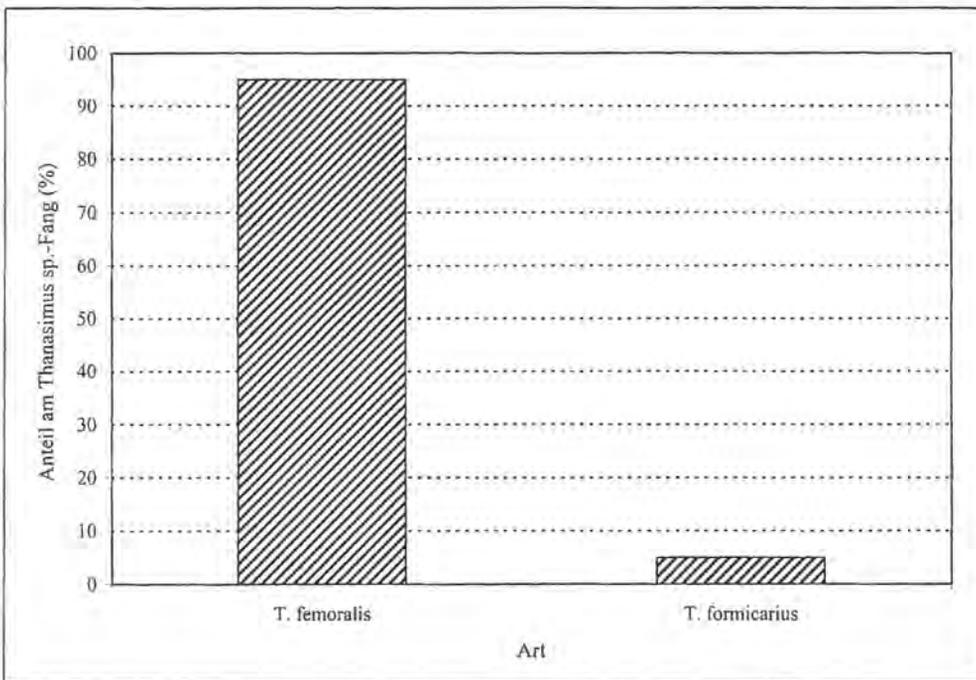
**Tab. 28: Anteil von *T. femoralis* am *Thanasimus* sp.-Fang in verschiedenen Höhenlagen (600 m üNN – 1000 m üNN: 33 Kammrohrfallen, 16 Schlitzfallen; 1000 m üNN – 1500 m üNN: 22 Kammrohrfallen, 16 Schlitzfallen).**

	Kammrohrfallen	Schlitzfallen
600 m üNN – 1000 m üNN	95,3 %	96,4 %
1000 m üNN – 1500 m üNN	93,3 %	95,9 %

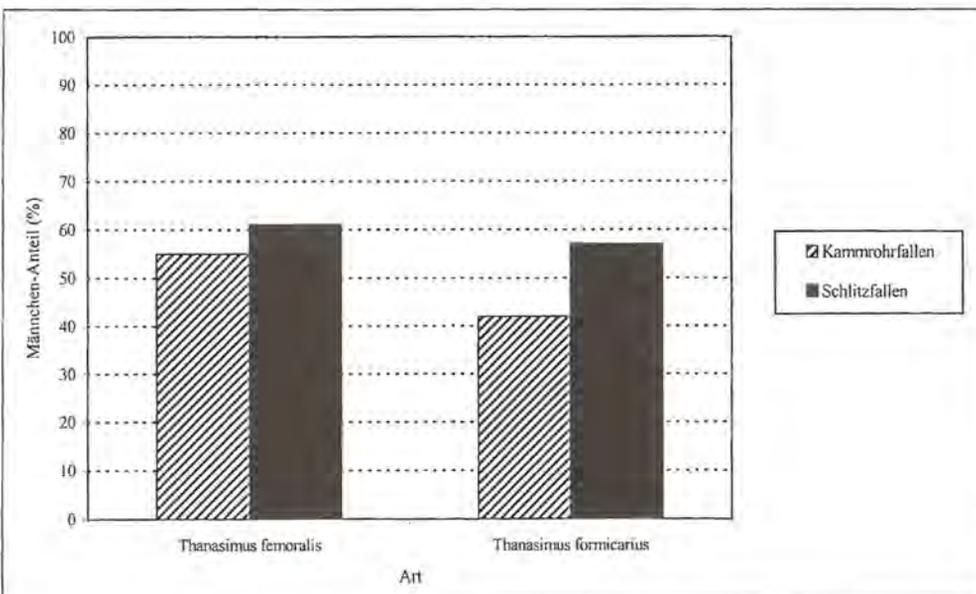
#### 4.1.2 *Thanasimus formicarius*

*T. formicarius* war 1996 mit 5 % am Ameisenbuntkäfer-Gesamtfang, mit 4,9 % am Kammrohrfallen- und 5,7 % am Schlitzfallen-Fang beteiligt.

Im ganzen Jahr wurden maximal 31 Tiere in einer Kammrohr- und 5 in einer Schlitzfalle gefangen.



**Abb. 31: Prozentuale Anteile der beiden *Thanasimus*-Arten am Gesamtfang für das Jahr 1996 (55 Kammrohrfallen, 32 Schlitzfallen).**



**Abb. 32: Prozentualer Männchen-Anteil am Fang von *T. femoralis* bzw. *T. formicarius* für das Jahr 1996.**

Addiert man die Fangzahlen aller Fallen eines Typs, so liegt der prozentuale Männchen-Anteil für die Kammrohrfallen bei 42 % und für die Schlitzfallen bei 57 % (Abb. 32).

#### 4.2 Prozentuale Anteile von Ameisenbuntkäfern am Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998

##### 4.2.1 Prozentualer Anteil von *Thanasimus* sp. am Fallenfang

Die folgenden Abbildungen zeigen die prozentualen Anteile von *Thanasimus* sp. am Fallenfang der Jahre 1996, 1997 und 1998 für Kammrohr- (Abb. 33) bzw. Schlitzfallen (Abb. 34).

Bei den Kammrohrfallen lagen die prozentualen Anteile der Ameisenbuntkäfer am Fallenfang in allen Jahren und Regionen zwischen 1,0 % und 1,7 %. Der höchste Anteil war in der Region Klausbach im Jahre 1997 zu verzeichnen (1,7 %), der niedrigste Anteil in der gleichen Region im Jahre 1998 (1,0 %). In den Regionen Klausbach und Schapbach war der Anteil im Jahre 1997 am höchsten.

In der Region Wimbach waren die Anteile der Jahre 1996 und 1997 ähnlich hoch, der Anteil im Jahre 1998 geringer.

In den Schlitzfallen war der Ameisenbuntkäfer-Anteil deutlich geringer als in den Kammrohrfallen. Maximal waren 0,22 % (Klausbach, 1996), minimal 0,02 % (Wimbach, 1997) in den Fallen enthalten. In den drei Regionen Klausbach, Schapbach und Wimbach waren die Anteile 1996 am höchsten, im Jahre 1997 am niedrigsten. Durch die Gegenüberstellung der Schüttalpel-Region wird deutlich, dass der Ameisenbuntkäfer-Anteil in dieser Region in allen Jahren wesentlich höher als in den anderen drei Regionen war. Maximal waren hier 0,39 % des Fallenfanges Ameisenbuntkäfer. Dieses Maximum trat aber, im Gegensatz zu den anderen Regionen, im Jahre 1997 auf.

##### 4.2.2 Prozentualer Anteil von *Thanasimus femoralis* am *Thanasimus* sp.-Fallenfang

Abb. 35 und Abb. 36 stellen die Anteile von *T. femoralis* am *Thanasimus* sp.-Fallenfang für die verschiedenen

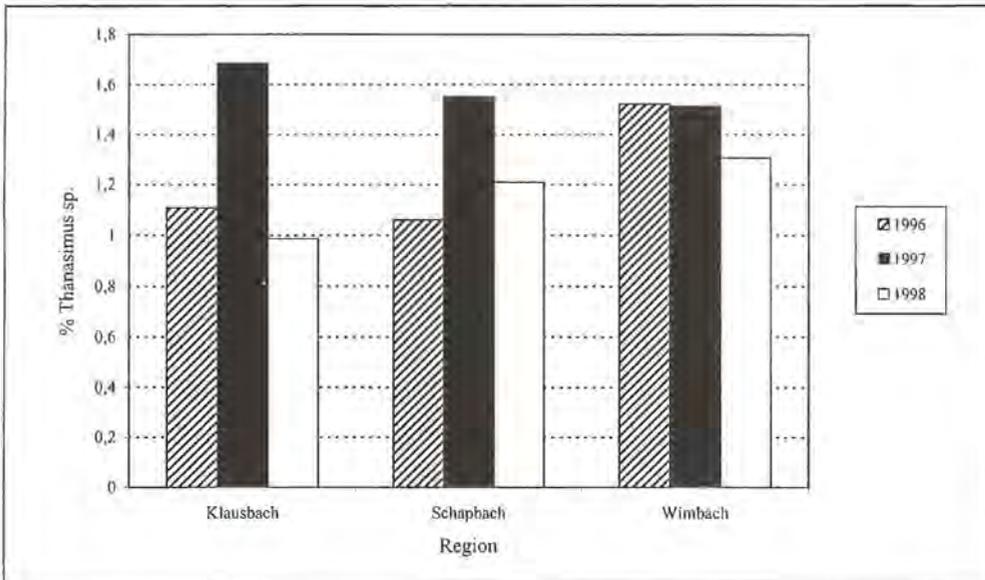


Abb. 33: Prozentualer Anteil von *Thanasimus* sp. am Fallenfang in verschiedenen Regionen und Jahren (Kammrohrfallen).

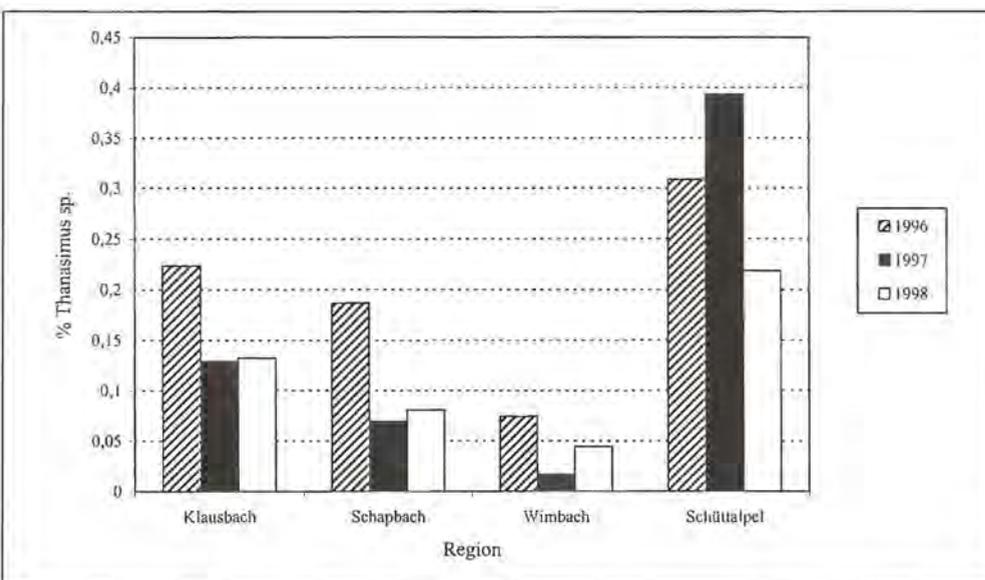


Abb. 34: Prozentualer Anteil von *Thanasimus* sp. am Fallenfang in verschiedenen Regionen und Jahren (Schlitzfallen).

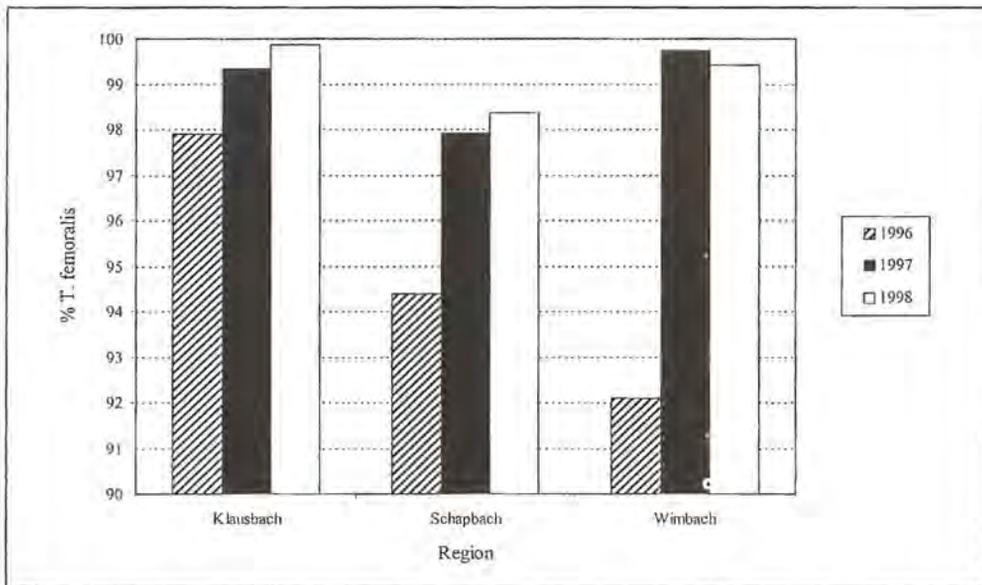


Abb. 35: Prozentualer Anteil von *T. femoralis* am *Thanasimus* sp.-Fallenfang in verschiedenen Regionen und Jahren (Kammrohrfallen).

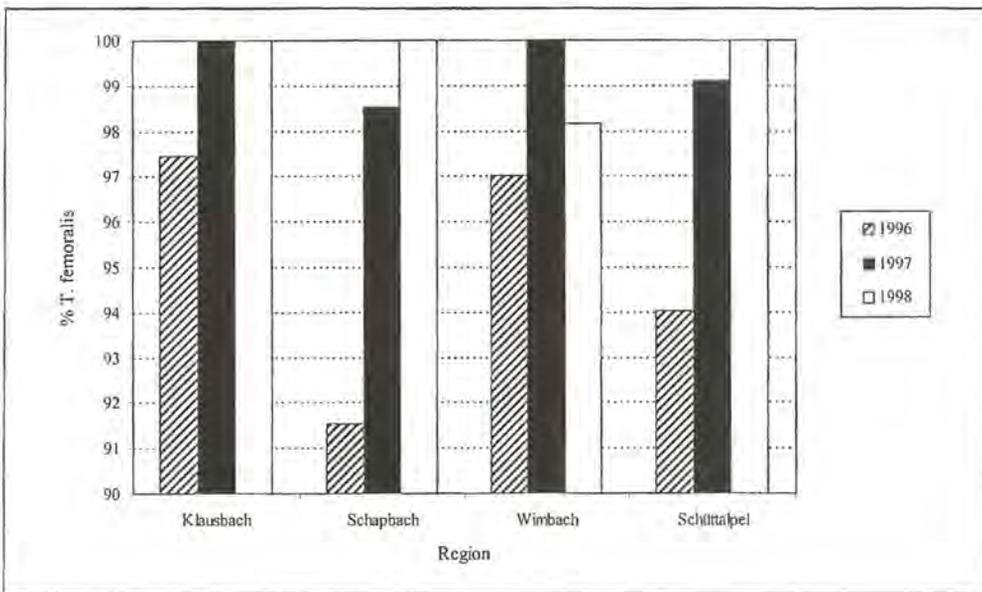


Abb. 36: Prozentualer Anteil von *T. femoralis* am *Thanasimus* sp.-Fallenfang in verschiedenen Regionen und Jahren (Schlitzfallen).

Regionen und Jahre dar. Der Anteil von *T. femoralis* betrug in allen Fallen-Profilen und Jahren immer über 90 %. Bei beiden Fallentypen waren in allen Regionen die Anteile im Jahre 1996 niedriger als in den darauf folgenden Jahren. So waren im Jahre 1996 maximal 97,9 %, in den anderen Jahren minimal 97,9 % *T. femoralis* in den Fallen vorhanden. Bei den Kammrohrfallen

war der Anteil mit 92,1 % in der Region Wimbach am niedrigsten (1998), bei den Schlitzfallen mit 91,5 % in der Region Schapbach (1996). In allen Schlitzfallen-Profilen stellte *T. femoralis* in einem Jahr den gesamten *Thanasimus* sp.-Fang (1998 im Klausbach- und Wimbachprofil, 1997 im Schapbach-Profil).

Tab. 29: Korrelation zwischen *I. typographus*-Fang und Stehendbefall in 250 m Umkreis.

Fallentyp	Jahr		Summe 1. Woche	Summe bis zur 2. Woche	Summe bis zur 3. Woche	Summe bis zur 4. Woche	Summe bis zur 5. Woche	Summe bis zur 6. Woche	Summe Jahr
Kammrohr	1996	$r_s$	-0,613	-0,447	0,075	-0,037	-0,140	-0,047	0,117
		$p$	0,048	0,163	0,818	0,903	0,673	0,881	0,714
		$n$	11	11	11	11	11	11	11
Schlitz	1996	$r_s$	-0,578	-0,462	-0,145	-0,205	-0,156	0,007	-0,205
		$p$	0,061	0,094	0,616	0,478	0,584	0,976	0,473
		$n$	11	14	14	14	14	14	14
Kammrohr	1995	$r_s$		0,260		-0,161		-0,308	-0,268
		$p$		0,328		0,541		0,239	0,310
		$n$		16		16		16	16



Artbestimmung bei adulten Ameisenbuntkäfern: *Thanasimus femoralis* (schwarze Thorax-Unterseite) *Thanasimus formicarius* (rote Thorax-Unterseite).



Schlitzfalle in einem geräumten Windwurf- bzw. Käferloch in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone (Schapbach; Falle SCHA 19S).



Schlitzfalle im Bereich der Ruhezone (Schüttalpel; Falle SCHAL 6S).

## 5 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang

### 5.1 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang in der Umgebung der Falle in den Jahren 1995 und 1996

Eine Korrelation zwischen der Anzahl gefangener *I. typographus* und dem Stehendbefall in 250 m Umkreis um die einzelne Falle ergab 1996 nur einen signifikanten Korrelationskoeffizienten (Tab. 29). Erstaunlicherweise war dies ein negativer Korrelationskoeffizient, der bei den Kammrohrfallen-Fängen der ersten Fangwoche auftrat (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s = -0,613$ ;  $n=11$ ;  $p=0,048$ ; Abb. 37). Das würde darauf hinweisen, dass ein geringerer Initialfang in einer Kammrohrfalle mit höherem Stehendbefall in der Umgebung korrespondierte.

Für 1995 war kein signifikanter Korrelationskoeffizient zu ermitteln. Damit ließen sich in beiden Jahren aus den *I. typographus*-Fangzahlen keine konkreten Rückschlüsse auf den Stehendbefall in der Umgebung ziehen.

### 5.2 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998 in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone

#### 5.2.1 Kammrohrfallen

Die durchschnittlichen Fangzahlen der Kammrohrfallen in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone zeigen über die Jahre hinweg in den drei Regionen eine ähnliche Entwicklung (Abb. 38). Im Jahre 1996 wurden deutlich mehr Buchdrucker gefangen als in den Folgejahren 1997 und 1998. Die Fangzahlen in diesen beiden Jahren waren ähnlich hoch, wobei in der Schapbach- und Wimbach-Region im

Jahre 1998 etwas mehr Buchdrucker gefangen wurden als 1997, in der Klausbach-Region etwas weniger.

Der Borkenkäferbefall in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone entwickelte sich gänzlich anders als der Fallenfang (Abb. 39). Der stärkste Befall trat in allen drei Regionen 1998 auf, während die Fallen die höchsten Fangzahlen 1996 verzeichneten. In den Regionen Schapbach und Wimbach war zumindest das Jahr mit den geringsten Fangergebnissen auch dasjenige mit dem geringsten Befall; in der Klausbach-Region verlief die Entwicklung hingegen genau entgegengesetzt: Die Fangzahlen nahmen von 1996 bis 1998 ab, die Befallszahlen zu.

#### 5.2.2 Schlitzfallen

In den Schlitzfallen wurden in allen Regionen im Jahre 1998 durchschnittlich die meisten Buchdrucker gezählt (Abb. 40). Die Fangergebnisse für 1996 und 1997 waren in der Klausbach-Region fast gleich. In der Schapbach-Region waren die Fangergebnisse 1997 etwas niedriger als 1996, in der Wimbach-Region etwas höher.

Die Fangzahlen der Schlitzfallen geben, im Gegensatz zu den Kammrohrfallen, die Situation des Borkenkäferbefalls recht gut wieder (Abb. 41). In allen Regionen fielen der höchste Fallenfang und der höchste Befall auf das Jahr 1998. Am besten stimmten die Ergebnisse in der Klausbach-Region überein. Hier waren Fallenfang und Befall in den Jahren 1996 und 1997 etwa gleich hoch und stiegen 1998 an. Auch in der Region Schapbach war zumindest die Tendenz gleich. Fallenfang und Befall gingen dort von 1996 auf 1997 zurück, wobei der Befall viel stärker abnahm als der Fallenfang. 1998 stiegen dann sowohl Fallenfang als auch Befall wieder stark an. In der Wimbach-Region unterschieden sich Fallenfang und Stehendbefall: 1997 stiegen die Buchdrucker-Fangzahlen gegenüber 1996, während die Befallszahlen sanken.

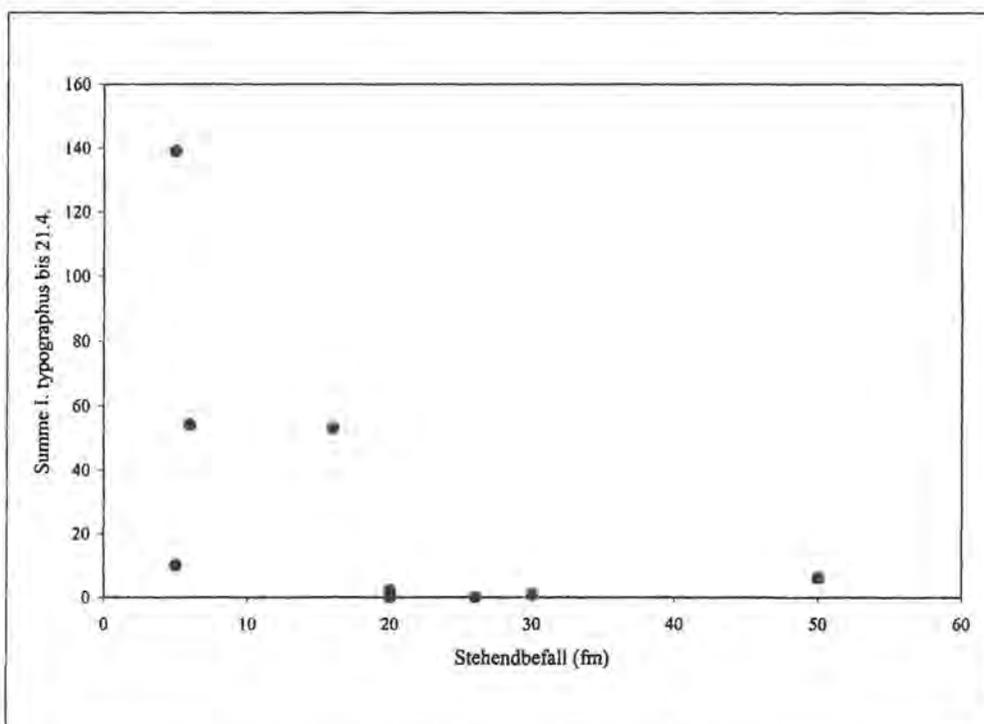


Abb. 37: Korrelation zwischen *I. typographus*-Fang (Summe bis zum 21. April 1996, Kammrohrfallen) und Stehendbefall in 250 m Umkreis;  $r_s = -0,613$ ;  $p=0,048$ .

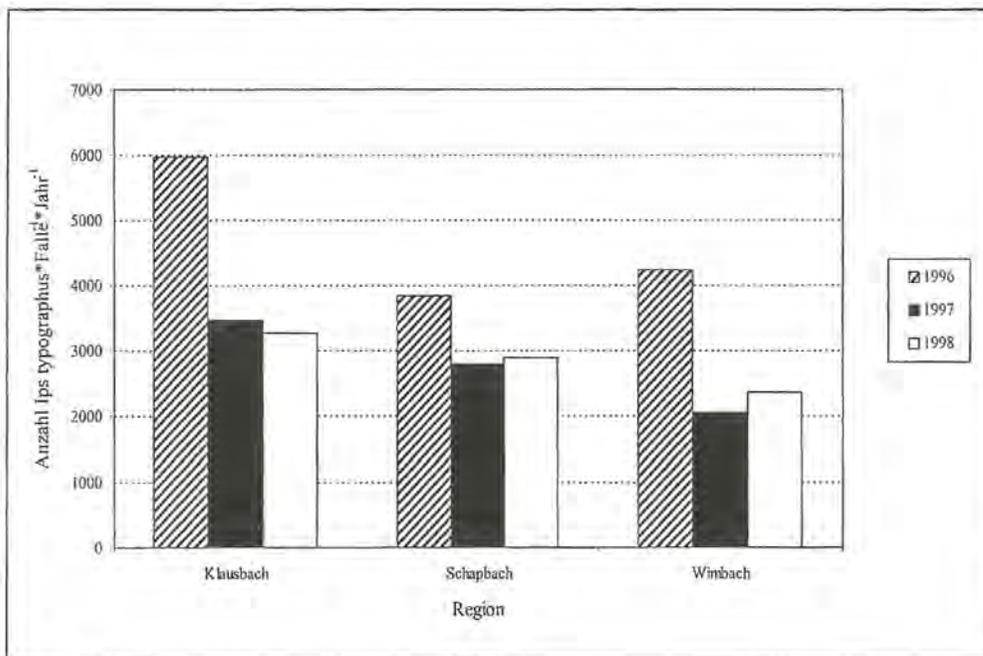
## 6 Rindenbrütende Borkenkäfer und ihre Antagonisten in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone

### 6.1 Vergleich der Fangzahlen von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp. in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für die Jahre 1996 bis 1998

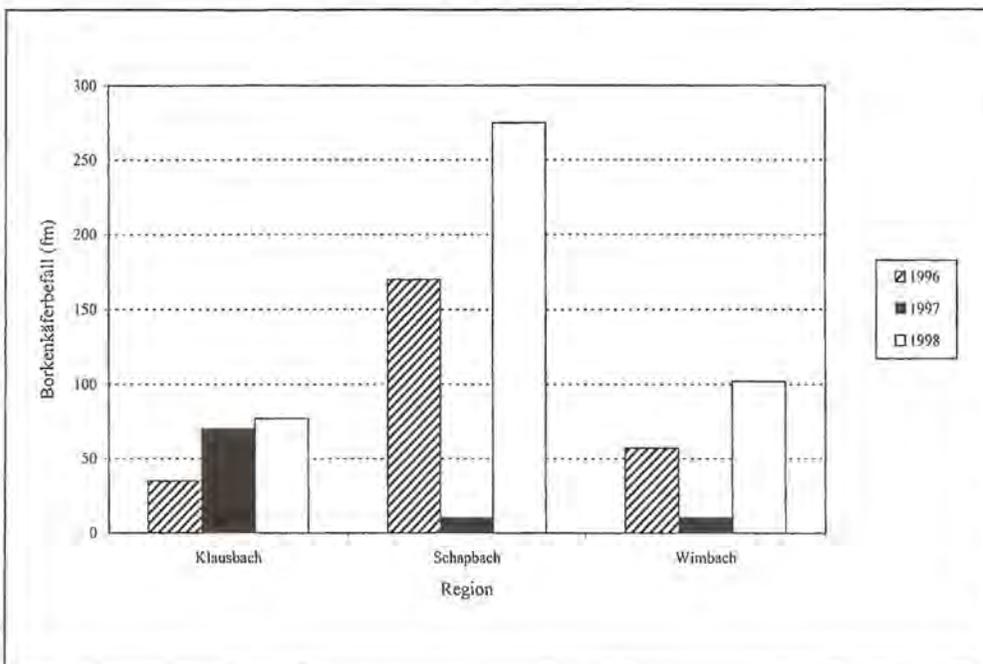
Mittels einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse wurden die Fangzahlen von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. für jeweils sechs Schlitzfallen in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone (Schapbach-Region) und der Ruhezone (Schüttalpel-Region) miteinander verglichen. Dabei wurden die Daten der Jahre 1996 bis 1998 berücksichtigt.

Die Fangmengen unterschieden sich für *I. typographus* bezüglich der Jahre nicht signifikant voneinander, wohl aber bezüglich der Zonen (Tab. 30). So waren in der Bekämpfungszone signifikant mehr Buchdrucker pro Falle und Jahr gefangen worden als in der Ruhezone (Varianzanalyse:  $F=13,257$ ;  $p=0,001$ ;  $DF=1$ ). Im Mittel waren dies in der Bekämpfungszone 9738 Buchdrucker, in der Ruhezone 5762 (Abb. 42).

Für *Thanasimus* sp. war ein Unterschied ebenfalls nur für die beiden Zonen nachzuweisen (Varianzanalyse mit Quadratwurzel-transformierten Werten:  $F=6,285$ ;  $p=0,018$ ;  $DF=1$ ; Tab. 31). Hier waren jedoch die Fangzahlen in der Ruhezone mit durchschnittlich 17 Ameisenbuntkäfern höher als in der Bekämpfungszone mit lediglich 9 Ameisenbuntkäfern (Abb. 42).



**Abb. 38:** Anzahl *I. typographus* in Kammrohrfallen, die von 1996 bis 1998 in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone aufgestellt waren (MW).



**Abb. 39:** Summe des Borkenkäferbefalls der Jahre 1996 bis 1998 in 500 m Umkreis um Kammrohrfallen, die in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone aufgestellt waren.

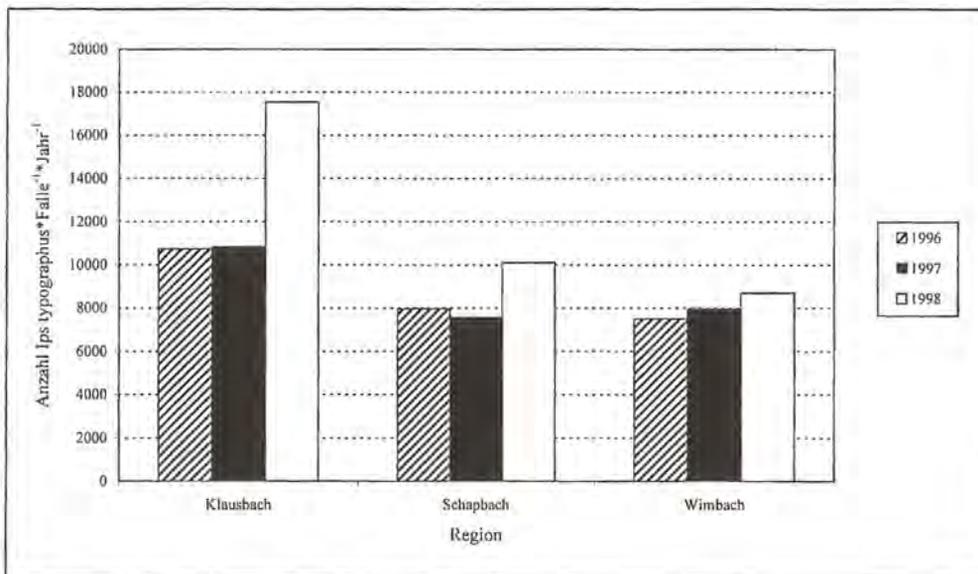


Abb. 40: Anzahl *I. typographus* in Schlitzfallen, die von 1996 bis 1998 in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone aufgestellt waren (MW).

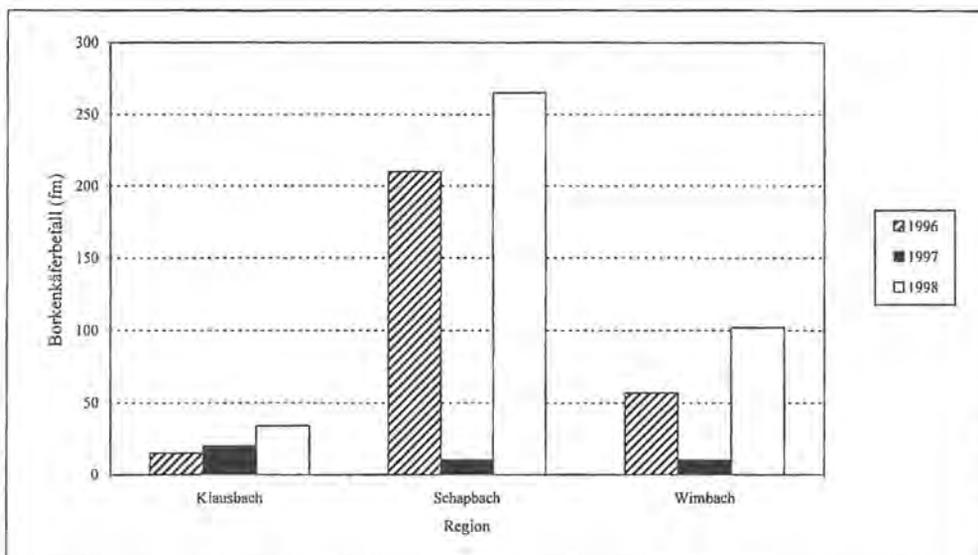


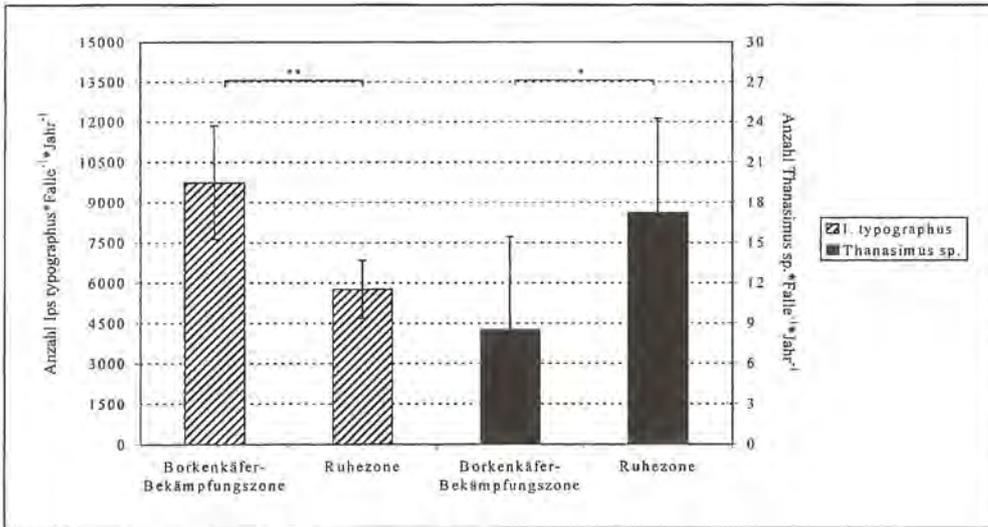
Abb. 41: Summe des Borkenkäferbefalls der Jahre 1996 bis 1998 in 500 m Umkreis um Schlitzfallen, die in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone aufgestellt waren.

Tab. 30: Varianzanalyse: Einfluss von Bekämpfungs- und Ruhezone sowie des Fang-Jahres auf die Anzahl pro Falle und Jahr gefangener *I. typographus*.

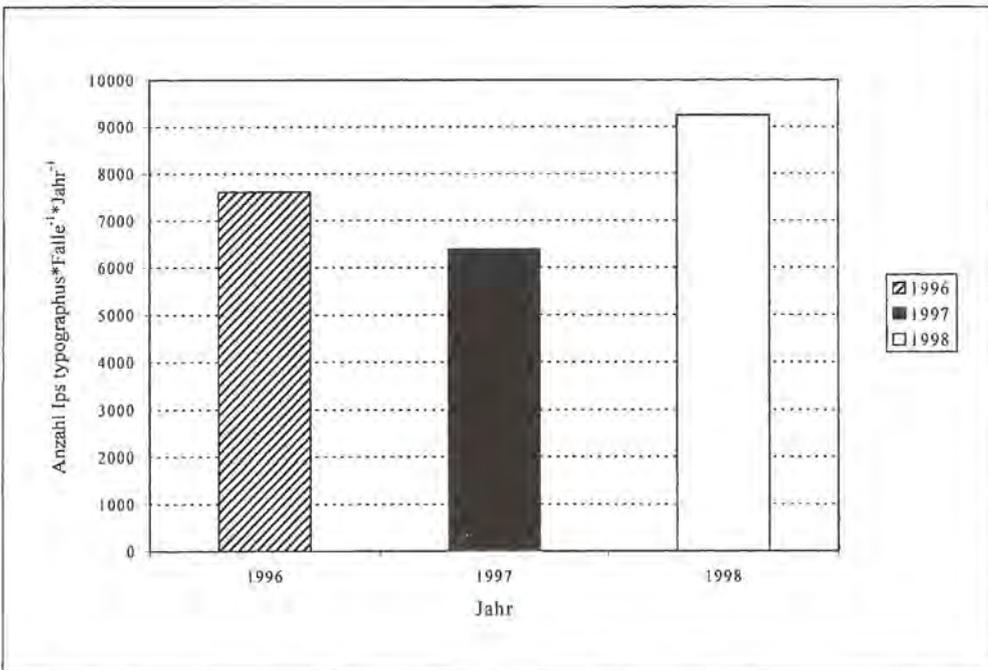
Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
<b>Haupteffekte</b>	191854010	3	63951336,750	5,960	0,003
Zone (Bekämpfungszone, Ruhezone)	142249353	1	142249353,361	13,257	0,001
Jahr (1996, 1997, 1998)	49604657	2	24802328,444	2,311	0,117
<b>Wechselwirkungen-2-fach (Zone-Jahr)</b>	15241540	2	7620770,111	0,710	0,500
erklärte Varianz	207095550	5	41419110,094	3,860	0,008
nicht erklärte Varianz	321910180	30	10730339,328		
Gesamt	529005730	35	15114449,437		

Tab. 31: Varianzanalyse: Einfluss von Bekämpfungs- und Ruhezone sowie des Fang-Jahres auf die Anzahl pro Falle und Jahr gefangener *Thanosimus* sp. (Quadratwurzel-transformierte Werte).

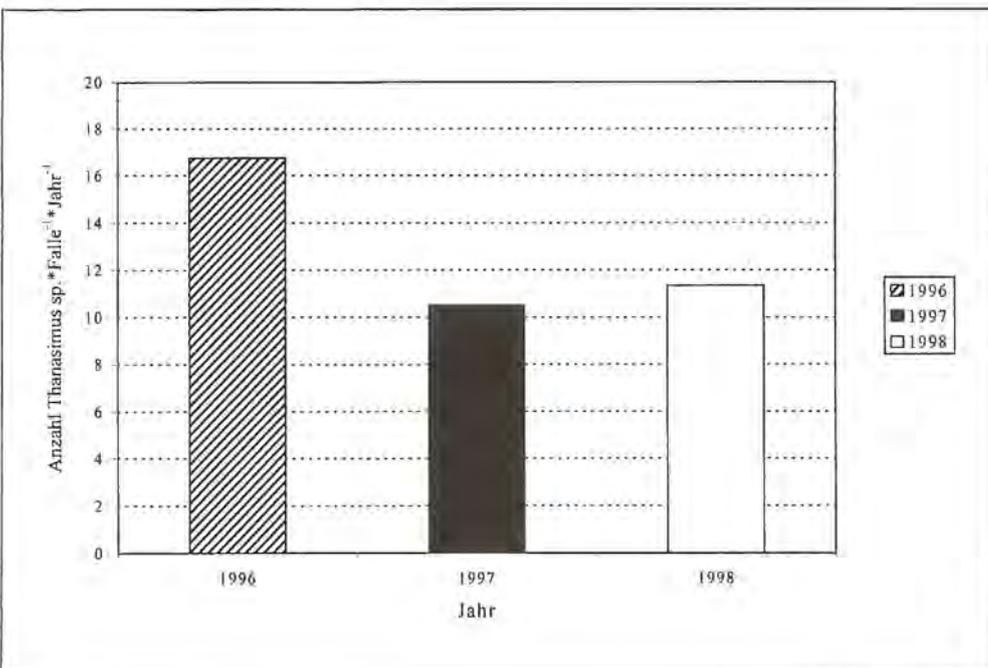
Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
<b>Haupteffekte</b>	24,174	3	8,058	2,558	0,074
Zone (Bekämpfungszone, Ruhezone)	19,796	1	19,796	6,285	0,018
Jahr (1996, 1997, 1998)	4,378	2	2,189	0,695	0,507
<b>Wechselwirkungen-2-fach (Zone-Jahr)</b>	2,326	2	1,163	0,369	0,694
erklärte Varianz	26,500	5	5,300	1,683	0,169
nicht erklärte Varianz	94,487	30	3,150		
Gesamt	120,987	35	3,457		



**Abb. 42:** Mittelwerte der Fangzahlen von *I. typographus* und *Thanasisimus sp.* pro Falle und Jahr in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone (jeweils 6 Schlitzfallen; \* bzw. \*\* = Signifikanz in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse; bei *Thanasisimus sp.* Quadratwurzel-transformierte Werte).



**Abb. 43:** Mittelwerte der Fangzahlen von *I. typographus* pro Falle und Jahr für die Jahre 1996 bis 1998 (12 Schlitzfallen).



**Abb. 44:** Mittelwerte der Fangzahlen von *Thanasisimus sp.* pro Falle und Jahr für die Jahre 1996 bis 1998 (12 Schlitzfallen).

Während der drei Untersuchungsjahre war die höchste Fangzahl an Buchdruckern 1998 erreicht worden (im Mittel 9251 pro Falle und Jahr), die höchste Zahl an Ameisenbunkkäfern 1996 (im Mittel 17 pro Falle und Jahr). In beiden Gruppen war 1997 das Jahr mit den niedrigsten Fangerfolgen (Abb. 43 u. Abb. 44).

### 6.2 Vergleich der Fangzahlen von *Pityogenes chalcographus* und *Nemosoma elongatum* in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für das Jahr 1998

1998 wurde der Flugverlauf von *P. chalcographus* und *N. elongatum* in der Schapbach- bzw. Schüttalpel-Region mit Hilfe von Chalcoprax®-beköderten Pheromonfallen verfolgt (Abb. 45 und Abb. 46). Dabei war in der Region Schapbach ein relativ synchroner Verlauf des Fluges von Kupferstecher und Jagdkäfer zu verzeich-

nen. Bei beiden Arten waren drei Maxima zu verzeichnen: Mitte Mai, Ende Juni und Mitte August, wobei das letztere bei *P. chalcographus* das stärkste war, bei *N. elongatum* das schwächste.

In der Schüttalpel-Region ergab sich für *P. chalcographus* ein zweigipfelter Flugverlauf mit einem schwächeren Maximum Mitte Mai/Anfang Juni und einem deutlicheren Anfang August. *N. elongatum* hingegen zeigte einen gegenläufigen Trend, mit einem deutlichen Maximum Mitte Juni und einem schwächeren Mitte August.

Insgesamt fällt in beiden Regionen die geringe Anzahl gefangener *P. chalcographus* und die gleichzeitig hohe Anzahl an *N. elongatum* auf.

Die Jahressummen der einzelnen Fallen zeigen in der Region Schapbach Ähnlichkeiten bei *P. chalcographus* und *N. elongatum*. Traten höhere Kupferstecher-Zahlen auf, waren auch höhere Jagdkäfer-Zahlen zu verzeich-

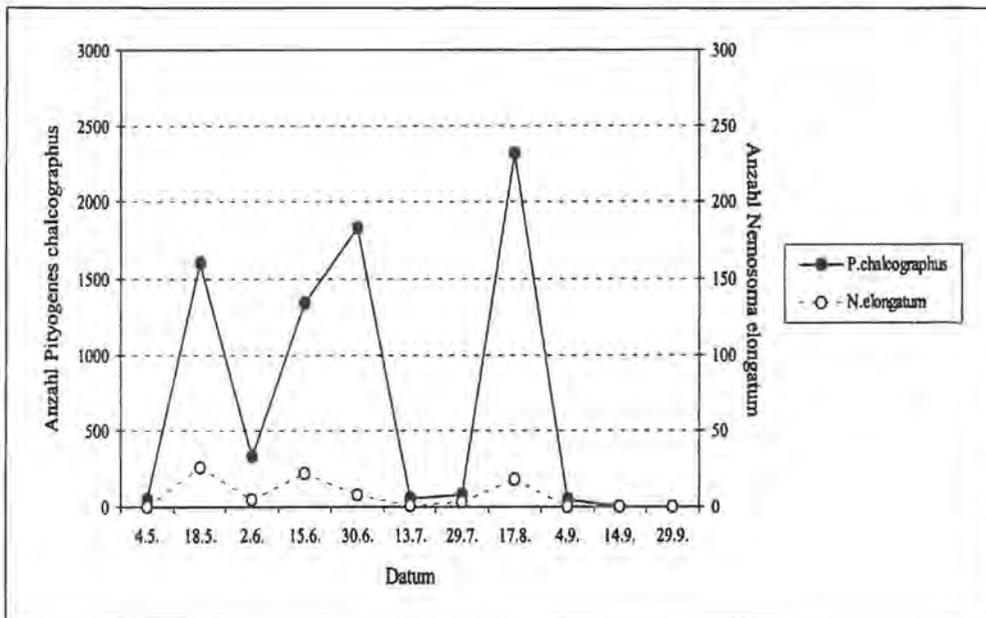


Abb. 45: Flugverlauf von *P. chalcographus* (n=7651) und *N. elongatum* (n=83) in der Schapbach-Region 1998 (Summen von jeweils 6 Fallen).

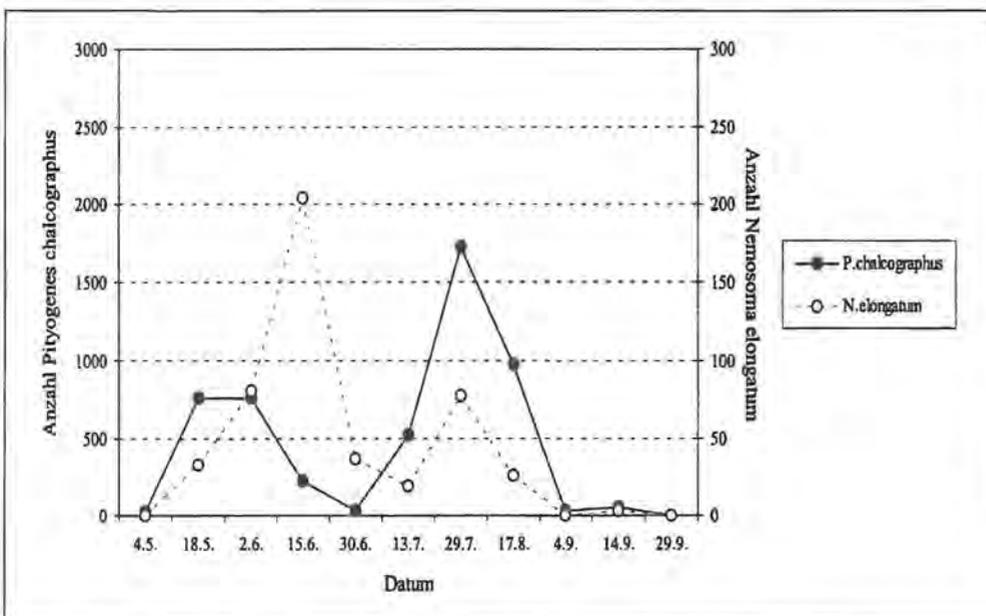
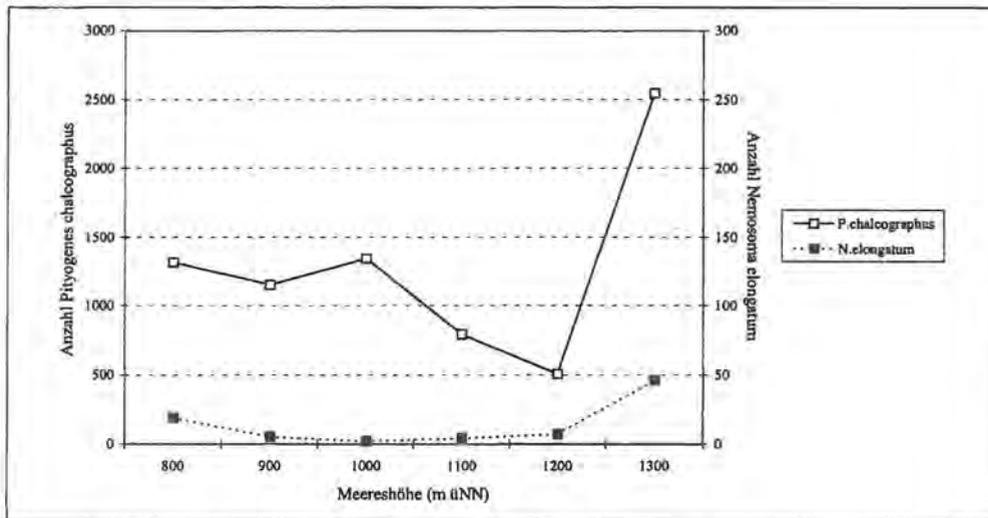
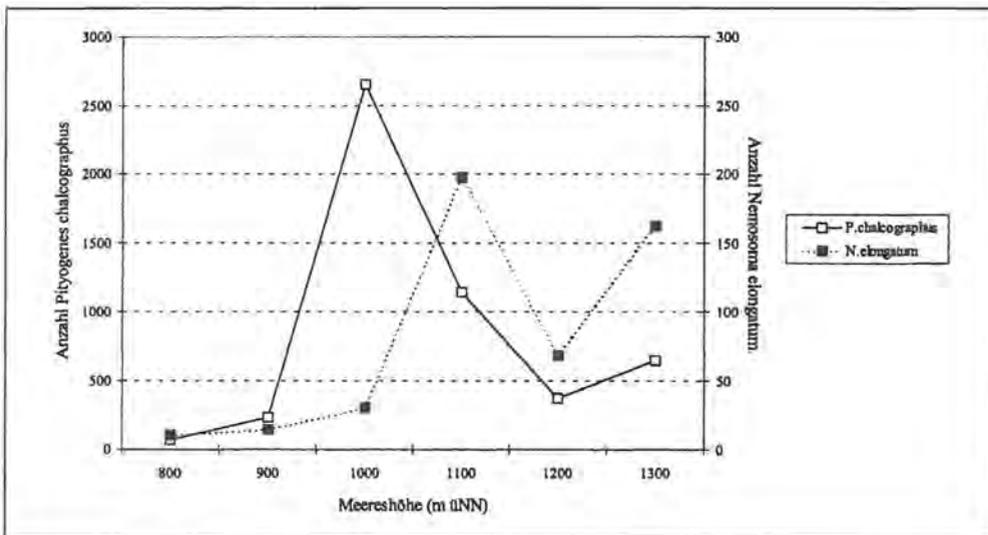


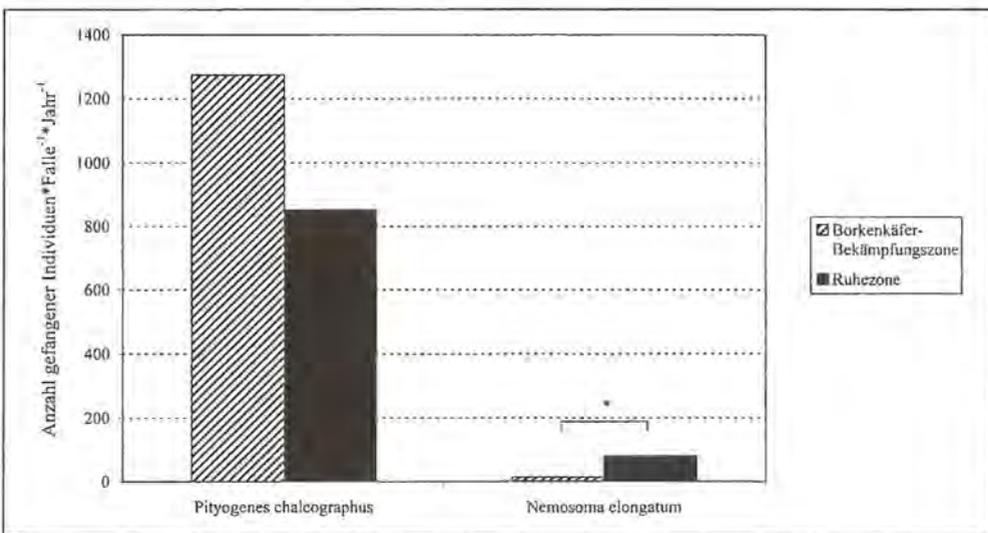
Abb. 46: Flugverlauf von *P. chalcographus* (n=5111) und *N. elongatum* (481) in der Schüttalpel-Region 1998 (Summen von jeweils 6 Fallen).



**Abb. 47:** Fangzahlen von *P. chalcographus* und *N. elongatum* in der Schapbach-Region 1998 (Jahressummen von 6 Fällen).



**Abb. 48:** Fangzahlen von *P. chalcographus* und *N. elongatum* in der Schüttalpel-Region 1998 (Jahressummen von 6 Fällen).



**Abb. 49:** Mittelwerte der Fangzahlen von *P. chalcographus* und *N. elongatum* pro Falle und Jahr in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone (jeweils 6 Schlitzfallen; \* = Signifikanz im Mann-Whitney-U-Test).

nen (Abb. 47). In der Schüttalpel-Region war jedoch die höchste Kupferstecher-Zahl an einem anderen Standort festzustellen als die höchste Jagdkäfer-Zahl (Abb. 48).

Eine Korrelation zwischen den Fangzahlen von *P. chalcographus* und *N. elongatum* bestand nicht (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s = -0,0070$ ;  $p = 0,983$ ;  $n = 12$ ).

Der prozentuale Anteil von *N. elongatum* am Gesamtfang lag in der Region Schapbach bei den einzelnen Fällen zwischen 0,1 % und 1,8 %, in der Schüttalpel-Region zwischen 1,1 % und 20 %.

Summiert man alle Fangzahlen einer Region, so lag der Jagdkäfer-Anteil in der Schapbach-Region bei 1,1 %

(7651 *P. chalcographus*, 83 *N. elongatum*), in der Schüttalpel-Region bei 8,6 % (5111 *P. chalcographus*, 481 *N. elongatum*).

Vergleicht man die Fangzahlen von *P. chalcographus* und *N. elongatum* für die beiden Regionen miteinander, so ergaben sich für die Kupferstecher in Bekämpfungs- und Ruhezone keine signifikanten Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test:  $Z=-1,4412$ ;  $p=0,1495$ ;  $n=12$ ). In der Bekämpfungszone waren die Fangzahlen jedoch mit 1275 Kupferstechern pro Falle und Jahr im Durchschnitt höher als in der Ruhezone mit 852 Kupferstechern.

Signifikante Unterschiede waren bei *N. elongatum* festzustellen. Hier fingen die Fallen in der Ruhezone signifikant mehr Tiere als in der Bekämpfungszone (Mann-Whitney-U-Test:  $Z=-2,0817$ ;  $p=0,0374$ ;  $n=12$ ). Im Mittel waren in den Fallen der Ruhezone 80 *N. elongatum* pro Falle und Jahr gefangen worden, in den Fallen der Bekämpfungszone 14 *N. elongatum* (Abb. 49).

## 7 Flugaktivität von *Ips typographus* und *Thanaosimus* sp. in Abhängigkeit von der Temperatur

### 7.1 Flugaktivität 1996

Der Flugverlauf von *I. typographus* zeigte 1996 eine gewisse Synchronität mit dem Temperaturverlauf (Abb. 50). Hohe *I. typographus*-Zahlen an den Leerungsterminen 8. Mai, 21. Mai, 4. und 11. Juni korrespondierten mit kurz zuvor auftretenden Temperaturmaxima (7. Mai, 19. Mai, 2. Juni, 8. Juni).

Abb. 51 und Abb. 52 zeigen, dass, trotz relativ hoher Maximaltemperaturen, zu Beginn der Flugperiode kaum Flugaktivität zu verzeichnen ist. Mitte Mai hingegen reichen offenbar schon einzelne Tage mit höheren Maximaltemperaturen aus, um starke Flugaktivität auszulösen. So lag die Maximaltemperatur bei Falle WI9aK zwischen dem 6. und 13. Mai nur am 7. Mai über 15°C, und trotzdem wurde in dieser Woche eine sehr hohe Zahl an Buchdruckern gefangen.

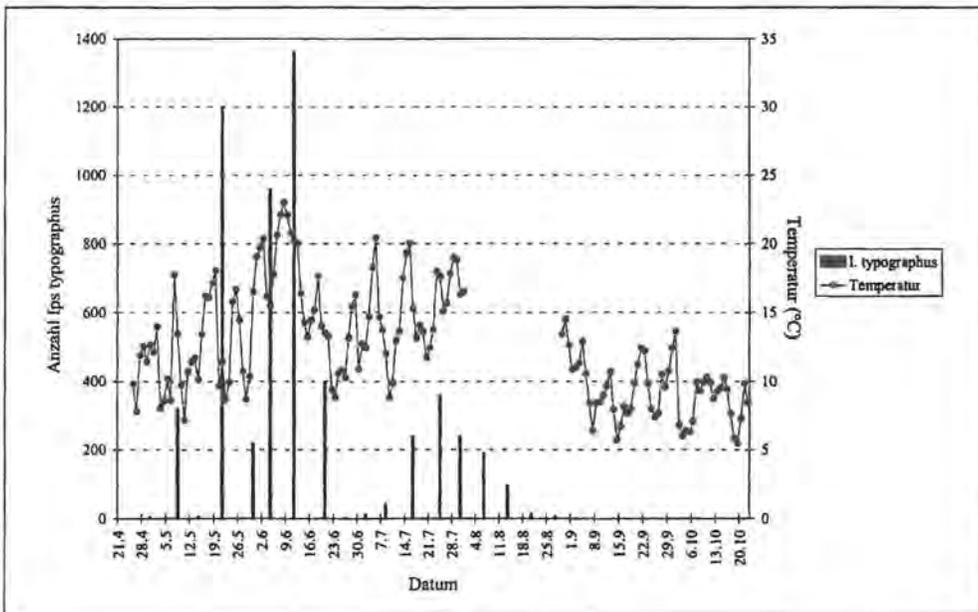


Abb. 50: Tages-Durchschnittstemperatur für die Klimastation 200 und Fang von *I. typographus* an der Falle SCHA7aK im Vergleich.

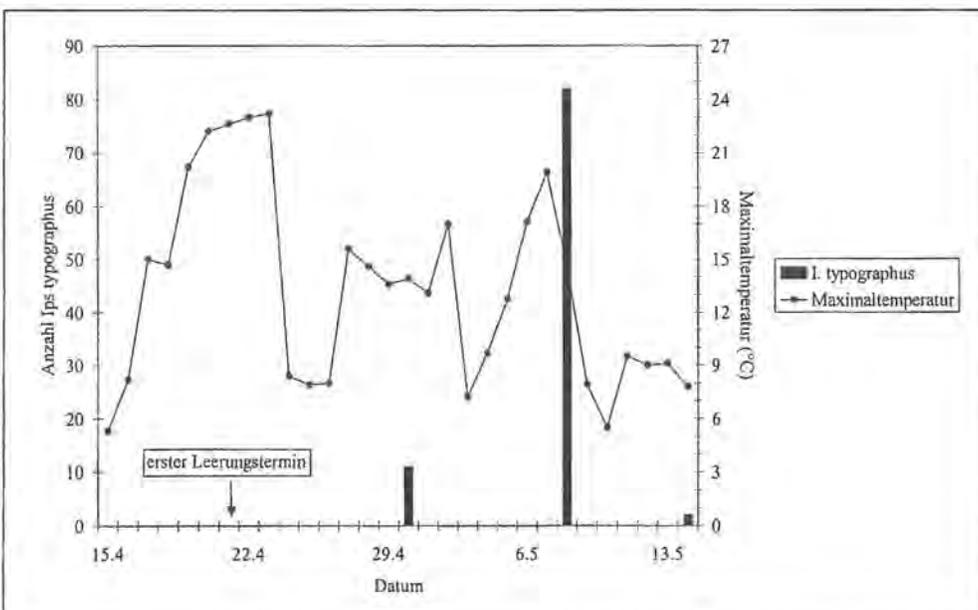
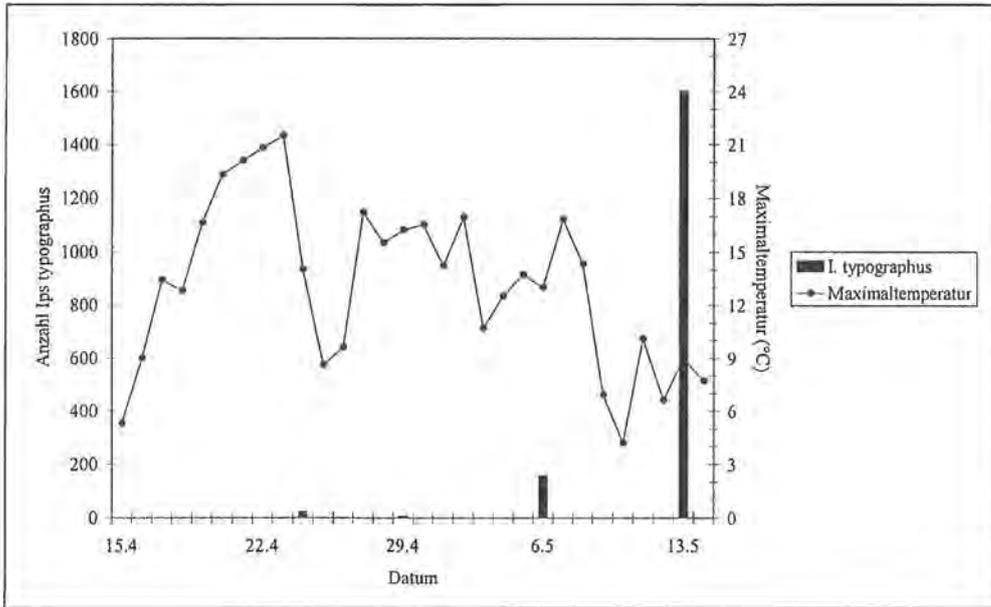
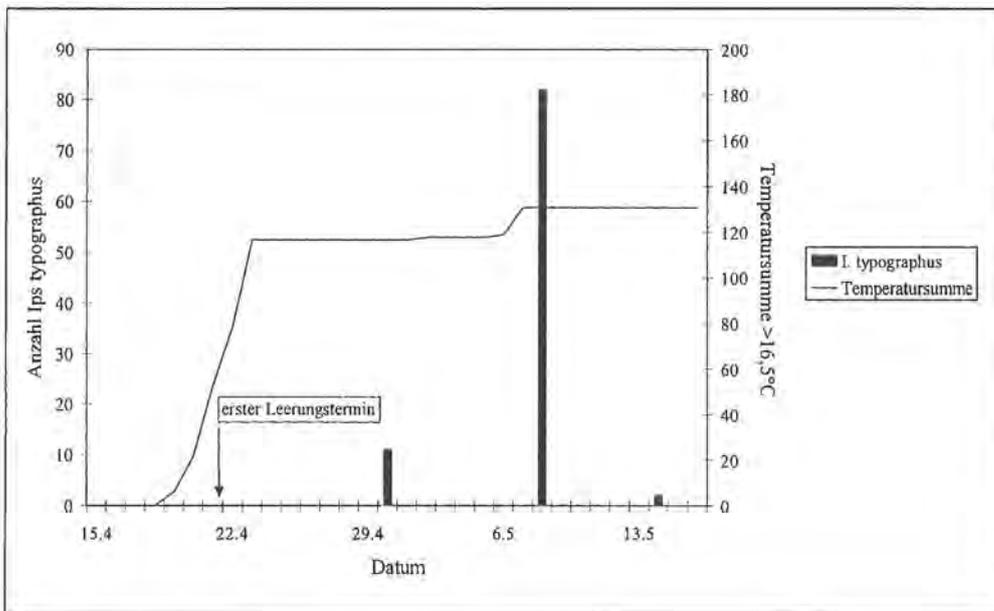


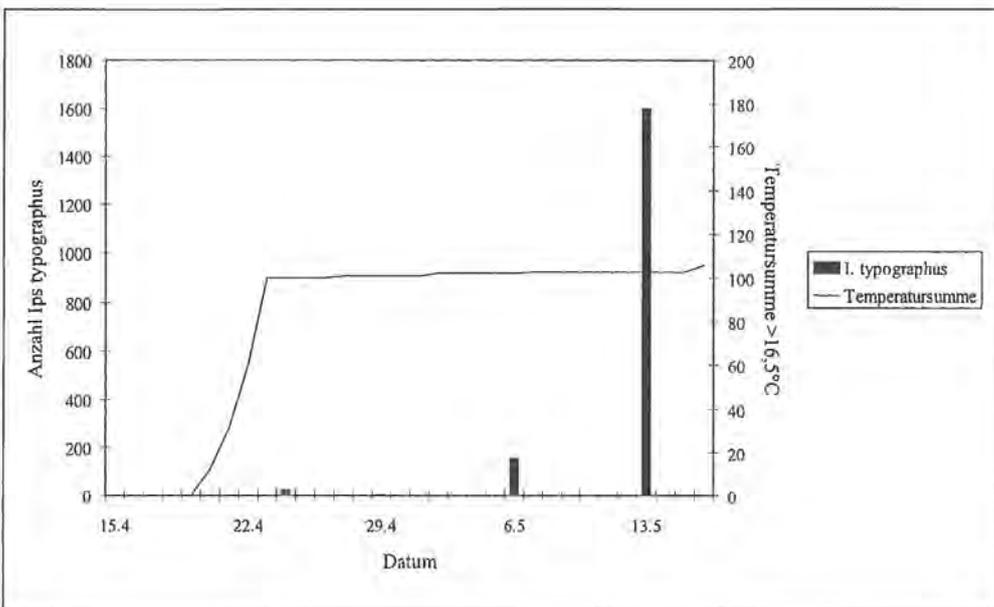
Abb. 51: Maximaltemperaturen an der Klimastation 201 und *I. typographus*-Fangergebnisse der Falle SCHA4aK im Vergleich.



**Abb. 52:** Maximaltemperaturen an der Klimastation 302 und *I. typographus*-Fangergebnisse der Falle WI9aK im Vergleich.



**Abb. 53:** Temperatursumme über 16,5°C an der Klimastation 201 und *I. typographus*-Fangergebnisse der Falle SCHA4aK im Vergleich.



**Abb. 54:** Temperatursumme über 16,5°C an der Klimastation 302 und *I. typographus*-Fangergebnisse der Falle WI9aK im Vergleich.

Beim Vergleich des Temperatursummenverlaufes mit den *I. typographus*-Fangzahlen zu Beginn der Flugperiode zeigt sich, dass bei Falle SCHA4aK, trotz einer Temperatursumme ( $>16,5^{\circ}\text{C}$ ) von etwa  $50^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ , bis zum 21. April noch kein Flug stattgefunden hat (Abb. 53). Erst bei der nächsten Leerung am 30. April und einer Temperatursumme von  $120^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  wurden die ersten Buchdrucker registriert.

Im Gegensatz hierzu wurden in Falle WI9aK schon am ersten Fangtermin Buchdrucker gefangen (Abb. 54). Da dieser Termin aber 3 Tage später lag als bei SCHA4aK, war hier die Temperatursumme schon bei  $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  angelangt. In den Fallen wurden also offenbar erst *I. typographus* gefangen, wenn mehr als  $50^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  Temperatursumme erreicht waren.

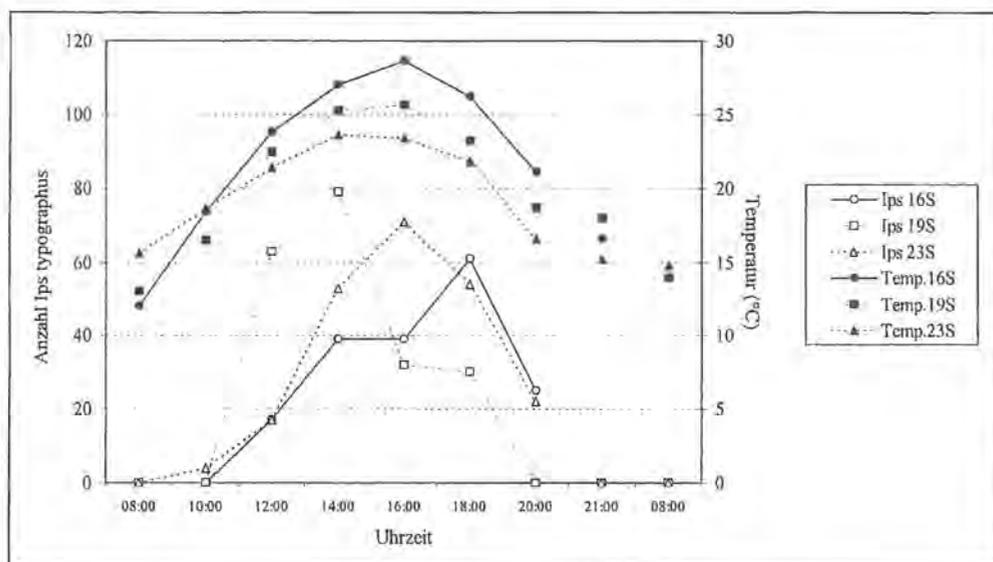
## 7.2 Tagesgang der Flugaktivität

### 7.2.1 Flugaktivität und Temperaturverlauf am 15. Mai 1997 im Schapbach-Profil

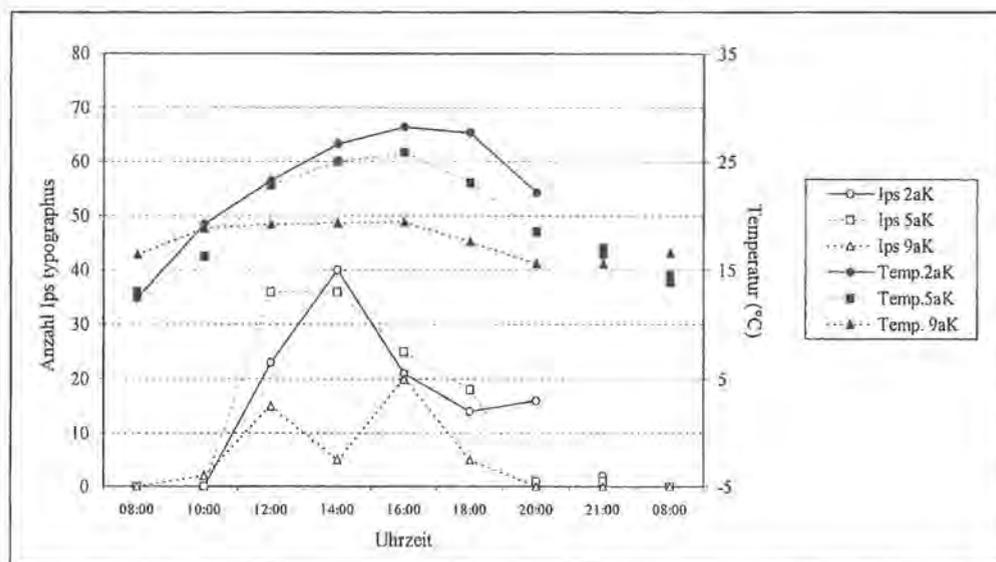
Die Flugaktivität von *I. typographus* sowie der Temperaturverlauf am 15. Mai 1997 sind in Abb. 55 und Abb. 56 dargestellt.

Es zeigte sich, dass die Temperaturen von 12:00 Uhr bis 20:00 Uhr in der Tieflage höher waren als in der Mittellage und dort wiederum höher als in der Hochlage. Um 8:00 Uhr morgens war die Situation umgekehrt, d. h. die Temperatur in der Hochlage war am höchsten und in der Tieflage am niedrigsten. Um 10:00 Uhr glichen sich die Temperaturwerte in Tief- und Hochlage, waren aber höher als die der Mittellage. Um 21:00 Uhr schließlich wies die Mittellage die höchsten, die Hochlage die tiefsten Temperaturen auf. Sowohl der niedrigste als auch der höchste Temperaturwert wurde mit  $12,0^{\circ}\text{C}$  bzw.  $28,6^{\circ}\text{C}$  an der Falle 16S (Tiefelage) gemessen.

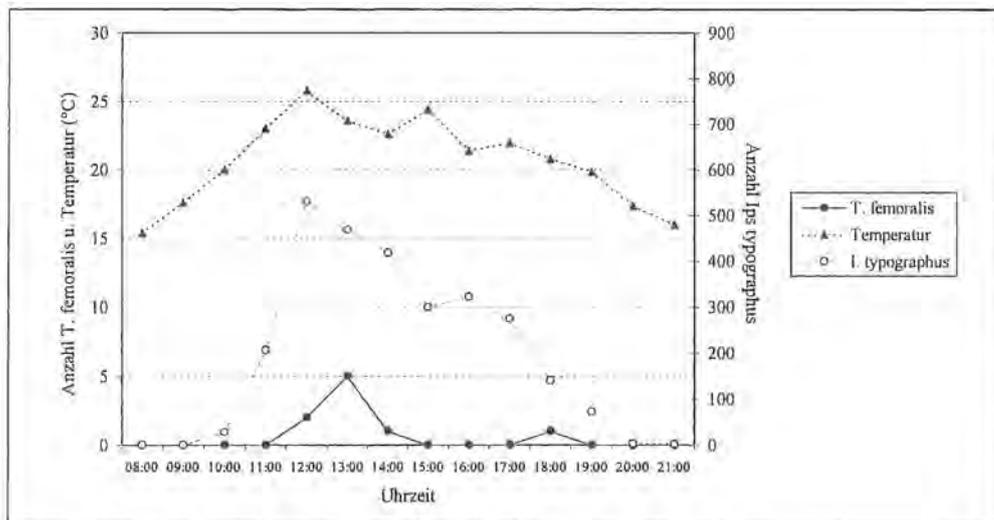
Die Flugaktivität von *I. typographus* zeigte bei fünf der sechs Fallen einen eingipfeligen Kurvenverlauf mit einem deutlichen Maximum. Nur an Falle 9aK waren zwei Gipfel zu beobachten. Die Lage der Maxima war hingegen unterschiedlich. Die Fallen 2aK, 5aK und 19S hatten



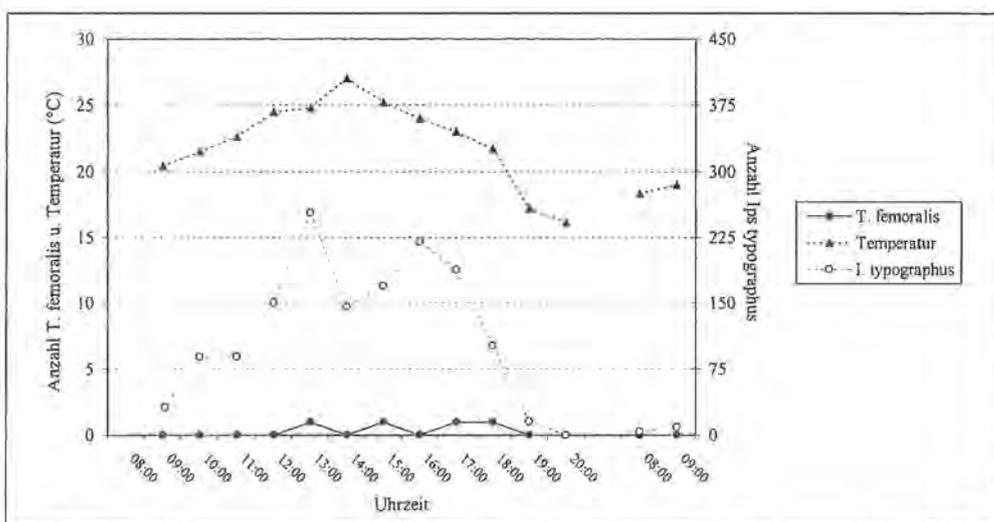
**Abb. 55:** Tagesgang der Temperatur (obere drei Kurven) und Flugverlauf von *Ips typographus* (untere 3 Kurven) am 15. Mai 1997 an drei Schlitzfallen des Schapbach-Profiles (SCHA16S: 730 m üNN, SCHA19S: 1070 m üNN, SCHA23S: 1400 m üNN).



**Abb. 56:** Tagesgang der Temperatur (obere drei Kurven) und Flugverlauf von *Ips typographus* (untere 3 Kurven) am 15. Mai 1997 an drei Kammrohrfallen des Schapbach-Profiles (SCHA2aK: 750 m üNN, SCHA5aK: 1050 m üNN, SCHA9aK: 1450 m üNN).



**Abb. 57:** Tagesgang der Temperatur und Flugverlauf von *I. typographus* und *T. femoralis* (Summe von fünf Schlitzfallen) am 11. Juni 1997 im Wimbachtal (1000 m üNN).



**Abb. 58:** Tagesgang der Temperatur und Flugverlauf von *I. typographus* und *T. femoralis* (Summe von fünf Schlitzfallen) am 12. Juni 1997 im Bereich Schwarzenederer (920 m üNN).

ihr Maximum um 14:00 Uhr, die Fallen 9aK und 23S um 16:00 Uhr und die Falle 16S um 18:00 Uhr. Bei den beiden Hochlagen-Fallen (9aK und 23S) fiel dabei die maximale Flugaktivität mit den Maximaltemperaturen zusammen, bei den Mittel- und Tieflagen-Fallen hingegen nicht. Die Tagessumme gefangener Buchdrucker war für Falle 23S am höchsten (221 *I. typographus*), gefolgt von 19S (204) und 16S (181); die Tagessumme nahm also bei den Schlitzfallen von der Hochlage zur Tieflage hin ab. Die Kammrohrfallen fingen deutlich weniger Buchdrucker als die Schlitzfallen; bei diesen Fallen fing die Hochlagen-Falle 9aK am wenigsten (47), die anderen beiden Fallen fingen in etwa gleich viele Käfer (2aK: 116, 5aK: 117).

Die ersten Buchdrucker flogen am Vormittag im Temperaturbereich von 15,6°C bis 18,6°C (23S: 4 Buchdrucker), die letzten am Abend im Temperaturbereich von 22,1°C bis 16,4°C (2aK: 2 Buchdrucker). Unterhalb von 16,4°C konnte weder morgens noch abends Flugaktivität registriert werden (siehe am 15. Mai: 9aK 8:00 Uhr; 19S 10:00 Uhr; 23S 20:00 Uhr; 2aK 21:00 Uhr; am 16. Mai: 9aK 8:00 Uhr).

Ameisenbuntkäfer traten am 15. Mai nur in vier Exemplaren auf. Alle gehörten zur Art *T. femoralis*. Je ein *T. fe-*

*moralis* fand sich in Falle 2aK (10:00 Uhr), Falle 16S (12:00 Uhr), Falle 5aK (20:00 Uhr) und Falle 19 S (21:00 Uhr). Die zwei ersteren wurden also vormittags in den Tieflagen-Fallen, die zwei letzteren abends in Mittellagen-Fallen gefangen. Die Hochlagen-Fallen enthielten an diesem Tag keine Ameisenbuntkäfer.

Der Ameisenbuntkäfer in Falle 2aK war im Temperaturbereich von 12,4°C bis 19,2°C geflogen, der Ameisenbuntkäfer in Falle 19S im Bereich von 18,7°C bis 18°C. Die anderen beiden flogen bei höheren Temperaturen.

#### 7.2.2 Flugaktivität und Temperaturverlauf am 11. und 12. Juni 1997 im Wimbachtal bzw. im Bereich Schwarzenederer

Die Summe der Anflüge von *I. typographus* und *T. femoralis* an fünf Schlitzfallen sowie die Temperatur-Verläufe sind für die beiden Tage und Standorte in Abb. 57 und Abb. 58 dargestellt.

Am 11. Juni war von 8:00 Uhr bis 9:00 Uhr kein *I. typographus*-Flug zu beobachten. Nach 9:00 Uhr nahm die Flugaktivität rasch zu, erreichte um 12:00 Uhr ihr Maximum und klang dann bis 20:00 Uhr langsam wieder ab. Das Flugmaximum fiel mit dem Temperaturmaximum

(25,8°C) zusammen. Die ersten vier Buchdrucker flogen zwischen 9:10 Uhr und 9:25 Uhr bei einer Temperatur zwischen 18,2°C und 19,5°C. Der letzte Buchdrucker flog am Abend zwischen 20:35 Uhr und 20:45 Uhr bei einer Temperatur zwischen 16,6°C und 15,6°C.

An Ameisenbuntkäfern wurden nur Individuen der Art *T. femoralis* gefangen. Acht von neun Tieren wurden zwischen 11:00 Uhr und 14:00 Uhr gefangen, eines um 18:00 Uhr. Die maximale Fangzahl von fünf Tieren wurde um 13:00 Uhr erreicht. Die Temperaturen lagen zur Zeit des Ameisenbuntkäfer-Fluges zwischen 20,6°C und 25,8°C.

Am 12. Juni stieg die Flugaktivität von *I. typographus* ab 8:00 Uhr langsam an und erreichte um 13:00 Uhr ihr Tagesmaximum. Zwischen 13:00 Uhr und 14:00 Uhr sank sie, um dann bis zum zweiten, niedrigeren Maximum um 16:00 Uhr wieder zu steigen. Von da an klang sie bis 20:00 Uhr ab. Die maximale Flugaktivität wurde eine Stunde vor der Tageshöchsttemperatur (27,0°C) erreicht. Die zwei ersten Buchdrucker flogen zwischen 7:35 Uhr und 8:08 Uhr bei einer Temperatur zwischen 18,4°C und 20,4°C. Am 13. Juni war bereits um 7:25 Uhr bei einer Temperatur von 18,3°C ein Buchdrucker geflogen. Am Abend des 12. Juni wurden die letzten Tiere zwischen 18:10 Uhr und 19:10 Uhr bei Temperaturen zwischen 21,3°C und 17,2°C gefangen.

Am 12. Juni zog ab etwa 13:00 Uhr stärkere Bewölkung auf. Um 18:45 Uhr begann es dann leicht, ab 20:00 Uhr

stärker zu regnen, was sich im starken Temperaturabfall zwischen 18:00 Uhr und 19:00 Uhr bemerkbar machte.

Vier *T. femoralis* traten einzeln von 12:00 Uhr bis 18:00 Uhr auf. Die Temperaturen lagen in dieser Zeit zwischen 21,7°C und 26,4°C.

## 8 Arretierung von *Thanasimus* sp. in Borkenkäfer-Fangsystemen

### 8.1 Laborversuche

*Thanasimus* sp. und *I. typographus* wurden in den Verhältnissen 2:10, 2:4 und 2:2 in die Fangbehälter von Kammrohr- und Schlitzfallen gegeben.

Die zwei *Thanasimus* sp.-Individuen fraßen dabei durchschnittlich 0,42 bis 2,8 *I. typographus* pro Tag. An einem Tag fraßen sie zwischen null und vier Buchdrucker. Die maximale Fraßleistung von 4 Buchdruckern trat nur einmal bei einem Verhältnis von 2:10 (Kammrohrfalle), sechsmal hingegen bei einem Verhältnis von 2:4 auf (2x Schlitz-, 4x Kammrohrfalle). Die maximale Anzahl gefressener Buchdrucker pro Woche und Einzelfalle betrug 20. Wären diese Buchdrucker zu gleichen Teilen von beiden Ameisenbuntkäfern gefressen worden, so ergäbe dies eine Anzahl von durchschnittlich 1,5 Buchdruckern pro Tag und Individuum. Die Menge der vorhandenen Buchdrucker hat offenbar keine Auswirkung auf die Fraßleistung von *Thanasimus* sp. Die zweifache Varianzanalyse zeigt dies auf. Sie macht außerdem

Tab. 32: Varianzanalyse zum Einfluss von Fallentyp (Kammrohrfalle, Schlitzfalle) und *I. typographus*-Anzahl (2, 4 oder 10 *I. typographus*/Falle) auf die Fraßkapazität von *Thanasimus* sp.

Faktor	F	p
Fallentyp	0,131	0,721
Anzahl <i>I. typographus</i>	2,328	0,119
Fallentyp x Anzahl <i>I. typographus</i>	0,125	0,883

Tab. 33: Varianzanalyse zum Einfluss von Fallentyp und *I. typographus*-Anzahl auf die Anzahl entflugener *Thanasimus* sp. (Quadratwurzel-transformierte Werte).

Faktor	F	p
Fallentyp	11,644	0,002
Anzahl <i>I. typographus</i>	1,822	0,183
Fallentyp x Anzahl <i>I. typographus</i>	1,07	0,359

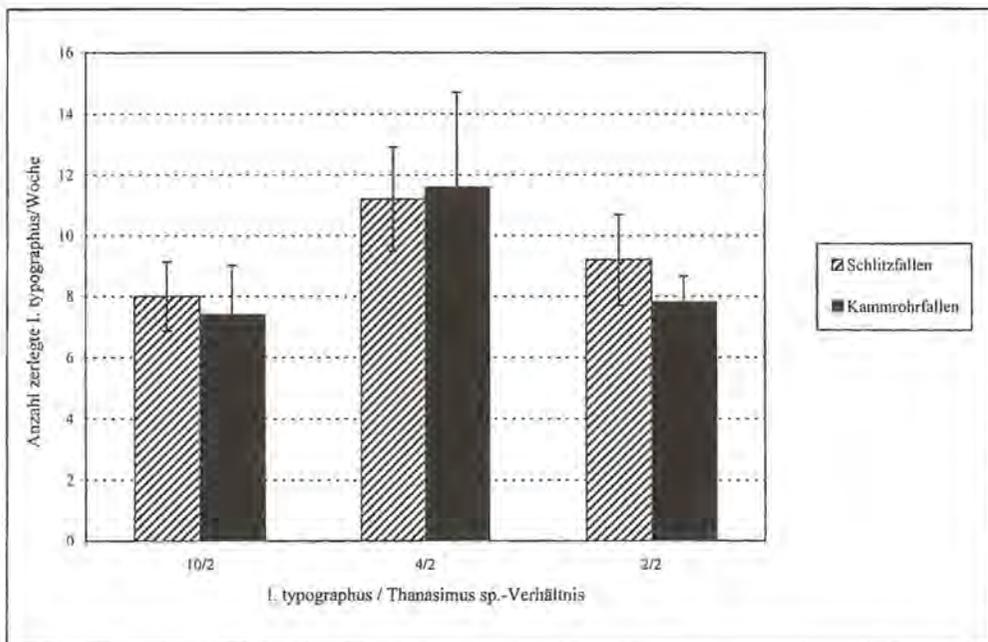


Abb. 59: Mittelwerte (Standardfehler) der pro Woche durch *Thanasimus* sp. gefressenen *I. typographus* bei unterschiedlichen *I. typographus* / *Thanasimus* sp.-Verhältnissen und Fallentypen.

deutlich, dass der Fallentyp, ebenso wie die Kombination Buchdrucker-Anzahl / Fallentyp, keinen signifikanten Einfluss auf die Fraßleistung hat (zugrunde liegende Daten: zerlegte *I. typographus*/Woche, n=30; Tab. 32, Abb. 59)

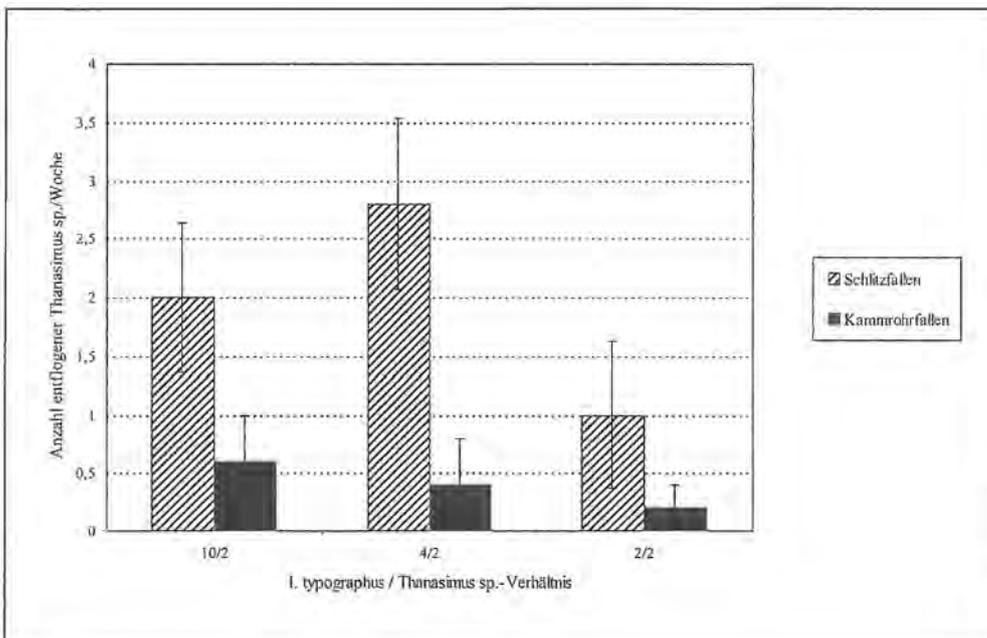
Neben der Fraßleistung von *Thanasimus* sp. interessierte besonders, ob Ameisenbuntkäfer aus den unterschiedlichen Fangsystemen entweichen können. Dies ist offenbar sowohl bei Kammrohr-, als auch bei Schlitzfallen möglich. Die Schlitzfallen wurden an drei Versuchstagen von beiden *Thanasimus* sp. verlassen, bei den Kammrohrfallen kam dies niemals vor. Aus den Schlitzfallen entwichen bis zu fünf Ameisenbuntkäfer pro Woche, aus Kammrohrfallen höchstens zwei pro Woche. Der *Thanasimus* sp.-Verlust ist bei Schlitzfallen also deutlich höher, was durch die zweifache Varianzanalyse belegt wird (Tab. 33, Abb. 60). Die Zahl der in der Falle vorhandenen Buchdrucker und die Wechsel-

wirkung von Fallentyp und Buchdruckerzahl haben demnach keinen Einfluss auf den Verbleib der Ameisenbuntkäfer.

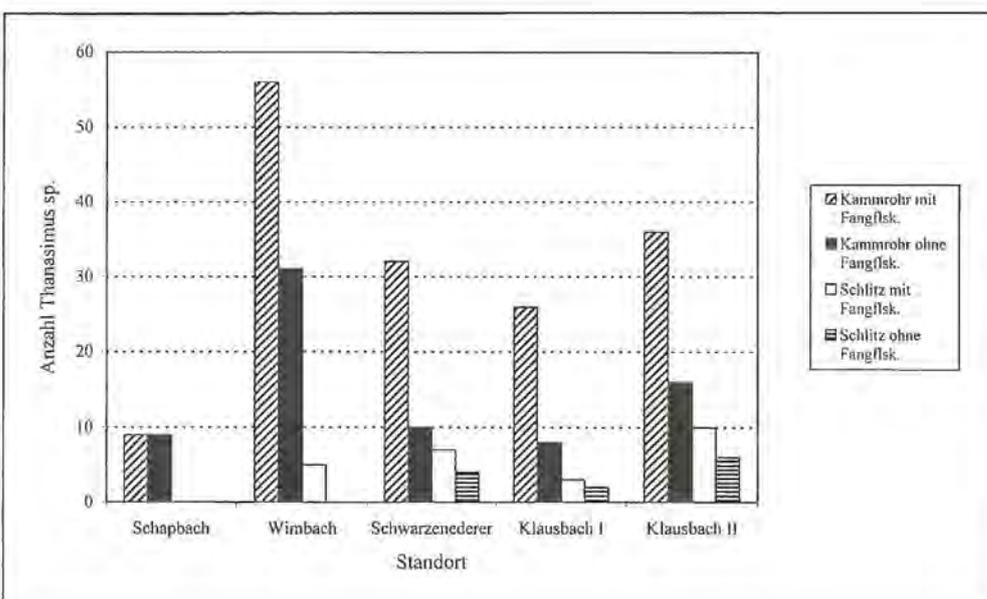
## 8.2 Freilandversuche

Diese Versuche sollten klären, wie sich die *Thanasimus* sp.-Fangergebnisse verschiedener Fallentypen im Freiland unterscheiden.

Aus Abb. 61 wird ersichtlich, dass die *Thanasimus* sp.-Fangzahlen der Kammrohrfallen an allen fünf Standorten höher ausfielen als die der Schlitzfallen. An vier der fünf Standorte zeigt sich außerdem eine deutliche Abstufung. Die Kammrohrfalle mit Fangflüssigkeit wies mit Abstand die höchsten Fangzahlen auf, gefolgt von den Kammrohrfallen ohne Fangflüssigkeit, den Schlitzfallen mit Fangflüssigkeit und schließlich den Schlitzfallen ohne Fangflüssigkeit.



**Abb. 60:** Mittelwerte (Standardfehler) der pro Woche entflogener *Thanasimus* sp. bei unterschiedlichen *I. typographus* / *Thanasimus* sp.-Verhältnissen und Fallentypen.



**Abb. 61:** Summe der *Thanasimus* sp.-Fänge in Kammrohr- bzw. Schlitzfallen mit und ohne Fangflüssigkeit an 5 Standorten.

Der Kruskal-Wallis-Test zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den vier Fallentypen an ( $H=24,534$ ;  $p<0,001$ ;  $n=20$ ). Der paarweise Vergleich der Fallentypen nach der Student-Newman-Keuls-Methode ergab in allen Fällen signifikante Differenzen (Tab. 34).

Bei den Fallen ohne Fangflüssigkeit besteht zwischen der Anzahl gefangener *Thanasimus* sp. und der Zahl zerlegter Buchdrucker ein signifikanter Zusammenhang ( $r_s=0,803$ ;  $p<0,001$ ;  $n=25$ ). Je mehr Ameisenbuntkäfer gefangen wurden, desto mehr Buchdrucker waren zerlegt (Abb. 62).

Obwohl in Schlitzfallen signifikant weniger Ameisenbuntkäfer als in Kammrohrfallen gefunden wurden, bestand kein signifikanter Unterschied zwischen Schlitz- und Kammrohrfallen in der Anzahl zerlegter Buchdrucker (Mann-Whitney-U-Test:  $Z=-0,549$ ;  $p=0,599$ ; Kammrohr:  $n=11$ , Schlitz:  $n=3$ ).

Eine schwache, positive Beziehung zwischen dem Fang von *I. typographus* und *Thanasimus* sp. bestand nur bei den Schlitzfallen mit Fangflüssigkeit (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s=0,593$ ;  $p=0,007$ ;  $n=20$ ).

Tab. 34: Paarweiser Vergleich der *Thanasimus* sp.-Fangzahlen der verschiedenen Fallentypen (Student-Newman-Keuls-Test); K=Kammrohrfallen, S=Schlitzfallen, F.fl.=Fangflüssigkeit.

Faktor	q	p
K mit F.fl. - S ohne F.fl.	6,452	<0,05
K mit F.fl. - S mit F.fl.	6,293	<0,05
K mit F.fl. - K ohne F.fl.	5,776	<0,05
K ohne F.fl. - S ohne F.fl.	4,718	<0,05
K ohne F.fl. - S mit F.fl.	3,625	<0,05
S mit F.fl. - S ohne F.fl.	3,424	<0,05

### 8.3 Vergleich von Freiland- und Labordaten

Freiland- wie Labordaten zeigen, was die Anzahl zerlegter *I. typographus* pro *Thanasimus* sp. betrifft, keine signifikanten Unterschiede zwischen Kammrohr- und Schlitzfallen (s. Ergebnisse 8.1 und 8.2). Im Freiland war die Anzahl zerlegter Buchdrucker pro Ameisenbuntkäfer allerdings höher als im Labor (Freiland: Kammrohrfallen  $n=3$ ; Schlitzfallen  $n=11$ ; Labor: Kammrohrfallen  $n=30$ ; Schlitzfallen  $n=30$ ; Abb. 63).

Betrachtet man den Prozentsatz entflogener *Thanasimus* sp., so ergeben sich im Labor 51 % für die Schlitzfallen (29 entfliegen, 57 eingesetzt) und 17 % (6 entfliegen, 36 eingesetzt) für die Kammrohrfallen. Für das Freiland errechnen sich Werte von 52 % ( $n=4$  Standorte) für die Schlitz- und 53 % ( $n=5$  Standorte) für die Kammrohrfallen. Dabei wurden die *Thanasimus* sp.-Zahlen in den Fallen mit Fangflüssigkeit als 100 % angenommen und errechnet, um wieviel Prozent niedriger der Fang in den Fallen ohne Fangflüssigkeit war (Abb. 64). Im Freiland konnten die Ameisenbuntkäfer also offenbar aus Kammrohr- und Schlitzfallen in gleichem Umfang entkommen.

### 9 Markierungsversuche mit *Thanasimus femoralis*

An den sechs Kammrohrfallen des Klausbachtals konnten am 1. Mai 1997 101 Individuen von *T. femoralis* markiert werden (Tab. 35). Nach der Markierung flogen nur wenige der Ameisenbuntkäfer direkt ab. War dies der Fall, so erfolgte der Abflug in allen Fällen nach oben in Richtung der Baumkronen. Bei der nächsten Leerung der Fallen am 20. Mai konnten sieben markierte Käfer in den Fallen wiedergefunden werden, am 9. Juni noch

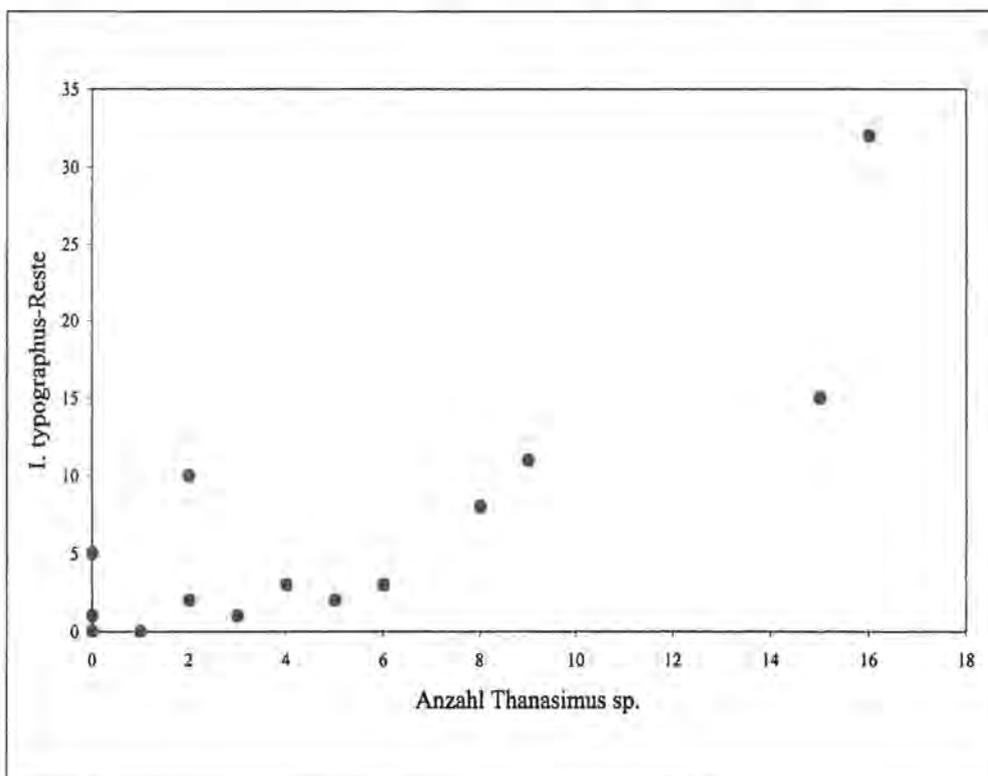


Abb. 62: Korrelation zwischen der Anzahl gefangener *Thanasimus* sp. und der Anzahl zerlegter *I. typographus* in Fallen ohne Fangflüssigkeit;  $r_s=0,803$ ;  $p<0,001$ .

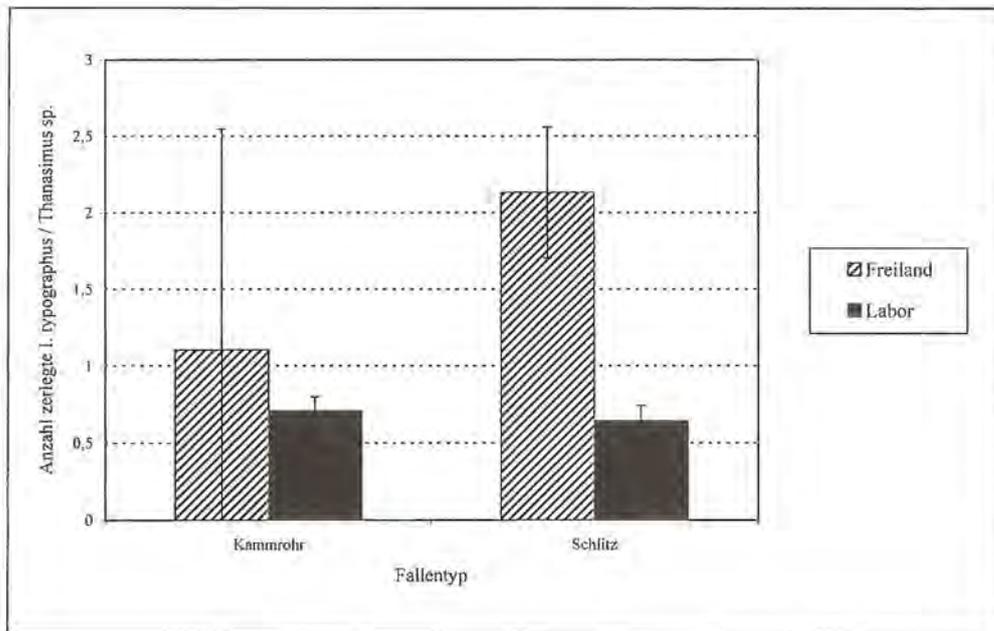


Abb. 63: Mittelwerte der Anzahl zerlegter *I. typographus* pro *Thanasimus* sp. aus Freiland- und Laboruntersuchungen.

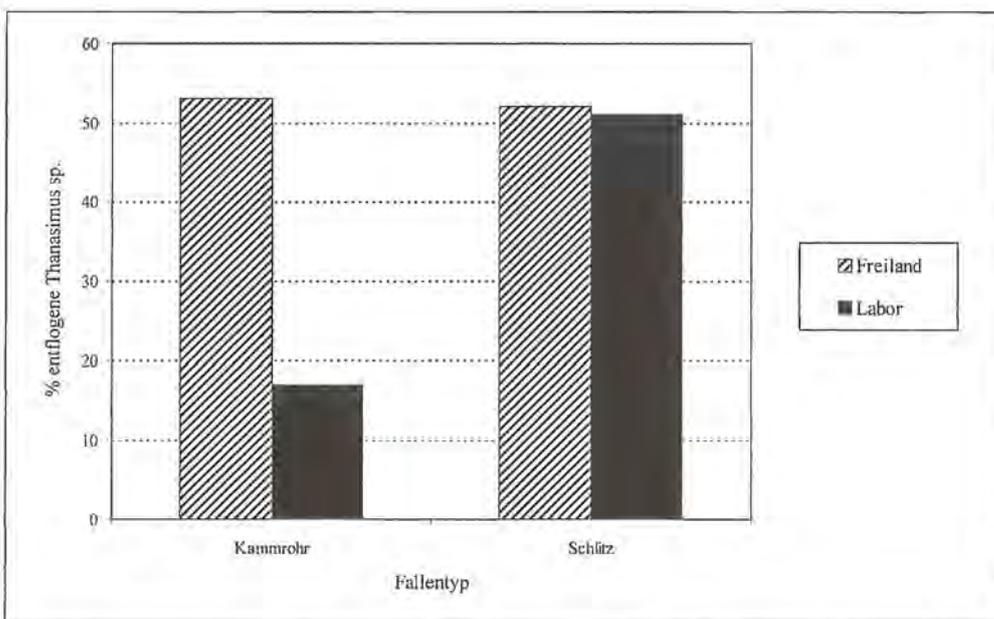


Abb. 64: Prozentzahlen entflogener *Thanasimus* sp. im Freiland (rechnerische Werte) und im Labor.

Tab. 35: Markierung und Wiederfang von *T. femoralis* in Kammerrohrfallen des Klausbach-Profiles.

Falle	Datum der Markierung	Datum des Wiederfangs	Anzahl markierter Tiere	Anzahl wiedergefangener Tiere (% d. markierten)	Tiere aus der gleichen Falle	Tiere aus anderen Fallen (Fallen-Nr.)
KL2aK	1.5.97	20.5.97	17	2	2	
KL2bK	1.5.97	20.5.97	11	1		1 (2aK)
KL3aK	1.5.97	20.5.97	42	3	3	
KL3bK	1.5.97	20.5.97	11	1	1	
KL4aK	1.5.97	20.5.97	4			
KL4bK	1.5.97	20.5.97	16			
KL5aK	1.5.97	9.6.97		1		1 (2aK)
KL2aK	16.6.97	1.7.97	7	2		
KL2bK	16.6.97	1.7.97	10			
KL3aK	16.6.97	1.7.97	7			
KL3bK	16.6.97	1.7.97	7	1		
KL4aK	16.6.97	1.7.97	18	3	1	2 (4bK)
KL4bK	16.6.97	1.7.97	12			
Summe	1.5.97	20.5./9.6.97	101	8 (8,1 %)	6	2
Summe	16.6.97	1.7.97	61	6 (9,8 %)	4	2
Gesamtsumme			162	14 (8,6 %)		

einmal ein einzelner. Dies entspricht 8,1 % der zuvor markierten Tiere.

Am 16. Juni wurden 61 *T. femoralis* markiert, von denen am 1. Juli sechs wiederentdeckt werden konnten (9,8 %).

Insgesamt konnten bei dem Versuch von 162 markierten Tieren 14 (8,6 %) in den Fallen wiedergefunden werden.

Die meisten markierten Ameisenbuntkäfer fanden sich in der Falle wieder, aus der sie entnommen worden waren. Drei Käfer waren beim Wiederauftrag in benachbarten Fallen zu finden, die etwa 50 m entfernt von den Fallen standen, aus denen die Tiere entnommen worden waren. Ein *T. femoralis*-Individuum konnte 39 Tage nach seiner Markierung und in einer Entfernung von etwa 1,9 km vom Freilassungsort erneut in einer Kammrohrfalle gefangen werden.

## 10 Auswirkung unterschiedlicher *Thanasimus femoralis*-Adult-Dichten auf die Larvenanzahl von *Thanasimus femoralis* und die Brutproduktion von *Ips typographus*

### 10.1 Schlupfverlauf von *Ips typographus*

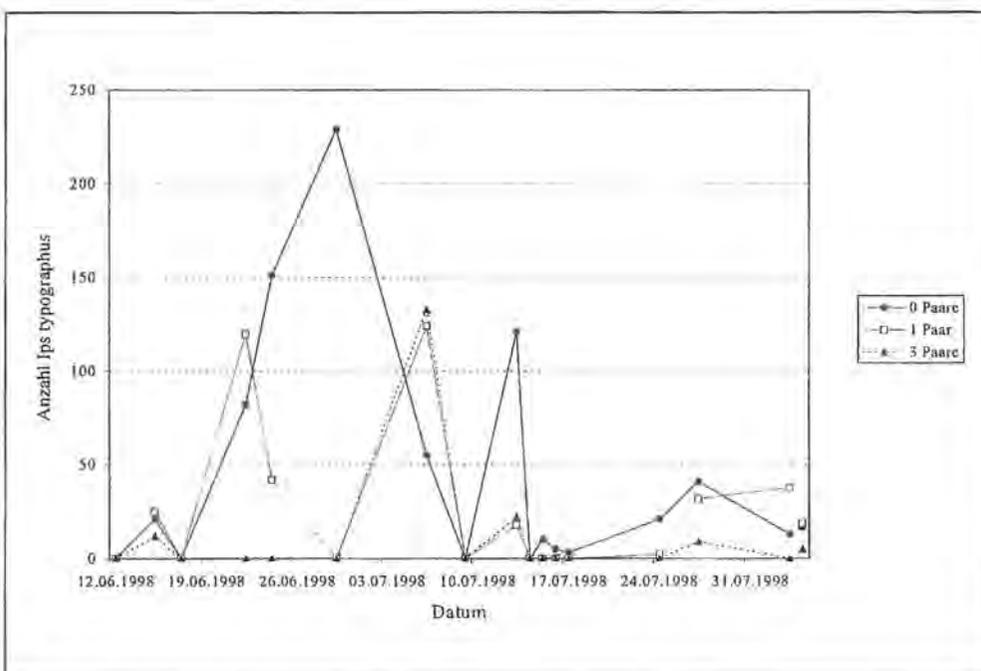
Abb. 65 und Abb. 66 zeigen den mittels Eklektoren ermittelten Schlupfverlauf von *I. typographus* für die drei Versuchsansätze (0, 1 und 3 *T. femoralis*-Paare). In Abb. 65 sind dabei für jede Variante die Summen der drei Stammstücke dargestellt, die am 12./13. Mai besiedelt worden waren, in Abb. 66 die Summen der drei Stammstücke, die am 28./29. Mai besiedelt worden waren. Die Werte des letzten Termins, die nicht durch Linien mit den vorangegangenen Werten verbunden sind, stellen jeweils die Anzahl der Buchdrucker dar, die nach dem Entrinden der Stammstücke unter der Rinde gefunden wurden.

Bei fünf der sechs dargestellten Kurven ist ein zweigipfliger Schlupfverlauf von *I. typographus* erkennbar, wobei das zweite Schlupfmaximum etwa zwei Wochen nach dem ersten auftrat. Lediglich die am 12./13. Mai mit 3 *T. femoralis*-Paaren versehenen Stammstücke wiesen nur ein deutliches Maximum auf (Abb. 65).

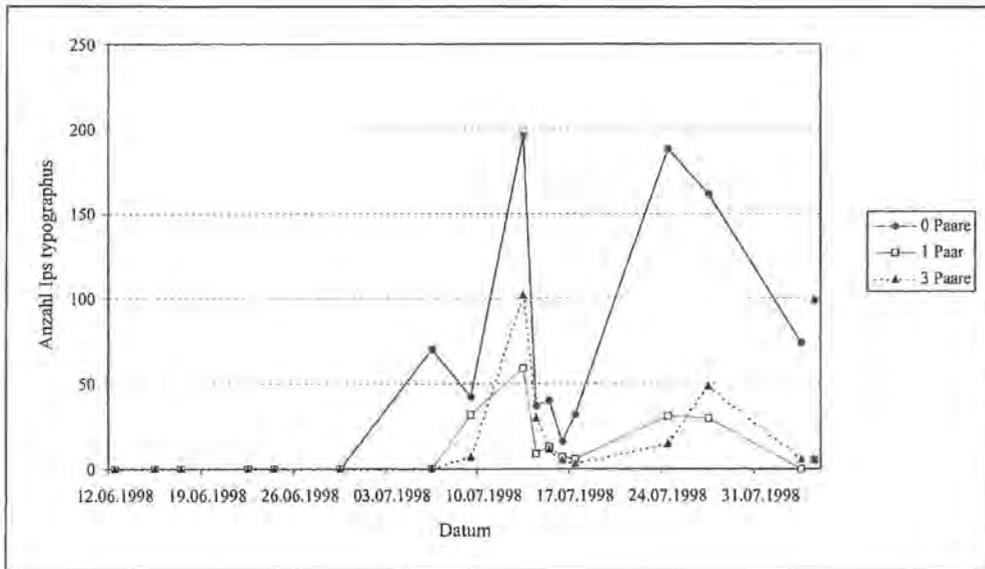
Bei den am 28./29. Mai besiedelten Stammstücken ohne *T. femoralis* konnte unter der Rinde noch eine recht hohe Zahl an Buchdruckern gefunden werden (99 Stück; Abb. 66). Dies deutet darauf hin, dass hier der Schlupf, im Gegensatz zu den anderen Varianten, noch nicht vollständig abgeschlossen war.

Maximal schlüpften 383 Buchdrucker aus einem Stammstück ohne Ameisenbuntkäfer, was einer Dichte von 1060 *I. typographus*/m<sup>2</sup> entspricht. Abgesehen von einem Stammstück ohne Bruterfolg (s. u.), lag die minimale Schlupfrate bei 30 Buchdruckern pro Stammstück und damit bei 70 *I. typographus*/m<sup>2</sup>. Dieses Stammstück war mit drei Ameisenbuntkäfer-Paaren besiedelt worden. Die durchschnittliche Besiedlungsdichte von *I. typographus* lag bei den Stammstücken mit *T. femoralis*-Zugang bei 227 *I. typographus*/m<sup>2</sup>.

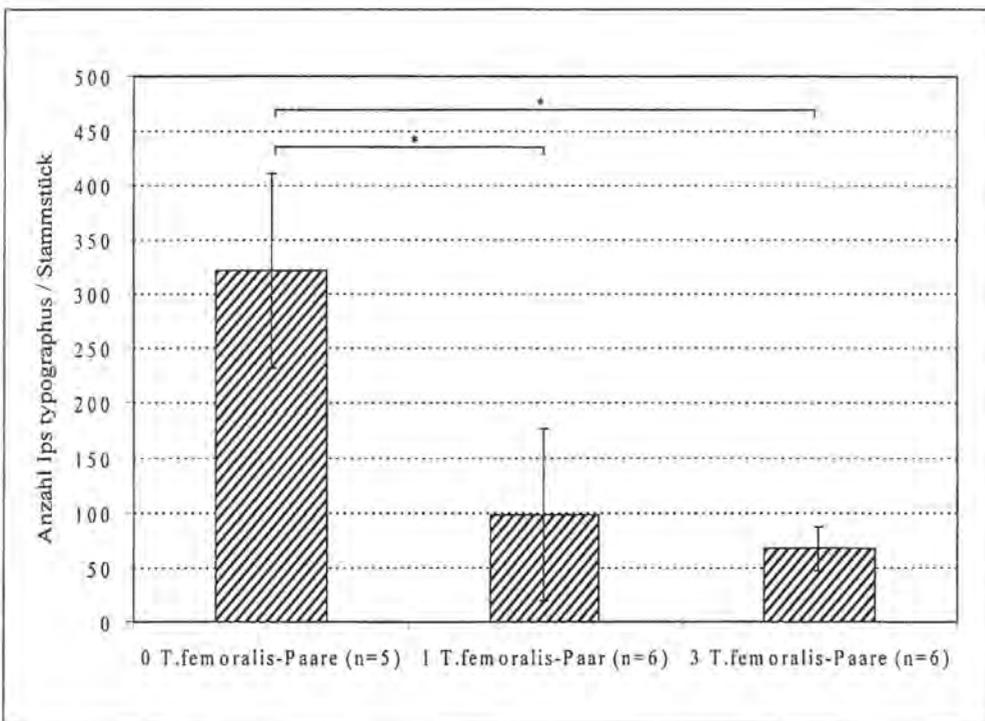
Ein Vergleich der drei Varianten ergab in einer einfaktoriellen Varianzanalyse einen hochsignifikanten Unterschied ( $F=15,2139$ ;  $p=0,003$ ). Ein Stammstück, welches nicht mit Ameisenbuntkäfern besiedelt worden war, wurde dabei aus der Analyse ausgeschlossen, da es offenbar nicht erfolgreich von *I. typographus* besiedelt werden konnte. Aus diesem Stammstück schlüpften nur 3 Buchdrucker, während ansonsten die geringste Buchdrucker-Summe 30 betrug. Bei der Kontrolle der Rinde konnten in diesem Stammstück außerdem keine Brutsysteme festgestellt werden. Die Ursache hierfür war möglicherweise die relativ dicke Rinde des Stammstückes. Folglich ist bei der Variante mit 0 *T. femoralis*-Paaren  $n=5$  (Abb. 67).



**Abb. 65:** Schlupfverlauf von *I. typographus* bei Stammstücken, die am 12./13. Mai 1998 besiedelt worden waren (Summe von jeweils 3 Stammstücken mit 0, 1 und 3 *T. femoralis*-Paaren); die Werte des spätesten Zeitpunkts wurden nach dem Entrinden ermittelt (Linien nicht durchgezogen).



**Abb. 66:** Schlupfverlauf von *I. typographus* bei Stammstücken, die am 28./29. Mai 1998 besiedelt worden waren (Summe von jeweils 3 Stammstücken mit 0, 1 und 3 *T. femoralis*-Paaren); die Werte des spätesten Zeitpunkts wurden nach dem Entrinden ermittelt (Linien nicht durchgezogen).



**Abb. 67:** Aus Stammstücken geschlüpfte *I. typographus* bei unterschiedlicher *T. femoralis*-Dichte (MW; VB; \* = Signifikanz im Scheffé-Test).

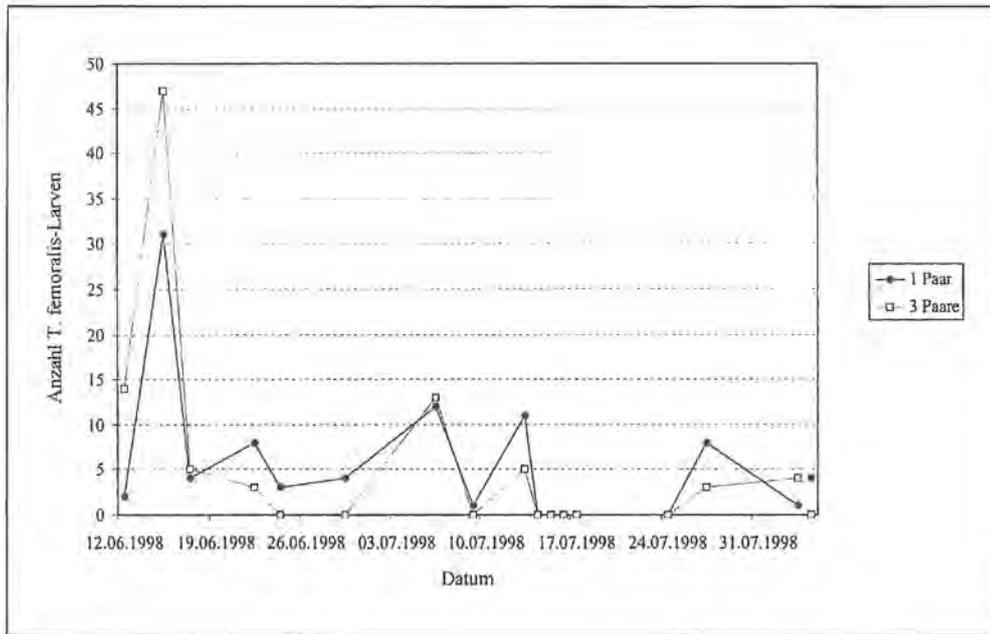
Die Anzahl geschlüpfter *I. typographus* war, wie bereits aus Abb. 65 und Abb. 66 ersichtlich, bei den Stammstücken ohne *T. femoralis* am höchsten (321,2 *I. typographus*/Stammstück; 877,5 *I. typographus*/m<sup>2</sup>). Ein Scheffé-Test zeigte signifikante Differenzen zu den beiden anderen Varianten mit 1 und 3 *T. femoralis*-Paaren (Abb. 67). Aus den Stammstücken mit nur einem Ameisenbuntkäfer-Paar schlüpften zwar mehr Buchdrucker als aus denen mit drei Ameisenbuntkäfer-Paaren, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (1 *T. femoralis*-Paar: 98,0 *I. typographus*/Stammstück; 271,5 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; 3 *T. femoralis*-Paare: 67,5 *I. typographus*/Stammstück; 181,5 *I. typographus*/m<sup>2</sup>).

Gegenüber den Kontrollstammstücken verursachten die Ameisenbuntkäfer eine zusätzliche Buchdrucker-Mortalität von 70 % (1 *T. femoralis*-Paar/Stammstück) bzw. 79 % (3 *T. femoralis*-Paare/Stammstück).

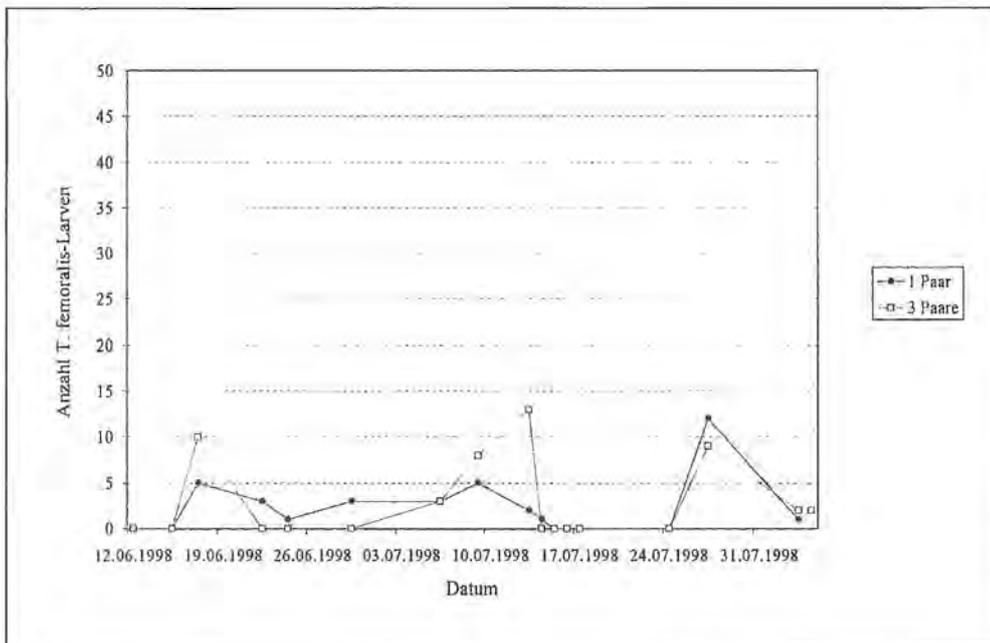
## 10.2 Abwanderungsverlauf von *Thanasimus femoralis*-Larven

Der zeitliche Verlauf der Abwanderung von *T. femoralis*-Larven in den Eklektoren ist in Abb. 68 und Abb. 69 dargestellt. Abb. 68 zeigt die Summen der am 12./13. Mai mit *I. typographus* besiedelten Stammstücke, Abb. 69 die der am 28./29. Mai besiedelten. Hier stellen die Werte des letzten Termins die Anzahlen der nach dem Entrinden aufgefundenen *T. femoralis*-Larven, -Puppen und -Adulti dar.

Die Abwanderungsverläufe der Stammstücke mit einem *T. femoralis*-Paar und der Stammstücke mit drei Paaren glichen sich. Bei der Anzahl an Ameisenbuntkäfer-Larven war ebenfalls kein deutlicher Unterschied zwischen den Versuchsvarianten festzustellen. Aus den Stammstücken, die mit drei *Thanasimus*-Paaren besetzt waren,



**Abb. 68:** Abwanderungsverlauf von *T. femoralis*-Larven aus Stammstücken, die am 12./13. Mai 1998 besiedelt worden waren (Summe von jeweils 3 Stammstücken mit 1 und 3 *T. femoralis*-Paaren); die Werte des spätesten Zeitpunkts wurden nach dem Entrinden ermittelt (Linien nicht durchgezogen).



**Abb. 69:** Abwanderungsverlauf von *T. femoralis*-Larven aus Stammstücken, die am 28./29. Mai 1998 besiedelt worden waren (Summe von jeweils 3 Stammstücken mit 1 und 3 *T. femoralis*-Paaren); die Werte des spätesten Zeitpunkts wurden nach dem Entrinden ermittelt (Linien nicht durchgezogen).

schlüpfen zwar durchschnittlich mehr Larven, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=-0,42$ ;  $p=0,686$ ; Abb. 70).

Die höchste Abwanderungsdichte wurde in einem Stammstück erreicht, welches mit drei Ameisenbunkkäfer-Paaren besiedelt worden war. Hier wurden 44 *T. femoralis*-Larven, entsprechend 110 Larven/m<sup>2</sup>, gefunden. Nur 4 *T. femoralis*-Larven schlüpfen aus einem Stammstück, welches mit einem Ameisenbunkkäfer-Paar versehen worden war. Die Abwanderungsdichte betrug hier 10 Larven/m<sup>2</sup>. Die mittlere Abwanderungsdichte lag bei 57 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>.

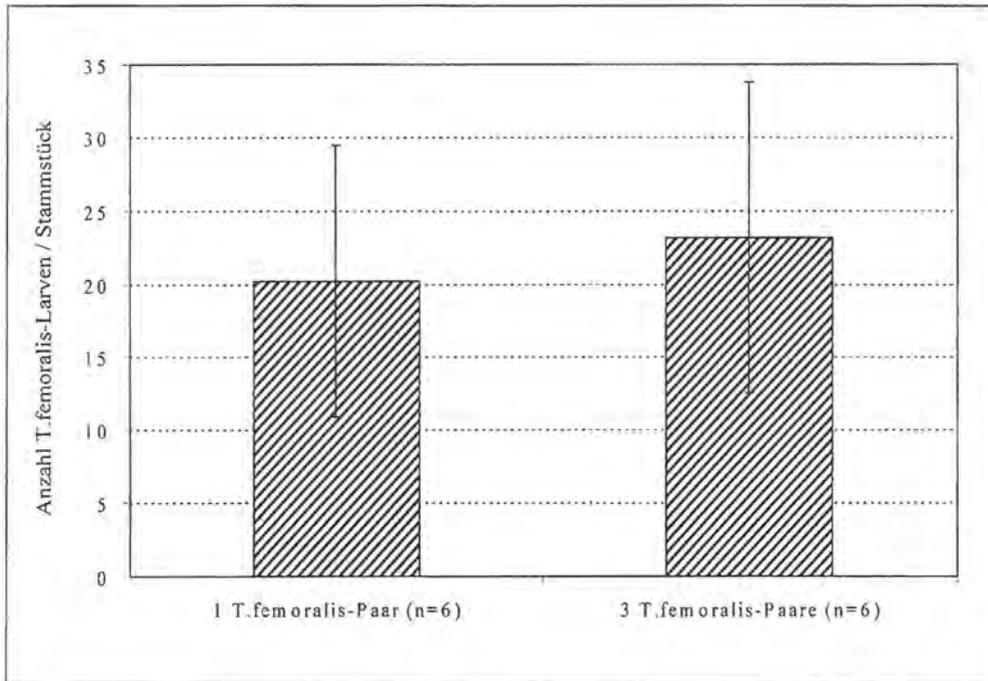
Die Abwanderung der Ameisenbunkkäfer-Larven aus den Stammstücken war in dem überwachten Zeitraum nahezu vollständig, da nach dem Entrinden der Stammstücke nur wenige Larven, Puppen und adulte *T. femo-*

*ralis* unter der Rinde nachgewiesen werden konnten (Abb. 68, Abb. 69).

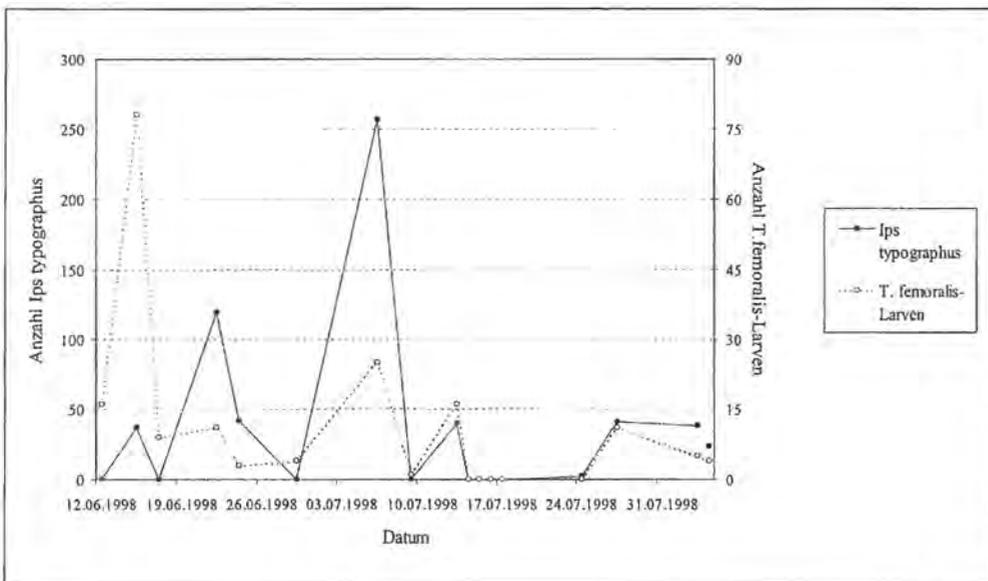
### 10.3 Vergleich des Schlupfverlaufes von *Ips typographus* und des Abwanderungsverlaufes von *Thanasimus femoralis*-Larven

Abb. 71 und Abb. 72 zeigen den Schlupf- bzw. Abwanderungsverlauf von *I. typographus* und *T. femoralis*-Larven im direkten Vergleich. Dabei wurden nur die Stammstücke berücksichtigt, die mit 1 bzw. 3 *T. femoralis*-Paaren versehen worden waren.

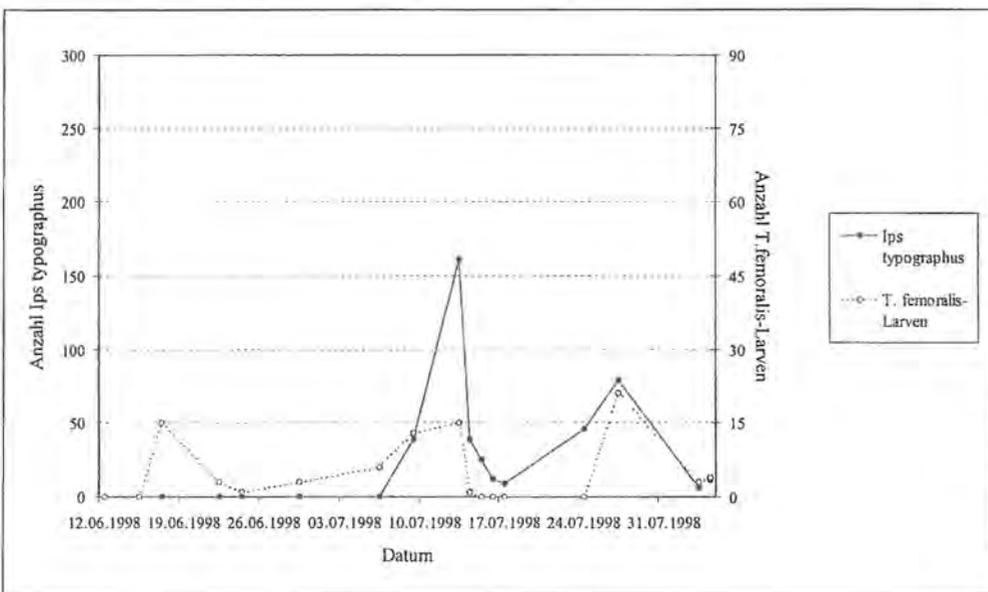
Der Schlupf und die Abwanderung verliefen relativ synchron. Auffällig ist jedoch die relativ hohe Zahl an Ameisenbunkkäfer-Larven, die bereits zu Beginn der Abwanderungsperiode in den Fangbehältern aufgefunden wur-



**Abb. 70:** Aus Stammstücken abgewanderte *T. femoralis*-Larven bei unterschiedlicher *T. femoralis*-Dichte (MW; VB).



**Abb. 71:** Vergleich des Schlupfverlaufes von *I. typographus* und des Abwanderungsverlaufes von *T. femoralis*-Larven bei Stammstücken, die am 12./13. Mai besiedelt worden waren (Summe aus 3 Stammstücken mit 1 *T. femoralis*-Paar und 3 Stammstücken mit 3 *T. femoralis*-Paaren).



**Abb. 72:** Vergleich des Schlupfverlaufes von *I. typographus* und des Abwanderungsverlaufes von *T. femoralis*-Larven bei Stammstücken, die am 28./29. Mai besiedelt worden waren (Summe aus 3 Stammstücken mit 1 *T. femoralis*-Paar und 3 Stammstücken mit 3 *T. femoralis*-Paaren).

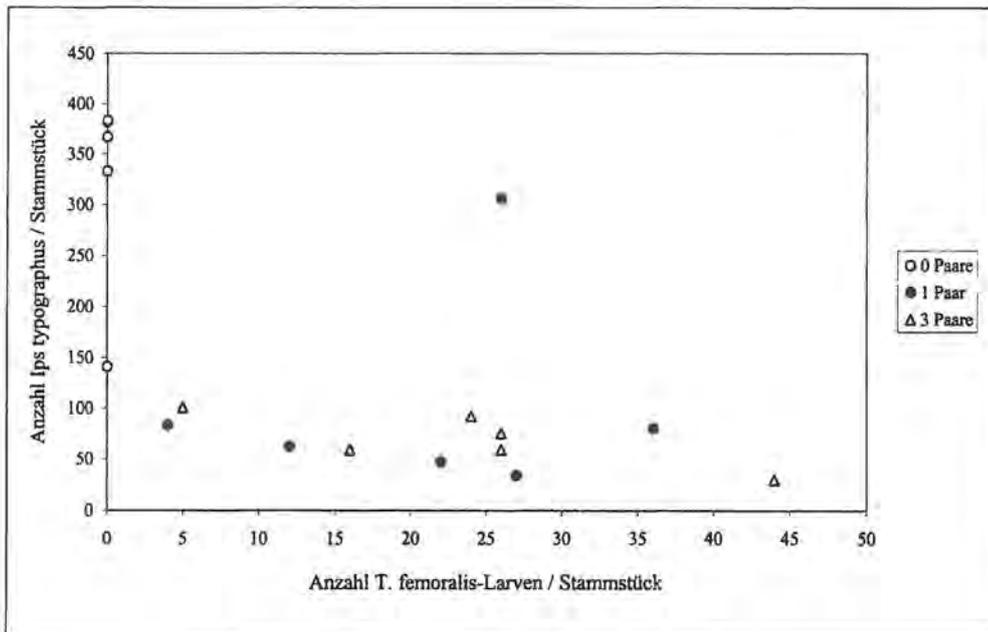
de. Hierbei handelte es sich um Larven des ersten Larvenstadiums.

Setzt man die Anzahl geschlüpfter *I. typographus* zur Anzahl abgewanderter *T. femoralis*-Larven in Bezug, so ergibt sich der Maximalwert von 24,5 *I. typographus* / *T. femoralis*-Larve bei dem Stammstück, aus welchem die wenigsten *T. femoralis*-Larven abgewandert waren (4 *T. femoralis*-Larven, 98 *I. typographus*; Variante: 1 *T. femoralis*-Paar/Stammstück). Aus dem Stammstück mit der höchsten Abwanderungsrate der Ameisenbunkäfer-Larven schlüpften hingegen auch sehr wenige Buchdrucker, so dass hier mit 30 Buchdruckern und 44 Ameisenbunkäfer-Larven ein minimales Verhältnis von 0,7 *I. typographus* / *T. femoralis*-Larve erreicht wird (Variante: 3 *T. femoralis*-Paare/Stammstück).

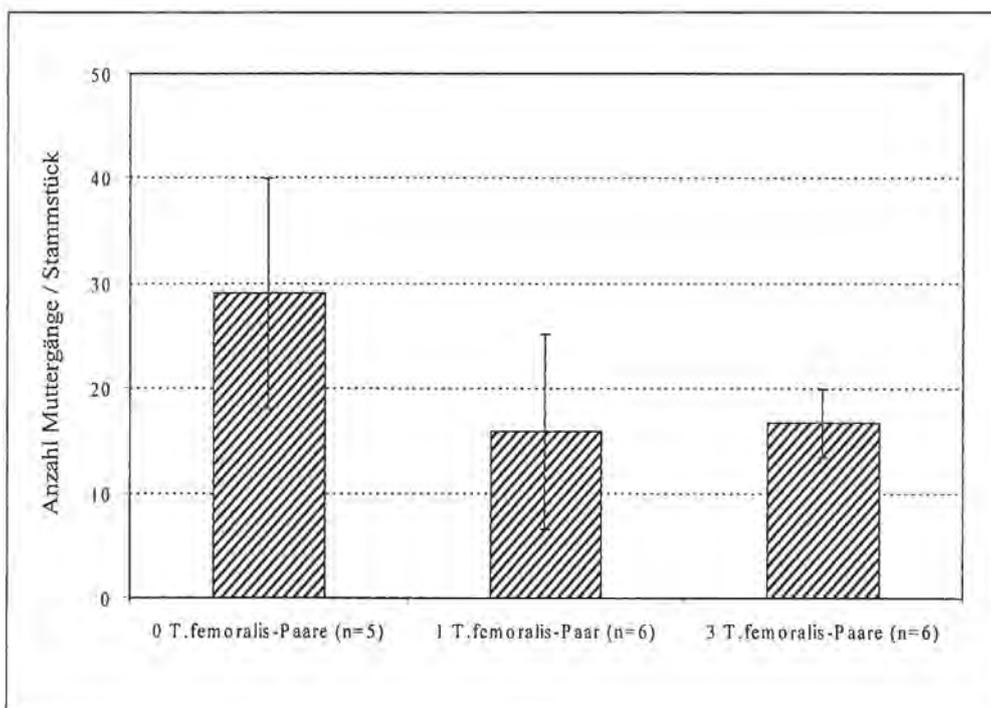
Eine Korrelation der Anzahl geschlüpfter Buchdrucker/m<sup>2</sup> mit den ermittelten Larvenzahlen von *T. femoralis*/m<sup>2</sup> ergab ein signifikantes Ergebnis (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s = -0,797$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 17$ ; Abb. 73). Tendenziell war also eine Abnahme der Buchdrucker-Zahl mit zunehmender *T. femoralis*-Larven-Zahl festzustellen.

#### 10.4 Muttergang-Dichte

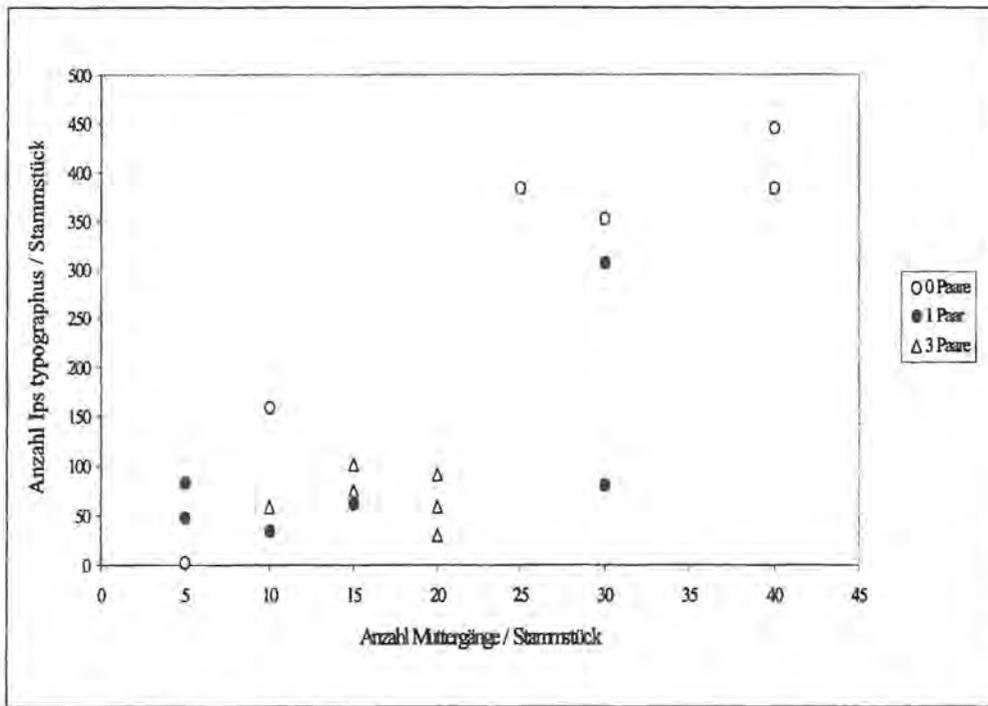
Da die Rinde lediglich in schmalen Streifen abgelöst werden konnte, war es nicht möglich, die Muttergang-Dichte exakt zu bestimmen. Trotzdem konnte eine Zählung durchgeführt werden, welche die Anzahl der Muttergänge auf 5 Muttergänge genau angibt. Wie bei der Auswertung der *I. typographus*-Dichte wurde auch hier das Stammstück ohne deutlich sichtbares Brutsystem von der Analyse ausgeschlossen (s. Ergebnisse 10.1).



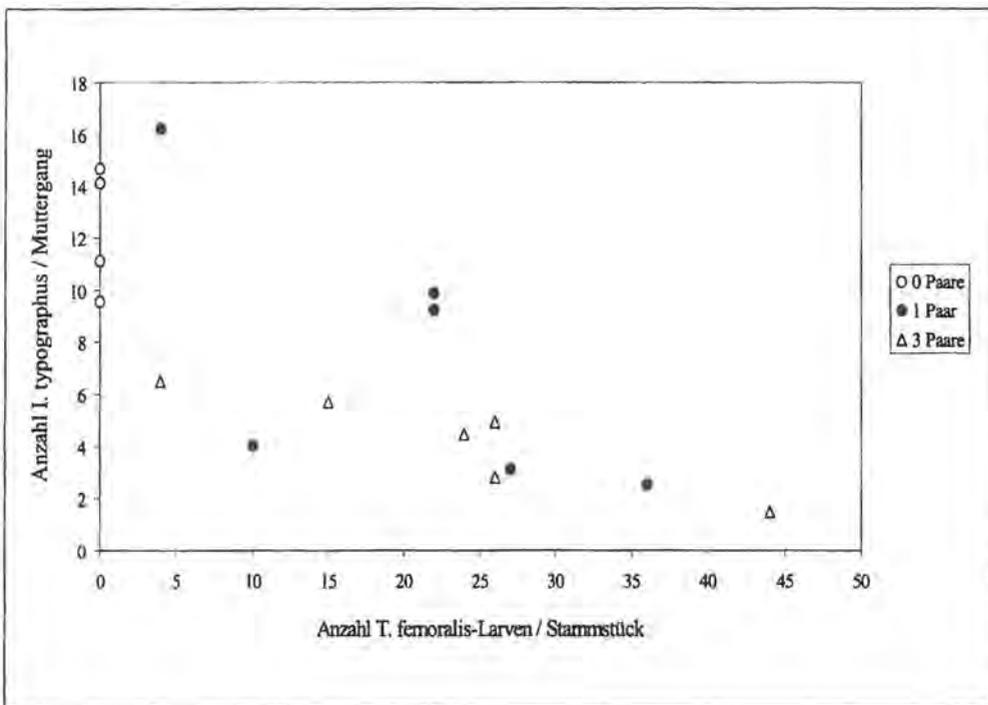
**Abb. 73:** Korrelation zwischen der Anzahl geschlüpfter *I. typographus*-Imagines und der Anzahl abgewanderter *T. femoralis*-Larven aus Stammstücken, die mit 0, 1 bzw. 3 *T. femoralis*-Paaren versehen worden waren;  $r_s = -0,797$ ;  $p < 0,001$ .



**Abb. 74:** Anzahl von *I. typographus* angelegter Muttergänge bei unterschiedlicher *T. femoralis*-Dichte (MW, VB).



**Abb. 75:** Korrelation zwischen der Anzahl geschlüpfter *I. typographus* und der Anzahl an Muttergängen in Stammstücken, die mit 0, 1 bzw. 3 *T. femoralis*-Paaren versehen worden waren;  $r_s=0,679$ ;  $p=0,002$ .



**Abb. 76:** Korrelation zwischen der Anzahl geschlüpfter *I. typographus*/Muttergang und *T. femoralis*-Larven aus Stammstücken, die mit 0, 1 bzw. 3 *T. femoralis*-Paaren versehen worden waren;  $r_s=-0,832$ ;  $p=0,002$ .

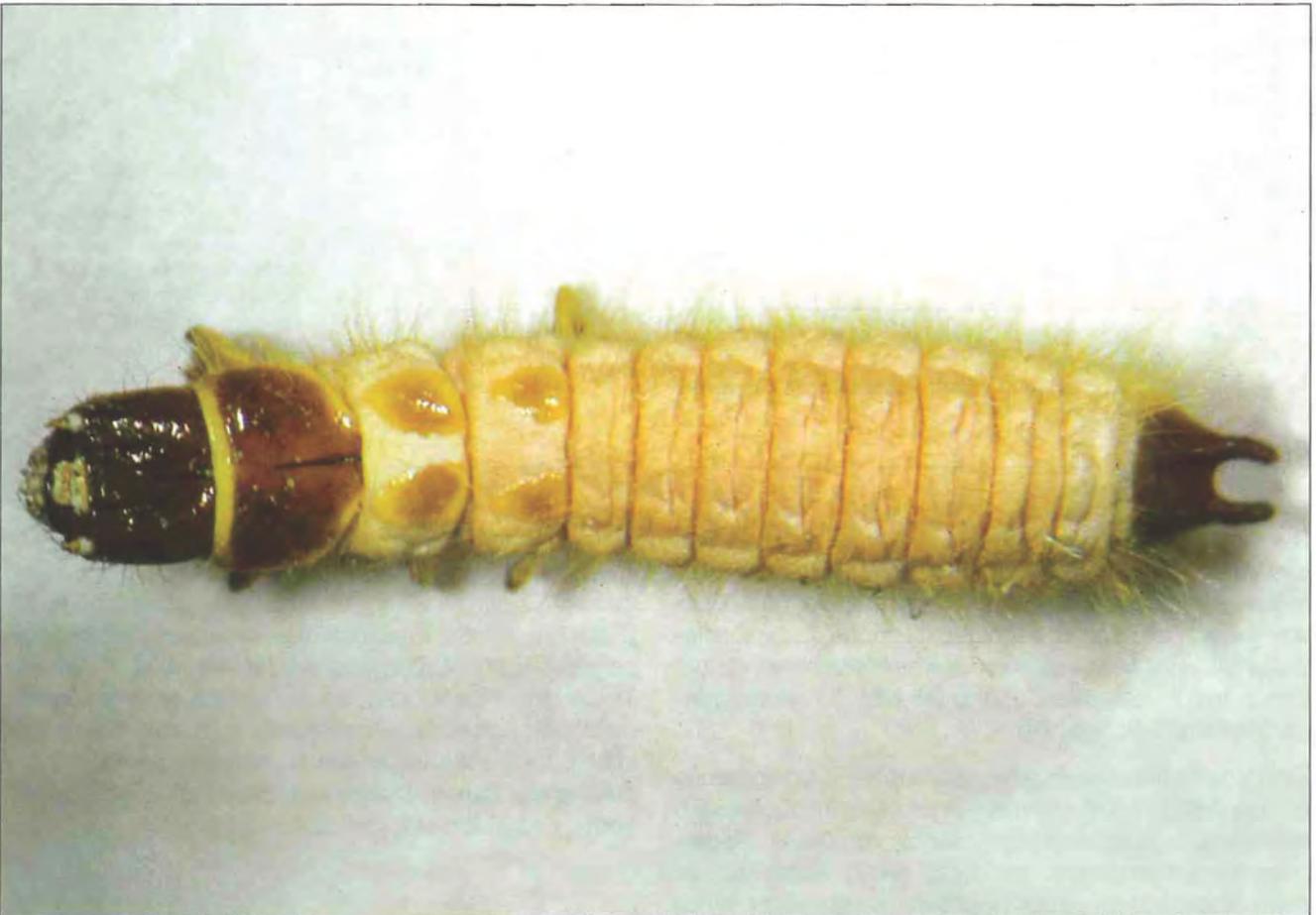
Die Anzahl der Muttergänge unterschied sich bei den drei Varianten nicht signifikant voneinander (einfaktorielle Varianzanalyse:  $F=2,9333$ ;  $p=0,0863$ ). Der Mittelwert war jedoch bei den Stammstücken ohne *T. femoralis*-Zugang mit 29 Muttergängen/Stammstück höher als bei denen mit *T. femoralis*-Zugang (16 bzw. 17 Muttergängen/Stammstück; Abb. 74).

Eine Korrelation der Anzahl geschlüpfter *I. typographus* mit der Anzahl an Muttergängen pro Stammstück ergab einen hochsignifikanten Koeffizienten von 0,679. (Spearman-Rang-Korrelation:  $p=0,002$ ;  $n=17$ ; Abb. 75). Je mehr Muttergänge gezählt wurden, desto mehr *I. typographus* waren also geschlüpft.

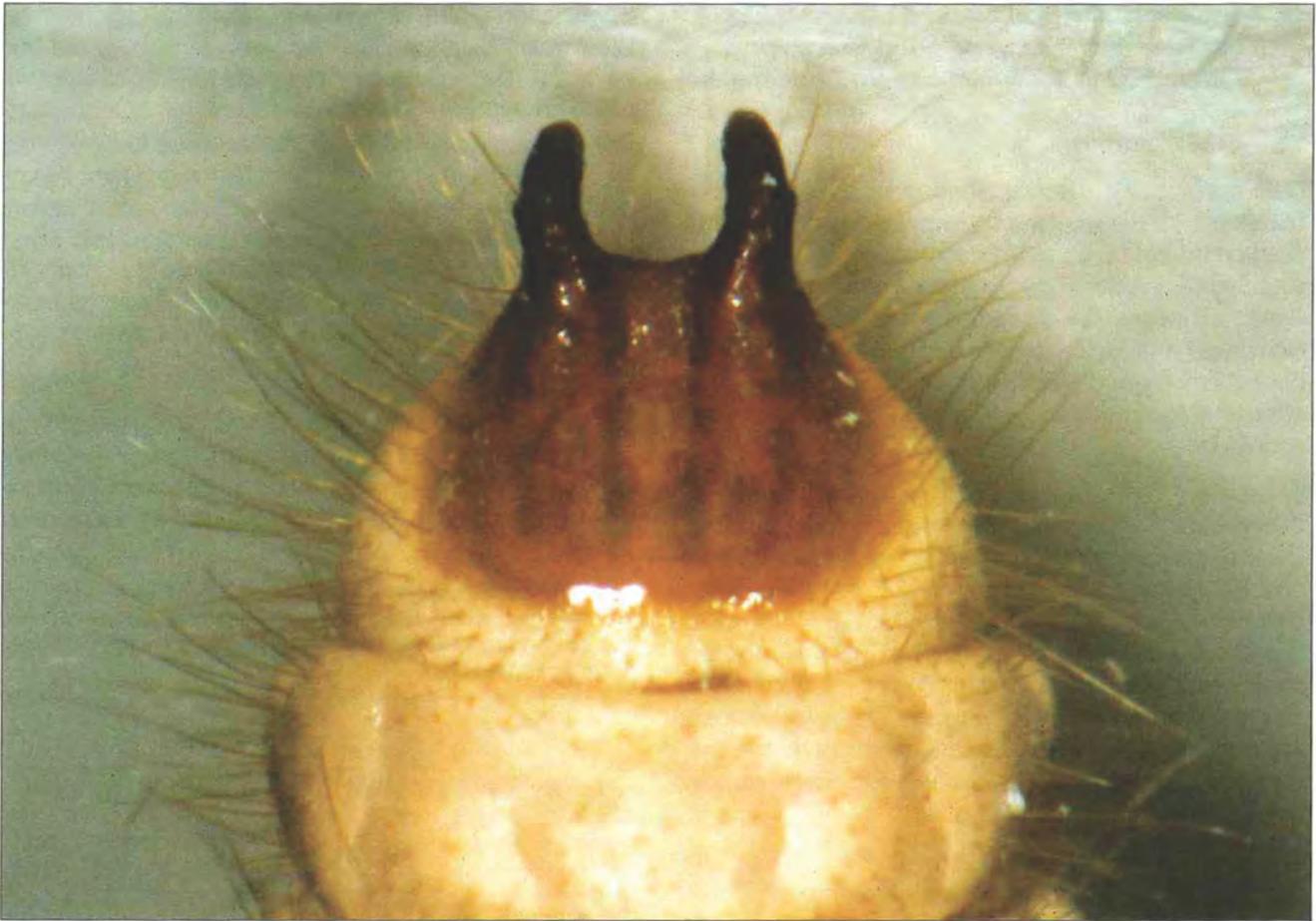
Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl an *T. femoralis*-Larven und Muttergängen war nicht zu ermitteln (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s=-0,187$ ,  $n=17$ ;  $p=0,472$ ). Setzt man jedoch die Anzahl geschlüpfter *I. typographus* pro Muttergang mit der Anzahl an *T. femoralis*-Larven in Beziehung, so ergibt sich ein signifikanter negativer Korrelationskoeffizient, d. h. die Anzahl geschlüpfter Buchdrucker pro Muttergang nimmt mit zunehmender Larven-Dichte ab (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s=-0,832$ ;  $n=17$ ;  $p=0,002$ ; Abb. 76).



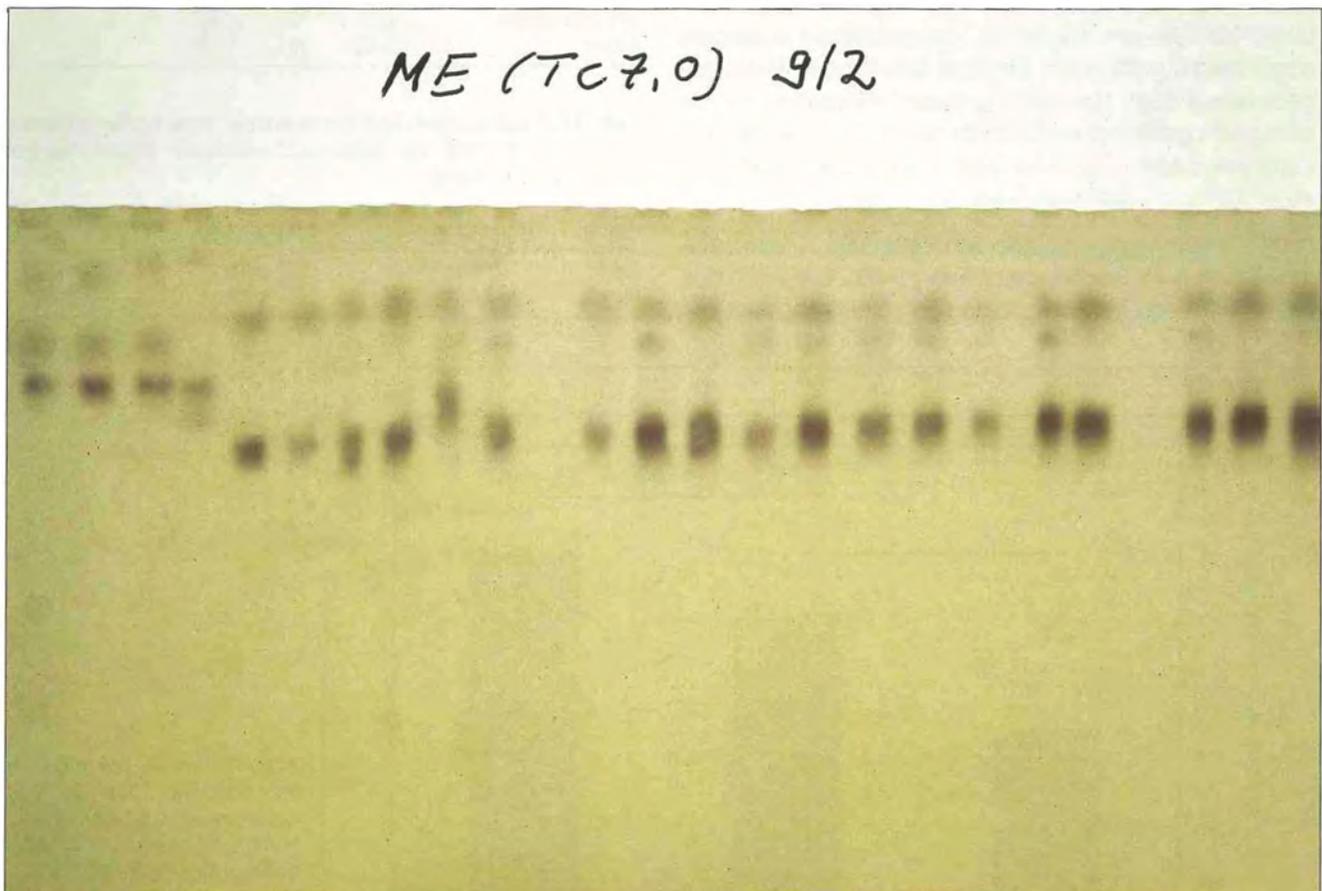
*Thanasimus femoralis* beim Ergreifen eines Buchdruckers (*Ips typographus*).



Larve von *Thanasimus femoralis*.



Hinterleibsanhänge (Urogomphi) der Larve von *Thanasimus femoralis*.



Stärke-Gel mit Bandenmustern von *Thanasimus femoralis*-Larven (die ersten vier linken Banden) und *Thanasimus formicarius*-Larven.

## 11 Fraßkapazität, Eiablage und Larvenschlupf bei *Thanasimus femoralis* und *Thanasimus formicarius* in Abhängigkeit vom Beuteangebot

### 11.1 Fraßkapazität

Die Fraßkapazität der Ameisenbuntkäfer sollte im Hinblick auf zwei Parameter untersucht werden. Zum einen war von Interesse, ob bei zunehmendem Beuteangebot eine Steigerung der Fraßrate zu verzeichnen ist, zum anderen, ob paarweise gehaltene Tiere mehr fressen als einzeln gehaltene. Bei den einzeln gehaltenen Ameisenbuntkäfern sollte schließlich geklärt werden, ob Männchen und Weibchen sich hinsichtlich der Fraßrate unterscheiden.

In die Berechnung wurden nur Tiere einbezogen, von denen über mindestens zwei Wochen Daten vorlagen. Der Berechnungs-Zeitraum kann also die Zeit vom Beginn der Fütterung mit einer speziellen Anzahl an Buchdruckern bis einige Tage vor dem Tod der Tiere umfassen. Die letzten Tage vor dem Tod der Tiere wurden ausgeschlossen, da hier mit einem Rückgang der Fraßrate zu rechnen war. Zur Ermittlung der Werte für die paarweise gehaltenen Ameisenbuntkäfer wurden die Fraßraten der Paare durch zwei geteilt. Pro Paar ging also nur ein Wert in die Berechnung ein.

Aufgrund der geringen Anzahl an *T. formicarius*-Individuen ( $n=4$ ) und -Paaren ( $n=3$ ) konnten diese eingehenden Analysen nur mit *T. femoralis* durchgeführt werden. Um Varianzhomogenität zu erreichen, wurden die ermittelten Fraßraten einer Reziproken-Transformation unterworfen. Die anschließende Varianzanalyse erbrachte einen hochsignifikanten Einfluss sowohl des Beuteangebots wie auch der Haltung (einzeln/verpaart) auf die Menge an gefressenen Buchdruckern. Die Wechselwirkung der beiden Faktoren beeinflusste die Fraßmenge ebenfalls hochsignifikant (Tab. 36).

Im Mittel aller Versuchsvarianten fraßen die *T. femoralis*-Individuen 0,76 Buchdrucker/Tag ( $n=79$ ). Dieser Mittelwert macht bereits deutlich, dass ein Beuteangebot von

0,5 Buchdruckern/Tag nicht ausreichend sein konnte. Die Futterverwertung bei den Ameisenbuntkäfern, die mit 0,5 Buchdruckern pro Tag und Individuum gefüttert worden waren, war dementsprechend mit durchschnittlich 0,47 gefressenen Buchdruckern/Tag fast vollständig. Diese Fraßmenge war außerdem signifikant niedriger als die derjenigen Ameisenbuntkäfer, die 1 bzw. 3 Buchdrucker/Tag erhalten hatten (Scheffé-Test). Mit 1 Buchdrucker/Tag gefütterte Tiere fraßen durchschnittlich 0,8 Buchdrucker/Tag, mit 3 Buchdruckern gefütterte 0,98 Buchdrucker/Tag. Auch diese beiden Werte unterschieden sich signifikant (Abb. 77).

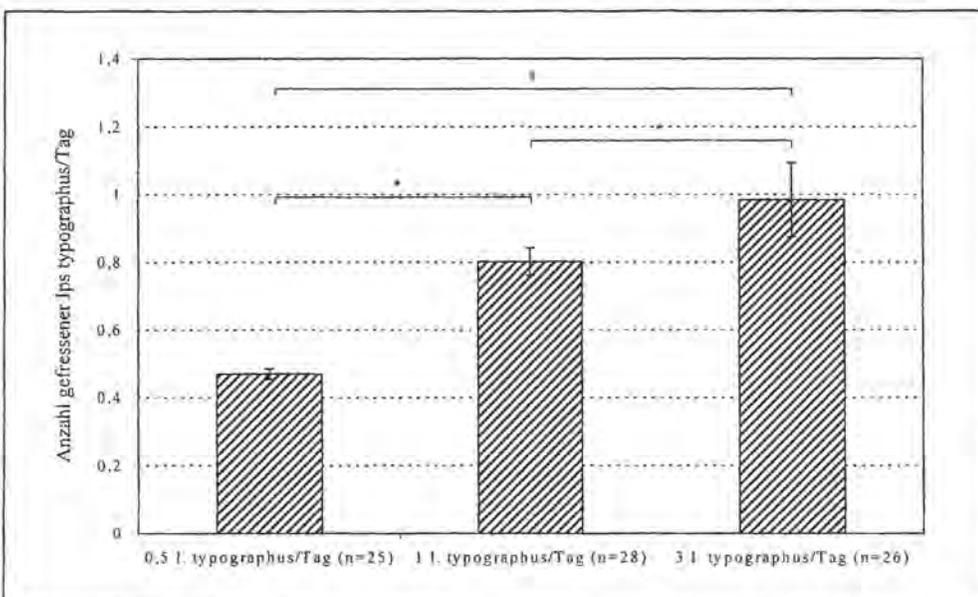
Ein Vergleich der Fraßmengen von Einzeltieren mit denen von Paaren erbrachte signifikant höhere Fraßmengen bei Paaren. Während paarweise gehaltene Individuen durchschnittlich 0,85 Buchdrucker/Tag konsumier-

**Tab. 36: Varianzanalyse: Einfluss des Beuteangebots und der Haltung von *T. femoralis* auf die pro Tag und Individuum gefressene Menge an *I. typographus* (reziprok transformierte Werte).**

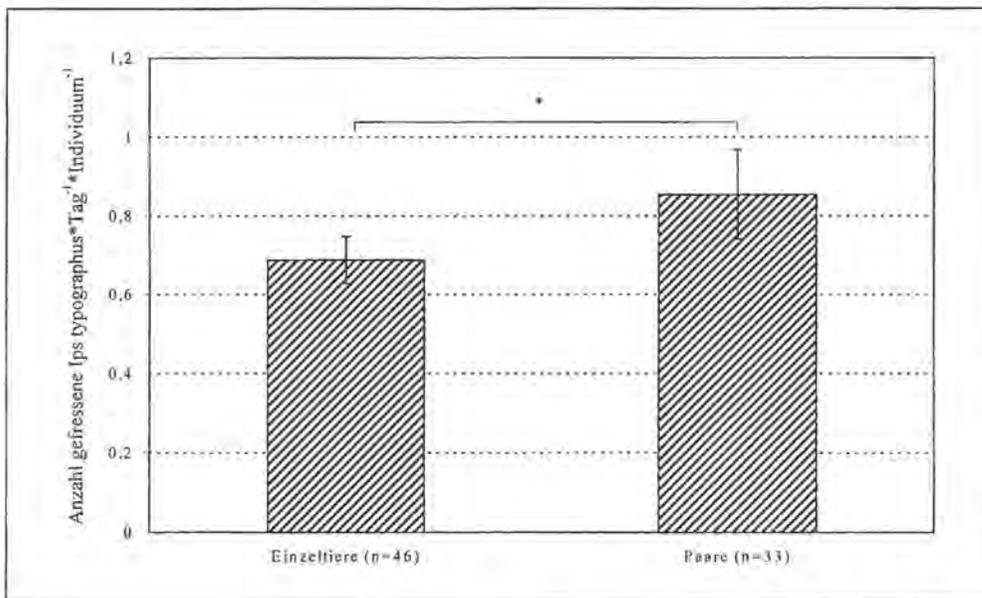
Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF Quadrat	Mittleres	F	p
<b>Haupteffekte</b>	16,7813	3	5,594	150,847	<0,001
Beuteangebot (0,5 / 1 / 3 <i>I. typographus</i> pro Tag)	15,638	2	7,819	210,857	<0,001
Haltung (einzeln / verpaart)	0,538	1	0,538	14,489	<0,001
<b>Wechselwirkungen-2-fach (Fraßmenge/Haltung)</b>	0,455	2	0,228	6,136	0,003
erklärte Varianz	17,029	5	3,406	91,846	<0,001
nicht erklärte Varianz	2,707	73	0,037		
Gesamt	19,736	78	0,253		

**Tab. 37: Fraßmengen von einzeln bzw. paarweise gehaltenen *T. femoralis* bei unterschiedlichem Beuteangebot (Mittelwert; n-Zahl).**

Haltung	0,5 <i>I. typographus</i> /Tag	1 <i>I. typographus</i> /Tag	3 <i>I. typographus</i> /Tag
Einzeln	0,47 (n=16)	0,77 (n=15)	0,83 (n=15)
Paare	0,47 (n=9)	0,84 (n=13)	1,19 (n=11)



**Abb. 77: Anzahl der von *T. femoralis*-Individuen pro Tag gefressenen *I. typographus* in Abhängigkeit vom Beuteangebot (MW; VB; \* = Signifikanz im Scheffé-Test mit reziprok transformierten Werten).**



**Abb. 78:** Anzahl der von *T. femoralis*-Individuen pro Tag gefressenen *I. typographus* in Abhängigkeit von der Haltung (MW; VB; \* = Signifikanz im Scheffé-Test mit reziprok transformierten Werten).

ten, waren es bei Einzeltieren nur 0,69 Buchdrucker/Tag (Abb. 78).

Nicht nur die Haltung und das Beuteangebot, sondern auch deren Wechselwirkung übte einen signifikanten Einfluss auf die Fraßmenge der Ameisenbuntkäfer aus (Tab. 36). In Tab. 37 sind die Mittelwerte für einzelne Gruppen von Individuen aufgelistet, die sich hinsichtlich der Haltung bzw. des Beuteangebots unterschieden. Hierbei wird deutlich, dass sich die paarweise Haltung bei dem geringsten Beuteangebot nicht auf die Fraßmenge auswirkt, wohl aber bei den höheren Beuteangeboten. Sind die Fraßmengen bei einem Angebot von 0,5 *I. typographus*/Tag noch gleich, so fressen die paarweise gehaltenen Individuen bei einem Angebot von 1 *I. typographus*/Tag durchschnittlich 0,07 Buchdrucker mehr als die Einzeltiere, bei einem Angebot von 3 *I. typographus*/Tag sogar 0,26 Buchdrucker mehr. Die höchste Fraßmenge aller *T. femoralis*-Individuen erreichen also mit 1,19 *I. typographus*/Tag die paarweise gehaltenen Tiere bei einem Beuteangebot von 3 Buchdruckern/Tag.

Geschlechtsspezifische Unterschiede waren bei den Einzeltieren nicht nachzuweisen (t-Tests bei homogenen Varianzen, Tab. 38). Der Mittelwert für die Männchen lag bei einem Beuteangebot von 0,5 Buchdruckern pro Tag etwas höher, bei einem Angebot von 1 bzw. 3 Buchdruckern pro Tag etwas niedriger als für die Weibchen.

Für den Vergleich der Fraßmengen der beiden Ameisenbuntkäfer-Arten wurden jeweils nur die Tiere betrachtet, welche die gleiche Futtermenge bekommen hatten (3 Buchdrucker pro Tag und Individuum bzw. 6 Buchdrucker pro Tag und Paar). Bei den Einzeltieren ergab sich somit ein Wert von 0,98 Buchdruckern/Tag (StAbw: 0,26; n=4) für *T. formicarius* und von 0,83 Buchdruckern/Tag (StAbw: 0,19; n=15) für *T. femoralis*. *T. formicarius*-Paare fraßen 1,08 (StAbw: 0,26; n=3) Buchdrucker pro Tag und Individuum, *T. femoralis*-Paare 1,19 (StAbw: 0,23; n=11). Sowohl bei Einzeltieren als auch bei

**Tab. 38:** t-Tests bei homogenen Varianzen: Einfluss des Geschlechts von einzeln gehaltenen *T. femoralis* auf die pro Tag und Individuum gefressene Menge an *I. typographus*.

Beuteangebot	t-Wert	df	p	Männchen MW (StAbw; n)	Weibchen MW (StAbw; n)
0,5 Buchdrucker/Tag	1,61	14	0,130	0,495 (0,06; n=5)	0,459 (0,03; n=11)
1 Buchdrucker/Tag	-0,12	13	0,906	0,766 (0,08; n=3)	0,775 (0,13; n=12)
3 Buchdrucker/Tag	-0,63	9	0,542	0,820 (0,15; n=7)	0,905 (0,31; n= 4)

Paaren waren die Unterschiede nicht signifikant (t-Tests bei homogenen Varianzen: Einzeltiere: t=4,45; df=17; p=0,165; Paare: t=-0,71; df=12; p=0,489).

Die maximale Lebensdauer während der Fraßversuche betrug für *T. femoralis* sowohl bei Männchen als auch bei Weibchen 146 Tage. Weibchen lebten aber durchschnittlich signifikant länger als Männchen (Weibchen: 55 Tage, n=100; Männchen: 41 Tage, n=102; t-Test bei homogenen Varianzen: t= -2,844; p=0,05).

*T. formicarius*-Weibchen lebten ebenfalls länger als die Männchen, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (Weibchen: 52 Tage, n=7; Männchen: 29 Tage, n=5; t-Test bei homogenen Varianzen: t= -1,849; p=0,094).

## 11.2 Hungerversuch

10 *T. femoralis*-Weibchen waren von einem bestimmten Zeitpunkt an nicht mehr gefüttert, sondern nur noch mit Wasser versorgt worden. In der Folgezeit wurde überprüft, wie lange die Tiere unter diesen Bedingungen am Leben blieben.

Im Mittel überlebten die Tiere 13,0 Tage (StAbw=9,8) ohne Futteraufnahme. Das erste Weibchen starb bereits 3 Tage nach der Einstellung der Fütterung; die maximale Überlebensspanne betrug bei einem Weibchen 24 Tage.

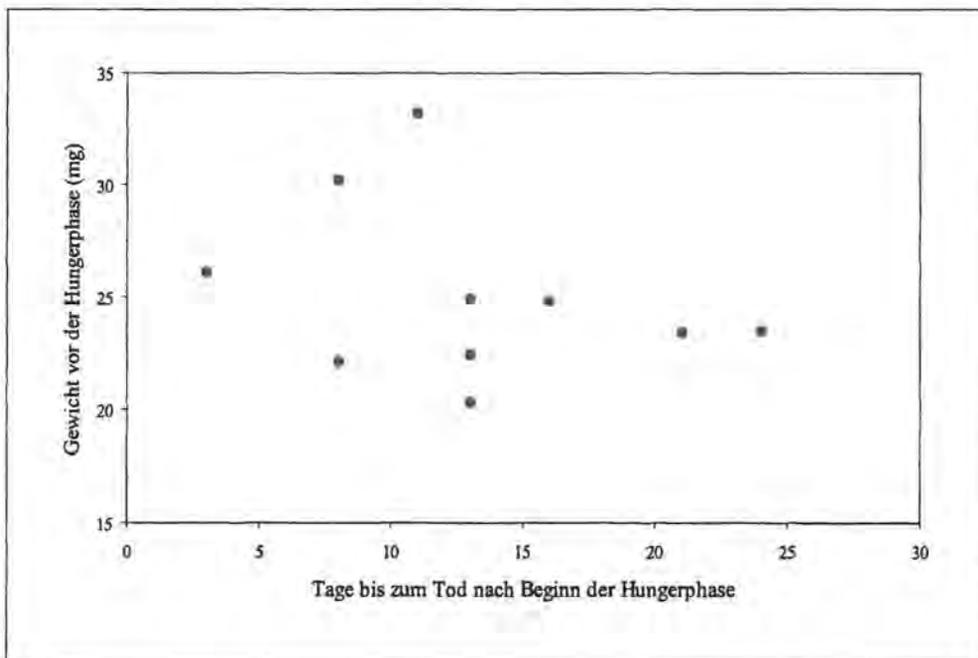
Das Gewicht der Weibchen ging bis zum Tod im Mittel auf 77,8 % des Ursprungsgewichtes zurück. Der stärkste Rückgang erfolgte bei einem Weibchen, welches bei

der letzten Gewichtskontrolle nur mehr 63 % des Ausgangsgewichtes aufwies. Da das Gewicht nicht unmittelbar nach dem Tod festgestellt werden konnte, wurde zur Berechnung dieser Prozentzahlen das letzte vor dem Tod ermittelte Gewicht verwendet; deshalb sind die Prozentangaben „Höchstangaben“, d. h. der prozentuale Anteil des tatsächlichen Endgewichts ist noch niedriger als angegeben.

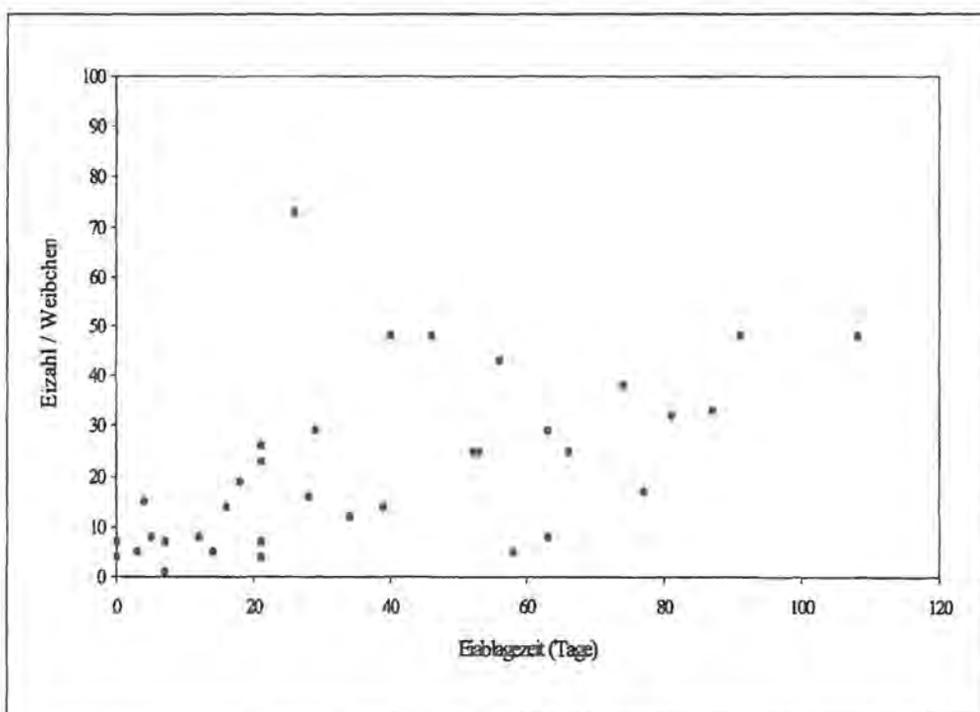
Abb. 79 zeigt die Beziehung zwischen dem Gewicht der einzelnen Weibchen vor der Hungerphase und der Anzahl an Tagen, die nach Einstellung der Fütterung bis zum Tod der Tiere vergingen. Es wird deutlich, dass zwischen den beiden Parametern keine signifikante Korrelation besteht (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s =$

$-0,3323$ ;  $n=10$ ;  $p=0,348$ ). Schwerere Weibchen konnten also offensichtlich nicht länger hungern als leichtere.

Eier wurden von den Weibchen auch während der Hungerphase abgelegt. Vier der zehn Weibchen legten in diesem Zeitraum Eier. Die Eiablagezeit war jedoch, im Vergleich zu ähnlich langen Zeiträumen mit ausreichender Futterversorgung, verringert. So legten die drei Weibchen, bei denen vor und während der Hungerphase ein gleich langer Zeitraum überblickt werden konnte, vor der Hungerphase 15, 6 und 6 Eier, während dieser Phase jedoch nur 6, 2 und 1 Ei (Zeitraum: 22, 12 bzw. 6 Tage). Bei einem vierten Weibchen, welches während des Hungerns 1 Ei ablegte, war die Vorgeschichte nicht bekannt.



**Abb. 79:** Beziehung zwischen dem Gewicht von *T. femoralis*-Weibchen vor der Hungerphase und der Zeit bis zum Tod nach dem Beginn der Hungerphase;  $r_s = -0,3323$ ;  $p=0,348$ .



**Abb. 80:** Beziehung zwischen der Anzahl von *T. femoralis*-Weibchen abgelegter Eier und der Eiablagezeit (vom ersten bis zum letzten Ei);  $r_s = 0,6410$ ;  $p < 0,001$ .

### 11.3 Eiablage

Da die Ameisenbuntkäfer nicht aus Zuchten stammten, war es nicht möglich, Angaben über die Eiablagekapazität von *Thanasimus* sp.-Weibchen während deren gesamter Lebenszeit zu machen. Es ließ sich jedoch feststellen, dass die Eiablagezeit (Zeitraum von der ersten bis zur letzten Eiablage) in Beziehung zur Eizahl stand. Die Anzahl abgelegter Eier korrelierte signifikant mit der Eiablagezeit (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s=0,6410$ ;  $n=35$ ;  $p<0,001$ ; Abb. 80).

Die Eier wurden meist zu mehreren in Clustern abgelegt. Bevorzugter Ablageplatz war der Boden der Petrischale (v. a. unter dem Filter). Auch an der Unterseite des Filters wurden viele Eier abgelegt, weniger hingegen auf der Filter-Oberseite.

Bei den beobachteten Weibchen konnte eine maximale Eizahl von 144 Eiern festgestellt werden. Die Differenz zwischen erstem und letztem Eiablagetag betrug bei dem betreffenden *T. femoralis*-Weibchen 42 Tage, was einer durchschnittlichen Eiablage rate von 3,4 Eiern pro Tag entspricht. Die höchste, von einem Weibchen an einem einzelnen Tag abgelegte Zahl an Eiern betrug 28.

Von 33 *T. femoralis*-Weibchen, die zusammen mit einem Männchen gehalten worden waren, legten fünf (=15 %) keine Eier ab. Vier dieser Weibchen gehörten zur Kategorie mit der geringsten Futtermenge (1 Buchdrucker/*Thanasimus* sp.-Paar), d.h. bei 44 % der Weibchen dieser Kategorie fanden sich keine Eier (insgesamt 9 Paare). Das fünfte Weibchen gehörte zu einem Paar, welches mit 6 Buchdruckern pro Tag versorgt worden war (9 % von 11 Paaren). Von den *T. femoralis*-Paaren, die zwei Buchdrucker pro Tag erhalten hatten, hatten alle Eier abgelegt.

Diese offensichtlich verminderte Eiproduktion bei den Paaren mit einer Futtermenge von nur 1 Buchdrucker/ Paar machte sich auch bei einem Vergleich der mittleren Eiablage raten aller *T. femoralis*-Weibchen bemerkbar. Eine Varianzanalyse von Quadratwurzel-transformierten Daten erbrachte nämlich einen signifikanten Einfluss sowohl der Futtermenge, wie auch der Wechselwirkung zwischen Haltung und Futtermenge (Tab. 39).

Wie aufgrund des oben Gesagten zu erwarten, war die durchschnittliche Eiproduktion bei den Weibchen mit einer Futtermenge von 0,5 Buchdruckern pro Tag mit 0,3 Eiern/Tag am geringsten, bei denen mit 1 Buchdrucker/Tag gefütterten mit 0,7 Eiern/Tag am höchsten. Die mittlere Eiproduktion der mit 3 Buchdruckern/Tag gefütterten Weibchen lag mit 0,5 Eiern/Tag zwischen den Werten der anderen beiden Gruppen. Die Mittelwerte der Gruppen unterschieden sich in einem Scheffé-Test jedoch nicht signifikant voneinander (Abb. 81).

Tab. 39: Varianzanalyse: Einfluss der Fraßmenge, des Beuteangebots und der Haltung von *T. femoralis* auf die Eiproduktion von *T. femoralis*-Weibchen (Quadratwurzel-transformierte Daten).

Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
Kovariate (gefressene <i>I. typographus</i> /Tag)	1,066	1	1,066	10,002	0,003
Haupteffekte	0,801	3	0,267	2,505	0,069
Beuteangebot (0,5 / 1 / 3 <i>I. typographus</i> pro Tag)	0,762	2	0,381	3,573	0,035
Haltung (einzeln / verpaart)	0,012	1	0,012	0,113	0,738
Wechselwirkungen-2-fach (Fraßmenge/Haltung)	0,930	2	0,456	4,361	0,018
erklärte Varianz	3,262	6	0,544	5,100	<0,001
nicht erklärte Varianz	5,544	52	0,107		
Gesamt	8,806	58	0,152		

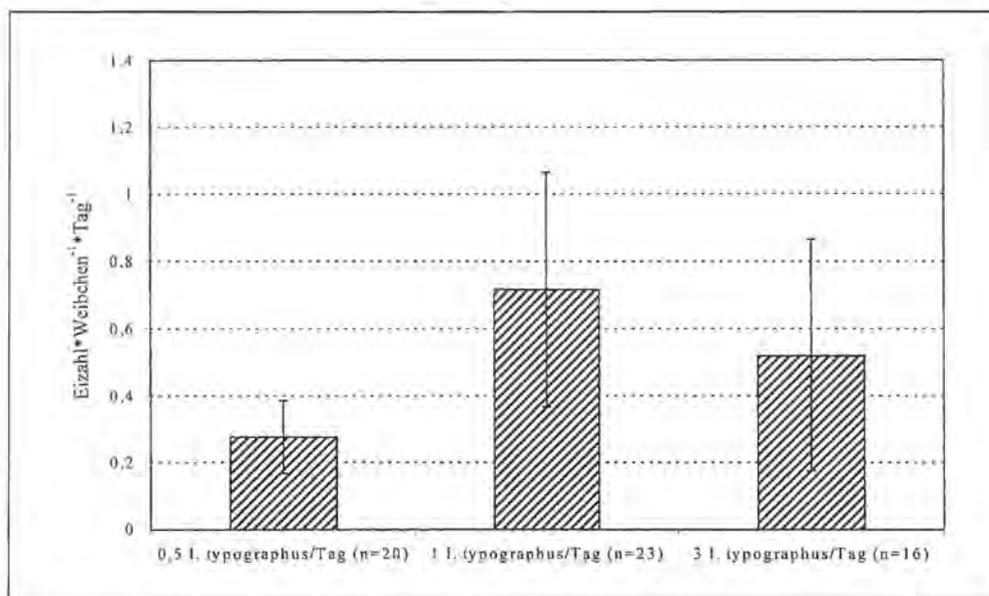


Abb. 81: Anzahl der von *T. femoralis*-Weibchen pro Tag abgelegten Eier in Abhängigkeit vom Beutetierangebot (MW; VB).

**Tab. 40: Eiablage rate von Einzeltieren und paarweise gehaltenen *T. femoralis*-Individuen bei unterschiedlichem Beuteangebot (Mittelwert; n-Zahl).**

Haltung	0,5 l. <i>typographus</i> /Tag	1 l. <i>typographus</i> /Tag	3 l. <i>typographus</i> /Tag
Einzeln	0,28 (n=10)	0,30 (n=11)	0,29 (n=5)
Paare	0,24 (n=9)	1,06 (n=13)	0,62 (n=11)

Wie man aus Tab. 40 ersehen kann, rührt der Unterschied zwischen den drei Fraßmengen-Kategorien vornehmlich von den verpaarten Weibchen her. Die Mittelwerte der einzeln gehaltenen Weibchen unterscheiden sich nämlich bezüglich der Kategorien kaum voneinander.

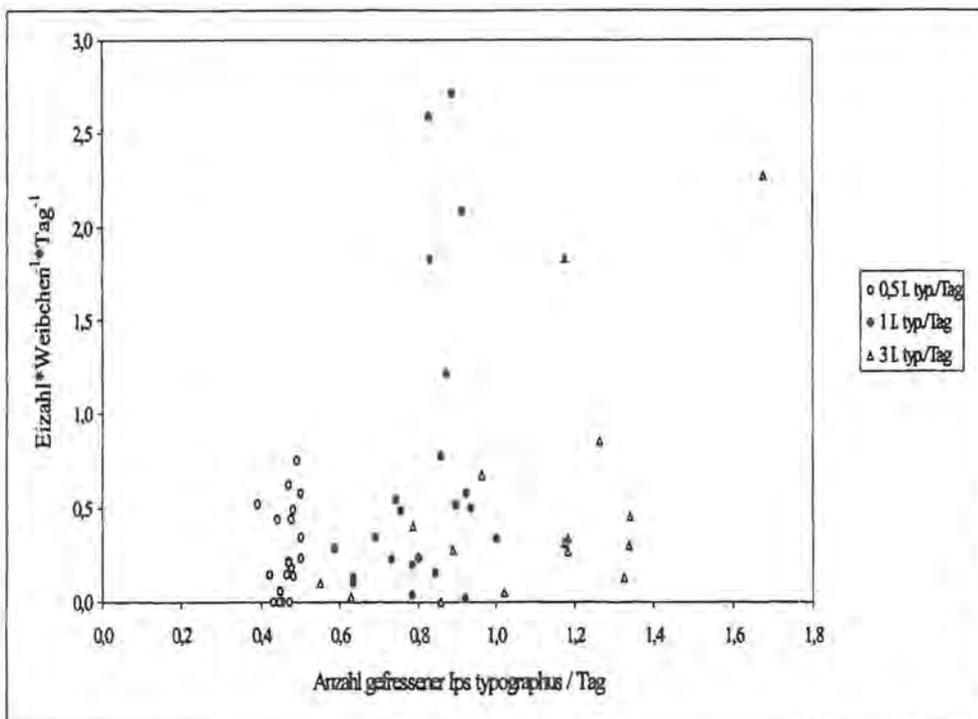
Die Varianzanalyse ergab auch einen signifikanten Einfluss der Fraßmenge (Kovariate) auf die Eiproduktion (Tab. 39). Dieser Einfluss ist positiv, d. h. bei gesteigerter Futteraufnahme ist auch eine höhere Eiablage rate zu erwarten (Abb. 82).

Bei *T. formicarius* betrug die maximale Eizahl pro Weibchen 138. Diese Eier wurden in einem Zeitraum von 53 Tagen gelegt, was einer Eiablage rate von 2,1 Eiern pro Tag entspricht.

Die Eiablage rates von *T. femoralis* und *T. formicarius* unterschieden sich nicht signifikant voneinander (t-Tests bei homogenen Varianzen: Einzeltiere:  $t=2,03$ ;  $df=7$ ;  $p=0,082$ ; Paare:  $t=0,02$ ;  $df=12$ ;  $p=0,983$ ). Der Vergleich der Einzeltiere mit einer Futtermenge von 3 Buchdruckern/Tag ergab dabei eine höhere mittlere Eiablage rate für *T. formicarius* (1,15 Eier/Tag;  $StAbw=0,9$ ;  $n=4$ ) gegenüber *T. femoralis* (0,29 Eier/Tag;  $StAbw=0,36$ ;  $n=5$ ). Die Weibchen der Paare, die mit 6 Buchdruckern/Tag gefüttert worden waren, legten bei beiden Arten im Mittel ähnlich viele Eier ab (*T. formicarius*: 0,63 Eier/Tag;  $StAbw=0,26$ ;  $n=3$ ; *T. femoralis*: 0,62 Eier/Tag;  $StAbw=0,73$ ;  $n=11$ ).

Die Eiablage der Weibchen begann zum Teil schon wenige Tage nach dem Zusammensetzen mit den Männchen. Bei *T. formicarius* wurde das erste Ei 6 bis 21 Tage nach diesem Zeitpunkt abgelegt, bei *T. femoralis* 5 bis 63 Tage danach. Die mittlere Zeitspanne bis zum Beginn der Eiablage war bei einzeln gehaltenen *T. femoralis*-Weibchen mit 28,8 Tagen ( $StAbw=13,7$ ;  $n=25$ ) signifikant höher als bei paarweise gehaltenen mit 21,0 Tagen ( $StAbw=10,7$ ;  $n=29$ ). Die Beutemengen hatten keinen signifikanten Einfluss (Varianzanalyse; Tab. 41). Weibchen mit einem Beuteangebot von 3 Buchdruckern pro Tier wiesen dabei die geringsten mittleren Zeitspannen auf (20,73 Tage;  $n=15$ ). Ebenso konnte bei Weibchen mit einer Buchdrucker-Versorgung von 3 Stück pro Tag kein Unterschied zwischen den beiden *Thanasimus*-Arten festgestellt werden (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=-1,08$ ;  $p=0,295$ ;  $df=20$ ). Der Mittelwert von *T. formicarius* lag bei 14,1 Tagen ( $StAbw=6,1$ ;  $n=7$ ), der von *T. femoralis* bei 20,7 Tagen ( $StAbw=15,5$ ;  $n=15$ ). Interessant war, dass ein Weibchen, welches nach dem Fang ohne Männchenkontakt geblieben war, nach 108 Tagen die ersten und einzigen Eier ablegte und 9 Tage später starb.

Auch nach dem Tod der Männchen legten die Ameisenbunkkäfer-Weibchen weiter Eier. Bereits wenige Tage nach dem Tod des Männchens waren bei einigen Weibchen Eier zu finden. Auch diese Zeitspanne war bei den nach kurzer Paarungszeit einzeln gehaltenen *T. femoralis*-Weibchen im Mittel signifikant länger (MW=19,4;  $StAbw=12,4$ ) als bei den über längere Zeit paarweise gehaltenen (MW=9,4;  $StAbw=5,3$ ). Die Futtermenge hatte hingegen keinen Einfluss (Varianzanalyse mit Quadratwurzel-transformierten Daten; Tab. 42), ebensowenig wie die Art (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=-1,32$ ;  $p=0,221$ ;  $df=9$ ; *T. formicarius*: MW=5,33;  $StAbw=1,16$ ;  $n=3$ ; *T. femoralis*: MW=17,50;  $StAbw=15,5$ ;  $n=8$ ).



**Abb. 82:** Beziehung zwischen der Anzahl von *T. femoralis* pro Tag gefressener *I. typographus* und der Eiablage rate (getrennt nach der angebotenen Futtermenge).

**Tab. 41: Varianzanalyse: Einfluss des Beuteangebots und der Haltung auf die Zeitspanne (Tage), die bei *T. femoralis*-Weibchen bis zur ersten Eiablage nach dem Zusammensetzen mit einem Männchen verging.**

Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
<b>Haupteffekte</b>	1121,236	3	373,745	2,520	0,069
Beuteangebot (0,5/1/3 l. <i>typographus</i> pro Tag)	339,633	2	169,816	1,145	0,327
Haltung (einzeln / verpaart)	685,739	1	685,739	4,624	0,037
<b>Wechselwirkungen-2-fach (Fraßmenge/Haltung)</b>	232,177	2	116,088	0,783	0,463
erklärte Varianz	1416,058	5	283,212	1,910	0,110
nicht erklärte Varianz	7118,775	48	148,308		
Gesamt	8534,833	53	161,035		

**Tab. 42: Varianzanalyse mit Quadratwurzel-transformierten Daten: Einfluss des Beuteangebots und der Haltung auf die Zeitspanne (Tage), die bei *T. femoralis*-Weibchen bis zur ersten Eiablage nach dem Tod des Männchens verging.**

Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
<b>Haupteffekte</b>	11,462	3	3,821	2,070	0,129
Beuteangebot (0,5/1/3 l. <i>typographus</i> pro Tag)	2,819	2	1,410	0,764	0,476
Haltung (einzeln / verpaart)	11,436	1	11,436	6,195	0,020
<b>Wechselwirkungen-2-fach (Fraßmenge/Haltung)</b>	0,079	2	0,040	0,021	0,979
erklärte Varianz	14,495	5	2,899	1,570	0,203
nicht erklärte Varianz	47,995	26	1,846		
Gesamt	62,489	31	2,016		

**Tab. 43: Varianzanalyse: Einfluss des Beuteangebots und der Haltung auf die Zeitspanne (Tage), die bei *T. femoralis*-Weibchen nach dem Tod des Männchens bis zur letzten Eiablage verging.**

Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
<b>Haupteffekte</b>	6641,781	3	2213,927	2,390	0,092
Beuteangebot (0,5/1/3 l. <i>typographus</i> pro Tag)	434,664	2	217,332	0,235	0,793
Haltung (einzeln / verpaart)	3572,690	1	3572,690	3,857	0,060
<b>Wechselwirkungen-2-fach (Fraßmenge/Haltung)</b>	31,522	2	15,761	0,017	0,983
erklärte Varianz	6875,457	5	1375,091	1,484	0,229
nicht erklärte Varianz	24084,011	26	926,308		
Gesamt	30959,469	31	998,693		

Die Fähigkeit zur Eiablage behielten die Weibchen nach dem Tod der Männchen noch über längere Zeit. Ein *T. femoralis*-Weibchen legte noch 117 Tage nach dem Tod des Männchens Eier ab. Im Mittel wurden die letzten Eier 43,2 Tage (StAbw=31,6) nach dem Tod des Männchens abgelegt. Unterschiede bezüglich der Haltung und der Futtermenge wurden nicht festgestellt (Tab. 43). Auch ein signifikanter Artunterschied zwischen *T. femoralis* und *T. formicarius* war nicht vorhanden (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=0,25$ ;  $p=0,808$ ;  $df=9$ ; *T. formicarius*: MW=33,33; StAbw=11,93;  $n=3$ ; *T. femoralis*: MW=29,50; StAbw=24,9;  $n=8$ ; Beuteangebot bei allen Individuen: 3 Buchdrucker/Tag).

Bei den nach dem Tod der Männchen gelegten Eiern ist eine Befruchtung nicht unbedingt gegeben. Es konnte jedoch durch den Schlupf von Larven festgestellt werden, dass bei einem *T. femoralis*-Weibchen Eier befruchtet waren, die 47 Tage nach dem Tod des Männchens abgelegt worden waren. Bei einem *T. formicarius*-Weibchen entwickelten sich Larven in Eiern, die 38 Tage nach dem Tod des Männchens gelegt worden waren. Mindestens über diese Zeit von eineinhalb Monaten bleiben also die vom Weibchen gespeicherten Spermien befruchtungsfähig.

#### 11.4 Dynamik der Eiablage

Wie bereits erwähnt, legten die Ameisenbuntkäfer-Weibchen sowohl vor als auch nach dem Tod des Männchens Eier ab. Es stellt sich nun die Frage, ob sich die Eiablagerrate (Anzahl abgelegte Eier/Tag) im Beisein des Männchens von der Eiablagerrate nach dem Tod des Männchens unterschied.

Um dies zu überprüfen, wurden lediglich die Weibchen berücksichtigt, die sowohl vor als auch nach dem Tod des Männchens tatsächlich Eier abgelegt hatten. Dies traf auf 14 Weibchen zu, von denen drei der Art *T. formicarius* angehörten. In einem Test wurde die Eiablagerrate im Zeitraum vom Fang der Tiere bis zum Tod des Männchens derjenigen im Zeitraum vom Tod des Männchens bis zum Tod des Weibchens gegenübergestellt. In einem zweiten Test wurde die Eiablagerrate im Zeitraum von der ersten Eiablage bis zum Tod des Männchens mit derjenigen im Zeitraum vom Tod des Männchens bis zur letzten Eiablage verglichen.

In beiden Fällen erbrachte ein Rang-Test nach Wilcoxon keine signifikanten Unterschiede (Tab. 44). Bei Betrachtung des Zeitraums von der ersten bis zur letzten Eiablage wurden von den Weibchen vor dem Tod des Männ-

**Tab. 44: Wilcoxon-Rang-Tests für den Vergleich der Eiablagerraten von *Thanasimus* sp.-Weibchen vor und nach dem Tod der Männchen.**

	n	Z-Wert	p
Eiablagerrate (erstes Ei – Tod Männchen)			
Eiablagerrate (Tod Männchen – letztes Ei)	14	-0,314	0,9750
Eiablagerrate (Fang – Tod Männchen)			
Eiablagerrate (Tod Männchen – Tod Weibchen)	14	-0,408	0,6832

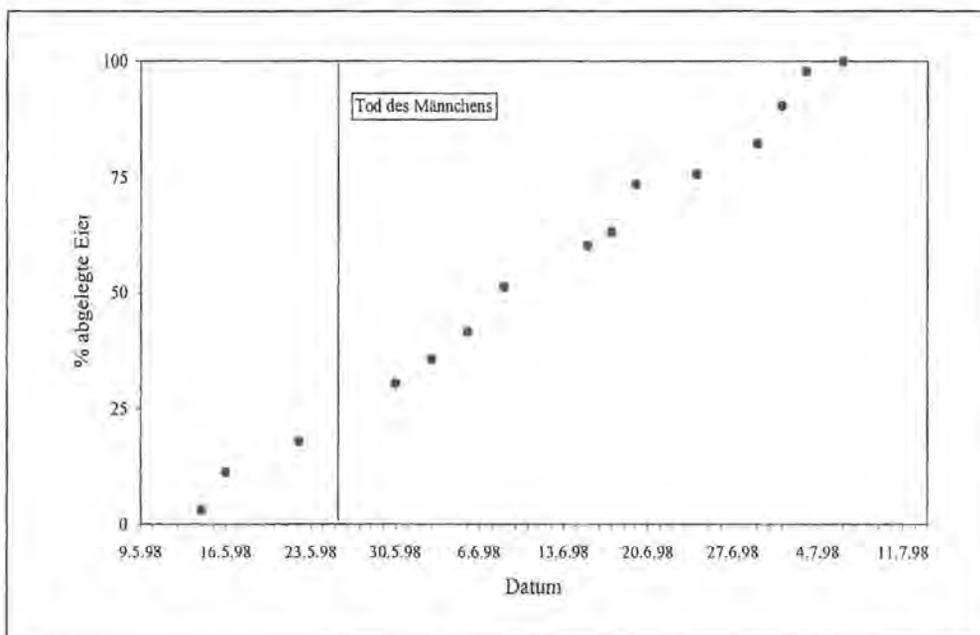
**Tab. 45: Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Eiablagerraten von *Thanasimus* sp.-Weibchen vor und nach dem Tod der Männchen.**

	MW	StAbw	Minimum	Maximum
Eiablagerrate (erstes Ei – Tod Männchen)	2,41	2,76	0,08	8,50
Eiablagerrate (Tod Männchen – letztes Ei)	1,44	1,51	0,13	5,00
Eiablagerrate (Fang – Tod Männchen)	0,62	0,53	0,02	1,50
Eiablagerrate (Tod Männchen – Tod Weibchen)	0,81	0,94	0,05	3,34

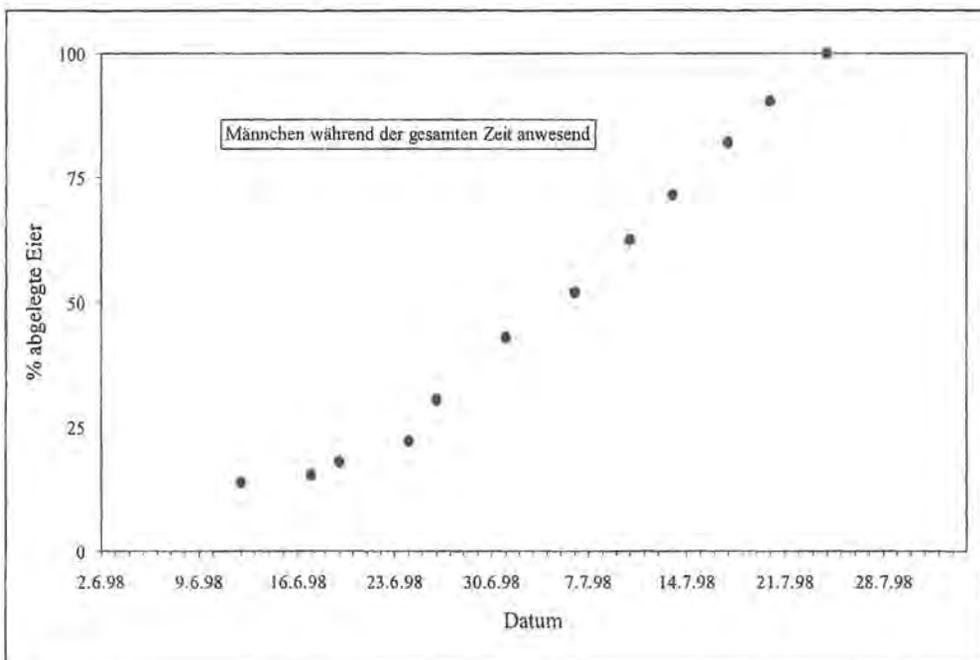
chens im Mittel mehr Eier pro Tag abgelegt als nach dem Tod des Männchens; bei Betrachtung des Zeitraums vom Fang bis zum Tod des Weibchens war es umgekehrt (Tab. 45).

Die dargestellten Ergebnisse werden durch den Verlauf der Eiablage einzelner Weibchen veranschaulicht. Auch hier wird deutlich, dass der Tod des Männchens keinen „Knick“ im Verlauf der Eiablage hervorruft. Wie in Abb. 83 zu sehen, ist der Anstieg der Kurve nach dem Tod des Männchens sogar etwas steiler. Zudem unterscheidet sich der Kurvenverlauf eines Weibchens, dessen Männchen gestorben war, nicht wesentlich von dem eines Weibchens, welches ständigen Männchenkontakt hatte (Abb. 83; Abb. 84).

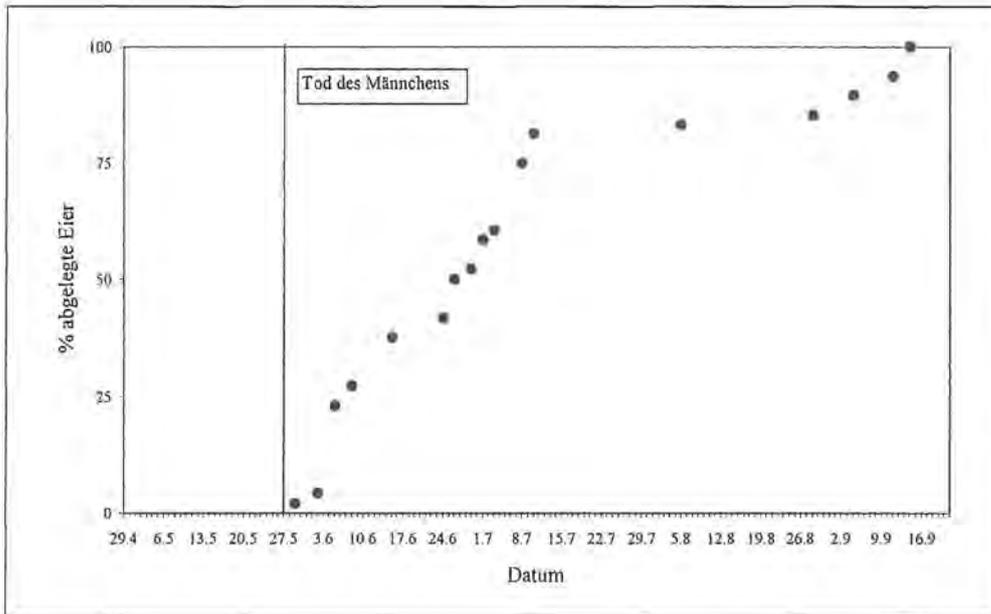
Die Eiablage bei dem *T. femoralis*-Weibchen in Abb. 85 setzte erst nach dem Tod des Männchens ein. Der Verlauf der Eiablage gleicht in den ersten eineinhalb Mona-



**Abb. 83:** Verlauf der Eiablage bei einem *T. formicarius*-Weibchen in der Zeit vom Fang (9.5.1998) bis zum Tod des Weibchens (100 %=135 Eier; Beuteangebot: 3 Buchdrucker/Tag).



**Abb. 84:** Verlauf der Eiablage bei einem *T. femoralis*-Weibchen in der Zeit vom Fang (2.6.1998) bis zum Tod des Weibchens (100 %=144 Eier; Beuteangebot: 1 Buchdrucker/Tag).



**Abb. 85:** Verlauf der Eiablage bei einem *T. femoralis*-Weibchen in der Zeit vom Fang (29.4.1998) bis zum Tod des Weibchens (100 % = 48 Eier; Beuteangebot: 1 Buchdrucker/Tag).

ten nach Eiablage-Beginn dem der beiden anderen Weibchen, Erst dann flacht die Kurve deutlich ab. Die Weibchen scheinen also die Eiablage noch ein bis einhalb Monate nach dem Tod des Männchens voll aufrecht erhalten zu können (Abb. 83 und Abb. 85).

### 11.5 Entwicklungsdauer der Eier und Larvenschlupf

Bei der Beurteilung der Entwicklungsdauer der Eier muss berücksichtigt werden, dass die Kontrolle der Petrischalen nur dreimal pro Woche erfolgte. Deshalb sind die Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren.

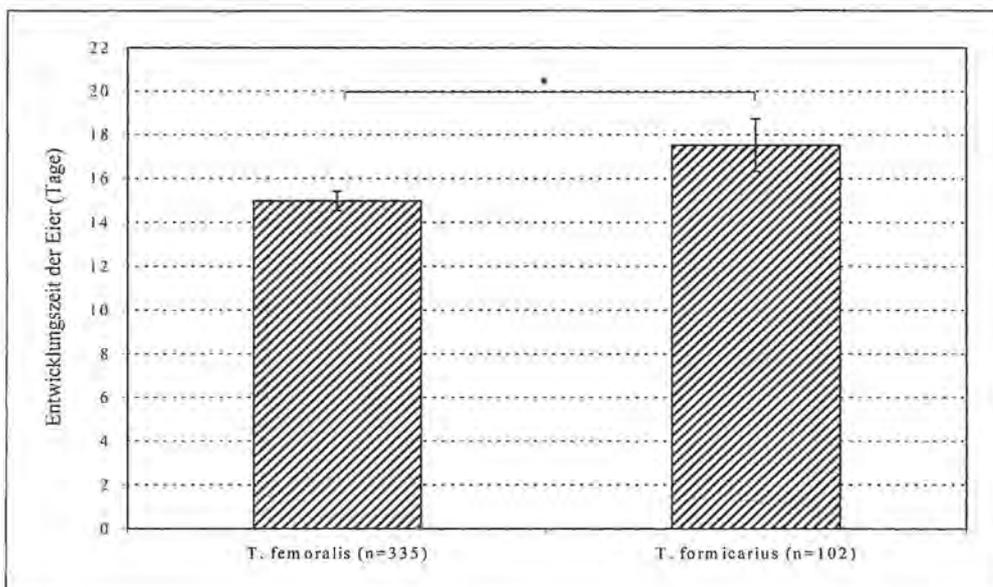
Die mittlere Entwicklungsdauer der Eier lag bei der herrschenden Wechseltemperatur von 20°C/10°C für *T. femoralis*-Eier bei 15,0 Tagen (StAbw=3,7; n=335). *T. formicarius*-Eier brauchten mit 17,5 Tagen (StAbw=6,1; n=102) signifikant länger für ihre Entwicklung als die *T. femoralis*-Eier (Mann-Whitney-U-Test: Z=-2,6196; p=0,0088; Abb. 86).

Die Schlupfrate von *T. femoralis*-Larven wies bei den einzeln gehaltenen Weibchen vergleichsweise geringere

Werte auf als bei den paarweise gehaltenen (Tab. 46). Innerhalb der einzeln bzw. paarweise gehaltenen Tiere zeigte sich jedoch eine ähnliche Tendenz. In beiden Fällen stieg die Schlupfrate mit zunehmender Futtermenge an. So schlüpften bei den Einzeltieren, die mit 0,5 Buch-

**Tab. 46:** Prozentualer Anteil geschlüpfter *T. formicarius*- und *T. femoralis*-Larven an der Anzahl abgelegter Eier bei unterschiedlichen Haltungsbedingungen und Futtermengen.

Art	Anzahl Weibchen	Haltung	Fraßmenge	Anzahl Eier	Anzahl Larven	Larvenschlupf %
<i>T. formicarius</i>	4	Einzeltiere	3/Tag	238	108	45,4
<i>T. formicarius</i>	3	Paare	6/Tag	209	66	31,6
<i>T. femoralis</i>	11	Einzeltiere	0,5/Tag	227	24	10,6
<i>T. femoralis</i>	10	Einzeltiere	1/Tag	165	40	24,2
<i>T. femoralis</i>	5	Einzeltiere	3/Tag	104	31	29,8
<i>T. femoralis</i>	9	Paare	1/Tag	87	23	26,4
<i>T. femoralis</i>	13	Paare	2/Tag	660	232	35,2
<i>T. femoralis</i>	11	Paare	6/Tag	301	116	38,5



**Abb. 86:** Entwicklungszeit der Eier von *T. formicarius* und *T. femoralis* (MW; VB; \* = Signifikanz im Mann-Whitney-U-Test).

druckern/Tag gefüttert worden waren, aus lediglich 10,6 % der Eier Larven. Dies war gleichzeitig die geringste Schlupfrate aller Varianten. Bei einem Futterangebot von 1 bzw. 3 Buchdruckern/Tag war eine mehr als doppelt so hohe Schlupfrate zu verzeichnen (24,2 % bzw. 29,8 %). Die mit 1 Buchdrucker/Tag gefütterten Paare erreichten einen Larvenschlupf von 26,4 %, die mit 2 Buchdruckern/Tag gefütterten 35,2 % und die mit 6 Buchdruckern/Tag gefütterten 38,5 %.

Im Gegensatz zu *T. femoralis* schlüpften bei *T. formicarius* aus Eiern von paarweise gehaltenen Weibchen weniger Larven als aus Eiern von einzeln gehaltenen. Bei den Paaren waren dies 31,6 %, bei den Einzeltieren 45,4 %. Die von *T. formicarius*-Einzeltieren abgelegten Eier wiesen also die höchste Schlupfrate aller Varianten auf.

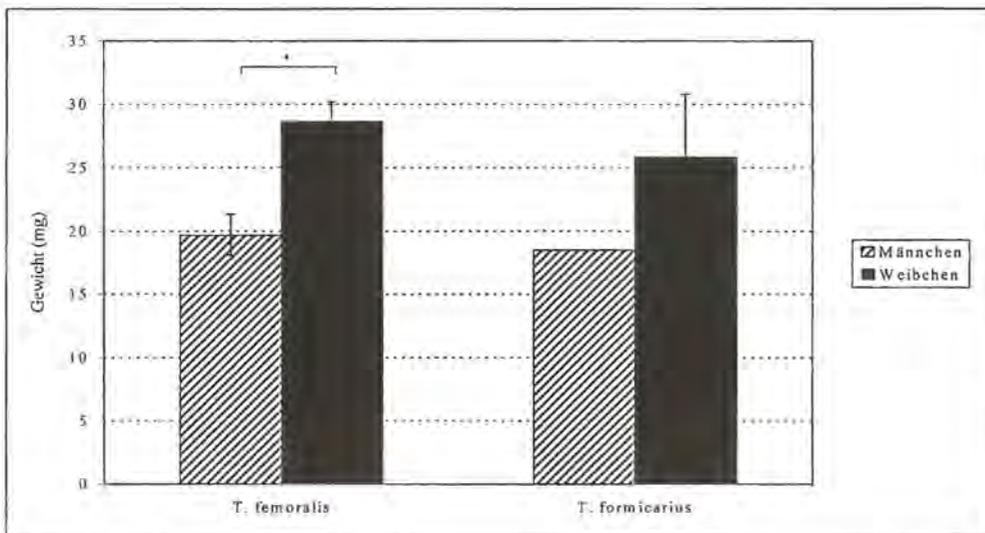
## 12 Gewichtsvergleich bei Männchen und Weibchen von *Thanasimus* sp.

Der Gewichtsvergleich bei Männchen und Weibchen von *T. femoralis* ergab unmittelbar nach dem Freilandfang ein signifikant höheres Gewicht der Weibchen

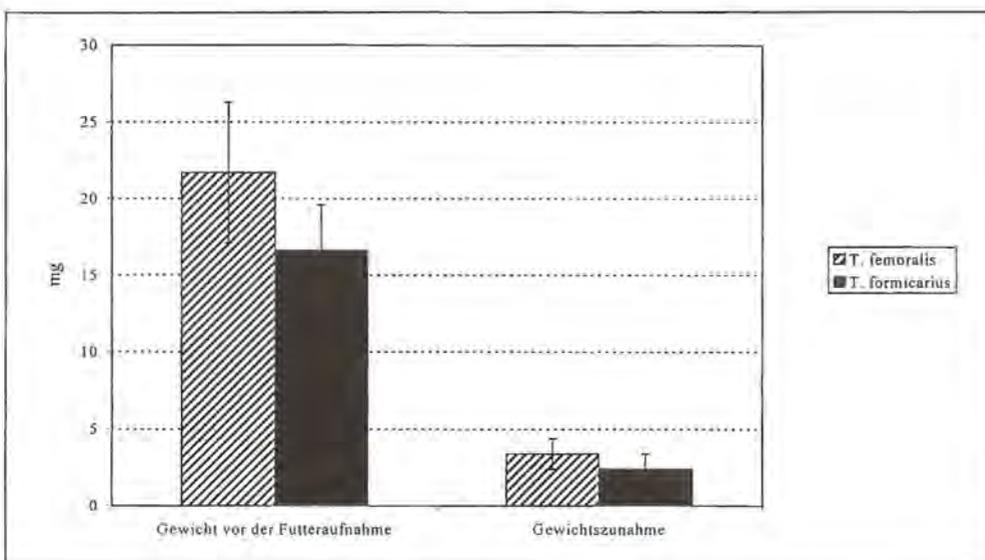
(t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=-7,94$ ;  $p<0,001$ ;  $df=64$ ). Diese wogen mit 28,6 mg ( $n=33$ ) durchschnittlich 9 mg mehr als die Männchen mit 19,7 mg ( $n=33$ ). *T. formicarius*-Weibchen (MW: 25,8 mg;  $n=7$ ) waren zwar ebenfalls um 7 mg schwerer als die Männchen (MW: 18,5 mg;  $n=2$ ), da aber nur zwei Männchen untersucht werden konnten, war der Unterschied nicht statistisch abzusichern (Abb. 87). Sowohl bei den Weibchen als auch bei den Männchen waren die Individuen von *T. femoralis* etwas schwerer als die von *T. formicarius*.

## 13 Futtermittelverwertung bei adulten *Thanasimus femoralis* und *Thanasimus formicarius* im Vergleich

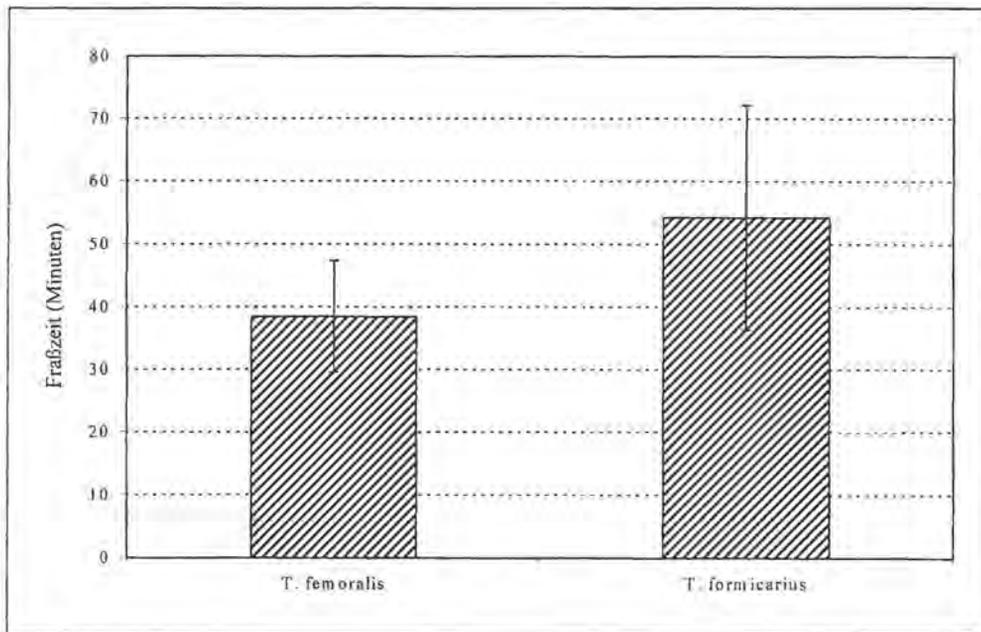
Die festgestellten Ausgangsgewichte der beiden Ameisenbuntkäfer-Arten *T. femoralis* und *T. formicarius* unterschieden sich nicht signifikant voneinander, der p-Wert war jedoch nur knapp über der Signifikanzgrenze von 0,05 (t-Test bei heterogenen Varianzen:  $t=2,07$ ;  $df=18,86$ ;  $p=0,053$ ). Die verwendeten *T. femoralis*-Individuen wogen mit 21,7 mg ( $n=13$ ) durchschnittlich mehr als die *T. formicarius*-Individuen mit 16,6 mg ( $n=9$ ; Abb. 88). Die *T. femoralis*-Individuen steigerten ihr Eigenge-



**Abb. 87:** Gewichte von Männchen und Weibchen der Arten *T. femoralis* ( $n=33$ ) und *T. formicarius* (Männchen:  $n=2$ ; Weibchen:  $n=7$ ) (MW; VB; \* = Signifikanz im t-Test bei homogenen Varianzen).



**Abb. 88:** Gewichte von Ameisenbuntkäfern der Arten *T. femoralis* ( $n=13$ ) und *T. formicarius* ( $n=9$ ) vor der Futtermittelaufnahme sowie Gewichtszunahme nach dem Fraß von einem Buchdrucker (MW; VB).



**Abb. 89:** Zeit, die von den Arten *T. femoralis* (n=13) und *T. formicarius* (n=9) für die Aufnahme von einem Buchdrucker gebraucht wurde (MW; VB).

**Tab. 47:** t-Tests bei homogenen Varianzen: Gegenüberstellung von *T. femoralis*-Männchen und -Weibchen bezüglich der Fraßzeit (Minuten) und der Gewichtszunahme (mg) beim Fraß eines Buchdruckers.

	t-Wert	df	p	Männchen MW (StAbw; n)	Weibchen MW (StAbw; n)
<i>T. femoralis</i> Fraßzeit	0,99	10	0,347	42,8 min (14 min; 4)	34,1 min (15 min; 8)
<i>T. femoralis</i> Gewichtszunahme	-0,72	10	0,490	2,9 mg (2 mg; 4)	3,6 mg (1 mg; 8)
<i>T. formicarius</i> Fraßzeit	0,35	4	0,744	56,3 min (33 min; 3)	49,0 min (13 min; 3)
<i>T. formicarius</i> Gewichtszunahme	-0,88	4	0,427	2,0 mg (1 mg; 3)	3,0 mg (2 mg; 3)

*rius*-Individuen um 15,0 % (Mann-Whitney-U-Test:  $Z=-0,5676$ ;  $p=0,5703$ ).

Die *T. femoralis*-Individuen fraßen von dem angebotenen Buchdrucker durchschnittlich mehr als *T. formicarius* und benötigten für den Verzehr mit durchschnittlich 38,5 Minuten zudem weniger Zeit als die *T. formicarius*-Individuen mit 54,3 Minuten (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=-1,95$ ;  $df=20$ ;  $p=0,065$ ; Abb. 89).

Vergleicht man innerhalb der Arten Männchen und Weibchen miteinander, so zeigt sich bei beiden Arten, dass die Weibchen zwar schneller fraßen und mehr an Gewicht zunahmten, jedoch nicht in signifikantem Umfang. Eine Gegenüberstellung der Mittelwerte wird in Tab. 47 vorgenommen.

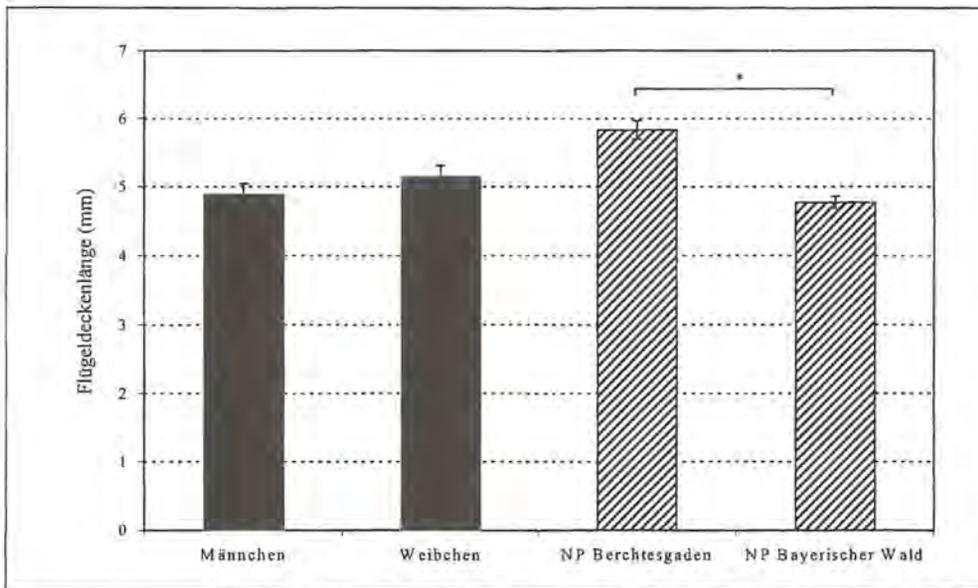
wicht durch den Verzehr von einem Buchdrucker stärker als die von *T. formicarius*. Die Gewichtszunahme betrug bei *T. femoralis* im Mittel 3,4 mg, bei *T. formicarius* 2,4 mg (Abb. 88); dieser Unterschied war aber ebenfalls nicht signifikant (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=1,5$ ;  $df=20$ ;  $p=0,149$ ). Dabei ist zu beachten, dass die Gewichtszunahme von *T. formicarius* (also vermutlich auch die von *T. femoralis*) mit der Gewichtsabnahme der gefressenen *I. typographus* signifikant korrelierte (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s=0,7830$ ;  $n=9$ ;  $p=0,013$ ). Prozentual nahmen die *T. femoralis*-Individuen um durchschnittlich 17,4 % an Gewicht zu, die *T. formica-*

#### 14 Größenvergleich bei Männchen und Weibchen von *Thanasimus* sp.

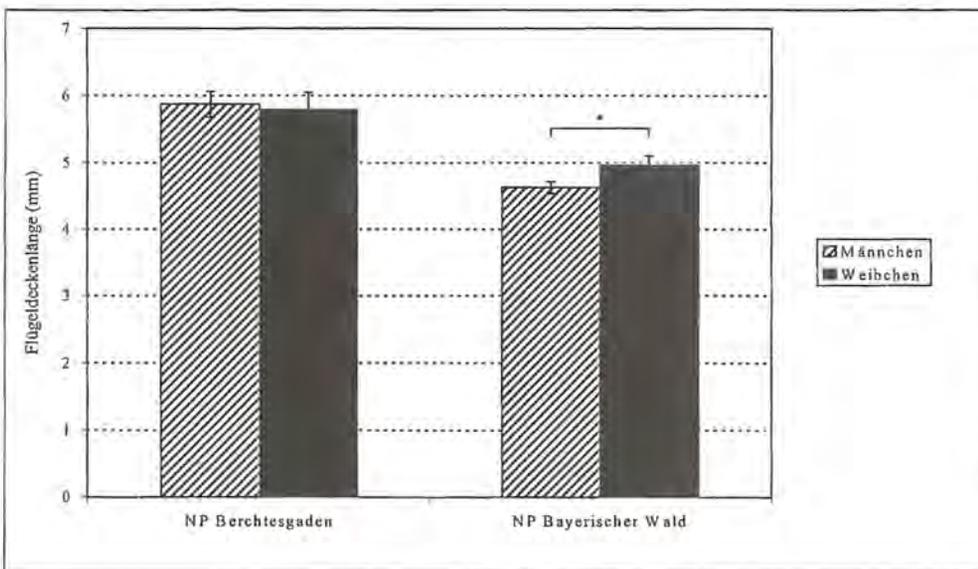
Die Größenmessung bei *T. femoralis* erfolgte anhand der Flügeldeckenlänge. Da neben den Individuen aus dem Nationalpark Berchtesgaden auch Individuen aus dem Nationalpark Bayerischer Wald zu Verfügung standen, wurden diese mit in die Untersuchung einbezogen. Deshalb wurde eine mehrfaktorielle Varianzanalyse mit den Parametern Geschlecht und Herkunft durchgeführt (Tab. 48).

**Tab. 48:** Varianzanalyse: Einfluss des Geschlechts und der Herkunft auf die Größe (Flügeldeckenlänge) von *T. femoralis*.

Quelle der Variation	Quadrat-Summen	DF	Mittleres Quadrat	F	p
<b>Haupteffekte</b>	15,091	2	7,545	74,975	<0,001
Geschlecht (Männchen, Weibchen)	0,226	1	0,226	2,247	0,138
Herkunft (NP Berchtesgaden; NP Bayer. Wald)	15,025	1	15,025	149,298	<0,001
<b>Wechselwirkungen-2-fach (Geschlecht/Herkunft)</b>	0,616	1	0,616	6,116	0,015
erklärte Varianz	18,032	3	6,011	59,725	<0,001
nicht erklärte Varianz	8,252	82	0,101		
Gesamt	26,284	85	0,309		



**Abb. 90:** Größe (Flügeldeckenlänge) bei *T. femoralis*-Männchen (n=49) und -Weibchen (n=37) bzw. bei Individuen aus den Nationalparks Berchtesgaden (n=18) und Bayerischer Wald (n=68) (MW; VB; \* = Signifikanz in der mehrfaktoriellen Varianzanalyse).



**Abb. 91:** Größe (Flügeldeckenlänge) von Männchen und Weibchen der Art *T. femoralis* aus den Nationalparks Berchtesgaden (Männchen: n=10; Weibchen: n=8) und Bayerischer Wald (Männchen: n=39; Weibchen: n=29) (MW; VB; \* = Signifikanz im t-Test bei homogenen Varianzen).

Die Flügeldeckenlänge betrug bei allen untersuchten *T. femoralis*-Männchen im Durchschnitt 4,88 mm (n=49), bei den Weibchen 5,14 mm (n=37). Das Geschlecht alleine hatte demnach keinen signifikanten Einfluss auf die Größe. Die Tiere aus dem Nationalpark Berchtesgaden waren mit durchschnittlich 5,83 mm (n=18) hingegen signifikant größer als die aus dem Nationalpark Bayerischer Wald (4,77 mm; n=68; Abb. 90).

Die Wechselwirkung von Geschlecht und Herkunft hatte bei der Varianzanalyse ebenfalls signifikanten Einfluss auf die Größe. Betrachtet man die einzelnen Individuen-Gruppen, so zeigt sich, dass im Nationalpark Berchtesgaden die Männchen im Mittel längere Flügeldecken aufwiesen als die Weibchen (Abb. 91). Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=0,61$ ;  $p=0,549$ ;  $df=16$ ). Im Nationalpark Bayerischer Wald hingegen waren die Männchen signifikant kleiner als die Weibchen (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=-4,22$ ;  $p<0,001$ ;  $df=66$ ).

Anders als bei *T. femoralis*, unterschieden sich die Männchen und Weibchen von *T. formicarius* aus dem

Nationalpark Bayerischer Wald nicht signifikant voneinander (t-Test bei homogenen Varianzen:  $t=-1,91$ ;  $df=15$ ;  $p=0,075$ ). Die Weibchen waren aber auch hier größer als die Männchen (Weibchen: MW=5,73; StAbw=0,4 / Männchen: MW=5,4; StAbw=0,3). Beide Geschlechter waren deutlich größer als die *T. femoralis*-Individuen aus dem Nationalpark Bayerischer Wald und ähnlich groß wie die *T. femoralis*-Individuen aus dem Nationalpark Berchtesgaden.

## 15 Genetische Strukturen in Populationen von *Thanasimus* sp. in Hoch- und Tieflage

### 15.1 Untersuchungen an *Thanasimus femoralis* im Jahre 1997

Sowohl in der Tieflagen- als auch in der Hochlagen-Population von *T. femoralis* ließen sich Abweichungen der beobachteten von der erwarteten Genotypen-Häufigkeit nach Hardy-Weinberg feststellen. Dies betraf die Loci

ALP, FBP und GPI in der Tieflage sowie ALP, FBP, GPI und PGM in der Hochlage (Tab. 49, Tab. 50, Tab. 51).

Ein Vergleich der Genotypen-Häufigkeit von Hoch- und Tieflagen-Population mittels eines Chi-Quadrat-Tests ergab keine signifikanten Unterschiede (Tab. 52).

Der Heterozygotiegrad der Tieflagen-Population war mit 0,231 höher als der der Hochlagen-Population mit 0,160. Auch die Varianz in der Tieflage war höher. In bei-

**Tab. 49: Beobachtete und nach Hardy-Weinberg erwartete Genotypen-Häufigkeiten verschiedener Loci in der Hoch- und Tieflagen-Population von *Thanasimus femoralis* [Alkaline Phosphatase (ALP), Arginine Kinase (ARK), Fructose-bisphosphatase (FBP)].**

Locus	Genotyp	Tieflage Beobachtete Häufigkeit	Tieflage Erwartete Häufigkeit	Hochlage Beobachtete Häufigkeit	Hochlage Erwartete Häufigkeit
ALP	1-1	12	5,161	6	1,884
ALP	1-2	10	23,679	6	14,233
ALP	2-2	34	27,161	31	26,884
ARK	1-1	57	57,004	48	
ARK	1-2	1	0,991	0	
ARK	2-2	0	0,004	0	
FBP	1-1	1	0,017	1	0,021
FBP	1-2	0	1,828	0	1,957
FBP	1-3	0	0,138	0	0
FBP	2-2	53	48,431	46	45,021
FBP	2-3	0	7,310	0	0
FBP	3-3	4	0,276	0	0

**Tab. 50: Beobachtete und nach Hardy-Weinberg erwartete Genotypen-Häufigkeiten verschiedener Loci in der Hoch- und Tieflagen-Population von *Thanasimus femoralis* [Glucose-6-phosphate Isomerase (GPI), Isocitrate Dehydrogenase (IDH), Phosphoglucumutase (PGM)].**

Locus	Genotyp	Tieflage Beobachtete Häufigkeit	Tieflage Erwartete Häufigkeit	Hochlage Beobachtete Häufigkeit	Hochlage Erwartete Häufigkeit
GPI	1-1	0	0,754	0	0,005
GPI	1-2	3	2,438	1	0,202
GPI	1-3	7	4,063	0	0,330
GPI	1-4	3	4,991	0	0,404
GPI	1-5	0	0	0	0,053
GPI	2-2	2	1,969	5	1,920
GPI	2-3	5	6,563	4	6,266
GPI	2-4	9	8,063	3	7,681
GPI	2-5	0	0	1	1,011
GPI	3-3	9	5,469	12	5,112
GPI	3-4	5	13,438	3	12,532
GPI	3-5	0	0	0	4,649
GPI	4-4	13	8,254	16	7,681
GPI	4-5	0	0	0	2,021
GPI	5-5	0	0	2	0,133
IDH	1-1	10	7,078	8	6,516
IDH	1-2	18	23,843	19	21,968
IDH	2-2	23	20,078	20	18,516
PGM	1-1	1	0,431	1	0,085
PGM	1-2	5	6,379	1	1,064
PGM	1-3	3	1,983	1	2,638
PGM	1-4	0	0,776	0	0,128
PGM	2-2	24	23,603	7	3,324
PGM	2-3	12	14,672	10	16,489
PGM	2-4	9	5,741	0	0,798
PGM	3-3	4	2,280	24	20,447
PGM	3-4	0	1,784	3	1,979
PGM	4-4	0	0,349	0	0,048

**Tab. 51:  $\chi^2$ -Tests auf Unterschiede zwischen beobachteter und erwarteter Genotypen-Häufigkeit an verschiedenen Genorten bei der Tief- und Hochlagen-Population von *Thanasimus femoralis* [ $\chi^2$ -Wert (Signifikanzniveau)].**

Locus	Tieflage	Hochlage
ALP	18,688 (<0,001)	14,387 (<0,001)
ARK	0,004 ( 0,947)	
FBP	116 (<0,001)	47 (<0,001)
GPI	14,591 ( 0,024)	67,980 (<0,001)
IDH	3,063 ( 0,080)	0,858 ( 0,354)
PGM	8,121 ( 0,229)	19,592 ( 0,003)

**Tab. 52:  $\chi^2$ -Tests auf Unterschiede zwischen den beobachteten Genotypen-Häufigkeiten an verschiedenen Genorten bei der Tief- und Hochlagen-Population von *Thanasimus femoralis* [ $\chi^2$ -Wert (Signifikanzniveau)].**

Locus	$\chi^2$ (p)
ALP	1,457 (0,483)
FBP	2,032 (0,154)
GPI	4,841 (0,089)
IDH	0,298 (0,863)
PGM	2,534 (0,282)

**Tab. 53: Mittlere Heterozygotie der Hoch- und Tieflagen-Population von *Thanasimus femoralis* [H-Wert (Varianz)].**

Population	Mittlere Heterozygotie (beobachtet)	Mittlere Heterozygotie (n. Hardy-Weinberg erwartet)
Tieflage	0,231 (0,092)	0,331 (0,103)
Hochlage	0,160 (0,064)	0,288 (0,105)

**Tab. 54: Zusammenfassung der F-Statistiken für alle Loci [Fixierungs-Index des Individuums relativ zur Sub-Population (IS) und zur Gesamt-Population (IT); Höhe der Differenzierung zwischen den Sub-Populationen relativ zur begrenzenden Höhe bei vollständiger Fixierung (ST)].**

Locus	F (IS)	F (IT)	F (ST)
ALP	0,578	0,583	0,012
ARK	-0,009	-0,004	0,004
FBP	1,000	1,000	0,002
GPI	0,405	0,409	0,005
IDH	0,190	0,190	0,000
PGM	0,206	0,323	0,147
Mittelwert	0,367	0,395	0,044

den Lagen war eine Abweichung von der nach Hardy-Weinberg erwarteten Heterozygotie zu verzeichnen (Tab. 53).

Die Berechnung der F-Statistik für alle Loci ergab innerhalb der Population einen Wert von 0,367, zwischen den Populationen einen Wert von 0,044 und für beide Populationen einen Wert von 0,395 (Tab. 54).

## 15.2 Untersuchungen an *Thanasimus femoralis* im Jahre 1998

Im Jahr 1998 ließen sich lediglich für die Tieflagenpopulation von *T. femoralis* am Locus PGM Abweichungen der beobachteten von der erwarteten Genotypen-Häufigkeit nach Hardy-Weinberg feststellen (Tab. 55, Tab. 56). Ein Vergleich der Genotypen-Häufigkeit von Hoch- und

Tief lagen-Population mittels eines Chi-Quadrat-Tests ergab signifikante Unterschiede für GPI und IDH (Tab. 57).

Der Heterozygotiegrad der Tief lagen-Population war mit 0,491 höher als der der Hochlagen-Population mit 0,368. Auch die Varianz in der Tief lage war höher. In beiden Lagen war eine Abweichung von der nach Hardy-Weinberg erwarteten Heterozygotie zu verzeichnen (Tab. 58).

Die Berechnung der F-Statistik für alle Loci ergab innerhalb der Population einen Wert von 0,189, zwischen den Populationen einen Wert von 0,082 und für beide Populationen einen Wert von 0,255 (Tab. 59).

**Tab. 55: Beobachtete und nach Hardy-Weinberg erwartete Genotypen-Häufigkeiten verschiedener Loci in der Hoch- und Tief lagen-Population von *Thanasimus femoralis* [Glucose-6-phosphate Isomerase (GPI), Isocitrate Dehydrogenase (IDH), Phosphoglucumutase (PGM)].**

Locus	Genotyp	Tief lage	Tief lage	Hoch lage	Hoch lage
		Beobachtete Häufigkeit	Erwartete Häufigkeit	Beobachtete Häufigkeit	Erwartete Häufigkeit
GPI	1-1	1	0,653	0	0,006
GPI	1-2	8	9,613	0	0,155
GPI	1-3	4	2,240	1	0,179
GPI	1-4	0	0,840	0	0,655
GPI	2-2	40	35,363	3	1,006
GPI	2-3	10	16,480	0	2,321
GPI	2-4	5	6,180	7	8,512
GPI	3-3	4	1,920	3	1,339
GPI	3-4	2	1,440	8	9,821
GPI	4-4	1	0,270	20	18,006
IDH	1-1	24	20,779	5	3,006
IDH	1-2	31	37,922	13	16,989
IDH	1-3	1	0,519		
IDH	2-2	21	17,302	26	24,006
IDH	2-3	0	0,474		
IDH	3-3	0	0,003		
PGM	1-1	4	2,961	6	2,149
PGM	1-2	15	12,039	6	11,083
PGM	1-3	7	8,684	1	3,393
PGM	1-4	0	3,355	0	0,226
PGM	2-2	10	12,240	16	14,292
PGM	2-3	20	17,658	10	8,750
PGM	2-4	6	6,822	1	0,583
PGM	3-3	7	6,368	2	1,339
PGM	3-4	3	4,921	0	0,179
PGM	4-4	4	0,951	0	0,006

**Tab. 56:  $\chi^2$ -Tests auf Unterschiede zwischen beobachteter und erwarteter Genotypen-Häufigkeit an verschiedenen Genorten bei der Tief- und Hochlagen-Population von *Thanasimus femoralis* [ $\chi^2$ -Wert (Signifikanzniveau)].**

Locus	Tief lage	Hoch lage
GPI	1,144 (0,285)	1,853 (0,173)
IDH	2,162 (0,141)	2,425 (0,119)
PGM	6,192 (0,013)	1,176 (0,278)

**Tab. 57:  $\chi^2$ -Tests auf Unterschiede zwischen den beobachteten Genotypen-Häufigkeiten an verschiedenen Genorten bei der Tief- und Hochlagen-Population von *Thanasimus femoralis* [ $\chi^2$ -Wert (Signifikanzniveau)].**

Locus	$\chi^2$ (p)
GPI	17,158 (<0,001)
IDH	9,667 (0,008)
PGM	2,506 (0,286)

**Tab. 58: Mittlere Heterozygotie der Hoch- und Tief lagen-Population von *Thanasimus femoralis* [H-Wert (Varianz)].**

Population	Mittlere Heterozygotie (beobachtet)	Mittlere Heterozygotie (n. Hardy-Weinberg erwartet)
Tief lage	0,491 (0,090)	0,567 (0,069)
Hoch lage	0,368 (0,039)	0,493 (0,056)

**Tab. 59: Zusammenfassung der F-Statistiken für alle Loci [Fixierungs-Index des Individuums relativ zur Sub-Population (IS) und zur Gesamt-Population (IT); Höhe der Differenzierung zwischen den Sub-Populationen relativ zur begrenzenden Höhe bei vollständiger Fixierung (ST)].**

Locus	F (IS)	F (IT)	F (ST)
GPI	0,236	0,247	0,014
IDH	0,202	0,259	0,071
PGM	0,137	0,259	0,142
Mittelwert	0,189	0,255	0,082

### 15.3 Untersuchungen an *Thanasimus femoralis* und *Thanasimus formicarius* aus dem Nationalpark Bayerischer Wald im Jahre 1998

Im Jahr 1998 ließen sich für die Hochlagenpopulation von *T. femoralis* an den Loci PGM und IDH Abweichungen der beobachteten von der erwarteten Genotypen-Häufigkeit nach Hardy-Weinberg feststellen (Tab. 60, Tab. 61).

Der mittlere Heterozygotiegrad der Hochlagen-Population von *T. femoralis* im Nationalpark Bayerischer Wald war deutlich niedriger als er nach Hardy-Weinberg zu erwarten gewesen wäre. Außerdem zeigte er eine recht geringe Varianz (Tab. 62).

Eine Auswertung der Gele für *T. formicarius* unterblieb aufgrund der unzureichenden Deutlichkeit der einzelnen Banden. Dennoch war zu erkennen, dass sich die *T. formicarius*-Individuen hinsichtlich der Lage der Loci von ARK, PGM, IDH und GPI von den *T. femoralis*-Individuen unterschieden. Diese Unterschiede lieferten den Anstoß zur Untersuchung der Artzugehörigkeit der Larven mit Hilfe der Elektrophorese.

**Tab. 60: Beobachtete und nach Hardy-Weinberg erwartete Genotypen-Häufigkeiten verschiedener Loci in der Hochlagen-Population von *Thanasimus femoralis* aus dem Nationalpark Bayerischer Wald [Isocitrate Dehydrogenase (IDH), Phosphoglucumutase (PGM)].**

Locus	Genotyp	Hoch lage	Hoch lage
		Beobachtete Häufigkeit	Erwartete Häufigkeit
IDH	1-1	14	8,727
IDH	1-2	20	30,545
IDH	2-2	32	26,727
PGM	1-1	0	0,138
PGM	1-2	5	4,523
PGM	1-3	1	1,154
PGM	1-4	0	0,046
PGM	2-2	41	36,938
PGM	2-3	10	18,846
PGM	2-4	1	0,754
PGM	3-3	7	2,404
PGM	3-4	0	0,192
PGM	4-4	0	0,004

Tab. 61:  $\chi^2$ -Tests auf Unterschiede zwischen beobachteter und erwarteter Genotypen-Häufigkeit an verschiedenen Genorten bei Hochlagen-Population von *Thanasimus femoralis* aus dem Nationalpark Bayerischer Wald [ $\chi^2$ -Wert (Signifikanzniveau)].

Locus	Hochlage
IDH	7,866 (0,005)
PGM	7,370 (0,007)

Tab. 62: Mittlere Heterozygotie der Hochlagen-Population von *Thanasimus femoralis* aus dem Nationalpark Berchtesgaden [H-Wert (Varianz)].

Population	Mittlere Heterozygotie (beobachtet)	Mittlere Heterozygotie (n. Hardy-Weinberg erwartet)
Hochlage	0,282 (0,021)	0,428 (0,035)

## 16 Artbestimmung bei *Thanasimus* sp.-Larven mit Hilfe der Elektrophorese

Bei der Artbestimmung der *Thanasimus* sp.-Larven stellte sich heraus, dass die Systeme ARK (Poulik), GPI, IDH, ME (TC pH 7,0) und PK (TC pH 6,5) deutliche Artunterschiede aufwiesen (Abb. 92).

Von 25 untersuchten Larven aus zwei Stammstücken, die mit je zwei *T. femoralis*-Paaren versehen worden waren, konnten 23 den Loci für *T. femoralis* zugeordnet werden, bei zwei Individuen war dies nicht eindeutig möglich. Von 18 untersuchten Larven aus dem Stammstück, welches mit einem *T. formicarius*-Paar besiedelt worden war, konnten alle den Loci für *T. formicarius* zugeordnet werden (Tab. 63). Von 43 Larven konnten also 41 (95 %) eindeutig bestimmt werden.

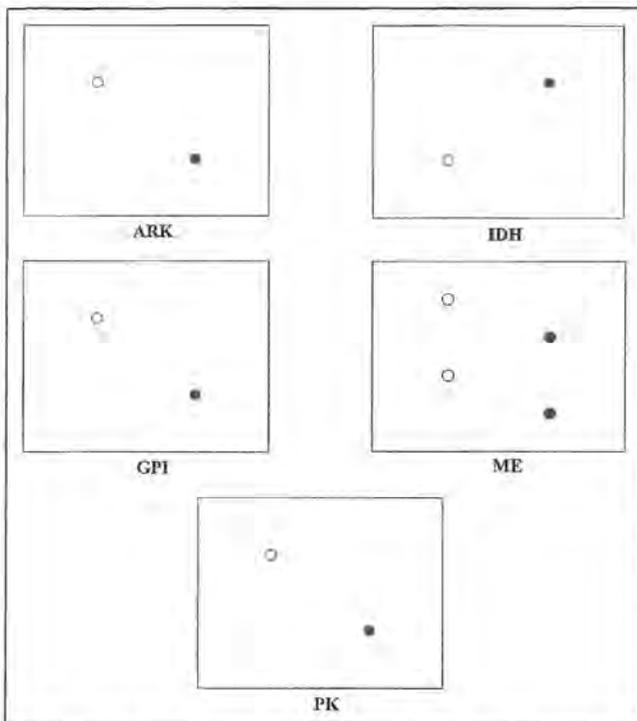


Abb. 92: Lage der Loci von *T. femoralis* (o) und *T. formicarius* (●) für die verschiedenen Enzymsysteme.

Tab. 63: Untersuchung von *Thanasimus* sp.-Larven eindeutiger Herkunft mit Hilfe der Elektrophorese.

Art	Stammstück	Paare pro Stammstück	Anzahl Larven	Artbestimmung eindeutig	Artbestimmung nicht eindeutig
<i>T. femoralis</i>	A	2	10	9	1
<i>T. femoralis</i>	B	2	15	14	1
<i>T. formicarius</i>	C	1	18	18	0

Tab. 64: Untersuchung von *Thanasimus* sp.-Larven aus Stammstücken und stehend befallenen Fichten mit Hilfe der Elektrophorese.

Art	Anzahl bestimmter Larven	Anzahl <i>T. formicarius</i> -Larven	Anzahl <i>T. femoralis</i> -Larven	Anteil der <i>T. femoralis</i> -Larven (%)
Stammstücke	460	453	7	1,5
Stehend befallene Fichten	94	81	13	13,8

Um rationelleres Arbeiten zu ermöglichen, erfolgte die Bestimmung der *Thanasimus* sp.-Larven aus den Stammstücken und den Rindenproben der stehend befallenen Fichten lediglich mit den drei Enzymsystemen GPI, IDH und ME (TC pH 7,0). Es musste somit pro Individuum nur ein Gel bearbeitet werden.

Die *Thanasimus* sp.-Larven aus Stammstücken konnten alle mit Hilfe der Elektrophorese bestimmt werden (460 Individuen). Von den 152 *Thanasimus* sp.-Larven aus stehend befallenen Fichten waren hingegen nur 94 (61,8 %) für die Elektrophorese geeignet (die übrigen waren eingetrocknet).

Die Bestimmung der *Thanasimus* sp.-Larven aus den Stammstücken ergab einen *T. femoralis*-Anteil von 1,5 % (7 von 460 Larven), bei den Larven aus stehend befallenen Fichten betrug dieser Anteil 13,8 % (13 von 94 Larven; Tab. 64). Die Dichten der Larven in den einzelnen Stammstücken und Rindenproben sind im Anhang (Tab. 103, Tab. 120) aufgeführt.

## 17 Besiedelung von unterschiedlich lange exponierten Stammstücken durch *Ips typographus*, dessen Antagonisten und andere Arthropoden

### 17.1 Einfluss der Expositionszeit und des Standortes von Stammstücken auf die Besiedelungsdichte unterschiedlicher Arthropoden-Gruppen – Mehrfaktorielle Varianzanalyse

Die Daten der Besiedelungsdichte der unterschiedlichen Arthropoden-Gruppen wurden einer varianzanalytischen Prüfung unterzogen. Dabei gingen vor allem log (10)- bzw. Quadratwurzel-transformierte Werte in eine mehrfaktorielle Varianzanalyse ein (Tab. 65). Als Parameter wurden die Expositionszeit (2, 4, 8 Wochen) und der Ort, an dem die Stammstücke exponiert worden waren (Archenkopf, Wimbach, Herrenroint, Schapbach), berücksichtigt. Die Standorte Archenkopf und Wimbach lagen dabei in der Ruhezone, die Standorte Herrenroint und Schapbach in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone.

Für *I. typographus*, *D. autographus*, *X. lineatus*, Summe Staphylinidae, Summe Rhizophagidae und Summe *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* hatten sowohl der Standort als auch die Expositionszeit signifikanten Einfluss auf die Besiedlungsdichte. Die Dichte der Summe scolytidophager Coleoptera (o. *Eपुरaea* sp., Rhizoph., Staphyl.), *Lathridius nodifer*, Summe Hymenoptera und Rhizophagidae-Larven wurde nur von der Expositionszeit, die Dichte von *H. palliatus*, Summe der Rindenbrüter, Summe scolytidophage Staphylinidae, Summe *Eपुरaea* sp., Summe Diptera und von *Thanasimus* sp.-Larven allein vom Standort beeinflusst (Tab. 65).

### 17.2 Einfluss der Expositionszeit und des Standortes von Stammstücken auf die Besiedlungsdichte unterschiedlicher Arthropoden-Gruppen – Einzelvergleiche mittels Scheffé-Tests

Die durchgeführten Varianzanalysen geben lediglich Auskunft darüber, ob die einzelnen Haupteffekte einen signifikanten Einfluss auf die betrachteten Parameter haben. Sie sagen jedoch nichts darüber aus, welche Expositionszeiten bzw. Orte sich signifikant voneinander unterscheiden. Um dies festzustellen, wurden Scheffé-Tests durchgeführt.

#### 17.2.1 Einfluss der Expositionszeit

Die Besiedlungsdichte von *I. typographus* nahm mit zunehmender Expositionszeit ab (Tab. 66; Abb. 93). In den 2 Wochen exponierten Stammstücken fanden sich durchschnittlich 192,75 *I. typographus*/m<sup>2</sup>, in den 4 Wochen exponierten 183,25 *I. typographus*/m<sup>2</sup> und in den 8 Wochen exponierten nur noch 42,95 *I. typographus*/m<sup>2</sup>. Die Besiedelung in den 8 Wochen exponierten Stammstücken war signifikant niedriger als in den 2 und 4 Wochen exponierten, die 2 und 4 Wochen exponierten Stammstücke unterschieden sich jedoch hinsichtlich der *I. typographus*-Dichte nicht signifikant voneinander. Eine signifikante Abnahme der Besiedlungsdichte mit zunehmender Expositionszeit zeigte neben *I. typogra-*

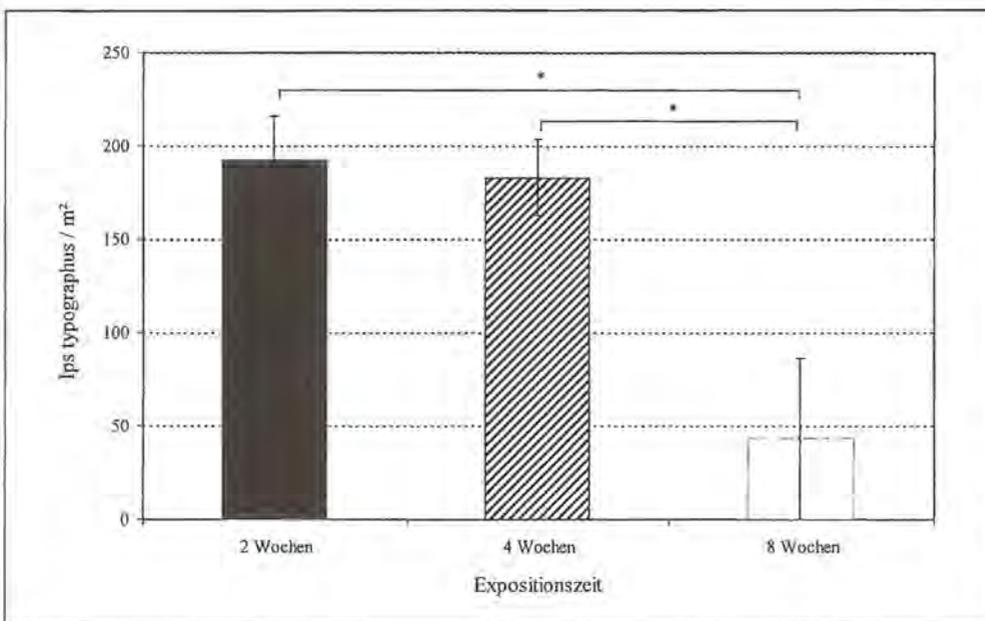
**Tab. 65:** Einfluss der Expositionszeit und des Standortes von Stammstücken auf die Besiedlungsdichte unterschiedlicher Arthropoden-Gruppen; Univariate Varianzanalyse: F-Werte und p-Werte (in Klammern); sqrt = Daten für die Analyse Quadratwurzel-transformiert; lg = Daten für die Analyse log(10)-transformiert.

Arthropoden-Gruppe	Expositionszeit (2, 4, 8 Wochen); df=2	Standort (Wimbach, Schapbach, Herrenroint, Archenkopf); df=3
<i>Ips typographus</i> (lg)	57,436 (<0,001)	2,860 ( 0,045)
<i>Hylurgops palliatus</i> (sqrt)	0,268 ( 0,766)	17,531 (<0,001)
<i>Dryocoetes autographus</i> (sqrt)	174,146 (<0,001)	4,048 ( 0,011)
Summe Rindenbrüter (lg)	2,551 ( 0,087)	9,848 (<0,001)
<i>Xyloterus lineatus</i> (lg)	29,810 (<0,001)	19,218 (<0,001)
Summe scolytidophage Coleoptera o. <i>Eपुरaea</i> sp., Rhizoph., Staphyl. (lg)	4,621 ( 0,014)	1,004 ( 0,398)
Summe Staphylinidae (sqrt)	4,583 ( 0,015)	7,588 (<0,001)
Summe scolytidophage Staphylinidae (lg)	1,893 ( 0,160)	6,904 ( 0,001)
Summe Rhizophagidae (sqrt)	14,465 (<0,001)	13,267 (<0,001)
Summe <i>Eपुरaea</i> sp. (lg)	1,201 ( 0,309)	7,863 (<0,001)
<i>Lathridius nodifer</i> (lg)	58,811 (<0,001)	2,349 ( 0,083)
Summe Hymenoptera (lg)	14,323 (<0,001)	1,814 ( 0,156)
Summe <i>R. tutela</i> , <i>C. klugii</i> , <i>T. seitneri</i> (lg)	17,533 (<0,001)	6,781 ( 0,001)
Summe Diptera (lg)	1,967 ( 0,150)	4,172 ( 0,010)
<i>Thanasimus</i> sp.-Larven	1,272 ( 0,288)	6,683 ( 0,001)
Rhizophagidae-Larven (lg)	12,148 (<0,001)	1,859 ( 0,147)

*phus* nur noch *Lathridius nodifer* (Tab. 66). Im Gegensatz zu *I. typographus* unterschieden sich jedoch bei *L. nodifer* die Dichten aller Expositionszeiten signifikant voneinander (2W: 72,30 Individuen/m<sup>2</sup>; 4W: 31,70 Ind./m<sup>2</sup>; 8W: 5,35 Ind./m<sup>2</sup>).

Die Dichte der Summe der Rindenbrüter nahm zwar ebenfalls mit zunehmender Expositionszeit ab, der Rückgang war jedoch nicht signifikant (2W: 347,15 Ind./m<sup>2</sup>; 4W: 333,30 Ind./m<sup>2</sup>; 8W: 293,15 Ind./m<sup>2</sup>; s. Varianzanalyse Tab. 65).

Ein Anstieg der Besiedlungsdichte mit zunehmender Expositionszeit war bei *D. autographus*, *X. lineatus*, Summe *Eपुरaea* sp., Summe Hymenoptera, Summe *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri*, Summe Diptera und *Thanasi-*



**Abb. 93:** Anzahl der aus Stammstücken geschlüpften *I. typographus* pro m<sup>2</sup> Rindenfläche bei unterschiedlicher Expositionszeit [Mittelwert; Standardfehler; \* = Signifikanz im Scheffé-Test mit log(10)-transformierten Werten].

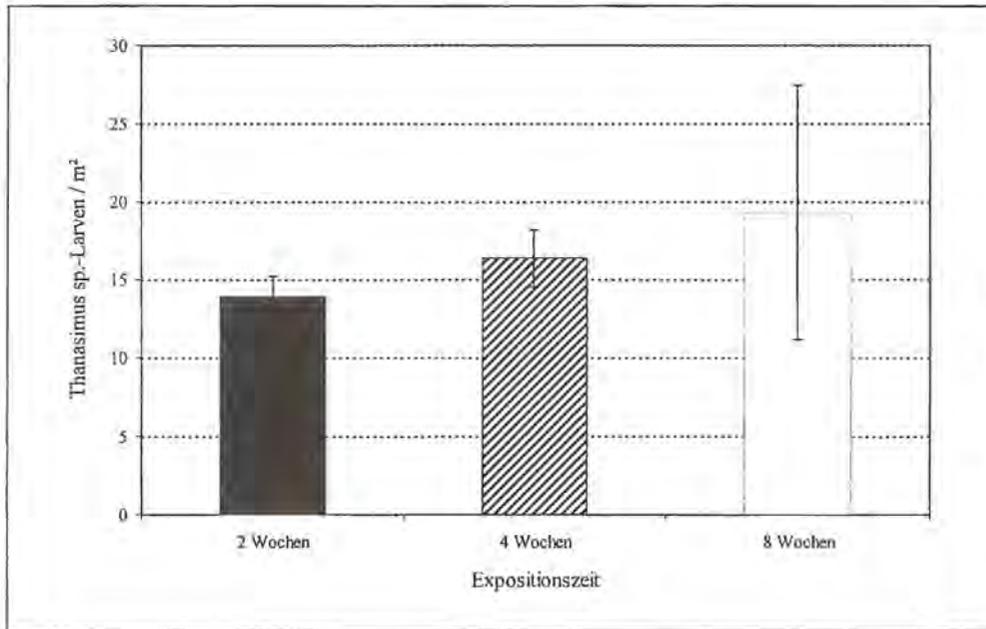


Abb. 94: Anzahl der aus Stammstücken geschlüpften *Thanasisimus* sp.-Larven pro m² Rindenfläche bei unterschiedlicher Expositionszeit (Mittelwert; Standardfehler).

*mus* sp.-Larven zu beobachten (Tab. 66). Bei *D. autographus* unterschieden sich dabei die Besiedlungsdichten zu allen drei Expositionszeiten signifikant voneinander (2W: 0,20 Ind./m²; 4W: 5,90 Ind./m²; 8W: 85,55 Ind./m²). Die Besiedlungsdichte von *X. lineatus* war bei den 2 Wochen exponierten Stammstücken (2,05 Ind./m²) signifikant niedriger als bei den 4 (165,20 Ind./m²) und 8 Wochen exponierten (247,25 Ind./m²). Die Besiedlungsdichte der Summe der Hymenoptera war bei den 2 und 4 Wochen exponierten Stammstücken signifikant niedriger als bei den 8 Wochen exponierten (2W: 0,75 Ind./m²; 4W: 1,10 Ind./m²; 8 W: 8,45 Ind./m²). Ebenso verhielt es sich bei der Summe *R.*

*tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* (2W: 0,00 Ind./m²; 4W: 0,10 Ind./m²; 8 W: 6,85 Ind./m²) und den Rhizophagidae-Larven (2W: 5,65 Ind./m²; 4W: 8,60 Ind./m²; 8 W: 39,75 Ind./m²). Die Besiedlungsdichten der Summe *Epuraea* sp., Summe Diptera und der *Thanasisimus* sp.-Larven (Abb. 94) unterschieden sich nicht signifikant (s. Varianzanalyse Tab. 65; Summe *Epuraea* sp.: 2W: 8,95 Ind./m²; 4W: 14,40 Ind./m²; 8 W: 21,15 Ind./m²; Summe Diptera: 2W: 1,15 Ind./m²; 4W: 2,35 Ind./m²; 8 W: 6,55 Ind./m²; *Thanasisimus* sp.-Larven: 2W: 13,90 Ind./m²; 4W: 16,35 Ind./m²; 8 W: 19,30 Ind./m²).

Tab. 66: Einfluss der Expositionszeit von Stammstücken auf die Besiedlungsdichte unterschiedlicher Arthropoden-Gruppen; Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) der Individuenzahlen pro m² Rindenfläche; Scheffé-Tests im Anschluß an die Univariate Varianzanalyse: Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; Gruppen, bei denen die Werte nicht durch Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen keine signifikanten Unterschiede auf.

Arthropoden-Gruppe	2 Wochen (n=20)	4 Wochen (n=20)	8 Wochen (n=20)
<i>Ips typographus</i>	192,75 (23,10) a	183,25 (20,48) a	42,95 (4,00) b
<i>Hylurgops palliatus</i>	150,80 (34,66)	141,05 (24,15)	159,40 (36,27)
<i>Dryocoetes autographus</i>	0,20 (0,14) a	5,90 (1,46) b	85,55 (11,50) c
Summe Rindenbrüter	347,15 (28,49)	333,30 (34,38)	293,15 (39,79)
<i>Xyloterus lineatus</i>	2,05 (1,41) a	165,20 (45,83) b	247,25 (63,13) b
Summe scolytidophage Coleoptera			
o. <i>Epuraea</i> sp., Rhizoph., Staphyl.	1,20 (0,36) ab	1,15 (0,42) a	4,85 (1,19) b
Summe Staphylinidae	6,90 (1,40) a	2,95 (0,48) b	6,55 (1,84) ab
Summe scolytidophage Staphylinidae	4,80 (1,31)	2,45 (0,42)	5,95 (1,78)
Summe Rhizophagidae	14,75 (3,46) a	13,15 (2,36) a	41,05 (7,16) b
Summe <i>Epuraea</i> sp.	8,95 (1,12)	14,40 (2,48)	21,15 (5,69)
<i>Lathridius nodifer</i>	72,30 (9,09) a	31,70 (6,94) b	5,35 (1,38) c
Summe Hymenoptera	0,75 (0,32) a	1,10 (0,37) a	8,45 (2,59) b
Summe <i>R. tutela</i> , <i>C. klugii</i> , <i>T. seitneri</i>	0,00 (0,00) a	0,10 (0,10) a	6,85 (2,75) b
Summe Diptera	1,15 (0,40)	2,35 (0,64)	6,55 (2,96)
<i>Thanasisimus</i> sp.-Larven	13,90 (3,11)	16,35 (2,66)	19,30 (2,38)
Rhizophagidae-Larven	5,65 (1,32) a	8,60 (1,87) a	39,75 (8,14) b

Ein Rückgang der Besiedlungsdichte von 2 Wochen auf 4 Wochen und ein anschließender Anstieg von 4 Wochen auf 8 Wochen Expositionszeit war bei *H. palliatus*, Summe scolytidophage Coleoptera (o. *Epuraea* sp., Rhizoph., Staphyl.), Summe Staphylinidae, Summe scolytidophage Staphylinidae und der Summe der Rhizophagidae festzustellen (Tab. 66). Bei der Summe der Staphylinidae war die Besiedlungsdichte der 4 Wochen exponierten Stammstücke signifikant niedriger als die der 2 Wochen exponierten, während sich die Besiedlungsdichte der 8 Wochen exponierten Stammstücke von den 2 und 4 Wochen exponierten nicht signifikant unterschied (2W: 6,90 Ind./m²; 4W: 2,95 Ind./m²; 8 W: 6,55 Ind./m²). Die Besiedlungsdichte der Summe der scolytidophagen Coleoptera (o. *Epuraea* sp., Rhizoph., Staphyl.) war in den 4 Wochen exponierten Stammstücken signifikant niedriger als in den 8 Wochen exponierten, während sich die Besiedlungsdichte der 2 Wochen exponierten Stammstücke nicht von den 4 und 8 Wochen exponierten unterschied (2W: 1,20 Ind./m²; 4W: 1,15 Ind./m²; 8 W: 4,85 Ind./m²). Die Besiedlungsdichte der Summe der Rhizophagidae war in den 8 Wochen exponierten Stammstücken signifikant höher als in den 2 und 4 Wochen exponierten Stammstücken (2W: 14,75 Ind./m²; 4W: 13,15 Ind./m²; 8 W: 41,05 Ind./m²). Bei *H. palliatus* und der Summe der scolytidophagen Staphylinidae waren keine signifikanten Unterschiede zu ermitteln (s. Varianzanalyse Tab. 65; *H. palliatus*: 2W: 150,80 Ind./m²; 4W: 141,05 Ind./m²; 8 W:

**Tab. 67: Einfluss des Standortes von Stammstücken auf die Besiedelungsdichte unterschiedlicher Arthropoden-Gruppen; Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) der Individuenzahlen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche; Scheffé-Tests im Anschluss an die Univariate Varianzanalyse: Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; Gruppen, bei denen die Werte nicht durch Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen keine signifikanten Unterschiede auf.**

Arthropoden-Gruppe	Archenkopf (n=15)	Herrenrönt (n=15)	Schapbach (n=15)	Wimbach (n=15)
<i>Ips typographus</i>	161,80 (32,15)	120,40 (20,12)	102,87 (17,69)	173,53 (33,20)
<i>Hylurgops palliatus</i>	278,80 (38,56) a	169,27 (37,92) ab	120,00 (19,94) b	33,60 (7,70) c
<i>Dryocoetes autographus</i>	31,27 (10,92) ab	24,67 (10,91) ab	19,53 (7,78) a	46,73 (18,66) b
Summe Rindenbrüter	476,20 (41,35) a	321,67 (40,80) b	243,87 (14,38) b	256,80 (24,62) b
<i>Xyloterus lineatus</i>	332,40 (80,40) a	151,87 (50,10) ab	0,53 (0,31) c	67,87 (24,36) b
Summe scolytidophage Coleoptera o. <i>Epuraea</i> sp., Rhizoph., Staphyl.	2,87 (1,17)	3,67 (1,29)	2,07 (0,72)	1,00 (0,40)
Summe Staphylinidae	10,73 (2,40) a	4,27 (1,23) b	4,07 (0,89) b	2,80 (0,42) b
Summe scolytidophage Staphylinidae	9,20 (2,32) a	3,60 (1,23) b	2,87 (0,68) b	1,93 (0,37) b
Summe Rhizophagidae	44,60 (8,60) a	19,00 (4,21) b	20,13 (5,20) b	8,20 (1,39) b
Summe <i>Epuraea</i> sp.	29,47 (6,71) a	12,73 (2,89) ab	10,07 (1,24) ab	7,07 (1,61) b
<i>Lathridius nodifer</i>	40,87 (13,93)	24,33 (5,85)	30,53 (6,43)	50,07 (12,63)
Summe Hymenoptera	1,27 (0,50)	1,60 (0,55)	4,27 (2,51)	6,60 (2,82)
Summe <i>R. tutela</i> , <i>C. klugii</i> , <i>T. seitneri</i>	0,00 (0,00) a	0,00 (0,00) a	3,87 (2,41) b	5,40 (2,74) b
Summe Diptera	2,00 (0,51) ab	0,73 (0,28) a	1,60 (0,77) ab	9,07 (3,79) b
<i>Thanasimus</i> sp.-Larven	23,40 (3,42) a	14,87 (3,04) ab	7,20 (1,76) b	20,60 (2,63) a
Rhizophagidae-Larven	21,60 (6,51)	6,73 (2,29)	11,13 (2,95)	32,53 (10,63)

159,40 Ind./m<sup>2</sup>; Summe scolytidophage Staphylinidae: 2W: 4,80 Ind./m<sup>2</sup>; 4W: 2,45 Ind./m<sup>2</sup>; 8W: 5,95 Ind./m<sup>2</sup>.

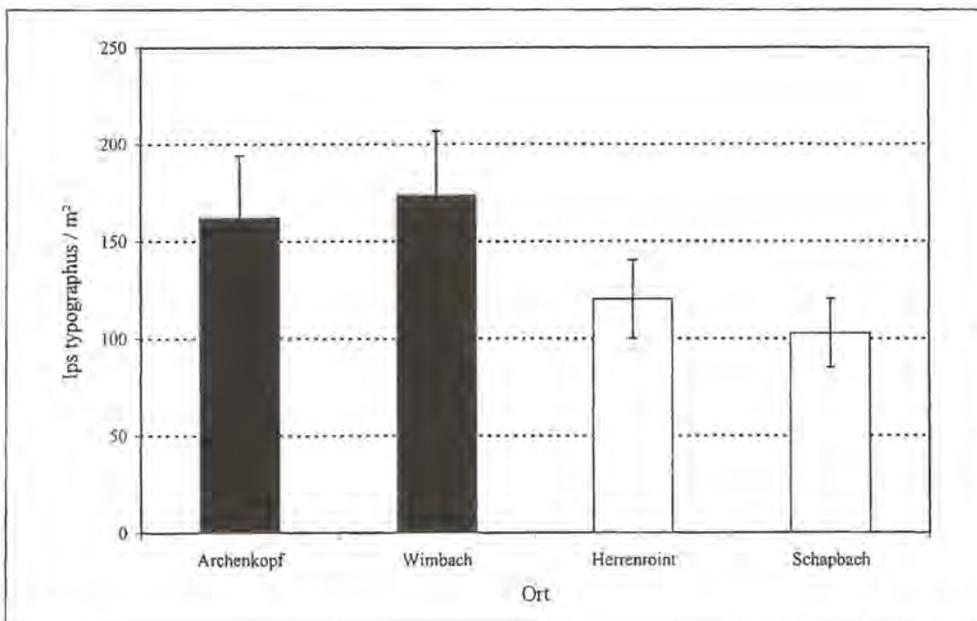
### 17.2.2 Einfluss des Standortes

Laut Varianzanalyse unterschied sich zwar die Besiedelungsdichte von *I. typographus* an den Standorten, im Scheffé-Test konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen zwei Standorten ermittelt werden (Tab. 67; Abb. 95). Die Besiedelungsdichte war am Standort Wimbach am höchsten (173,53 Individuen/m<sup>2</sup>), gefolgt von den Standorten Archenkopf (161,80 Individuen/m<sup>2</sup>), Herrenrönt (120,40 Individuen/m<sup>2</sup>) und Schapbach (102,87 Individuen/m<sup>2</sup>). Die mittleren Dichten der Standorte Wimbach und Archenkopf (Ruhezone) waren dabei im Mittel höher als die an den Standorten Herrenrönt und Schapbach (Borkenkäfer-Bekämpfungszone).

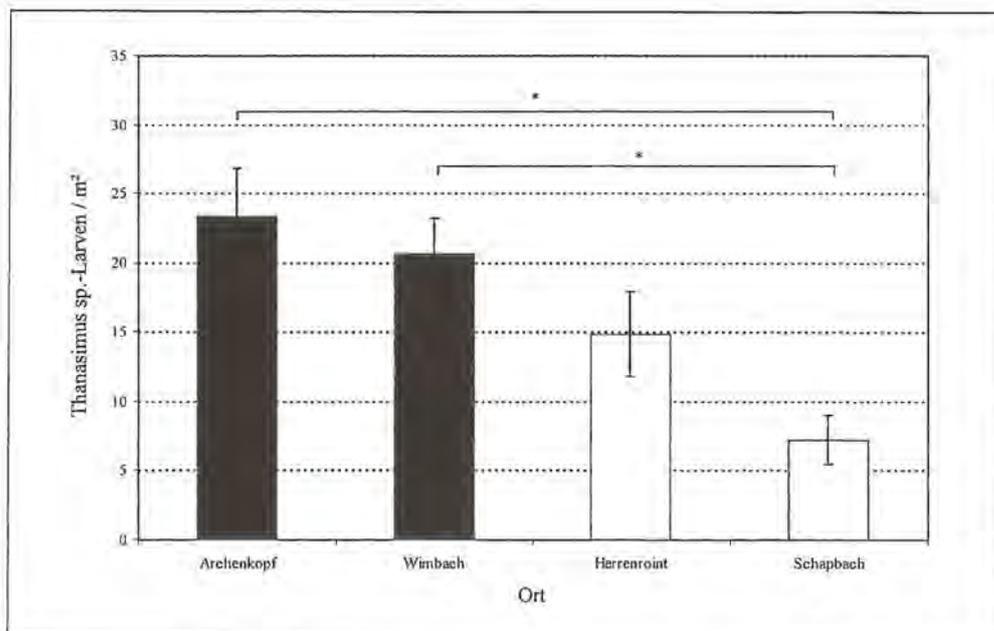
Auch die mittleren *Thanasimus* sp.-Larven-Dichten waren an den Standorten Archenkopf und Wimbach mit

23,40 bzw. 20,60 Individuen/m<sup>2</sup> höher als an den Standorten Herrenrönt und Schapbach mit 14,87 bzw. 7,20 Individuen/m<sup>2</sup> (Tab. 67; Abb. 96). Die Dichte am Standort Schapbach war dabei signifikant niedriger als die an den Standorten Archenkopf und Wimbach, die Dichte am Standort Herrenrönt unterschied sich nicht von den anderen Dichten.

Höhere Dichten an den Standorten der Ruhezone wiesen ebenfalls *L. nodifer*, Rhizophagidae-Larven, *D. autographus* und die Summe der Diptera auf (Tab. 67). Für *L. nodifer* und Rhizophagidae-Larven waren in der Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Standorte ermittelt worden (s. Tab. 65; *L. nodifer*: Archenkopf: 40,87 Ind./m<sup>2</sup>; Herrenrönt: 24,33 Ind./m<sup>2</sup>; Schapbach: 30,53 Ind./m<sup>2</sup>; Wimbach: 50,07 Ind./m<sup>2</sup>; Rhizophagidae-Larven: AK: 21,60 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 6,73 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 11,13 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 32,53 Ind./m<sup>2</sup>). *D. autographus* war am Standort Wimbach in signifikant



**Abb. 95:** Anzahl der pro m<sup>2</sup> Rindenfläche aus Stammstücken unterschiedlicher Expositionsorte geschlüpften *I. typographus* (Mittelwert, Standardfehler; Ruhezone ■, Borkenkäfer-Bekämpfungszone □).



**Abb. 96:** Anzahl der pro m<sup>2</sup> Rindenfläche aus Stammstücken unterschiedlicher Expositionsorte geschlüpfen *Thanasimus* sp.-Larven (Mittelwert, Standardfehler; \* = Signifikanz im Scheffé-Test; Ruhezone ■, Borkenkäfer-Bekämpfungszone □).

höherer Dichte als am Standort Schapbach vorhanden (SCHA: 19,53 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 46,73 Ind./m<sup>2</sup>). Die Dichten an den Standorten Archenkopf und Herrenrönt zeigten hingegen keine signifikanten Differenzen zu Dichten an anderen Standorten (AK: 31,27 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 24,67 Ind./m<sup>2</sup>). Die Dichte der Summe der Diptera war am Standort Herrenrönt signifikant niedriger als am Standort Wimbach, die anderen beiden Standorte unterschieden sich nicht signifikant (AK: 2,00 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 0,73 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 1,60 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 9,07 Ind./m<sup>2</sup>).

Eine Abnahme der mittleren Besiedlungsdichte von Archenkopf über Herrenrönt und Schapbach nach Wimbach zeigten die 4 Gruppen *H. palliatus*, Summe Staphylinidae, Summe scolytidophage Staphylinidae und Summe *Epuraea* sp. (Tab. 67). Die Dichte von *H. palliatus* war am Standort Archenkopf dabei signifikant höher als an den Standorten Schapbach und Wimbach und die Dichte am Standort Schapbach war signifikant höher als am Standort Wimbach (AK: 278,80 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 169,27 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 120,00 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 33,60 Ind./m<sup>2</sup>). Die Dichte der Summe *Epuraea* sp. war am Standort Archenkopf signifikant höher als am Standort Wimbach (AK: 29,47 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 12,73 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 10,07 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 7,07 Ind./m<sup>2</sup>). Die Dichten der Summe der scolytidophagen Staphylinidae und der Summe der Staphylinidae waren am Standort Archenkopf signifikant höher als an den Standorten Herrenrönt, Schapbach und Wimbach (Summe scolytidophage Staphylinidae: AK: 9,20 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 3,60 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 2,87 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 1,93 Ind./m<sup>2</sup>; Summe Staphylinidae: AK: 10,73 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 4,27 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 4,07 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 2,80 Ind./m<sup>2</sup>).

Auch die Summe der Rindenbrüter und die Summe der Rhizophagidae waren am Standort Archenkopf signifikant höher als an den anderen drei Standorten (Tab. 67). Von diesen drei Standorten wies Herrenrönt die höchste Dichte der Summe der Rindenbrüter auf, gefolgt von Wimbach und Schapbach (AK: 476,20 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 321,67 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 243,87 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 256,80

Ind./m<sup>2</sup>); die höchste Dichte der Summe der Rhizophagidae wies Schapbach auf, gefolgt von Herrenrönt und Wimbach (AK: 44,60 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 19,00 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 20,13 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 8,20 Ind./m<sup>2</sup>).

*X. lineatus* trat am Standort Archenkopf ebenfalls in den höchsten mittleren Dichten auf, gefolgt von den Standorten Herrenrönt, Wimbach und Schapbach (Tab. 67). Die mittlere Dichte am Standort Archenkopf war dabei signifikant höher als an den Standorten Wimbach und Schapbach und die Dichten an den drei Standorten Archenkopf, Herrenrönt und Wimbach waren signifikant höher als am Standort Schapbach (AK: 332,40 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 151,87 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 0,53 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 67,87 Ind./m<sup>2</sup>).

Die Summe der scolytidophagen Coleoptera (o. *Epuraea* sp., Rhizoph., Staphyl.) ist die einzige Arthropoden-Gruppe, bei der die höchsten Individuenzahlen pro m<sup>2</sup> am Standort Herrenrönt auftraten, gefolgt von den Individuenzahlen an den Standorten Archenkopf, Schapbach und Wimbach (Tab. 67). Ein signifikanter Einfluss des Standortes war jedoch in der Varianzanalyse nicht zu ermitteln (s. Tab. 65; AK: 2,87 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 3,67 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 2,07 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 1,00 Ind./m<sup>2</sup>).

Die Summe der Hymenoptera und die Summe *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* traten an den tiefer gelegenen Standorten Schapbach und Wimbach in höheren Dichten auf als an den höher gelegenen Standorten Archenkopf und Herrenrönt (Tab. 67). Für die Summe *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* waren die Dichten an den Standorten Schapbach und Wimbach dabei signifikant höher als an den anderen beiden Standorten (AK: 0,00 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 0,00 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 3,87 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 5,40 Ind./m<sup>2</sup>), während für die Summe der Hymenoptera in der Varianzanalyse kein signifikanter Einfluss des Standortes gefunden wurde (s. Tab. 65; Summe Hymenoptera: AK: 1,27 Ind./m<sup>2</sup>; HR: 1,60 Ind./m<sup>2</sup>; SCHA: 4,27 Ind./m<sup>2</sup>; WI: 6,60 Ind./m<sup>2</sup>). Bei beiden Gruppen waren die mittleren Dichten am Standort Wimbach am höchsten.

### 17.3 Korrelationen zwischen verschiedenen Arthropoden-Gruppen

#### 17.3.1 2 Wochen exponierte Stammstücke

Für die 2 Wochen exponierten Stammstücke ergaben sich signifikante negative Korrelationen von *I. typographus* mit *H. palliatus* ( $r_s = -0,636^{***}$ ), der Summe der Rhizophagidae ( $r_s = -0,487^*$ ) und der Summe scolytidophager Staphylinidae ( $r_s = -0,460^*$ ). Signifikant positiv korreliert war *I. typographus* nur mit den *Thanasimus* sp.-Larven ( $r_s = 0,460^*$ ; Tab. 68).

Stark positiv mit der Summe der Rhizophagidae war *H. palliatus* korreliert ( $r_s = 0,645^{***}$ ), was erklärt, warum *I. typographus* sowohl mit *H. palliatus* als auch mit der Summe der Rhizophagidae negativ korreliert war.

**Tab. 68: Korrelationskoeffizienten signifikanter Spearman-Rang-Korrelationen zwischen verschiedenen Arthropoden-Gruppen in Stammstücken, die 2 Wochen exponiert waren (in allen Fällen: n=20; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001).**

	<i>Ips typographus</i>	<i>Hylurgops palliatus</i>	<i>Xyloterus lineatus</i>
<i>Hylurgops palliatus</i>	-0,636 <sup>***</sup>		
Summe Rhizophagidae	-0,487 <sup>*</sup>	0,645 <sup>***</sup>	
Summe scolytidophager Staphylinidae	-0,448 <sup>*</sup>		
<i>Lathridius nodifer</i>			0,590 <sup>**</sup>
Psocoptera			0,504 <sup>*</sup>
<i>Thanasimus</i> sp.-Larven	0,460 <sup>*</sup>		0,540 <sup>*</sup>

**Tab. 69: Korrelationskoeffizienten signifikanter Spearman-Rang-Korrelationen zwischen verschiedenen Arthropoden-Gruppen in Stammstücken, die 4 Wochen exponiert waren (in allen Fällen: n=20; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001).**

	<i>Ips typographus</i>	<i>Hylurgops palliatus</i>	<i>Xyloterus lineatus</i>
<i>Xyloterus lineatus</i>		0,556 <sup>*</sup>	
Summe <i>Epuraea</i> sp.	0,472 <sup>*</sup>		0,641 <sup>**</sup>
Summe Rhizophagidae			0,608 <sup>**</sup>
Summe Staphylinidae			0,653 <sup>**</sup>
Summe scolytidophager Staphylinidae			0,591 <sup>**</sup>
<i>Lathridius nodifer</i>		-0,470 <sup>*</sup>	

**Tab. 70: Korrelationskoeffizienten signifikanter Spearman-Rang-Korrelationen zwischen verschiedenen Arthropoden-Gruppen in Stammstücken, die 8 Wochen exponiert waren (in allen Fällen: n=20; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001).**

	<i>Ips typographus</i>	<i>Hylurgops palliatus</i>	<i>Xyloterus lineatus</i>
Summe <i>Epuraea</i> sp.		0,757 <sup>***</sup>	0,539 <sup>*</sup>
Summe Rhizophagidae		0,601 <sup>**</sup>	
Summe Staphylinidae		0,684 <sup>***</sup>	0,686 <sup>**</sup>
Summe scolytidophager Staphylinidae		0,680 <sup>**</sup>	0,625 <sup>**</sup>
<i>Lathridius nodifer</i>		-0,494 <sup>*</sup>	
Psocoptera			0,636 <sup>**</sup>
Summe Hymenoptera		-0,449 <sup>*</sup>	
Summe <i>R. tutela</i> , <i>C. klugii</i> , <i>T. seitneri</i>		-0,455 <sup>*</sup>	-0,678 <sup>**</sup>
<i>Rhopalicus tutela</i>			-0,506 <sup>*</sup>
<i>Cosmophorus klugii</i>		-0,525 <sup>*</sup>	-0,472 <sup>*</sup>
Summe Diptera		-0,603 <sup>**</sup>	
Sciaridae		-0,666 <sup>**</sup>	

*X. lineatus* zeigte positive Korrelationen mit *L. nodifer* ( $r_s = 0,590^{**}$ ), Psocoptera ( $r_s = 0,504^*$ ) und *Thanasimus* sp.-Larven ( $r_s = 0,540^*$ ).

#### 17.3.2 4 Wochen exponierte Stammstücke

Bei den 4 Wochen exponierten Stammstücken wies *I. typographus* nur eine schwache Korrelation mit der Summe *Epuraea* sp. auf ( $r_s = 0,472^*$ ; Tab. 69).

*H. palliatus* war positiv mit *X. lineatus* ( $r_s = 0,556^*$ ) und negativ mit *L. nodifer* korreliert ( $r_s = -0,470^*$ ).

Recht starke positive Korrelationen zeigte *X. lineatus* mit der Summe *Epuraea* sp. ( $r_s = 0,641^{**}$ ), der Summe der Rhizophagidae ( $r_s = 0,608^{**}$ ), der Summe der Staphylinidae ( $r_s = 0,653^{**}$ ) und der Summe der scolytidophagen Staphylinidae ( $r_s = 0,591^{**}$ ).

#### 17.3.3 8 Wochen exponierte Stammstücke

*I. typographus* war bei den 8 Wochen exponierten Stammstücken mit keiner der anderen Arthropoden-Gruppen signifikant korreliert. Dagegen traten bei *H. palliatus* und *X. lineatus* jeweils mehrere starke Korrelationen auf (Tab. 70).

Stark positiv korreliert war *H. palliatus* mit der Summe *Epuraea* sp. ( $r_s = 0,757^{***}$ ), der Summe der Staphylinidae ( $r_s = 0,684^{***}$ ), der Summe der scolytidophagen Staphylinidae ( $r_s = 0,680^{**}$ ) und der Summe der Rhizophagidae ( $r_s = 0,601^{**}$ ). Negativ korreliert war *H. palliatus* mit den Sciaridae ( $r_s = -0,666^{**}$ ), der Summe der Diptera ( $r_s = -0,603^{**}$ ), *C. klugii* ( $r_s = -0,525^*$ ), Summe *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* ( $r_s = -0,455^*$ ), der Summe der Hymenoptera ( $r_s = -0,449^*$ ) und *L. nodifer* ( $r_s = -0,494^*$ ).

*X. lineatus* schließlich war stark positiv mit der Summe der Staphylinidae ( $r_s = 0,686^{**}$ ), der Summe der scolytidophagen Staphylinidae ( $r_s = 0,625^{**}$ ) und der Psocoptera ( $r_s = 0,636^{**}$ ) korreliert, etwas schwächer mit der Summe *Epuraea* sp. ( $r_s = 0,539^*$ ). Stärker negativ korreliert war *X. lineatus* mit der Summe *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* ( $r_s = -0,678^{**}$ ), schwächer negativ mit *R. tutela* ( $r_s = 0,506^*$ ) und *C. klugii* ( $r_s = -0,472^*$ ).

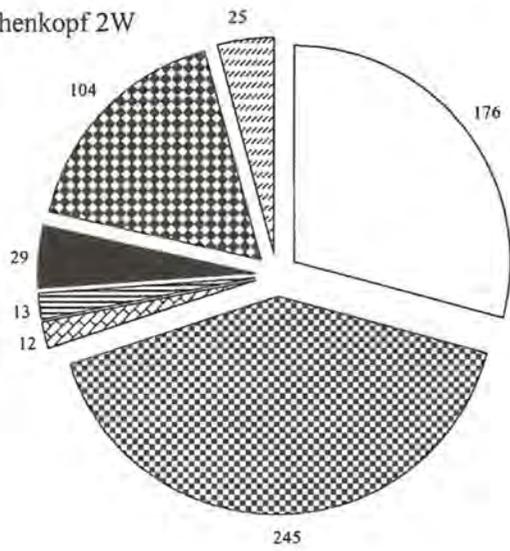
Insgesamt gesehen wiesen *H. palliatus* und *X. lineatus* zum Teil recht starke Korrelationen mit räuberischen Arthropoden-Gruppen auf, während *I. typographus* nur mit *Thanasimus* sp.-Larven und Summe *Epuraea* sp. schwach positiv korrelierte. Mit parasitischen Hymenopteren korrelierten *H. palliatus* und *X. lineatus* jedoch in den 8 Wochen exponierten Standorten negativ.

### 17.4 Schlupfzahlen verschiedener Arthropoden-Gruppen

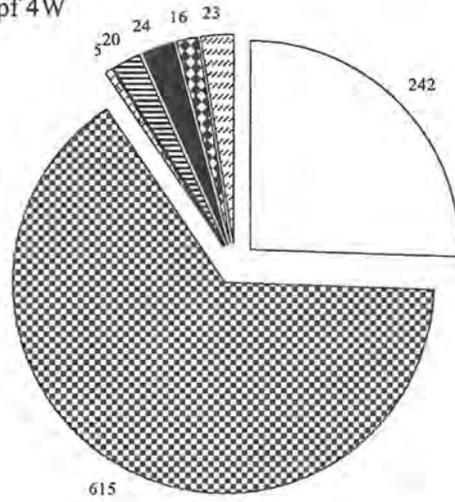
In Abb. 97 bis Abb. 108 werden die Individuenzahlen der einzelnen Tiergruppen noch einmal genauer aufgeschlüsselt. Eine tabellarische Übersicht über die bestimmten Arten findet sich im Anhang (Tab. 86 bis Tab. 96).

Aus Abb. 97 bis Abb. 100 wird ersichtlich, dass die Scolytidae (ohne *I. typographus*) in allen Stammstücken

Archenkopf 2W



Archenkopf 4W



Archenkopf 8W

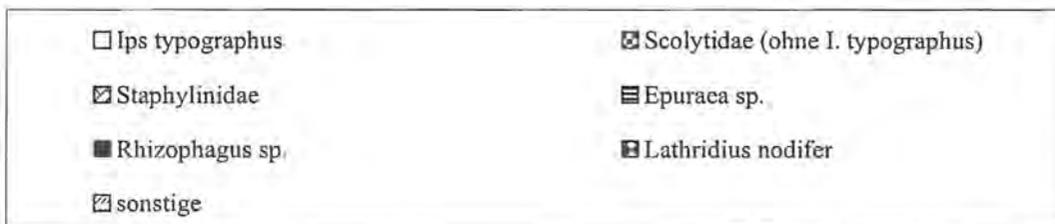
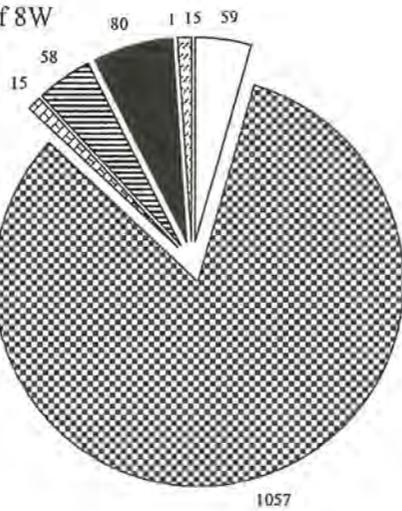
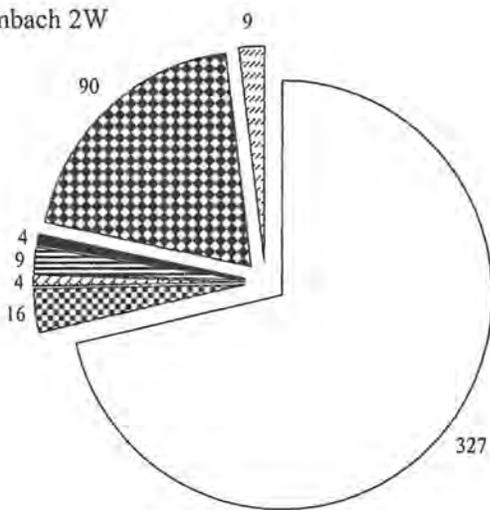
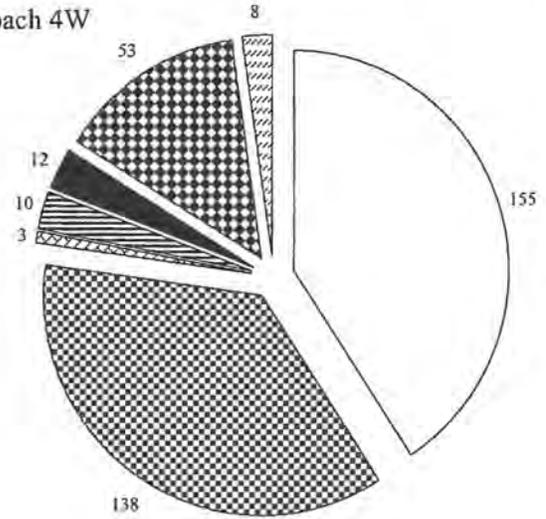


Abb. 97: Individuenzahlen verschiedener Arthropodengruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Archenkopf; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

Wimbach 2W



Wimbach 4W



Wimbach 8W

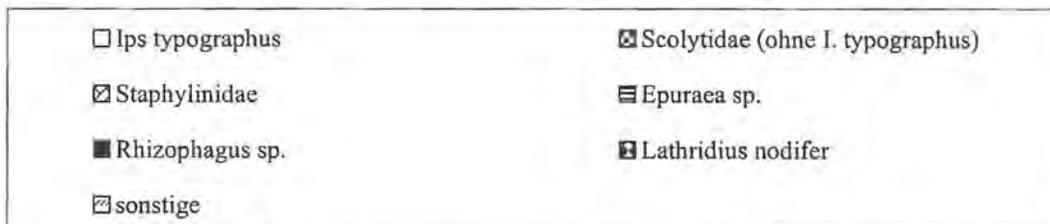
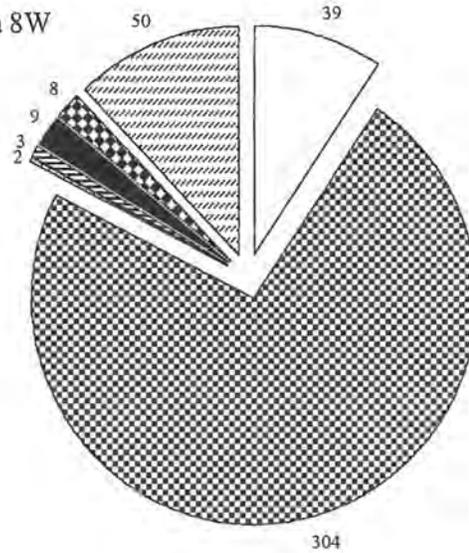
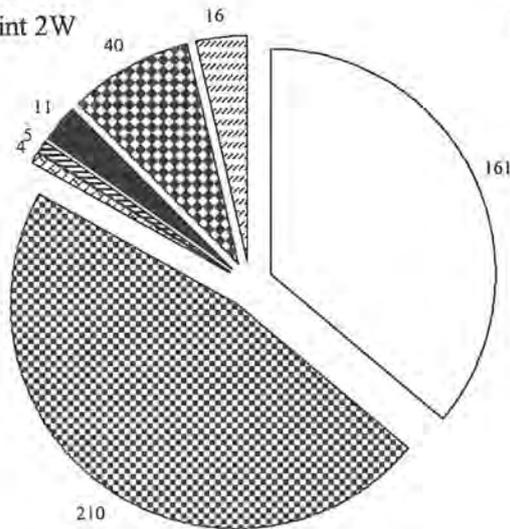
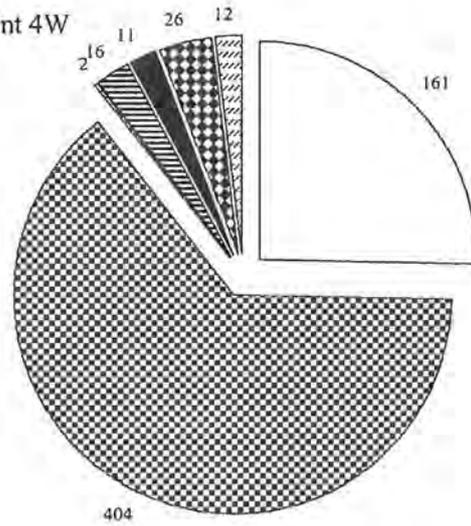


Abb. 98: Individuenzahlen verschiedener Arthropodengruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Wimbach; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

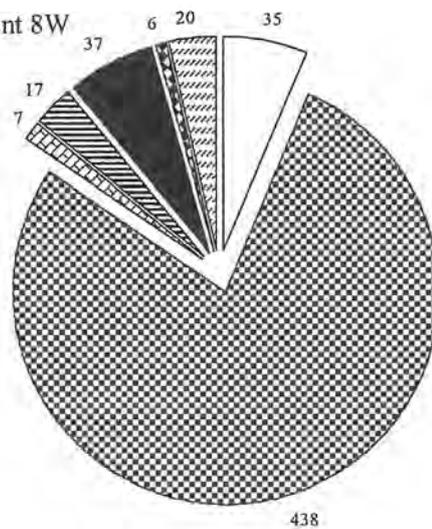
Herrenroint 2W



Herrenroint 4W



Herrenroint 8W



□ Ips typographus

▨ Staphylinidae

■ Rhizophagus sp.

▩ sonstige

▣ Scolytidae (ohne I. typographus)

▤ Epuraea sp.

▥ Lathridius nodifer

Abb. 99: Individuenzahlen verschiedener Arthropodengruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Herrenroint; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

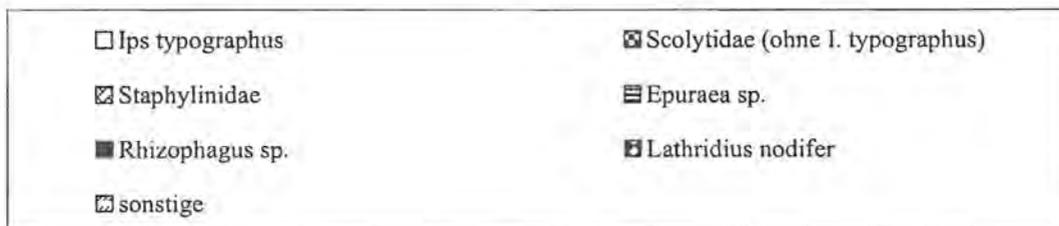
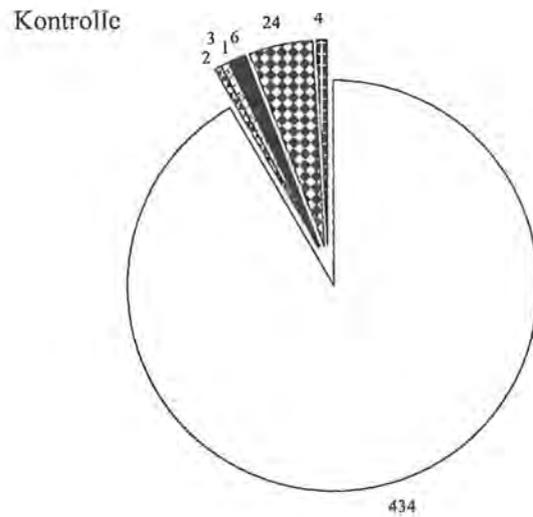
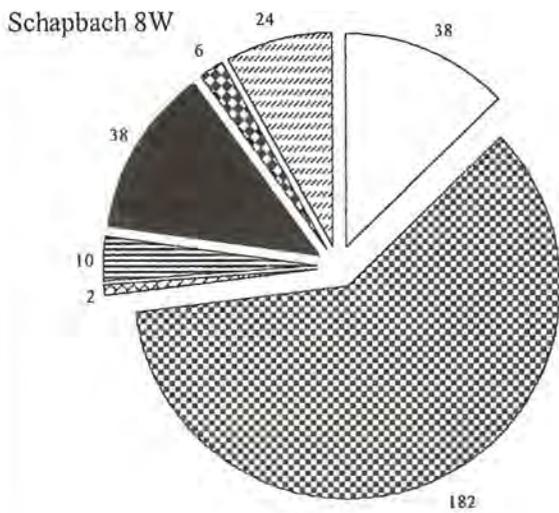
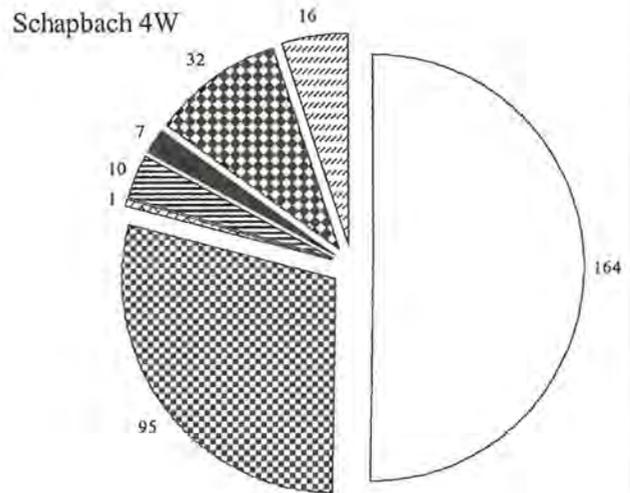
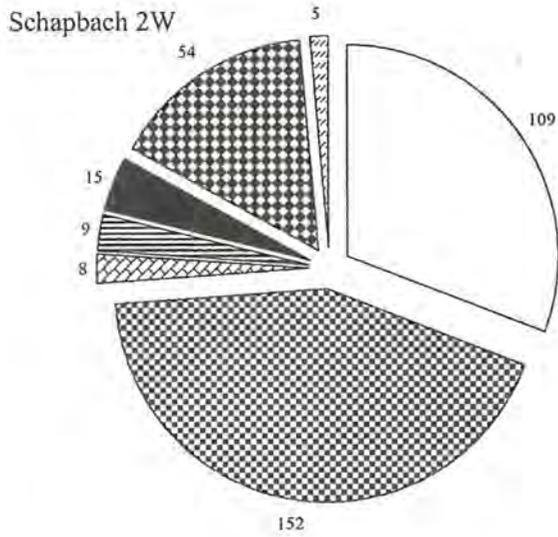
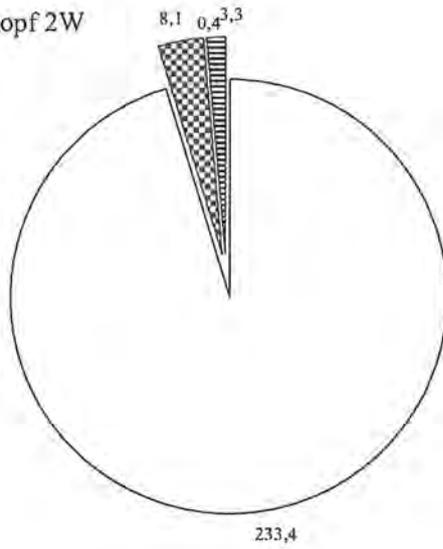
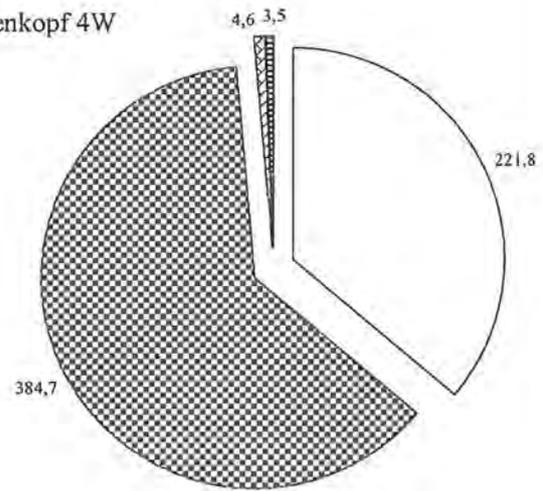


Abb. 100: Individuenzahlen verschiedener Arthropodengruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Schabach und Kontrollstammstücken; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

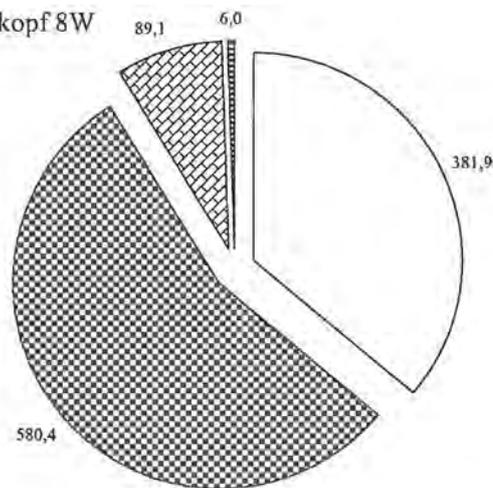
Archenkopf 2W



Archenkopf 4W



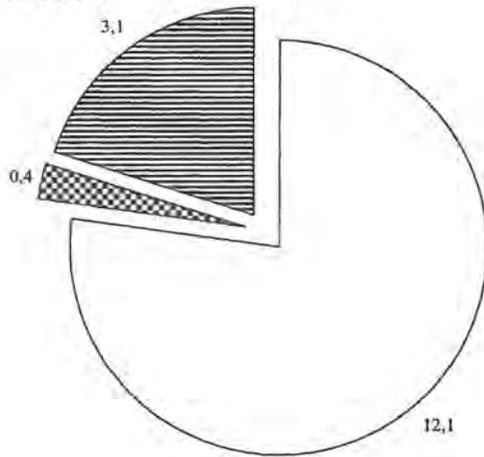
Archenkopf 8W



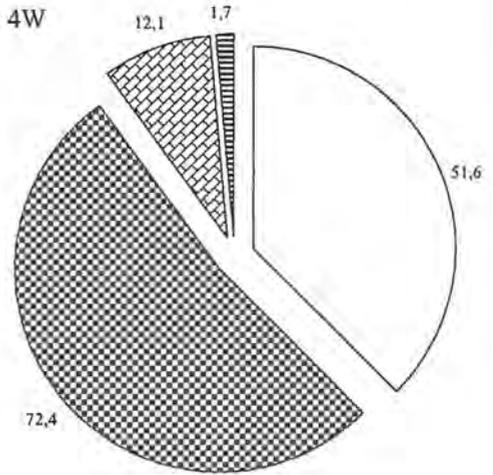
□ Hylurgops palliatus    ▨ Xyloterus lineatus    ▩ Dryocoetes autographus    ▤ sonstige Scolytidae

Abb. 101: Individuenzahlen verschiedener Scolytidae (ohne *I. typographus*) pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Archenkopf; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

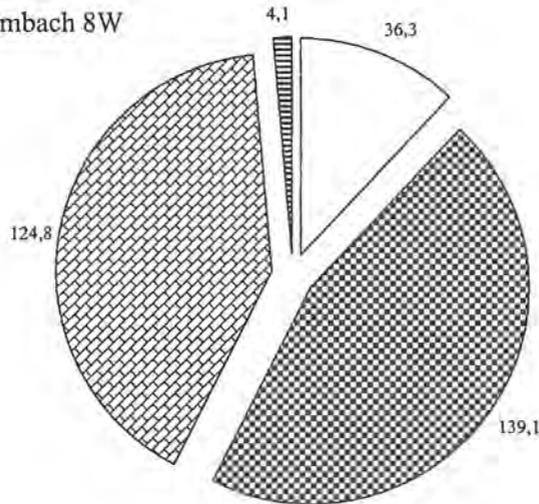
Wimbach 2W



Wimbach 4W



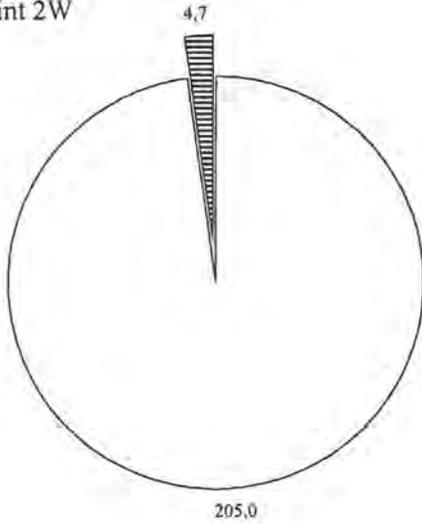
Wimbach 8W



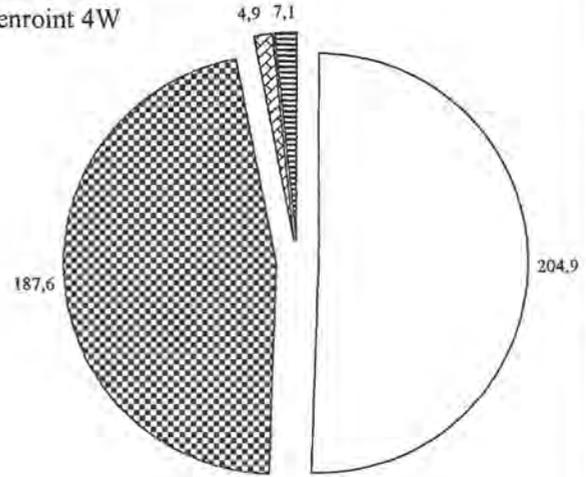
□ Hylurgops palliatus    ▨ Xyloterus lineatus    ▩ Dryocoetes autographus    ▧ sonstige Scolytidae

Abb. 102: Individuenzahlen verschiedener Scolytidae (ohne *I. typographus*) pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Wimbach; Expositionzeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

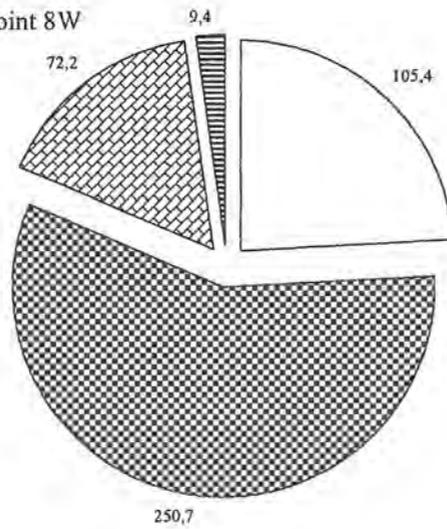
Herrenröint 2W



Herrenröint 4W

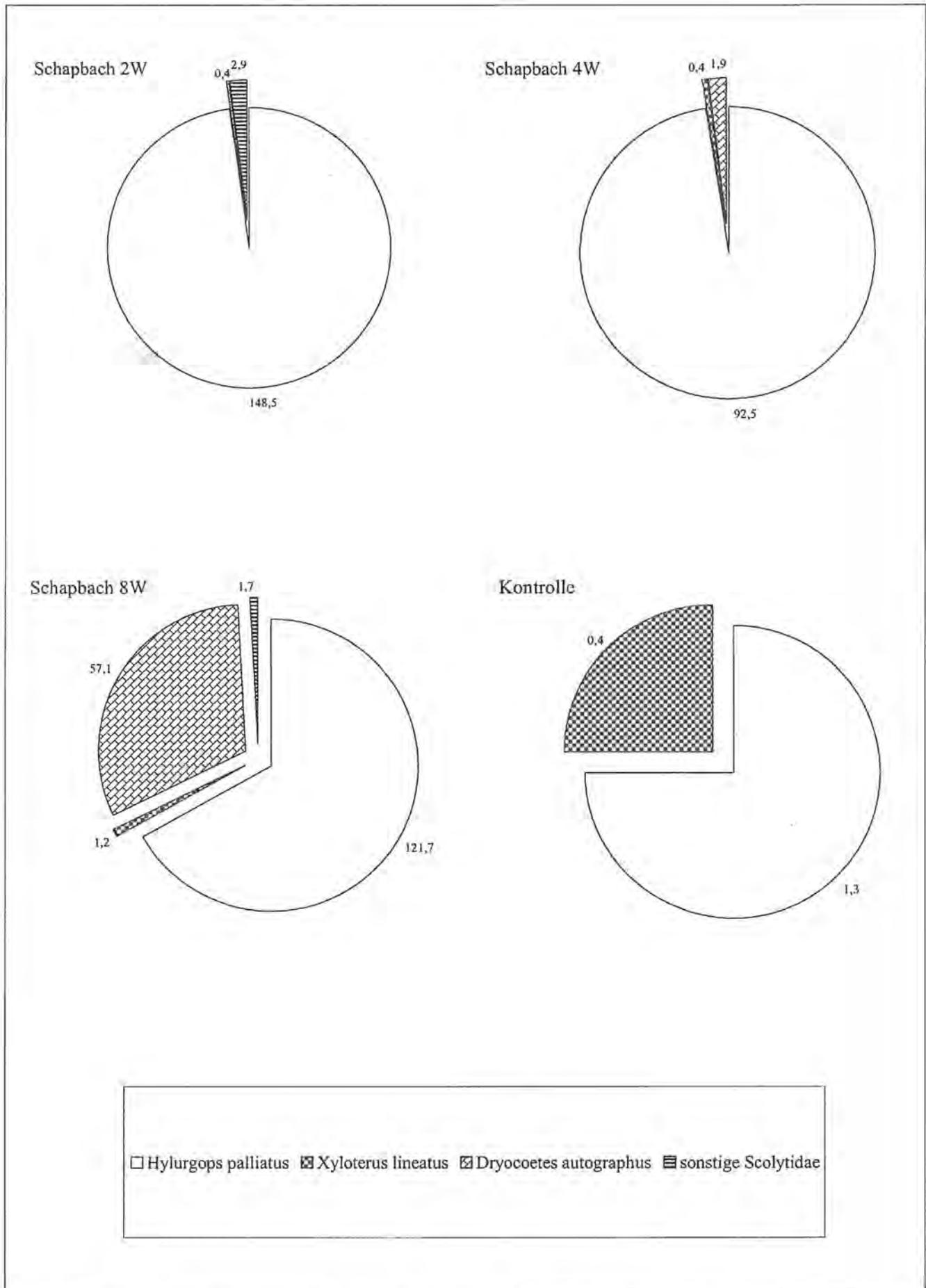


Herrenröint 8W



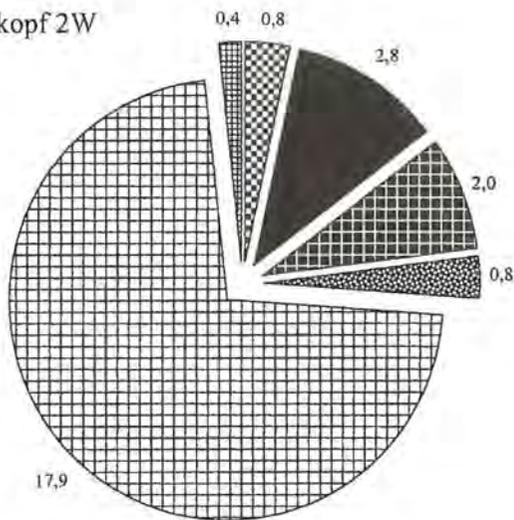
□ Hylurgops palliatus    ▣ Xyloterus lineatus    ▤ Dryocoetes autographus    ▥ sonstige Scolytidae

Abb. 103: Individuenzahlen verschiedener Scolytidae (ohne *I. typographus*) pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Herrenröint; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

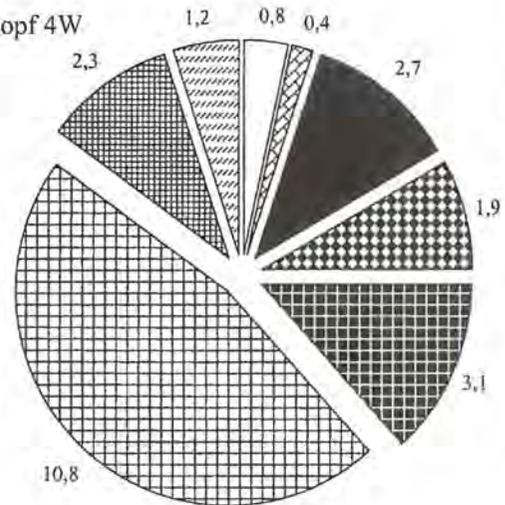


**Abb. 104:** Individuenzahlen verschiedener Scolytidae (ohne *I. typographus*) pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Schapbach und in Kontrollstammstücken; Expositionzeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

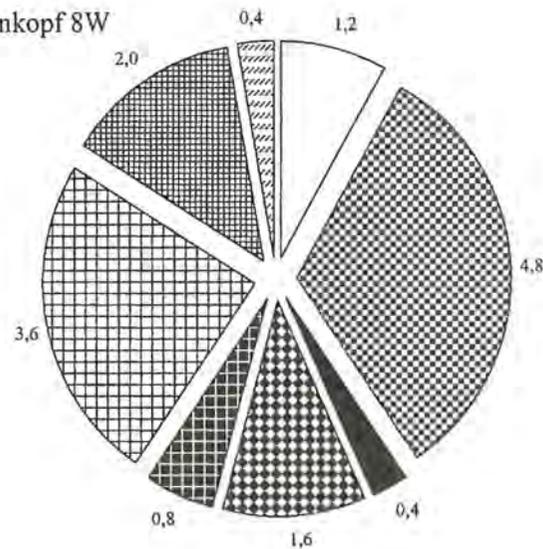
Archenkopf 2W



Archenkopf 4W

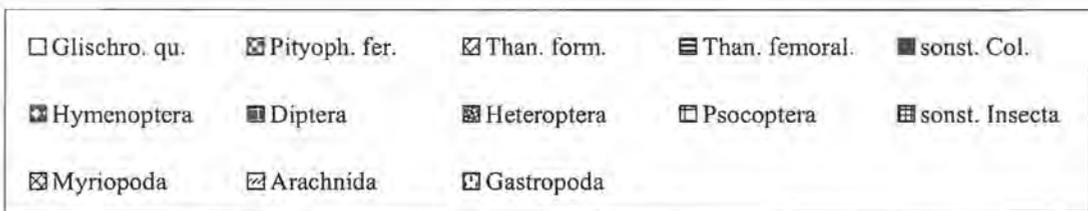
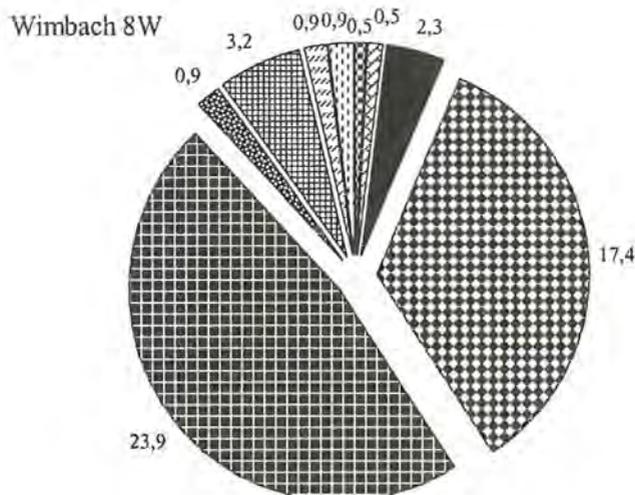
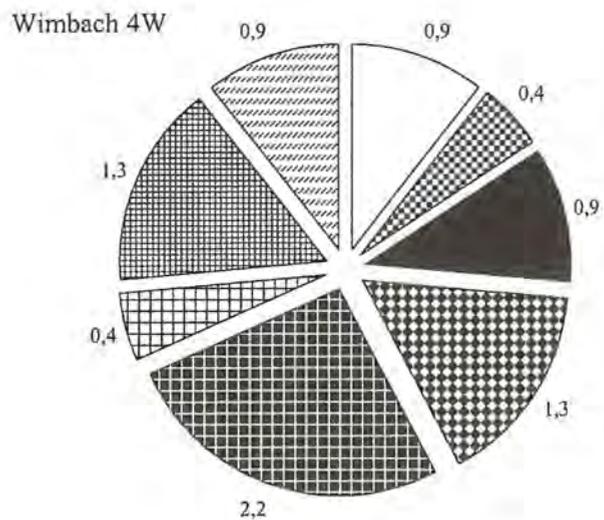
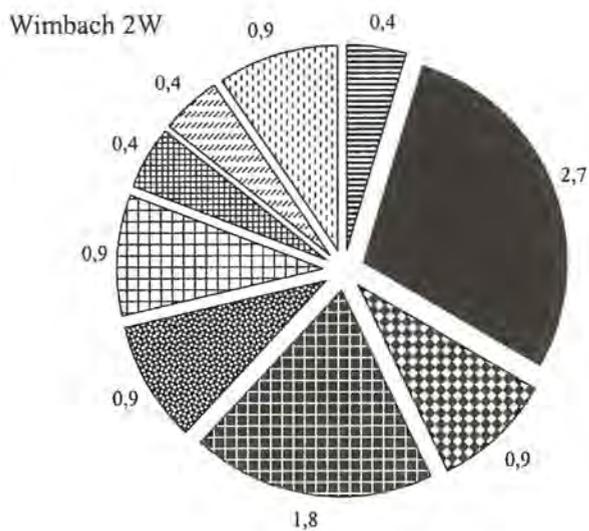


Archenkopf 8W

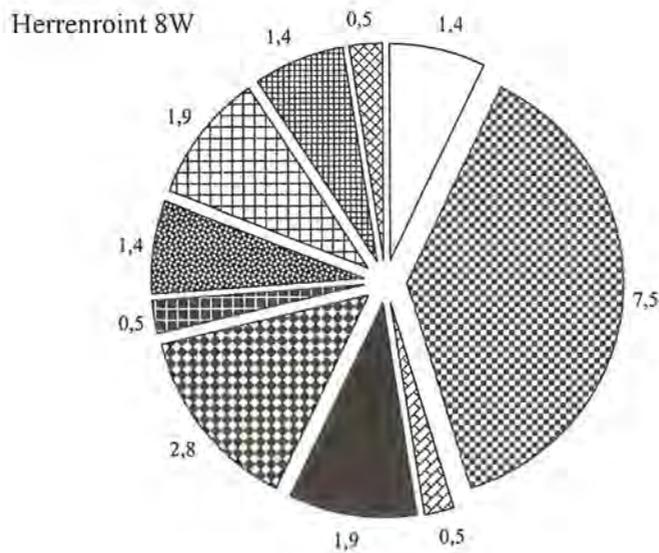
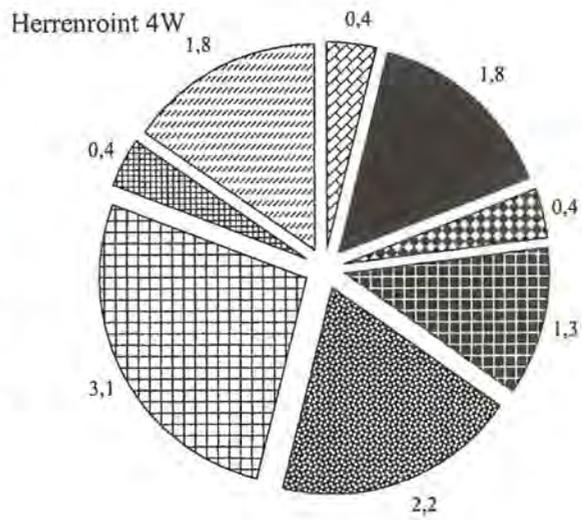
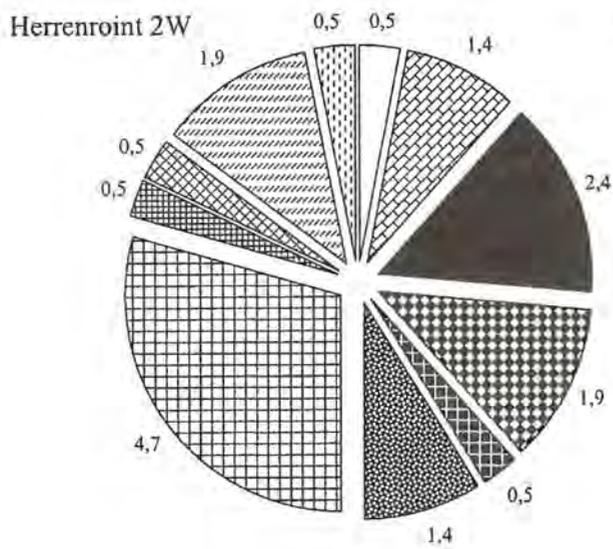


□ Glichro. qu.	▨ Pityoph. fer.	▧ Than. form.	▩ Than. femoral.	■ sonst. Col.
▤ Hymenoptera	▥ Diptera	▦ Heteroptera	▧ Psocoptera	▨ sonst. Insecta
▩ Myriopoda	▪ Arachnida	▫ Gastropoda		

**Abb. 105:** Verschiedene Arthropodengruppen und Gastropoda des Segmentes „sonstige“ aus Abb. 98; Individuenzahlen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Archenkopf; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken; Glichro. qu. = *Glichrochilus quadripunctatus*, Pityoph. fer. = *Pityophagus ferrugineus*, Than. form. = *Thanasimus formicarius*, Than. femoral. = *Thanasimus femoralis*, sonst. Col. = sonstige Coleoptera, sonst. Insecta = sonstige Insecta.



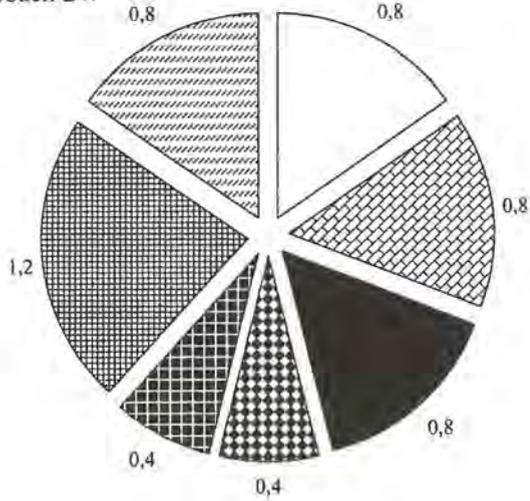
**Abb. 106:** Verschiedene Arthropodengruppen und Gastropoda des Segmentes „sonstige“ aus Abb. 98; Individuenzahlen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Wimbach; Expositionzeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken. Abkürzungen s. Abb. 105.



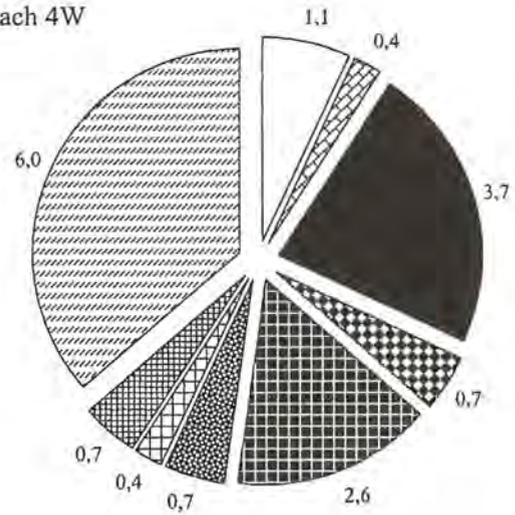
□ Glischro. qu.	▨ Pityoph. fer.	▩ Than. form.	▧ Than. femoral.	■ sonst. Col.
▤ Hymenoptera	▦ Diptera	▥ Heteroptera	▩ Psocoptera	▨ sonst. Insecta
▧ Myriopoda	▩ Arachnida	▨ Gastropoda		

Abb. 107: Verschiedene Arthropodengruppen und Gastropoda des Segmentes „sonstige“ aus Abb. 98; Individuenzahlen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Herrenreint; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken. Abkürzungen s. Abb. 105.

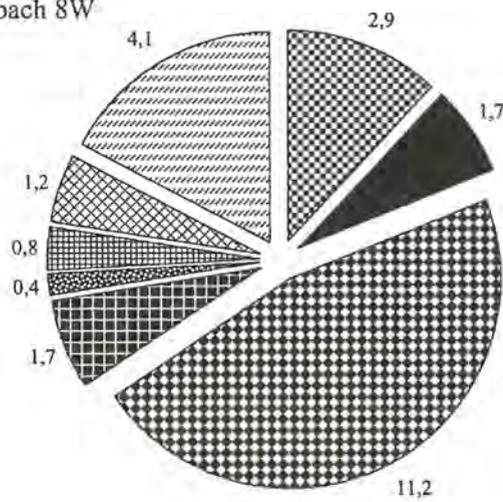
Schapbach 2W



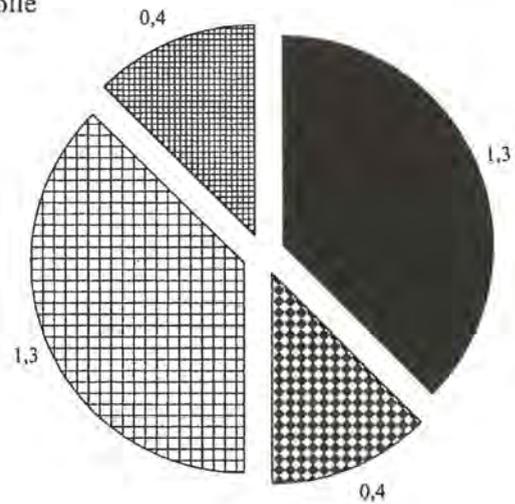
Schapbach 4W



Schapbach 8W



Kontrolle



□ Glischro. qu.	▣ Pityoph. fer.	▤ Than. form.	▥ Than. femoral.	■ sonst. Col.
▦ Hymenoptera	▧ Diptera	▨ Heteroptera	▩ Psocoptera	▪ sonst. Insecta
▫ Myriopoda	▬ Arachnida	▭ Gastropoda		

**Abb. 108:** Verschiedene Arthropodengruppen und Gastropoda des Segmentes „sonstige“ aus Abb. 98; Individuenzahlen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Schapbach und in Kontrollstammstücken; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken. Abkürzungen s. Abb. 105.

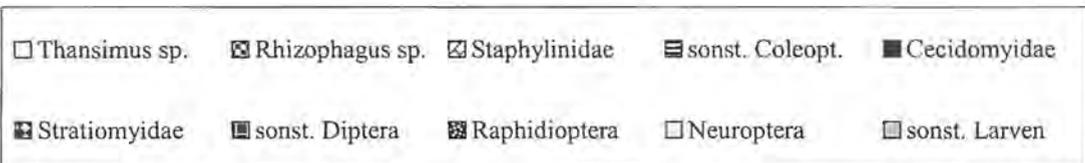
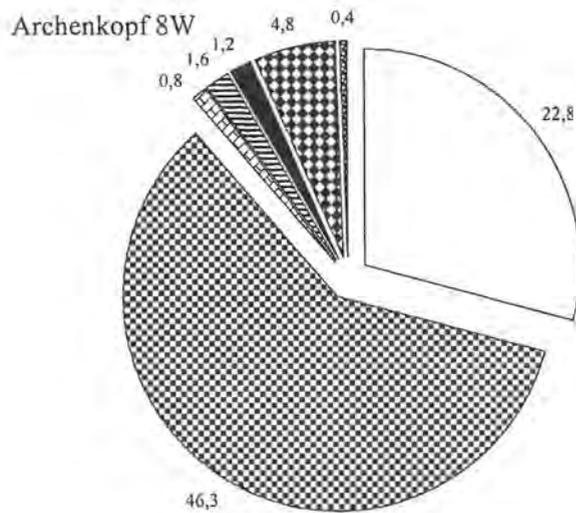
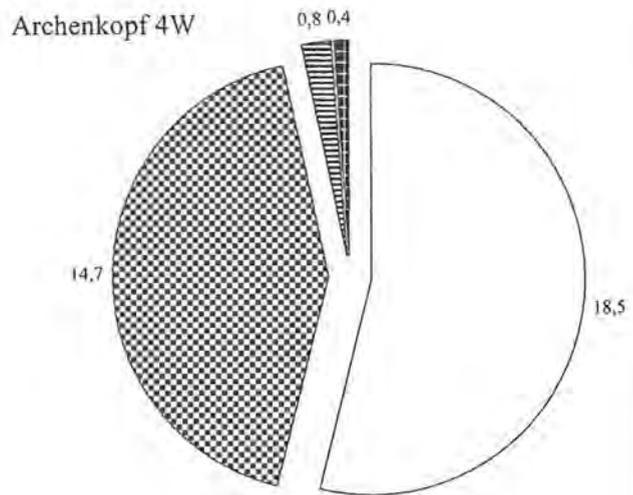
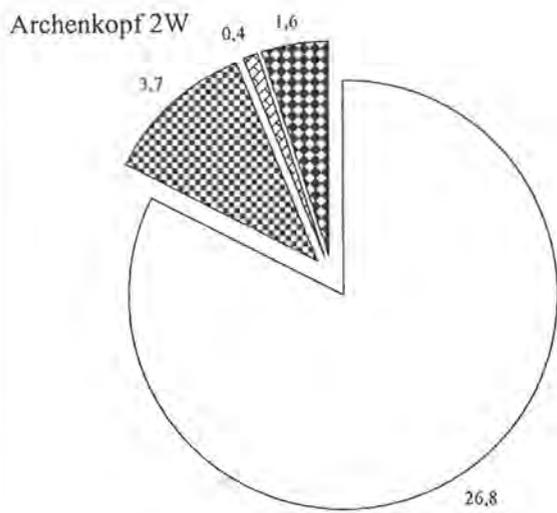


Abb. 109: Individuenzahlen verschiedener Larven-Gruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Archenkopf; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

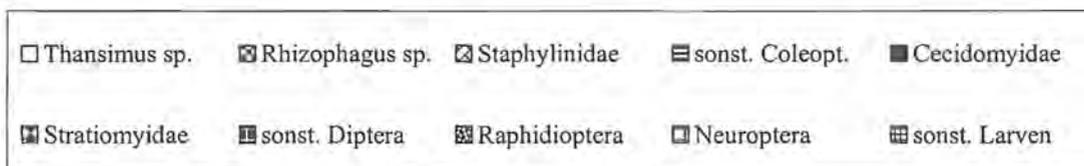
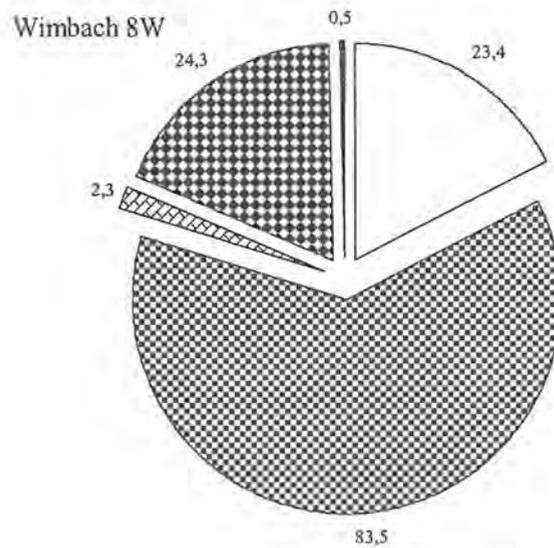
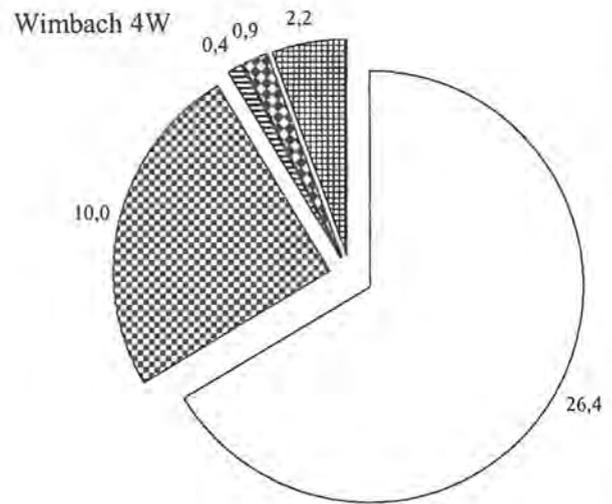
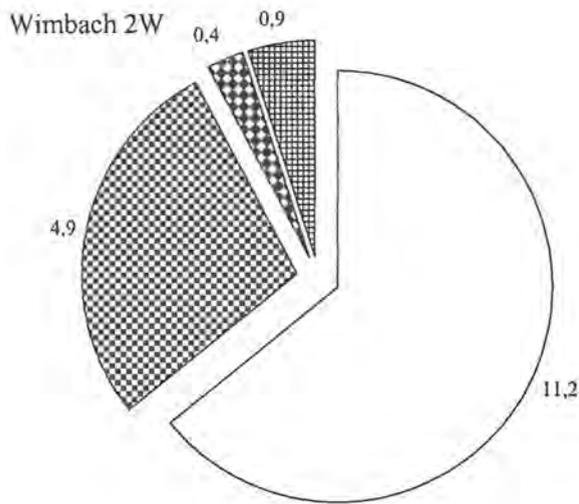
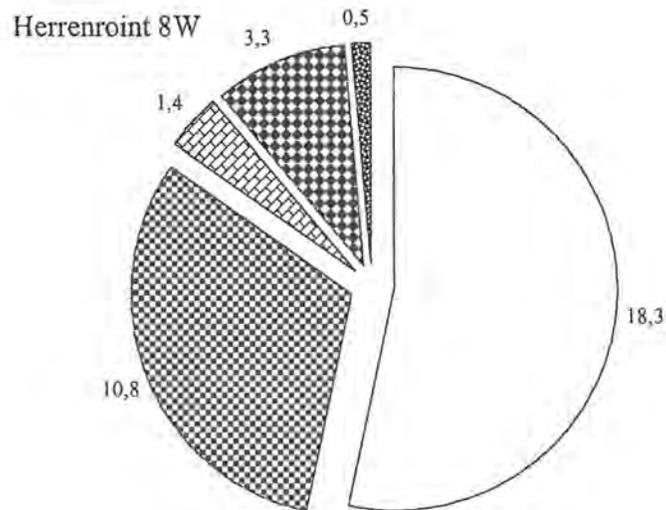
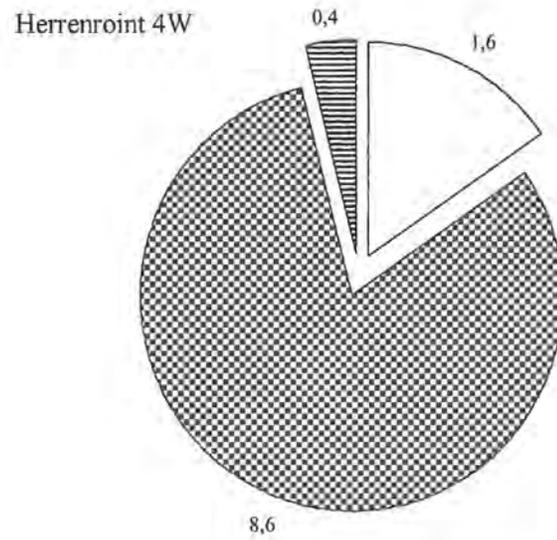
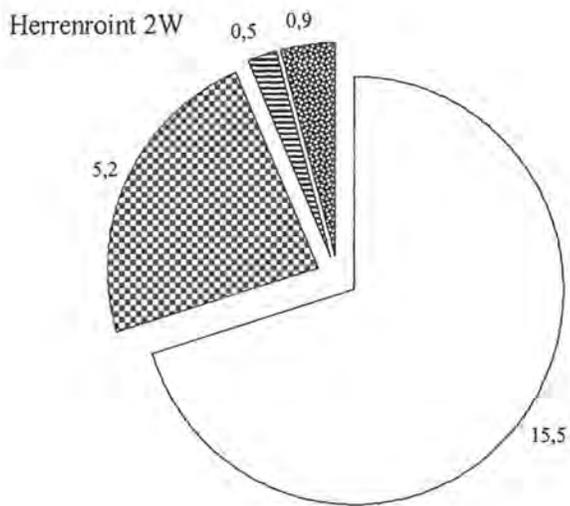


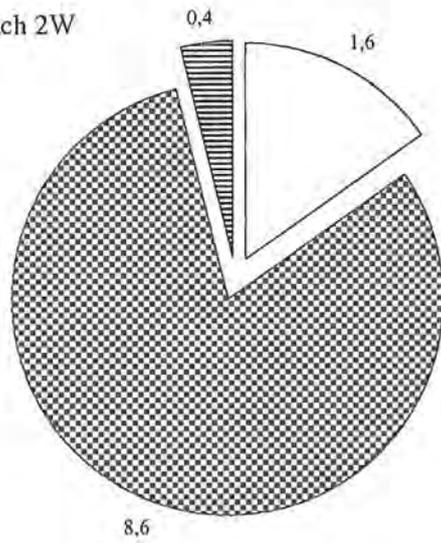
Abb. 110: Individuenzahlen verschiedener Larven-Gruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Wimbach; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.



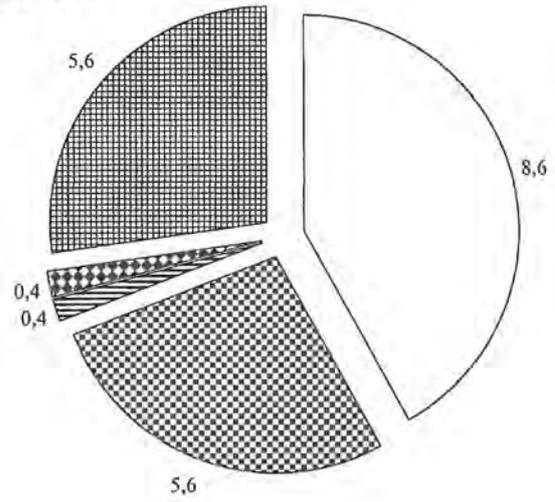
- |                 |                   |                 |                   |                 |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| □ Thansimus sp. | ▣ Rhizophagus sp. | ▤ Staphylinidae | ▥ sonst. Coleopt. | ■ Cecidomyiidae |
| ▦ Stratiomyidae | ▧ sonst. Diptera  | ▨ Raphidioptera | ▩ Neuroptera      | ▪ sonst. Larven |

**Abb. 111:** Individuenzahlen verschiedener Larven-Gruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Herrenröint; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

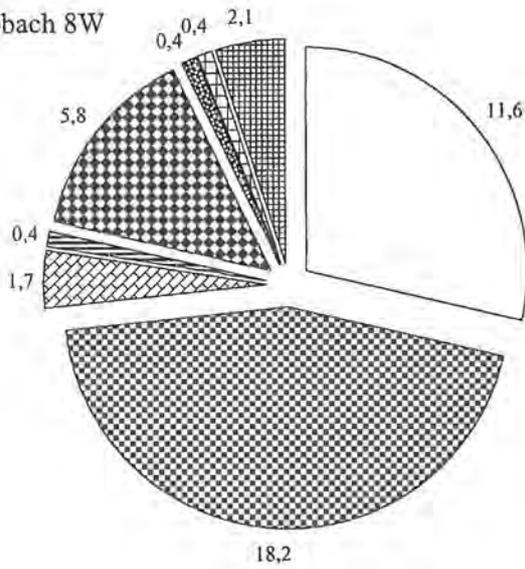
Schapbach 2W



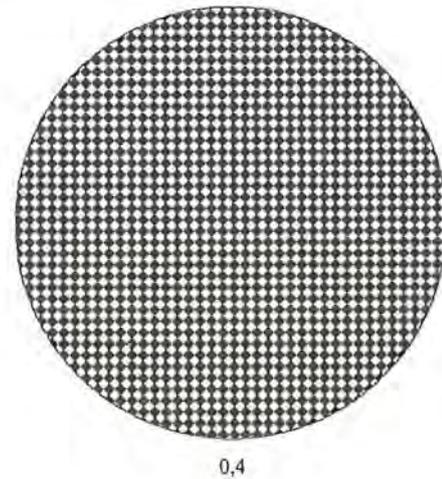
Schapbach 4W



Schapbach 8W



Kontrolle



- |                 |                   |                 |                   |                 |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| □ Thansimus sp. | ▨ Rhizophagus sp. | ▩ Staphylinidae | ▧ sonst. Coleopt. | ■ Cecidomyiidae |
| ▤ Stratiomyidae | ▦ sonst. Diptera  | ▥ Raphidioptera | □ Neuroptera      | ▩ sonst. Larven |

Abb. 112: Individuenzahlen verschiedener Larven-Gruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in Stammstücken des Standortes Schapbach und in Kontrollstammstücken; Expositionszeiten: 2 Wochen (2W), 4 Wochen (4W), 8 Wochen (8W); Mittelwerte aus jeweils 5 Stammstücken.

sehr hohe Individuenzahlen aufwiesen. Dominierend waren dabei die Arten *Hylurgops palliatus* Gyll. und *Xyloterus lineatus* Ol. (Abb. 101 bis Abb. 104). Bis auf die zwei Wochen exponierten Stammstücke am Standort Wimbach (Wimbach 2W, Abb. 98) stellten die Scolytidae (ohne *I. typographus*) immer den größten Teil des Coleopteren-„Beifanges“ (Coleopteren ohne *I. typographus*). Bei den 8 Wochen exponierten Stammstücken war diese Käfergruppe sogar an allen Standorten mit mehr als der Hälfte der gefangenen Tiere vertreten. Der Anteil dieser Gruppe am Gesamtfang stieg an allen Standorten mit zunehmender Expositionszeit an.

Neben *I. typographus* und den Scolytidae (ohne *I. typographus*) wies *Lathridius nodifer* Westw. recht hohe Individuenzahlen auf (Abb. 97 bis Abb. 100). Dies galt v. a. für die 2 Wochen exponierten Stammstücke. Mit zunehmender Expositionszeit nehmen die Fangzahlen dieser Art in der Regel ab.

Anders verhält es sich bei den ebenfalls recht zahlreich vorhandenen Individuen der Gattung *Rhizophagus*. Deren Anzahl ist in der Regel bei den 8 Wochen exponierten Stammstücken am höchsten (Abb. 97 bis Abb. 100).

Gegenüber den oben genannten Gruppen sind die übrigen Tiergruppen in meist geringeren bzw. stärker schwankenden Individuenzahlen anzutreffen (*Epuraea* sp., Staphylinidae, *Glischrochilus quadripunctatus* L., *Pityophagus ferrugineus* L., *Thanasimus formicarius*, *Thanasimus femoralis*, sonstige Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, Heteroptera, Psocoptera, sonstige Insecta, Myriapoda, Arachnida, Gastropoda; Abb. 105 bis Abb. 108).

### 17.5 Schlupfzahlen der Larven verschiedener Arthropoden-Gruppen

Unter den aus den Stammstücken schlüpfenden Larven stellten die *Thanasimus* sp.- und *Rhizophagus*-Larven den weitaus größten Anteil (Abb. 109 bis Abb. 112). Dabei nahm der Anteil der Ameisenbunkkäfer am Larven-Fang mit zunehmender Expositionszeit ab, der der *Rhizophagus*-Larven zu. Lediglich am Standort Schapbach war dies nicht zu beobachten, da dort bei der ersten Leerung deutlich mehr *Rhizophagus*- als Ameisenbunkkäfer-Larven auftraten (Abb. 112).

Eine weitere, teilweise recht zahlreich auftretende Larven-Gruppe bildeten die Stratiomyidae-Larven.

Andere Larven-Gruppen traten meist in geringen Individuenzahlen und stärker schwankenden Anteilen auf (Staphylinidae, sonstige Coleoptera, Cecidomyiidae, sonstige Diptera, Neuroptera, sonstige Larven).

## 18 Untersuchungen an stehend befallenen Fichten

### 18.1 Kontrolle auf Stehendbefall

Alle acht mit einem Pheroprax®-Dispenser versehenen Fichten wurden 1996 durch *I. typographus* besiedelt (Abb. 113 bis Abb. 120). In den Abbildungen sind Fich-

ten gesondert markiert, die ebenfalls 1996 besiedelt wurden, also gleichzeitig mit den beköderten Fichten. Die prozentualen Anteile befallener Fichten an der Gesamtzahl der Fichten in 15 m Umkreis unterschieden sich auf den gut und weniger gut wasserversorgten Standorten nicht signifikant voneinander (Mann-Whitney-U-Test:  $Z = -1,2706$ ;  $p = 0,2039$ ;  $n_1 = 3$ ,  $n_2 = 5$ ). Trat jedoch ein Befall der Nachbarbäume auf, so war der prozentuale Anteil befallener Fichten an den Standorten mit schlechterer Wasserversorgung deutlich höher (Tab. 71). Auffallend war, dass ein Befall der Nachbarbäume nur dann auftrat, wenn die dem beköderten Baum am nächsten stehende Fichte von diesem weniger als 3 m Abstand hatte.

In einem weiteren Umkreis von ca. 30 m wurde 1996 nur an einem Standort eine befallene Fichte in 17,5 m Entfernung von der beköderten Fichte registriert.

1997 und 1998 konnte kein weiterer Befall um die beköderten Fichten herum festgestellt werden. Eine Fichte am Standort Archenkopf I starb 1997 ab, war aber, wie durch Einschlag festgestellt werden konnte, nicht von *I. typographus* befallen.

An keinem Standort war es also möglich, einen Befallsherd zu induzieren. Somit konnte auch die weitere Entwicklung der Buchdrucker- bzw. Antagonisten-Besiedelung an diesen Standorten nicht verfolgt werden.

## 18.2 Auswertung der Rindenproben

### 18.2.1 Vergleich der Besiedlungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen im Hinblick auf die Wasserversorgung

Hinsichtlich des Auftretens an Bäumen unterschiedlicher Wasserversorgung zeigten sich nur bei wenigen Arthropoden-Gruppen signifikante Unterschiede im t-Test. Die vier Gruppen, bei denen derartige Unterschiede auftraten, wiesen alle an den schlechter wasserversorgten Standorten höhere Besiedlungsdichten auf (*Crypturgus cinereus*, *Medetera* sp.-Larven, Lonchaeidae-Larven, Stratiomyidae-Larven; Tab. 72). Auch die meisten der übrigen getesteten Arthropoden-Gruppen waren allerdings an den schlechter wasserversorgten Standorten im Mittel mit höheren Individuenzahlen vertreten. Ausnahmen bildeten lediglich *I. typographus*-

**Tab. 71: Gesamtzahl der Fichten, die sich in 15 m Umkreis um die mit Pheroprax beköderten Fichten befanden, Anzahl der durch *Ips typographus* befallenen Fichten und prozentualer Anteil der befallenen Fichten an der Gesamtzahl der Fichten im Jahre 1996.**

Standort	Wasserversorgung	Fichten in 15 m Umkreis (707 m <sup>2</sup> )	befallene Fichten	% befallene Fichten
Archenkopf I	Schlecht	24	7	29
Archenkopf II	Schlecht	20	0	0
Archenkanzel	Schlecht	14	2	14
Seeangerl I	Gut	27	0	0
Seeangerl II	Gut	19	0	0
Kühroint I	Gut	28	2	7
Kühroint II	Gut	57	2	4
Kühroint III	Gut	43	0	0



Puppe des Buchdruckers (*Ips typographus*).



Unausgefärbter Jungkäfer des Buchdruckers (*Ips typographus*).



Ausgefärbtes Buchdrucker-Weibchen (*Ips typographus*) im Muttergang.



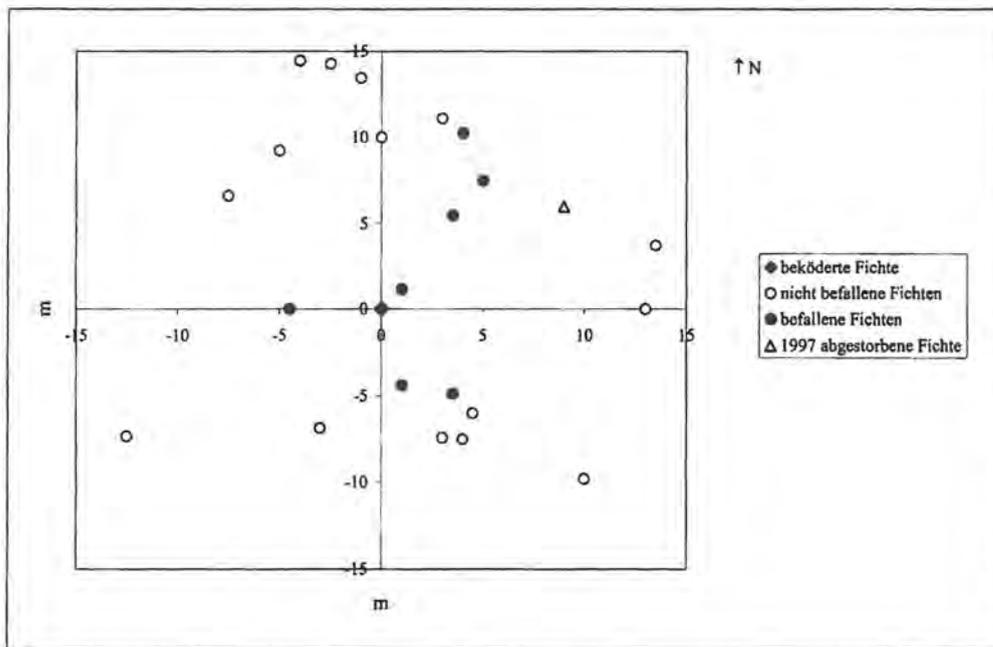
Ausbohrlöcher des Buchdruckers (*Ips typographus*) an einem Fichtenstamm.



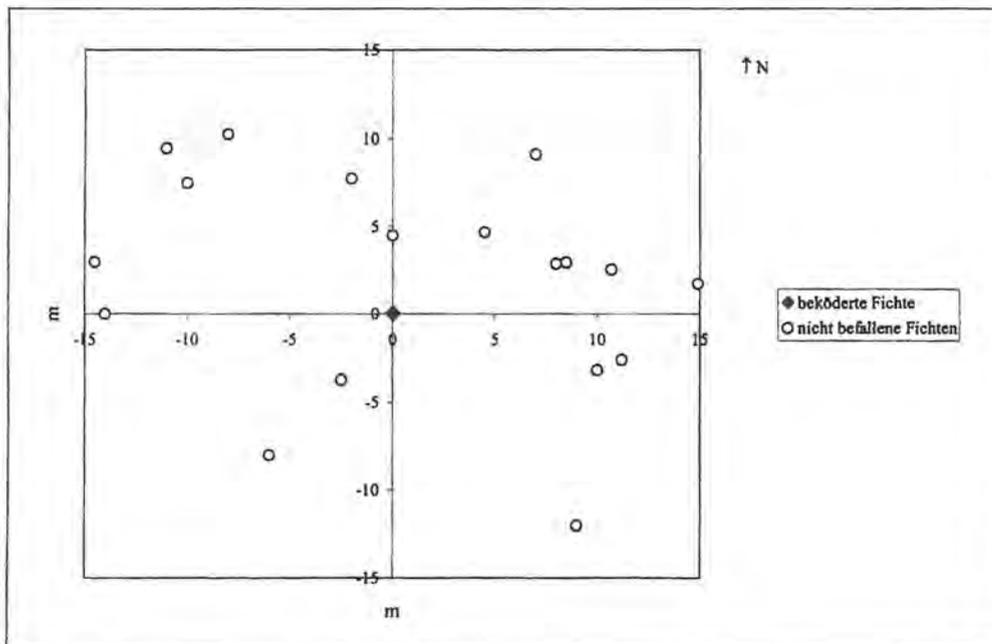
Brutbild des Buchdruckers (*Ips typographus*) in der Rinde einer Fichte.



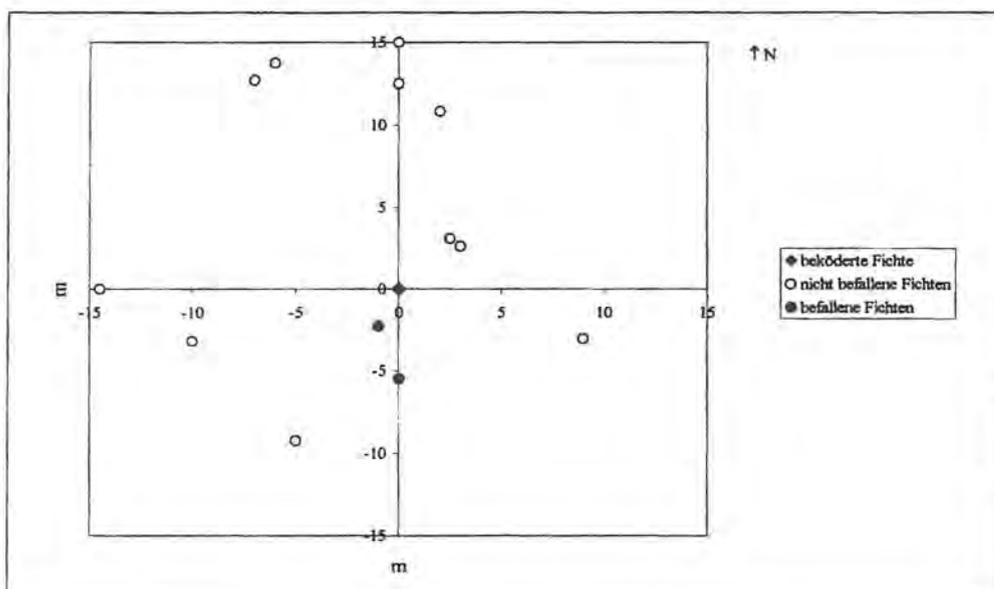
Buchdrucker (*Ips typographus*)



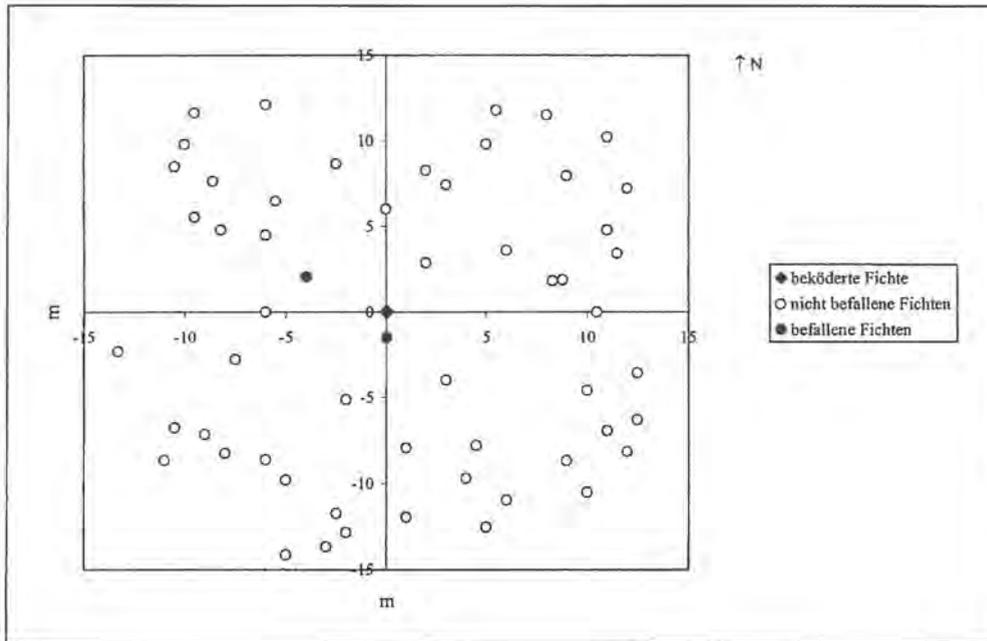
**Abb. 113:** Skizze des Standortes Archenkopf I. Dargestellt sind die 1996 beköderte und eingeschlagene Fichte (im Zentrum) sowie unbefallene und im Jahre 1996 durch *I. typographus* befallene Fichten in 15 m Umkreis. Außerdem ist eine 1997 abgestorbene, aber unbefallene Fichte gekennzeichnet.



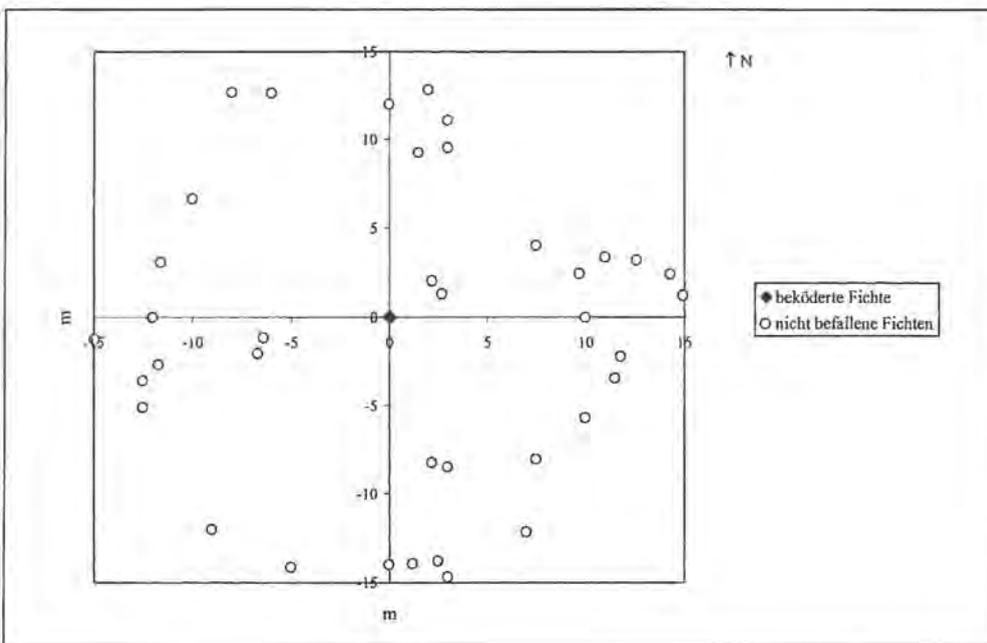
**Abb. 114:** Skizze des Standortes Archenkopf II. Dargestellt sind die 1996 beköderte und eingeschlagene Fichte (im Zentrum) sowie Fichten in 15 m Umkreis.



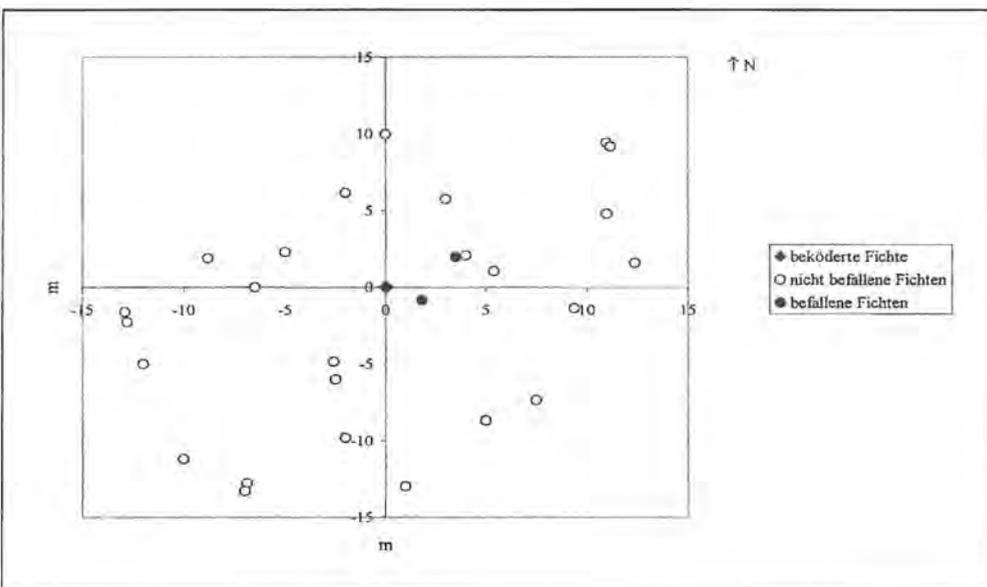
**Abb. 115:** Skizze des Standortes Archenkanzel. Dargestellt sind die 1996 beköderte und eingeschlagene Fichte (im Zentrum) sowie unbefallene und im Jahre 1996 durch *I. typographus* befallene Fichten in 15 m Umkreis.



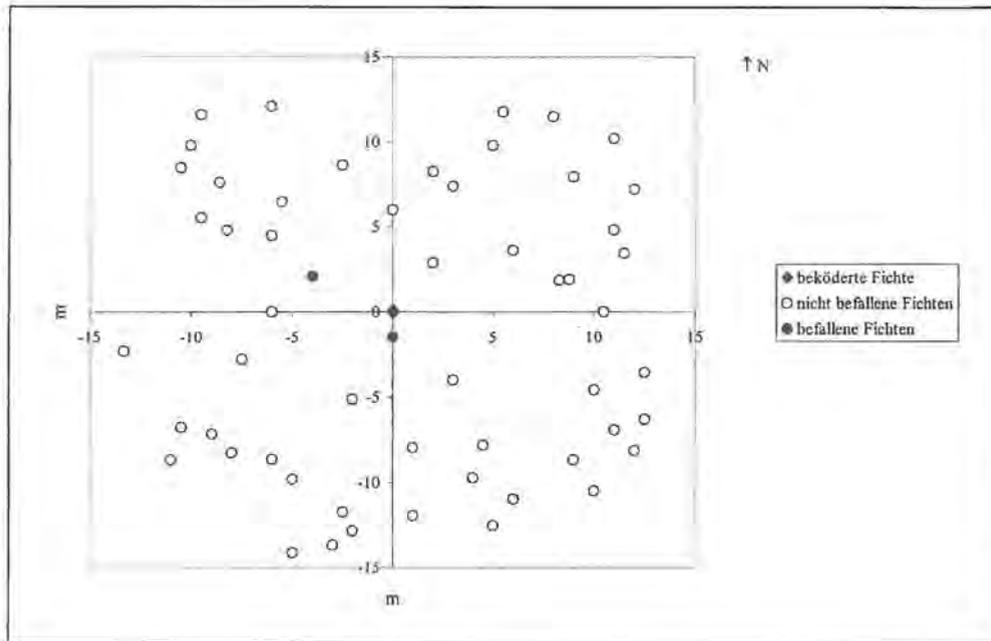
**Abb. 116:** Skizze des Standortes Seeangerl I. Dargestellt sind die 1996 beköderte und eingeschlagene Fichte (im Zentrum) sowie Fichten in 15 m Umkreis.



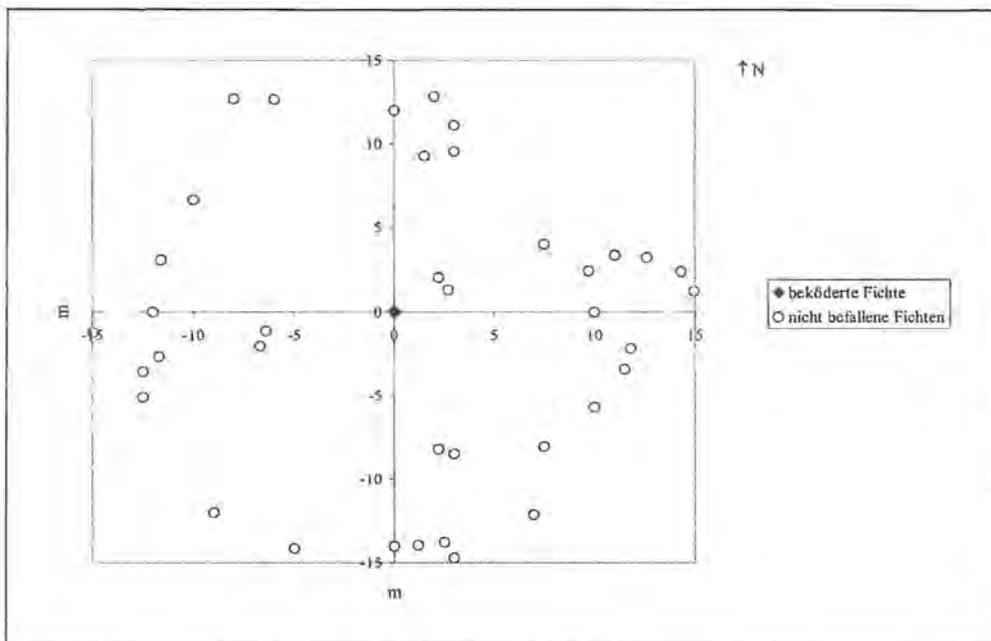
**Abb. 117:** Skizze des Standortes Seeangerl II. Dargestellt sind die 1996 beköderte und eingeschlagene Fichte (im Zentrum) sowie Fichten in 15 m Umkreis.



**Abb. 118:** Skizze des Standortes Kühroint I. Dargestellt sind die 1996 beköderte und eingeschlagene Fichte (im Zentrum) sowie unbefallene und im Jahre 1996 durch *I. typographus* befallene Fichten in 15 m Umkreis.



**Abb. 119:** Skizze des Standortes Kühroint II. Dargestellt sind die 1996 beköderte und eingeschlagene Fichte (im Zentrum) sowie unbefallene und im Jahre 1996 durch *I. typographus* befallene Fichten in 15 m Umkreis.



**Abb. 120:** Skizze des Standortes Kühroint III. Dargestellt sind die 1996 beköderte und eingeschlagene Fichte (im Zentrum) sowie unbefallene und im Jahre 1996 durch *I. typographus* befallene Fichten in 15 m Umkreis.

Larven, *I. typographus*-Puppen, *Polygraphus poligraphus*, *Lathridius rugicollis*, *Corticaria abietum* und *Rhopalicus tutela*; diese Gruppen traten an den schlechter wasserversorgten Standorten in niedrigeren Individuenzahlen auf.

Die mittlere Borkendicke der Fichten an den schlechter wasserversorgten Standorten war mit 6,7 mm (Stf=0,7) höher als an den besser wasserversorgten Standorten mit 5,6 mm (Stf=0,3), signifikant war dieser Unterschied jedoch nicht (t-Test bei homogenen Varianzen).

#### 18.2.2 Vergleich der Besiedelungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen im Hinblick auf die Baumhöhe

Drei der acht beködeten Fichten ähnelten sich in ihrer *I. typographus*-Höhen-Verteilung. Bei diesen Bäumen

trat das *I. typographus*-Maximum in Stammhöhe 2 auf, also etwas oberhalb der Stelle, an der die Pheroprax<sup>®</sup>-Beutel angebracht worden waren (Seeangerl I, Seeangerl II, Kühroint I). Bei zwei weiteren Fichten lag das Maximum in Stammhöhe 3 (Kühroint II, Archenkanel). Einen Anstieg der *I. typographus*-Zahlen von unten nach oben mit einem Maximum im obersten Stammabschnitt zeigten die Bäume Kühroint III und Archenkopf II. Eine außergewöhnliche Verteilung zeigte die Fichte am Standort Archenkopf I. Hier wurde die maximale *I. typographus*-Zahl im Stammabschnitt 1 gefunden (Abb.121, Abb.122).

Die maximalen *Thanasimus* sp.-Larven-Dichten fanden sich bei zwei Bäumen im Stammabschnitt 2 (Kühroint II, Seeangerl I), bei drei Bäumen im Stammabschnitt 3 (Seeangerl II, Archenkopf II, Archenkanel) und bei zwei Bäumen im Stammabschnitt 5 (Kühroint III, Archenkopf II). Die Fichte am Standort Archenkopf I wies die maxi-

male Besiedelung im Abschnitt 1 auf. Der Baum am Standort Kühroint I zeigte mit jeweils nur einer Ameisenbuntkäfer-Larve in den Stammabschnitten 2 und 5 eine sehr geringe Besiedelung (Abb.123, Abb.124).

Sowohl die Höhenverteilung von *I. typographus* wie auch von *Thanasimus* sp.-Larven erscheint also wenig einheitlich, was sich auch dadurch bemerkbar macht, dass für

**Tab. 72: Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) der Häufigkeiten von Insektengruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche an Bäumen auf gut und schlecht wasserversorgten Standorten; signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (t-Tests; \* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001); Gruppen, bei denen die Werte nicht durch Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen keine signifikanten Unterschiede auf.**

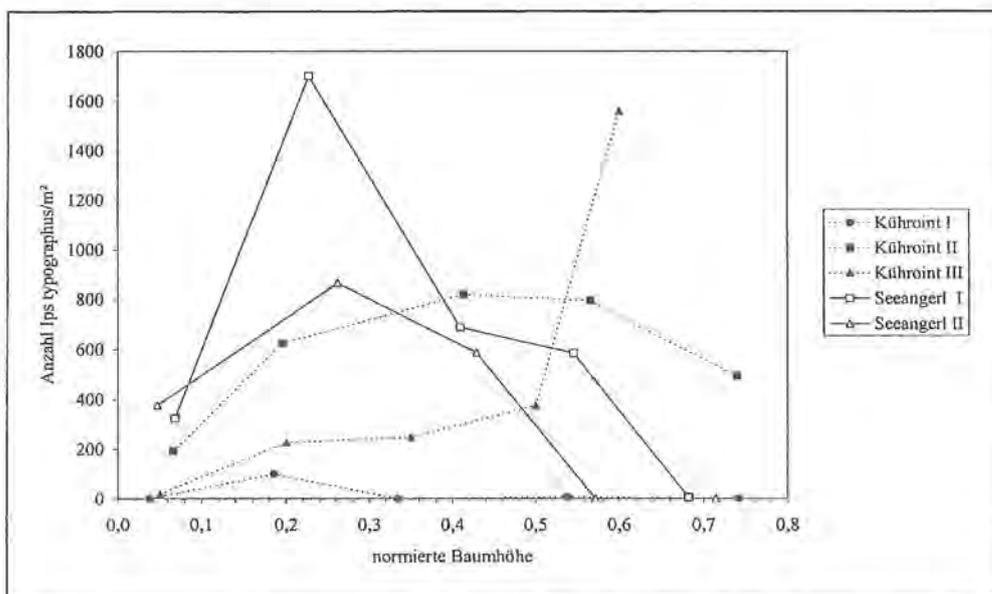
Arthropoden-Gruppen	Wasserversorgung gut (n=5)	Wasserversorgung schlecht (n=3)
<i>Ips typographus</i>	425,1 (112,3)	524,6 (172,8)
<i>Crypturgus cinereus</i>	11,5 (7,9) a**	66,2 (13,3) b
<i>Polygraphus polygraphus</i>	104,3 (75,7)	0,5 (0,5)
Summe Rhizophagidae	3,4 (1,5)	5,7 (0,9)
Summe Staphylinidae	21,5 (5,6)	33,3 (7,2)
<i>Lathridius rugicollis</i>	2,2 (1,3)	1,5 (1,5)
<i>Corticaria abietum</i>	3,2 (0,9)	0,5 (0,5)
<i>Roptrocerus xylophagorum</i>	8,4 (5,0)	9,0 (6,2)
<i>Rhopalicus tutela</i>	7,6 (3,9)	1,5 (1,5)
Summe Diptera	1,0 (0,5)	6,0 (2,3)
<i>Medetera</i> sp.	0,3 (0,3)	4,3 (2,2)
<i>Thanasimus</i> sp.-Larven	20,6 (5,1)	30,6 (6,8)
<i>I. typographus</i> -Larven	13,0 (8,5)	5,1 (3,1)
Staphylinidae-Larven	5,5 (3,1)	3,7 (1,9)
Rhizophagidae-Larven	34,6 (15,1)	35,9 (15,7)
<i>Medetera</i> sp.-Larven	2,7 (0,9) a***	22,8 (2,1) b
Lonchaeidae-Larven	11,0 (5,2) a*	46,2 (16,2) b
Stratiomyidae-Larven	0,3 (0,3) a*	4,5 (1,9) b
Hymenoptera-Larven	20,0 (9,1)	34,7 (23,7)
Cerambycidae-Larven	3,7 (1,4)	7,3 (2,6)
Cecidomyiidae-Larven	10,4 (8,2)	15,7 (7,6)
Sciaridae-Larven	55,8 (22,0)	97,9 (16,1)
Neuropteroidea-Larven	0,6 (0,3)	2,2 (0,8)
<i>I. typographus</i> -Puppen	13,3 (11,7)	3,1 (3,1)
<i>Medetera</i> sp.-Puppen	0,0 (0,0)	1,6 (1,0)
Lonchaeidae-Puppen	6,1 (1,0)	16,2 (7,3)
Hymenoptera-Puppen	1,1 (0,6)	3,6 (2,8)

diese beiden Arthropoden-Gruppen hinsichtlich der Baumhöhe keine signifikanten Differenzen in der Besiedlungsdichte ermittelt werden konnten (Kruskal-Wallis-Tests; in allen Höhen n=8; *I. typographus*:  $X^2=3,159$ ;  $p=0,532$ ; *Thanasimus* sp.-Larven:  $X^2=3,868$ ;  $p=0,424$ ). Die höchsten mittleren Besiedlungsdichten erreichten sowohl *I. typographus* wie auch die *Thanasimus* sp.-Larven im Baumabschnitt 3 mit 581,3 Individuen/m<sup>2</sup> bzw. 36,1 Individuen/m<sup>2</sup>, die niedrigsten im Abschnitt 1 mit 213,6 Individuen/m<sup>2</sup> bzw. 12,1 Individuen/m<sup>2</sup> (Tab. 73).

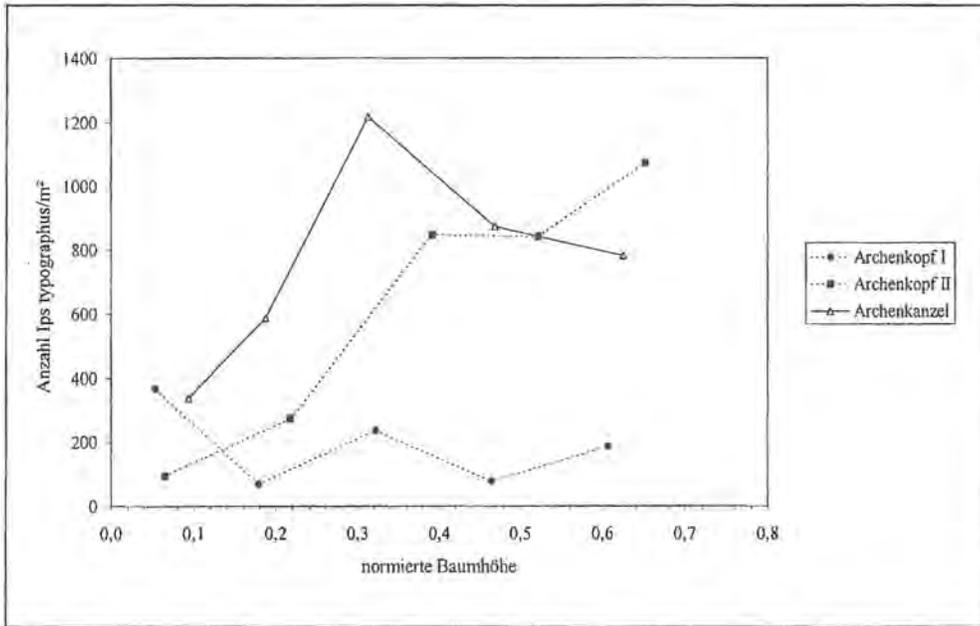
Mit Ausnahme der Summe der Rhizophagidae ( $X^2=18,443$ ;  $p=0,001$ ), der *Medetera* sp.-Larven ( $X^2=10,444$ ;  $p=0,034$ ) und der Cerambycidae-Larven ( $X^2=16,944$ ;  $p=0,002$ ) war auch für die anderen Arthropoden-Gruppen im Kruskal-Wallis-Test kein signifikanter Einfluss der Baumhöhe festzustellen. Bei der Summe der Rhizophagidae waren die Individuenzahlen in Höhe 1 signifikant höher als in den Höhen 3 und 4, bei den *Medetera* sp.-Larven und den Cerambycidae-Larven waren in Tukey & Kramer-Tests auf dem 5 %-Niveau jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Höhen nachweisbar (Tab. 73). Prüft man mit Tukey & Kramer-Tests jedoch auf dem 10 %-Niveau, was nach SACHS (1992) zulässig ist, so unterscheiden sich bei den *Medetera* sp.-Larven die Höhen 2 und 5 signifikant und bei den Cerambycidae-Larven die Höhen 1 und 3 bzw. 1 und 4.

### 18.2.3 Korrelation der Besiedlungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen

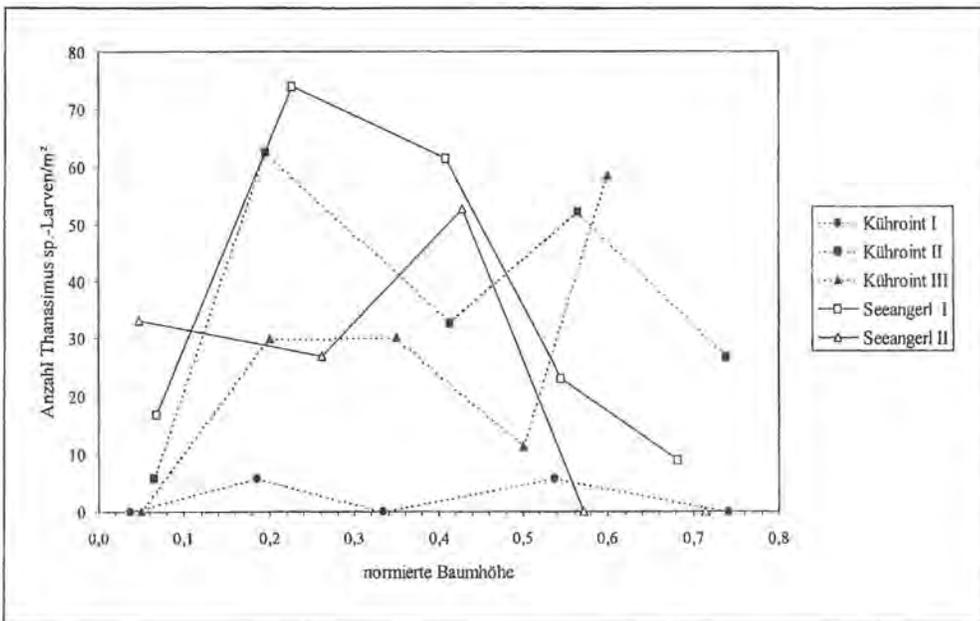
Vergleicht man die Anzahl an *I. typographus* mit der Anzahl der *Thanasimus* sp.-Larven, so zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang (Spearman-Rang-Korrelation:  $r_s=0,792$ ;  $n=40$ ;  $p<0,001$ ; Tab. 74). Je mehr *I. typographus* vorhanden waren, desto mehr *Thanasimus* sp.-Larven hielten sich unter der Rinde auf (Abb. 125). Ähnlich starke Korrelationen bestanden zwischen *I. typographus* und den Hymenoptera- bzw. Rhizophagidae-Larven ( $r_s=0,795$  bzw.  $r_s=0,754$ ). Die Anzahl an *I. typographus* korrelierte außerdem recht gut mit der Anzahl an Muttergängen ( $r_s=0,688$ ,  $p<0,001$ ).



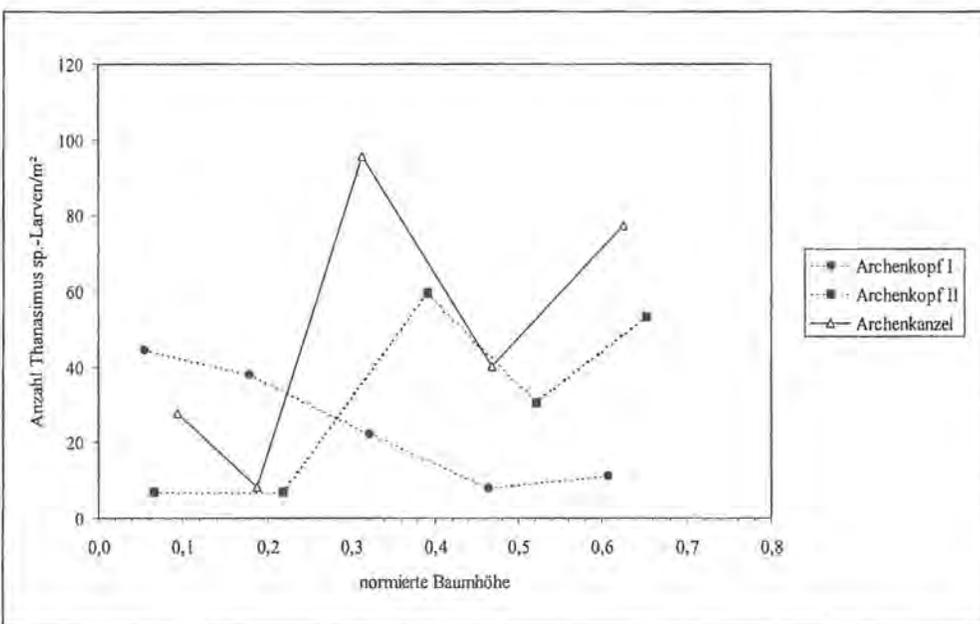
**Abb.121: Anzahl adulter *I. typographus* pro m<sup>2</sup> Rindenfläche unter der Rinde von Schwartlingen an den Standorten Kühroint I-III und Seeangerl I-II (normierte Baumhöhe = Höhe, bei der der Schwartling entnommen wurde / Gesamtlänge des Baumes).**



**Abb. 122:** Anzahl adult *I. typographus* pro m<sup>2</sup> Rindenfläche unter der Rinde von Schwartlingen an den Standorten Archenkopf I-II und Archenkanzelle (normierte Baumhöhe = Höhe, bei der der Schwartling entnommen wurde / Gesamtlänge des Baumes).



**Abb. 123:** Anzahl *Thanasismus* sp.-Larven pro m<sup>2</sup> Rindenfläche unter der Rinde von Schwartlingen an den Standorten Kühroint I-III und Seeanger I-II (normierte Baumhöhe = Höhe, bei der der Schwartling entnommen wurde / Gesamtlänge des Baumes).



**Abb. 124:** Anzahl *Thanasismus* sp.-Larven pro m<sup>2</sup> Rindenfläche unter der Rinde von Schwartlingen an den Standorten Archenkopf I-II und Archenkanzelle (normierte Baumhöhe = Höhe, bei der der Schwartling entnommen wurde / Gesamtlänge des Baumes).

Schwächere Beziehungen bestanden zwischen *I. typographus* und der Summe der Staphylinidae ( $r_s=0,620$ ), zwischen *I. typographus* und der Summe der Hymenoptera ( $r_s=0,462$ ), zwischen *I. typographus* und *Roptrocerus xylophagorum* ( $r_s=0,423$ ), zwischen *I. typographus* und Sciaridae-Larven ( $r_s=0,499$ ) sowie zwischen *I. typographus* und *C. cinereus* ( $r_s=0,417$ ; Tab. 74).

Die Anzahl an *C. cinereus* war besonders deutlich mit der Anzahl an *Medetera* sp.-Larven ( $r_s=0,616$ ) und der Anzahl an Sciaridae-Larven korreliert ( $r_s=0,583$ ). Schwächere Korrelationen bestanden mit der Summe der Hymenoptera ( $r_s=0,444$ ), *R. xylophagorum* ( $r_s=0,447$ ), Hymenoptera-Puppen ( $r_s=0,518$ ), *Thanasimus* sp.-Larven ( $r_s=0,446$ ), *Medetera* sp.-Puppen ( $r_s=0,331$ ), Stratiomyidae-Larven ( $r_s=0,397$ ) sowie Neuropteroidea-Larven ( $r_s=0,374$ ).

*P. poligraphus* zeigte schwache, negative Korrelationen zu *C. cinereus* ( $r_s = -0,454$ ) und zu Sciaridae-Larven ( $r_s = -0,359$ ). Positiv korreliert war *P. poligraphus* hingegen mit *I. typographus*-Larven ( $r_s=0,343$ ).

Starke Korrelationen zwischen der Borkendicke und rindenbesiedelnden Arthropoden-Gruppen waren nicht festzustellen. Ein tendenzieller Anstieg der Besiedlungsdichte mit zunehmender Borkendicke war jedoch bei *I. typographus*-Larven, *Medetera* sp.-Larven, Cerambycidae-Larven, Cecidomyiidae-Larven und Lonchaidae-Puppen zu verzeichnen ( $r_s$  zwischen 0,324 und 0,434; Tab. 74).

Die durchschnittliche Anzahl an Buchdruckern pro m<sup>2</sup> Rindenfläche korrelierte stark negativ mit der Anzahl an

Buchdruckern, die in benachbarten Schlitzfallen gefangen worden waren ( $r_s = -0,900$ ;  $n=5$ ;  $p=0,037$ ; Kühroint II – SCHA23S; Kühroint III – SCHA27S; Seeangerl I – SCHA29S; Archenkopf II – SCHA28S; Archenkanel – SCHA24S).

Bei der Auswertung der Rindenproben konnten die Hymenoptera-Larven und -Puppen nicht den jeweiligen Arten zugeordnet werden. Es stellte sich allerdings heraus, dass die Anzahl an adulten *Roptrocerus xylophagorum* signifikant mit der Anzahl der Hymenoptera-Larven und -Puppen korrelierte (Larven:  $r_s=0,430$ ;  $n=40$ ;  $p=0,006$ ; Puppen:  $r_s=0,648$ ;  $n=40$ ;  $p<0,001$ ). *Rhopalicus tutela*, die andere häufige Hymenopteren-Art, hatte lediglich zu den Hymenoptera-Puppen eine signifikante Beziehung; der Korrelationskoeffizient war allerdings deutlich niedriger als bei *R. xylophagorum* (Puppen:  $r_s=0,439$ ;  $n=40$ ;  $p<0,01$ ). Möglicherweise sind die stärkeren Korrelationen für *R. xylophagorum* ein Hinweis darauf, dass die Hymenopteren-Larven und -Puppen vornehmlich dieser Art angehören.

#### 18.2.4 Besiedelung durch *Ips typographus*

Die Besiedelung der Rinde durch *I. typographus* wurde anhand verschiedener Parameter untersucht.

Die Mittelwerte aller erhobenen Besiedelungs-Parameter waren an den schlecht wasserversorgten Standorten höher. Der Einfluss der Bodenfeuchte war aber nur bei der Anzahl der „Larven/cm Ganglänge mit Einischen“ signifikant nachzuweisen (t-Test; Tab. 75). Unter der Rinde der Bäume mit schlechter Wasserversorgung ent-

**Tab. 73: Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) der Häufigkeiten von Insektengruppen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche in unterschiedlichen Baumhöhen; signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Tukey & Kramer-Tests,  $p<0,05$ ); Gruppen, bei denen die Werte nicht durch Buchstaben gekennzeichnet sind, weisen keine signifikanten Unterschiede auf.**

Arthropoden-Gruppe	Höhe 1	Höhe 2	Höhe 3	Höhe 4	Höhe 5
<i>Ips typographus</i>	213,6 (56,2)	559,8 (190,2)	581,3 (140,9)	444,6 (134,5)	512,5 (205,6)
<i>Crypturgus cinereus</i>	9,5 (6,5)	88,3 (35,8)	30,1 (14,2)	15,8 (9,0)	16,4 (8,8)
<i>Polygraphus poligraphus</i>	1,6 (1,1)	0,0 (0,0)	12,9 (11,9)	136,0 (104,4)	176,4 (129,6)
Summe Rhizophagidae	14,5 (3,6) a	4,1 (2,1) ab	0,9 (0,9) b	0,0 (0,0) b	1,8 (1,2) ab
Summe Staphylinidae	38,6 (12,2)	18,5 (3,4)	27,6 (4,7)	22,6 (10,7)	22,1 (9,3)
<i>Lathridius rugicollis</i>	5,3 (3,5)	1,6 (1,1)	0,0 (0,0)	2,0 (2,0)	1,0 (1,0)
<i>Corticaria abietum</i>	4,6 (1,9)	3,3 (1,2)	1,1 (1,1)	0,9 (0,9)	1,0 (1,0)
<i>Roptrocerus xylophagorum</i>	0,0 (0,0)	5,1 (3,4)	15,9 (7,5)	10,9 (6,8)	11,3 (7,3)
<i>Rhopalicus tutela</i>	0,0 (0,0)	4,0 (2,7)	7,1 (4,8)	12,0 (7,7)	3,6 (3,1)
Summe Diptera	2,4 (1,2)	1,5 (1,0)	8,6 (5,3)	2,0 (1,1)	0,0 (0,0)
<i>Medetera</i> sp.	0,0 (0,0)	0,8 (0,7)	8,1 (5,3)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
<i>Thanasimus</i> sp.-Larven	12,1 (4,0)	25,3 (7,1)	36,1 (10,0)	20,5 (3,9)	27,6 (10,4)
<i>I. typographus</i> -Larven	14,9 (5,3)	12,6 (9,9)	5,8 (3,8)	13,5 (13,5)	3,8 (1,8)
Staphylinidae-Larven	2,3 (0,8)	15,6 (5,5)	3,6 (1,3)	0,5 (0,2)	2,3 (0,8)
Rhizophagidae-Larven	21,6 (7,7)	40,4 (14,0)	53,5 (32,9)	23,9 (11,6)	35,9 (15,5)
<i>Medetera</i> sp.-Larven	10,9 (3,9)	25,6 (10,3)	11,8 (6,4)	2,0 (1,3)	1,0 (1,0)
Lonchaidae-Larven	28,3 (11,7)	26,9 (18,2)	22,3 (16,0)	37,8 (20,3)	5,5 (3,4)
Stratiomyidae-Larven	0,9 (0,9)	3,6 (2,1)	1,9 (1,9)	2,9 (2,1)	0,0 (0,0)
Hymenoptera-Larven	0,8 (0,7)	11,3 (6,5)	32,5 (9,6)	38,9 (21,7)	44,0 (22,6)
Cerambycidae-Larven	16,8 (4,7)	7,5 (4,9)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	1,1 (1,1)
Cecidomyiidae-Larven	42,9 (26,1)	5,9 (3,9)	1,8 (1,7)	2,5 (1,3)	8,9 (8,9)
Sciaridae-Larven	36,9 (18,8)	102,6 (34,0)	125,5 (29,7)	27,4 (18,6)	65,9 (41,1)
Neuropteroidea-Larven	0,9 (0,9)	4,1 (2,4)	0,5 (0,5)	0,5 (0,5)	0,0 (0,0)
<i>I. typographus</i> -Puppen	7,3 (5,3)	0,8 (0,7)	2,0 (1,3)	36,6 (36,6)	0,6 (0,6)
<i>Medetera</i> sp.-Puppen	0,0 (0,0)	0,8 (0,7)	2,1 (2,1)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Lonchaidae-Puppen	9,6 (3,4)	4,8 (1,7)	11,4 (4,0)	13,8 (4,9)	9,8 (3,5)
Hymenoptera-Puppen	0,0 (0,0)	2,4 (1,2)	3,8 (2,0)	2,4 (1,9)	1,6 (1,2)

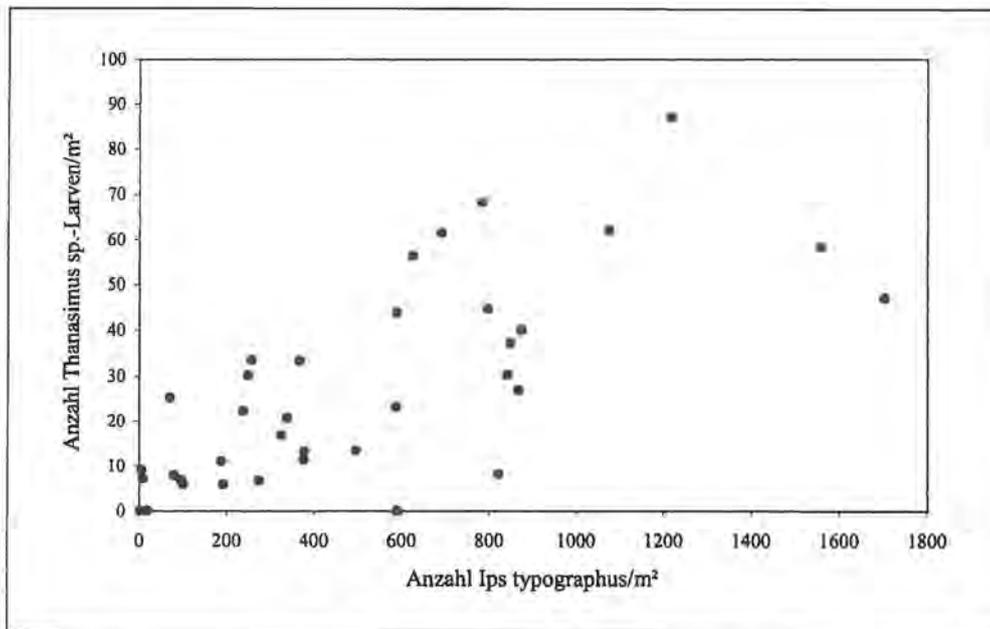


Abb. 125: Korrelation zwischen *I. typographus*/m<sup>2</sup> und *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup> unter der Rinde stehend befallener Fichten ( $r_s=0,792$ ;  $n=40$ ;  $p<0,001$ ).

Tab. 74: Korrelationskoeffizienten signifikanter Spearman-Rang-Korrelationen zwischen verschiedenen Arthropoden-Gruppen unter der Rinde stehend befallener Fichten (in allen Fällen:  $n=40$ ; \*;  $p<0,05$ ; \*\*;  $p<0,01$ ; \*\*\*;  $p<0,001$ ).

	<i>Ips typographus</i>	<i>Crypturgus cinereus</i>	<i>Polygraphus poligraphus</i>	Borkendicke
<i>I. typographus</i> -Larven			0,343*	0,401*
<i>Crypturgus cinereus</i>	0,417**		-0,454**	
Summe Staphylinidae	0,620***			
<i>Placusa pumilio</i>	0,592***			
Summe Hymenoptera	0,462**	0,444**		
<i>Roptrocercus xylophagorum</i>	0,423**	0,447**		
Hymenoptera-Larven	0,795***			
Hymenoptera-Puppen		0,518**		
<i>Thanasimus</i> sp.-Larven	0,792***	0,446**		
Rhizophagidae-Larven	0,754***			
Cerambycidae-Larven				0,420*
<i>Medetera</i> sp.-Larven		0,616***		0,434*
<i>Medetera</i> sp.-Puppen		0,331*		
Stratiomyidae-Larven		0,397*		
Cecidomyiidae-Larven				0,324*
Lonchaeidae-Puppen				0,350*
Sciaridae-Larven	0,499**	0,583***	-0,359*	
Neuropteroidea-Larven		0,374*		

wickelten sich pro cm Ganglänge mit Einischen deutlich mehr Larven als unter der Rinde der Bäume mit guter Wasserversorgung (schlechte Wasserversorgung: 5,16 Larven/cm Ganglänge mit Einischen; gute Wasserversorgung 1,06 Larven/cm Ganglänge mit Einischen).

Hinsichtlich der Baumhöhe ergaben sich signifikante Unterschiede bei den Parametern „Larven/cm Ganglänge“ und „Larven/Weibchen“ (Varianzanalyse; Tab. 76). Paarweise Vergleiche der Höhen in Scheffé-Tests ergaben signifikante Unterschiede zwischen Höhe 1 und Höhe 2, sowie zwischen Höhe 1 und Höhe 4 bei der Anzahl der „Larven/cm Ganglänge“. Bei der Anzahl der „Larven/Weibchen“ waren signifikante Unterschiede zwischen Höhe 1 und Höhe 2 sowie Höhe 1 und Höhe 5 festzustellen (Abb.126, Abb.127). Wie sich auch beim Vergleich der anderen Besiedelungs-Parameter zeigt,

Tab. 75: Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) verschiedener Besiedelungs-Parameter von *Ips typographus* an Bäumen auf gut und schlecht wasserversorgten Standorten; signifikante Werte im t-Test ( $p=0,011$ ).

Besiedelungs-Parameter	Wasserversorgung gut (n=5)	Wasserversorgung schlecht (n=3)
Brutsysteme/m <sup>2</sup>	165,40 (44,27)	289,33 (56,58)
Muttergänge/m <sup>2</sup>	300,24 (93,47)	530,20 (126,44)
Muttergang-cm/m <sup>2</sup>	1863,32 (556,33)	3082,67 (491,33)
Mittelwert Mutterganglänge (cm)	4,83 (1,32)	6,15 (0,27)
Larven/cm Ganglänge	0,34 (0,52)	2,19 (0,46)
Larven/cm Ganglänge mit Einischen	1,06 (0,75) a*	5,16 (0,70) b
Einischen/cm Ganglänge	2,07 (0,84)	3,60 (0,26)
Einischen/cm Ganglänge mit Einischen	3,85 (1,32)	7,77 (0,31)
Einischen/Weibchen	16,78 (5,74)	24,26 (1,96)
Larven/Weibchen	13,12 (4,62)	19,82 (2,15)

herrschten in Höhe 1 offensichtlich die ungünstigsten Entwicklungsbedingungen für *I. typographus*.

Keine signifikanten Unterschiede zeigten die Standorte unterschiedlicher Wasserversorgung hinsichtlich der Eimortalität (Tab. 77). Zwischen Höhe 1 und Höhe 2 sowie zwischen Höhe 1 und Höhe 4 ergaben sich jedoch in paarweisen Vergleichen signifikante Differenzen bezüglich der Eimortalität (Tukey&Kramer-Tests Tab. 78, Abb.128, Abb.129). Die hohe Eimortalität in Höhe 1 weist auch hier wieder auf schlechte Entwicklungsbedingungen in diesem Baumabschnitt hin.

### 18.3 Arthropoden aus stehend befallenen Fichten

Eine Übersicht über die Zusammensetzung der Arthropoden-Fauna in den stehend befallenen Fichten geben Abb. 130 bis Abb. 133 und im Anhang Tab. 109 bis Tab. 125.

Wie nach einem Befall durch *I. typographus* zu erwarten, stellt diese Art in sieben der acht Bäume mehr als die Hälfte der registrierten Arthropoden. Lediglich am Baum Seeangerl II sind es etwas weniger als die Hälfte (Abb. 131). Die Hälfte der rindenbewohnenden Arthropoden stellen an diesem Baum andere Scolytidae. Abb. 133

**Tab. 76: Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) verschiedener Besiedelungs-Parameter von *Ips typographus* in unterschiedlichen Baumhöhen; Signifikante Werte in der einfachen Varianzanalyse: A:  $p=0,0086$ ; B:  $p=0,0074$ . Signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Höhen sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Scheffé-Test).**

Parameter	Höhe 1	Höhe 2	Höhe 3	Höhe 4	Höhe 5
Brutsysteme/m <sup>2</sup>	117,63 (31,48)	252,50 (43,46)	292,25 (49,50)	218,6 (61,20)	178,38 (63,97)
Muttergänge/m <sup>2</sup>	191,88 (55,30)	480,75 (91,70)	553,75 (99,76)	368,00 (109,17)	338,00 (130,14)
Muttergang-cm/m <sup>2</sup>	1109,88 (287,01)	2659,63 (464,02)	3505,50 (688,14)	2203,00 (634,75)	2124,88 (739,74)
Mittelwert Mutterganglänge	6,73 (0,50)	6,46 (0,48)	6,46 (0,36)	6,82 (0,21)	7,01 (0,60)
Einischen/cm Ganglänge	3,88 (0,19)	4,12 (0,23)	4,07 (0,19)	3,93 (0,14)	4,09 (0,28)
Larven/cm Ganglänge (A)	2,35 (0,02) a	3,49 (0,11) b	3,41 (0,16) ab	3,65 (0,20) b	3,14 (0,21) ab
Einischen/cm Ganglänge mit Einischen	6,99 (0,42)	8,80 (0,89)	8,08 (0,27)	7,12 (0,36)	7,01 (0,21)
Larven/cm Ganglänge mit Einischen	5,23 (0,27)	7,96 (0,91)	7,32 (0,26)	7,02 (0,24)	5,25 (0,24)
Einischen/Weibchen	23,02 (3,10)	29,00 (2,24)	28,92 (2,11)	26,83 (1,74)	35,21 (3,88)
Larven/Weibchen (B)	13,75 (1,87) a	25,19 (1,66) b	23,61 (1,74) ab	24,12 (1,51) ab	27,06 (2,97) b

**Tab. 77: Mediane und Perzentile der Eimortalität (%) von *Ips typographus* an Bäumen auf gut und schlecht wasser-versorgten Standorten.**

N	Eimortalität (Wasserversorgung gut)			n	Eimortalität (Wasserversorgung schlecht)		
	Median	25 <sup>th</sup> Perz.	75 <sup>th</sup> Perz.		Median	25 <sup>th</sup> Perz.	75 <sup>th</sup> Perz.
5	22,0	13,9	26,9	3	20,0	13,2	

**Tab. 78: Mediane und Perzentile der Eimortalität (%) von *Ips typographus* in unterschiedlichen Baumhöhen; die Höhen unterscheiden sich signifikant im Kruskal-Wallis-Test ( $p=0,0029$ ); signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Höhen sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Tukey&Kramer-Tests).**

Höhe	n	Eimortalität		
		Median	25 <sup>th</sup> Perz.	75 <sup>th</sup> Perz.
Höhe 1	6	41,7 a	36,1	44,6
Höhe 2	7	12,2 b	9,1	14,2
Höhe 3	7	13,7 ab	12,7	26,1
Höhe 4	6	10,0 b	4,6	20,1
Höhe 5	5	25,0 ab	16,4	29,3

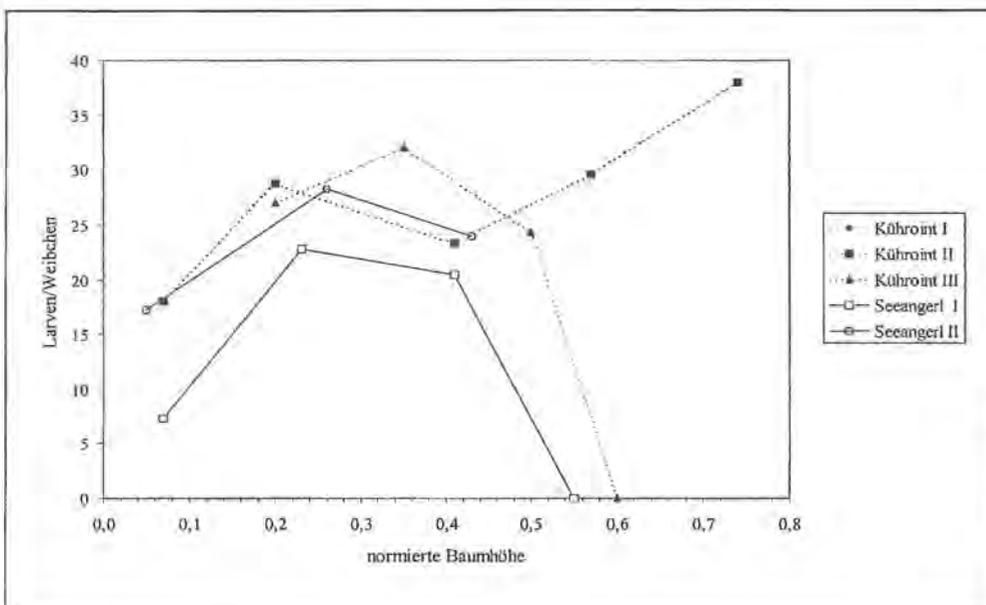
zeigt, dass es sich bei diesen Scolytidae am Baum Seeangerl II fast ausschließlich um *Polygraphus poligraphus* L. handelt. Dieser Borkenkäfer tritt aber auch am Baum Seeangerl I sehr häufig auf. (Abb. 132). Durch diese Do-

minanz von *P. poligraphus* unterscheiden sich diese beiden benachbarten Standorte hinsichtlich der Borkenkäfer-Besiedelung deutlich von den anderen Standorten, wo die Bäume neben *I. typographus* vor allem von *Crypturgus cinereus* besiedelt werden (Abb. 132, Abb. 133).

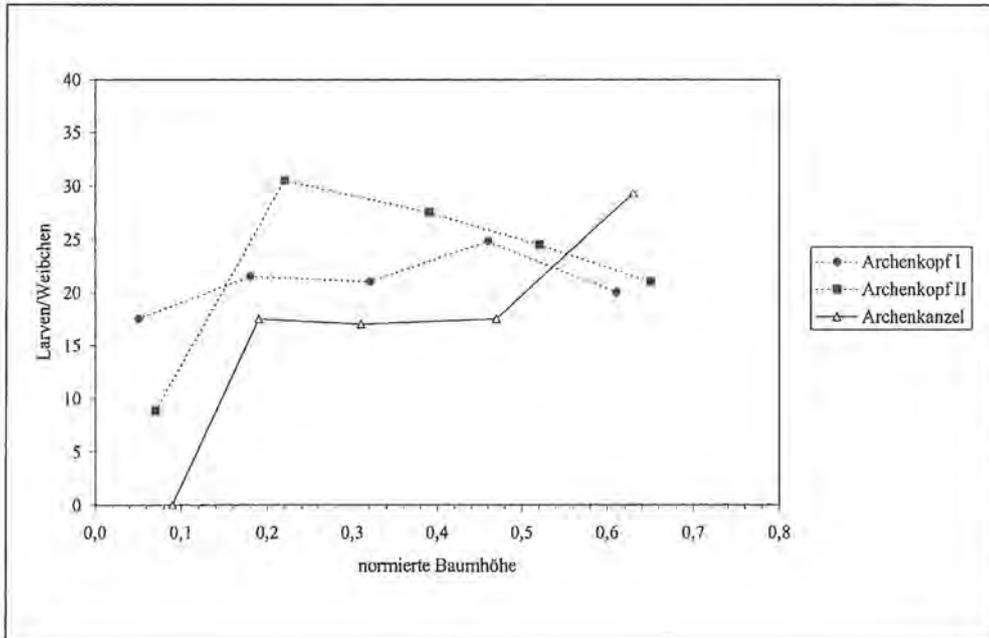
*I. typographus* und die übrigen Scolytidae zusammengekommen machen in allen Stämmen mehr als 75 der Arthropoden aus. Die übrigen Arthropodengruppen [Staphylinidae, Coleoptera (ohne Staphylinidae und Scolytidae), Hymenoptera, Diptera, Araneae + Opiliones] treten in den Stämmen in wechselnden Anteilen auf. Eine Ausnahme bildet lediglich der Baum Kühroint I, wo nur die drei Gruppen *I. typographus*, Staphylinidae und Coleoptera (ohne Staphylinidae und Scolytidae) auftreten (Abb. 131).

#### 18.4 Arthropoden-Larven aus stehend befällenen Fichten

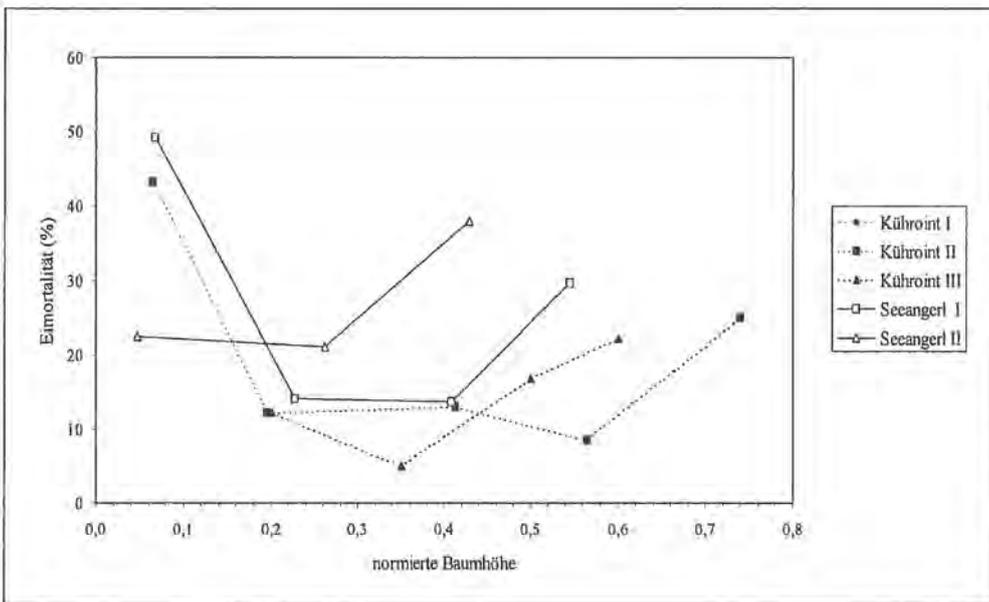
Bis auf den Baum Kühroint I, unter dessen Rinde nur Lonchaeidae-, *I. typographus*- und *Thanasimus* sp.-Larven gefunden werden konnten, waren alle Fichten mit einer Vielzahl unterschiedlicher Larven besiedelt (Abb. 134, Abb. 135). Sciaridae-Larven waren dabei in größerer Dichte in den 7 Bäumen vertreten und machten jeweils mindestens 22 % des Larven-Besatzes aus.



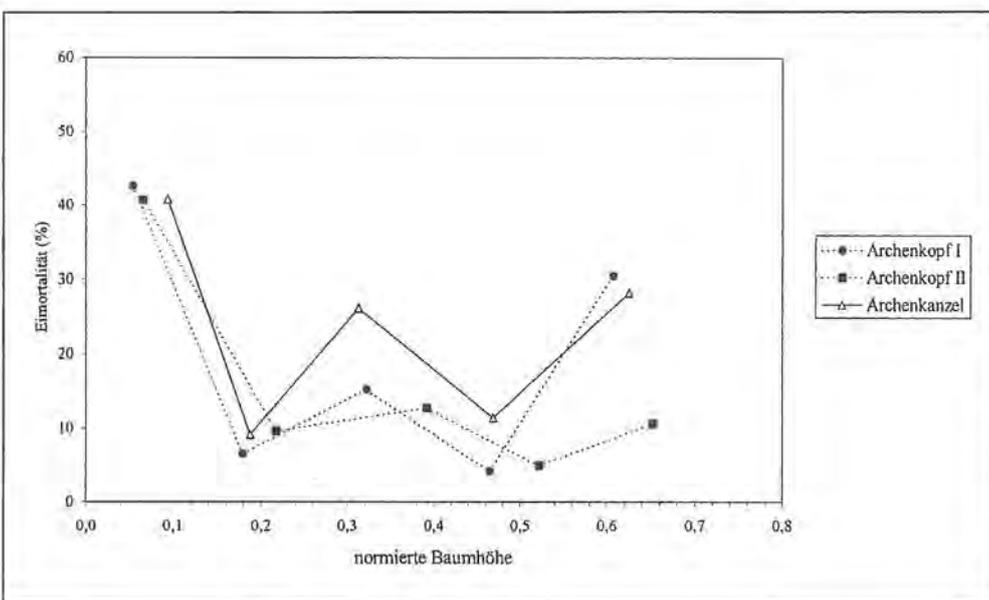
**Abb. 126:** Larven pro Weibchen von *I. typographus* an den Standorten Kühroint I-III und Seeangerl I-II (normierte Baumhöhe = Höhe, bei der der Schwartling entnommen wurde / Gesamtlänge des Baumes).



**Abb. 127:** Larven pro Weibchen von *I. typographus* an den Standorten Archenkopf I-II und Archenkanzel (normierte Baumhöhe = Höhe, bei der der Schwartling entnommen wurde / Gesamtlänge des Baumes).

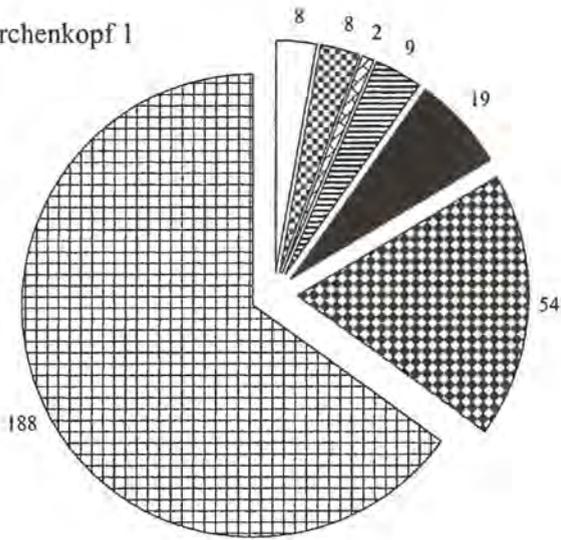


**Abb. 128:** Eimortalität von *I. typographus* an den Standorten Kühroint I-III und Seeangerl I-II (normierte Baumhöhe = Höhe, bei der der Schwartling entnommen wurde / Gesamtlänge des Baumes).

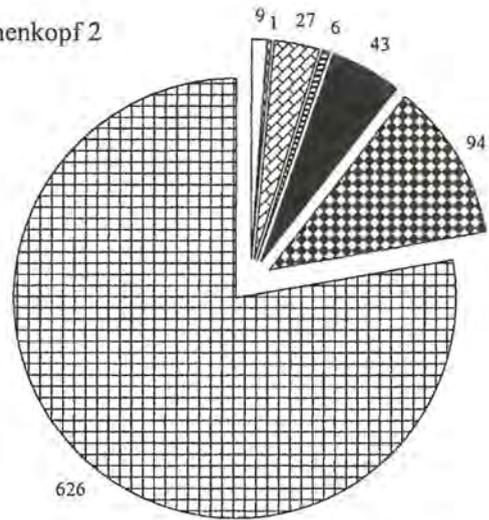


**Abb. 129:** Eimortalität von *I. typographus* an den Standorten Archenkopf I-II und Archenkanzel (normierte Baumhöhe = Höhe, bei der der Schwartling entnommen wurde / Gesamtlänge des Baumes).

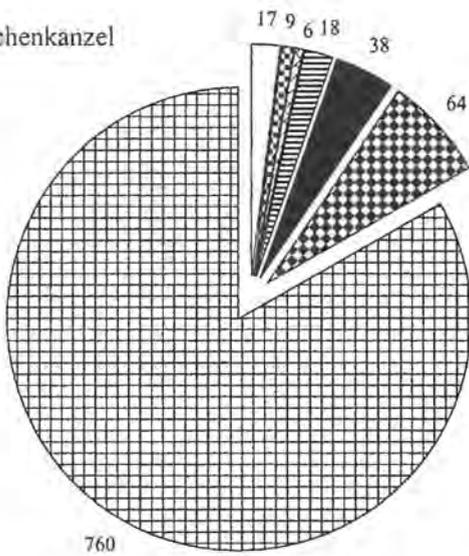
Archenkopf 1



Archenkopf 2



Archenkanzel



Seeangerl 1

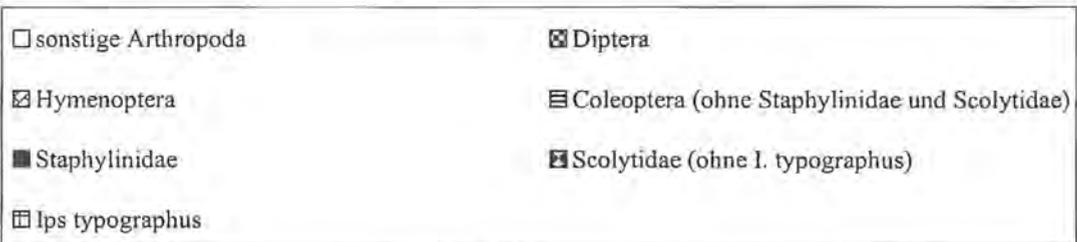
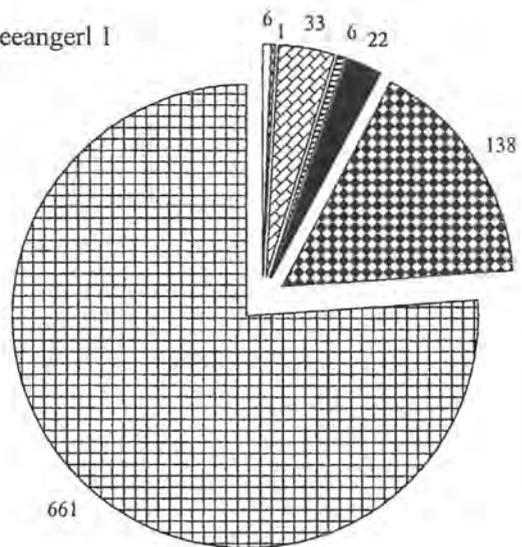


Abb. 130: Arthropoden aus stehend befallenen Fichten (Individuen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche der Bäume Archenkopf 1, Archenkopf 2, Archenkanzel, Seeangerl 1; Mittelwert aus 5 Schwartlingen pro Baum).

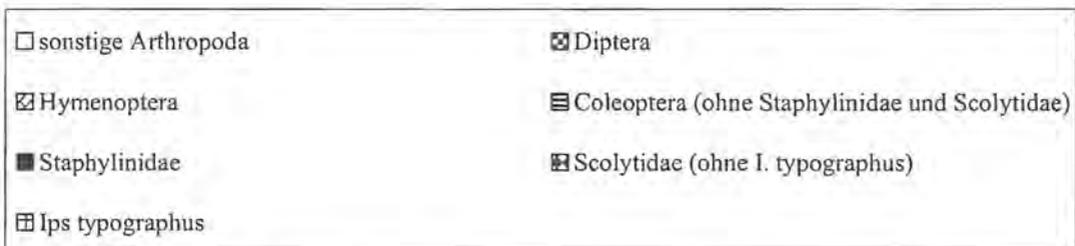
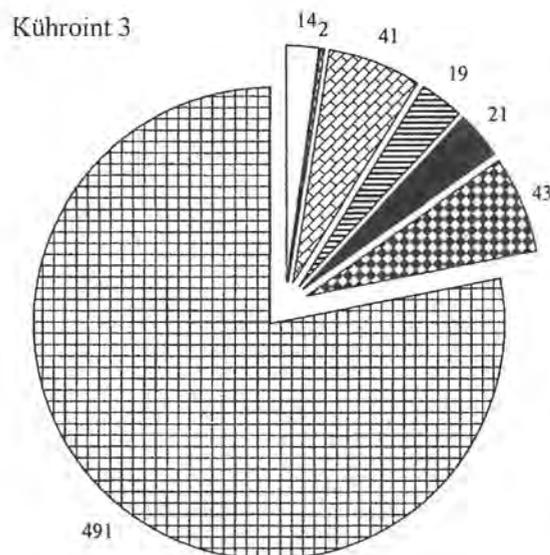
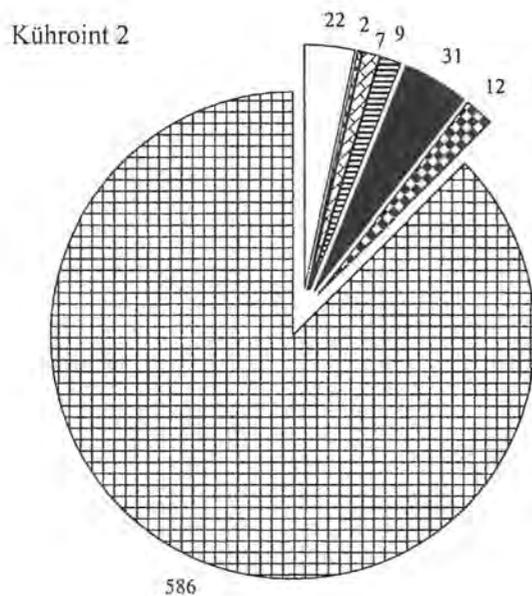
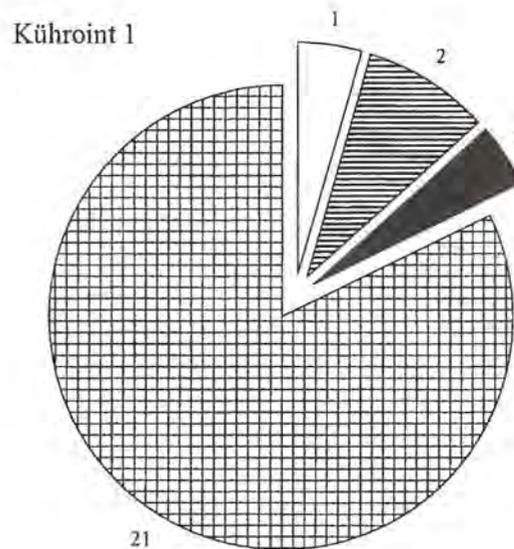
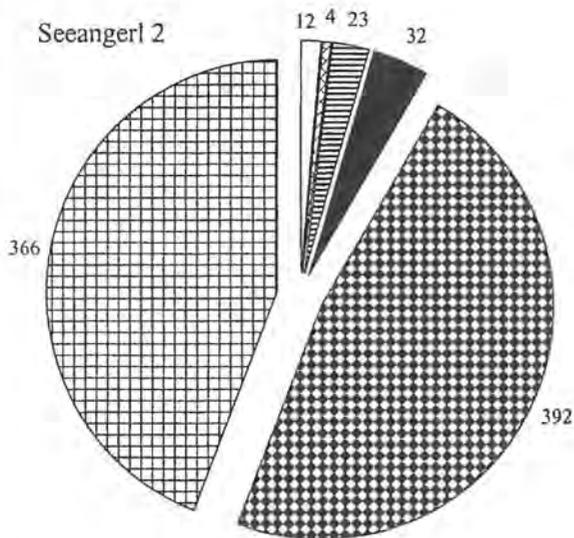
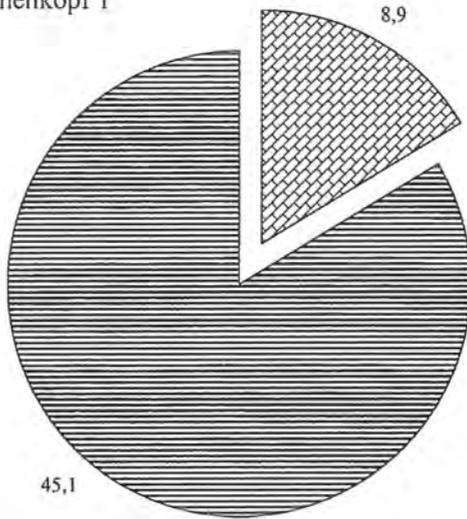
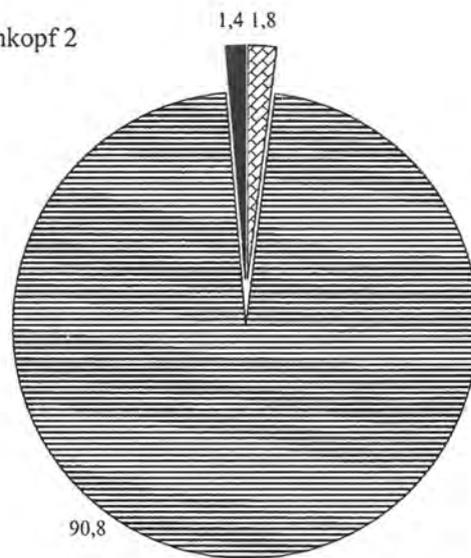


Abb. 131: Arthropoden aus stehend befallenen Fichten (Individuen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche der Bäume Seeangerl 2, Kühroint 1, Kühroint 2, Kühroint 3; Mittelwert aus 5 Schwartlingen pro Baum).

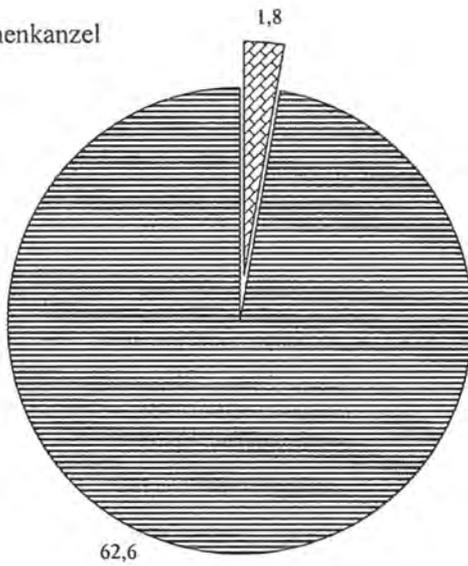
Archenkopf 1



Archenkopf 2



Archenkanzel



Seeangerl 1

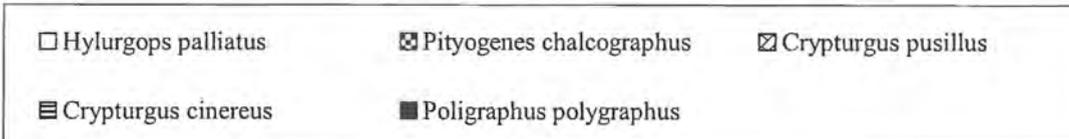
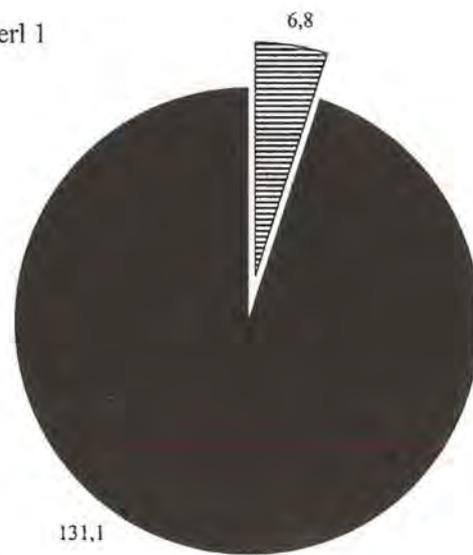


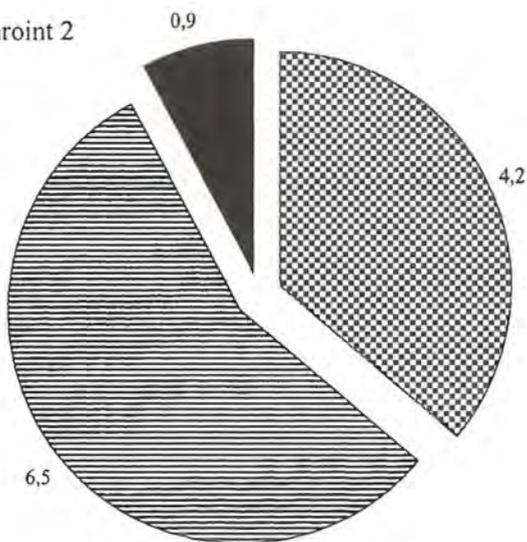
Abb. 132: Scolytidae aus stehend befallenen Fichten (Individuen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche der Bäume Archenkopf 1, Archenkopf 2, Archenkanzel, Seeangerl 1; Mittelwert aus 5 Schwartlingen pro Baum).

Seeangerl 2



Kühroint 1

Kühroint 2



Kühroint 3

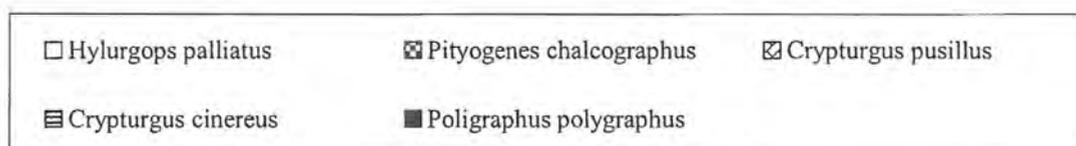
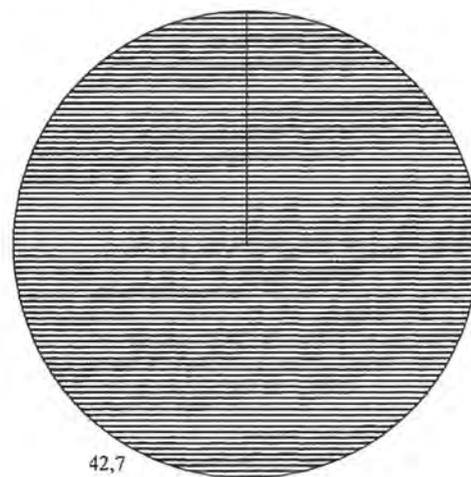


Abb. 133: Scolytidae aus stehend befallenen Fichten (Individuen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche der Bäume Seeangerl 2, Kühroint 1, Kühroint 2, Kühroint 3; Mittelwert aus 5 Schwartlingen pro Baum).

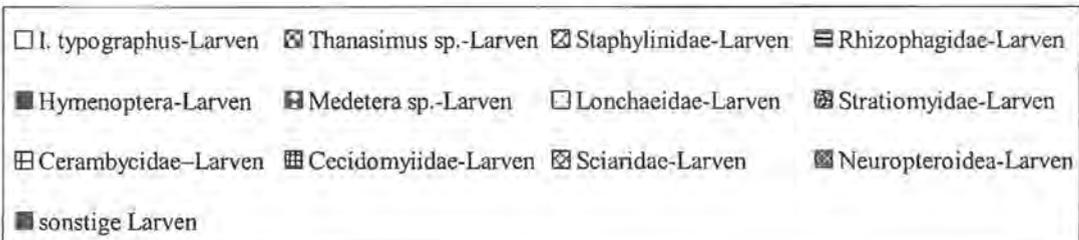
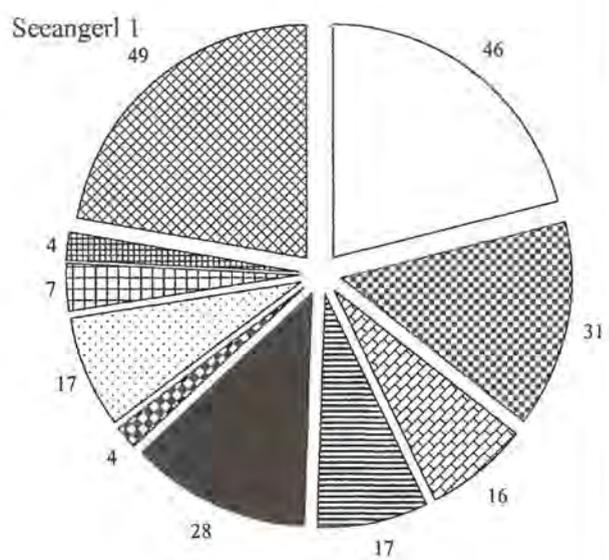
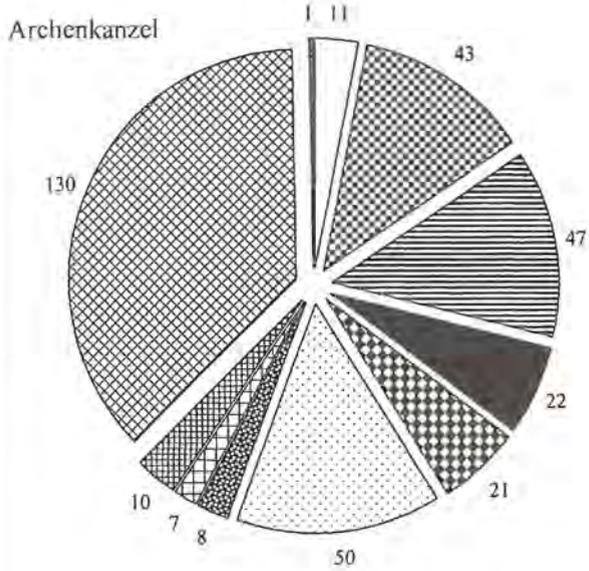
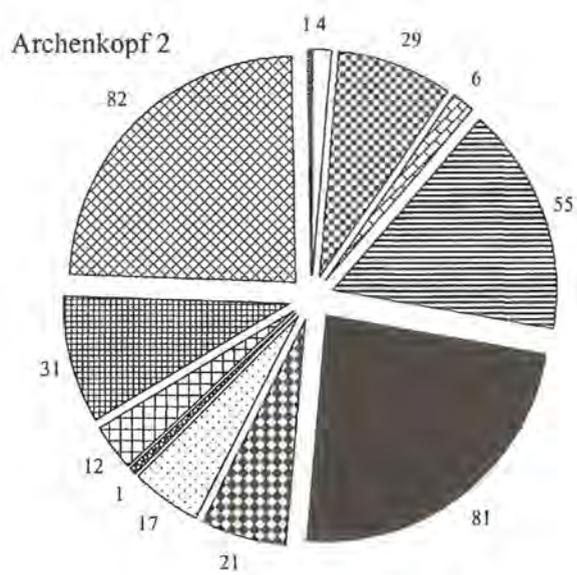
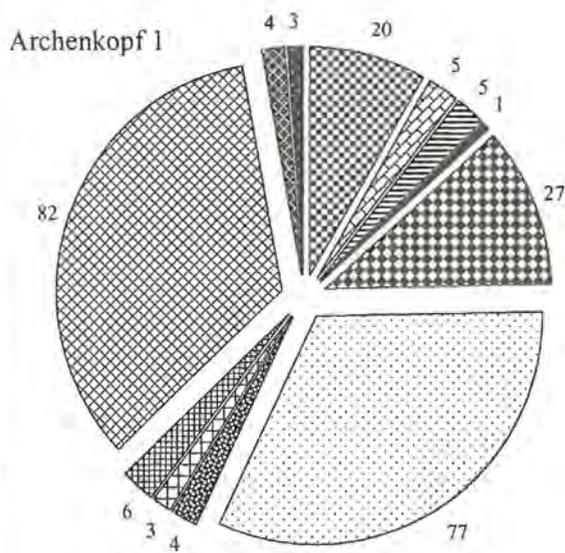


Abb. 132: Arthropoden-Larven aus stehend befallenen Fichten (Individuen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche der Bäume Archenkopf 1, Archenkopf 2, Archenkanzeln, Seeangerl 1; Mittelwert aus 5 Schwartlingen pro Baum).

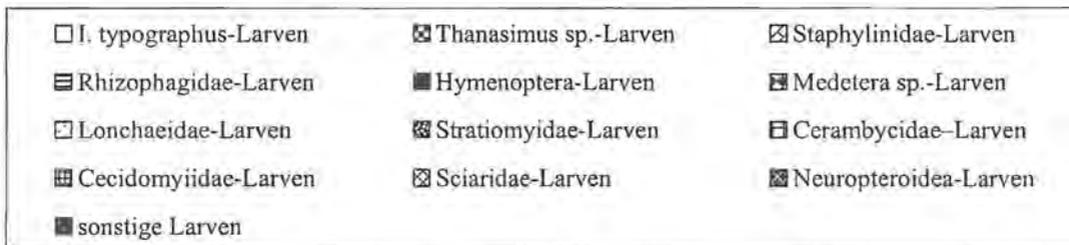
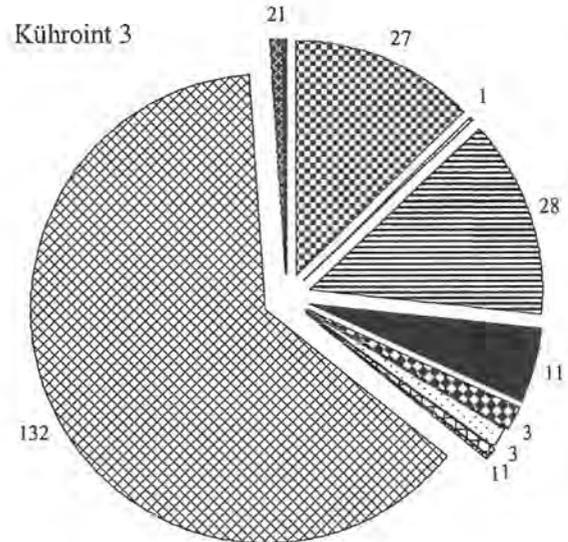
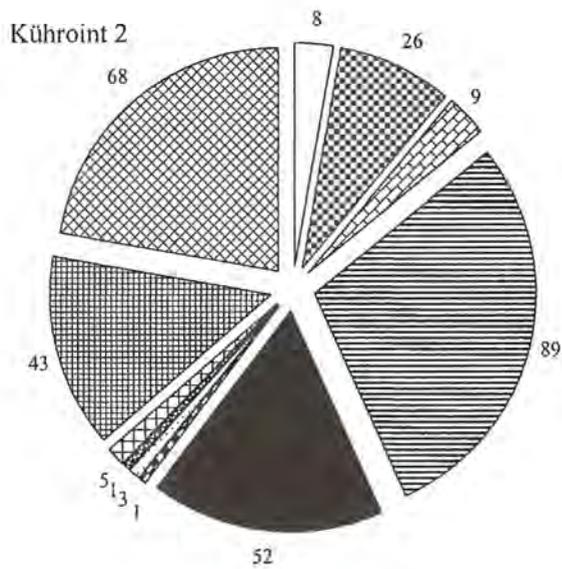
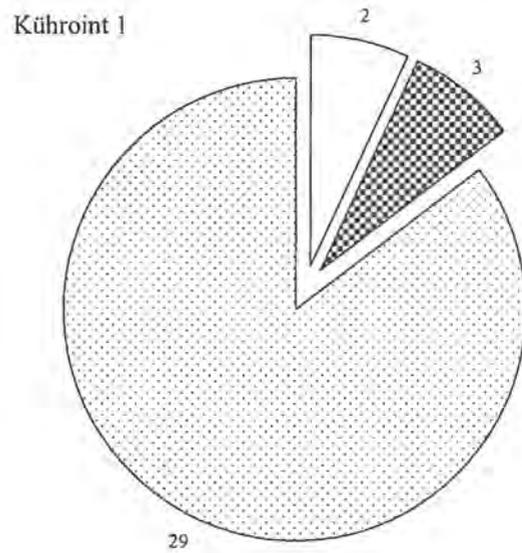
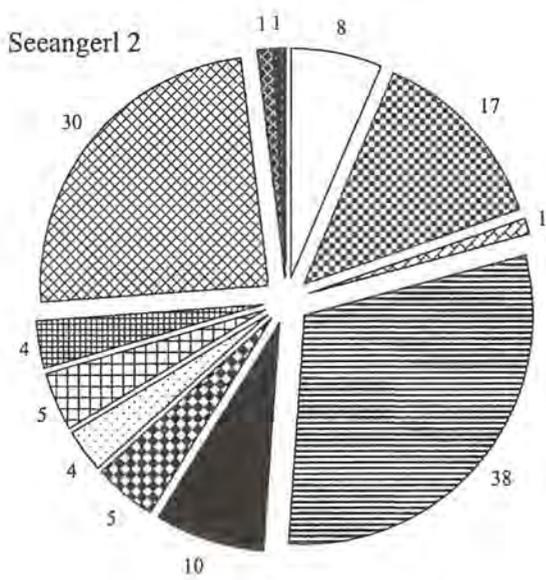


Abb. 132: Arthropoden-Larven aus stehend befallenen Fichten (Individuen pro m<sup>2</sup> Rindenfläche der Bäume Seeangerl 2, Kühroint 1, Kühroint 2, Kühroint 3; Mittelwert aus 5 Schwartlingen pro Baum).

*Thanasimus* sp.-Larven waren ebenfalls zahlreich und stellten in den 7 Bäumen mindestens 8 % der Larven. Mit Ausnahme des Baumes Archenkopf I waren auch Rhizophagidae- und Hymenoptera-Larven wichtige Larven-Gruppen. Sciaridae-, *Thanasimus* sp.-, Rhizophagidae- und Hymenoptera-Larven zusammengenommen machten mit Ausnahme der Bäume Kühroint I und Archenkopf I immer mehr als 60 % des Larven-Besatzes aus.

Hohe Anteile in einzelnen Bäumen erreichten Lonchaeidae-Larven in den Bäumen Archenkopf I und Archenkanel, *Medetera* sp.-Larven im Baum Archenkopf I, *I. typographus*-Larven im Baum Seeangerl I und Cecidomyiidae-Larven im Baum Kühroint II.

## Diskussion

### 1 Flugaktivität von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp.

#### 1.1 *Ips typographus*

##### 1.1.1 Flugaktivität von *Ips typographus* im Jahre 1996

Vergleicht man den Flugverlauf von *Ips typographus* im Jahre 1996 mit dem der Vorjahre, so ist eine deutliche Veränderung zu beobachten. In den Jahren 1993, 1994 und 1995 waren die Maxima der Buchdrucker-Fangzahlen der zweiten Flugwelle in allen drei Profilen höher als die der ersten Generation (FREYER, pers. Mitt.). Dieser Trend hat sich 1996 umgekehrt (Abb. 7, Abb. 8); lediglich einzelne Fallen zeigen bei der zweiten Flugwelle höhere Fangzahlen (Abb. 9). Möglicherweise ist dies durch einen Rückgang der Menge bruttauglichen Materials bedingt, der den Aufbau einer starken zweiten Generation verhinderte. Im Gegensatz zu den Vorjahren fiel nämlich in den Revieren Au-Schapbach und Hintersee 1996 kein Windwurf an (FREYER, pers. Mitt.). Außerdem war der Sommer 1996 relativ feucht, was der Entwicklung des Buchdruckers abträglich war, die Wasserversorgung der Bäume hingegen verbesserte (Niederschlagssummen Juni-September: 1994: 431 l/m<sup>2</sup>; 1995: 765 l/m<sup>2</sup>; 1996: 877 l/m<sup>2</sup>; VOGT, pers. Mitt.).

##### 1.1.2 Flugbeginn bei *Ips typographus* im Jahre 1996

Die Höhenabhängigkeit des Flugbeginns von *I. typographus* konnte besonders gut anhand der Kammrohrfallen der Schapbach-Region gezeigt werden (Abb. 10). Hier erfolgte die erste Leerung am 21. April 1996. Um diesen Termin herum stiegen die Tagestemperaturen steil an (s. Abb. 51 und Abb. 52). In höheren Lagen sind die Temperaturen i. d. R. niedriger als in tieferen. Deshalb waren möglicherweise die Schwellenwerte und Temperatursummen für den *I. typographus*-Flug bei den Fallen in den mittleren Lagen (Höhe 4 und 7) erst in der zweiten und in den höheren Lagen (Höhe 8 und 9) erst in der dritten Woche erreicht.

Der Grund dafür, dass die Falle in Höhe 4 (H4) später als die Falle H5 und die Falle H6 später als die Falle H7 angefliegen wurde, ist vermutlich in den spezifischen Standortbedingungen zu suchen. Die Falle H6 steht relativ schattig, während Falle H7 den ganzen Nachmittag über besonnt wird. Falle H6 erreicht deshalb auch das ganze Jahr über nie die Fangzahlen von Falle H7.

Falle H4 wird von den Ästen einer Kastanie überdeckt, während die Falle H5 völlig frei vor einem westexponierten Waldrand steht. Bei diesen zwei Fallen war die Summe der Buchdrucker an den ersten beiden Leerungstagen ähnlich und der Flugbeginn wurde an Falle H5 nur von einem Buchdrucker hervorgerufen, was darauf hindeutet, dass bei vergleichbaren Bedingungen der Flugbeginn an Falle H4 vermutlich ebenfalls eine Woche früher eingesetzt hätte (Summe der ersten beiden Leerungen: H5: 1+11=12 *I. typographus*; H4: 0+11=11 *I. typographus*).

Eine höhenabhängige Verzögerung des Flugbeginns von *I. typographus* zeigten auch WEGENSTEINER & FÜHRER (1991). Bei ihren Untersuchungen begann der Flug von *I. typographus* in 660 m üNN eine Woche später als in 550 m üNN und 380 m üNN, wo er gleichzeitig einsetzte.

Die starke, signifikant negative Korrelation zwischen den *I. typographus*-Fängen der ersten drei Wochen und der Höhe macht deutlich, dass nicht nur der Flugbeginn mit zunehmender Meereshöhe verzögert einsetzt, sondern dass auch die Menge an fliegenden Buchdruckern zu Beginn der Flugzeit in den tieferen Lagen höher ist (Abb. 11).

Eine Höhenabhängigkeit der Jahressummenfänge ist nicht festzustellen. Dies ist nicht verwunderlich, da die Fichte bis zu den höchsten Fallenstandorten die dominierende Baumart ist und deshalb in allen Höhen genügend Brutmaterial vorhanden sein müsste, um eine ähnlich große Zahl an Buchdruckern hervorzubringen. Zu Flugbeginn ist dies bei dem Profil Schapbach (Kammrohr) anders. Hier setzt der Flug in allen Höhen nicht schlagartig ein, sondern die Zahl an *I. typographus* steigert sich allmählich, und deshalb haben die tiefergelegenen Fallen aufgrund der längeren Flugzeit höhere Buchdrucker-Zahlen aufzuweisen.

#### 1.2 *Thanasimus* sp.

##### 1.2.1 Flugaktivität von *Thanasimus* sp. im Jahre 1996

Beim Vergleich der Flugverläufe von *Thanasimus* sp. und *I. typographus* für die Kammrohrfallen zeigte sich eine gewisse Synchronität. Wie *I. typographus*, so schien auch *Thanasimus* sp. in zwei Flugwellen aufzutreten (Abb. 7, Abb. 9).

Auffällig ist, dass der Flug von *Thanasimus* sp. früher einsetzte als der von *I. typographus*. Dies wird sowohl bei Kammrohrfallen als auch bei Schlitzfallen deutlich (Abb. 7, Abb. 8). Auch die Maxima von *Thanasimus* sp. traten bei vielen Kammrohrfallen früher auf als die von *I. typogra-*

*graphus* (Abb. 7, Abb. 9, Abb. 14). Es erscheint sinnvoll, dass *Thanasimus* sp. früher fliegt als *I. typographus*. So können die Ameisenbuntkäfer bereits auf geeigneten Bäumen sein, bevor Buchdrucker in größerer Zahl anfliegen. Haben sich die Buchdrucker nämlich einmal eingebohrt, sind sie für die adulten Ameisenbuntkäfer nicht mehr erreichbar. Geeignete Bäume können von *Thanasimus* sp. möglicherweise bereits anhand ihrer Monoterenmuster erkannt werden. Noch vor dem Beginn der Pheromonproduktion von *I. typographus* fand nämlich ZUMR (1983) eine große Zahl von *T. formicarius* auf Stammstücken von Fichte, Kiefer und Lärche. Da *T. formicarius* als Generalist (KOHNLE & VITÉ 1984) auch andere Borkenkäfer frisst, kann sein zeitiges Auftreten nicht zu Futtermangel führen, da er z. B. auch das Pheromon des früh schwärmenden *Xyloterus lineatus* als Kairomon nutzen kann (TOMMERAS & MUSTAPARTA 1985).

Die Höhe der Maxima war bei *I. typographus* und *Thanasimus* sp. ebenfalls ähnlich. Meist war bei beiden das erste Maximum höher; in den wenigen Fällen allerdings, in denen das zweite Maximum von *I. typographus* höher war, war oftmals auch das zweite Maximum von *Thanasimus* sp. höher.

#### 1.2.2 Flugbeginn bei *Thanasimus* sp. im Jahre 1996

Eine gewisse Höhenabhängigkeit der Flugaktivität war, ähnlich wie bei *I. typographus*, auch bei *Thanasimus* sp. zu beobachten. Wie bei *I. typographus* sind sicher die Temperaturbedingungen für diesen Effekt von entscheidender Bedeutung. Allerdings war eine deutliche Verzögerung des Flugbeginns nur bei den beiden höchstgelegenen Fallen H8 und H9 festzustellen (Abb. 12). Auch die Korrelation zwischen dem Fallenfang der ersten drei Wochen und der Meereshöhe ist nicht so stark wie bei *I. typographus* (Abb. 13). Beide Befunde sind vermutlich durch das sehr frühe und zahlreiche Auftreten von *Thanasimus* sp. zu erklären. Der Flugbeginn von *Thanasimus* sp. lag sicherlich vor Beginn des Fangzeitraumes, und deshalb hatte der Flug von *Thanasimus* sp. Mitte April schon in nahezu allen Höhenstufen eingesetzt. Würde man die Fallen erst zwei Wochen später in Betrieb nehmen, so könnte man die Verluste der Ameisenbuntkäfer sicherlich reduzieren, ohne auf wesentliche Buchdrucker-Fänge verzichten zu müssen.

#### 1.3 Vergleich von *Ips typographus*- und *Thanasimus* sp.-Flugaktivität im Jahre 1996

Auf einen engen Zusammenhang zwischen *I. typographus* und *Thanasimus* sp.-Fangzahlen weisen die positiven Korrelationen der Fänge der Kammrohrfallen-Profile und eines Schlitzfallen-Profiles in den ersten drei Wochen hin (Tab. 14, Abb. 15). Selbst die Korrelation der Jahresfänge ergibt bei zwei Kammrohr- und zwei Schlitzfallen-Profilen Korrelationskoeffizienten über 0,6, die signifikant oder fast signifikant (Wimbach, Kammrohr) sind (Tab. 15).

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass *Thanasimus* sp. offenbar in begrenztem Umfang dichteabhängig auf

die *I. typographus*-Population reagieren kann, d. h. an Standorten wo mehr Buchdrucker vorhanden sind, können sich auch mehr Ameisenbuntkäfer entwickeln.

#### 1.4 Vergleich von *Ips typographus*- und *Thanasimus* sp.-Flugaktivität in den Jahren 1996 bis 1998

Ein Vergleich der Jahresfangzahlen einzelner Fallen für *I. typographus* und *Thanasimus* sp. erbrachte signifikante Korrelationen für Kammrohrfallen in den Jahren 1996 und 1997 sowie für Schlitzfallen im Jahre 1996 (Tab. 16). Möglicherweise sind die im Vergleich zu 1996 schwachen (Kammrohrfallen 1997) bzw. fehlenden Korrelationen der Jahre 1997 und 1998 zumindest zum Teil darauf zurückzuführen, dass das Leerungsintervall im Jahre 1996 eine Woche, in den Folgejahren jedoch 2 Wochen betrug. Da Ameisenbuntkäfer aus Pheromonfallen entkommen können (s. Ergebnisse 8), hat das Leerungsintervall sicherlich Einfluss auf die Zahl gefangener Ameisenbuntkäfer. Bei einem einwöchigen Leerungsintervall unterscheidet sich die Zahl gefangener *Thanasimus* sp. vermutlich nicht so stark von der Zahl tatsächlich in die Falle gelangter Ameisenbuntkäfer wie bei einem zweiwöchigen Leerungsintervall, da die Ameisenbuntkäfer bei einem zweiwöchigen Leerungsintervall länger Zeit hatten, aus der Falle zu entkommen. Für einen Einfluss unterschiedlicher Arretierungsmöglichkeiten auf den Korrelationskoeffizienten spricht auch, dass die Schlitzfallen, aus denen die Ameisenbuntkäfer, zumindest in Laborversuchen, leichter entkommen konnten (s. Ergebnisse 8), im Jahre 1996 einen geringeren Korrelationskoeffizienten aufwiesen als die Kammrohrfallen (Tab. 16).

Es besteht also offenbar ein positiver Zusammenhang zwischen *I. typographus*- und *Thanasimus* sp.-Fang, der sich, zumindest in einzelnen Fallen-Profilen (Tab. 16, Tab. 17), in allen drei Jahren nachweisen ließ. Diese dichteabhängige Reaktion von *Thanasimus* sp. auf die *I. typographus*-Dichte wurde nicht nur beim Fallenfang, sondern auch unter der Rinde von 2 Wochen exponierten Stammstücken (Ergebnisse 17.3; Tab. 68; *I. typographus* / *Thanasimus* sp.-Larven,  $r_s=0,460^*$ ) und unter der Rinde stehend befallener Fichten nachgewiesen (Ergebnisse 18.5; Tab. 74; *I. typographus* / *Thanasimus* sp.-Larven,  $r_s=0,792^{***}$ ).

Die *I. typographus*-Fangzahlen aufeinander folgender Jahre korrelieren, ebenso wie die *Thanasimus* sp.-Zahlen aufeinander folgender Jahre, immer signifikant positiv miteinander (Tab. 17). Der Fangerfolg einer Falle scheint sich also, in Relation zu den anderen Fallen gleichen Typs, über die 3 Jahre hinweg nicht wesentlich zu verändern. Die Stärke der Korrelationen unterschied sich jedoch je nach Fallentyp. Bei *I. typographus* waren die Korrelationskoeffizienten für die Schlitzfallen deutlich höher als für die Kammrohrfallen. Vermutlich ist also der Fallentyp für die unterschiedliche Höhe der Korrelationskoeffizienten verantwortlich, zumal auch im Wimbach-Profil, wo Kammrohrfallen und Schlitzfallen in unmittelbarer Nachbarschaft stehen, ein Unterschied zwischen den Korrelationskoeffizienten beider Fallentypen

festzustellen ist (Tab. 18; Wimbach 1997 / 1998; Kammrohrfallen:  $r_s=0,609$ ; Schlitzfallen:  $r_s=0,825$ ). Schlitzfallen fangen, als Flugbarrierefallen, wohl die meisten der anfliegenden Käfer ab, Kammrohrfallen hingegen nur solche Käfer, die längere Zeit auf der Fallenoberfläche herumkrabbeln und schließlich in die Löcher kriechen (Landefallen). Kammrohrfallen fangen also sicherlich ein anderes Käfer-Kollektiv als Schlitzfallen. So ist nach BOTTERWEG (1982) beispielsweise der Weibchen-Anteil in Landefallen höher als in Flugbarrierefallen.

Im Gegensatz zu *I. typographus* sind bei *Thanasimus* sp. die Fallenfänge der Kammrohrfallen in aufeinander folgenden Jahren stärker korreliert als die Fallenfänge der Schlitzfallen (Tab. 17). Hier mögen die geringere Arretierung von *Thanasimus* sp. in Schlitzfallen und die damit einhergehenden variableren Fangzahlen für die geringeren Korrelationskoeffizienten der Schlitzfallen verantwortlich gewesen sein.

Die negative Korrelation des *T. formicarius*-Fanges im Jahre 1997 mit dem *I. typographus*-Fang des Jahres 1998 im Schüttalpel-Profil ist das einzige signifikante Ergebnis, welches einen Einfluss der Ameisenbuntkäfer-Fangzahlen auf die Buchdrucker-Fangzahlen möglich erscheinen ließe (Abb. 18). Hohe *T. formicarius*-Zahlen im Jahre 1997 hätten demnach zu verminderten *I. typographus*-Zahlen im Jahre 1998 geführt. Dass die *T. femoralis*-Larven-Dichte signifikant negativen Einfluss auf die Anzahl geschlüpfter Buchdrucker pro Muttergang nehmen kann, wurde in Laborversuchen gezeigt (Ergebnisse 10.2, Abb. 76). Möglicherweise kann ein solcher Einfluss auch lokal wirksam werden.

### 1.5 Übersicht über die *Ips typographus*- und *Thanasimus* sp.-Fänge der Jahre 1989 bis 1998

Der Flugverlauf von *I. typographus* zeigte in den Jahren 1989 bis 1998 starke Schwankungen, die vor allem durch die Kalamität in Folge der Windwürfe der Jahre 1990 und 1991 hervorgerufen wurden (Abb. 19). Nimmt man als Latenzniveau eine Menge von 50.000 bis 75.000 Buchdruckern in den Kammrohrfallen des Schapbach-Profiles an, so zeigt die Kalamität einen Verlauf, wie ihn BOMBOSCH (1954) für die Borkenkäfer-Kalamität der Jahre 1944 bis 1951 als typisch beschreibt: In verschiedenen Bezirken Südwest-Deutschlands folgte einem 3- bis 4-jährigen Anstieg des Borkenkäfer-Befalls ein 2- bis 3-jähriger Abfall. Lediglich der starke Rückgang der Fangzahlen von 1994 auf 1995 ist außergewöhnlich und vermutlich vornehmlich auf den extremen Rückgang bruttauglichen Materials zurückzuführen (Windwurf in den Revieren Au-Schapbach und Hintersee: 1994: 3800 fm, 1995: 190 fm; FREYER, pers. Mitt.). Stärkere Regenfälle im Frühjahr 1995 im Vergleich zu 1994 könnten den Rückgang ebenfalls begünstigt haben (VOGT, pers. Mitt.; s. Diskussion 1.1.1). Auch HODAPP (1954) beschreibt für die Jahre 1930 bis 1935 eine Kalamität in Baden, bei der der Befall im Jahr nach dem Höhepunkt der Kalamität ähnlich stark absank wie im Nationalpark Berchtesgaden.

Ein zahlenmäßig bedeutsames Vorkommen von *Thanasimus* sp. wurde in den Pheromonfallen erst 1995 registriert (Abb. 19). Der Verlauf der Fangzahlen von 1995 bis 1998 war gegenüber dem Verlauf der *I. typographus*-Fangzahlen um ein Jahr verschoben. In großem Maßstab können also die Ameisenbuntkäfer offenbar nur auf die Buchdrucker-Entwicklung reagieren. Allerdings ist bemerkenswert, dass die Ameisenbuntkäfer-Zahlen nicht derart stark zurückgehen wie die Buchdrucker-Zahlen. Möglicherweise können die erhöhten Ameisenbuntkäfer-Zahlen in den Jahren nach der Gradation dazu beitragen, die Buchdrucker-Zahlen weiter zu drücken bzw. auf dem Latenzniveau zu halten. Eine ähnliche verzögerte Entwicklung des Prädatoren *N. elongatum* gegenüber *P. chalcographus* konnte KOPF (2000) nachweisen.

## 2 Statistische Analyse der Fallenfänge von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp. in den Jahren 1996 bis 1998

### 2.1 *Ips typographus* - Haupteffekte

Mit dem Ende des Jahres 1998 konnte das Jahr als zusätzlicher Parameter neben dem Fallentyp, der Höhenstufe und der Region in eine Varianzanalyse einbezogen werden.

Unter den genannten Haupteffekten hatte dabei nur der Fallentyp einen signifikanten Einfluss auf die Fangzahlen (Tab. 19, Abb. 20). Schlitzfallen fingen demnach signifikant mehr Buchdrucker als Kammrohrfallen. Dies ist durch die unterschiedliche Fallenkonzeption bedingt. Die Kammrohrfallen sind Landefallen, in welche die Buchdrucker, nach dem Landen auf der Fallen-Oberfläche, aktiv hineinkriechen müssen. Die Schlitzfallen hingegen sind Flugbarrierefallen, bei denen fliegende Käfer arretiert werden, welche gegen die Fallenoberfläche prallen. Die Anzahl der Buchdrucker, die (passiv) in eine Schlitzfalle gelangen ist mit Sicherheit größer als die Anzahl der Buchdrucker, die (aktiv) in eine Kammrohrfalle krabbeln; deshalb ist die Fangzahl der Schlitzfallen höher.

Über die Jahre hinweg waren ein Rückgang von 1996 auf 1997 und dann wieder ein Anstieg im Jahre 1998 zu beobachten. Dabei bewegten sich die mittleren Fangzahlen 1996 und 1998 auf gleichem Niveau (Abb. 21).

Kaum ein Unterschied war in den mittleren Fangzahlen der drei Höhenstufen festzustellen, ein Hinweis darauf, dass das rauere Klima der Hochlagen bei geeignetem Brutraumangebot (hoher Fichtenanteil in allen Lagen) die Anzahl gefangener Buchdrucker nicht entscheidend vermindern kann (Abb. 22).

Im Vergleich der drei Regionen waren im Wimbachtal im Mittel die höchsten Buchdrucker-Fangzahlen registriert worden (Abb. 23). Der Unterschied zur Klausbach-Region war größer als der Unterschied zwischen Klausbach- und Schapbach-Region, welche die geringsten Fang-

zahlen zu verzeichnen hatte. Die hohen Fangzahlen in der Region Wimbach sind dabei vor allem durch den im Vergleich zu den anderen Regionen erhöhten Anteil an Schlitzfallen bedingt (Wimbach: 52 %, Schapbach: 37 %, Klausbach: 23 %).

## 2.2 *Ips typographus* – Wechselwirkungen

Die mittleren *I. typographus*-Fangzahlen von Kammrohrfallen und Schlitzfallen unterschieden sich über die drei Jahre 1996, 1997 und 1998 hinweg nicht nur hinsichtlich ihrer Höhe, sondern auch hinsichtlich ihrer zeitlichen Entwicklung (Tab. 20). In den Kammrohrfallen war der höchste mittlere Jahresfang 1996 festgestellt worden (4716 Buchdrucker/Falle). 1997 ging der Fang dann auf 2817 Buchdrucker/Falle zurück und stieg 1998 wieder auf 3383 Buchdrucker/Falle. In den Schlitzfallen dagegen stieg die Zahl von Jahr zu Jahr an. 1996 fanden sich in diesen Fallen durchschnittlich 4596, 1997 7913 und 1998 9731 Buchdrucker/Falle. Diese unterschiedlichen Fangergebnisse für Kammrohr- und Schlitzfallen wurden in ähnlicher Weise beim Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone festgestellt (s. Ergebnisse 5.2). Ein Grund hierfür liegt vermutlich in der unterschiedlichen Fallenzonierung begründet (s. Diskussion 5.2).

Betrachtet man die Fangzahlen für die Wechselwirkungen der Höhenstufen mit den Regionen, so fällt mit einer durchschnittlichen Fangzahl von über 11.000 Buchdruckern/Falle besonders die Hochlage der Wimbach-Region auf (Tab. 21). Dieser Mittelwert setzt sich aus den Fangzahlen von zwei Schlitzfallen und einer Kammrohrfalle zusammen. Obwohl das Schlitzfallen/Kammrohrfallen-Verhältnis (2:1) natürlich den Mittelwert der Fangzahlen gegenüber den anderen Höhenstufen erhöht, ist es nicht ausschlaggebend für diesen besonders hohen Wert. Auch die Kammrohrfalle weist nämlich gegenüber den tiefer liegenden Fallen in der Wimbach-Region eine hohe Fangleistung auf. Vermutlich ist diese außergewöhnliche Fangleistung auf die Lage der Fallen zurückzuführen. Sie stehen nämlich nicht in einem mehr oder weniger zusammenhängenden Waldgebiet, sondern auf durch das Wimbachgries etwas abgegrenzten Waldparzellen, die gleichzeitig an der oberen Verbreitungsgrenze der Fichten im Wimbachtal liegen. Aufgrund des mangelnden natürlichen Brutraum-Angebotes ist deshalb möglicherweise die Attraktivität und damit die Fangleistung der Fallen besonders hoch.

Die dreifache Wechselwirkung zwischen Fallentyp, Region und Höhenstufe verdeutlicht erneut, dass sich die Entwicklungen der Fangzahlen bei Kammrohr- und Schlitzfallen nicht unbedingt gleichen (Tab. 22). Lediglich in der Region Wimbach steigen sie in beiden Fallenprofilen von der Tief- über die Mittel- zur Hochlage an. Dies liegt daran, dass hier Kammrohr- und Schlitzfallen immer kombiniert und in nicht allzu großem Abstand voneinander stehen (Entfernung ca. 50 m). Deshalb gleichen sich hier auch die Kammrohrfallen- und Schlitzfallen-Zahlen stärker als in den anderen Profilen, wo zum Teil nur eine oder zwei Schlitzfallen pro Höhenstufe

standen. Dass bei geringen Schlitzfallen-Zahlen pro Höhenstufe Standort-Faktoren einen größeren Einfluss auf die Fangzahlen ausüben, ist zwangsläufig. Zumindest lässt sich aber für die Klausbach- und Schapbach-Region bei beiden Fallentypen feststellen, dass die mittleren Fangzahlen der Tieflage immer höher waren als die der Hochlage. Dies wird möglicherweise durch die höheren Temperaturen in der Tieflage hervorgerufen, welche die Flugbedingungen für die Buchdrucker im Vergleich zur Hochlage verbessern. Ein möglicher Grund für den gegenläufigen Trend im Wimbachtal wurde oben bereits diskutiert.

## 2.3 *Thanasimus* sp. – Haupteffekte

Im Gegensatz zu *I. typographus* nahm nicht nur der Fallentyp, sondern auch die Höhenstufe und die Region signifikanten Einfluss auf die Fangzahlen von *Thanasimus* sp. (Tab. 23). Kammrohrfallen fingen, bedingt durch die höhere Attraktivität und die eingeschränkte Fluchtmöglichkeit, mehr Ameisenbuntkäfer als Schlitzfallen (Abb. 24). Dies wird in Diskussion 8 ausführlich behandelt.

Innerhalb der Höhenstufen war ein Rückgang der durchschnittlichen Fangzahlen von der Tief- über die Mittel- zur Hochlage festzustellen, wobei der Unterschied zwischen Tief- und Hochlage signifikant war (Abb. 26). Ein Grund hierfür könnte die gegenüber dem Buchdrucker geringere ökologische Valenz der Ameisenbuntkäfer sein, d. h. die Ameisenbuntkäfer reagieren eventuell empfindlicher auf das rauere Klima der Hochlagen als die Buchdrucker und sind deshalb nicht so häufig wie in der Tieflage (s. Diskussion 7.2).

Ein Vergleich der drei Nationalpark-Regionen erbrachte die höchste mittlere Fangrate für Klausbach, gefolgt von Schapbach und Wimbach (Abb. 27). Dabei waren die Fangergebnisse im Wimbachtal signifikant niedriger als die der anderen zwei Regionen. Dies dürfte auf den erhöhten Schlitzfallen-Anteil im Wimbachtal zurückzuführen sein (s. Diskussion 2.1).

Im Gegensatz zu den *I. typographus*-Fangzahlen zeigten die *Thanasimus* sp.-Fangzahlen einen kontinuierlichen Rückgang von 1996 bis 1998. Dies könnte mit der verzögerten Reaktion der Ameisenbuntkäfer auf die Buchdrucker-Entwicklung zusammenhängen (s. Diskussion 1.5). Demnach würde man 1999 wieder einen Anstieg der Ameisenbuntkäfer-Zahlen erwarten, und dies war tatsächlich der Fall (FREYER, pers. Mitt.).

## 2.4 *Thanasimus* sp. – Wechselwirkungen

Die Regionen Schapbach und Klausbach wiesen bezüglich der Meereshöhe die gleiche Entwicklung der Fangzahlen auf, wie sie bei der Betrachtung des Haupteffektes Höhenstufe festgestellt wurde, nämlich eine Verminderung mit zunehmender Meereshöhe (Tab. 24). Wie oben bereits vermutet, dürfte dieser Rückgang klimabedingt sein. Auch in der Wimbach-Region wies die Hochlage die geringsten mittleren Fangzahlen auf. In der Mittellage fanden sich hingegen doppelt so viele

Ameisenbuntkäfer in den Fallen wie in der Tieflage. Vier der acht Tieflagen-Fallen stehen jedoch auf dem Talboden des Wimbachtales im Bereich des Wimbachgrieses und nicht in größeren Fichtenwald-Komplexen wie ein Großteil der Mittellagen-Fallen. Die klimatischen Bedingungen und der freie Stand sind eventuell für die extrem geringen Ameisenbuntkäfer-Fangzahlen der vier Fallen verantwortlich, wodurch der Mittelwert für die Tieflagen-Fallen stark abgesenkt wird.

Gleiches gilt natürlich auch bei der Betrachtung der dreifachen Wechselwirkung von Region, Höhenstufe und Fallentyp (Tab. 25). Die Entwicklung der Fangzahlen der Kammrohrfallen entspricht im Prinzip der oben für die zweifache Wechselwirkung Region-Höhenstufe beschriebenen Entwicklung. Eine Interpretation der Schlitzfallen-Fänge ist hingegen aufgrund der zum Teil geringen Fang- und Fallen-Zahlen problematisch. Interessant ist hier lediglich, dass bei geringen Ameisenbuntkäfer-Zahlen Schlitzfallen auch einmal mehr Ameisenbuntkäfer fangen können als Kammrohrfallen (Hochlagen von Wimbach- und Klausbach-Region).

### 3 Anteil verschiedener Beifang-Gruppen am Fallenfang im Jahre 1996

#### 3.1 Allgemeine Übersicht

Die Beifang-Mengen in Pheroprax®-beköderten Fallen des Nationalparks Berchtesgaden waren mit 0,6 % bis 4,5 % relativ niedrig (Tab. 26). Im Nationalpark Bayerischer Wald lagen sie 1990 bei den Kammrohrfallen auf ähnlichem Niveau [0,5 % bis 2,5 %; KÖHLER et al. (unveröffentlicht)]. NICOLAI et al. (1992) geben hingegen für Kammrohrfallen 9,7 % und 16,7 % für 1988 bzw. 1989 an. HELLRIGL & SCHWENKE (1985) ermittelten in weißen Schlitzfallen mit 11,4 % ebenfalls eine sehr hohe Beifangrate. Diese Unterschiede beruhen vermutlich vornehmlich auf den höheren Zahlen an gefangenen *I. typographus* in den beiden Nationalparks, die durch vorangegangene Borkenkäfer-Massenvermehrungen hervorgerufen wurden.

Der Ameisenbuntkäfer-Anteil am Fallenfang war bei den Kammrohrfallen relativ hoch (1-1,5 %; Tab. 26). In der Literatur finden sich Werte von höchstens 1 % (SCHLYTER & LUNGGREN 1993, WESLIEN 1994). Andere Angaben für Kammrohrfallen weisen mit 0,1 % (Weslien 1994), maximal 0,31 % (KÖHLER et al. unveröffentlicht) bzw. maximal 0,22 % (NICOLAI et al. 1992) deutlich niedrigere Anteile aus. Aber auch bei den Schlitzfallen zeigt sich der gegenüber anderen Gebieten hohe Ameisenbuntkäfer-Fangerfolg im Nationalpark Berchtesgaden. Waren im Nationalpark 0,1 % bis 0,3 % des Schlitzfallen-Fanges Ameisenbuntkäfer, so verzeichneten HELLRIGL & SCHWENKE (1985) lediglich 0,02 % und RAUHUT et al. (1993) 0,03 % Ameisenbuntkäfer-Anteil in Schlitzfallen.

Der Anteil des Käferbeifanges ohne *Thanasimus* sp. war im Nationalpark Berchtesgaden mit maximal 0,6 % (Tab. 26) für die Kammrohrfallen ähnlich hoch wie im

Nationalpark Bayerischer Wald, wo er an drei Standorten 0,1 %, 0,2 % bzw. 1,0 % betrug (KÖHLER et al. unveröffentlicht). NICOLAI et al. (1992) geben jedoch wesentlich höhere Anteile für Kammrohrfallen an (um 5 %). Der Anteil des Käferbeifanges ohne *Thanasimus* sp. bei den Schlitzfallen war mit maximal 3,4 % deutlich niedriger als der von HELLRIGL & SCHWENKE (1985) ermittelte Wert von 10 %. Die im Vergleich zu den beiden Nationalparks höheren Anteile bei NICOLAI et al. (1992) könnten u. a. durch die geringere Höhenlage bedingt sein (300 m üNN). In der Studie von HELLRIGL & SCHWENKE (1985) könnte die weiße Fallenfarbe zu einer Erhöhung der Coelopteren-Beifänge beigetragen haben.

Bei den „sonstigen Beifängen“ fällt im Vergleich zu anderen Untersuchungen der extrem hohe Anteil an Ameisen auf, und zwar sowohl in Kammrohr- wie in Schlitzfallen (Tab. 27). Lagen die Anteile im Nationalpark Berchtesgaden bei Kammrohrfallen über 40 % und bei Schlitzfallen über 9 %, so stellten KÖHLER et al. (unveröffentlicht) und NICOLAI et al. (1992) nicht mehr als 10 % in Kammrohrfallen und HELLRIGL & SCHWENKE (1985) nicht mehr als 1 % in Schlitzfallen fest. Lediglich SELLENSCHLO (1986) kam bei Schlitzfallen-Fängen mit 19,5 % zu ähnlich hohen Ameisen-Anteilen. Übereinstimmend stellten KÖHLER et al. (unveröffentlicht) und NICOLAI et al. (1992) jedoch relativ hohe Dipteren-Anteile fest (40-50 % des sonstigen Beifangs). Im Nationalpark Berchtesgaden stellte diese Gruppe hingegen maximal 3 % des sonstigen Beifangs der Kammrohrfallen.

#### 3.2 Coleopteren-Beifänge in Schlitzfallen

Die Coleopteren-Beifänge in 8 Schlitzfallen des Schapbach-Profiles bestanden aus mindestens 73 Arten, die 33 Familien zugerechnet werden konnten (Abb. 28, Abb. 29; Anhang Tab. 83, Tab. 84). Damit scheint der Beifang zumindest ähnlich artenreich zu sein wie in anderen Studien. So bestimmten HELLRIGL & SCHWENKE (1985) 84 Arten aus 24 Familien (30 Fallen, Fangzeitraum: ca. 2 Wochen), RAUHUT et al. (1993) zwischen 47 und 104 Arten aus 22 bis 35 Familien (12 Fallen, Fangzeitraum: jeweils 1 Jahr) und POHL-APEL & RENNER (1987) 286 Arten aus 47 Familien (80 Fallen, Fangzeitraum: 1 Jahr).

##### 3.2.1 Borkenkäfer

Die Analyse des Coleopteren-Beifanges von Schlitzfallen zeigte eine deutliche Dominanz des Kupferstechers (*Pityogenes chalcographus*, Abb. 28). Die Art stellte 78 % des gesamten Coleopteren-Beifanges. Diese hohen Fangzahlen bestätigen die Lockwirkung der Buchdrucker-Pheromon-Komponenten (S)-cis-Verbenol und 2-Methyl-3-buten-2-ol auf den Kupferstecher (KLIMETZEK & VITÉ 1989, ZUBER 1994). WEGENSTEINER & FÜHRER (1991) sowie POHL-APEL & RENNER (1987) ermittelten in mit Pheroprax® beköderten Schlitzfallen ebenfalls sehr hohe Kupferstecher-Anteile am Coleopteren-Beifang von 70 % bis 90 %. Auch HELLRIGL & SCHWENKE (1985) geben an, dass *P. chalcographus* und *P. bistridentatus* Eichh. unter den in weißen Schlitz-

fallen gefangenen Käfern „weitaus am zahlreichsten“ waren.

Neben dem Kupferstecher finden sich weitere 7 Borkenkäfer-Arten in den Fallen des Nationalparks Berchtesgaden (*Hylastes cunicularius* Er., *Hylastes angustatus* Hbst., *Hylurgops palliatus* Gyll., *Hylastinus obscurus* Marsh., *Crypturgus pusillus* Gyll., *Dryocoetes autographus* Ratz., *Pityophthorus pityographus* Ratz.; Anhang Tab. 83). Eine gewisse Lockwirkung der Pheroprax®-Inhaltsstoffe auf diese Arten ist denkbar. So ist beispielsweise eine Attraktivität von Kupferstecher-Lockstoffen für *Polygraphus poligraphus* und *Pityophthorus pityographus* nachgewiesen (ZUBER 1994).

Unter den 7 Arten waren *H. cunicularius* und *D. autographus* am häufigsten vertreten, obwohl der Pheroprax®-Inhaltsstoff (S)-cis-Verbenol repellente Wirkung auf *D. autographus* ausübt (KLIMETZEK & VITÉ 1989). Diese Arten waren in Pheroprax®-Fallen auch bei RAUHUT et al. (1993) und POHL-APEL & RENNER (1987) nach *I. typographus*, *P. chalcographus* und *Xyloterus lineatus* die häufigsten. Warum allerdings *X. lineatus* im Nationalpark Berchtesgaden überhaupt nicht in den Fallen auftrat, bleibt unklar, zumal die Art auch von HELLRIGL & SCHWENKE (1985) und SELLENSCHLO (1986) in Pheromonfallen sowie im Nationalpark Berchtesgaden in Stammstücken nachgewiesen wurde (s. Ergebnisse 17).

### 3.2.2 Antagonisten

Die hohen Fangzahlen von Ameisenbuntkäfern (*T. femoralis*, *T. formicarius*) im Nationalpark Berchtesgaden bedingen die relativ hohen Anteile der Borkenkäfer-Antagonisten am Schlitzfallen-Fang. So stellten die Antagonisten 0,23 % des gesamten Coleopteren-Fanges (incl. *I. typographus*), 7,34 % des Coleopteren-Beifanges und 31,98 % des Coleopteren-Beifanges ohne Scolytidae (Abb. 30). POHL-APEL & RENNER (1987) ermittelten vergleichbare Werte von 0,74 %, 5,26 % bzw. 17,51 %. Anstelle der Ameisenbuntkäfer dominierten hier *Nemosoma elongatum* L. (Ostomidae) und *Rhinosimus planirostris* F. (Pythidae), die jeweils 25 % der Individuen stellten. Aus drei anderen Studien konnten nur die Werte für die Anteile der Antagonisten am Coleopteren-Beifang ohne Scolytidae errechnet werden. Waren hierfür die Werte im Nationalpark Berchtesgaden und bei POHL-APEL & RENNER (1987) mit 31,98 % bzw. 17,51 % vergleichsweise hoch, so lagen sie bei SELLENSCHLO (1986), RAUHUT et al. (1993) und HELLRIGL & SCHWENKE (1985) mit 6,75 %, 5,97 % und 5,18 % deutlich niedriger. Der Antagonisten-Anteil am Coleopteren-Beifang war also im Nationalpark Berchtesgaden erheblich, und das würde selbst dann gelten, wenn man die Ameisenbuntkäfer unberücksichtigt ließe (8,67 % Antagonisten-Anteil am „Coleopteren-Beifang o. Scolytidae und *Thanasimus* sp.“).

Das Auftreten von Antagonisten in Borkenkäfer-Pheromonfallen ist zum Teil sicherlich auf den Kairomon-Effekt der Buchdrucker-Lockstoffe zurückzuführen. Kairomone sind interspezifisch wirkende Pheromone, die einen Nutzen für den Empfänger bieten (WOOD

1982). Empfänger können auf der einen Seite Räuber und Parasitoide sein, die mit Hilfe der Kairomone zu ihrer Beute bzw. ihrem Wirt (*I. typographus*) gelangen, auf der anderen Seite aber auch solche Arthropoden, die mit dem Buchdrucker vergesellschaftet sind, z. B. andere Borkenkäfer oder Insekten, die vom Detritus in den Buchdrucker-Gängen leben.

Bei den antagonistischen Käfern ist der kairomonale Effekt von Pheroprax für die beiden *Thanasimus*-Arten sicher nachgewiesen (BAKKE & KVAMME 1981, TOMMERAS & MUSTAPARTA 1985). *T. formicarius* wird dabei vor allem von Ipsdienol und Ipsenol angezogen, *T. femoralis* von (S)-cis-Verbenol (BAKKE & KVAMME 1981, s. Diskussion 4.2.2). Zahlreiche Publikationen weisen Ameisenbuntkäfer als regelmäßigen Beifang in Pheroprax®-Fallen aus (ZUMR 1983, 1986, HELLRIGL & SCHWENKE 1985, SELLENSCHLO 1986, POHL-APEL & RENNER 1987, NICOLAI et al. 1992, RAUHUT et al. 1993, KOLBE 1997).

Für den Jagdkäfer *Nemosoma elongatum* ist Chalcogran, das Pheromon des Hauptbeutetieres *P. chalcographus*, als Kairomon nachgewiesen (ZUBER 1994). Aber auch Pheroprax® scheint eine deutliche Lockwirkung auf den Jagdkäfer auszuüben (ZUMR 1983, 1986, HELLRIGL & SCHWENKE 1985, SELLENSCHLO 1986, POHL-APEL & RENNER 1987, NICOLAI et al. 1992, RAUHUT et al. 1993, KOLBE 1997).

Unter den Staphylinidae wurde *Nudobius lentus* in mehreren Untersuchungen und in zum Teil höheren Dichten festgestellt (ZUMR 1983, 1986, POHL-APEL & RENNER 1987, MOSBACHER 1987). Deshalb halten RAUHUT et al. (1993) bei dieser ansonsten eher seltenen Art einen kairomonalen Effekt für wahrscheinlich. Im Nationalpark Berchtesgaden war *N. lentus* in 8 Schlitzfallen allerdings nur mit einem Individuum vertreten.

Sowohl *Thanasimus* sp. als auch *N. lentus* können als obligatorische Borkenkäfer-Prädatoren eingestuft werden (ZUMR 1986). Dies wird auch dadurch deutlich, dass *Thanasimus* sp. und *N. lentus* in allen Studien nachgewiesen wurden, die in Tab. 79 aufgeführt sind.

Die übrigen räuberischen Coleopteren-Arten sind demnach fakultative Borkenkäfer-Prädatoren. Für diese räuberischen Käferarten, die regelmäßig in Buchdrucker-Pheromonfallen nachgewiesen werden, ist eine Kairomon-Wirkung möglich, aber bislang noch nicht belegt. Ein Vergleich der räuberischen Käferfauna in verschiedenen Untersuchungsgebieten wird in Tab. 79 vorgenommen (zur Ökologie der einzelnen Arten s. Tab. 84).

Von den 16 Arten aus 8 Käferfamilien im Nationalpark Berchtesgaden wurden 11 auch in mindestens einer anderen Studie nachgewiesen. Die 5 nur im Nationalpark Berchtesgaden gefundenen Arten sind bis auf *Dasytes niger* alle montan bis subalpin (*Quedius plagiatus*, *Q. ochropterus*, *Dendrophagus crenatus*) bzw. alpin (*Lebia cruxminor*) verbreitet (Anhang Tab. 84), weshalb es nicht verwundert, dass sie bei den anderen Studien fehlen (SELLENSCHLO: Lüneburger Heide; RAUHUT et al.: Landkreis Hannover, 40 m üNN; POHL-APEL & REN-

NER: Teutoburger Wald; KOLBE: Wuppertal; ZUMR: ?). Lediglich die Arbeit von HELLRIGL & SCHWENKE wurde in ähnlichen Höhen durchgeführt (Südtirol: 1000–1600 m üNN); die dabei nachgewiesenen zwei *Quedius*-Arten wurden jedoch nicht genauer determiniert. *Dasytes*-Arten wurden auch von SELLENSCHLO, RAUHUT et al., POHL-APEL & RENNER sowie HELLRIGL & SCHWENKE gefunden, die die Arten aber nicht als mögliche Borkenkäfer-Prädatoren einstufen.

Unter den Borkenkäfer-Prädatoren finden sich drei Arten, die nach der Roten Liste Deutschlands als gefährdet (Gefährdungskategorie 3) gelten, nämlich *Lebia cruxminor*, *Quedius plagiatus* und *T. femoralis*; *Dendrophagus crenatus* wird sogar als stark gefährdet (Kategorie 2) eingestuft (GEISER 1998; Anhang Tab. 84). In der Bayerischen Roten Liste werden nur *Lebia cruxminor* und *T. femoralis* als gefährdet (Kategorie 3) geführt (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDES-ENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN 1993). Ein nennenswerter Verlust an Individuen durch den Pheromonfallen-Fang könnte nur für *T. femoralis* angenommen werden. Im Nationalpark Berchtesgaden wird dieses Problem jedoch dadurch entschärft, dass lebende Ameisenbuntkäfer bei den Leerungen wieder freigelassen werden (PFNÜR, pers. Mitt.).

### 3.2.3 Sonstige Coleoptera

Neben Borkenkäfern und Antagonisten können durch Pheromonfallen auch andere Käfergruppen angelockt werden. So kann der Aasgeruch, der durch tote und in Verwesung übergehende Borkenkäfer hervorgerufen wird, necro- oder coprophile Arten anziehen (HELLRIGL & SCHWENKE 1985, SELLENSCHLO 1986, POHL-APEL & RENNER 1987, RAUHUT et al. 1993, KOLBE 1997). Zu dieser Käfergruppe gehören *Sphaeridium scarabaeoides* L. (Hydrophilidae), *Sphaerites glabratus* F. (Sphaeritidae), *Necrophorus* F. (Silphidae), Arten der Catopidae, *Staphylinus caesareus* Ced., *Lordithon lunu-*

*latus* L., *Tachinus elongatus* Gyll., *Geotrupes* Latr., *Onthophagus* Latr. und *Aphodius* Ill. (Scarabaeidae) [s. Anhang Tab. 84]. Nach SELLENSCHLO (1986) werden durch den Verwesungsgeruch aber auch Käfer angelockt, die an faulenden Pflanzenstoffen, verpilztem Material und Pilzen leben. Hierzu rechnet er beispielsweise Gattungen der Liodidae, Elateridae und Cisidae sowie die Gattungen *Philonthus* (Staphylinidae) und *Cryptophagus* (Cryptophagidae). Ein derartiger Lockereffekt wird jedoch von keinem der anderen oben genannten Autoren erwähnt.

Ein erhöhter Beifang von Wasserkäfern (BUSSLER 1986), denen die schwarze Falle eine Wasseroberfläche vortäuschen soll, könnte auch im Nationalpark Berchtesgaden vorliegen (20 Hydrophilidae). Demgegenüber erwähnen RAUHUT et al. (1993) und KRETSCHMER (1991), dass ein solcher Effekt aufgrund neuerer Studien auszuschließen sei. Auch von den übrigen Autoren beobachtete keiner einen deutlich erhöhten Fang an Wasserkäfern.

Auch für Arten aus der Familie Curculionidae, für die NICOLAI (1989) eine Anlockung durch Pheromonfallen postuliert, wurde weder im Nationalpark Berchtesgaden, noch in einer der erwähnten Arbeiten ein erhöhter Fangerfolg festgestellt. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass NICOLAI (1989) Kammrohrfallen verwendete, die möglicherweise vor allem aufgrund ihrer stamm-imitierenden Silhouette attraktiv waren.

Insgesamt stellen die Coleopteren, die nicht zur Familie der Scolytidae oder den Antagonisten gerechnet werden können, mindestens 48 Arten aus 27 Familien (Anhang Tab. 83). Dieser Beifang besteht nach Angaben von POHL-APEL & RENNER (1987) v. a. aus flugaktiven Arten und ähnelt einem Autokescher-Fang. Dasselbe ist für den Nationalpark Berchtesgaden zu erwarten, denn bis auf Sphaeritidae (1 Art), Silphidae (1 Art), Lampyridae (1 Art) und Lucanidae (1 Art), finden sich alle Familien auch bei POHL-APEL & RENNER (1987). Familien, die

Tab. 79: Borkenkäfer-Prädatoren in Pheromonfallen mit Pheroprax®-Beköderung; Vergleich verschiedener Studien. Abkürzungen: X = Nachweis der Art in der betreffenden Studie; SP = Gattung *Quedius* nachgewiesen; PLC = Nachweis nur in Fallen mit Phero-, Lino- und Chalcoprax®; Lit. = Literatur, mit deren Hilfe die Arten als Prädatoren identifiziert wurden; NP = Nationalpark Berchtesgaden; Zu = ZUMR (1986); Sel = SELLENSCHLO (1986); H+S = HELLRIGL & SCHWENKE (1985); P+R = POHL-APEL & RENNER (1987); Kolbe = KOLBE (1997), Einstufung nach schriftlicher Mitteilung durch K. RENNER 1995; Rauh = RAUHUT et al. (1993); Koch = KOCH (1989, 1989, 1992); N-W = NIERHAUS-WUNDERWALD (1994).

Art	Familie	Lit.	NP	Zu	Sel	H+S	P+R	Kolbe	Rauh
<i>Lebia cruxminor</i> L.	Carabidae	Koch	X						
<i>Nudobius lentus</i> Grav.	Staphylinidae	N-W	X	X			X	X	X
<i>Atrecus (Baptolinus) affinis</i> Payk.	Staphylinidae	P+R	X				X	X	
<i>Quedius xanthopus</i> Er.	Staphylinidae	Kolbe	X			SP		X	
<i>Quedius plagiatus</i> Mannh.	Staphylinidae	N-W	X			SP			
<i>Quedius ochropterus</i> Er.	Staphylinidae	N-W	X			SP			
<i>Dasytes niger</i> L.	Melyridae	Koch	X						
<i>Thanasimus formicarius</i> L.	Cleridae	N-W	X	X	X	X	X	X	PLC
<i>Thanasimus pectoralis</i> Fuss. (= <i>T. femoralis</i> Zett.)	Cleridae	N-W	X			X			X
<i>Nemosoma elongatum</i> L.	Ostomidae	N-W	X	X	X	X	X	X	X
<i>Epuraea rufomarginata</i> Steph.	Nitidulidae	Zu	X	X					
<i>Epuraea</i> Er.	Nitidulidae	N-W	X		X	X	X	X	X
<i>Glisochrilus quadriguttatus</i> F.	Nitidulidae	Kolbe	X					X	
<i>Rhizophagus ferrugineus</i> Payk.	Rhizophagidae	N-W	X	X			X	X	
<i>Rhizophagus bipustulatus</i> F.	Rhizophagidae	P+R	X				X	X	
<i>Dendrophagus crenatus</i> Payk.	Cucujidae	Koch	X						

sich im Nationalpark Berchtesgaden, nicht aber bei RAUHUT et al. (1993) finden, sind Sphaeritidae (1 Art), Lampyridae (1 Art), Lucanidae (1 Art), Lycidae (1 Art), Buprestidae (2 Arten), Cucujidae (1 Art), Ptinidae (1 Art) und Serropalpidae. Von den bestimmten 26 Arten finden sich 8 (8), von den bestimmten 29 Gattungen 19 (18) auch bei POHL-APEL & RENNER (1987) bzw. bei RAUHUT et al. (1993).

#### 4 Bestimmung von Ameisenbuntkäfer-Fängen

##### 4.1 Art- und Geschlechtsbestimmung bei *Thanasimus* sp.-Fängen des Jahres 1996

*T. femoralis* stellte 1996 im Nationalpark Berchtesgaden 95 % des Ameisenbuntkäfer-Fanges in Pheromonfallen. Dieser Befund erscheint außergewöhnlich und wird später ausführlich diskutiert (s. Diskussion 4.2.2).

Die Anteile der Männchen am *Thanasimus* sp.-Fang waren sowohl bei *T. femoralis* als auch bei *T. formicarius* in den Schlitzfallen höher (Abb. 32). Der Anteil am Jahresfang betrug bei *T. femoralis* (Kammrohr, Schlitz) sowie bei *T. formicarius* (Schlitz) ca. 60 %. Nur bei *T. formicarius* (Kammrohr) war er mit 42 % deutlich geringer. Der höhere Männchen-Anteil in Schlitzfallen könnte dadurch erklärt werden, dass die Schlitzfalle als Flugbarriere-Falle konzipiert ist, Männchen und Weibchen also in gleichem Maße abfängt. Das Verhältnis von 1,2 Männchen zu einem Weibchen entspräche folglich in etwa dem tatsächlichen Verhältnis anfliegender Ameisenbuntkäfer. Bei Kammrohrfallen müssen die angeflogenen Tiere die Löcher in den Fallen passieren, um gefangen zu werden. Weibchen könnten hier deshalb häufiger gefangen werden, weil sie nach der Begattung Eiablageplätze aufsuchen müssen. Diese sollten möglichst nahe an Einbohrlöchern von *I. typographus* liegen um den geschlüpften Larven längeres Suchen zu ersparen. Deshalb versuchen die Weibchen möglicherweise, möglichst nahe an die Pheromonquelle heranzukommen und krabbeln deshalb in größerer Zahl durch die Löcher.

Das Geschlechterverhältnis von 1,2 Männchen zu 1 Weibchen bei Schlitzfallen lag zwischen den von HEIDGER (1994) ermittelten Verhältnissen von 1:1 bei 10/20°C Wechseltemperatur bzw. 2:1 bei 15/25°C Wechseltemperatur in Zuchtversuchen für *T. formicarius*. Es ist zu vermuten, dass sich die Entwicklungsbedingungen im Freiland in diesem Temperaturbereich bewegen, was dafür spricht, dass die in den Fallen gefundenen Geschlechter-Verhältnisse den tatsächlichen nahe kommen.

##### 4.2 Prozentuale Anteile von Ameisenbuntkäfern am Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998

###### 4.2.1 Prozentualer Anteil von *Thanasimus* sp. am Fallenfang

Der Anteil der Ameisenbuntkäfer am Fallenfang war, zumindest bei den Kammrohrfallen, in allen Regionen und

Jahren sehr hoch (Abb. 33). Während die Prozentzahlen im Nationalpark Berchtesgaden kontinuierlich über 1 % lagen, fanden SCHLYTER & LUNDGREN (1993) und WESLIEN (1994) einen Ameisenbuntkäfer-Anteil von maximal 1 %. Laut WESLIEN (1994) trat dieser hohe Prozentsatz von 1 % jedoch nur in Kalamitäts-Gebieten auf, wohingegen in Regionen ohne größeren Befall lediglich ein Ameisenbuntkäfer-Anteil von 0,1 % zu verzeichnen war. Andere Autoren geben überhaupt deutlich niedrigere Prozentzahlen an [maximal 0,31 %, KÖHLER et al. (unveröffentlicht); maximal 0,22 %, NICOLAI et al. (1992)]. Im Nationalpark Berchtesgaden scheint also ein besonders hoher Ameisenbuntkäfer-Bestand vorhanden zu sein. Trotz des gegenüber den Kalamitäts-Jahren 1993 bis 1995 verminderten Borkenkäferbefalls, konnte dieser Bestand sich auch über die Jahre hinweg mehr oder weniger aufrecht erhalten (s. Abb. 25).

Bei einem Ameisenbuntkäfer-Anteil von ca. 1 % in den Kammrohrfallen hätten sich die gefangenen Ameisenbuntkäfer 100 Tage von den mitgefangenen Buchdruckern ernähren können (*T. femoralis*-Individuen fraßen etwa 1 Buchdrucker/Tag; s. Ergebnisse 11.1). Da Ameisenbuntkäfer eine Lebensdauer von etwa 100 bis 300 Tagen haben (HEIDGER 1994), hätten die Ameisenbuntkäfer im Freiland vermutlich viel mehr Buchdrucker vertilgt als in den Kammrohrfallen gefangen wurden. Der Kammrohrfallen-Fang würde also die Ameisenbuntkäfer-Population stärker beeinträchtigen als die Buchdrucker-Population.

Der Anteil der Ameisenbuntkäfer am Schlitzfallen-Fang schien über die Jahre hinweg zurückzugehen, da in den drei Regionen Klausbach, Schapbach und Wimbach im Jahre 1996 der mit Abstand höchste Ameisenbuntkäfer-Anteil zu verzeichnen war (Abb. 34). Dies ist aber vermutlich vor allem durch die wöchentliche Leerung im Jahre 1996 bedingt, wogegen 1997 und 1998 nur jede zweite Woche geleert wurde. Ein Entkommen der Ameisenbuntkäfer aus den Fallen war also in diesen zwei Jahren in größerem Umfang möglich als 1996.

Im Vergleich der Regionen wies die Wimbach-Region bei den Schlitzfallen besonders niedrige Prozentsätze, bei den Kammrohrfallen hingegen besonders hohe Prozentsätze auf. Dies könnte darin begründet liegen, dass in dieser Region Kammrohr- und Schlitzfallen gepaart und in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander standen, wogegen in den anderen Regionen die Schlitzfallen in deutlichem Abstand von den Kammrohrfallen aufgestellt waren. Die vergleichsweise höhere Attraktivität der Kammrohrfallen könnte somit in der Wimbach-Region den Anflug an die benachbarten Schlitzfallen vermindert haben.

###### 4.2.2 Prozentualer Anteil von *T. femoralis* am *Thanasimus* sp.-Fallenfang

Die hohen Ameisenbuntkäfer-Zahlen in den Pheromonfallen werden vor allem von Individuen der Art *T. femoralis* hervorgerufen (Abb. 35, Abb. 36). Wie die prozentualen Anteile von *T. femoralis* zeigen, war diese Art nie mit

weniger als 91,5 % am Ameisenbuntkäfer-Fang beteiligt. Für diese Art ist außerdem bei beiden Fallentypen und in allen Regionen in den Jahren 1997 und 1998 ein starker Anstieg der Prozentzahlen gegenüber 1996 festzustellen. In den Schlitzfallen waren in den Jahren 1997 und 1998 zum Teil sogar ausschließlich *T. femoralis* gefangen worden (Abb. 36). Möglicherweise ist *T. formicarius* stärker mit den Buchdruckern vergesellschaftet als *T. femoralis* und der Zusammenbruch der Buchdrucker-Kalamität hat somit auch zu einem Rückgang von *T. formicarius* beigetragen (s. Diskussion 17 und 18). Der extrem hohe *T. femoralis*-Anteil ist außergewöhnlich und unerwartet, zumal *T. femoralis* eine Rote Liste-Art ist (RL Deutschland: Kategorie 3; GEISER 1998). Bei 1998 gesammelten Ameisenbuntkäfern aus dem Nationalpark Bayerischer Wald betrug der *T. femoralis*-Anteil 70 % (68 von 93 Tieren, s. Tab. 11) und war damit höher als bei KÖHLER et al. (unveröffentlicht) im gleichen Gebiet (51 %). Trotzdem liegen auch diese Werte noch höher als im Tiefland (vgl. RAUHUT et al. 1993 und HEIDGER 1994 mit Anteilen von weniger als 20 %). Die erhöhten *T. femoralis*-Anteile in den Nationalparks sind möglicherweise typisch für Gebirgs-Habitats. Darauf deuten auch die Angaben von KOCH (1989, 1989, 1992) und KAHLEN (1997) sowie der deutsche Name „Berg-Ameisenbuntkäfer“ (GEISER 1998) für *T. pectoralis* (= *T. femoralis*) hin. Im Nationalpark Berchtesgaden selbst konnte aber keine deutliche Bevorzugung der höheren Lagen (1000 m - 1400 m üNN) durch *T. femoralis* beobachtet werden. Vielmehr war er dort prozentual etwas weniger häufig als in der Tieflage (600 m - 1000 m üNN; s. Tab. 28).

Der hohe *T. femoralis*-Anteil wird aber wahrscheinlich auch durch die Pheromon-Zusammensetzung der Pheroprax®-Dispenser hervorgerufen. BAKKE & KVAMME (1981) berichten nämlich, dass *T. formicarius* eher auf racemisches Ipsdienol [2-Methyl-6-methylen-2,7-octadien-4-ol] und Ipsenol [2-Methyl-6-methylen-7-octen-4-ol] reagiert, weniger aber auf (S)-cis-Verbenol [4,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-ol]. 2-Methyl-3-buten-2-ol alleine rief keine Reaktion hervor, hatte aber zusammen mit (S)-cis-Verbenol und Ipsdienol synergistische Wirkung. *T. femoralis* hingegen reagierte auf (S)-cis-Verbenol, wobei Ipsdienol und Ipsenol eine synergistische Wirkung ausübten. Nach Auskunft von Herrn Dr. RÖHRIG (Cyanamid Agrar) ist aber der (S)-cis-Verbenol-Gehalt der Pheroprax®-Dispenser etwa siebenmal höher als der Ipsdienol-Gehalt. Die synergistische Wirkung von Ipsdienol auf (S)-cis-Verbenol bei *T. femoralis* kommt also hier voll zum Tragen. Für *T. formicarius* ist zwar ebenfalls der Synergismus von 2-Methyl-3-buten-2-ol (der dritten Pheroprax®-Komponente, Dr. RÖHRIG, pers. Mitt.) und Ipsdienol vorhanden, der Lockeffekt von Pheroprax® auf *T. femoralis* ist aber sicher größer als auf *T. formicarius*.

Ein möglicher Einfluss der Pheromone auf die Art-Zusammensetzung ist auch aus den Ergebnissen von RAUHUT et al. (1993) abzuleiten. Hier gingen sich in den drei Jahren, in denen nur mit Pheroprax® beködert wurde lediglich *T. rufipes* (= *T. femoralis*, s. Material und Methoden 4.1) in den Fallen. Erst als im vierten Jahr

Chalcoprax® und Linoprax® gleichzeitig mit Pheroprax® eingesetzt wurde, trat *T. formicarius* auf und überwog sogar den *T. rufipes*-Fang (145 *T. formicarius*, 28 *T. rufipes*). Eventuell war vornehmlich das Lineatin für den erhöhten *T. formicarius*-Fang verantwortlich, denn TOMMERAS & MUSTAPARTA 1985 berichten von Rezeptorzellen auf den Antennen von *T. formicarius*, die auf (+)-Lineatin spezialisiert sind. Dafür spricht, dass WEGENSTEINER & FÜHRER (1991) *T. formicarius* bei gleichzeitigem Angebot von Chalcoprax®, Linoprax®- und Pheroprax® ausschließlich in Linoprax®-Fallen fingen. Auch MOSBACHER (1987) fand bei vergleichenden Untersuchungen mit Pheroprax® und Linoprax® höhere *T. formicarius*-Fangzahlen in Linoprax®-Fallen. Pheroprax® allein scheint also für *T. formicarius* wenig attraktiv zu sein. Das bedeutet aber nicht unbedingt, dass das natürliche Pheromon-Bouquet von *I. typographus*-Individuen für *T. formicarius* ebenfalls weniger attraktiv ist als für *T. femoralis* (s. Diskussion 16, 17, 18).

## 5 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang

### 5.1 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang in der Umgebung der Falle in den Jahren 1995 und 1996

Das Auftreten von Stehendbefall zeigte keine deutliche Beziehung zum Fallenfang der einzelnen Fallen. Trotzdem sich die Käferholz-Mengen für 1996 in den Revieren Au-Schapbach (880 fm) und Hintersee (260 fm) deutlich unterschieden (FREYER, pers. Mitt.), ist die *I. typographus*-Fangzahl der verschiedenen Profile nicht signifikant verschieden (Abb. 23). Ebenso konnte keine positive Korrelation zwischen dem Stehendbefall in 250 Metern Umgebung einer Falle und deren Fangergebnis festgestellt werden (Tab. 29). HÜBERTZ et al. (1991) konnten ebenfalls keine Beziehung zwischen Fallenfang und Stehendbefall nachweisen. Im Gegensatz dazu ergaben Untersuchungen von WESLIEN et al. 1989 in Skandinavien eine hochsignifikante, starke Korrelation ( $r=0,82$ ). Die dabei verwendeten Daten bezogen sich jedoch auf Forst-Revier (1000-9000 ha) und die *I. typographus*-Zahlen wurden aus 5 Fallen pro Revier gemittelt. Eventuell spielen bei kleinräumiger Betrachtung Standortfaktoren eine zu große Rolle, die unabhängig von der *I. typographus*-Populationsdichte zu einem Befall führen. Sind an einem Standort besonders disponierte (z. B. wassergestresste) Fichten vorhanden, so kann dort Stehendbefall eintreten, obwohl sich die Populationsdichten bzw. Fangzahlen nicht von einem anderen Standort unterscheiden.

Der negative Korrelationskoeffizient, der zwischen Stehendbefall und Initialfang der Kammrohrfallen ermittelt wurde, ist möglicherweise auf die Konkurrenzwirkung zwischen Fallen und befallsdisponierten Fichten zurückzuführen (Abb. 37). Wenn wenig Brutmaterial in der Umgebung zu Verfügung steht, übt die Falle vermutlich eine stärkere Lockwirkung aus.

Aus diesen Resultaten ist zu ersehen, dass Pheromonfallenfänge nur eine relativ grobe Aussage über den zu



Borkenkäferbekämpfung im Nationalpark Berchtesgaden: Handentrindung mit dem „Schepser“.



Borkenkäfer-Befall in der Ruhezone (Schüttalpel-Region); hier wurden keinerlei Borkenkäfer-Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt.

erwartenden Stehendbefall zulassen. Nur wenn man ganze Reviere betrachtet, kann man prognostizieren, dass in Jahren mit hohen durchschnittlichen Fallenfängen (Fallenfang  $\gg 5000$  Käfer\*Kammrohrfalle $^{-1}$ \*Jahr $^{-1}$ ) erhöhter Schadholzanfall zu erwarten ist. So waren im Revier Au-Schapbach in den Jahren 1993 und 1994 jeweils mehr als 5000 fm „Käferholz“ angefallen, und gleichzeitig waren die durchschnittlichen Fänge der Kammrohrfallen deutlich über 5000 *I. typographus*/Falle angestiegen (FREYER, pers. Mitt., Abb. 136). Dieser Befund stützt die Aussage von WESLIEN et al. (1989), die ein geringes Befallsrisiko vorhersagen, wenn der durchschnittliche Fallenfang weniger als 5000 *I. typographus*/Kammrohrfalle (15.000 *I. typographus* in 3 benachbarten Kammrohrfallen) beträgt.

## 5.2 Vergleich von Borkenkäferbefall und Fallenfang der Jahre 1996 bis 1998 in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone

Die Entwicklung der Buchdrucker-Fangzahlen der Kammrohrfallen in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone verlief in allen drei Regionen einheitlich (Abb. 38, Abb. 40). Im Jahre 1996 waren jeweils die höchsten Fangergebnisse zu verzeichnen. Bei den Schlitzfallen waren, und dies galt wiederum für alle Regionen, die Fangzahlen im Jahre 1998 am höchsten. Da sich die Regionen derart glichen, beruht der festgestellte Unterschied offensichtlich auf den verschiedenen Fallentypen und damit auf den unterschiedlichen Fangprinzipien dieser Fallentypen. Da nun die Schlitzfallen den Stehendbefall in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone besser widerzuspiegeln scheinen als die Kammrohrfallen (Abb. 39, Abb. 41), muß dies auf die Fallenkonzeption zurückzuführen sein.

Die Schlitzfallen erfassen fliegende Käfer, die, von den Pheromonen angelockt, gegen die Fallenoberfläche prallen. Wären die Schlitzfallen bruttaugliche Fichten, so würden sicherlich alle in den Fallen gefangenen Borkenkäfer auch auf den Fichten landen und diese nach geeigneten Brutplätzen absuchen. Die Kammrohrfallen

fangen hingegen nur gelandete Käfer und selbst von diesen nur den Teil, der auch durch die Löcher der Falle krabbelt. Möglicherweise fliegen also Käfer wieder ab, nachdem sie die Falle als nicht bruttaugliches Material identifiziert haben, d. h. nicht alle potentiell bruttbereiten Käfer würden gefangen. Eventuell ist nun die Bereitschaft der Käfer in die Falle zu krabbeln bei weniger bruttauglichem Material in der Umgebung höher, also dann, wenn die Käfer schon längere Zeit geflogen sind, ohne auf bruttaugliches Material zu stoßen. Diese These würde die Fangzahlen in der Klausbach-Region erklären und diejenigen in der Schapbach- und Wimbach-Region für 1996 und 1998. Warum allerdings in den Regionen Schapbach und Wimbach, bei extrem niedrigen Stehendbefall, die Fangzahlen nicht höher waren, bleibt unklar. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Suche nach befallenen Bäumen im Jahre 1997, bei generell niedrigerem Befall im Revier Au-Schapbach (Regionen Schapbach und Wimbach), nicht so intensiv durchgeführt wurde wie in den anderen Jahren (NEUBAUER, pers. Mitt.).

## 6 Rindenbrütende Borkenkäfer und ihre Antagonisten in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone

### 6.1 Vergleich der Fangzahlen von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp. in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für die Jahre 1996 bis 1998

In der Ruhezone finden sich in den Fallen signifikant weniger Buchdrucker, aber signifikant mehr Ameisenbuntkäfer als in der Bekämpfungszone (Abb. 42). Offenbar sind also die Verhältnisse im Gebiet Schüttalpel für die Ameisenbuntkäfer günstiger. Möglicherweise dezimieren nämlich die Borkenkäfer-Bekämpfungsmaßnahmen die Ameisenbuntkäfer-Population in weit größerem Ausmaß als die Buchdrucker-Population (s. Diskussion 4.2.1). Grund hierfür könnte die weitaus längere Entwicklungszeit der Ameisenbuntkäfer gegenüber dem

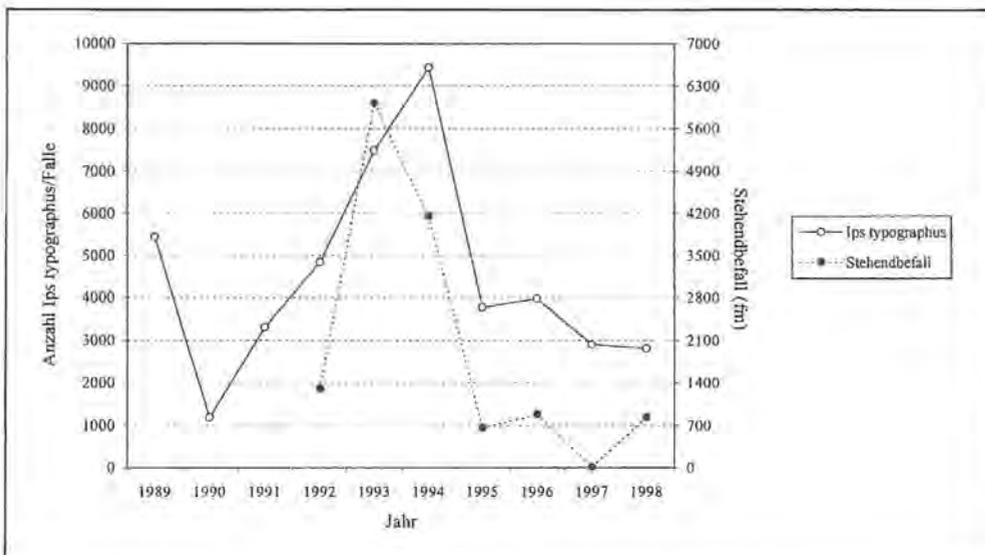


Abb. 136: Fangzahlen der Jahre 1989 bis 1998 für *I. typographus* (Mittelwerte aus 24 Kammrohrfallen des Schapbach-Profiles) und Stehendbefall im Revier Au-Schapbach (Daten von 1989-1995: FREYER, pers. Mitt.).

Buchdrucker sein, die nur eine vollständige Generation pro Jahr ermöglicht (HEIDGER 1994, NIERHAUS-WUNDERWALD 1992). Verluste durch Entrindung können die Ameisenbuntkäfer also im selben Jahr nicht mehr kompensieren.

Zwei bis vier Jahre nach den schwersten Borkenkäferschäden im Jahre 1994 war außerdem mit Hilfe von Pheromonfallen keine nachhaltige Absenkung der Buchdrucker-Zahlen durch die Borkenkäferbekämpfung festzustellen, im Gegenteil. Auch SCHLYTER & LUNDGREN (1993) fanden in zwei schwedischen Naturwald-Reservaten keine erhöhten *I. typographus*-Zahlen gegenüber außerhalb der Reservate gelegenen Gebieten. In einem Reservat fanden sich gleich viele, im anderen etwas weniger Buchdrucker als in der Reservats-Umgebung. Offenbar besteht also in naturnahen Waldgebieten nicht von vorneherein eine im Vergleich zu Gebieten mit Borkenkäfer-Bekämpfung erhöhte Gefahr durch Buchdrucker. Andererseits bieten höhere Antagonisten-Dichten in Gebieten ohne Borkenkäfer-Bekämpfung sicherlich keinen Schutz gegen Borkenkäfer-Kalamitäten, insbesondere dann nicht, wenn genügend Brutmaterial vorhanden ist (Windwurf, Wind- oder Schneebruch, Lawinen etc.) oder die Bäume geschwächt sind (trockenes Klima, Immissionen); dies wurde exemplarisch in den Nationalparks Harz und Bayerischer Wald deutlich (NIEMEYER et al 1995; BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT 1996, 1998; SINNER 1999; WEISSBACHER 1999).

Ein Grund für die erhöhten Buchdrucker-Zahlen in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone könnte das Klima an den Fallenstandorten sein. Die Fallen standen dort oftmals auf Freiflächen, die nach Borkenkäfer-Bekämpfungsmaßnahmen entstanden waren. An anderen Standorten grenzten die Forststraße bzw. Almflächen an. Derartige Freiflächen erhöhen sicherlich die Temperatur am Bestandesrand und machen diesen für den Buchdrucker als Schwärmgebiet attraktiv. Außerdem erfolgt bei höheren Temperaturen eine verstärkte Pheromon-Freisetzung aus den Pheroprax-Dispensern, was die Fangzahlen in der Bekämpfungszone gesteigert haben könnte. An durch Bekämpfungsmaßnahmen freigestellten Rändern ist möglicherweise aber auch das Angebot an Brutmaterial höher. Dies könnte durch die Freistellung selbst geschehen, da *I. typographus* besonnte Stämme bevorzugt anfliegt und besiedelt (LOBINGER & SKATULLA 1996), oder aber z. B. durch Wind, der an den Rändern besser angreifen kann (Windwurf, Schwächung der Bäume durch Feinwurzel-Anrisse).

Im Gegensatz zu den vorgelegten Ergebnissen fingen sich bei SCHLYTER & LUNDGREN (1993) signifikant mehr *T. formicarius* außerhalb der Naturwald-Reservate. Diese Untersuchungen wurden jedoch unter endemischen Bedingungen durchgeführt und anders als bei der vorliegenden Untersuchung ergab sich keine Korrelation zwischen *I. typographus*- und *Thanasimus* sp.-Fang (s. Ergebnisse 1.3 und 1.4). Möglicherweise ist der Ameisenbuntkäfer unter endemischen Bedingungen

nicht so sehr auf den Buchdrucker als Beute fixiert, da dieser in niedrigeren Dichten vorkommt. Die Ameisenbuntkäfer-Fänge im Nationalpark Berchtesgaden sprechen aber auch dafür, dass die Ameisenbuntkäfer hier möglicherweise eine Vorliebe für geschlosseneren Waldgebiete und nicht so sehr für offeneren, besonneneren Flächen haben. Über die Jahre hinweg wurden nämlich sehr hohe Ameisenbuntkäfer-Fangzahlen in den Fallen SCHA2aK und W110aK erzielt, die, im Vergleich zu anderen Fallen, eher im Bestand stehen. Daraus könnte eventuell eine Bevorzugung der Fallen in der Ruhezone resultieren.

Über die drei Jahre hinweg war keine signifikante Änderung in den Fangzahlen sowohl von *I. typographus* als auch von *Thanasimus* sp. festzustellen (Abb. 43, Abb. 44). Die Buchdrucker-Zahlen stiegen, nach einem Rückgang von 1996 auf 1997, 1998 wieder an und übertrafen die Werte von 1996 sogar. Die Ameisenbuntkäfer-Zahlen waren 1996 am höchsten, gingen 1997 zurück und blieben auch 1998 auf diesem Niveau. Dabei muss berücksichtigt werden, dass 1996 eine wöchentliche Leerung stattfand, während 1997 und 1998 nur alle zwei Wochen geleert wurde. Da die Ameisenbuntkäfer die Schlitzfallen verlassen können, erhöht die Verkürzung der Leerungsfrequenz vermutlich die Anzahl gefangener Tiere, weshalb die Fangzahlen 1996, bei ebenfalls zweiwöchigem Leerungsintervall, vermutlich niedriger gewesen wären.

## 6.2 Vergleich der Fangzahlen von *Pityogenes chalcographus* und *Nemosoma elongatum* in Borkenkäfer-Bekämpfungszone und Ruhezone für das Jahr 1998

Der Flugverlauf von *P. chalcographus* im Nationalpark Berchtesgaden ähnelt dem Flugverlauf, der in anderen Studien beschrieben wurde. Im Nationalpark wurden die höchsten Fangzahlen in der Schüttalpel-Region Anfang August, in der Schapbach-Region Mitte August erreicht (Abb. 45, Abb. 46). Auch im Nationalpark Bayerischer Wald wurde im Jahr 1990 der stärkste Flug Anfang August festgestellt (KÖHLER et al., unveröffentlicht). Das Maximum Ende Juni, wie es in der Region Schapbach festzustellen war, fand sich beim Flugverlauf im Nationalpark Bayerischer Wald ebenfalls wieder, nicht jedoch das frühe Maximum Anfang Mai. NICOLAI et al. (1992) stellten, ähnlich der Schapbach-Region, drei Maxima fest, die hier Ende Mai, Mitte Juni und Ende Juli auftraten. Allerdings waren die Summen gefangener *P. chalcographus* im Nationalpark Berchtesgaden extrem gering. So waren beispielsweise bei NICOLAI et al. (1992) in fünf mit ChalcoPrax® beköderten Schlitzfallen etwa 20 mal so viele Kupferstecher gefangen worden wie in sechs Schlitzfallen der Region Schapbach. RAUHUT et al. (1993) geben für 11 von 12 Fallen Fangzahlen von 5000 bis 25.000 *P. chalcographus* pro Schlitzfalle und Jahr an, also zwei- bis zehnmal so viel wie die maximale Fangzahl pro Falle und Jahr im Nationalpark Berchtesgaden (~2700 bei Falle 3 in der Schüttalpel-Region). Über 100.000 *P. chalcographus* pro Falle

und Jahr fanden KÖHLER ET AL. (unveröffentlicht) im Nationalpark Bayerischer Wald.

Wie bereits für *I. typographus* beschrieben, war auch für *P. chalcographus* keine Abnahme der Jahres-Fangzahlen mit zunehmender Meereshöhe zu beobachten (Abb. 47, Abb. 48). Standort-Faktoren spielen hier eine wesentlichere Rolle für die Fangeffizienz der Fallen als die Meereshöhe. Dies stellten auch WEGENSTEINER & FÜHRER (1991) fest, die Fallen in Höhen von 380 m, 550 m und 660 m üNN aufgestellt hatten. Diese Autoren hatten für *P. chalcographus* allerdings einen verzögerten Flugbeginn mit zunehmender Höhe beobachtet. Der Zeitraum zwischen den Leerungen war im Nationalpark Berchtesgaden mit zwei Wochen zu lang, um solch eine Verzögerung belegen zu können. Betrachtet man jedoch die Fangzahlen für *P. chalcographus* von Anfang Mai, so ist auch im Nationalpark Berchtesgaden für die Schapbach-Region die höchste Zahl an *P. chalcographus* in der tiefstgelegenen Falle zu verzeichnen. Betrachtet man für diese erste Leerung die Fangzahlen der drei höchstgelegenen Fallen der Schüttalpel-Region, so ist auch hier ein Rückgang mit der Höhe festzustellen. Diese Beobachtungen könnten auch bei *P. chalcographus* auf einen zeitverzögerten Flugbeginn mit zunehmender Höhe hindeuten, wie er schon für *I. typographus* nachgewiesen wurde.

Sowohl *I. typographus* als auch *P. chalcographus* traten im Nationalpark Berchtesgaden schon bei den ersten Leerungen auf (Abb. 45, Abb. 46). Es deutet also hier nichts auf ein jahreszeitlich früheres Auftreten von *P. chalcographus* hin, wie es z. B. POSTNER (1974) beschreibt. Vielmehr decken sich die Beobachtungen mit den Ergebnissen anderer Autoren, die ein gleichzeitiges (WEGENSTEINER & FÜHRER 1991, ZUBER & BENZ 1992) bzw. sogar ein um eine Woche verzögertes Auftreten von *P. chalcographus* feststellten (WEGENSTEINER & FÜHRER 1991, ZUMR 1982). Auf leicht verzögertes Auftreten des Kupferstechers könnten auch die Fänge im Schapbach-Profil hindeuten. Dort waren bei der ersten Leerung in den höheren Lagen in mehreren Fallen noch keine Kupferstecher nachzuweisen, während in gleicher Höhe gelegene Pheroprax®-Fallen schon Buchdrucker enthielten. Bei den genannten Ergebnissen ist jedoch zu berücksichtigen, dass sie mit Hilfe von Pheromonfallen gewonnen wurden. Möglicherweise geben diese Fallen den effektiven Flugbeginn nicht so exakt wieder wie z. B. Fangbäume, an denen ein früheres Auftreten von *P. chalcographus* gegenüber *I. typographus* nachgewiesen wurde (POSTNER 1974).

Im Gegensatz zu *P. chalcographus* zeigte der Kupferstecher-Prädator *N. elongatum* ein stärkeres Maximum im Mai/Juni und ein schwächeres im August (Abb. 45, Abb. 46). Auch NICOLAI et al. (1992) stellten den Hauptflug von *N. elongatum* Ende Mai/Anfang Juni fest, einen schwächeren Flug dann noch einmal Mitte Juli. KOPF (2000) berichtet davon, dass *N. elongatum* in zwei von drei Jahren die höchste Flug-Aktivität vor *P. chalcographus* erreichte. Dies war bei der vorliegenden Untersuchung nicht generell der Fall. Lediglich für die zweite

Flugwelle im Schapbach-Profil kann derartiges belegt werden. *N. elongatum* erreichte hier das Maximum Mitte Juni, *P. chalcographus* erst Ende Juni (Abb. 45).

Wie für *P. chalcographus*, so war auch für *N. elongatum* keine Höhenabhängigkeit der Fangzahlen festzustellen (Abb. 47, Abb. 48). Entsprechend den Kupferstecher-Fangzahlen, waren auch die Fangzahlen der Jagdkäfer im Vergleich zu einigen anderen Studien recht gering. So wurden im Nationalpark Berchtesgaden maximal 210 *N. elongatum* pro Falle und Jahr gefangen (Falle 6 in der Region Schapbach), während z. B. bei NICOLAI et al. (1992) im Schnitt 500 *N. elongatum* pro Falle und bei KÖHLER et al. (unveröffentlicht) 210 bis 1300 pro Falle gefangen wurden. Andere Autoren geben jedoch auch geringere Jagdkäfer-Fangzahlen an, so z. B. KÖHLER & SCHALLER (1989) mit maximal 111 *N. elongatum* pro Falle und WEGENSTEINER & FÜHRER (1991) mit maximal 120 *N. elongatum* pro Falle und Jahr. Was bei den Fangzahlen im Nationalpark Berchtesgaden jedoch außergewöhnlich ist, ist der hohe prozentuale Anteil der Jagdkäfer am Gesamtfang. Wurden bei anderen Untersuchungen Anteile von 0,1 % (KÖHLER & SCHALLER 1989, KÖHLER et al. unveröffentlicht, WEGENSTEINER & FÜHRER 1991) bis maximal 1,5 % (KÖHLER et al. unveröffentlicht, NICOLAI et al. 1992) beschrieben, so lagen sie im Nationalpark Berchtesgaden in der gesamten Schapbach-Region bei 1 %, in der Schüttalpel-Region bei 10 % und in einer Einzelfalle sogar bei 20 %.

Vergleicht man die Fangergebnisse der Fallen in der Bekämpfungs- (Schapbach) und Ruhezone (Schüttalpel), so ergibt sich für *P. chalcographus* und dessen Räuber *N. elongatum* das selbe Ergebnis wie für *I. typographus* und dessen Räuber *Thanasimus* sp. (Abb. 49). Die durchschnittlichen Fangzahlen für den Kupferstecher waren demnach in der Ruhezone mit im Mittel 852 *P. chalcographus* pro Falle und Jahr niedriger als in der Bekämpfungszone mit 1275 *P. chalcographus* pro Falle und Jahr. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Signifikant hingegen war der Unterschied in der durchschnittlichen Anzahl gefangener *N. elongatum*, wobei die Ruhezone mit 80 *N. elongatum* pro Falle und Jahr eine höhere Fangzahl aufwies als die Bekämpfungszone mit nur 14 *N. elongatum* pro Falle und Jahr. Offensichtlich traten also die Räuber (*Thanasimus* sp., *N. elongatum*) in der Ruhezone deutlich häufiger auf als in der Bekämpfungszone, die beiden Borkenkäfer-Arten (*I. typographus*, *P. chalcographus*) jedoch, möglicherweise als Folge davon, in geringerer Anzahl.

Anders als *Thanasimus* sp.-Adulti, die den Buchdruckern aufgrund ihrer Größe nicht in die Fraßgänge zu folgen vermögen, erbeutet *N. elongatum* seine Beute vornehmlich in den Fraßgängen, da er sie nur dort effektiv überwältigen kann (HEUER & VITÉ 1984). Der Einfluss adulter Jagdkäfer auf die Kupferstecher-Population ist also vermutlich größer als der von Ameisenbunkäfern auf die Buchdrucker-Population. *N. elongatum* wird durch das Pheromonsignal des Kupferstechers unmittelbar zu Beute gelockt, während die Ameisenbunkäfer sich die Beute erst auf dem befallenen Stamm su-

chen müssen. Da die maximale Fraßkapazität der Jagdkäfer laut WIGGER (1994) zwei Kupferstecher pro Tag beträgt, hätte die Menge an gefangenen Kupferstechern in den Fallen der Bekämpfungszone die darin enthaltenen Jagdkäfer etwa 50 Tage ernähren können. Die Kupferstecher in den Fallen der Ruhezone hätten die arretierten Jagdkäfer jedoch gerade einmal 5 Tage ernähren können. Diese Zahlen verdeutlichen, dass bei derartigen Räuber-Dichten der Fallenfang die Räuberpopulation stärker schwächt als die Beutepopulation, zumal *N. elongatum* (Beute: u. a. *P. chalcographus*) nach DIPPEL et al. (1997) im Vergleich mit *Scoloposcelis pulchella* Zett. (Beute: *P. chalcographus*), *Medetera dendrobaena* Kowarz (Beute: u. a. *P. chalcographus*) und *T. formicarius* (Beute: *I. typographus*) der effektivste Prädator war.

## 7 Flugaktivität von *Ips typographus* und *Thanasimus* sp. in Abhängigkeit von der Temperatur

### 7.1 Flugaktivität 1996

Der oben bereits vermutete Zusammenhang der Flugaktivität mit der Temperatur (s. Diskussion 1.1.2), wird durch den Vergleich der Fangzahlen mit den Tagesdurchschnittstemperaturen untermauert. Hohe Fangergebnisse für *I. typographus* korrespondierten mit kurz zuvor aufgetretenen hohen Tagesmitteltemperaturen (Abb. 50). Gute Korrelationen zwischen Temperatur- und Flugverlauf stellten auch FUNKE & PETERSHAGEN (1994) fest.

Für Temperatur-Schwellenwerte der Flugaktivität von *I. typographus* werden in der Literatur verschiedene Angaben gemacht. So benötigen Buchdrucker nach ANDERBRANT (1985) und BAKKE (1992) Lufttemperaturen von wenigstens 20°C. FUNKE & PETERSHAGEN (1994), WEGENSTEINER & FÜHRER (1991) sowie RUDINSKY (1962) geben als Schwellenwert 18°C an, POSTNER (1974) 16-18°C und ZUMR (1982) 16°C. Die von LOBINGER (1994) durch sehr genaue Messungen (Infrarot-Sensorik) ermittelte Temperaturschwelle von 16,5°C erscheint jedoch am besten geeignet, das im Nationalpark Berchtesgaden ermittelte Flugverhalten von *I. typographus* zu erklären. So überschritten die Stundenmittelwerte der Temperatur bei Falle SCHA4aK in der Woche vom 8. bis 14. Mai nie die 16,5°C-Marke und tatsächlich flogen in dieser Zeit auch nur zwei Buchdrucker die Falle an (Abb. 51). Ähnlich verhielt es sich vom 24. bis 29. April an Falle WI9aK, wo bei zwei Stunden-Werten über 16,5°C nur fünf Buchdrucker anflogen (Abb. 52). Erstaunlich bei dieser Falle ist hingegen der hohe Fangenerfolg in der Woche vom 6. bis 13. Mai, da auch in diesem Zeitraum nur zwei Stundenwerte über 16,5°C zu verzeichnen waren (16,5°C; 16,8°C). Die 1600 Buchdrucker sind hier also vermutlich innerhalb von zwei Tagen (6./7. Mai) angeflogen, denn nach dem 7. Mai erreichte die Temperatur maximal 14,3°C (8. Mai) und 14°C war die niedrigste Lufttemperatur, die in der Literatur für einen *I. typographus*-Flug gefunden wurde (ZUMR 1982).

Zu Beginn der Flugzeit zeigte sich, dass alleine das Überschreiten der Temperaturschwelle von 16,5°C offenbar nicht für den Beginn des Schwärmfluges ausreicht. Erst bei einer Temperatursumme über 16,5°C von 50 bis 100°C\*h setzte der Flug von *I. typographus* ein (Abb. 53, Abb. 54). Auch WEGENSTEINER & FÜHRER (1991) vermuteten, dass das längerfristige Überschreiten einer Temperaturschwelle zur Konditionierung der Käfer wichtig sei. Auf die Bedeutung der Temperatursumme über 7°C (Aktivitätsbeginn) für den Schlupf von *I. typographus* aus dem Boden bzw. der Rinde haben ZUMR (1982) und ANDERBRANT (1986) hingewiesen.

### 7.2 Tagesgang der Flugaktivität

Die Tagesgänge der Flugaktivität von *I. typographus* stellten sich an den drei Untersuchungstagen in der Regel als glockenförmige Kurven mit einem deutlichen Maximum dar (Abb. 55 bis Abb. 58). Ausnahmen bildeten der Flugverlauf an Falle SCHA9aK am 15. Mai und der Flugverlauf am 12. Juni, die einen Einbruch der Fangzahlen um die Mittagszeit aufwiesen (Abb. 56, Abb. 58). Am 12. Juni war dieser Einbruch möglicherweise auf die stärker werdende Bewölkung zurückzuführen. Den signifikanten Einfluss der Bewölkung auf die Flugaktivität zeigten LOBINGER & SKATULLA (1996).

Mit Ausnahme der Falle SCHA16S lagen die Maxima der Flugaktivität immer zwischen 12 Uhr und 16 Uhr. Bei Falle SCHA16S trat das Maximum am 15. Mai um 18 Uhr auf (Abb. 55). Die obere Temperaturschwelle für den Fallen-Anflug liegt laut LOBINGER (1994) bei 30°C. Dieser Wert könnte um ca. 16 Uhr erreicht worden sein. Die hohen Temperaturen (28,6°C gemessen) verhinderten zu dieser Zeit möglicherweise einen starken Flug. Starker Buchdrucker-Flug hätte demnach erst wieder bei zurückgehenden Temperaturen einsetzen können, was das Maximum gegen 18 Uhr erklären würde. FUNKE & PETERSHAGEN (1994) stützen diese These, denn sie fanden für *I. typographus* einen starken Rückgang der Flugaktivität ab ca. 27,5°C.

Die Flugzeit von 7:30 Uhr (12. Juni, Schwarzenederer; Abb. 58) bis 20:30 Uhr (11. Juni, Wimbachtal; Abb. 57) ist etwas länger als die von LOBINGER (1994) im Ebersberger Forst beobachtete von 8:00 Uhr bis 19:30 Uhr am 24. Juni 1992 unter ähnlichen Temperaturbedingungen. FUNKE & PETERSHAGEN (1994) geben eine diurnale Aktivitätszeit von 9:00 Uhr bis 21:00 Uhr an.

Die an den drei Beobachtungstagen ermittelten Ergebnisse bestätigen die Temperaturschwelle für den *I. typographus*-Flug von 16,5°C. Am 15. Mai war nämlich unterhalb von 16,4°C kein Buchdrucker geflogen und am 11. Juni flog der letzte bei einer Temperatur zwischen 16,6°C und 15,6°C (Abb. 55 bis Abb. 57). In der Nähe der unteren Temperaturschwelle scheinen die Buchdrucker aber in höheren Lagen (Nationalpark Berchtesgaden) aktiver zu reagieren als in tieferen (Ebersberger Forst, LOBINGER 1994), denn dort waren die Temperaturen bei Flugbeginn und -ende am 24. Juni 1992 jeweils höher als im Nationalpark Berchtesgaden am 11./12. Juni 1997. Auch

bei FUNKE & PETERSHAGEN (1994) begann der morgentliche Flug später als im Nationalpark Berchtesgaden, obwohl die Temperaturschwelle schon überschritten war (Untersuchungsgebiet 610 m üNN).

Ameisenbuntkäfer flogen nicht unter 18°C (s. Ergebnisse 7.2.1, Abb. 57, Abb. 58). Außerdem dauerte die Flugaktivität am 11. Juni nicht so lang an wie bei *I. typographus* (Abb. 57). Ob dies jedoch auf eine höhere Schwellentemperatur gegenüber *I. typographus* hindeutet, kann aufgrund der geringen Fangzahlen nicht beurteilt werden. In der Regel haben jedoch die Prädatoren geringere ökologische Valenzen als die Beutetiere und damit eine höhere Aktivierungs-Temperatur, was beispielsweise DIPPEL (1994) für *N. elongatum* und *P. chalcographus* nachwies. Die geringeren *Thanasimus* sp.-Fänge in den Hochlagen (s. Diskussion 2.3) weisen in die gleiche Richtung. Das zeitige Auftreten von *Thanasimus* sp. im Jahresverlauf steht diesen Aussagen nur scheinbar entgegen. Wie nachgewiesen werden konnte, benötigt *I. typographus* im Frühjahr ein gewisse Temperatursumme, um mit dem Flug zu beginnen (Ergebnisse 7.1). Möglicherweise ist diese Temperatursumme für die Ameisenbuntkäfer geringer, so dass diese früher mit dem Flug beginnen können. Auch im Frühjahr könnten sie aber dann nie unterhalb der Aktivierungs-Temperatur fliegen.

## 8 Arretierung von *Thanasimus* sp. in Borkenkäfer-Fangsystemen

Ein wesentlich größerer Fangerfolg der Kammrohrfalle gegenüber der Schlitzfalle wurde schon beim Vergleich der Fallenfänge von *Thanasimus* sp. deutlich (Abb. 24). Das gleiche Ergebnis erbrachten die Freilandversuche zur Arretierung von *Thanasimus* sp. in Borkenkäfer-Fangsystemen (Abb. 61). DUBBEL et al. (1985) fanden ebenfalls in Kammrohrfallen einen signifikant erhöhten Fang gegenüber schwarzen Flachtrichterfallen. Der Grund hierfür liegt laut KRETSCHMER (1991) darin, dass Ameisenbuntkäfer in Kammrohrfallen arretiert werden, während sie aus Schlitzfallen wieder entweichen können. Dies trifft nur zum Teil zu, denn sowohl Labor- wie Freilandversuche zeigen, dass ein Entweichen aus beiden Fallensystemen möglich ist (Abb. 60, Abb. 61). Auffallend waren dabei die Unterschiede in den Prozentzahlen. Während im Labor viel mehr Ameisenbuntkäfer aus den Schlitzfallen entwichen (Schlitzfallen: 51 %, Kammrohrfallen: 17 %), betrug der Prozentsatz „entflogener“ Käfer im Freiland bei beiden Systemen etwa 50 %. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Anteil „entflogener“ Käfer im Freiland indirekt aus der Differenz der Fänge von Fallen mit und ohne Fangflüssigkeit errechnet wurde. Dies schränkt die Vergleichbarkeit mit den Labordaten möglicherweise ein. Auch RAFFA (1991) beobachtete jedoch Unterschiede zwischen Labor- und Freilandversuchen. In Freilandversuchen mit 16-Trichter-Lindgren-Fallen entkamen 56 % der Ameisenbuntkäfer aus den Fanggefäßen, in Laborversuchen lediglich 30 %. Ein ähnlicher Unterschied wurde für die Kammrohrfallen nachgewiesen (53 % im Freiland, 17 % im Labor). Mögli-

cherweise waren die Ameisenbuntkäfer im Freiland durch die große Anzahl an Borkenkäfern in den Fangflaschen stärker beunruhigt, so dass sie vermehrt versuchten, an den Wänden der Fangflasche nach oben zu krabbeln und somit öfter aus den Fallen entkamen. Dieser Effekt kann deshalb bei Kammrohrfallen bedeutender sein als bei Schlitzfallen, weil die Fanggefäße der Kammrohrfallen eine wesentlich kleinere Grundfläche haben als die der Schlitzfallen. Als Beleg hierfür kann gelten, dass in den Laborversuchen bei Kammrohrfallen die Zahl entflogener *Thanasimus* sp. mit zunehmender *I. typographus*-Zahl zunahm, wenn auch nicht signifikant (Abb. 60). Das Entkommen aus Schlitzfallen war hingegen im Freiland und im Labor in gleichem Umfang möglich (~50 %).

Da der Unterschied im Fangergebnis also offenbar nicht unbedingt durch die unterschiedliche Anzahl entflogener Tiere verursacht wurde, muß er durch die unterschiedliche Attraktivität der Fallensysteme hervorgerufen worden sein. Wie LANGEWALD (1989) in Laborversuchen ermittelte, werden vertikale Silhouetten von *Thanasimus* sp. als wichtige Orientierungsmarken genutzt. Eine vertikale Silhouette ohne Pheromonsignal wurde sogar einem Pheromonsignal signifikant vorgezogen. Deshalb übt sicher auch eine vertikale, baumstammähnliche Kammrohrfalle mit Pheromonen eine größere Anziehungskraft aus als eine kastenförmige Schlitzfalle mit Pheromonen. Die Pheromonbeigabe ist dabei entscheidend, denn NICOLAI et al. (1992) fingen in Schlitzfallen ohne Pheromon mehr *Thanasimus* sp. als in Kammrohrfallen ohne Pheromon. Die Kammrohrfalle hat im Freiland vermutlich zu viel Konkurrenz durch andere vertikale Strukturen (Bäume). Selbst wenn die Ameisenbuntkäfer landen, gibt es für sie in Abwesenheit von Pheromonen keinen Grund, in die Falle zu krabbeln. Die Schlitzfalle erfasst hingegen als Flugfalle ein größeres Spektrum an fliegenden Insekten. Dieser Flugfallen-Effekt ruft auch die höhere Zahl an Coleopteren-Beifängen in den Schlitzfallen gegenüber den Kammrohrfallen im Nationalpark Berchtesgaden hervor (s. Tab. 26).

Die Menge konsumierter Buchdrucker bewegte sich mit 0,42 bis 2,8 pro Ameisenbuntkäfer-Paar und Tag im Bereich der Ergebnisse der Fraßversuche (max 2,38 Buchdrucker pro Paar und Tag; s. Ergebnisse 11.1) und der von WESLIEN & REGNANDER (1992) für *Thanasimus* sp. (0,71 bis 1,22 *I. typographus* pro Paar und Tag). Sowohl der Fallentyp als auch die Menge vorhandener Buchdrucker hatte dabei keinen Einfluss auf die Fraßkapazität (Tab. 32). Allerdings war die mittlere Anzahl gefressener Buchdrucker bei einem Buchdrucker-Ameisenbuntkäfer-Verhältnis von 10:2 geringer als bei einem Verhältnis von 4:2. Diese verminderte Fraßkapazität bei höheren *I. typographus*-Zahlen ist eventuell auf eine Irritationswirkung zurückzuführen, die viele Buchdrucker auf die Ameisenbuntkäfer ausüben können (s. o.).

Im Freilandexperiment zeigte sich eine Korrelation zwischen zerlegten *I. typographus* und gefangenen *Thanasimus* sp.. Da jedoch in allen Fallen weniger als 35 Buchdrucker zerlegt wurden, kann man diese Zahl gegenüber dem *I. typographus*-Gesamtfang von meist mehre-

ren hundert Stück vernachlässigen. Die Ameisenbuntkäfer führen deshalb sicher nicht zu einer wesentlichen Verfälschung des Buchdrucker-Fangergebnisses.

## 9 Markierungsversuche mit *Thanasimus femoralis*

Die Markierung von *T. femoralis* aus Kammrohr-Fallen des Klausbachtals erbrachte eine Wiederfang-Quote von 8,6 % (Tab. 35). Zieht man von den Fangzahlen für 1995 (FREYER, pers. Mitt.) diesen Anteil ab, so ergibt sich für alle Kammrohr-Fallen im Nationalpark Berchtesgaden ab Mitte Mai eine Fangzahl von 4608 statt 5005 *Thanasimus* sp. (Tab. 80). Der Wiederfang freigelassener Ameisenbuntkäfer im Jahre 1995 verfälschte also die Fangzahlen gegenüber den Folgejahren nicht wesentlich. Auch der bereinigte Wert von 4608 Ameisenbuntkäfern liegt deutlich über dem der Jahre 1996, 1997 und 1998 für den gleichen Fangzeitraum.

Die Wiederfangrate von 8,6 % ist ähnlich hoch wie in vergleichbaren Versuchen mit *I. typographus*. So ermittelten ZOLUBAS & BYERS (1995) mit einer 10 Meter vom Freilassungsort entfernt stehenden Einzelfalle eine Wiederfangrate von 5,6 %. BOTTERWEG (1982) fand bei drei Experimenten mit fünf konzentrischen Fallenringen von minimal 50 Meter Abstand zum Freilassungsort 5,5 %, 9,0 % und 17,8 % der freigelassenen *I. typographus* wieder.

Der eine Ameisenbuntkäfer, der 1,9 km vom Freilassungsort erneut gefangen wurde, machte 0,6 % der freigelassenen Tiere aus (Tab. 35). Von DUELLI et al. (1997) wurden 0,7 % der freigelassenen *I. typographus* in 500 Metern Entfernung gefangen (Ringe mit jeweils vier Fallen). Dabei wurden Buchdrucker markiert, die zuvor in Pheromonfallen gefangen worden waren. In einem Versuch mit Buchdruckern, die zuvor nicht geflogen waren, wurde mit 2,8 % eine höhere Rate ermittelt. Deshalb hatten auch WESLIEN & LINDELÖW (1990), die ebenfalls aus Streu- und Rindenproben gewonnene *I. typographus* verwendeten, 2 % Wiederfang in 1200 Metern Entfernung zu verzeichnen. *T. femoralis* scheint also eine ähnliche Ausbreitungskapazität zu besitzen wie *I. typographus* und kann somit seiner Beute wohl auch über weitere Strecken folgen. RAFFA (1991) weist eine, von einem *I. pini*-Brutbaum ausgehende, mehr oder weniger gleichmäßige Ausbreitung von *T. dubius* über 75 m nach. Die Anzahl gefangener *I. pini* nahm hingegen in diesem Bereich mit zunehmender Entfernung zum ehemaligen Brutbaum ab. Diese Befunde sprechen sogar für eine stärkere Dispersion von *T. dubius* gegenüber *I. pini*.

## 10 Auswirkung unterschiedlicher *Thanasimus femoralis*-Adult-Dichten auf die Larvenanzahl von *Thanasimus femoralis* und die Brutproduktion von *Ips typographus*

### 10.1 Schlupfverlauf von *Ips typographus*

Für die Betrachtung des Schlupfverlaufes von *I. typographus* werden im Folgenden nur die Stammstücke be-

Tab. 80: Vergleich der *Thanasimus* sp.-Fangzahlen der Jahre 1995 bis 1998 unter Berücksichtigung der Wiederfangquote (1995 wurden die Ameisenbuntkäfer-Zahlen erst ab Mitte Mai ermittelt, weshalb hier auch für die Folgejahre die Fangzahlen ab Mitte Mai berechnet wurden).

Jahr	Summe <i>Thanasimus</i> sp. in Kammrohrfallen ab Mitte Mai	um die Wiederfangquote (8,6 %) bereinigter Wert
1995	5005	4608
1996	2559	
1997	2221	
1998	1395	

trachtet, bei denen keine Ameisenbuntkäfer zugesetzt worden waren und somit eine ungestörte Entwicklung vorausgesetzt werden kann.

Der Schlupf von *I. typographus* setzte sowohl bei den am 12./13. Mai als auch bei den am 28./29. Mai besiedelten Stammstücken frühestens 31 Tage nach dem Ansetzen der Elternkäfer ein (Abb. 65, Abb. 66). Diese minimale Entwicklungsdauer liegt wenige Tage über der von BOHLANDER (1997) bei gleichen Bedingungen ermittelten Zeit von etwa 28 Tagen. Der Schlupfverlauf in den darauffolgenden Tagen wurde von BOHLANDER (1997) in eine zwei- bis dreitägige Proschlupfphase, eine sieben- bis achttägige Hauptschlupfphase und eine sich daran anschließende Retroschlupfphase eingeteilt. Die Retroschlupfphase war nach seinen Angaben 21 Tage nach dem Schlupfbeginn noch nicht beendet. In der vorliegenden Untersuchung stellt sich der Schlupfverlauf anders dar. Die Proschlupfphase ist hier mit etwa einer Woche etwas länger. Die Hauptschlupfphase nimmt ebenfalls etwa eine Woche in Anspruch. Danach ging die Schlupfrate wieder zurück, um nach einigen Tagen erneut anzusteigen. Dieses zweite Maximum trat etwa drei bis vier Wochen nach dem Schlupfbeginn auf, also nach der von BOHLANDER (1997) beschriebenen Beobachtungszeit von 21 Tagen.

Der Einfluss der Ameisenbuntkäfer auf die Schlupfrate von *I. typographus* war deutlich und signifikant (Abb. 67). Im Mittel ging diese bei einem *T. femoralis*-Paar auf etwa ein Drittel, bei drei *T. femoralis*-Paaren auf etwa ein Viertel zurück. Dies ist ein sehr starker Rückgang verglichen mit ähnlichen Untersuchungen von WESLIEN & REGNANDER (1992) und WESLIEN (1994) an *T. formicarius*. Diese Autoren hatten mit *I. typographus* besiedelte Stammstücke im Freiland in Käfige verbracht und dann mit einer unterschiedlichen Anzahl von *T. formicarius*-Paaren versehen. WESLIEN (1994) stellte bei niedriger Buchdrucker-Dichte einen Rückgang von 2634 *I. typographus*/m<sup>2</sup> (ohne *T. formicarius*) über 2269 *I. typographus*/m<sup>2</sup> (1 *T. formicarius*-Paar) und 2254 *I. typographus*/m<sup>2</sup> (2 *T. formicarius*-Paare) auf 2083 *I. typographus*/m<sup>2</sup> (4 *T. formicarius*-Paare) fest, bei hoher Buchdrucker-Dichte einen Rückgang von 4644 über 3565 und 2896 auf 1855 *I. typographus*/m<sup>2</sup> (bei allen Varianten: n=3). Dies entsprach einem signifikanten Rückgang mit zunehmender Zahl an *T. formicarius*-Paaren. Bei WESLIEN & REGNANDER (1992) sank die Anzahl geschlüpfter *I. typographus* von 1887 (ohne *T. formicarius*)

über 1089 (4 *T. formicarius*-Paare) auf 1146 *I. typographus*/m<sup>2</sup> (8 *T. formicarius*-Paare; bei allen Varianten: n=10). Dabei war zwischen den Varianten mit vier und acht Paaren kein signifikanter Unterschied vorhanden, ebenso wie in der vorliegenden Untersuchung kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mit einem und drei *T. femoralis*-Paaren festzustellen war (ohne *T. femoralis*: 878 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; 1 *T. femoralis*-Paar: 272 *I. typographus*/m<sup>2</sup>, 3 *T. femoralis*-Paare: 182 *I. typographus*/m<sup>2</sup>). Leider wurden bei WESLIEN (1994) keine Einzelvergleiche der Mittelwerte durchgeführt (n=3!). Es ist jedoch zu vermuten, dass sich bei den Stammstücken mit der niedrigen *I. typographus*-Dichte kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mit 1, 2 und 4 *T. formicarius*-Paaren ergeben würde [1 Paar: 2269 ± 315; 2 Paare: 2254 ± 201; 4 Paare: 2083 ± 799 (jeweils MW ± StAbw.)]. Die niedrige *I. typographus*-Dichte entspricht aber eher der Besiedelungsdichte in der vorliegenden Untersuchung (151–212 Buchdrucker/m<sup>2</sup>, s. Material und Methoden 10). Die vorgelegten Ergebnisse und die von WESLIEN (1994) deuten also darauf hin, dass bereits die Anwesenheit von einem *Thanasimus* sp.-Paar auf einer Rindenfläche von ca. 0,4 m<sup>2</sup> genügt, um die Anzahl schlüpfender Buchdrucker deutlich zu vermindern. Eine weitere Erhöhung der Ameisenbuntkäfer-Dichte hat hingegen keinen größeren Reduktionseffekt mehr.

## 10.2 Abwanderungsverlauf von *Thanasimus femoralis*-Larven

Dieser verminderte Reduktionseffekt pro *Thanasimus* sp.-Paar bei einer höheren Anzahl an Paaren ist bedingt durch eine verminderte Zahl von Larven pro Paar. Waren nämlich bei den Stammstücken mit nur einem *T. femoralis*-Paar pro Stammstück im Mittel 20 *T. femoralis*-Larven in den Sammelbehältern zu finden, so erhöhte sich diese Zahl bei drei *T. femoralis*-Paaren auf lediglich 23. Eine signifikante Erhöhung war also nicht vorhanden (Abb. 70). WESLIEN (1994) ermittelte bei niedriger Buchdrucker-Dichte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl geschlüpfter Larven zwischen Stammstücken mit einem, zwei und vier *T. formicarius*-Paaren; außerdem lagen auch seine Mittelwerte bei 20 Larven pro Stammstück. Die Stammstücke hatten dabei eine Länge von 61 bis 65 cm und einen Durchmesser von 15 bis 20 cm, was einer Rindenfläche zwischen 0,29 m<sup>2</sup> und 0,41 m<sup>2</sup> entspricht. In der vorliegenden Untersuchung waren die Rindenflächen mit 0,33 m<sup>2</sup> bis 0,46 m<sup>2</sup> ähnlich hoch.

Für diese Ergebnisse gibt es zwei mögliche Erklärungen. Entweder legen die einzelnen Weibchen bei einer höheren Anzahl an *Thanasimus* sp.-Paaren weniger Eier ab oder aber die Larven machen sich bei höherer Dichte so starke Konkurrenz, dass Kannibalismus auftritt. Für eine verminderte Eiablage könnten schlechtere Ernährungsbedingungen der Weibchen verantwortlich sein, da sich mehr Ameisenbuntkäfer die außerhalb des Stammes im Käfig vorhandenen, lebenden Buchdrucker teilen mussten. Außerdem wäre es denkbar, dass die

Weibchen um Eiablageplätze konkurrieren und deshalb weniger Eier ablegen.

Die Konkurrenz um Eiablageplätze als Grund für die verminderte Eiablage rate erscheint eher unwahrscheinlich, da ein 50 cm langes Stammstück genug Rindenschuppen und damit Eiablageplätze für drei Weibchen bieten müsste, zumal die Eimenge pro Weibchen in den 14 Tagen, in denen die Eiablage erfolgen konnte, nicht über 20 bis 30 Eier hinausgegangen sein dürfte. Die durchschnittliche tägliche Eiablage rate bei 20°C/10°C Wechselltemperatur und 1 Buchdrucker/Tag bei verpaart gehaltenen Weibchen betrug nämlich 1,06 Eier/Tag (s. Tab. 38). Da die Temperatur im vorliegenden Versuch konstant bei 25°C lag und sich die Anwesenheit von Pheromonen laut SCHLUP (1987) positiv auf die Eiablage rate auswirkt, lag die Eiablage rate hier vermutlich höher. Dies wird vor allem auch durch die durchschnittliche Zahl von 20 geschlüpften Larven pro Stammstück bei den Versuchen mit nur einem *T. femoralis*-Paar nahegelegt (Abb. 70).

Im Gegensatz zur Konkurrenz um Eiablageplätze könnte Futterkonkurrenz unter den adulten Ameisenbuntkäfern für eine geringere Eiablage rate verantwortlich sein. In Brutschrank-Versuchen wurde nämlich bei Paaren, die mit lediglich 0,5 Buchdruckern pro Tag und Individuum gefüttert worden waren, eine deutlich verminderte Eiablage rate gegenüber denjenigen Paaren festgestellt, die mit einem Buchdrucker pro Tag und Individuum versorgt worden waren. Legten jene 0,24 Eier pro Tag ab, so waren es bei diesen 1,06 pro Tag (s. Ergebnisse 11.3).

Als wahrscheinlichster Grund für die relativ geringe Reduktion von *I. typographus* bei drei *T. femoralis*-Paaren erscheint jedoch die larvale Konkurrenz. Vor allem bei den Mitte Mai besiedelten Stammstücken fanden sich viele Larven bereits Mitte Juni in den Fanggefäßen (Abb. 68). Diese Tiere waren im ersten oder zweiten Larvenstadium. Bei den Stammstücken mit drei *T. femoralis*-Paaren fanden sich nun fast doppelt so viele junge Larven (60 Stück) wie bei den Stammstücken mit nur einem *T. femoralis*-Paar (33 Stück). Diese Larven haben vermutlich die Rinde nach geeigneten, von anderen Ameisenbuntkäfer-Larven unbesetzten Buchdrucker-Brutsystemen abgesucht und sind dabei vom Stammstück heruntergefallen. Bei drei *T. femoralis*-Paaren pro Stammstück war dieser Abwanderungseffekt vermutlich größer, weil mehr Larven schlüpften. Hätten diese Larven die Möglichkeit gehabt, sich auf dem Stammstück zu entwickeln, wäre der Einfluss auf die Zahl geschlüpfter Buchdrucker bei den Stammstücken mit drei *T. femoralis*-Paaren sicherlich größer gewesen.

Neben der Verdrängung konkurrierender Larven ist natürlich bei hohen Larven-Dichten auch eine Dezimierung durch Kannibalismus möglich (s. OUNAP 1992). Larven, die durch Kannibalismus zu Tode kamen und Larven, die konkurrenzbedingt verhungert sind, tauchen natürlich auch nicht in den Fanggefäßen auf. Deshalb ist zu vermuten, dass die larvale Konkurrenz der Hauptgrund für die relativ geringe Zahl erfasster Larven bei den Stammstücken mit drei *T. femoralis*-Paaren ist.

### 10.3 Vergleich des Schlupfverlaufes von *Ips typographus* und des Abwanderungsverlaufes von *Thanasimus femoralis*-Larven

Der Schlupfverlauf von *I. typographus* und der Abwanderungsverlauf von *T. femoralis*-Larven zeigten einen relativ synchronen Verlauf (Abb. 71, Abb. 72). Dies lässt darauf schließen, dass die *T. femoralis*-Larven zum Großteil aus den Borkenkäfer-besiedelten Stämmen abwandern. Jüngere Larven tun dies, um sich neue Nahrungsquellen zu erschließen, ältere, um sich im Boden zu verpuppen. Tatsächlich fanden sich nach Abschluss des Versuches unter der Rinde der Stammstücke nur zwei Larven und zwei Puppen von *T. femoralis*. Die relativ große Anzahl an Larven, die sich bereits vor Beginn des *I. typographus*-Schlupfes in den Fanggefäßen fand, war, wie bereits erwähnt, vermutlich auf die Konkurrenz der Larven zurückzuführen.

Zwischen der Anzahl abgewanderter *T. femoralis*-Larven und der Anzahl geschlüpfter Buchdrucker bestand eine signifikante negative Korrelation ( $r_s = -0,797$ ; Abb. 73). Bei zunehmender *T. femoralis*-Larven-Dichte ist also eine Abnahme der Buchdrucker-Schlupfdichte festzustellen und dies, wie erwähnt, obwohl viele *T. femoralis*-Larven abwanderten, ohne ihre Entwicklung abgeschlossen zu haben.

Auch WESLIEN (1994) fand sowohl bei hohen wie bei niedrigen Buchdrucker-Dichten eine signifikante negative Korrelation zwischen den beiden Variablen *T. formicarius*-Larven/m<sup>2</sup> und geschlüpfte *I. typographus*/m<sup>2</sup>. Allerdings war der Zusammenhang bei der niedrigen Dichte schwächer (hohe Dichte:  $y = 4622 - 19,2x$ ;  $R^2 = 0,55$ ;  $p < 0,01$ ; niedrige Dichte:  $y = 2717 - 8,4x$ ;  $R^2 = 0,46$ ;  $p < 0,05$ ).

### 10.4 Muttergang-Dichte

Bei Anwesenheit von Ameisenbuntkäfern ist ein, wenn auch nicht signifikanter, Rückgang der Anzahl an Muttergängen von 29 Muttergängen/Stammstück auf etwa 16 Muttergänge/Stammstück festzustellen (Abb. 74). Dieser Rückgang könnte durch den Buchdrucker-Fraß der adulten Ameisenbuntkäfer hervorgerufen worden sein. Besonders die Anzahl an Buchdrucker-Weibchen wäre dadurch vermindert worden, denn die Männchen hätten durch eine rasche Einbohrung dem Fraß der Ameisenbuntkäfer eher entgehen können. Die Weibchen hingegen mussten warten, bis die Rammelkammern angelegt waren, blieben also als Beute für die Ameisenbuntkäfer länger verfügbar. Möglicherweise hätte man diesen Effekt durch späteres Einsetzen der Ameisenbuntkäfer-Paare in die Zuchtkäfige vermeiden können. WESLIEN & REGNANDER (1992), welche die Paare erst zwei Tage nach der Buchdrucker-Besiedlung eingesetzt hatten, fanden nämlich keinen so deutlichen Unterschied in der Muttergang-Anzahl zwischen Stammstücken mit und ohne *T. formicarius*.

Im Freiland ist im Gegensatz zum vorliegenden Experiment die Prädation der Buchdrucker-Männchen durch Ameisenbuntkäfer wahrscheinlicher als die der Weib-

chen, da die Ameisenbuntkäfer auf der Rinde umherlaufende und sich gerade einbohrende Männchen vermutlich besser erbeuten können als die später gezielt anfliegenden Weibchen, welche gleich in den Einbohrgängen verschwinden können.

Trotzdem die Anzahl der Muttergänge nicht exakt angegeben werden konnte, war eine signifikante positive Korrelation zwischen der Muttergang-Anzahl und der Anzahl geschlüpfter *I. typographus* festzustellen, was zu erwarten war (Abb. 75).

Die Anzahl an *T. femoralis*-Larven korrelierte nicht mit der Muttergang-Dichte, ein Zeichen dafür, dass die Ameisenbuntkäfer-Weibchen die Eiablagereate offenbar nicht adäquat an die Besiedlungsdichte der Beute anpassen können, sonst müsste man bei einem Anstieg der Zahl an Muttergängen auch einen Anstieg der Larven-Zahlen erwarten.

Eine signifikante negative Korrelation bestand zwischen der *T. femoralis*-Larven-Dichte und der Anzahl geschlüpfter *I. typographus* pro Muttergang ( $r_s = -0,832$ ; Abb. 76). Diese Beziehung war sogar noch etwas stärker als die zwischen *T. femoralis*-Larven-Dichte und *I. typographus*-Dichte ( $r_s = -0,797$ ; s. Ergebnisse 10.3).

## 11 Fraßkapazität, Eiablage und Larvenschlupf bei *Thanasimus femoralis* und *Thanasimus formicarius* in Abhängigkeit vom Beuteangebot

### 11.1 Fraßkapazität

Die Fraßkapazität von *T. femoralis*-Individuen wurde sowohl von der angebotenen Futtermenge wie von der Haltungsbedingung (einzeln/verpaart) signifikant beeinflusst (Tab. 36). Bei einem Beuteangebot von 0,5 *I. typographus*/Tag wurden nahezu alle Buchdrucker gefressen. Bei einem Angebot von 1 *I. typographus*/Tag verzehrten die Ameisenbuntkäfer 0,8 und bei einem Angebot von 3 *I. typographus*/Tag 1,0 Buchdrucker pro Tag und Individuum (Abb. 77). Dabei bestanden zwischen allen drei Gruppen signifikante Unterschiede. Die ermittelte Fraßrate von etwa einem Buchdrucker pro Tag für *T. femoralis* übersteigt deutlich die von HEIDGER (1994) für *T. formicarius* ermittelte Fraßrate von 0,3 *I. typographus* pro Tag bei gleichen Bedingungen (20°C/10°C Wechseltemperatur; Beuteangebot: 3 *I. typographus*/Tag). Selbst bei 25°C/15°C Wechseltemperatur und einer konstanten Temperatur von 20°C erreicht *T. formicarius* bei ihr nur eine Fraßkapazität von 0,5 bzw. 0,6 Buchdruckern pro Tag. WESLIEN & REGNANDER (1992) stellten für *T. formicarius* eine ähnlich niedrige Fraßkapazität wie HEIDGER (1994) fest. Bei ihnen fraßen *T. formicarius*-Paare im Mittel 0,86 *I. typographus*/Tag (also 0,43 pro Individuum) bei einem Angebot von 1,4 Buchdruckern pro Tag und einer konstanten Temperatur von 20°C. Dass dieser Unterschied nicht artbedingt ist, zeigen die vorliegenden Ergebnisse für *T. formicarius*, die ebenfalls bei einem Beuteangebot von 3 *I. typographus*/Tag eine Fraßmenge von ca. einem Buchdrucker pro Tag sowohl für Einzeltiere wie für Paare ausweisen.

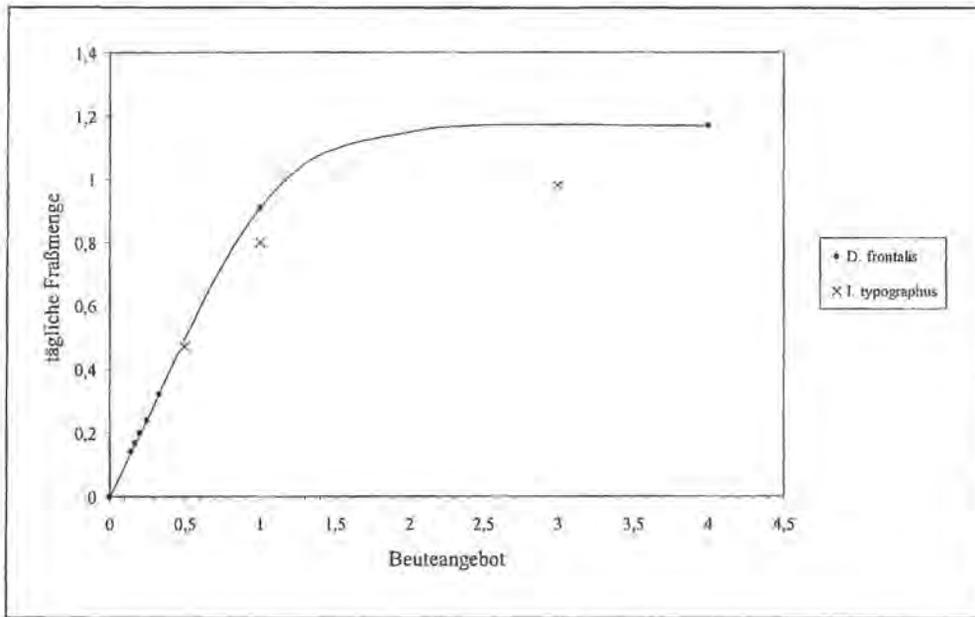


Abb. 137: Functional-response-Kurve für *T. dubius* / *T. femoralis* bei unterschiedlichem Beuteangebot (*D. frontalis* / *I. typographus*); [Daten für *T. dubius* aus TURNBOW et al. (1978)].

Ein möglicher Grund für diese differierenden Ergebnisse könnte die unterschiedliche Futterqualität sein. Zumindest HEIDGER (1994) hatte frisch geschlüpfte Buchdrucker aus einer Zucht verwendet, die vermutlich nahrhafter waren als die aus Pheromonfallen entnommenen Tiere in der vorliegenden Studie. So ermittelte BOHLANDER (1997) beispielsweise mehr als doppelt so hohe Lipidgehalte bei Zuchttieren als bei Freilandtieren von *I. typographus*, was die etwa halb so hohen Fraßraten bei HEIDGER (1994) und WESLIEN & REGNANDER (1992) erklären könnte.

Andererseits stimmen die vorgelegten Ergebnisse gut mit denen von TURNBOW et al. (1978) für *T. dubius* Fabr. überein. Dabei ist zu berücksichtigen, dass *T. dubius* etwas kleiner ist als *T. femoralis* (durchschnittliche Flügeldeckenlänge bei *T. dubius*: Männchen 4,5 mm; Weibchen 4,7 mm; bei *T. femoralis*: Männchen 4,9 mm; Weibchen 5,1 mm). Die Autoren hatten *T. dubius* mit unterschiedlichen Mengen von *Dendroctonus frontalis* Zimm. gefüttert. Die ermittelten Fraßraten bei einem Beuteangebot von 0,5, 1 und 3 *D. frontalis* pro Tag entsprachen im Mittel 0,46, 0,91 und 1,28 *D. frontalis*/Tag und *T. dubius*-Individuum. Die für *T. femoralis* errechneten Mittelwerte fügen sich sehr gut in die von TURNBOW et al. (1978) postulierte „functional response“-Kurve ein (Abb. 137). Allerdings tritt die Sättigung bei *T. femoralis* schon früher ein als bei *T. dubius*. Dies ist eventuell auf die geringere Größe und den damit verbundenen geringeren Nährwert der Beute bei *T. dubius* zurückzuführen (*D. frontalis*: 3 mm; *I. typographus*: 5 mm). Aber auch die höheren Haltungstemperaturen könnten bei *T. dubius* einen gesteigerten Energieverbrauch und folglich einen gesteigerten Nahrungsverbrauch hervorgerufen haben (Haltungstemperatur: 23,5°C ± 2,5°C; TURNBOW et al. 1978).

Auch der Einfluss des Geschlechtes auf die Fraßkapazität stellte sich bei *T. dubius* und *T. femoralis* ähnlich dar (Tab. 38). Bei einem Beuteangebot bis zu 1 *I. typographus* bzw. *D. frontalis* pro Tag unterschieden sich die Fraßraten wenig, bei höherem Beuteangebot hingegen

stärker. So fraßen die Männchen bei einem Beuteangebot von 3 Buchdruckern/Tag in der vorliegenden Untersuchung 0,8 Buchdrucker/Tag und die Weibchen 0,9 Buchdrucker/Tag. Die *T. dubius*-Männchen fraßen bei einem Angebot von 4 *D. frontalis*/Tag 1,17 *D. frontalis*/Tag, die Weibchen 1,36 *D. frontalis*/Tag. Die Unterschiede bei *T. dubius* waren dabei signifikant, die bei *T. femoralis* hingegen nicht.

Der gegenüber den Einzelindividuen signifikant höhere Beutekonsum der *T. femoralis*-Paare ist vermutlich durch den höheren Energieverbrauch für Samen- und Eiproduktion bei den Paaren bedingt (Abb. 78, Tab. 37). So haben beispielsweise nach TURNBOW et al. (1978) eierlegende Weibchen einen nahezu doppelt so hohen Beutekonsum wie nicht eierlegende.

Die maximale Lebensdauer von 146 Tagen für *T. femoralis*-Individuen liegt im Bereich des von HEIDGER (1994) errechneten Mittelwertes für Einzeltiere von *T. formicarius* (113 Tage). Dabei ist zu bedenken, dass die Vorgeschichte der Tiere in der vorliegenden Untersuchung nicht bekannt war. Für befruchtete Weibchen gibt HEIDGER (1994) eine durchschnittliche Lebensdauer von 281 Tagen (n=4) an. TURNBOW et al. (1978) ermittelten bei *T. dubius* Lebensdauern zwischen 9 und 262 Tagen.

## 11.2 Hungerversuch

Die im Hungerversuch getesteten *T. femoralis*-Weibchen starben im Mittel 13 Tage nach Beginn der Hungerphase. Für frisch geschlüpfte *T. dubius*-Individuen geben TURNBOW et al. (1978) eine Überlebensdauer von durchschnittlich 17,1 Tagen an (Haltungstemperatur: 23,5°C ± 2,5°C). Ameisenbuntkäfer können also offenbar durchaus zwei bis drei Wochen ohne Futteraufnahme überleben. Dies ist für die Käfer vor allem bei Schlechtwetterperioden oder geringeren Beutetierdichten von Nutzen. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Tiere in den Experimenten in Petrischalen gehalten wurden und deshalb relativ wenig mo-

bil waren. Vor allem ein Flug, welcher der Suche nach neuen Nahrungsquellen dient, verbraucht viel Energie (ZIEGLER 1999) und reduziert damit die Überlebensspanne im Freiland.

Das Gewicht hatte bei den untersuchten *T. femoralis*-Weibchen keinen Einfluss auf die Überlebensdauer (Abb. 79). Ähnliches gilt laut BOHLANDER (1997) auch für *I. typographus*. Das Gewicht spiegelt also offenbar auch bei *T. femoralis* nicht den energetischen Status des Tieres wieder.

### 11.3 Eiablage

Die maximal festgestellten Eizahlen pro Weibchen lagen für die beiden Ameisenbuntkäfer-Arten *T. formicarius* und *T. femoralis* mit 138 bzw. 144 Eiern ähnlich hoch. Auch hinsichtlich der durchschnittlichen Eiablagerraten unterschieden sich die beiden Arten nicht signifikant voneinander. Obwohl die Ameisenbuntkäfer aus Fallen entnommen worden waren, deren Vorgeschichte also nicht bekannt war, entsprachen diese Eizahlen in etwa den bei gleichen Bedingungen (20°C/10°C) für *T. formicarius* von HEIDGER (1994) ermittelten (maximal 159 Eier).

WESLIEN & REGNANDER (1992) geben hingegen mit 307 Eiern/Weibchen eine deutlich höhere maximale Eizahl für *T. formicarius* an. Auch die durchschnittliche Eizahl war bei diesen Autoren mit 162 Eiern/Weibchen deutlich höher als bei HEIDGER (1994) mit 106 Eiern/Weibchen. Zum einen könnten dafür die unterschiedlichen Haltungs-Bedingungen verantwortlich sein [HEIDGER (1994): 20°C/10°C, Hell-Dunkel-Wechsel; WESLIEN & REGNANDER (1992): 20°C konstant; 24 Stunden hell]. Dies ist jedoch unwahrscheinlich, da HEIDGER (1994) für Weibchen bei einer konstanten Temperatur von 20°C niedrigere Eizahlen angibt als für Weibchen bei 20°C/10°C Wechseltemperatur (beides allerdings bei Hell-Dunkel-Wechsel). Wahrscheinlicher erscheint ein Einfluss des angebotenen Eiablage-Substrates. WESLIEN & REGNANDER hatten nämlich 4 cm x 4 cm große Rindenstücke angeboten, während bei HEIDGER (1994) und auch in der vorliegenden Untersuchung lediglich die Petrischalen und das Filterpapier als Eiablageplätze zur Verfügung standen. Das natürliche Eiablagesubstrat erhöht also möglicherweise die Eiablagerrate. Zudem stimulierten Buchdrucker-Pheromone laut SCHLUP (1987) die Eiablage bei *T. formicarius*-Weibchen. Die Eiablagekapazität von Ameisenbuntkäfer-Weibchen ist also im Freiland sicherlich höher, als in den Laborexperimenten ermittelt wurde.

Das Beuteangebot zeigte einen signifikanten Einfluss auf die Eiablagerrate der Weibchen von *T. femoralis* (Tab. 39). Es wurde deutlich, dass die mit 0,5 *I. typographus*/Tag gefütterten Ameisenbuntkäfer-Weibchen am wenigsten Eier ablegten, die mit 1 *I. typographus*/Tag gefütterten am meisten (Abb. 81). Bei der geringen Futtermenge von 0,5 *I. typographus*/Tag hungerten die Weibchen offensichtlich. Hungern kann bei adulten Weibchen jedoch zu einer Absorption der sich entwickelnden Eier führen

(ZIEGLER 1999), was die geringere Eiablagerrate erklären würde.

Die Haltung hatte hingegen erstaunlicherweise keinen signifikanten Einfluss auf die Eiablagerrate (Tab. 39). Paarweise gehaltene Weibchen legten also nicht signifikant mehr Eier ab als einzeln gehaltene. Betrachtet man jedoch die Wechselwirkung der beiden Parameter, so zeigt sich, dass paarweise gehaltene Weibchen die mit 1 oder 3 *I. typographus*/Tag gefüttert worden waren mit 1,06 bzw. 0,62 Eiern/Tag deutlich höhere mittlere Eiablagerraten aufwiesen als paarweise gehaltene Weibchen mit einem Angebot von 0,5 *I. typographus*/Tag und einzeln gehaltene Weibchen, die lediglich zwischen 0,2 und 0,3 Eiern/Tag ablegten (Tab. 40). Folglich hat die Anwesenheit eines Männchens erst dann einen positiven Einfluss auf die Eiproduktion des Weibchens, wenn eine optimale Futterversorgung ( $\geq 1$  Buchdrucker/Tag) für das Weibchen gewährleistet ist. Warum allerdings die Eiablagerrate bei einem Beuteangebot von 1 *I. typographus*/Tag um so viel höher war als bei einem Beuteangebot von 3 *I. typographus*/Tag, ist ernährungsphysiologisch nicht plausibel. Denkbar wäre lediglich, dass das Weibchen bei einem Angebot von 3 *I. typographus* pro Tag durch die große Anzahl in der Petrischale umherlaufender Buchdrucker von der Eiablage abgehalten wird.

Da der Beutekonsum vom Beuteangebot abhängig ist, war auch für jenen ein Zusammenhang mit der Eiablagerrate festzustellen. Je mehr Buchdrucker gefressen wurden, desto mehr Eier wurden abgelegt. Es zeigte sich aber dennoch eine beachtliche Streuung der Eiablagerrate bei gleicher Fraßmenge (Abb. 82).

Wie sich die maximale Anzahl abgelegter Eier bei *T. formicarius* und *T. femoralis* glich, so glichen sich auch die Eiablagerraten der beiden Arten. Weder bei Einzeltieren noch bei Paaren zeigte sich diesbezüglich ein signifikanter Unterschied.

Die erste Eiablage fand bei *T. formicarius* frühestens 6, bei *T. femoralis* frühestens 5 Tage nach der ersten beobachteten Kopulation mit einem Männchen statt. TURNBOW et al. (1978) geben für *T. dubius* ebenfalls einen Zeitraum von 4 bis 5 Tagen zwischen Paarung und Eiablage an. Bei *T. formicarius* betrug der minimale Zeitraum laut HEIDGER (1994) 11 Tage bei 25°C/15°C Wechseltemperatur. HEIDGER (1994) hatte jedoch Weibchen verwendet, die aus der Puppe geschlüpft waren und dann mit Männchen verpaart wurden. Bei ihr sind also in den 11 Tagen von der Paarung bis zur Eiablage möglicherweise Tage enthalten, in denen bei den Weibchen noch eine Gonadenreifung stattfand. Bei den Weibchen, die in der vorliegenden Untersuchung 5 bzw. 6 Tage von der Paarung bis zur Eiablage brauchten ist demgegenüber davon auszugehen, dass die Gonadenreifung schon abgeschlossen war. Etwa 5 Tage würde also die Eireifungszeit betragen, was, wie gesagt, mit der Zeit bei *T. dubius* übereinstimmen würde.

Die Anwesenheit eines Männchens machte sich bei den *T. femoralis*-Weibchen in einer Verkürzung der Zeit bis zur Eiablage bemerkbar (Tab. 41). Im Mittel legten diese Weibchen 21 Tage nach der ersten Paarung Eier ab,

also eine Woche früher als die Weibchen, die nach der Paarung einzeln gehalten worden waren und erst nach 29 Tagen die ersten Eier ablegten. Wiederholte Kopulationen sind also für *T. femoralis* von Vorteil und ermöglichen eine kontinuierliche Eiablage. Deshalb verminderte sich bei den über längere Zeit verpaart gehaltenen Weibchen auch die Zeitspanne, die vom Tod des Männchens bis zur nächstfolgenden Eiablage bestand (Tab. 42). Beuteangebot und Ameisenbunkäfer-Art hatten auf diese Zeitspanne wiederum keinen Einfluss.

Leider ist bei den zwei Weibchen, welche 106 Tage nach dem Fang bzw. 117 Tage nach dem Tod des Männchens Eier ablegten, nicht bekannt, ob diese befruchtet waren oder nicht, da diese Eier nicht weiter bebrütet wurden. Die Möglichkeit, dass die Eier befruchtet waren, besteht jedoch durchaus. Zum einen konnten nämlich Larven bei *T. femoralis* und *T. formicarius* aus Eiern schlüpfen, die 47 bzw. 38 Tage nach dem Tod des Männchens gelegt worden waren. Zum anderen konnte ein am 13. August 1997 gefangenes *T. femoralis*-Weibchen am 12. März 1998 28 Eier ablegen, aus denen am 27. März 1998 17 Larven schlüpften. Dieses Weibchen hatte seit dem Fang keinen Männchen-Kontakt und wurde vom 10. November 1997 bis zum 20. Februar 1998 im Freien überwintert. Hier waren also, selbst abzüglich der Überwinterungszeit, über hundert Tage bis zur Eiablage vergangen.

Die Weibchen können also offensichtlich die Spermien der Männchen über sehr lange Zeit speichern und befruchtungsfähig erhalten.

Im Mittel legten *T. femoralis*-Weibchen die letzten Eier 43 Tage, also etwa 1,5 Monate nach dem Tod der Männchen ab. Signifikante Unterschiede bezüglich Haltung, Beuteangebot und Art ergaben sich nicht (Tab. 43). Somit könnten viele der einmal befruchteten Ameisenbunkäfer-Weibchen die Zeit bis zur nächsten Buchdrucker-Generation (-2 Monate) ohne Männchenkontakt überbrücken.

#### 11.4 Dynamik der Eiablage

Dass die Eiablage, wie bereits erwähnt, über lange Zeit nach dem Tod des Männchens aufrecht erhalten werden kann, bedeutet nicht zwangsläufig, dass auch die Eiablagrate (Eier pro Zeiteinheit) vor und nach dem Tod des Männchens gleich ist. Offensichtlich ist dies jedoch der Fall und zwar sowohl bei Betrachtung des Zeitraumes vom Fang bis zum Tod des Weibchens, als auch bei Betrachtung des Zeitraumes von der ersten bis zur letzten Eiablage (Tab. 44, Tab. 45). Bei zwei Weibchen, die mehrere Wochen mit einem Männchen zusammen waren, war erst etwa einen Monat nach dem Tod des Männchens eine Abflachung der Eiablage-Kurve gegenüber einem anderen Weibchen zu beobachten, welches bis zum Tod Männchenkontakt hatte (Abb. 83 bis Abb. 85). Ist also ein Weibchen längere Zeit mit einem Männchen zusammen und sind damit mehrmalige Kopulationen möglich, so kann das Weibchen die Eiablagrate ohne Männchen-Kontakt mindestens einen Monat lang uneingeschränkt aufrecht erhalten. Im Freiland

ist natürlich die mehrmalige Kopulation mit verschiedenen Männchen wahrscheinlicher als die mehrmalige Kopulation mit nur einem Männchen.

#### 11.5 Entwicklungsdauer der Eier und Larvenschlupf

Die Entwicklungsdauer der Eier war für *T. femoralis* mit 15,0 Tagen signifikant kürzer als für *T. formicarius* mit 17,5 Tagen (Abb. 86). Diese Zahlen liegen im Bereich der von HEIDGER (1994) bei 20°C/10°C für *T. formicarius* angegebenen Schlupfzeit von 16,5 Tagen. Möglicherweise ist diese geringere Entwicklungsdauer bei *T. femoralis* eine Anpassung an die niedrigeren Temperaturen von Gebirgs-Habitaten (s. Diskussion 4.2.2). TURNBOW & FRANKLIN (1980) geben für *T. dubius* bei einer konstanten Temperatur von 15°C 32 Tage, bei konstant 20°C 10 Tage als Schlupfzeit an, was für die Wechseltemperatur 20°C/10°C vermutlich auf einen ähnlich langen Schlupfzeitraum hinauslaufen würde.

Die Schlupfrate war im Vergleich mit anderen Studien recht niedrig. So gibt HEIDGER (1994) bei 20°C/10°C Wechseltemperatur eine Schlupfrate von 53 % an, die in der vorliegenden Untersuchung mit 45 % nur annähernd von den *T. formicarius*-Eizelltieren erreicht wurde (Tab. 46). Dabei mag jedoch einen Einfluss gehabt haben, dass HEIDGER (1994) die Petrischalen mit den Eiern in einem Karton aufbewahrte, während sie in der vorliegenden Untersuchung dem Licht-Dunkel-Wechsel ausgesetzt waren. TURNBOW & FRANKLIN (1980) geben für alle Temperaturen unter 35°C eine Schlupfrate von 100 % für *T. dubius* an. Dabei wurde jedoch die Luftfeuchte zwischen 50 % und 70 % gehalten. Bei HEIDGER (1994) und in der vorliegenden Untersuchung wurde die Luftfeuchtigkeit hingegen nicht kontrolliert. Demgegenüber gibt BERRYMAN (1966) für *Enoclerus lecontei* bei 20°C lediglich eine Schlupfrate von 20 % an.

Deutlich wird der Einfluss des Beuteangebotes auf die Schlupfrate der Eier. Sowohl bei Einzeltieren als auch bei Paaren von *T. femoralis* war die Schlupfrate bei den Tieren, die mit lediglich 0,5 *I. typographus* pro Tag und Individuum gefüttert worden waren, um etwa 10 % niedriger als bei den Tieren mit höherem Beuteangebot (Tab. 46). Da die Weibchen große Mengen an Energie und Reserven in die Eier investieren müssen (ZIEGLER 1999), ist es wahrscheinlich, dass die Eiern gut genährter Weibchen mehr Reservestoffe enthalten und sich deshalb auch besser entwickeln können.

Auch die längere Anwesenheit eines Männchens übte offenbar einen positiven Einfluss auf die Schlupfrate aus. So war die Schlupfrate der Eier bei *T. femoralis*-Paaren, unabhängig vom Beuteangebot, in etwa 10 % höher als bei Einzeltieren. Die einzeln gehaltenen Weibchen legten also möglicherweise unbefruchtete Eier ab, die nicht zur Entwicklung kamen. Bei *T. formicarius* war dieser „Paar-Effekt“ nicht vorhanden, was jedoch dadurch bedingt sein könnte, dass ein Weibchen der einzeln gehaltenen Tiere aus dem Freiland entnommen wurde. Dieses Weibchen hatte eventuell schon öfter kopuliert und legte deshalb viele Eier (135 der 238 Eier), die eine hohe Schlupfrate (70 %) aufwiesen.

## 12 Gewichtsvergleich bei Männchen und Weibchen von *Thanasimus* sp.

Sowohl bei *T. femoralis* als auch bei *T. formicarius* waren die Weibchen deutlich schwerer als die Männchen, im Mittel um 9 mg bzw. 7 mg (Abb. 81). Für *T. femoralis* war dieser Unterschied signifikant. Trotz des höheren Gewichtes mussten die Weibchen nur unwesentlich mehr Nahrung aufnehmen als die Männchen (s. Tab. 38). So wird beispielsweise bei einem Angebot von 3 *I. typographus*/Tag in einem Zeitraum von 12 Tagen von einem Weibchen im Mittel ein Buchdrucker mehr gefressen als von einem Männchen. Für die Art *T. dubius* stellten TURNBOW et al. (1978) bei eierlegenden Weibchen einen signifikant höheren Beutekonsum fest als bei nicht eierlegenden Weibchen und bei diesen wiederum einen signifikant höheren als bei Männchen. Der Energiebedarf für die Eiproduktion scheint im Vergleich dazu bei *T. femoralis* nicht so hoch zu sein, da hier selbst zwischen Männchen und eierlegenden Weibchen kein Unterschied bestand (nahezu alle berücksichtigten Weibchen legten Eier ab).

Ein weiterer Grund für den geringen Unterschied in der Fraßmenge könnte aber auch in der etwas besseren Futtermittelverwertung der Weibchen bestehen (s. Diskussion 13).

## 13 Futtermittelverwertung bei adulten *Thanasimus femoralis* und *Thanasimus formicarius* im Vergleich

Die beiden Ameisenbuntkäfer-Arten unterschieden sich weder hinsichtlich des Gewichtes noch hinsichtlich der Fraßzeit und der Gewichtszunahme beim Verzehr eines Buchdruckers signifikant voneinander (Abb. 88, Abb. 89). *T. femoralis*-Individuen brauchten zwar zum Fressen eines Buchdruckers 15 Minuten weniger und konnten dabei prozentual 2,4 % mehr an Gewicht zulegen, die Futtermittelverwertung scheint aber dennoch bei beiden Arten ähnlich effizient zu sein. Wäre dies der Fall, so sollten Individuen beider Arten auch einen ähnlichen Futtermittelverbrauch haben. Genau dies zeigen die Fraßversuche, die keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Arten in der Anzahl gefressener *I. typographus*/Tag erbrachten (s. Ergebnisse 11.1).

Auch Männchen und Weibchen beider Arten unterschieden sich bezüglich der Gewichtszunahme und der Fraßzeit nicht signifikant voneinander (Tab. 47). Bei beiden Arten nahmen die Weibchen jedoch bei geringerer Fraßzeit im Mittel stärker an Gewicht zu, d. h. sie verzehrten von der Beute etwas mehr als die Männchen. Dies könnte auf eine etwas bessere Futtermittelverwertung bei den Weibchen hindeuten.

## 14 Größenvergleich bei Männchen und Weibchen von *Thanasimus* sp.

Der Größenvergleich der Geschlechter erbrachte, im Gegensatz zum Gewicht, für *T. femoralis* im Nationalpark Berchtesgaden keine signifikanten Unterschiede (Abb. 91). Dies ist im Zusammenhang mit dem Beutekonsum interessant. Waren nämlich im Nationalpark

Berchtesgaden weder in der Größe noch im Beutekonsum signifikante Unterschiede festzustellen, so fanden TURNBOW et al. (1978) für *T. dubius* in beiden Fällen Signifikanzen. Die Größe scheint also wesentlicher für den Beutekonsum zu sein als das Geschlecht. Dies wird auch von TURNBOW et al. (1978) gestützt, die bei *T. dubius*-Individuen, welche größer als der Durchschnitt waren, einen signifikant höheren Beutekonsum ermittelten als bei Individuen, welche kleiner als der Durchschnitt waren. Möglicherweise konnte deshalb bei den Weibchen aus dem Nationalpark Bayerischer Wald ein höherer Beutekonsum festgestellt werden als bei den Männchen aus dem Nationalpark Bayerischer Wald, da sich dort die Geschlechter in der Körpergröße signifikant unterschieden (Abb. 91). Außerdem fressen *T. femoralis* aus dem Nationalpark Berchtesgaden eventuell generell mehr als *T. femoralis* aus dem Nationalpark Bayerischer Wald, da erstgenannte signifikant größer waren.

## 15 Genetische Strukturen in Populationen von *Thanasimus* sp. in Hoch- und Tieflage

Sowohl die Hoch- als auch die Tieflagen-Population von *T. femoralis* zeigte 1997 an mehreren Genorten signifikante Abweichungen von der Hardy-Weinberg-Verteilung. An drei Genorten (ALP, FBP, GPI) traf dies für beide Lagen zu, am Genort PGM nur für die Hochlage (Tab. 51). Diese Abweichungen beruhten auf einem Heterozygoten-Defizit, welches für die Loci ALP, FBP, GPI, IDH und PGM sowohl in der Hoch- als auch in der Tieflage festgestellt wurde.

1997 konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Genotypen-Häufigkeiten in Hoch- und Tieflagen-Population gefunden werden, 1998 wurden derartige Unterschiede für IDH und GPI festgestellt (Tab. 52, Tab. 57). Auch GRUPPE (1997), der *I. typographus* aus dem Nationalpark Berchtesgaden untersucht hatte, wies dort signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen-Häufigkeiten in Hoch- und Tieflagen-Population nach.

Die mittleren Heterozygotiegrade wiesen in der Untersuchung von GRUPPE (1997) und der vorliegenden ähnliche Werte auf und waren in der Hochlage niedriger als in der Tieflage (Tab. 53). Der mittlere Heterozygotiegrad für *I. typographus* war in der Hochlage 0,175 (Varianz: 0,038) und in der Tieflage 0,256 (0,053) für *T. femoralis* 1997 0,160 (0,064) bzw. 0,231 (0,092). Auch die Varianzen waren in beiden Fällen in der Hochlage niedriger. Ähnliches gilt für die 1998 untersuchten *T. femoralis*-Individuen. Auch hier war die mittlere Heterozygotie der Hochlagen-Population niedriger (0,388) als die der Tieflagen-Population (0,491; Tab. 58). Auch zeigten beide Populationen einen geringeren Heterozygotie-Grad als nach Hardy-Weinberg zu erwarten gewesen wäre. Alle Werte der mittleren Heterozygotie waren jedoch 1998 deutlich höher als 1997. Außerdem wurde 1998 nur an einem Genort (PGM Tieflage) eine signifikante Abweichung der Genotypen-Häufigkeit von der Hardy-Weinberg-Verteilung festgestellt (Tab. 56). Im Gegensatz

dazu zeigt die *T. femoralis*-Hochlagen-Population aus dem Nationalpark Bayerischer Wald eine signifikante Abweichung von der Hardy-Weinberg-Verteilung an den Genorten IDH und PGM (Tab. 61). Bei PGM war also im Nationalpark Berchtesgaden 1997 (Hochlage) und 1998 (Tiefelage) sowie im Nationalpark Bayerischer Wald 1998 (Hochlage) eine derartige Abweichung zu beobachten. Diese Abweichungen beruhten auf einem Heterozygoten-Defizit an den jeweiligen Gen-Orten.

In der Hochlage des Nationalparks Berchtesgaden war sowohl 1997 wie 1998 die Differenz zwischen beobachteter und erwarteter Heterozygotie größer als in der Tiefelage (Hochlage: Differenz > 0,12; Tiefelage: Differenz < 0,10; Tab. 53, Tab. 58). Auch die Hochlagenpopulation aus dem Nationalpark Bayerischer Wald zeigt eine ähnlich große Differenz wie die Hochlagen-Population im Nationalpark Berchtesgaden (Tab. 62).

Ein Unterschied zwischen Hoch- und Tiefelage scheint also sowohl für den Räuber (*T. femoralis*) als auch für die Beute (*I. typographus*) zu bestehen. Für den Borkenkäfer *Dendroctonus ponderosae* fanden STOCK et al. (1992) eine Zunahme der Heterozygotie bei natürlichem und experimentellem Stress. Dieser umweltbedingte Stress ist in der Tiefelage für *I. typographus* sicher größer, da hier z. B. stärkere Temperaturschwankungen auftreten. So waren bei den Temperaturmessungen im Mai 1997 sowohl die höchsten als auch die niedrigsten Temperaturen in der Tiefelage gemessen worden (s. Abb. 55). Die Nahrungspflanze des Buchdruckers, die Fichte, ist ebenfalls in der Tiefelage nicht so gut angepasst wie in der Hochlage, dem natürlichen Verbreitungsschwerpunkt der Fichte. Eine schlechte Anpassung der Fichten ist zudem dadurch gegeben, dass in der Vergangenheit für Neuanpflanzungen häufig nicht autochthones Saat- und Pflanzgut verwendet wurde (FREYER, pers. Mitt.). Populationen mit einem höheren Heterozygotiegrad können auf diese unterschiedlichen Umweltbedingungen flexibler reagieren. *T. femoralis* teilt nun im Entwicklungsstadium das Habitat Fichtenrinde mit *I. typographus*, ist also dort den gleichen Bedingungen ausgesetzt. Die adulten *T. femoralis* reagieren spezifisch auf die Buchdrucker-Pheromone (TOMMERAS & MUSTAPARTA 1985) und müssen, wie die adulten Buchdrucker, befallsdisponierte Fichten aufsuchen. Insofern ist der Räuber ähnlichen Selektionsfaktoren unterworfen wie die Beute, und eine geringere Fitness der Beute (v.a. *I. typographus*-Larven) hat, durch Verschlechterung der Nahrungsqualität, vermutlich auch eine reduzierte Räuber-Fitness (*Thanasimus* sp.-Larven) zur Folge. Andererseits ist *T. femoralis* nicht allein auf *I. typographus* als Beute spezialisiert, kann also auf andere Beutetiere ausweichen (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994). Die Nahrungsquantität und -qualität ist für *I. typographus* in der Tiefelage (untypische Fichtenstandorte) im Vergleich zur Hochlage vermutlich heterogener als für *T. femoralis* (Beutetiere). Dies könnte dafür verantwortlich sein, dass *T. femoralis* in der Genotypen-Häufigkeit keine signifikanten Unterschiede zwischen Hoch- und Tiefelage aufwies. *I. typographus* ist wohl auch generell etwas anpassungsfähiger, denn *T. femoralis* zeigte etwas

geringere mittlere Heterozygotie-Werte und eine stärkere Abweichung vom erwarteten Heterozygotie-Wert als *I. typographus* (Tab. 53).

Die Mittelwerte der Inzuchtkoeffizienten ergaben einen hohen Wert innerhalb der Populationen ( $F_{is}=0,367$ ), aber einen geringen zwischen den Populationen ( $F_{st}=0,044$ ; Tab. 54). Der geringe  $F_{st}$ -Wert bewegte sich im Bereich von 0,01 bis 0,15, und ist somit für Käfer nicht untypisch (McCAULEY & EANES 1987). Niedrige Werte deuten hier auf hohe Vagilität und sporadische Verteilung der Ressource hin (ROWELL-RAHIER 1992, WAINHOUSE & JUKES 1997). Für *I. typographus* war dieser Wert noch geringer, ein Hinweis darauf, dass, wie oben beschrieben, die Ressource für *I. typographus* sporadischer verteilt ist als für *T. femoralis* ( $F_{st}=0,011$  für acht *I. typographus*-Populationen; GRUPPE, pers. Mitt.). Ein hoher  $F_{is}$ -Wert, wie er für *T. femoralis* beobachtet wurde, weist auf eine hohe genetische Differenzierung innerhalb der Population hin (ROWELL-RAHIER 1992).

## 16 Artbestimmung bei *Thanasimus* sp.-Larven mit Hilfe der Elektrophorese

Die Artbestimmung der *Thanasimus* sp.-Larven aus Stammstücken und stehend befallenen Fichten erbrachte erstaunliche Ergebnisse. Anders als in den Pheromonfallen dominierte nicht *T. femoralis*, sondern *T. formicarius* (Tab. 64). Bei den Stammstücken betrug der Anteil an *T. femoralis*-Larven 1,5 %, bei den stehend befallenen Fichten 13,8 %. Dies ist nahezu eine Umkehrung der Zahlenverhältnisse in den Pheromonfallen, wo der *T. femoralis*-Anteil in allen Jahren mehr als 90 % betrug (s. Ergebnisse 4.2.2, Abb. 35, Abb. 36). Ein Hinweis darauf, dass die ermittelten Werte realistisch sind, gibt die Arten-Zusammensetzung der adulten Ameisenbunkkäfer, die sich in den Stammstücken entwickelt hatten. Hier betrug der *T. femoralis*-Anteil 10 % (10 *T. formicarius*-Individuen, 1 *T. femoralis*-Individuum; entsprechend 0,33 *T. formicarius*/m<sup>2</sup> und 0,03 *T. femoralis*/m<sup>2</sup>, s. Anhang Tab. 94). Von den vier adulten Ameisenbunkkäfern, die sich unter der Rinde der stehend befallenen Fichten entwickelt hatten, gehörten 2 der Art *T. formicarius* und 2 der Art *T. femoralis* an (50 % *T. femoralis*-Anteil; Tab. 115). Die höheren *T. femoralis*-Anteile bei den adulten Käfern sind möglicherweise auf eine kürzere Entwicklungszeit von *T. femoralis* zurückzuführen (in Laborversuchen war zumindest die Eireifungszeit von *T. femoralis* signifikant kürzer; s. Ergebnisse 11.5).

Wie bereits diskutiert, wird der hohe *T. femoralis*-Anteil in den Pheromonfallen vermutlich durch die Pheromon-Zusammensetzung in den Pheroprax®-Dispensern verursacht (s. Diskussion 4.2.2). Umso erstaunlicher ist deshalb der niedrigere Anteil von *T. femoralis*-Larven unter der Rinde von Stammstücken und stehend befallenen Fichten, zumal ja an Stammstücken und stehenden Fichten mit Pheroprax® beködert wurde. Es ist also anzunehmen, dass *T. femoralis* sowohl zu den Stammstücken als auch zu den stehenden Fichten gelockt wurde. Es steht auch außer Frage, dass *T. femoralis*-Larven sich in Fichten-Stammstücken entwickeln kön-

nen, die ausschließlich mit *I. typographus* besiedelt waren; dies wurde in den Labor-Experimenten nachgewiesen (s. Ergebnisse 10). Ohne die Anwesenheit von *T. formicarius* wäre es somit vermutlich zu einer stärkeren Besiedelung der Rindenflächen durch *T. femoralis*-Larven gekommen. *T. formicarius* muss also an den Stammstücken und den stehend befallenen Fichten, trotz der Pheroprax®-Beköderung, deutliche Konkurrenz-Vorteile gegenüber *T. femoralis* gehabt haben.

Ein derartiger Vorteil könnte darin bestehen, dass *T. formicarius*-Adulti verstärkt an die Stammstücke und stehenden Fichten angelockt werden. Möglicherweise werden die *T. formicarius*-Adulti von den natürlichen Buchdrucker-Pheromonen deutlich stärker angezogen als die *T. femoralis*-Adulti. Auch eine verstärkte Anlockung von *T. formicarius* durch Rinden-Inhaltsstoffe (die in den Fallen fehlen), eventuell in Kombination mit den Pheromonen, wäre denkbar. Diesem Szenario folgend, würde man erstens postulieren, dass die *T. formicarius*-Populationsdichte im Nationalpark Berchtesgaden deutlich höher ist als die von *T. femoralis* und zweitens, dass es in den Pheromonfallen lediglich zu einer künstlichen Anreicherung von *T. femoralis* kommt, die durch die Pheromon-Zusammensetzung bedingt ist (s. Diskussion 4.2.2).

Einen weiteren Vorteil von *T. formicarius* könnte eine bessere Konkurrenzkraft der *T. formicarius*-Weibchen bei der Suche nach Eiablageplätzen oder eine bessere Konkurrenzkraft der *T. formicarius*-Larven gegenüber den *T. femoralis*-Larven darstellen. Derartige Konkurrenz-Vorteile könnten allein oder in Zusammenwirkung mit den oben genannten Vorteilen zu den höheren *T. formicarius*-Anteilen beigetragen haben. Auf etwas bessere Entwicklung von *T. formicarius*-Larven in Buchdrucker-besiedelten Stammstücken weisen möglicherweise die Abwanderungs-Zahlen im Labor hin (s. Ergebnisse 16, Tab. 63). Hier waren bei Zugabe nur eines *T. formicarius*-Paars 18 Larven des 2. und 3. Larvenstadiums abgewandert, bei der Zugabe von 2 *T. femoralis*-Paaren jedoch nur 15 bzw. 10 Larven.

Das seltene Auftreten von *T. femoralis*-Larven in Stammstücken (Anteil 1,5 %) im Vergleich zu stehend befallenen Fichten (Anteil 13,8 %) könnte dadurch hervorgerufen worden sein, dass in den Stammstücken mehrere andere Borkenkäfer-Arten zahlreich vertreten waren, in den Rindenproben hingegen nicht. So ist beispielsweise bekannt, dass *T. formicarius* auch (+)-Lineatin, das Pheromon von *X. lineatus*, wahrnehmen kann (TOMMERAS & MUSTAPARTA 1985) und offenbar sehr sensibel auf dieses Pheromon reagiert (s. Diskussion 4.2.2). Auch waren in den Stammstücken am Standort Wimbach, an dem die wenigsten *H. palliatus* und auch relativ wenige *X. lineatus* vorkamen, relativ viele *T. femoralis*-Larven vorhanden. Andererseits waren am Standort Wimbach die meisten *I. typographus*- und die meisten *D. autographus*-Individuen zu finden (s. Ergebnisse 17.2.2, Tab. 67). Die Anwesenheit bestimmter Borkenkäfer-Arten lockt also möglicherweise vermehrt *T. formicarius* an bzw. begünstigt dessen Entwicklung gegenüber *T. femoralis*.

Die verstärkte Anlockung von *T. formicarius* wäre aber ebenso durch baumbürtige Duftstoffe möglich. Ein derartiger Duftstoff ist Ethanol, eine Substanz, die für *X. lineatus* und *H. palliatus* lockwirksam ist (KLIMETZEK & VITÉ 1989).

## 17 Besiedelung von unterschiedlich lange exponierten Stammstücken durch *Ips typographus*, dessen Antagonisten und andere Arthropoden

### 17.1 Schlupfzahlen verschiedener Arthropodengruppen

Die Stammstücke an den vier Standorten Archenkopf, Wimbach, Herrenröint und Schapbach unterschieden sich schon hinsichtlich der Besiedelungsdichte der Arthropoden. Am dichtesten besiedelt waren die Stammstücke am Standort Archenkopf, wo zwischen 1484 (2 Wochen Expositionszeit = 2W) und 3218 Arthropoden (8W) schlüpften (Anhang, Tab. 86 bis Tab. 106). Die geringsten Arthropoden-Zahlen wies der Standort Schapbach auf, wo nur zwischen 727 (8W) und 858 (4W) Arthropoden schlüpften. Pro Stammstück lag die Spanne also rechnerisch zwischen 145 (Schapbach, 8W) und 644 (Archenkopf, 8W) Arthropoden. Die Besiedelungsdichte war somit niedriger als bei einer vergleichbaren Untersuchung von WESLIEN (1992), der eine Besiedelung von etwa 1000 Arthropoden pro Stammstück nachwies. Zudem war die zur Verfügung stehende Rindenfläche bei WESLIEN mit durchschnittlich 0,35 m<sup>2</sup> geringer als in der vorliegenden Studie (0,47 m<sup>2</sup>; Anhang, Tab. 85). Berücksichtigt man zusätzlich, dass die in Stammstücken des Nationalparks Berchtesgaden dritthäufigste Arthropoden-Art (*Xyloterus lineatus* Ol.; Anhang, Tab. 86) kein Rindenbesiedler ist, so verringert sich die Dichte der rindenbesiedelnden Arthropoden noch einmal deutlich (bei WESLIEN 1992 traten keine holzbesiedelnden Arthropoden auf).

### 17.2 Borkenkäfer

Die Unterschiede in der Besiedelungsdichte zwischen der vorliegenden Untersuchung und der Arbeit von WESLIEN (1992) erklären sich vermutlich vornehmlich aus der unterschiedlichen Besiedelungsdynamik in den beiden Studien. Bei WESLIEN (1992) war nämlich die Besiedelung der Stammstücke durch *I. typographus* wesentlich dichter als im Nationalpark Berchtesgaden (2 Wochen exponierte Stammstücke: 2686 *I. typographus*/m<sup>2</sup> bei WESLIEN 1992, 193 *I. typographus*/m<sup>2</sup> im Nationalpark Berchtesgaden; Tab. 66). Andererseits war die *I. typographus*-Dichte in den Stammstücken aber ähnlich hoch, wie die der im Labor mit *I. typographus* und *T. femoralis* besetzten Stammstücke (Labor: durchschnittlich 227 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; s. Ergebnisse 10.1).

Der Anteil von *I. typographus* am Gesamtfang der Arthropoden betrug bei WESLIEN 87 % (1W), 46 % (4W) bzw. 19 % (8W), während im Nationalpark Berchtesgaden der maximale Anteil bei 71 % (Wimbach, 2W) und

der minimale Anteil bei 5 % (Archenkopf, 8W) lag. Lediglich die *I. typographus*-Anteile in den 4 Wochen exponierten Stammstücken an den Standorten Wimbach und Schapbach (50 % bzw. 41 %) waren ähnlich hoch wie bei WESLIEN. Nicht verwunderlich ist, dass die Kontroll-Stammstücke (0 Wochen Expositionszeit = 0W), zu denen andere Arthropoden keinen Zugang hatten, in beiden Untersuchungen vergleichbare *I. typographus*-Anteile erbrachten (99 % bei WESLIEN bzw. 91 % im Nationalpark Berchtesgaden).

Die effektive Besiedelung durch *I. typographus* bei WESLIEN wird auch dadurch deutlich, dass der Großteil der anderen Arthropoden in den 4 und 8 Wochen exponierten Stammstücken von („mindestens zwei“) *Crypturgus*-Arten gestellt wird. Diese Arten machen bei WESLIEN 36 % (4W) bzw. 41 % (8W) der Arthropoden aus, leben jedoch meist in den Gangsystemen anderer Borkenkäfer (KOCH 1989, 1989, 1992). Deshalb stellen sie für *I. typographus* sicherlich auch keine so große Brutraum-Konkurrenz dar, wie die in den Stammstücken des Nationalparks Berchtesgaden häufige, rindenbrütende Art *Hylurgops palliatus* Gyll.. Diese feuchtigkeitsliebende Borkenkäfer-Art besiedelt gerne Stämme und feuchtes Meterholz, besonders in schattiger Lage (BRAUNS 1991). *H. palliatus* war mehr oder weniger gleichmäßig zu allen Expositionszeiten vertreten (Tab. 65, Tab. 66). Das zahlreiche Auftreten bereits bei den 2 Wochen exponierten Stammstücken deutet darauf hin, dass die Stammstücke bereits zu Beginn stark besiedelt wurden. Da *H. palliatus* ein Frühschwärmer ist (POSTNER 1974), konnte die Art die Ressource zu diesem Zeitpunkt sicherlich optimal nutzen. Möglicherweise waren also die Stammstücke bereits kurz nach der Aufstellung im Freiland recht feucht. Auf die Bevorzugung unterschiedlicher Substratbedingungen von *I. typographus* und *H. palliatus* könnte auch die negative Korrelation zwischen diesen beiden Arten in den 2 Wochen exponierten Stammstücken hinweisen ( $r_s = -0,636^{**}$ ; Tab. 68).

Auf eine erhöhte Substrat-Feuchte würde auch der starke Befall durch den Nutzhholzborkenkäfer (*Xyloterus lineatus*) hindeuten. Dieser Borkenkäfer wird zwar, wie der Buchdrucker, von  $\alpha$ -Pinen angezogen, benötigt aber zur Auslösung des Einbohrverhaltens Ethanol (KLIMETZEK & VITÉ 1989). Die Bildung von Ethanol ist wiederum stark mit dem Feuchtegehalt verbunden (Fermentationsprodukt vernässender Stämme). Der optimale Feuchtegehalt für *X. lineatus* war offenbar erst nach zweiwöchiger Lagerung der Stammstücke erreicht, denn *X. lineatus* trat signifikant häufiger in den 4 und 8 Wochen exponierten Stammstücken auf (Tab. 66). Die positive Korrelation von *H. palliatus* und *X. lineatus* in den 4 Wochen exponierten Stammstücken unterstreicht die beschriebene Vorliebe der beiden Arten für ähnliche Substratbedingungen ( $r_s = 0,556^*$ ; Tab. 68).

Die nach *I. typographus*, *H. palliatus* und *X. lineatus* vierthäufigste Arthropoden-Art ist *Dryocoetes autographus* Ratz., wiederum ein rindenbrütender Borkenkäfer, der gerne feuchte Rindenbereiche befällt (POSTNER 1974). Wie *X. lineatus* tritt diese Art vornehmlich in den

bereits längere Zeit exponierten Stammstücken auf. 4 Wochen exponierte Stammstücke wurden signifikant häufiger besiedelt als 2 Wochen exponierte und 8 Wochen exponierte Stammstücke wiederum signifikant häufiger als 4 Wochen exponierte (Tab. 66). Nach POSTNER (1974) ist *D. autographus* ein Spätschwärmer, der Mitte bis Ende Mai schwärmt. Ein stärkerer Anflug an die Stammstücke erfolgte aber erst im Juni, möglicherweise, weil die Flugzeit aufgrund der Höhenlage verzögert war, vermutlich aber vor allem, weil die Substratbedingungen erst zu dieser Zeit optimal (feucht) waren.

*H. palliatus*, *X. lineatus* und *D. autographus* sind Arten, die in der Borkenkäfer-Sukzession i. d. R. erst nach einer Primär-Besiedelung der Bäume durch *I. typographus* bzw. *P. chalcographus* erscheinen (BRAUNS 1991, POSTNER 1974). Die Stammstücke stellen also eine Besiedelungs-Situation dar, wie sie normalerweise erst im Jahr nach einem Buchdrucker-Primärbefall auftritt. Dies wird auch in der Arbeit von KÖHLER et al. (unveröffentlicht) deutlich. Im Jahr nach dem Stehendbefall durch *I. typographus* waren dort in einer Fichte mit Hilfe eines Eklektors neben 2300 *C. cinereus* auch 700 *H. palliatus*, 600 *X. lineatus*, 300 *D. autographus* und 80 *I. typographus* nachgewiesen worden.

Diese spezielle Besiedelungs-Situation wird auch durch die im Vergleich zu den stehend befallenen Fichten geringe Schlupfrate von *I. typographus* veranschaulicht. Selbst die in den stehenden Fichten am schwächsten besiedelten, untersten Stammabschnitte (Höhe 1) wiesen noch eine höhere Schlupfrate auf (214 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; Tab. 73) als die am stärksten besiedelten, 2 Wochen exponierten Stammstücke (193 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; Tab. 66). Die maximale Schlupfrate einzelner Stammstücke erreichte mit 453 *I. typographus*/m<sup>2</sup> (Anhang; Tab. 86) lediglich ein Drittel der maximalen Schlupfrate in Rindenproben (1700 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; Anhang, Tab. 112). Die maximale Schlupfrate der Stammstücke lag sogar noch unter der durchschnittlichen Schlupfrate der stehend befallenen Fichten in den Höhen 2 und 3 (560 bzw. 581 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; Tab. 73).

Ein signifikanter Einfluss des Standortes auf die Fangzahlen von *I. typographus* war zwar gegeben, konnte in Einzelvergleichen aber nicht präzisiert werden (Tab. 67). Es ist jedoch offensichtlich, dass die Stammstücke in der Ruhezone (Wimbach, Archenkopf) mehr *I. typographus* enthielten als jene in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone (Herrenroint, Schapbach). Hier wäre also eine Reduzierung der Borkenkäfer-Dichte durch die Borkenkäfer-Bekämpfungsmaßnahmen denkbar.

*H. palliatus* und *X. lineatus* traten an den höher gelegenen Standorten Archenkopf und Herrenroint häufiger auf als an den tiefer gelegenen Standorten Schapbach und Wimbach. Dabei waren jeweils die Schlupfraten der Standorte Archenkopf, Schapbach und Wimbach signifikant voneinander verschieden (Tab. 67). Die Standorte Archenkopf und Herrenroint liegen aber auch relativ nahe beisammen (Entfernung: 1,1 km), so dass möglicherweise nicht allein die Meereshöhe, sondern der

höhere regionale Bestand der Arten für die stärkere Besiedelung verantwortlich war.

Neben den zwei genannten Arten treten auch die weit- aus selteneren Borkenkäferarten *Crypturgus pusillus* Gyll. (Raumparasit), *Hylastes cunicularius* Er. (Eiablage meist an Stöcke im ersten Abbaustadium) und *Hylurgops glabratus* Zett. (Begleitart oder Nachfolger des Buchdruckers) etwas häufiger an den beiden höher gelegenen Standorten auf (Anhang Tab. 87). Bei *H. glabratus* könnte dies mit der Meereshöhe zusammenhängen, da die Art montan bis subalpin verbreitet ist (KOCH 1989, 1989, 1992). Als weitere Borkenkäfer-Arten treten vereinzelt *Orthothomicus laricis* F. (ausgesprochen sekundär), *Pityogenes chalcographus* L. (Begleiter des Buchdruckers), *Pityophthorus pityographus* Ratz. (in Ästen) und *Polygraphus poligraphus* L. (vorwiegend in Gebirgsrevieren) auf (Anhang Tab. 86, Tab. 87; Angaben in Klammern nach BRAUNS 1991). Das im Vergleich zu WESLIEN (1992) zahlenmäßig geringe Auftreten des Kupferstechers (*P. chalcographus*), weist erneut auf die mangelnde Eignung der Stammstücke für Primärbesiedler hin, zumal selbst die dünnrindigeren Stammstücke (Höhe 5) kaum besiedelt waren (Anhang Tab. 87).

### 17.3 Antagonisten

Den Einfluss der Antagonisten auf die Besiedelungsdichte des Buchdruckers zu beurteilen, fällt aufgrund der oben geschilderten Besiedelung der Stammstücke relativ schwer. Dies liegt daran, dass kaum einer der Antagonisten auf den Buchdrucker spezialisiert ist. Die meisten der Räuber und Parasitoide haben zumindest *Hylurgops palliatus* mit in ihrem Beute- bzw. Wirtsspektrum. Viele Räuber nehmen als Beute sogar *Xyloterus lineatus* an (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994, s. Tab. 81 und Tab. 82). Es ist deshalb anzunehmen, dass viele der Räuber und Parasitoide die Stammstücke nicht allein wegen des Buchdruckers, sondern auch wegen der anderen Borkenkäfer-Arten besiedelt haben. Dafür sprechen vor allem die positiven Korrelationen der Schlupfdichten verschiedener räuberischer Coleopteren mit den Schlupfdichten von *H. palliatus* und *X. lineatus* (Tab. 68, Tab. 69, Tab. 70; Korrelation von *H. palliatus* mit: Summe *Eपुरaea* sp.  $r_s=0,757^{**}$ ; Summe Rhizophagidae  $r_s=0,645^{**}$  (2W);  $r_s=0,601^{**}$  (8W); Summe Staphylinidae  $r_s=0,684^{**}$  (8W); Summe scolytidophage Staphylinidae  $r_s=0,680^{**}$  (8W); Korrelation von *X. lineatus* mit: *Thanasimus* sp.-Larven  $r_s=0,540^*$  (2W); Summe *Eपुरaea* sp.  $r_s=0,641^{**}$  (4W),

Tab. 81: Beutetiere, die von Räubern in den exponierten Stammstücken genutzt werden konnten (Angaben nach NIERHAUS-WUNDERWALD 1994, KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974 und KOLBE 1997)

Räuber	potentielle Beute
<i>Plegaderus saucius</i> Er. Staphylinidae <i>Phloeonomus pusillus</i> Grav. <i>Quedius plagiatulus</i> Mannh. <i>Placusa tachyporoides</i> Waltl <i>Leptusa pulchella</i> Mannh. <i>Leptusa ruficollis</i> Er.	Nadelbaum-Scolytidae Käfer und Larven leben von verschiedenen Bk. bes. Borkenkäfer der Gattung <i>Ips</i> bes. Larven von <i>I. armitinus</i> , aber auch andere Bk. besonders <i>I. typographus</i> , aber auch andere Bk. verschiedene Bk. Scolytidae
<i>Thanasimus fomicarius</i> L. <i>Thanasimus rufipes</i> (Brahm) [= <i>T. femoralis</i> Zett.]	Ameisenbuntkäfer-Larven fressen Eier, Larven und Puppen von <i>I. typographus</i> , <i>X. lineatus</i> , <i>P. chalcographus</i> , <i>P. poligraphus</i> u. a. Bk.; adulte Ameisenbuntkäfer jagen schwärmende Bk.
viele <i>Eपुरaea</i> -Arten <i>Eपुरaea boreella</i> Zett. <i>Eपुरaea pusilla</i> Ill. <i>Eपुरaea pygmaea</i> Gyll. <i>Glischrochilus quadripunctatus</i> L. <i>Pityophagus ferrugineus</i> L.	<i>X. lineatus</i> , <i>H. palliatus</i> u. a. Bk. <i>I. typographus</i> , sowie bei anderen Nadel- und Laubholzscolytidae <i>I. typographus</i> , sowie bei anderen Nadelholzscolytidae <i>I. typographus</i> <i>I. typographus</i> u. a. Bk. <i>I. typographus</i> u. a. Bk.
Rhizophagidae <i>Rhizophagus ferrugineus</i> Payk. <i>Rhizophagus dispar</i> Payk. <i>Rhizophagus bipustulatus</i> F. <i>Rhizophagus nitidulus</i> F.	Larven und Altkäfer in Borkenkäfergängen von Rinden- und Holzbrütern bes. <i>I. typographus</i> , aber auch andere Bk. bes. <i>I. typographus</i> und <i>I. armitinus</i> Eichh., aber auch <i>H. palliatus</i> und andere Bk. <i>I. typographus</i> , sowie andere Nadel- und Laubholzscolytidae Scolytidae
<i>Silvanus bidentatus</i> F.	Scolytidae
<i>Hypophloeus linearis</i> F.	verschiedene Scolytidae
<i>Medetera</i> sp. <i>Phaonia</i> sp. Lonchaeidae Stratiomyidae	<i>I. typographus</i> u. a. Bk. <i>P. gobertii</i> : <i>I. typographus</i> u. a. Bk. verschiedene Bk. Larven und Puppen von <i>I. typographus</i>
Raphidioptera	<i>I. typographus</i> u. a. Bk.
Anthocoridae	<i>Scoloposcelis pulchella</i> Zett., <i>Xylocoris cursitans</i> L.: <i>I. typographus</i> , <i>P. chalcographus</i> u. a. Bk.

Abkürzungen: Bk. = Borkenkäfer-Arten; bes. = besonders; u. a. = und andere.

**Tab. 82: Wirtstiere, die von Parasitoiden in den exponierten Stammstücken genutzt werden konnten (Angaben nach NIERHAUS-WUNDERWALD 1994 bzw. nach KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974)**

Parasitoid	potentieller Wirt
<i>Rhopalicus tutela</i> Walk.	v.a. <i>I. typographus</i> , aber auch <i>H. palliatus</i> , <i>D. autographus</i> , <i>P. chalcographus</i> , <i>P. poligraphus</i> u. a. Bk.
<i>Cosmophorus klugii</i> Ratz.	<i>I. typographus</i> , <i>H. palliatus</i> , <i>P. poligraphus</i> u. a. Bk.
<i>Roctrocerus xylophagorum</i> Ratz.	<i>I. typographus</i> , <i>D. autographus</i> , <i>P. chalcographus</i> , <i>P. poligraphus</i> u. a. Bk.
<i>Tomicrobia seitneri</i> Ruschka	<i>I. typographus</i> u. a. Ips-Arten

Abkürzungen: Bk. = Borkenkäfer-Arten; bes. = besonders; u. a. = und andere.

$r_s=0,539^*$  (8W); Summe Rhizophagidae  $r_s=0,608^{**}$  (4W); Summe Staphylinidae  $r_s=0,686^{***}$  (8W); Summe scolytidophage Staphylinidae  $r_s=0,625^{***}$  (8W)]. Es ist davon auszugehen, dass hohe Antagonisten-Dichten durch hohe Beutedichten hervorgerufen worden sind, denn wo mehr Beutetiere vorhanden sind, können sich auch mehr Antagonisten entwickeln. Dies wurde auch für verschiedene Antagonisten-Gruppen in stehend befallenen Fichten angenommen (s. Diskussion 18.2.3).

Dennoch ist eine Reduktion der Buchdrucker-Dichte durch Antagonisten wahrscheinlich. Aus den 8 Wochen exponierten Stammstücken waren nämlich signifikant weniger Buchdrucker geschlüpft als aus den 2 und 4 Wochen exponierten (Tab. 66). Dies könnte einerseits auf interspezifische Brutraumkonkurrenz zurückzuführen sein, andererseits aber auch auf Antagonisten.

Als Konkurrenten kommen v. a. die Arten *H. palliatus* und *D. autographus* in Frage. Da *H. palliatus* zu allen Expositionszeiten in gleicher Dichte auftrat, ist der Rückgang von *I. typographus* vermutlich nicht auf diese Art zurückzuführen. *D. autographus* kommt zwar in den 8 Wochen exponierten Stammstücke signifikant häufiger vor als in den 2 bzw. 4 Wochen exponierten, diese erst spät einsetzende Besiedelung macht aber eine direkte Konkurrenz unwahrscheinlich. Zum Zeitpunkt der verstärkt einsetzenden Besiedelung durch *D. autographus* dürften nämlich die Buchdrucker-Larven schon relativ weit entwickelt und damit gegenüber den *D. autographus*-Larven relativ konkurrenzstark gewesen sein. Denkbar ist lediglich, dass sich nach 4 Wochen die Bedingungen unter der Rinde für die *I. typographus*-Brut zunehmend verschlechterten. Der zunehmende Feuchtegehalt der Rinde, der *D. autographus* und *X. lineatus* förderte (s. o.), könnte zum Tod von *I. typographus*-Brut geführt haben.

Für einen Einfluss der Antagonisten spricht das verstärkte Auftreten verschiedener Antagonisten-Gruppen in den 8 Wochen exponierten Stammstücken. So waren die Summe der Rhizophagidae, Rhizophagidae-Larven, Summe *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* und die Summe der Hymenoptera in diesen Stammstücken signifikant am häufigsten. Auch die Gattung *Eपुरaea*, die *Thanasimus* sp.-Larven, die Summe der scolytidophagen Staphylinidae und die Summe der scolytidophagen Coleoptera (o. *Eपुरaea* sp., Rhizoph., Staphyl.) erreichten dort die höchsten Individuenzahlen (Tab. 66). Diese Antagonisten könnten somit in ihrer Gesamtheit zur Re-

duktion der Buchdrucker-Zahl entscheidend beigetragen haben. Am stärksten erhöhte sich dabei die Dichte der Summe der Rhizophagidae und der Summe der Rhizophagidae-Larven, die gegenüber den 4 Wochen exponierten Stammstücken um 28 bzw. 31 Individuen/m<sup>2</sup> zunahm. Die Zahl der *Eपुरaea*-Individuen erhöhte sich dagegen um 7/m<sup>2</sup>, die der Summe der scolytidophagen Staphylinidae und der Summe der scolytidophagen Coleoptera (o. *Eपुरaea* sp., Rhizoph., Staphyl.) um jeweils 4/m<sup>2</sup>, die der *Thanasimus* sp.-Larven um 3/m<sup>2</sup> und die der Summe *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* und der Summe der Hymenoptera um jeweils 7/m<sup>2</sup>. Die Zahl der Buchdrucker ging pro Stammstück demgegenüber um 140 Individuen pro Stammstück zurück (Tab. 66). Demnach müsste man einen Beutekonsum von lediglich 2 Buchdrucker-Stadien pro Prädator-Individuum [*Rhizophagus* sp., *Eपुरaea* sp., scolytidophage Staphylinidae, scolytidophage Coleoptera (o. *Eपुरaea* sp., Rhizoph., Staphyl.), *Thanasimus* sp.-Larve] annehmen, um den Rückgang der Buchdrucker-Zahlen allein durch die zusätzliche Anwesenheit der Prädatoren und Parasitoide zu erklären [1 Parasitoid hat 1 Buchdrucker vernichtet! => (2\*77 Prädatoren) + 7 Parasitoide = 161 abgetötete Buchdrucker-Stadien].

Das eben geschilderte Szenario korrespondiert gut mit den Ergebnissen von WESLIEN (1992). Dieser hatte einen Rückgang von 850 *I. typographus* von den 4 zu den 8 Wochen exponierten Stammstücken festgestellt. Die Parasitoide von *I. typographus* wären dabei für einen Rückgang von 420 *I. typographus* verantwortlich (420 Parasitoide). 430 Buchdrucker müssten demnach von Prädatoren gefressen worden sein. Insgesamt gibt WESLIEN eine Erhöhung um insgesamt 215 Prädatoren an, was mal 2 genommen 430 abgetöteten Buchdruckern entspräche [Zunahme um 12 große Prädatoren (*Thanasimus*, *Quedius*, *Nudobius*), 19 kleine Prädatoren (11 *Medetera*; 8 *Rhizophagus*, *Plegaderus*, *Chernes), 94 kleine Staphylinidae, 26 *Eपुरaea*, 64 *Lonchaea*].*

Ogleich natürlich berücksichtigt werden muss, dass die Fraßkapazitäten der Prädatoren unterschiedlich sind, macht der Vergleich der beiden Arbeiten doch deutlich, dass das Verhältnis der Anzahl zusätzlicher Prädatoren zur Anzahl der verminderten Buchdrucker in etwa gleich ist.

Demgegenüber ist jedoch die Zusammensetzung des Antagonisten-Spektrums in beiden Studien recht unterschiedlich. Bei WESLIEN (1992) dominierten in den 8

Wochen exponierten Stammstücken zahlenmäßig die parasitoiden Hymenoptera, gefolgt von Staphylinidae-Larven (v.a. *Leptusa pulchella*), *Medetera* sp. (Dolichopodidae), *Lonchaea*- (Lonchaeidae) und *Epuraea*-Larven. *Rhizophagus* sp. spielte hier nahezu keine Rolle. Im Nationalpark Berchtesgaden dominierte diese Käfergattung hingegen, gefolgt von *Epuraea* sp., *Thanasimus* sp.-Larven, Stratiomyidae-Larven, Hymenoptera und Staphylinidae. Bei den Staphylinidae fiel auf, dass die ausgewiesenen Scolytiden-Räuber deutlich häufiger waren als die übrigen Arten (s. Anhang, Tab. 90, Tab. 91, Tab. 92).

Die übrigen Arthropoden-Gruppen waren im Nationalpark Berchtesgaden nur in geringen Stückzahlen vertreten. Vor allem die als Buchdrucker-Antagonisten bedeutsamen *Medetera*-Arten (LAWSON et al. 1997, NAGEL & FITZGERALD 1975, NICOLAI 1995a und 1995b, NUORTEVA 1959 und 1968) waren recht spärlich vertreten. Dies könnte darin begründet liegen, dass die Arten dieser Gattung nicht erfasst wurden, weil sie vornehmlich als Puppen unter der Rinde überwintern (WESLIEN 1992). Gleiches gilt für *Lonchaea* sp.. Untermauert wird diese Vermutung durch das zahlreiche Auftreten von Larven und Puppen dieser beiden Gattungen unter der Rinde der stehend befallenen Fichten (s. Tab. 121 und Tab. 123). Nach Aussage von SCHACHT, Zoologische Staatssammlung München, gehören drei von ihm bestimmten *Medetera* sp.-Weibchen der Standorte Wimbach (1 Weibchen) und Archenkopf (2 Weibchen) zur Art *M. signaticornis* Loew.; ein viertes Weibchen (Standort Herrenrönt) konnte er nicht bestimmen.

Für einzelne Hymenoptera-Arten ist ein derartiges Überliegen ebenfalls möglich (*Tomicrobia seitneri*, WESLIEN 1992). Die im Nationalpark Berchtesgaden häufigste Art (*Rhopalicus tutela*) schlüpft hingegen nach WESLIEN (1992) zu fast 100 % noch im selben Jahr, weshalb die Hymenopteren-Zahlen nicht wesentlich verfälscht worden sein dürften. Der Schlupf der Hymenoptera erfolgte signifikant häufiger aus den 8 Wochen exponierten Stammstücken als aus den 2 und 4 Wochen exponierten. Da viele parasitische Hymenopteren die Buchdrucker-Brut erst in späten Larven- oder frühen Puppenstadien parasitieren (WESLIEN 1992), können sie in den zwei und vier Wochen exponierten Stammstücken noch keine geeigneten Stadien vorfinden. Deshalb fanden auch WESLIEN (1992) und LAWSON et al. (1997) (bei *I. typographus japonicus* Nijima) die höchsten Parasitoid-Dichten in Stammstücken, die länger als vier Wochen exponiert waren. Die drei Arten *R. tutela*, *C. klugii*, *T. seitneri* waren in ihrer Summe an den tiefer gelegenen Standorten (Wimbach, Schapbach) signifikant häufiger vorhanden als an den höher gelegenen Standorten (Archenkopf, Herrenrönt). Auch bei der Summe der Hymenoptera deutet sich eine derartige Tendenz an (Tab. 67). Möglicherweise hat also die Höhenlage Einfluss auf den Parasitierungsgrad.

Um abzuschätzen, wie stark die *I. typographus*-Schlupfzahlen beeinflusst werden, kann ein Vergleich zwischen den 2 und 8 Wochen exponierten Stamm-

stücken dienen. Die Schlupfrate ging in den 8 Wochen exponierten Stammstücken gegenüber den 2 Wochen exponierten um 78 % zurück (von 193 auf 43 *I. typographus*/m<sup>2</sup>). An den Standorten schwankte dieser Rückgang zwischen 64 % (Schapbach) und 88 % (Wimbach). Interessant ist dabei, dass der Standort Wimbach die geringste *H. palliatus*-Besiedelung, gleichzeitig aber die stärkste Besiedelung mit Hymenopteren sowie den größten *I. typographus*-Rückgang aufwies (Tab. 67).

Ein Vergleich der Schlupfzahlen der Kontroll-Stammstücke mit den 8 Wochen exponierten Stammstücken ist wegen der starken Besiedelung der exponierten Stammstücke mit *H. palliatus* wenig sinnvoll, denn der dort sichtbar werdende Rückgang der Schlupfdichte um 90 % könnte wesentlich durch die Konkurrenz von *H. palliatus* hervorgerufen worden sein.

WESLIEN (1992) errechnete innerhalb von 8 Wochen einen Rückgang der *I. typographus*-Produktivität von 83 % (Differenz von 0 Wochen und 8 Wochen exponierten Stammstücken). Dabei unterschied sich die Brutdichte (Muttergänge/m<sup>2</sup>) der Stammstücke nicht voneinander. MILLS (1985, 1986) errechnet für *I. typographus* eine durch Parasiten und Prädatoren hervorgerufene Mortalität von durchschnittlich 61 % (Parasitische Hymenoptera: 37 %, *Thanasimus* sp.-Larven: 18 %, *Medetera* sp.-Larven: 4 %). LINIT & STEPHEN (1983) ermittelten bei *Dendroctonus frontalis* Zimmermann einen Produktivitätsrückgang von 82 %. Bis zu 28 % des Rückgangs führen LINIT & STEPHEN dabei auf Parasiten und Prädatoren zurück. LAWSON et al. (1997) errechneten für *I. typographus japonicus* 15 % bis 18 % Rückgang durch Antagonisten. Ausschluss von Prädatoren und Parasiten führte bei MILLER (1986) und RILEY & GOYER (1986) zur Reduktion der *Ips calligraphus* Gemar- bzw. *Ips* spp. (*I. calligraphus*, *I. avulsus* Eichhoff, *I. grandicollis* Eichhoff)-Dichte von 30 % bis 40 %. Neben Antagonisten führten Bockkäfer-Larven laut MILLER (1986) zu etwa 50 % Mortalität bei *I. calligraphus*, so dass dieser Autor eine Gesamtmortalität von 89 % errechnete. Auch in den Labor-Experimenten der vorliegenden Studie wurde allein durch *T. femoralis* ein deutlicher Rückgang der *I. typographus*-Dichte hervorgerufen (70 % bzw. 79 %; s. Ergebnisse 10.1)

Diese Zahlen machen deutlich, dass der in der vorliegenden Arbeit ermittelte Rückgang der Schlupfzahlen von *I. typographus* nur zum Teil, vermutlich aber zu einem nicht unwesentlichen Teil, durch das Wirken von Antagonisten zu erklären ist.

#### 17.4 *Thanasimus* sp.-Larven

*Thanasimus* sp.-Larven waren, wie erwähnt, eine wichtige Antagonisten-Gruppe in den Stammstücken. Die Besiedelungsdichten der *Thanasimus* sp.-Larven stiegen zwar mit zunehmender Expositionszeit an, unterschieden sich aber nicht signifikant voneinander (2W: 13,9; 4W: 16,4; 8W: 19,3 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>; Tab. 66). Einen leichten Anstieg der Larven-Zahlen von 4 auf 8 Wochen Expositionszeit (s. o.) ermittelte auch WESLIEN (1992). Aus 1 Woche (!) lang exponierten Stamm-

stücken schlüpften bei ihm jedoch keine Ameisenbuntkäfer-Larven. Offenbar ist also eine Woche Expositionszeit für die adäquate Besiedelung durch Ameisenbuntkäfer noch nicht ausreichend. Hingegen berichten LAWSON et al. (1997) über ein bereits in der ersten Woche einsetzendes Auftreten von *Thanasimus substriatus*-Larven in *I. typographus japonicus*-Fraßbildern. Diese Autoren bestätigen außerdem das mehr oder weniger gleichmäßige Auftreten der Ameisenbuntkäfer-Larven über einen Zeitraum von 7 Wochen (Expositionszeit: 1, 2, 3, 4, 5, 6 bzw. 7 Wochen). Sicher scheint zu sein, dass zwei Wochen Expositionszeit, wie in der vorliegenden Studie, den Ameisenbuntkäfern ausreichenden Zugang zu den Stammstücken gewähren.

Da die Ameisenbuntkäfer durch künstliche (Pheroprax®) und natürliche Pheromone angelockt wurden, konnten sie mehr oder weniger gleichzeitig mit *I. typographus* Eier ablegen. Deshalb waren die Larven-Zahlen schon bei den zwei Wochen exponierten Stammstücke recht hoch. Offensichtlich fand in den nächsten Wochen der Exposition keine nennenswerte, zusätzliche Besiedelung durch *I. typographus* mehr statt (s. o.), wodurch auch kein zusätzliches Buchdrucker-Beuteangebot für *Thanasimus* sp. entstand. Da die Erst-Larven von *Thanasimus* sp. auf junge Borkenkäfer-Larven angewiesen sind, könnten nur neu angelegte Borkenkäfer-Bruten zu einer Erhöhung der *Thanasimus* sp.-Larven-Dichte in den länger exponierten Stammstücken beitragen. Die Zahl der rindenbrütenden Borkenkäfer (v. a. *I. typographus*, *H. palliatus* und *D. autographus*) blieb aber über die 8 Wochen hinweg ebenfalls konstant (Tab. 66), so dass für die Ameisenbuntkäfer-Larven kein zusätzliches Angebot an Rindenbrüter-Brut entstand. Obwohl *T. formicarius* das Pheromon von *X. lineatus* wahrnehmen kann (s. Diskussion 4.2.2), konnten die Ameisenbuntkäfer offenbar nicht von der starken *X. lineatus*-Besiedelung in den 4 und 8 Wochen exponierten Stammstücken profitieren. Für eine stärkere Bindung der Ameisenbuntkäfer an *I. typographus* spricht auch der Befund, dass die Ameisenbuntkäfer-Larven an den Standorten besonders zahlreich waren, an denen die Buchdrucker-Dichten am höchsten waren (Archenkopf und Wimbach; Tab. 67). Interessant ist auch, dass sich in den Stammstücken des Standortes Archenkopf und den stehend befallenen Fichten sowohl die Besiedlungsdichten der Summe der Rindenbrüter glichen (~500 Rindenbrüter/m<sup>2</sup>) als auch die Besiedlungsdichten der *Thanasimus* sp.-Larven (~23 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>). Im Gebiet Archenkopf/Archenkanzel (wo die meisten der stehend befallenen Fichten standen) war das Verhältnis Rindenbrüter/*Thanasimus* sp.-Larven bei Stammstücken und stehend befallenen Fichten also ähnlich, obwohl die Zusammensetzung der Borkenkäfer-Arten unterschiedlich war (stehend befallene Fichten: *I. typographus* dominierend; Stammstücke: *I. typographus* und *H. palliatus*).

Ein signifikanter Unterschied im Auftreten von Ameisenbuntkäfer-Larven fand sich zwischen den beiden Ruhezone-Standorten (Wimbach und Archenkopf) und dem Standort Schapbach (Abb. 96, Tab. 67). Aus diesen

Stammstücken in der Ruhezone schlüpften nahezu dreimal so viele Ameisenbuntkäfer-Larven wie aus den Schapbach-Stammstücken. Obwohl nicht signifikant, waren auch die Schlupfraten der Herrenrönt-Stammstücke deutlich niedriger als die der Stammstücke in der Ruhezone. In den Stammstücken der Ruhezone wurden also sowohl mehr Buchdrucker als auch, zum Teil signifikant, mehr *Thanasimus* sp.-Larven produziert als in den Stammstücken der Borkenkäfer-Bekämpfungszone. Zumindest für *Thanasimus* sp. bestätigt sich also die Tendenz, die aus dem Vergleich der Pheromonfallen-Fangzahlen der Schüttalpel- und Schapbach-Profile abgeleitet wurde (höhere Ameisenbuntkäfer-Dichten in der Ruhezone; s. Diskussion 6.1). Außerdem wird deutlich, dass offenbar die Buchdrucker-Dichte die Ameisenbuntkäfer-Dichte steuert und nicht umgekehrt, sonst müssten bei hohen Ameisenbuntkäfer-Zahlen niedrige Buchdrucker-Dichten auftreten und bei niedrigen Ameisenbuntkäfer-Zahlen hohe Buchdrucker-Dichten.

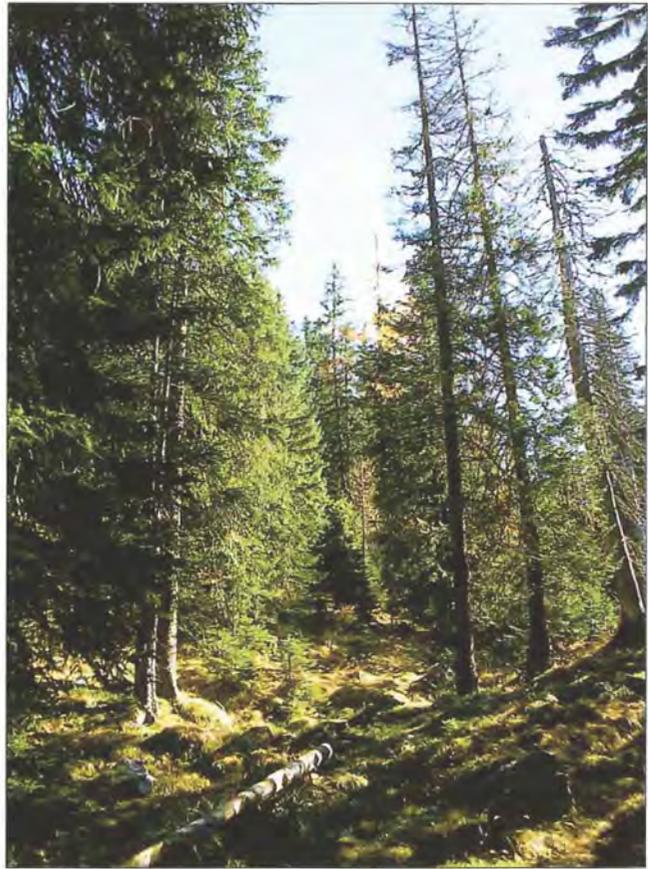
Die Larvenzahlen in den Stammstücken lagen deutlich niedriger als die in den Laborversuchen ermittelten Larvenzahlen (MW Stammstücke: 16,5 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>; MW Labor: 57,1 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>; s. Ergebnisse 10.2). Diese geringere Schlupfzahl kann durch die verschiedensten Faktoren hervorgerufen worden sein. Die wichtigsten sind sicherlich die ungünstigeren Witterungsbedingungen und die größere interspezifische Konkurrenz im Freiland. Außerdem konnten bei Stammstücken keine *Thanasimus* sp.-Larven im ersten Stadium registriert werden, sondern nur Larven im zweiten und dritten Stadium, was zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Larvenzahl pro Stammstück in den Freiland-Experimenten geführt haben dürfte. Dennoch waren die Schlupfzahlen höher als bei ähnlichen Experimenten von WESLIEN (1992) in Zentral-Schweden, der ebenfalls nach einer dreijährigen Borkenkäfer-Gradation Stammstücke mit Pheromonen beködert hatte. Er ermittelte maximal 12 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup> (maximal 4,2 Larven/Stammstück; Rindenfläche im Durchschnitt 0,35 m<sup>2</sup>), eine Dichte, die unter dem Mittelwert für die exponierten Stammstücke liegt (16,5 Ameisenbuntkäfer-Larven/m<sup>2</sup>; Tab. 103).

### 17.5 Sonstige Arthropoden

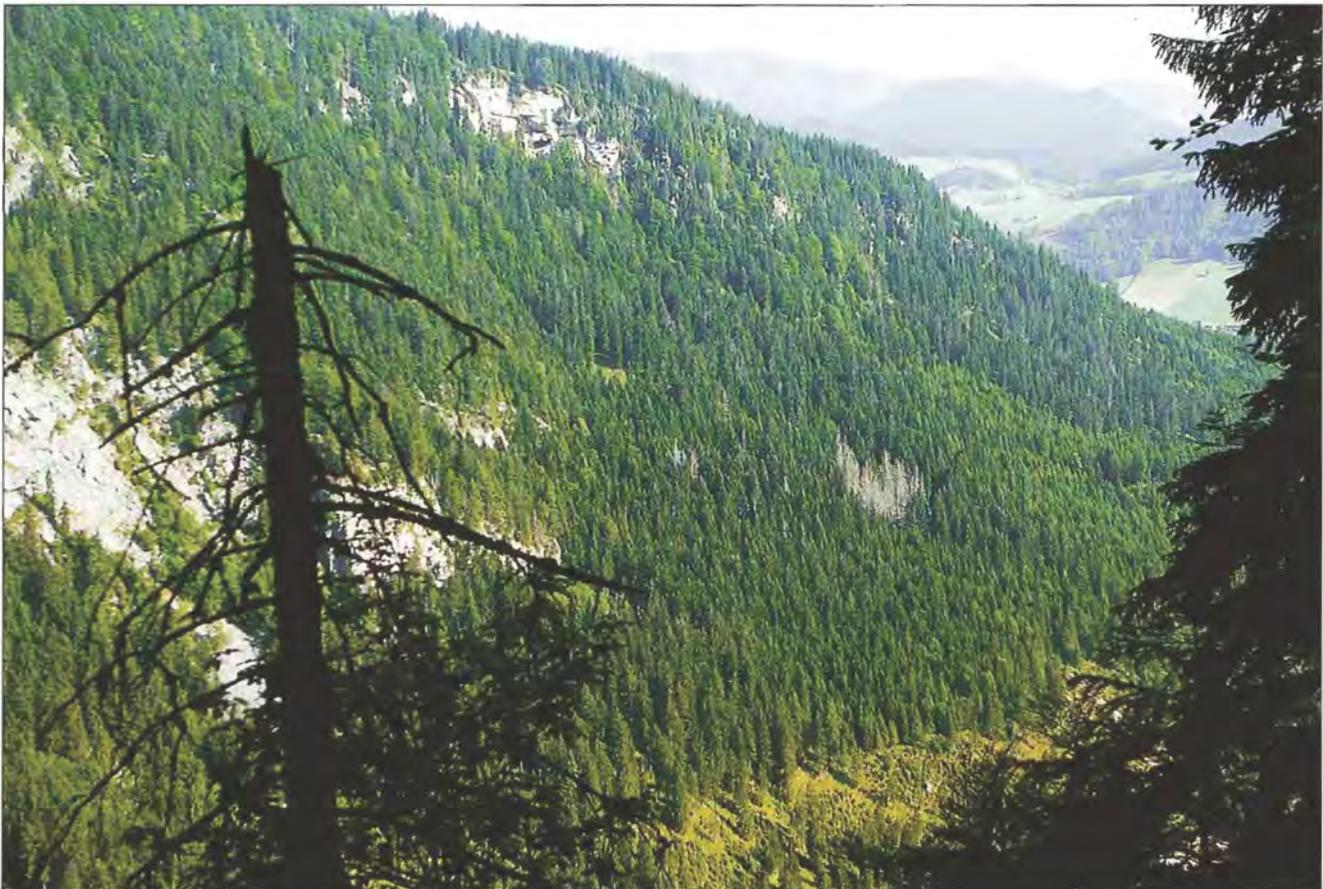
Unter den sonstigen Arthropoden, die in den Käfigen abgefangen werden konnten, befanden sich viele mycetophage (z. B. Lathridiidae und Cryptophagidae) und saprophage Insekten (z. B. Sciaridae und Cecidomyiidae). Die mycetophage Art *Lathridius nodifer* trat dabei besonders häufig in den Stammstücken auf. Diese Art war neben *I. typographus* die einzige untersuchte Insekten-Gruppe, deren Schlupfdichte mit zunehmender Expositionszeit abnahm. Allerdings unterschieden sich bei *L. nodifer*, im Gegensatz zu *I. typographus*, die Dichten zu allen drei Expositionszeiten signifikant voneinander (Tab. 66). An den Standorten unterschieden sich die *L. nodifer*-Dichten nicht signifikant voneinander. Die höchsten mittleren Dichten traten aber an den beiden Standorten auf, an denen auch die höchsten *I. typographus*-Dichten auftraten (Tab. 67). Möglicherweise bevorzugt *L. nodifer* ähnliche



Stehendbefall einer Fichte durch den Buchdrucker (*Ips typographus*); beim Befall im Sommer fällt zuerst die Rinde ab, die Krone bleibt aber noch für kurze Zeit grün



Borkenkäfer-Befall von Nachbarbäumen nach künstlicher Beköderung einer Fichte mit Pheroprax® (Standort Archenkanzel); um Schwartlinge zu gewinnen, wurde die beködete Fichte gefällt.



„Käferloch“ (Befall von Bäumen um ein „Lockzentrum“ herum; s. Diskussion 18.1).



Stehendbefall einer Fichte durch den Buchdrucker (*Ips typographus*); der gesamte Baum ist abgestorben.

Substrate wie *I. typographus*. Die höhere Rindenfeuchte in den länger exponierten Stammstücken wäre dann auch für die Entwicklung von *L. nodifer* abträglich gewesen. Ein Hinweis hierauf könnte die schwach negative Korrelation mit *H. palliatus* in den 4 und 8 Wochen exponierten Stammstücken sein [Tab. 69, Tab. 70; Korrelation von *L. nodifer* mit *H. palliatus*  $r_s = -0,470^*$  (4W),  $r_s = 0,494^*$  (8W)]. Denkbar wäre aber ebenfalls, dass die zahlreich vorhandenen Räuber in den länger exponierten Stammstücken auch *L. nodifer* dezimieren.

Neben subcorticalen Arten waren auch Rindenbesiedler (z. B. Psocoptera und Collembola) und Räuber (z. B. Araneae, Opiliones, Formicidae) vorhanden, die sich auf der Rindenoberfläche aufhalten. Derartige Räuber kommen als Borkenkäfer-Prädatoren nur dann in Frage, wenn adulte Buchdrucker auf der Rinde landen oder wenn die Rindeninnenseite (z. B. durch Spechte) freigelegt wird.

## 18 Untersuchungen an stehend befallenen Fichten

### 18.1 Kontrolle auf Stehendbefall

Der 1996 induzierte Käferbefall an den acht Fichten führte an vier Standorten zum Befall von Nachbar-Bäumen. Dies geschah aber nur im Jahr 1996 (Tab. 71; Abb. 113 bis Abb. 120). 1997 und 1998 konnte an keinem Standort eine Ausdehnung des Befalls beobachtet werden. Induzierten Befall an Fichten mit Hilfe von Pheromonbeuteln beschreiben auch HÜBERTZ et al. (1991), die ihre Studien ebenfalls unter nicht-epidemischen Bedingungen in Dänemark durchführten. Die von ihnen ermittelten Befallsraten sind jedoch geringer. Nur 64 % der beködeten Bäume konnten erfolgreich besiedelt werden ( $n=80$ ). Von den erfolgreich besiedelten Bäumen starben innerhalb der zwei Untersuchungsjahre 78 % ab. Die Besiedelung von Nachbarbäumen war bei HÜBERTZ et al. (1991) ebenfalls nicht so ausgeprägt wie im Nationalpark Berchtesgaden. So wurden in Dänemark an 22 der 80 Standorte insgesamt 35 Nachbarbäume befallen, d. h. an 28 % der Standorte wurden im Durchschnitt 1,6 Nachbarbäume befallen. Im Nationalpark Berchtesgaden wurden demgegenüber an 50 % der Standorte durchschnittlich 3,3 Nachbarbäume befallen (Tab. 71). Ein Grund für die vergleichsweise dünne Besiedelung könnte der geringe Durchmesser der beködeten Fichten sein, der bei HÜBERTZ et al. (1991) zwischen 18 cm und 32 cm BHD lag, während sie sich in der vorliegenden Untersuchung im Bereich zwischen 30 cm und 34 cm BHD bewegte (Tab. 13). Ein geringerer Besiedelungserfolg bei den beködeten Fichten führt aber offensichtlich auch zu einer geringeren Besiedelung der Nachbarbäume, denn im Nationalpark Berchtesgaden waren sowohl der Besiedelungserfolg als auch der Befall der Nachbarbäume etwa doppelt so hoch wie in Dänemark. Während einer dreijährigen Studie in 12 skandinavischen Forst-Distrikten ermittelten WESLIEN et al. (1989) Mittelwerte von 0,0 bis 5,0 befallenen Bäumen pro Beködetungs-Standort. In diesem Rahmen würde sich, mit durchschnittlich 2,6 befallenen

Fichten pro Standort, auch der Befall im Nationalpark Berchtesgaden bewegen.

Die Anteile befallener Fichten an der Fichten-Anzahl in 15 Metern Umkreis unterschieden sich auf gut und schlecht wasserversorgten Standorten nicht signifikant. Trat Befall auf, so waren jedoch die Anteile an den zwei Standorten mit schlechter Wasserversorgung höher (7 % und 29 %) als an denen mit guter (4 % und 7 %).

Beobachtungen von BOCKHORST (1998) passen sehr gut zu den vorgelegten Ergebnissen. Im Hochharz hatte dieser 1995 und 1996 festgestellt, dass neue „Lockzentren“ meist weniger als 10 Meter von alten Lockzentren entfernt entstehen. Diese Lockzentren waren jeweils drei bis 35 Tage aktiv. Das primäre Lockzentrum wäre im vorliegenden Fall die Pheroprax®-beködete Fichte, darauf folgende Lockzentren die befallenen Fichten in unmittelbarer Umgebung. Tatsächlich war auch in der vorliegenden Untersuchung kein befallener Baum mehr als 10,5 m vom beködeten Baum entfernt (Abb. 113 bis Abb. 120). Bemerkenswert ist außerdem, dass der Befall der Nachbarbäume offenbar nur in Gang kam, wenn die dem beködeten Baum benachbarte Fichte weniger als 3 m von diesem entfernt stand. Offenbar mussten unter den Bedingungen des Nationalparks Berchtesgaden im Jahre 1996 erst zwei „Lockzentren“ in unmittelbarer Nähe entstehen, um genügend Buchdrucker für die erfolgreiche Besiedelung weiter entfernt stehender Fichten anzulocken.

BOCKHORST (1998) stellte außerdem fest, dass sich der Befall im zweiten Jahr seiner Untersuchung gegenüber dem ersten Jahr verschob, d. h. dass auch hier im Folgejahr nur selten Befall um die alten Zentren herum auftrat.

### 18.2 Auswertung der Rindenproben

#### 18.2.1 Vergleich der Besiedelungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen im Hinblick auf die Wasserversorgung

Bei der Auswertung der Rindenproben zeigte sich, dass es hinsichtlich der ausgewählten Insektengruppen kaum signifikante Unterschiede zwischen gut und schlecht wasserversorgten Standorten gab (Tab. 72). Lediglich *C. cinereus*, *Medetera* sp., Lonchaidae- und Stratiomyidae-Larven bildeten hier eine Ausnahme. Diese Gruppen traten in Fichten auf schlecht wasserversorgten Standorten in signifikant höherer Dichte auf. Außerdem sind diese Gruppen untereinander auch signifikant positiv korreliert (Tab. 74; *C. cinereus* / *Medetera* sp.-Larven:  $r_s = 0,616^{***}$ ; *C. cinereus* / Stratiomyidae-Larven:  $r_s = 0,525^{**}$ ; *Medetera* sp.-Larven / Lonchaidae-Larven:  $r_s = 0,571^{***}$ ). Möglicherweise ernährten sich die *Medetera* sp.-Larven nicht vorwiegend von *I. typographus*, sondern von *C. cinereus*-Larven, was die recht starke Korrelation mit *C. cinereus* erklären würde.

Da *C. cinereus* seine Muttergänge von *I. typographus*-Muttergängen aus anlegt (Brutraumparasit; KOCH 1989, 1989, 1992), begünstigt die erhöhte Zahl an *I. typogra-*

phus-Muttergängen an den schlechter wasserversorgten Standorten (Tab. 75) sicherlich auch dessen Besiedelungserfolg. Zudem hat vermutlich die späte Besiedelung der Fichten Seeangerl I und Seeangerl II eine adäquate Besiedelung der Bäume mit *C. cinereus* verhindert (s. Diskussion 18.3). Die räuberischen bzw. zumindest fakultativ räuberischen Lonchaidae- und Stratiomyidae-Larven ernährten sich eventuell von *Medetera* sp.-Larven, wodurch die Korrelationen der Dipteren-Gruppen hervorgerufen worden sein könnten. Diese Zusammenhänge würden erklären, warum diese vier Gruppen auf den schlecht wasserversorgten Standorten häufiger waren.

Die meisten übrigen Arthropoden-Gruppen waren auf den schlecht wasserversorgten Standorten zwar nicht signifikant häufiger, die mittleren Dichten waren dort aber ebenfalls höher (Tab. 72). Ausnahmen bildeten *I. typographus*-Larven, *I. typographus*-Puppen, *P. poligraphus*, *Lathridius rugicollis*, *Corticaria abietum* und *Rhopalicus tutela*, die im Mittel an gut wasserversorgten Standorten häufiger waren. Dies ist vermutlich durch die späte *I. typographus*-Besiedelung der Fichten an den Standorten Seeangerl I und Seeangerl II bedingt. Dadurch waren an diesen Bäumen zum Zeitpunkt der Probenahme noch viele *I. typographus*-Larven und -Puppen vorhanden. Außerdem waren diese Bäume im Gipfelbereich stark mit *P. poligraphus* besiedelt (s. Diskussion 18.3.1).

Die beiden mycetophagen Arten *L. rugicollis* und *C. abietum* waren möglicherweise deshalb unter der Rinde von besser wasserversorgten Standorten häufiger, weil hier die Bedingungen für das Pilzwachstum günstiger waren, z. B. eine optimalere Rindenfeuchte herrschte.

Das verstärkte Auftreten von *R. tutela* an Standorten mit guter Wasserversorgung könnte durch die lokale Verteilung der Art hervorgerufen worden sein, die nur in den Bäumen Seeangerl I und Kühroint III in nennenswertem Umfang nachgewiesen werden konnte.

#### 18.2.2 Vergleich der Besiedelungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen im Hinblick auf die Baumhöhe

Betrachtet man die Verteilung von *I. typographus* über den Stamm, so zeigt sich, dass die höchsten Buchdrucker-Zahlen im mittleren Stammabschnitt (Höhe 2 und Höhe 3) zu finden waren (H3: 581,3 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; H2: 559,8 *I. typographus*/m<sup>2</sup>; Tab. 73). Auch im oberen Stammbereich trat jedoch eine stärkere Besiedelung auf (512,5 *I. typographus*/m<sup>2</sup>) und es gab sogar Bäume, die im obersten Stammabschnitt am stärksten besiedelt waren (Kühroint III, Archenkopf II; Abb. 121, Abb. 122). Geringere *I. typographus*-Dichten wiesen die Stammabschnitte 4 (444,6 *I. typographus*/m<sup>2</sup>) und 1 (213,6 *I. typographus*/m<sup>2</sup>) auf.

Da nirgends eine stärkere Besiedelung durch den Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.) auftrat, kann es sein, dass *I. typographus* aufgrund der Abwesenheit dieser Art auch die höheren Stammabschnitte stärker besiedelte. In Konkurrenz mit *P. chalcographus* bleibt *I. typog-*

*graphus* nämlich auf tiefer gelegene Stammbereiche beschränkt (GRÜNWARD 1986). Der Grund hierfür liegt wohl vornehmlich im Verdrängungs- bzw. Ablenkungseffekt der Kupferstecher-Pheromone auf *I. typographus* (FÜHRER et al. 1993). In den tieferen Stammbereichen ist jedoch auch die Borke dicker. Vermutlich deshalb konnte GRÜNWARD (1986) eine Korrelation von *I. typographus*-Zahl und Borkendicke finden, während in der vorliegenden Untersuchung, bei Fehlen der Kupferstecher-Konkurrenz, keine derartige Korrelation ermittelt wurde (Tab. 74).

Die *Thanasimus* sp.-Larven-Dichte war ebenfalls im Stammabschnitt 3 am höchsten (36,1 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>; Tab. 73), gefolgt von den Stammabschnitten 5 (27,6 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>), 2 (25,3 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>), 4 (20,5 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>) und 1 (12,1 *Thanasimus* sp.-Larven/m<sup>2</sup>). Eine Bevorzugung der unteren Stammabschnitte beschreiben DIXON & PAYNE (1979) für *Thanasimus dubius*. So erreichte diese Art in vier Metern Höhe die höchsten Individuen-Zahlen und 64 % der Käfer waren bis in sechs Meter Höhe zu finden. Möglicherweise aufgrund der engen Bindung an *I. typographus* ( $r_s=0,792$ ; Abb. 125) ergibt sich für *Thanasimus* sp.-Larven im Nationalpark Berchtesgaden ein anderes Bild mit einer stärkeren Verteilung der Larven über den gesamten Stamm. Bei Anwesenheit von *P. chalcographus* würde sich die *Thanasimus* sp.-Larven-Verteilung vermutlich der von DIXON & PAYNE (1979) beschriebenen annähern (s. o.).

Bei *I. typographus* und *Thanasimus* sp.-Larven waren, wie bei den meisten anderen Arthropoden-Gruppen, keine signifikanten Unterschiede zwischen verschiedenen Baumhöhen zu ermitteln (Tab. 73). Lediglich *Medetera* sp.-Larven, Cerambycidae-Larven und die Summe der Rhizophagidae zeigten signifikante Differenzen in verschiedenen Höhen. Das starke Auftreten von *Medetera* sp.-Larven in Baumhöhe 2 ist sicherlich auf das besonders starke Auftreten von *C. cinereus* in dieser Baumhöhe zurückzuführen. Auf die Korrelation der beiden Gruppen wurde oben bereits hingewiesen.

Die Cerambycidae-Larven-Dichte ist positiv mit der Borkendicke korreliert ( $r_s=0,420$ ; Tab. 74). Offenbar finden die recht großen Cerambycidae-Larven nur in dicker Borke optimale Entwicklungsbedingungen und genügend Nahrungssubstrat vor. Deshalb sind diese Larven fast ausschließlich in den Stammabschnitten 1 und 2 zu finden gewesen (Tab. 73).

Ebenfalls in den unteren zwei Stammabschnitten am häufigsten waren die Rhizophagidae (Tab. 73). Da sich die adulten Rhizophagidae v. a. von Borkenkäfer-Eiern und -Junglarven ernähren (s. Diskussion 18.3.2), fanden sie im untersten Stammabschnitt, wo auch die *I. typographus*-Larven-Dichte am höchsten war, sicher eine gute Nahrungsgrundlage. Die geringe *I. typographus*-Puppen-Dichte im Stammabschnitt 1 zeigt außerdem, dass die Buchdrucker-Larven hier noch nicht so weit entwickelt waren. Dagegen traten im Stammabschnitt 4 zwar viele *I. typographus*-Larven, aber auch viele *I. typographus*-Puppen auf, und wohl deshalb waren in dieser Stammhöhe mit älteren *I. typographus*-Larven keine

Rhizophagidae zu finden. Denkbar wäre auch, dass die Rhizophagidae die im untersten Stammabschnitt zahlreich vorhandenen Dipteren-Larven (v. a. Cecidomyiidae-Larven) als Ausweichnahrung nutzen konnten (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974).

### 18.2.3 Korrelation der Besiedlungsdichten verschiedener Arthropoden-Gruppen

Der Vergleich der *I. typographus*-Dichte mit den Dichten der anderen Arthropoden-Gruppen lässt signifikant positive Korrelationen mit den wichtigsten Antagonisten-Gruppen erkennen (Tab. 74). So waren v. a. Hymenoptera ( $r_s=0,795^{***}$ ), *Thanasimus* sp.- ( $r_s=0,792^{***}$ ) und Rhizophagus-Larven ( $r_s=0,754^{***}$ ) stark mit *I. typographus* korreliert. Aber auch die Korrelation der Summe der Staphylinidae ( $0,620^{***}$ ) bzw. der häufigsten Staphylinidae-Art *Placusa pumilio* ( $r_s=0,592^{***}$ ) wiesen hohe Korrelationskoeffizienten auf. Diese Ergebnisse belegen die enge Beziehung dieser Arthropoden-Gruppe zu *I. typographus*. Eine schwächere Korrelation bestand zwischen *I. typographus* und der Summe der (adulten) Hymenoptera ( $r_s=0,462^{**}$ ) bzw. *R. xylophagorum* ( $r_s=0,423^{**}$ ). Dies ist aber vermutlich dadurch bedingt, dass die Anzahl geschlüpfter adulter Hymenoptera im Vergleich zur Larven-Zahl klein war und nicht proportional zur Zahl tatsächlich vorhandener Hymenoptera (Adulte+Larven) in der Probe.

*C. cinereus* legt als Brutraumparasit seine Muttergänge von *I. typographus*-Muttergängen aus an und war deshalb (schwach) mit *I. typographus* korreliert ( $r_s=0,417^{**}$ ). Ebenso konnten sich mehr saprophage Sciaridae-Larven entwickeln, wenn unter der Rinde eine größere Zahl an Buchdruckern vorhanden war ( $r_s=0,499^{**}$ ).

Mit *C. cinereus* korrelieren besonders stark die *Medetera* sp.-Larven ( $r_s=0,616^{***}$ ), aber auch *Medetera* sp.-Puppen weisen eine Korrelation mit *C. cinereus* auf ( $r_s=0,331^{*}$ ). Nach Fraßversuchen von OUNAP (1992) bevorzugen *Medetera* sp.-Larven Borkenkäfer-Larven und -Puppen als Nahrung und greifen nur in seltenen Fällen andere Prädatoren- oder Parasiten-Larven an. Wie oben erwähnt, lässt die Korrelation mit *C. cinereus* also vermuten, dass sich die *Medetera* sp.-Larven vornehmlich von *C. cinereus*-Larven ernährt haben.

Eine relativ starke Korrelation ergab sich auch zwischen *C. cinereus* und den saprophagen Sciaridae-Larven ( $r_s=0,583^{***}$ ), die sicherlich auch in den Brutsystemen von *C. cinereus* auf Nahrungssuche gehen und deshalb von höheren *C. cinereus*-Zahlen profitieren.

Die schwächeren Korrelationen zwischen *C. cinereus* und der Summe Hymenoptera, *R. xylophagorum*, Hymenoptera-Puppen, *Thanasimus* sp.-Larven sind vermutlich durch die Korrelation von *C. cinereus* und *I. typographus* hervorgerufen, die Korrelation zu den Stratiomyidae-Larven durch die starke Korrelation zwischen *Medetera* sp.-Larven und Stratiomyidae-Larven. Eine direkte Beeinflussung von *C. cinereus* durch Hymenoptera ist unwahrscheinlich, da die beiden dominierenden Arten *R. xylophagorum* und *R. tutela* *C. cinereus* nicht als Wirt nutzen (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994).

*P. poligraphus* zeigt eine schwach negative Korrelation zu *C. cinereus* ( $r_s=-0,454^{**}$ ), was vermutlich an der unterschiedlichen Flugzeit beider Arten liegt (s. Diskussion 18.3.1). Die schwach positive Korrelation von *P. poligraphus* mit den *I. typographus*-Larven könnte daher rühren, dass mit *P. poligraphus* besiedelte Bäume erst spät von *I. typographus* besiedelt wurden und deshalb zum Zeitpunkt der Probenahme noch relativ viele *I. typographus*-Larven enthielten (s. Diskussion 18.3.1).

Die negative Korrelation von *P. poligraphus* mit Sciaridae-Larven ( $r_s=-0,359^{*}$ ) beruht sicherlich auf der negativen Korrelation von *P. poligraphus* mit *C. cinereus*, die ihrerseits positiv mit Sciaridae-Larven korreliert sind.

*I. typographus*-Larven sind zum Zeitpunkt der Probenahme vor allem noch in den schwach und offenbar auch spät besiedelten unteren Stammbereichen vorhanden. Deshalb zeigen sie auch eine schwache, positive Beziehung zur Borkendicke ( $r_s=0,401^{*}$ ). Arthropoden-Gruppen, die sich potentiell von *I. typographus*-Larven ernähren (*Medetera* sp.-Larven) oder saprophag in Borkenkäfer-Brutsystemen leben, zeigen diese Beziehung ebenfalls (*Medetera* sp.-Larven:  $r_s=0,434^{*}$ ; Cecidomyiidae-Larven:  $r_s=0,324^{*}$ ; Lonchaeidae-Puppen:  $r_s=0,350^{*}$ ).

Cerambycidae-Larven treten ebenfalls bevorzugt in den unteren Stammabschnitten auf und haben eine schwach positive Beziehung zur Borkendicke ( $r_s=0,420^{**}$ ). Dies liegt daran, dass sie dicke Rinde generell bevorzugen oder daran, dass im unteren Stammbereich weniger Buchdrucker das Phloem zerfressen haben und damit noch genügend Nahrung vorhanden ist.

### 18.2.4 Besiedelung durch *Ips typographus*

Die Besiedelungsparameter von *I. typographus* zeigten durchgehend höhere Werte auf den schlecht wasserversorgten Standorten. Nur die Eimortalität war dort etwas geringer (Tab. 75, Tab. 77). Die höhere „Eizahl pro Zentimeter Muttergang mit Einischen“ und die geringere Mortalität führten offenbar zu einer signifikant höheren „Anzahl der Larven pro Zentimeter Ganglänge mit Einischen“. Dies bedeutet, dass an schlecht wasserversorgten Standorten die Weibchen auf gleichem Raum mehr Larven erzeugt haben, was möglicherweise durch bessere Substratqualität bedingt war. Ein signifikant höherer Bruterfolg (Larven pro Weibchen) war damit jedoch nicht verbunden.

Der Bruterfolg in verschiedenen Baumhöhen unterschied sich hingegen signifikant (Tab. 76). Die geringste Anzahl von Larven pro Weibchen entwickelte sich im untersten Baumabschnitt (Abschnitt 1). Der größte Bruterfolg war im obersten Baumabschnitt (Abschnitt 5) zu verzeichnen, gefolgt vom Abschnitt 2. Die Bruterfolge in diesen Abschnitten waren signifikant besser als im untersten Abschnitt. Der Abschnitt 2 wies gegenüber Abschnitt 1 auch eine signifikant niedrigere Eimortalität und signifikant mehr Larven pro Zentimeter Ganglänge auf (Tab. 78). Für Abschnitt 4 traf dies ebenfalls zu. Dass trotzdem Abschnitt 4 nicht signifikant mehr Bruterfolg als Abschnitt 1 erreichte, lag an der gegenüber Abschnitt 5 geringeren Eizahl pro Weibchen.

Die Besiedelungsdichten von *I. typographus* an beködeten Bäumen im Nationalpark Berchtesgaden waren denen vergleichbar, die unter natürlichen Bedingungen stehend besiedelt worden waren (Nationalpark Berchtesgaden: 530 Muttergänge/m<sup>2</sup> bei schlechter Wasserversorgung; THALENHORST 1958: 300 - 600 Muttergänge/m<sup>2</sup>; WESLIEN & REGNANDER 1990: im Mittel 499 Muttergänge/m<sup>2</sup>). WESLIEN & REGNANDER (1990) untersuchten auch natürlich befallene und künstlich beködete Bäume im direkten Vergleich, fanden jedoch ebenfalls keine Unterschiede. Diese Autoren bestätigen auch die im Nationalpark gefundenen Ergebnisse hinsichtlich der Höhenverteilung. Sie fanden im basalen Stammabschnitt die niedrigsten Besiedelungsdichten und stellten ansonsten keinen vertikalen Gradienten fest.

Die Anzahl der Larven pro Muttergang in Höhe 1 und Höhe 2 stimmt fast exakt mit einem stehend befallenen Baum bei THALENHORST (1958) überein. Im Nationalpark wurden in diesen Höhen 13,75 bzw. 25,19 (Tab. 76), bei THALENHORST (1958) 13 (2 m Höhe) bzw. 25 (5 m Höhe) Larven/Muttergang festgestellt. Ähnliche Werte wiesen KÖHLER et al. (unveröffentlicht) im Nationalpark Bayerischer Wald an stehend befallenen Bäumen nach. Dort war die Eimortalität mit 30 bis 50 % jedoch vergleichsweise höher als im Nationalpark Berchtesgaden (um 20 %; Tab. 77). BOMBOSCH (1954) hatte ebenfalls Eimortalitäten zwischen 10 % und 30 % in vier aufeinanderfolgenden Jahren beobachtet.

### 18.3 Arthropoden aus stehend befallenen Fichten

#### 18.3.1 Borkenkäfer

Die erfolgreiche Besiedelung der beködeten Fichten durch *I. typographus* spiegelt sich in der Dominanz der Buchdrucker unter den unter der Rinde aufgefundenen Borkenkäfern wieder (Abb. 130, Abb. 131). Nur *Crypturgus cinereus* tritt als Brutparasit regelmäßig an allen Standorten auf, allerdings in geringen Individuenzahlen (Abb. 132, Abb. 133).

Interessant ist das Auftreten von *Polygraphus poligraphus*. Diese Art tritt zwar nur an zwei Standorten (Seeangerl I und II), dort aber sehr häufig auf (Abb. 132, Abb. 133). In den oberen Stammabschnitten 4 und 5 der dortigen Fichten ersetzt *P. poligraphus* den Buchdrucker mehr oder weniger (Anhang Tab. 112). Da die mit *P. poligraphus* besiedelten Fichten in nur 500 m Entfernung voneinander standen, besteht die Möglichkeit, dass der Befall durch *P. poligraphus* auf eine erhöhte Populationsdichte dieser Art im betreffenden Gebiet zurückzuführen ist. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass der *P. poligraphus*-Befall auf eine später einsetzende Besiedelung der Fichten durch *I. typographus* hindeutet. Nach BAKKE & KVAMME (1993) erfolgte nämlich der Anflug von *P. poligraphus* bevorzugt an Fichten, die erst im Juni und Juli von *I. typographus* besiedelt worden waren. Diese Fichten boten somit noch freie Rindenflächen für den *P. poligraphus*-Befall. Dies zeigt sich auch an den Fichten Seeangerl I und II. Dort waren die Rindenflächen, die be-

sonders stark durch *P. poligraphus* besiedelt wurden, frei von *I. typographus*-Brutsystemen (Abschnitt 5 am Baum Seeangerl I, Abschnitte 4 und 5 am Baum Seeangerl II; Anhang Tab. 112).

Auch das nahezu vollständige Fehlen von *C. cinereus* an den beiden Standorten würde auf eine späte Besiedelung durch *I. typographus* hindeuten, da *C. cinereus* früher fliegt als *P. poligraphus* (BAKKE & KVAMME 1993; POSTNER 1974: *C. cinereus* = später Frühschwärmer; *P. poligraphus* = Spätschwärmer).

Ein weiterer Hinweis auf eine späte Besiedelung, zumindest des Baumes Seeangerl I, durch *I. typographus* sind die hohen Zahlen an Buchdrucker-Larven und Puppen, die noch im September in diesem Baum gefunden wurden (Anhang Tab. 121, Tab. 123; Abb. 134).

Das Auftreten in höher gelegenen Stammbereichen älterer Fichten ist typisch für *P. poligraphus* (POSTNER 1974, BAKKE & KVAMME 1993 und KÖHLER et al. unveröffentlicht). Laut BRAUNS (1991) befällt *P. poligraphus* bevorzugt 20- bis 40-jährige Fichten, was ebenfalls für die Bevorzugung von dünnrindigeren Stammbereichen spricht. Die Art tritt vorwiegend in Gebirgsrevieren auf (BRAUNS 1991) und kann in Ausnahmefällen auch auf noch gesund erscheinende Bäume übergehen (POSTNER 1974; aktuell im Nationalpark Bayerischer Wald: SCHERZINGER, pers. Mitt.).

Sowohl Rindenanalysen (Nationalpark Berchtesgaden), als auch Fallenfänge am Stamm (BAKKE & KVAMME 1993) und Eklektorfangergebnisse (KÖHLER et al. unveröffentlicht) weisen die drei Gruppen *I. typographus*, *Crypturgus* sp. und *P. poligraphus* als häufigste Besiedler von mit Buchdruckern befallenen Fichten aus. Alle drei Untersuchungen weisen außerdem an stehenden Bäumen für *C. cinereus* deutlich höhere Individuenzahlen nach als für *C. pusillus*. *C. cinereus* kann nach THALENHORST (1958) und POSTNER (1974) bei hoher Besiedelungsdichte negativen Einfluss auf die Brutentwicklung von *I. typographus* ausüben. Auch Eier der Buchdrucker können durch die Brutanlage von *C. cinereus* zerstört werden, da die Einischen von *I. typographus* als Ausgangspunkte für die Muttergänge von *C. cinereus* dienen.

*Pityogenes chalcographus* kam nur in einer der untersuchten Fichten in geringen Individuenzahlen vor, dort aber, wie zu erwarten (BRAUNS 1991, POSTNER 1974), im dünnrindigen Kronenbereich (Kühroint II, Abschnitte 4 und 5; Anhang Tab. 112).

Von *Hylurgops palliatus* konnte nur ein Individuum im untersten Stammabschnitt des Baumes Seeangerl I gefunden werden (Anhang Tab. 112). Dies allein macht deutlich, dass sich die stehenden Bäume und die Stammstücke offensichtlich hinsichtlich des Rindensubstrates und damit auch hinsichtlich der Borkenkäfer-Besiedelung grundlegend unterschieden (s. Diskussion 17.3). Wie erwähnt waren die Stammstücke offenbar deutlich feuchter und damit für *H. palliatus* (sowie *X. li-neatus* und *D. autographus*) attraktiver.



Gelbbrauner Fichtenbastkäfer (*Hylurgops palliatus*, Scolytidae).



Liniertes Nutzholzborkenkäfer (*Xyloterus lineatus*, Scolytidae).



Räuberischer Rindenglanzkäfer (*Rhizophagus dispar*, Rhizophagidae).



Räuberischer Glanzkäfer (*Epuraea pusilla*, Nitidulidae).



Räuberischer Kurzflügelkäfer (*Quedius plagiatus*, Staphylinidae).

### 18.3.2 Antagonisten

In den Rindenproben stehender Fichten mit Buchdrucker-Befall fand sich eine Vielzahl antagonistischer Arthropoden.

#### Staphylinidae

Unter den Staphylinidae konnten 6 der 7 nachgewiesenen Arten als potentielle Buchdrucker-Prädatoren identifiziert werden. Von diesen Arten kam *Placusa pumilio* am häufigsten und gleichmäßigsten vor (Anhang Tab. 114). Dies steht im Einklang mit Ergebnissen von BAKKE & KVAMME (1993), bei denen die Gattung *Placusa* unter den Coleoptera (ohne Scolytidae) die höchsten Fangzahlen an Buchdrucker-befallenen Fichten erreichte. Nach BAKKE & KVAMME (1993) gehören zur Gattung *Placusa* sowohl Prädatoren als auch Pilzfresser. Laut KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) leben aber alle 6 Arten dieser Gattung räuberisch bei Borkenkäfern. ESCHERICH (1923) berichtet davon, dass vier *Placusa intima* Er. (= *tachyporoides* Waltl.) in 24 Stunden 10 Buchdrucker-Larven fraßen. Da sich die Arten der Gattung oft von Beginn an in den Borkenkäfer-Muttergängen aufhalten, können sie wohl auch erheblich zur Reduzierung der Eier beitragen.

Obwohl KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) von einem Auftreten der *Placusa*-Arten bei mehreren Scolytidae-Arten sprechen, konnte *P. pumilio* nicht in den Stammabschnitten nachgewiesen werden, in denen *Polygraphus poligraphus* zahlreich auftrat (Seeangerl I, Abschnitt 5; Seeangerl II, Abschnitte 4 und 5). In diesen Stammabschnitten traten außerdem auch keine Staphylinidae-Larven auf (Anhang Tab. 121). Dies könnte einerseits auf eine Bevorzugung des Buchdruckers hindeuten, andererseits aber auch mit der möglicherweise verzögerten Besiedelung dieser Stämme zusammenhängen (s. Diskussion 18.3.1). Die Hauptflugzeit von *P. pumilio* könnte eventuell zur Zeit der Besiedelung von *P. poligraphus* schon zu Ende gewesen sein.

Neben *P. pumilio* waren die Staphyliniden *Phloeonomus pusillus* und *Leptusa pulchella* mehr oder weniger regelmäßig, aber in geringen Individuenzahlen in den Rindenproben vertreten (Anhang Tab. 114). *P. pusillus* soll dabei stärker auf *Ips*-Arten spezialisiert sein als *L. pulchella* (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994). NUORTEVA (1956) wies *P. pusillus* jedoch häufig in den Gängen mehrerer Scolytiden-Arten nach. Auf die Nutzung mehrerer Arten deuten außerdem die Fangergebnisse der exponierten Stammstücke hin (s. Anhang Tab. 90). Laut KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) stellen Eier die bevorzugte Nahrung von *P. pusillus* dar.

Außer den drei genannten Arten fanden sich einzelne Exemplare von *Leptusa ruficollis*, *Quedius plagiatus* und *Nudobius lentus* in den Rindenproben (Anhang Tab. 114). *Q. plagiatus* und *N. lentus* haben aufgrund ihrer Größe sicherlich einen nicht unbeträchtlichen Nahrungsbedarf (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). *Q. plagiatus* ist nach Angaben von NIERHAUS-WUNDERWALD (1994) „besonders in Gebirgswäldern häufig“, *N.*

*lentus* „eher selten“. Diese Aussage wird sowohl durch die Pheromonfallen-Fänge (s. Anhang Tab. 83) als auch durch die Ergebnisse der Expositions-Versuche bestätigt (s. Anhang Tab. 90). Unter der Rinde stehend befallener Fichten war jedoch, aufgrund des vereinzelt Auftretens, keine derartige Tendenz erkennbar.

#### *Rhizophagus* sp.

Die Arten der Gattung *Rhizophagus* waren nach den Staphylinidae die zweithäufigste Gruppe von Buchdrucker-Antagonisten in den Rindenproben (Anhang Tab. 113). Rhizophagidae sind wichtige Gegenspieler der Borkenkäfer und leben alle im Larvenstadium in Fraßbildern von Scolytidae. Die Larven ernähren sich von Borkenkäfer-Larven und Puppen, die Adult-Käfer fressen Eier und junge Borkenkäfer-Larven (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994). Diese Nahrungs-Präferenzen würden auch erklären, warum im Vergleich zu den Adultkäfern relativ viele Rhizophagiden-Larven in den Rindenproben nachgewiesen werden konnten (Verhältnis Larven:Adultkäfer = 7:1). Larven und Puppen von *I. typographus* waren nämlich vereinzelt noch in den Rindenproben vorhanden und somit waren die Rhizophagidae-Larven bis zum Zeitpunkt der Fällung der Bäume mit Nahrung versorgt.

Zum Teil sind die *Rhizophagus*-Arten oligophag. So wird z. B. von *Rhizophagus ferrugineus* und *R. dispar* der Buchdrucker als Beute bevorzugt, während *R. depressus* F. weniger spezialisiert ist (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994). Im Widerspruch dazu stehen die Angaben von KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974), die *R. depressus* als besonders spezialisiert und *R. dispar* als unspezialisiert bezeichnen. Laut KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) kann *R. dispar* durch die geringe Spezialisierung auch in der Latenzphase von *I. typographus* einen gewissen Bestand aufrecht erhalten, was die Art in dieser Phase zu einem wirksamen Prädatoren macht.

*R. dispar* war im Nationalpark Berchtesgaden sowohl in den Rindenproben als auch in den Stammstücken die häufigste Rhizophagus-Art, in beiden Fällen gefolgt von *R. bipustulatus* (Anhang Tab. 89, Tab. 113). Die beiden Arten *R. nitidulus* und *R. ferrugineus* traten vereinzelt und jeweils nur an einem Baum auf (Anhang Tab. 113). Wie bei den Stammstücken war aber *R. nitidulus* häufiger als *R. ferrugineus*, so dass sich die Artenzusammensetzung der Rhizophagidae in den Rindenproben und Stammstücken sehr ähnelte. Die von KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) bei *I. typographus* nachgewiesene Art *R. depressus* konnte weder in Pheromonfallen noch in Stammstücken und Rindenproben nachgewiesen werden, scheint also im Nationalpark Berchtesgaden selten vorzukommen. Hingegen wird *R. nitidulus* von KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) nicht aufgeführt. Dies liegt möglicherweise unter anderem an der Meereshöhe, denn KAHLEN (1997) wies *R. depressus* in Tirol lediglich in 650 m üNN nach, wohingegen *R. ferrugineus*, *R. dispar*, *R. bipustulatus* und *R. nitidulus* häufiger und in Höhen bis 1300 m nachgewiesen wurden.

### *Eपुरaea* sp.

Im Gegensatz zu den exponierten Stammstücken, bei denen die Gattung *Eपुरaea* nach den Rhizophagidae zahlenmäßig die größte Antagonisten-Gruppe bildete (s. Abb. 97 bis Abb. 100), konnte in den Rindenproben lediglich ein Individuum von *Eपुरaea boreella* nachgewiesen werden (Anhang Tab. 115). Unter den in den Stammstücken auftretenden drei *Eपुरaea*-Arten war *E. boreella* die einzige, für die KOCH (1989, 1989, 1992) Angaben zur Nahrung macht (*I. typographus* und *I. acuminatus*). Allerdings wurde die Art nach KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974 auch bei anderen Nadelholzscolytiden und Laubholzscolytiden gefunden. Das Fehlen von *Eपुरaea* sp. in den Rindenproben könnte darin begründet liegen, dass *Eपुरaea* sp. vornehmlich Eier und junge Larvenstadien verzehrt (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974), die zum Zeitpunkt der Fällung im September nicht mehr vorhanden waren. Die *Eपुरaea*-Individuen waren deshalb möglicherweise zum Großteil schon abgewandert.

### *Thanasimus* sp.

Adulte Ameisenbuntkäfer fanden sich nur in Einzel-exemplaren in den Rindenproben. Es ist möglich, dass diese Tiere nach der Entnahme der Rindenproben aus Puppen geschlüpft sind, da die Schwartlinge längere Zeit in den Stoffbeuteln lagerten. Eine Verpuppung unter der Rinde war in den Laborversuchen nachgewiesen worden (s. Diskussion 10). Erstaunlich war, dass zwei der vier adulten Ameisenbuntkäfer der Art *T. femoralis* angehörten, obwohl nur 14 % der bestimmten Larven dieser Art zuzurechnen waren (s. Diskussion 16).

Das Auftreten der *Thanasimus* sp.-Larven korrespondiert sehr gut mit dem Auftreten von Buchdruckern (s. Diskussion 18.2.3). Besonders interessant ist dabei, dass zwei *Thanasimus* sp.-Larven in der äußerst dünn mit *I. typographus* besiedelten Fichte Kührint I nachgewiesen wurden (Anhang Tab. 120). Je eine Larve war dabei in den zwei Rindenproben zu finden, in denen auch Buchdrucker zu finden waren (Abschnitt 2: 17 Buchdrucker, 6 Muttergänge; Abschnitt 4: 1 Buchdrucker, 0 Muttergänge; Anhang Tab. 110, Tab. 112). In allen Rindenproben, die keine Buchdrucker enthielten, waren auch keine Ameisenbuntkäfer-Larven vorhanden, auch wenn, wie im Falle des Baumes Seeangerl II (Abschnitte 4 und 5), in diesen Proben *P. poligraphus* sehr zahlreich war. Die späte Besiedelung des Baumes Seeangerl II durch *P. poligraphus* könnte auch hier wieder ein Grund für das Fehlen von Ameisenbuntkäfer-Larven sein, denn *P. poligraphus* wurde als potentielle Beute von *T. formicarius* beschrieben (GAUß 1954).

Die beschriebene Verteilung der Ameisenbuntkäfer-Larven in den untersuchten Rindeproben unterstreicht ein weiteres Mal die exzellente Anpassung der Ameisenbuntkäfer an *I. typographus*. Selbst im äußerst dünn besiedelten Baum Kührint I fanden sich *Thanasimus* sp.-Larven. Das Wirtsfindungsvermögen der Ameisenbuntkäfer ist also offenbar sehr gut, obgleich natürlich be-

dacht werden muss, dass durch die Pheromonbeköderung der Bäume eine starke Lockwirkung auch auf die Ameisenbuntkäfer ausgeübt und somit die Wirtsfindung erleichtert wurde.

### Sonstige räuberische Coleoptera

Vereinzelte traten in den Rindenproben Individuen der Arten *Dromius fenestratus* (Carabidae), *Plegaderus saucius* (Histeridae) und *Laemophloeus alternans* (Cucujidae) auf (Anhang Tab. 115).

*D. fenestratus* lebt sowohl als Käfer als auch als Larve in Borkenkäfergängen und ernährt sich von verschiedenen Borkenkäfer-Larven. NIERHAUS-WUNDERWALD 1994 beschreibt die Art als häufig. Von BAKKE & KVAMME (1993) wurde die Art als Einzelexemplar nachgewiesen.

Die Gattung *Plegaderus* zählt zu den häufigsten Borkenkäferfeinden unter den Histeridae; *P. saucius* ist vor allem bei Nadelbaumscolytidae zu finden (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). Weder KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974), noch BAKKE & KVAMME (1981) und KAHLEN (1997) wiesen die Art jedoch nach. Vielmehr war bei diesen Autoren *P. vulneratus* Panz. recht zahlreich.

*L. alternans* lebt räuberisch und tritt in den Gängen verschiedener Borkenkäfer auf, besonders bei *P. chalcographus* und *Cryphalus piceae* Ratz., aber auch bei *I. typographus*, *P. poligraphus* und anderen Borkenkäfer-Arten (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994). Die Art wurde auch von BAKKE & KVAMME (1993) an mit *I. typographus* befallenen Stämmen nachgewiesen.

### Hymenoptera

Als Parasitoide traten vor allem die beiden Pteromalidae-Arten *Roptrocerus xylophagorum* und *Rhopalicus tutela* in Erscheinung (Anhang Tab. 117). Dabei bestätigte sich die Aussage von SACHTLEBEN (1952), dass *R. xylophagorum* in Bayern häufiger sei als *R. tutela*. Auch KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) beschreiben *R. xylophagorum* für die Umgebung von Dresden als den häufigsten Buchdrucker-Parasiten.

*R. xylophagorum* ist in ganz Europa und Nordamerika verbreitet und hat ein weites Wirtsspektrum, das sowohl Laub- als auch Nadelholzscolytidae umfasst. Im Unterschied zu anderen Erzwespen dringen die Weibchen zur Eiablage in die Muttergänge der Borkenkäfer ein und legen die Eier von dort aus an die Wirts-Larven. Die Art hat zwei Generationen pro Jahr. Die Larven der zweiten Generation überwintern im Brutbild, was es wahrscheinlich macht, dass ein Teil der in den Rindenproben zahlreich aufgefundenen Hymenopteren-Larven der Art *R. xylophagorum* angehört (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994, LAWSON 1993, KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974, SACHTLEBEN 1952). Obwohl SAMSON & SMIBERT (1986) keinen Einfluss der Borkendicke auf *R. xylophagorum* feststellten, fällt auf, dass die Art niemals in den untersten Stammabschnitten gefunden wurde. Außerdem wurden die höchsten Individuenzahlen von *R. xylophagorum* immer in den Abschnitten 3, 4 oder 5 gefun-

den, was auf eine gewisse Bevorzugung dünnrindiger Bereiche schließen lässt (s. Tab. 73). Möglicherweise liegt dies daran, dass sich in dickborkigen Bereichen die Buchdrucker-Larven tiefer in der Rinde befinden und deshalb vom Muttergang aus nicht mehr so gut erreichbar sind (Ovipositorlänge von *R. xylophagorum*: ca. 2,5 mm; KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). Außerdem verringern geringe Besiedlungsdichten von *I. typographus*, wie sie im untersten Stammabschnitt meist vorliegen, nach KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) die Parasitierungswahrscheinlichkeit durch *R. xylophagorum* (bei hohen Besiedlungsdichten müssen viele Larven wieder in Richtung der Muttergänge „umbiegen“ und sind deshalb für *R. xylophagorum* besser erreichbar). Die Parasitierungsraten von *R. xylophagorum* bei *I. grandicollis* Eichh. und nordamerikanischen *Ips*-Arten liegen unter normalen Bedingungen laut SAMSON & SMIBERT (1986) kaum über 20 %. Bei *P. chalcographus* wurde eine Parasitierungsrate von 5,5 % gefunden (SACHTLEBEN 1952).

Wie *R. xylophagorum*, so ist auch *R. tutela* ein weit verbreiteter Borkenkäfer-Parasitoid mit breitem Wirtsspektrum (auch Curculionidae als Wirte). Im Unterschied zu *R. xylophagorum* legt *R. tutela* die Eier jedoch durch die Rinde an die Wirtslarven (Ektoparasitoid). Dabei werden, aufgrund der geringen Ovipositorlänge von 2,2 mm, dünnrindige Stammabschnitte bevorzugt (KRÜGER & MILLS 1990, NIERHAUS-WUNDERWALD 1994, KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). Wohl deshalb wurden in den untersten Stammabschnitten keine *R. tutela*-Individuen nachgewiesen (s. Tab. 73). *R. tutela* hat keine dinstinkten Flugperioden, bildet in günstigen Sommern 2 Generationen aus und parasitiert bevorzugt das 3. Larvenstadium (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994, KRÜGER & MILLS 1990).

*Coeloides bostrichorum* (Braconidae) trat nur an einem Baum auf (Kühroint II; Anhang Tab. 117). Von dieser Art waren dort je ein Adultus in den Stammabschnitten 4 und 5, sowie 59 Kokons in Stammabschnitt 5 zu finden (die grauweißen, mit braunen Gespinstfäden übersponnenen Kokons in den Puppenwiegen von *I. typographus* sind charakteristisch für *C. bostrichorum*, KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). *C. bostrichorum* legt die Eier durch die Rinde ab und bevorzugt, wie *R. tutela*, dünnrindige Stammbereiche der Wipfelregion (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). Andererseits konnte MILLS (1986) keinen Zusammenhang zwischen Parasitierungsgrad von Braconidae (*C. bostrichorum* + *Dendrosoter middendorffi* Ratz.) und der Borkendicke feststellen; lediglich ein Zusammenhang mit der normalisierten Baumhöhe ließ sich herstellen. Daraus schloss MILLS (1986), dass möglicherweise nicht die Borkendicke, sondern die Struktur oder die Dichte der Rinde die Bevorzugung der oberen Stammabschnitte bedingt. Möglicherweise erleichtert die Beschaffenheit der Rinde im oberen Stammbereich die Lokalisierung der Wirtslarve, die nach MILLS et al. (1991), zumindest bei *C. bostrichorum* und *R. tutela*, mit Hilfe von flüchtigen Substanzen der Wirtslarve erfolgt. Die Vorliebe für den oberen Stammbereich wird auch durch das ausschließliche

Auftreten von *C. bostrichorum* in den Stammabschnitten 4 und 5 des Baumes Kühroint II belegt. Trotz der Präferenz für den Kronenbereich kann *C. bostrichorum* aber, aufgrund des 4 mm langen Legebohrers, Wirtslarven in Tiefen erreichen, die für *R. tutela* unzugänglich sind (KRÜGER & MILLS 1990). Unter den bislang genannten Parasitoiden ist *C. bostrichorum* am stärksten auf *I. typographus* spezialisiert: Die Art ist hinsichtlich des zeitlichen Auftretens gut synchronisiert, besitzt das beste Wirts-Findungsvermögen und ist in ihrem Wirtsbereich auf Fichten-Borkenkäfer beschränkt; außerdem führt sie, wie *I. typographus*, eine durch die Tageslänge beendbare Diapause aus (KRÜGER & MILLS 1990). Lokal kann die Art sehr häufig sein und bis zu 50 % Parasitierung verursachen (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974, SACHTLEBEN 1952). *C. bostrichorum* bildet gewöhnlich zwei Generationen pro Jahr und parasitiert bei *I. typographus* bevorzugt das dritte Larvenstadium (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994, KRÜGER & MILLS 1990).

Der Imaginalparasit *Tomicobia seitneri* (Pteromalidae) war lediglich mit einem Exemplar in den Rindenproben vertreten (Anhang Tab. 117). *T. seitneri* bringt pro Jahr zwei bis drei Generationen hervor (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994). In der Regel überwintert die zweite Generation von *T. seitneri* als ausgewachsene Larve in den parasitierten Käfern (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). Es ist deshalb möglich, dass *T. seitneri* häufiger in den Rindenproben vorkam, aber aufgrund dieser Tatsache nicht entdeckt werden konnte. Laut SEITNER (in SACHTLEBEN 1952) kann *T. seitneri* eine Parasitierungsrate von 40–70 % erreichen. THALENHORST (in SACHTLEBEN 1952) berichtet jedoch, dass die Wirksamkeit von *T. seitneri* durch verschiedene Faktoren so weit eingeschränkt wird, dass eine Parasitierungsrate von 20 % nur selten überschritten wird: Zum Beispiel vermindert die Parasitierung die Eiablage der Buchdrucker-Weibchen, was zu einer verminderten Raumkonkurrenz unter den Buchdrucker-Larven und damit zu einer höheren Überlebensrate führt.

Die rechnerische Parasitierungsrate in den Rindenproben der stehend befallenen Fichten betrug zwischen 0 und 5,5 %, war also recht gering. Diese Werte wurden aus der Summe aller parasitischen Hymenoptera (Adulte, Larven und Puppen) pro Muttergang und der Anzahl an Larven pro Muttergang errechnet (Anhang Tab. 110, Tab. 117, Tab. 122, Tab. 123).

#### Diptera

Die einzigen räuberischen Diptera, die auch als Adulte nachgewiesen werden konnten, gehörten zur Gattung *Medetera* (Dolichopodidae; Anhang Tab. 118). Die Larven der Arten dieser Gattung leben räuberisch in den Gängen verschiedener Borkenkäfer, bei *I. typographus* vor allem *M. signaticornis* Lw. (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994, KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). Zwei bestimmte Weibchen aus den Rindenproben am Standort Archenkanzel gehörten dieser Art an (SCHACHT, pers. Mitt.).



Parasitoide Schlupfwespe (*Roptrocerus xylophagorum*, Pteromalidae).



Parasitoide Schlupfwespe (*Rhopalicus tutela*, Pteromalidae).



Parasitoide Schlupfwespe (*Coeloides bostrichorum*, Braconidae).



Kokons der parasitoiden Schlupfwespe *Coeloides bostrichorum* (Braconidae) im Brutbild des Buchdruckers (*Ips typographus*).



Kokons der parasitoiden Schlupfwespe *Coeloides bostrichorum* (Braconidae); neben den Kokons sind die braunen Kopfkapseln der ausgefressenen Buchdrucker-Larven (*Ips typographus*) zu sehen.



Fliege, deren Larven räuberisch in Borkenkäfer-Gängen leben (Lonchaeidae).

Kleine *Medetera* sp.-Larven sind in der Lage, in die Rinde einzudringen und daher nicht auf vorhandene Borkenkäferlöcher angewiesen. Aus diesem Grund spielt die Rindendicke für *Medetera* sp. keine solche Rolle wie für parasitische Hymenopteren (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974), was sich auch darin zeigt, dass die *Medetera* sp.-Larven in den untersten Stammbereichen vorkamen (Anhang Tab. 121). Allerdings traten Larven und Adulte in keinem Baum im obersten Stammabschnitt auf. Worin dies begründet liegt bleibt unklar, zumal das Angebot an *I. typographus* auch in den obersten Stammabschnitten vorhanden war. Interessant ist jedoch, dass KÖHLER et al. (unveröffentlicht) in höheren Stammbereichen ebenfalls deutlich verminderte *Medetera* sp.-Zahlen ermittelten. Am reichlichsten findet man die *Medetera* sp.-Larven dann, wenn die *I. typographus*-Larven das Puppenstadium erreicht haben oder wenn die Jungkäfer gerade geschlüpft sind; zu diesem Zeitpunkt fressen die *Medetera* sp.-Larven auch am intensivsten (NUORTEVA 1959). Dieser Umstand führte wohl dazu, dass in den Rindenproben *Medetera* sp.-Larven teilweise noch in größerer Zahl vorhanden waren. Außerdem überwintert zumindest *M. signaticornis* als Larve unter der Rinde (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974; GÄBLER 1954). *Medetera* sp.-Larven können offenbar recht beträchtlichen Einfluss auf Borkenkäfer ausüben. So verzehrten die Larven von *M. breviseta* Par. im Laufe ihrer Entwicklung durchschnittlich 7 Larven bzw. Puppen von *H. palliatus* und reduzierten damit die Nachkommenschaft dieses Borkenkäfers um etwa  $\frac{1}{3}$  (NUORTEVA 1959). Die *Medetera* sp.-Larven sind wohl auch deshalb besonders effektive Prädatoren, weil sie bevorzugt Borkenkäfer-Larven und -Puppen fressen, Hymenopteren-Larven und Artgenossen dagegen kaum angreifen; eingeschränkt wird die Wirksamkeit von *Medetera* sp.-Larven jedoch durch *Thanasimus* sp., *Nudobius lentus*- und andere räuberische Insekten-Larven, die sich u. a. von *Medetera* sp.-Larven ernähren (OUNAP 1992).

Neben *Medetera* sp.-Larven traten Lonchaidae-Larven in größerer Anzahl in den Rindenproben auf (Anhang Tab. 121). Lonchaidae-Larven greifen Larven, Puppen und z. T. sogar Imagines der Borkenkäfer an und zählen zu deren stärksten Feinden (MORGE in KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974). Bei *I. typographus* kommen laut Literaturangaben *Lonchaea seitneri* Hend., *L. fugax* Becker, *L. zetterstedti* Becker, *L. luciduventris* Becker?, *L. bruggeri* Morge und *Palloptera usta* Meig. vor (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994, KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974, WESLIEN 1992). Viele Arten der Lonchaidae sind nach Angaben von MORGE (in KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974) nur fakultativ räuberisch; diese Arten werden jedoch hinsichtlich der Individuenzahl von obligat räuberischen Arten bei weitem übertroffen. *L. seitneri* ist nach NIERHAUS-WUNDERWALD (1994) zwar nicht häufig, kann aber durch die hohe Zahl abgelegter Eier bei Borkenkäfer-Massenvermehrungen eine Borkenkäfer-Population lokal beeinflussen. Lonchaidae-Larven und -Puppen waren in den Rindenproben aller Stammabschnitte zu finden, in Einzelexemplaren sogar in Pro-

ben, die keine Borkenkäfer enthielten, was auf die Anwesenheit von nicht obligat räuberischen Arten hinweisen könnte.

Stratiomyidae-Larven waren in geringerer Zahl als *Medetera* sp.- und Lonchaidae-Larven unter der Rinde der stehend befallenen Bäume zu finden (Anhang Tab. 122). Diese Dipteren-Larven ernähren sich sicher nicht ausschließlich räuberisch [WESLIEN (1992) stuft sie als necrophag ein]. Sowohl von GÄBLER (1954) als auch von KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974) wird jedoch berichtet, dass *I. typographus*-Larven an- oder ausgefressen wurden. Außerdem gelang es, Stratiomyidae-Larven zur Verpuppung zu bringen, die ausschließlich mit *I. typographus*-Larven gefüttert worden waren (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974).

### 18.3.3 Sonstige Arthropoden

Neben Prädatoren und Parasitoiden hielten sich unter der Rinde der stehend befallenen Fichten auch viele myceto- und saprophage Arthropoden auf [mycetophag: Lathridiidae und Cryptophagidae (Coleoptera); saprophag: Sciaridae, Cecidomyiidae, Phoridae (Diptera); Anhang Tab. 116, Tab. 118]. Vor allem die Larven der Diptera können räuberischen Coleopteren und Dipteren als Ersatz- bzw. Ausweichnahrung dienen. Somit sinkt die Dichte der Räuber bei schwachem *I. typographus*-Befall möglicherweise nicht so weit ab, wie dies ohne Ausweichnahrung geschehen könnte (KLAUSNITZER & FÖRSTER 1974).

Als Brutraum-Konkurrenten für *I. typographus*, vor allem aber für sekundäre Borkenkäfer-Arten, können die auftretenden Cerambycidae-Larven angesehen werden (vermutlich *Rhagium* sp.-Larven). MILLER (1986) hat auf den erheblichen negativen Effekt von *Monochamus titillator* F. auf die Brutentwicklung von *I. calligraphus* hingewiesen. Ein größerer Einfluss der Cerambycidae-Larven auf die *I. typographus*-Brutentwicklung in den stehenden Fichten ist jedoch aufgrund der geringen Zahl und Größe der Larven unwahrscheinlich.

Die Anzahl an Arthropoden, die nicht als mehr oder weniger typisch für von *I. typographus* befallene Bäume gelten können, war recht gering. Es handelte sich dabei vermutlich vor allem um epicortical lebende Arthropoden.

## Zusammenfassung

Die Population des Buchdruckers (*I. typographus*) befand sich in den von dieser Untersuchung erfassten Jahren in der Phase der Retrogradation. In den zwei Gradationsjahren 1993 und 1994 waren jeweils mehrere tausend Festmeter Fichtenholz vom Buchdrucker befallen worden. Schon von 1994 auf 1995 ging aber der Stehendbefall in den Revieren Au-Schapbach und Hintersee um den Faktor 10 von ca. 11000 fm auf ca. 1000 fm zurück. 1996 blieb der Stehendbefall in diesen Revieren

mit ca. 1000 fm auf dem Niveau von 1995. 1997 fiel er dann auf ca. 200 fm ab um 1998 erneut auf ca. 1000 fm anzusteigen.

Dieser deutliche Rückgang des Buchdrucker-Befalls um den Faktor 10 von 1994 auf 1995 spiegelte sich im Fallenfang nicht in dem Maße wieder. Für die Kammrohrfallen war in den einzelnen Regionen eine Halbierung der Buchdrucker-Fangzahlen festzustellen (Schlitzfallen existierten bis 1995 nur in der Wimbach-Region). In den Folgejahren stabilisierten sich die Fangzahlen dann auf dem Niveau von 1995. Möchte man nun für die angegebenen Jahre eine Beziehung zwischen Fallenfang und Stehendbefall herstellen, so lässt sich nur eine sehr grobe Aussage treffen: Im Revier Au-Schapbach ist bei durchschnittlichen Jahres-Fangzahlen der Kammrohrfallen von mehr als 5000 *I. typographus*/Falle mit einem Buchdrucker-Befall von mehr als 4000 fm zu rechnen. In einem Nationalpark ist die Verbindung von Populationsentwicklung des Borkenkäfers mit Einschlagsmengen von Schadholz sehr problematisch. Man müsste deshalb die tatsächliche Anzahl oder Menge der befallenen Hölzer und nicht nur die eingeschlagene Schadholzmenge zugrunde legen. Im Nationalpark Bayerischer Wald wird der Befallsgrad beispielsweise über das Luftbild ermittelt.

Alle Versuche, signifikante Zusammenhänge zwischen Fallenfang und Stehendbefall in 250 m Umkreis auf Einzelfallen-Basis zu ermitteln, scheiterten, und zwar sowohl bei Betrachtung des Initialfanges (1 Woche bis 6 Wochen) als auch bei Betrachtung des Jahresfanges. Eine Ausnahme bildete lediglich der Fang der ersten Woche für die Kammrohrfallen. Hier trat jedoch ein negativer Korrelationskoeffizient auf, d. h. je weniger Stehendbefall in der Umgebung auftrat, desto mehr Buchdrucker wurden in der Falle gefangen; dies beruhte vermutlich auf der gesteigerten Attraktivität der Fallen bei geringem Brutraumangebot in der Umgebung.

Auf regionaler Ebene erbrachte der Vergleich von Fallenfang und Buchdrucker-Befall in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone eine bessere Übereinstimmung bei den Schlitzfallen. Entsprechend dem Buchdrucker-Befall waren die durchschnittlichen Buchdrucker-Fangzahlen in diesen Fallen 1998 höher als 1996, während in den Kammrohrfallen 1996 mehr Buchdrucker zu finden waren als 1997. Für eine, allerdings äußerst ungenaue Abschätzung des Buchdrucker-Befalls mittels des Fallenfanges eignen sich also Schlitzfallen offensichtlich besser als Kammrohrfallen.

Ein weiterer Vorzug von Schlitzfallen sind die geringeren Ameisenbuntkäfer (*Thanasimus* sp.)-Fangzahlen in diesen Fallen. Wie in Labor- bzw. Freiland-Experimenten festgestellt werden konnte, beruht diese verminderte Fangleistung sowohl auf der geringeren Attraktivität der Schlitzfallen als auch auf der erhöhten Wahrscheinlichkeit aus diesen Fallen zu entkommen. Auch wenn die Ameisenbuntkäfer bei den Leerungen wieder aus den Kammrohrfallen entlassen werden, verendet doch, besonders während Regenperioden, ein Teil der Tiere in den Fangbehältern. Bedingt durch den höheren Anteil an Ameisen-

buntkäfern in den Kammrohrfallen von etwa 1 %, ist die Anzahl dieser verendeten Tiere nicht unerheblich.

Würde man mit dem Kammrohrfallen-Fang eine Reduktion der Buchdrucker erreichen wollen, so würde dieser Reduktionseffekt aufgehoben durch das Abtöten der Ameisenbuntkäfer. Allein die adulten Ameisenbuntkäfer hätten bei einem realistischen Beutekonsum von 1 Buchdrucker/Tag (s. Versuche zur Fraßkapazität) in einem Jahr (5 Monate) 150 Buchdrucker pro Individuum fressen können. Zieht man außerdem in Betracht, dass ein *T. femoralis*-Paar in zwei Wochen die Anzahl schlüpfender Buchdrucker in einem 50 cm langen Stammstück von etwa 300 auf 100 absenken konnte (also eine Reduktion von 100 Buchdruckern pro Ameisenbuntkäfer – auch in den Fallen war das Geschlechterverhältnis etwa 1:1), so wird deutlich, dass die durch den Kammrohrfallen-Fang abgetöteten Ameisenbuntkäfer deutlich mehr Buchdrucker vernichtet hätten als gleichzeitig in der Falle gefangen worden waren. Bei den Schlitzfallen war diese Gefahr, aufgrund der hohen Buchdrucker- und geringen Ameisenbuntkäfer-Fänge, nicht gegeben.

Werden die Ameisenbuntkäfer aus den Fallen entlassen, so besteht die Möglichkeit, dass sie die Falle erneut anfliegen und somit das Fangergebnis des darauffolgenden Leerungstermins verändern. Wie mittels Markierungsversuchen festgestellt werden konnte, betrug der Anteil dieser wiedergefangenen Ameisenbuntkäfer etwa 9 %. Eine extreme Verfälschung der Fangergebnisse ist somit nicht gegeben.

Neben den Ameisenbuntkäfern waren auch andere Tiergruppen am Fallenfang beteiligt. Deren Anteil ging aber nie über 4 % des Gesamtanges hinaus. Den weitaus überwiegenden Teil dieses Beifanges stellten bei Kammrohrfallen Ameisen (Formicidae) und Ohrwürmer (Dermaptera), bei Schlitzfallen Käfer (Coleoptera ohne *I. typographus* und *Thanasimus* sp.). Die Käfer-Beifänge der Schlitzfallen bestanden wiederum zu über 80 % aus Kupferstechern (*P. chalcographus*). Von einem nennenswerten Einfluss des Fallenfanges auf andere Antagonisten des Buchdruckers ist also nicht auszugehen.

Von Interesse war aber nicht nur die Zusammensetzung des Fallenfanges, sondern auch dessen Höhe für unterschiedliche Fallentypen, Regionen, Meereshöhen und Jahre. Schlitzfallen hatten, wie bereits angedeutet, signifikant höhere Buchdrucker-Fänge aufzuweisen als Kammrohrfallen. Die anderen Parameter hatten keinen signifikanten Einfluss. Insbesondere war keine Abnahme der Buchdrucker-Zahlen mit zunehmender Meereshöhe zu beobachten.

Im Gegensatz zum Buchdrucker wurden die Ameisenbuntkäfer-Fangzahlen neben dem Fallentyp auch von der Meereshöhe und der Region beeinflusst. Die deutlich höheren Ameisenbuntkäfer-Fangzahlen in Kammrohrfallen wurden bereits erwähnt. Signifikant geringere Ameisenbuntkäfer-Fänge in der Hochlage im Vergleich zur Tieflage könnten darauf hindeuten, dass die Ameisenbuntkäfer eventuell nicht so gut an die rauen Klimabedingungen angepasst sind wie die Buchdrucker. Dies

legen auch die beobachteten Temperatur-Schwellenwerte beim Flug von Buchdruckern und Ameisenbuntkäfern nahe. Für den Buchdrucker konnte dabei der Schwellenwert von 16,5°C (LOBINGER 1994) bestätigt werden, für den Ameisenbuntkäfer wurde ein Wert von 18°C ermittelt.

Der signifikant niedrigere Ameisenbuntkäfer-Fang in der Wimbach-Region gegenüber der Schapbach- und Klausbach-Region ist durch den höheren Schlitzfallen-Anteil (geringer Ameisenbuntkäfer-Fang) in dieser Region bedingt (Wimbach: 52 %, Schapbach: 37 %, Klausbach: 23 %).

Die Fangzahlen von Buchdruckern und Ameisenbuntkäfern wurde jedoch nicht nur in den drei Regionen miteinander verglichen, sondern auch in Borkenkäfer-Bekämpfungszone (Schapbach) und Ruhezone (Schüttalpe). Dabei fanden sich auch hier keine Unterschiede bezüglich der Jahre. Signifikant unterschieden sich jedoch die Fangzahlen sowohl der Buchdrucker als auch der Ameisenbuntkäfer. In der Ruhezone waren signifikant weniger Buchdrucker und gleichzeitig signifikant mehr Ameisenbuntkäfer gezählt worden als in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone. Ein ähnliches Bild zeichnete sich übrigens für den Kupferstecher und dessen Räuber, den Jagdkäfer (*N. elongatum*) ab. Auch hier war der Kupferstecher in der Ruhezone in geringeren Fangzahlen, der Jagdkäfer in signifikant höheren Fangzahlen vertreten. Offenbar wurden durch die Borkenkäfer-Bekämpfung die Antagonisten stärker dezimiert als die Borkenkäfer. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass die Antagonisten Ameisenbuntkäfer und Jagdkäfer, aufgrund ihrer größeren Häufigkeit, die Buchdrucker- und Kupferstecher-Population in der Ruhezone besser kontrollieren können als in der Borkenkäfer-Bekämpfungszone. Dies gilt jedoch nur für die untersuchte Retrogradations- bzw. die Latenzphase einer Borkenkäfer-Population. Eine, beispielsweise durch Windwurf hervorgerufene Gradation können auch Antagonisten in der Ruhezone nicht stoppen, da diese, wie für *T. femoralis* gezeigt wurde, nur in begrenztem Umfang dichteabhängig reagieren können und für den Aufbau einer Population zu lange brauchen (verstärktes Auftreten von Ameisenbuntkäfern erst 1995).

Trotz des beschränkten Einflusses von Antagonisten während einer Borkenkäfer-Gradation, können natürliche Gegenspieler doch zu einer deutlichen Dezimierung der Borkenkäfer-Population beitragen. Dies wurde anhand von Labor- und Freilandexperimenten mit dem Ameisenbuntkäfer *T. femoralis* verdeutlicht, der im Nationalpark Berchtesgaden, im Gegensatz zu *T. formicarius*, außergewöhnlich häufig auftrat (Anteil von mehr als 90 % am Ameisenbuntkäfer-Fang in Pheromon-Fallen).

In Laborexperimenten konnte nachgewiesen werden, dass *T. femoralis* bei einer Dichte von 1 Paar pro 50 cm langem Stammstück die Anzahl schlüpfender Buchdrucker gegenüber Stammstücken ohne Ameisenbuntkäfer-Besatz von ca. 300 auf 100 vermindern kann. Steigerte man allerdings die *T. femoralis*-Dichte auf 3 Paare/Stammstück, war keine signifikante Reduktion mehr

zu erzielen. Die Ameisenbuntkäfer können also offensichtlich die Schlupfdichte des Buchdruckers auf  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  reduzieren, aber nicht weiter, was vermutlich durch larvale Konkurrenz hervorgerufen wird. Berücksichtigt man die Anzahl der Larven, die sich längere Zeit in den Stammstücken entwickeln konnten (Larven, die erst später als drei Wochen nach dem Auftreten der ersten Larven schlüpften), so ergab sich eine mittlere Larvenzahl von ca. 10/Stammstück. Diese Zahl stimmt interessanterweise mit der mittleren Ameisenbuntkäfer-Altlarven-Dichte überein, die bei den Expositions-Experimenten nach 8 Wochen Expositionszeit ermittelt wurde (MW: 10,0).

Legt man die Angaben von HEIDGER (1994) und MILLS (1985) zum Beutekonsum von *T. formicarius* während der Larvalentwicklung zu Grunde (ca. 45 Buchdrucker-Entwicklungsstadien/Larve), so hätten die von einem *T. femoralis*-Paar produzierten Larven (MW: 20 Larven/Stammstück) alle Buchdrucker des Stammstückes (MW: 320 Buchdrucker/Stammstück) an der Entwicklung hindern können. Dies geschah deshalb nicht, weil die *T. femoralis*-Larven abwandern konnten und in den Fanggefäßen von weiterem Fraß abgehalten wurden. Dieses Abwanderungsverhalten ist aus der Sicht der Konkurrenzvermeidung unter den Ameisenbuntkäfer-Larven und der optimalen, nicht maximalen, Ausnutzung der Beutemenge (Buchdrucker-Entwicklungsstadien) verständlich.

Die Versuche zur Fraßkapazität machten deutlich, dass für die adulten Ameisenbuntkäfer eine ausreichende Versorgung mit Buchdruckern von mindestens 0,8 Buchdruckern/Tag nötig ist, um eine lange Lebensdauer und eine hohe Eiproduktion der Weibchen von durchschnittlich 1 Ei/Tag zu gewährleisten. Unterschiede in der Fraßkapazität zwischen Männchen und Weibchen ergaben sich nicht, trotzdem die Weibchen signifikant schwerer waren. Möglicherweise lag dies an der ähnlichen Körpergröße von Männchen und Weibchen, welche die Fraßmenge scheinbar stärker beeinflusst als das Gewicht (TURNBOW et al. 1978).

*T. femoralis*-Weibchen konnten, bei 20°C/10°C-Wechseltemperatur, durchaus zwei Wochen ohne Futteraufnahme überleben, die Eiablagerrate war jedoch dann deutlich vermindert. Auch hierbei spielte das Gewicht keine Rolle, denn schwerere Tiere konnten nicht länger hungern als leichtere.

Obschon die Ameisenbuntkäfer-Weibchen Spermien offenbar mehrere Wochen speichern und die Eiablagerrate voll aufrecht erhalten können, wirkte sich die kontinuierliche Anwesenheit eines Männchens (mehrmalige Paarungen) positiv auf die Eizahl/Weibchen aus und verkürzte die Zeit bis zum Beginn der Eiablage.

Die beiden Ameisenbuntkäfer-Arten unterschieden sich hinsichtlich der Fraßkapazität und der Eiablagerrate nicht signifikant voneinander. Einzig die Entwicklungsdauer der Eier war bei *T. femoralis* signifikant kürzer als bei *T. formicarius* (15 bzw. 17,5 Tage), was eventuell mit einer besseren Anpassung von *T. femoralis* an kühle

Temperaturen (im Gebirge) zu tun haben könnte. Darauf würde auch der geringere mittlere Heterozygotiegrad der Hochlagen-Population von *T. femoralis* im Vergleich zur Tieflagen-Population hindeuten.

Fasst man die dargestellten Ergebnisse zusammen, so errechnet sich bei optimalen Bedingungen (20°C/10°C-Wechseltemperatur, ausreichendes Futterangebot, ständige Anwesenheit eines Männchens) in 100 Tagen folgende Prädationskapazität von einem *T. femoralis*-Paar und dessen Larven:

Männchen	100 adulte Buchdrucker (1 Buchdrucker/Tag)
Weibchen	100 adulte Buchdrucker (1 Buchdrucker/Tag) => 100 Eier (1 Ei/Tag) => 40 Larven (Schlupfrate: 40 %)
Larven	450 Buchdrucker-Stadien (Reduktion um 225 Buchdrucker-Stadien bei 20 Larven, d. h. von 450 bei 40 Larven)
Gesamt	650 Buchdrucker-Stadien

Hätte man angenommen, dass sich alle Larven vollständig entwickeln, so stiege die Zahl gefressener Buchdrucker auf 2000/Paar (45 Buchdrucker-Stadien/Larve => 1800 Buchdrucker-Stadien/40 Larven; HEIDGER 1994, MILLS 1985).

Die Experimente mit exponierten Stammstücken machten deutlich, dass die im Labor beobachteten Ameisenbuntkäfer-Dichten durchaus auch im Freiland auftreten können (ca. 12 Ameisenbuntkäfer-Larven/Stammstück). Diese Untersuchungen bestätigten zudem die signifikant höheren Ameisenbuntkäfer-Dichten in der Ruhezone im Vergleich zur Borkenkäfer-Bekämpfungszone. Anders als in den Fallen waren aber in den Stammstücken auch die Buchdrucker-Dichten in der Ruhezone höher. Die Expositionszeit von 2, 4 und 8 Wochen hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Besiedelung durch Ameisenbuntkäfer. Anders war dies z. B. bei den Schlupfwespen (parasitische Hymenoptera), die erst die späteren Larven-

und Puppenstadien parasitieren und deshalb in den 8 Wochen exponierten Stammstücken signifikant häufiger auftraten als in den kürzere Zeit exponierten Stammstücken. Außerdem traten Schlupfwespen in den Tieflagen deutlich häufiger auf als in den Hochlagen, was die Bedeutung der Ameisenbuntkäfer-Larven als Buchdrucker-Prädatoren in den Hochlagen noch steigert. Generell traten aber Schlupfwespen in verschwindend geringer Zahl auf und führen sicherlich, im Vergleich zu den Ameisenbuntkäfer-Larven, nur zu einer minimalen Reduktion des Buchdrucker-Schlupfes.

Die große Bedeutung der Ameisenbuntkäfer-Larven wurde auch bei den Studien an Pheroprax®-beködeten, stehenden Fichten deutlich. Mit 21 Ameisenbuntkäfer-Larven/m<sup>2</sup> Rindenfläche (gut wasserversorgte Fichten) bzw. 31 Ameisenbuntkäfer-Larven/m<sup>2</sup> Rindenfläche (schlecht wasserversorgte Fichten) lagen die Dichten ähnlich hoch wie die Dichten in den Ruhezone-Stammstücken der Expositionsversuche und die Alt-Larven-Dichten der Laborexperimente. Auch die Schlupfwespen-Dichten entsprachen denen der Expositionsversuche. Da die Versuche zum Stehendbefall ja in der Ruhezone durchgeführt werden mussten, ist dies verständlich.

Die Wasserversorgung des Bodens hatte bei diesen Untersuchungen keinen signifikanten Einfluss auf Buchdrucker-, Ameisenbuntkäfer-, Kurzflügelkäfer (Staphylinidae)- und Schlupfwespen-Zahlen; höhere Dichten traten jedoch, mit Ausnahme der Schlupfwespen, in den Fichten auf Standorten mit schlechterer Wasserversorgung auf. Auch alle gemessenen Brutparameter des Buchdruckers zeigten in diesen Fichten eine dichtere Besiedelung an; einen signifikant höheren Wert wies jedoch nur die „Anzahl an Buchdrucker-Larven pro cm Ganglänge mit Einischen“ auf. Dies könnte auf eine etwas bessere Substratqualität dieser Fichten hindeuten, welche eventuell durch eine verminderte Harz-Produktion hervorgerufen wurde. Diese verringerte Harz-Produktion wiederum, könnte auf die schlechtere Wasserversorgung zurückzuführen sein.

## F Literaturverzeichnis

- ANDERBRANT O. (1986): A model for the temperature and density dependent reemergence of bark beetle *Ips typographus*. *Entomol. exp. appl.* 40, 81–88.
- ANDERBRANT O. (1985): Dispersal of reemerged spruce bark beetles, *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae): a mark-recapture experiment. *Z. ang. Ent.* 99, 21–25.
- BAKKE A. (1983): Host tree and bark beetle interaction during a mass outbreak of *Ips typographus* in Norway. *Z. ang. Ent.* 96, 118–125.
- BAKKE A. (1992): Monitoring bark beetle populations: effects of temperature. *J. Appl. Ent.* 114, 208–211.
- BAKKE A., FROYEN P., SKATTEBOL L. (1977): Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*. *Naturwissenschaften* 64, 98–99.
- BAKKE A., KVAMME T. (1993): Beetles attracted to Norway Spruce under attack by *Ips typographus*. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 45 (9), 1–24.
- BAKKE A., KVAMME T. (1981): Kairomone response in *Thanasimus* predators to pheromone components of *Ips typographus*. *Journal of chemical ecology* 7 (2), 305–312.
- BATHON H. (1991): Möglichkeiten der chemischen Bekämpfung von Borkenkäfern. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*. Heft 276, 111–118.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1996): Begleitende Untersuchungen zur Massenvermehrung des Buchdruckers (*Ips typographus*) im Nationalpark Bayerischer Wald 1997. Tätigkeitsbericht 1996 – 1997 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 86.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1998): Borkenkäferproblematik im Nationalpark Bayerischer Wald – Ergebnis des internationalen Expertengremiums, 1–47.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1987): Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über den Alpen- und Nationalpark Berchtesgaden. *GVBl. Nr. 5 / 1987*.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (Hrsg.) (1993): Rote Liste gefährdeter Tiere in Bayern. 2. Auflage. Manz AG München, 1–139.
- BERRYMAN A. A. (1966): Factors influencing oviposition and the effect of temperature on development and survival of *Enoclerus lecontei* (Wolcott) eggs. *Can. Entomol.* 98, 579–585.
- BOCKHORST E. (1998): Zuflug des Borkenkäfers *Ips typographus* L. an stehende Fichten in einem hochmontanen Brutherd. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 11, 649–652.
- BOHLANDER F. (1997): Zum energetischen Status des Buchdruckers *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). Inaugural – Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität München, 1–192.
- BOMBOSCH S. (1954): Zur Epidemiologie des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). In WELLENSTEIN G.: Die große Borkenkäferkalamität in Südwestdeutschland 1944 – 1951. Ebner Ulm, 239–283.
- BOMBOSCH S. (1990): Wie stark vermindern Pheromonfallen die Population des Buchdruckers. *AFZ* 14–15, 354–355.
- BOTTERWEG P. F. (1982): Dispersal and flight behavior of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. *Z. ang. Ent.* 94, 466–489.
- BRAUNS A. (1991): Taschenbuch der Waldinsekten. 4. Auflage. Gustav Fischer Verlag Stuttgart Jena 1–860.
- BROHMER P. (1988): Fauna von Deutschland, 17. überarbeitete Auflage, von Matthias Schaefer. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg Wiesbaden, 1–586.
- BUSSLER H. (1986): Zur Problematik der Borkenkäferbekämpfung mit Flachtrichterfallen. *Natur und Landschaft* 61, 340–343.
- DIMITRI L. (1987): Bedingungen für den erfolgreichen Pheromoneinsatz. *AFZ* 9/10, 190–191.
- DIPPEL C. (1994): Untersuchungen zur Biologie von *Nemosa elongatum* (L.) unter besonderer Berücksichtigung seines Einflusses auf die Populationsentwicklung von Borkenkäfern. Dissertation am Fachbereich Biologie der Philipps-Universität Marburg.
- DIPPEL C., HEIDGER C., NICOLAI V., SIMON M. (1997): The Influence of Four Different Predators on Bark Beetles in European Forest Ecosystems (Coleoptera: Scolytidae). *Entomol. Gener.* 21 (3), 161–175.
- DIXON W. N., PAYNE T. L. (1979): Aggregation of *Thanasimus dubius* on trees under mass – attack by the Southern Pine Beetle. *Environmental Entomology* 8 (1), 178–181.
- DUBBEL V., VAUPEL O., DIMITRI L. (1985): Untersuchungen zur Wirksamkeit und ökologischen Verträglichkeit von Borkenkäferfallen. *Holz – Zentralblatt* 23, 357–359.
- DUELLI P., ZHRADNIK P., KNIZEK M., KALINOVA B. (1997): Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps. *J. Appl. Ent.* 121, 297–303.
- ENDERLEIN G. (1936): Ordnung: Zweiflügler, Diptera. In BROHMER P., EHRMANN P., ULMER G.: Die Tierwelt Mitteleuropas, Band VI, Insekten 3. Teil. Verlag von Quelle und Meyer in Leipzig, 1–259.
- ESCHERICH K. (1923): Die Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. II. Verlag Paul Parey Berlin.
- FREUDE H., HARDE K.W., LOHSE G.A. (1965, 1976, 1971, 1964, 1974, 1979, 1967, 1969, 1966, 1981, 1983): Die Käfer Mitteleuropas, Band I–XI. Goecke und Evers Verlag, Krefeld.
- FÜHRER E., HAUSMANN B., WIENER L. (1993): Brutraumdifferenzierung zwischen *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae) an Fichtenstämmen in ihrer Beziehung zu Monoterpenmustern. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 8, 491–495.
- FUNKE W., PETERSHAGEN M. (1994): Zur Flugaktivität von Borkenkäfern. *Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal* 47, 5–10.
- GÄBLER H. (1954): Dipterenlarven als Parasiten und Synöken des Buchdruckers, *Ips typographus* L.. *Z. ang. Ent.* 35, 55–62.
- GAUSS R. (1954): Der Ameisenbuntkäfer *Thanasimus formicarius* L. als Borkenkäferfeind. In WELLENSTEIN G.: Die große Borkenkäferkalamität in Südwest-Deutschland 1944–1951. Ebner Ulm, 417–429.
- GEISER R. (1998): Rote Liste der Käfer (Coleoptera). In: BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg): Rote Liste ge-

- fährdeter Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 55, 1–434.
- GERSTMEIER R. (1998): Buntkäfer – Illustrierter Schlüssel zu den Cleriden der West-Paläarktis – Zweisprachig (Deutsch/Englisch). Margraf Verlag, Weikersheim, 1–257.
- GRÜNE S. (1979): Handbuch zur Bestimmung der europäischen Borkenkäfer. Verlag M. & H. Schaper, Hannover, 1–182.
- GRÜNWARD M. (1986): Ecological segregation of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) of spruce. J. Appl. Ent. 101, 176–187.
- GRUPPE A. (1997): Isoenzymatische Variation beim Buchdrucker *Ips typographus*. Mitt. DgaaE 11, 659–662.
- HEIDGER C. (1994): Die Ökologie und Bionomie der Borkenkäfer-Antagonisten *Thanasimus formicarius* L. (Cleridae) und *Scoloposcelis pulchella* Zett. (Anthocoridae): Daten zur Beurteilung ihrer prädatorischen Kapazität und der Effekte beim Fang in Pheromonfallen. Inaugural – Dissertation an der Philipps-Universität Marburg, 1–317.
- HELLRIGL K., SCHWENKE W. (1985): Begleitinsekten in Buchdrucker-Pheromonfallen in Südtirol. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 58, 47–50.
- HEUER H. G., VITÉ J. P. (1984): Chalcogran: Unique Kairomone Governed Predator-Prey-Relations Among Oostomid And Scolytid Beetles. Naturwiss. 71, 214–215.
- HODAPP (1954): Der Verlauf der Fichtenborkenkäfer-Kalamität in Baden 1942. In WELLENSTEIN G.: Die große Borkenkäferkalamität in Südwest-Deutschland 1944–1951. Ebner Ulm, 417–429.
- HÜBERTZ H., LARSEN J. R., BEJER B. (1991): Monitoring spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) populations under non-epidemic conditions. Scand. J. For. Res. 6, 217–226.
- KAHLEN M. (1997): Die Holz- und Rindenkäfer des Karwendels und angrenzender Gebiete. Beitrag der Koordinationsstelle für den Alpenpark Karwendel beim Amt der Tiroler Landesregierung, Sonderband 3, 1–141.
- KLAUSNITZER B. (1991–1998): Die Larven der Käfer Mitteleuropas, Band I–V, Goecke und Evers Verlag, Krefeld.
- KLAUSNITZER B., FÖRSTER G. (1974): Zur Kenntnis der Parasiten und Episiten des Buchdruckers *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). Entomol. Ber., 11–42.
- KLIMETZEK D., VITÉ J. P. (1989): Tierische Schädlinge. In SCHMIDT-VOGT D.: Die Fichte II (2). Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 40–133.
- KOCH K. C. (1989, 1989, 1992): Die Käfer Mitteleuropas – Ökologie, Band I–III. Goecke und Evers Verlag, Krefeld.
- KÖHLER U., GRAD M., TIMANS U., GREUNE A., KRAUSSE – OPATZ B., SCHOPF R. (1993): Untersuchungen zur Populationsdynamik der Borkenkäfer im Nationalpark Bayerischer Wald (Schlußbericht). Unveröffentlicht, 1–169.
- KÖHLER U., SCHALLER M. (1989): Zum Einsatz des Kupferstecherlockstoffes Chalcoprax in Pheromonfallen unter besonderer Berücksichtigung der Wirkungsdauer und der gefangenen Begleitarthropoden. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 7, 157–160.
- KOHNLE U., VITE J. P. (1984): Bark beetle predators: Strategies in the olfactory perception of prey species by clerid and trogostid beetles. Z. ang. Ent. 98, 504–508.
- KOLBE W. (1997): Beifänge aus Borkenkäfer-Pheromonfallen in Wuppertaler Wäldern. Teil 2. Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal 50, 81–93.
- KOLIBAC J. (1992): Species of the genera *Thanasimus* Latreille and *Korynetes* Herbst in central Europe (Coleoptera, Cleridae). Acta Entomol. Bohemoslov. 89, 309–314.
- KOPF A. (2000): Untersuchungen zur Sukzession von Arthropoden-Gesellschaften (insb. Coleoptera) auf Fichten-Sturmwurfflächen in Baden-Württemberg. Dissertation an der Universität Ulm. 1–155.
- KRAVIELTZKI S., KLIMETZEK D., BAKKE A., VITE J.P., MORI K. (1977): Field and laboratory response of *Ips typographus* to optically pure pheromonal components. Zeitschrift für Angewandte Entomologie 83, 300–302.
- KRETSCHMER K. (1991): Die Problematik der Beifänge beim Einsatz von Aggregationspheromonen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. Heft 276, 101–111.
- KRÜGER K., MILLS N. J. (1990): Observations on the biology of three parasitoids of the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae): *Coeloides bostrychorum*, *Dendrosoter middendorffii* (Hym., Braconidae) and *Rhopalicus tutela* (Hym., Pteromalidae). J. Appl. Ent. 110, 281–291.
- LANGEWALD J. (1989): Ein Beitrag zur Habitatselektion des Ameisenbuntkäfers, *Thanasimus formicarius* L. (Col., Cleridae). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 62, 88–90.
- LAWSON S. A. (1993): Overwintering mortality of *Ips grandicollis* Eichh. (Col., Scolytidae) and its parasitoid, *Roptrocercus xylophagorum* Ratz. (Hym., Pteromalidae), in South Australia. J. Appl. Ent. 115, 240–245.
- LAWSON S. A., FURUTA K., KATAGIRI K. (1997): Effect of natural enemy exclusion on mortality of *Ips typographus* japonicus Nijima (Col., Scolytidae) in Hokkaido, Japan. J. Appl. Ent. 121, 89–98.
- LINIT M. J., STEPHEN F. M. (1983): Parasite and predator component of within-tree southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) mortality. Can. Entomol. 115, 679–688.
- LOBINGER G. (1994): Die Lufttemperatur als limitierender Faktor für die Schwärmaktivität zweier rindenbrütender Fichtenborkenkäferarten, *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 67, 14–17.
- LOBINGER G., SKATULLA U. (1996): Untersuchungen zum Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 69, 183–185.
- LUNDGREN U., SCHLYTER F. (1989): Granbarkborrens spridning fran naturskogsreservat. Blekinges Natur 1989, 103–111.
- MCCAULEY D.E., EANES W.F. (1987): Hierarchical population structure analysis of the milkweed beetle, *Tetraopes tetraophthalmus* (Forster). Heredity 58, 193–201.
- MILLER M. C. (1986): Survival of within tree *Ips calligraphus* (Col.: Scolytidae): effect of insect associates. Entomophaga 31, 39–48.
- MILLS N. J. (1986): A preliminary analysis of the dynamics of within tree populations of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae). J. Appl. Ent. 102, 402–416.
- MILLS N. J. (1985): Some observations on the role of predation in the natural regulation of *Ips typographus* populations. Z. ang. Ent. 99, 209–215.
- MILLS N. J., KRÜGER K., SCHLUP J. (1991): Short-range host location mechanisms of bark beetle parasitoids. J. Appl. Ent. 111, 33–43.

- MOSBACHER G. C. (1987): Insekten aus Borkenkäferfallen. II. Coleoptera excl. Scolytidae. Faun.-flor. Notizen a. d. Saarland 10, 505–542.
- NAGEL W. P., FITZGERALD T. D. (1975): *Medetera aldrichii* larval feeding behavior and prey consumption (Dipt.: Dolichopodidae). Entomophaga 20 (1), 121–127.
- NICOLAI V. (1995a): Der Einfluss von *Medetera dendrobaena* (Diptera, Dolichopodidae) auf Borkenkäferpopulationen. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 9, 465–469.
- NICOLAI V. (1989): Rüsselkäfer (Curculionidae, Coleoptera) in Borkenkäferfallen (Scolytidae, Coleoptera): Neufunde von Arten auf den Lahnbergen bei Marburg. Hess. faun. Briefe 9, 11–16.
- NICOLAI V. (1995b): The impact of *Medetera dendrobaena* Kowarz (Dipt., Dolichopodidae) on bark beetles. J. Appl. Ent., 161–166.
- NICOLAI V., HEIDGER C., DIPPEL C., STROHMENGER T. (1992): Bark beetles and their predators in bark beetle pheromone traps. Zool. Jb. Sys. 119, 315–338.
- NIEMEYER H., ACKERMANN J., WATZEK G. (1995): Eine ungestörte Massenvermehrung des Buchdruckers (*Ips typographus*) im Hochharz. Forst und Holz 8, 239–243.
- NIEMEYER H., DIMITRI L., VAUPEL O. (1990): Verminderung von Borkenkäferpopulationen. AFZ 30-31, 770–773.
- NIEMEYER H., WATZEK G., SCHRÖDER T. (1983): Eine neue Lockstoff-Falle zur Bekämpfung von rinden- und holzbrütenden Borkenkäfern. Forst- und Holzwirt 40 (2), 32–40.
- NIERHAUS-WUNDERWALD D. (1992): Biologie der Buchdruckerarten. Wald und Holz 6, Sonderdruck, 7–14.
- NIERHAUS-WUNDERWALD D. (1994): Liste der Borkenkäfer-Antagonisten (2. Aufl.). Phytosanitärer Beobachtungs- und Meldedienst (PBDM) der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- NUORTEVA M. (1968): Über Mengenveränderungen der Borkenkäferfauna in einem südfinnischen Waldgebiet in der Zeit von 1953 bis 1964. Acta Entomologica Fennica 24, 1–50.
- NUORTEVA M. (1956): Über den Fichtenstamm-Bastkäfer *Hylurgops palliatus* Gyll. und seine Insektenfeinde. Acta Ent. Fenn. 13, 1–118.
- NUORTEVA M. (1959): Untersuchungen über einige in den Frassbildern der Borkenkäfer lebende *Medetera*-Arten (Dipt., Dolichopodidae). Suomen Hyönteistieteellinen Aikakauskirja 25 (4), 192–210.
- OUNAP H. (1992): Laboratory Studies of the food selection of some predators of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised Biologia 41 (3), 131–140.
- PASTEUR N., PASTEUR G., BONHOMME F., CATALAN J., BRITTON-DAVIDIAN J. (1988): Practical Isozyme Genetics. Halsted Press: a division of John Wiley & Sons.
- POHL-APEL G., RENNER K. (1987): Coleopterologische Analyse des Inhalts von Borkenkäfer-Pheromonfallen im Raum Bielefeld. Decheniana 140, 79–86.
- POSTNER M. (1974): Scolytidae (= Ipidae), Borkenkäfer. In SCHWENKE W. (Hrsg.): Die Forstschädlinge Europas, Bd. 2: Käfer. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 334–366.
- RAFFA K. F. (1991): Temporal and Spatial Disparities Among Bark Beetles, Predators, and Associates Responding to Synthetic Bark Beetle Pheromones: *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae) in Wisconsin. Environmental Entomology 20 (6), 1665–1679.
- RAUHUT B., SCHMIDT G., SCHMIDT L. (1993): Das Coleopteren-Spektrum in Borkenkäfer-Pheromonfallen eines heterogenen Waldgebietes im Landkreis Hannover. Braunschw. naturkd. Schr. 4(2), 247–278.
- REGIERUNG VON OBERBAYERN UND SCHWABEN (1993): Überwachung und Bekämpfung der Nadelholzborkenkäfer Buchdrucker und Kupferstecher. StAnz. Nr. 2.
- RETTELBACH T., GRUPPE A., SCHOPF R. (2000): Artenspektrum, Geschlechterverhältnis und genetische Struktur des Genus *Thanasimus* Latr. (Coleoptera, Cleridae) im Nationalpark Berchtesgaden. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 12, 83–86.
- RETTELBACH T., GRUPPE A., SCHOPF R. (1998): Species distribution, sex ratio and genetic structure of the genus *Thanasimus* Latr. (Coleoptera, Cleridae) in the National Park Berchtesgaden. Book of Abstracts, Vth Eur. Congr. Entomol. (Brunnhöfer V. & Soldan T. eds), Ceske Budejovice, August 23–29, 1998, 758–759.
- RILEY M. A., GOYER R. A. (1986): Impact of beneficial insects on *Ips* spp. (Coleoptera: Scolytidae) bark beetles in felled loblolly and slash pines in Louisiana. Environ. Entomol. 15, 1220–1224.
- ROWELL-RAHIER M. (1992): Genetic structure of leaf-beetles populations: microgeographic and sexual differentiation in *Oreina cacaliae* and *O. speciosissima*. Entomol. exp. appl. 65, 247–257.
- RUDINSKY J. A. (1962): Ecology of Scolytidae. Ann. Rev. Ent. 7, 327–348.
- SACHS L. (1992): Angewandte Statistik. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 7. Auflage, 1–846.
- SACHTLEBEN H. (1952): Die parasitischen Hymenopteren des Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L.. Beiträge zur Entomologie 2 (2/3), 137–189.
- SAMSON P. R., SMIBERT J. (1986): Preliminary studies on the efficacy and establishment of *Roptrocerus xylophagorum* (Hym.: Torymidae), a parasitoid of *Ips grandicollis* (Col.: Scolytidae) in Australia. Entomophaga 31 (2), 173–182.
- SCHLUP J. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik von *Ips typographus* L. (Buchdrucker) und zur Biologie seines häufigsten Prädatoren *Thanasimus formicarius* L. (Ameisenbuntkäfer). Lizensiatsarbeit Bern; Bern / Schweiz.
- SCHLYTER F., LUNDGREN U. (1993): Distribution of a Bark Beetle and its Predator within and outside Old Growth Forest Reserves: No Increase of Hazard Near Reserves. Scand J. For. Res. 8, 246–256.
- SCHMIEDEKNECHT O. (1907): Die Hymenopteren Mitteleuropas. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 1–804.
- SCHWENKE W. (1996): Grundzüge des Massenwechsels und der Bekämpfung des Großen Fichtenborkenkäfers, *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 69, 11–15.
- SELLENSCHLO U. (1986): Beifänge in Borkenkäfer-Pheromon-Fallen in Norddeutschland. Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 59, 148–152.
- SINNER K.-F. (1999): Forstschutzprobleme in Nationalparks. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. Heft 362, 10–13.
- STOCK M. W., AMMAN G. D., BENTZ B. J. (1992): Isozyme studies of bark beetle population genetics and systematics. In HAYES J. L., ROBERTSON J. L.: Proceedings of a

- workshop on bark beetle genetics: current status of research. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR 138, 7-9.
- SWOFFORD D. L., SELANDER R.B. (1989): Biosys-1 User's Manual. David L. Swofford, Illinois Natural History Survey, 1-43.
- THALENHORST W. (1958): Grundzüge der Populationsdynamik des großen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L.. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen Band 21, 1-126.
- TOMMERAS B. A., MUSTAPARTA H. (1985): Olfactory Receptor Cells of *Thanasimus formicarius* Specialized to Single Prey Pheromone Compounds. *Naturwissenschaften* 72, 604-606.
- TURNBOW R. H., FRANKLIN R. T. (1980): The effects of temperature on *Thanasimus dubius* oviposition, egg development and adult prey consumption. *J. Georgia Entomol. Soc.* 15(4), 456-459.
- TURNBOW R. H. JR., FRANKLIN R. T., NAGEL W. P. (1978): Prey consumption and longevity of adult *Thanasimus dubius*. *Environmental Entomology* 7 (5), 695-697.
- VAUPEL O. (1991): Möglichkeiten der Verminderung von Borkenkäferschäden durch Anwendung von Pheromonfallen. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*. Heft 276, 80-93.
- VITE J. P. (1989): Lock- und Ablenkstoffe im Waldschutz gegen Borkenkäfer. *Mitt. Dt. Ges. Allg. Angew. Ent.* 7, 123-131.
- VITE J. P., BAKKE A., RENWICK J. A. A. (1972): Pheromones in *Ips* (Coleoptera, Scolytidae): Occurrence and production. *Canadian Entomologist* 104, 1967-1975.
- VITE J. P., WILLIAMSON D. L. (1970): *Thanasimus dubius*: prey perception. *J. Insect Physiol.* 16, 233-239.
- WAINHOUSE D., JUKES M. R. (1997): Geographic variation within populations of *Panolis flammea* (Lepidoptera: Noctuidae) in Britain. *Bull. of Entomol. Research* 87, 95-99.
- WEBER T. (1987): Sind Borkenkäfer durch Pheromon-Fallen wirksam zu bekämpfen. *AFZ* 5, 87-89.
- WEGENSTEINER R., FÜHRER E. (1991): Zur höhenabhängigen Aktivitätsdynamik einiger Nadelholz-Borkenkäfer (Coleoptera, Scolytidae). *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 64, 25-34.
- WEIßBACHER A. (1999): Situation und Entwicklung der Borkenkäferpopulation im Nationalpark Bayerischer Wald. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*. Heft 276, 111-118.
- WESLIEN J. (1994): Interactions within and between species at different densities of bark beetle *Ips typographus* and its predator *Thanasimus formicarius*. *Entomol. exp. appl.* 71, 133-143.
- WESLIEN J. (1992): The arthropod complex associated with *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae): species composition, phenology, and impact on bark beetle productivity. *Entomologica Fennica* 3, 205-213.
- WESLIEN J., ANNILA E., BAKKE A., BEJER B., EIDMANN H. H., NARVESTAD K., NIKULA A., RAVN H. P. (1989): Estimating risks for spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) damage using pheromone-baited traps and trees. *Scand. J. For. Res.* 4, 87-98.
- WESLIEN J., LINDELÖW A. (1990): Recapture of marked spruce bark beetles (*Ips typographus*) in pheromone traps using area-wide mass trapping. *Can. J. For. Res.* 20, 1786-1790.
- WESLIEN J., REGNANDER J. (1990): Colonisation densities and offspring production in the bark beetle *Ips typographus* (L.) in standing spruce trees. *J. Appl. Ent.* 109, 358-366.
- WESLIEN J., REGNANDER J. (1992): The influence of natural enemies on brood production in *Ips typographus* (Col. Scolytidae) with special reference to egg-laying and predation by *Thanasimus formicarius* (Col. Cleridae). *Entomophaga* 37 (2), 333-342.
- WIGGER H. (1994): Die Reaktion der Fraßkapazität des Borkenkäferjägers *Nemosoma elongatum* L. (Col., Ostomiidae) im Imaginalstadium auf unterschiedliches Beutangebot in künstlichen Gängen. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 67, 8-13.
- WIGGER H. (1993): Ökologische Bewertung von Räuber-Beifängen in Borkenkäfer-Lockstofffallen. *Anz. Schädlk., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 66, 68-72.
- WOOD D. L. (1982): The role of pheromones, kairomones, and allomones in the host selection and colonization behavior of bark beetles. *Ann. Rev. Entomol.* 27, 411-446.
- ZIEGLER R. (1999): Biochemie und Stoffwechsel. In DETTNER K., PETERS W. (1999): *Lehrbuch der Entomologie*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm, 1. Auflage, 1-921.
- ZIERL H. (1996): „The same procedure as every year“ – Dauerbrenner Borkenkäfer. *Nationalpark* 2, 17-20.
- ZOLUBAS P., BYERS J. A. (1995): Recapture of dispersing bark beetle *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in pheromone-baited traps: regression models. *J. Appl. Ent.* 119, 285-289.
- ZUBER M. (1994): Ökologie der Borkenkäfer. *Biologie in unserer Zeit* 3, 144-152.
- ZUBER M., BENZ G. (1992): Untersuchungen über das Schwärmverhalten von *Ips typographus* (L.) und *Pityogenes chalcographus* (L.) (Col., Scolytidae) mit den Pheromonpräparaten Pheroprax und Chalcoprax. *J. Appl. Ent.* 113, 430-436.
- ZUMR V. (1983): Effect of synthetic pheromones Pheroprax on the coleopterous predators of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.). *Z. ang. Ent.* 95, 47-50.
- ZUMR V. (1986): Reaktion natürlicher Feinde des Buchdruckers *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) unter Insekten auf das Pheromon Pheroprax. *Lesnictivi* 32, 431-444.
- ZUMR V. (1982): The data for the prognosis of spring swarming of main species of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) on the spruce (*Picea excelsa* L.). *Z. ang. Ent.* 93, 305-320.

## Anhang

Die Einstufung einzelner Arten, Gattungen oder Familien als Borkenkäfer-Antagonisten (Prädatoren bzw. Parasitoide) erfolgte nach KOLBE (1997), NIERHAUS-WUNDERWALD (1994), RAUHUT et al. (1993), KOCH (1989, 1989, 1992), POHL-APEL & RENNER (1987), ZUMR (1986) und KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974).

### Kategorien der Roten Liste Deutschland

#### **2 Stark gefährdet**

Im nahezu gesamten Verbreitungsgebiet in Deutschland gefährdete Arten. Wenn die Gefährdungsfaktoren und -ursachen weiterhin einwirken oder bestandserhaltende Schutz- und Hilfsmaßnahmen nicht unternommen werden beziehungsweise wegfallen, ist damit zu rechnen, dass die Arten innerhalb der nächsten zehn Jahre vom Aussterben bedroht sein werden.

Bestandssituation:

- Arten mit national kleinen Beständen, die aufgrund gegebener oder absehbarer Eingriffe aktuell bedroht sind und weiteren Risikofaktoren unterliegen.
- Arten, deren Bestände im nahezu gesamten Verbreitungsgebiet in Deutschland signifikant zurückgehen und die in vielen Landesteilen selten geworden oder verschwunden sind.

Die Erfüllung eines der Kriterien reicht aus.

#### **3 Gefährdet**

In großen Teilen des Verbreitungsgebietes in Deutschland gefährdete Arten. Wenn die Gefährdungsfaktoren und -ursachen weiterhin einwirken oder bestandserhaltende Schutz- und Hilfsmaßnahmen nicht unternommen werden beziehungsweise wegfallen, ist damit zu

rechnen, dass die Arten innerhalb der nächsten zehn Jahre stark gefährdet sein werden.

Bestandssituation:

- Arten mit regional kleinen oder sehr kleinen Beständen, die aufgrund gegebener oder absehbarer Eingriffe aktuell bedroht sind oder die weiteren Risikofaktoren unterliegen.
- Arten, deren Bestände regional beziehungsweise vielerorts lokal zurückgehen und die selten geworden oder lokal verschwunden sind.

Die Erfüllung eines der Kriterien reicht aus.

#### **V Arten der Vorwarnliste**

Arten, die aktuell noch nicht gefährdet sind, von denen aber zu befürchten ist, dass sie innerhalb der nächsten zehn Jahre gefährdet sein werden, wenn bestimmte Faktoren weiterhin einwirken.

Bestandssituation:

- Arten, die in ihrem Verbreitungsgebiet in Deutschland noch befriedigende Bestände haben, die aber allgemein oder regional merklich zurückgehen oder die an seltener werdende Lebensraumtypen gebunden sind.

### Kategorien der Roten Liste Bayern

#### **3 Gefährdet:**

Die aktuelle Gefährdung besteht in weiten Teilen des bayerischen Verbreitungsgebietes. Zur Bestandserhaltung sind Schutzmaßnahmen erforderlich.

Kriterien:

Arten mit regional kleinen bis sehr kleinen Beständen. Arten, deren Bestände regional bzw. vielerorts lokal zurückgehen und lokal verschwunden sind.

Die Erfüllung eines der Kriterien reicht für die Zuordnung zu dieser Kategorie aus.

# 1 Coleoptera aus Pheromonfallen (Schlitzfallen)

Dargestellt sind die Jahres-Summenfänge der Schlitzfallen SCHA16S bis SCHA23S (Tab. 83) sowie die Ökologie der bestimmten Coleoptera (Tab. 84).

Tab. 83: Coleoptera in Schlitzfallen des Schapbach-Profiles.

## Erläuterungen

Familie/Gattung/Art: fett gedruckte Namen = Borkenkäfer-Antagonisten.

Familie	Summe	16S	17S	18S	19S	20S	21S	22S	23S
<u>Carabidae</u>	11	1		1	2	3	4		
<i>Parophonus maculicornis</i> Dft.	5	1			1	1	2		
<i>Amara</i> Bon.	4	1			1	2			
<b><i>Lebia cruxminor</i> L.</b>	2						2		
<u>Dytiscidae</u>	1			1					
<u>Hydrophilidae</u>	21			5	3	11	1		1
<i>Sphaeridium scarabaeoides</i> L.	1				1				
<u>Histeridae</u>	1							1	
<i>Dendrophilus pygmaeus</i> L.	1							1	
<u>Sphaeritidae</u>	1			1					
<i>Sphaerites glabratus</i> F.	1			1					
<u>Silphidae</u>	1							1	
<i>Necrophorus</i> F.	1							1	
<u>Catopidae (Cholevidae)</u>	3						3		
<u>Lioididae (Leiodidae)</u>	7			1	1	1	2		2
<u>Staphylinidae</u>	60	4	6	6	7	9	7	5	16
<i>Amphichroum hirtellum</i> Heer	1							1	
<i>Coprophilus striatulus</i> F.	1	1							
<b><i>Nudobius lentus</i> Grav.</b>	1								1
<b><i>Atracus (Baptolinus) affinis</i> Payk.</b>	2						1		1
<i>Philontus aerosus</i> Kiesw.	1								1
<i>Philontus decorus</i> Grav.	4		1	1			1		1
<i>Philontus puella</i> Nordm.	1	1							
<i>Staphylinus caesareus</i> Ced.	1				1				
<i>Quedius mesomelinus skorazewskii</i> Korge	10		1	1	2		2	2	2
<b><i>Quedius xanthopus</i> Er.</b>	1			1					
<b><i>Quedius plagiatus</i> Mannh.</b>	7	1	1	2					3
<i>Quedius dubius ssp fimbriatus</i> Er.	2				1				1
<b><i>Quedius ochropterus</i> Er.</b>	1								1
<i>Quedius paradisianus</i> Heer	1			1					
<i>Mycetoporus maerkeli</i> Kr.	1					1			
<i>Lordithon (Bolitobius) trinotatus</i> Er.	1						1		
<i>Lordithon (Bolitobius) lunulatus</i> L.	1								1
<i>Tachinus elongatus</i> Gyll.	6	1	1			2	1	1	
Staphylinidae unbestimmt	17		2		3	6	1	1	4
<u>Lycidae</u>	1						1		
<i>Platycis minutus</i> F.	1						1		
<u>Lampyridae</u>	1				1				
<i>Lamprohiza splendidula</i> L.	1				1				
<u>Melyridae</u>	2	1							1
<b><i>Dasytes niger</i> L.</b>	2	1							1
<u>Cleridae</u>	143	33	59	7		4	7	7	26
<b><i>Thanasimus formicarius</i> L.</b>	8	5							3
<b><i>Thanasimus pectoralis</i> Fuss. (= <i>T. femoralis</i> Zett.)</b>	135	28	59	7		4	7	7	23
<u>Elateridae</u>	73	3	22	11	12	1	9	10	5
<u>Buprestidae</u>	3		1			2			
<i>Anthaxia quadripunctata</i> L.	2					2			
<i>Chrysobothris chrysostigma</i> L.	1		1						
<u>Dermestidae</u>	4						2	1	1
<i>Megatoma undata</i> L.	3						2		1
<u>Ostomidae</u>	3	1	1		1				
<b><i>Nemosoma elongatum</i> L.</b>	3	1	1		1				

## Fortsetzung Tab. 83.

Familie	Summe	16S	17S	18S	19S	20S	21S	22S	23S
<u>Butyridae</u>	6						3	2	1
<i>Butyrus tomtentosus</i> Geer	6						3	2	1
<u>Nitidulidae</u>	4	1			2		1		
<i>Epuraea rufomarginata</i> Steph	2	1			1				
<i>Epuraea</i> Er.	1				1				
<i>Glisochrilus quadriguttatus</i> F.	1						1		
<u>Rhizophagidae</u>	2	2							
<i>Rhizophagus ferrugineus</i> Payk.	1	1							
<i>Rhizophagus bipustulatus</i> F.	1	1							
<u>Cucujidae</u>	2		1					1	
<i>Dendrophagus crenatus</i> Payk.	1							1	
<u>Cryptophagidae</u>	4	1						1	2
<i>Cryptophagus</i> Hbst.	1								1
<u>Cisidae</u>	5		2		1	1		1	
<u>Anobiidae</u>	3						1	2	
<u>Ptinidae</u>	1						1		
<u>Mordellidae</u>	1					1			
<u>Serropalpidae</u>	13	1	1				1	2	8
<u>Scarabaeidae</u>	33		2			21	3	7	
<i>Geotrupes</i> Latr.	1							1	
<i>Onthophagus</i> Latr.	1							1	
<i>Aphodius</i> Ill.	29		1			21	3	4	
<i>Serica brunnea</i> L.	1		1						
<i>Phyllopertha horticola</i> L.	1							1	
<u>Lucanidae</u>	8		1			6	1		
<i>Platycerus caprea</i> Geer	8		1			6	1		
<u>Cerambycidae</u>	2			1	1				
<i>Leptura</i> L.	2			1	1				
<u>Chrysomelidae</u>	14		2	4	2	3		2	1
<i>Chrysomela</i> L.	14		2	4	2	3		2	1
<u>Scolytidae</u>	71306	9957	16543	7325	3650	6455	13091	8047	6238
<i>Hylastes cunicularius</i> Er.	18	5	1	1		2	1	2	6
<i>Hylastes angustatus</i> Hbst.	2				1			1	
<i>Hylurgops palliatus</i> Gyll.	1	1							
<i>Hylastinus obscurus</i> Marsh.	4						1	2	1
<i>Crypturgus pusillus</i> Gyll.	5		1	1		1	1	1	
<i>Dryocoetes autographus</i> Ratz.	17	3	4	4	2	2		2	
<i>Pityophthorus pityographus</i> Ratz.	2						2		
<i>Pityogenes chalcographus</i> L.	1710	119	327	188	504	299	99	100	74
<i>Ips typographus</i> L.	69546	9829	16209	7131	3143	6151	12987	7939	6157
sonstige Scolytidae (Abd.)	1		1						
<u>Curculionidae</u>	8		1	1			2		4
sonstige Coleoptera (Reste)	3								

Tab. 84: Ökologie der Coleoptera in Schlitzfallen des Schapbach-Profiles.

**Erläuterungen**

**Familie/Gattung/Art:** fett gedruckte Namen = Borkenkäfer-Antagonisten.

**M** (Weite des Monotops): st = stenotop; eu = eurytop; Ubi = Ubiquist.

**Nahrung:** phyto = phytophag (entsprechend copro, entomo, entomonecro, myceto, necro, phloeo, polleno, scolytido); carni = carnivor; La = Larven.

**Ökologie und Verbreitung:** W = Westareal; Z = Zentralareal; S = Südareal; O = Ostareal; N = Nordareal; w = westlich; n = nördlich; Na = Nahrung; La = Larven; Imag = Imagines;

g = im gesamten Verbreitungsgebiet; a = alpin; suba = subalpin; m = montan;

**RLD** = Rote Liste Deutschland; **RLB** = Rote Liste Bayern [2 = Stark gefährdet, 3 = Gefährdet, V = Arten der Vorwarnliste].

Familie/Gattung/Art	M	Nische	Nahrung	Ökologie und Verbreitung
<u>Carabidae</u> <i>Parophonus maculicornis</i> Dft.	st	thermophil	carni	unter Laub; W-Z-SO; <b>RLD: V; RLB: 3</b>
<i>Amara Bon.</i> <b><i>Lebia cruxminor L.</i></b>	eu	herbicol, arboricol; xerophil	phyto carni, scolytido	benagen Samenkörner u. Wurzeln u. a. unter loser Rinde; Na: Larven phytophager Insekten; a: Krummholzstufe; N nur Holstein, Hannover, Pommern, Polen; <b>RLD: 3; RLB: 3.</b> carnivor (lebende u. tote Tiere) in Gewässern
<u>Dytiscidae</u> <u>Hydrophilidae</u> <i>Sphaeridium</i> <i>scarabaeoides L.</i>	eu	coprophil	copro?	u. a. an Rinderdung; g
<u>Histeridae</u> <i>Dendrophilus pygmaeus L.</i>	eu	silvicol; myrmecophil	?	Ameisennester, v. a. <i>Formica rufa</i> ; monochor; g
<u>Sphaeritidae</u> <i>Sphaerites glabratus F.</i>	st	succicol; saprophil	phyto?	an Baumsaft, Aas, Menschenkot; Baummoos, verpilztes Holz; bes. m
<u>Silphidae</u> <i>Necrophorus F.</i> <u>Catopidae (Cholevidae)</u>	eu	necrophil	necro?	Na: Aas, Dipteren-Larven, Insekten Säugetiernester und -gänge, unter Laub, an Tierkadavern, in Baummulm Pilzfresser, u. a. unter verpilzter Rinde
<u>Liodidae (Leiodidae)</u> <u>Staphylinidae</u> <i>Amphichroum hirtellum</i> Heer	st	floricol, arboricol, humicol	carni	auf blühenden Kräutern und Bäumen; im Detritus unter <i>Dryas</i> und <i>Primula glutinosa</i> ; Grünerlen- und Latschenzone; Matten; Bachufer; m-a; Alpen
<i>Coprophilus striatulus F.</i>	eu	succicol, phytodetricol	carni	u. a. unter feuchter Rinde und an ausfließendem Baumsaft; nicht a
<b><i>Nudobius lentus Grav.</i></b>	st	silvicol, cortical	carni, scolytido	unter Rinde absterbender und gefällter Bäume (v. a. Nadelhölzer); Na: v. a. <i>Ipiden</i> , aber auch Dipteren-Larven u. a.; g
<b><i>Atrecus (Baptolinus)</i></b> <b><i>affinis Payk.</i></b>	eu	silvicol, xylodetricol, cortical	carni	Na: kleine Dipteren-Larven; unter feuchter Rinde und im rotfaulen Mulm (u. a. von <i>Picea</i> ); g
<i>Philontus aerosus Kiesw.</i>	eu	phytodetricol hygrophil	carni	vielfach unter feuchtliegenden Steinen an Schnee- flächen; in Laub, Moos und Detritus; suba-a: Alpen
<i>Philontus decorus Grav.</i>	eu	silvicol, humicol; hygrophil	carni	u. a. unter Holz, Steinen, Laub u. Moos; Wälder; g
<i>Philontus puella Nordm.</i>	eu	vielfach silvicol, phytodetricol hygrophil	carni	u. a. in faulenden Vegetabilien; in Kot; v. a. Wälder; NW und m (Z-S)
<i>Staphylinus caesareus</i> Ced.	eu	phyto- u. zoodetricol; phobophil	carni	u. a. Viehweiden, Wärmehänge, trockene Waldränder; an Aas und Kot; in faulenden Vegetabilien; bes. m, nicht NO u. wNW
<i>Quedius mesomelinus</i> <i>skorazewskii Korge</i>	Ubi	phyto- u. xylodetricol; phloeophil	carni	u. a. unter morscher Rinde und im Mulm hohler Bäume; Unterart: SO bis Bayern; ansonsten g
<b><i>Quedius xanthopus Er.</i></b>	eu	silvicol, xylodetricol, cortical	carni	u. a. unter morscher Rinde; g
<b><i>Quedius plagiatus Mannh.</i></b>	eu	silvicol, xylodetricol, humicol	carni, scolytido	in Gebirgswäldern unter Nadelholzrinde (selten); u. a. auch in Stubben u. unter Reisig; Na: Scolytiden- und Cerambyciden-Larven; m-suba; O-Z-SW; <b>RLD: 3</b>
<i>Quedius dubius ssp</i> <i>fimbriatus Er.</i>	eu	silvicol, humicol	carni	Wälder, baumbestandene Matten; unter feuchtliegen- den Steinen; in Detritus; suba; Böhmen, Ost-Alpen
<b><i>Quedius ochropterus Er.</i></b>	eu	silvicol, humicol	carni	Grünerlen- und Krummholzregion; Matten; u. a. unter morscher Rinde an alten liegenden Stämmen; m-suba; SO-S-Z bis S-Rheinland u. Thüringen

Fortsetzung Tab. 84.

Familie/Gattung/Art	M	Nische	Nahrung	Ökologie und Verbreitung
<i>Quedius paradisiensis</i> Heer	eu	silvicol, humicol	carni	Grünerlen-, Latschen- und Zwergstrauchregion; u. a. im Stammmoos ( <i>Acer</i> ); unter Steinen, Moos und Laub von <i>Alnus viridis</i> ; m-suba; SO-S-SW
<i>Mycetoporus maerkeli</i> Kr.	eu	humicol, muscicol; hygrophil	carni	in Laub und Moos; in faulenden Schwämmen; bes. m; suba: Krummholz-Region; <b>RLD: 3</b>
<i>Lordithon (Bolitobius) trinotatus</i> Er.	eu	silvicol, agaricol; mycetophil	carni	alle Arten d. Gttg. räuberisch an Pilzen, ernähren sich von Mycetophiliden-Larven und Dipteren; v. a. an Blätterpilzen; g
<i>Lordithon (Bolitobius) lunulatus</i> L.	eu	silvicol, polyporicol, boleticol; mycetophil	carni	in Pilzen; auch an Aas; g
<i>Tachinus elongatus</i> Gyll.	eu	humicol, stercoricol; hygrophil	carni	u. a. an Aas und Kot; in feuchtem und nassem Laub; Alpen: Bachriesel; feuchte Matten; Ränder von Schneefeldern; bes. m; <b>RLD: 3</b>
<u>Lycidae</u> <i>Platycis minutus</i> F.	eu	silvicol, xylo-detriticol u. floricol	carni	auf Gräsern, Gebüsch; Larven räuberisch in morschem Holz (Mulm älterer Laub- und Nadelbäume); bes. m; nicht NW
<u>Lampyridae</u> <i>Lamprohiza splendidula</i> L.	eu	bes. praticol, herbicol; pholeophil	La: carni	auf Gräsern u. Kräutern; Larven Schneckenfresser; nicht nNW
<u>Melyridae</u> <i>Dasytes niger</i> L.	eu	silvicol, floricol, arboricol u. herbicol	carni	die Larven leben räuberisch unter Rinde oder im morschen Holz abgestorbener Bäume; Adulte u. a. auf Blüten u. Bäumen; g
<u>Cleridae</u> <i>Thanasimus formicarius</i> L.	eu	silvicol, corticol	entomo, scolytido	Na: Scolytidae, bes. <i>Myelophilus piniperda</i> ; unter Rinde von Stämmen, Klaftern und Pfählen mit Scolytiden-Befall; auch auf dem Holz; g
<i>Thanasimus pectoralis</i> Fuss. (= <i>T. femoralis</i> Zett.)	st	silvicol, corticol	entomo, scolytido	Na: Scolytidae; unter Rindenschuppen von Koniferen; Mähren, Kärnten, Tirol, Bayern; <b>RLD: 3; RLB: 3</b>
<u>Elateridae</u>			carni, phyto	Käfer u. Larven teils carnivor (v. a. Insekten in morschem Holz oder unter morscher Rinde), teils
<u>Buprestidae</u> <i>Anthaxia quadripunctata</i> L.	eu	silvicol, floricol	La: phyto	phytophag Larve oligophag an Nadelb., u. a. an <i>Picea</i> (v. a. unter Rinde von Pfosten); auf Koniferen u. gelben Blüten; g u. a. auf geschlagenen Koniferenstämmen; Larven unter Rinde frisch abgestorbener oder gefällter <i>Picea</i> , <i>Abies</i> , <i>Pinus</i> ; S (nicht a) u. Preußen; <b>RLD: 3</b>
<i>Chrysobothris chrysostigma</i> L.	st	silvicol, arboricol u. lignicol	La: phyto	Larven an Stoffen tierischer Herkunft auf Blüten, an Holzklaftern, anbrüchigen Stämmen u. Zaunpfählen; Larven in Hym.-Nestern (z. B. Mauerbienen), ernähren sich auch von Puppen; nicht a; <b>RLD: 3</b>
<u>Dermestidae</u> <i>Megatoma undata</i> L.	eu	bes. silvicol, floricol; hymenoptero-phil	polleno, La: ento-monecro u. carni	frisst Scolytidae-Larven (auch deren Exuvien, Exkrememente) unter loser Rinde von Laub-(Ebene) und Nadelbäumen (montan); nicht a u. NW
<u>Ostomidae</u> <i>Nemosoma elongatum</i> L.	eu	bes. silvicol, corticol u. lignicol	carni, scolytido	Entwicklung in Himbeeren u. Brombeeren; g
<u>Butyridae</u> <i>Butyrus tomentosus</i> Geer	Ubi	floricol, arboricol	polleno	u. a. auch unter der Rinde brandgeschädigter <i>Picea</i> mit Schimmelpilzen auf der Holzoberfläche; nicht a
<u>Nitidulidae</u> <i>Epuraea rufomarginata</i> Steph	st	silvicol, succicol u. xylo-detriticol	carni?, scolytido?	Larven hauptsächlich in Borkenkäfergängen (Na: fraglich), an ausfließenden Baumsäften und in Pilzen; Imagines an Blüten
<i>Epuraea</i> Er.			carni?, scolytido?	v. a. an ausfließendem Saft u. unter saftender Rinde von Laubbäumen; auch an holosaprobien Blätterpilzen; a: auch unter saftender Koniferenrinde; g
<i>Glisochrilus quadriguttatus</i> F.	eu	silvicol, succicol, bes. corticol	?	unter Nadelholzrinde mit Ipsidenbefall, vor allem von <i>Picea</i> ; bes. m-suba
<u>Rhizophagidae</u> <i>Rhizophagus ferrugineus</i> Payk.	eu	silvicol, corticol	carni, scolytido	Nahrung: Ipsiden und Pilzhyphen; v. a. unter Laubholzrinde, seltener unter Rinde von <i>Pinus</i> und <i>Picea</i>
<i>Rhizophagus bipustulatus</i> F.	eu	silvicol, corticol	carni, scolytido	
<u>Cucujidae</u> <i>Dendrophagus crenatus</i> Payk.	st	silvicol, corticol	carni, scolytido	La u. Imag carnivor; unter morscher u. verpilzter Rinde u. a. von <i>Picea</i> ; m-suba: SO bis Harz u. Bayern, Baden, Preußen; <b>RLD: 2</b>

Fortsetzung Tab. 84.

Familie/Gattung/Art	M	Nische	Nahrung	Ökologie und Verbreitung
<u>Cryptophagidae</u> <i>Cryptophagus</i> Hbst. <u>Cisidae</u>			myceto myceto (Erioporus)	auf faulenden und schimmelnden Pflanzenstoffen wahrscheinlich leben alle Arten von Schimmelpilzen Pilzfresser; u. a. in Gängen von Borkenkäfern
<u>Anobiidae</u>			phyto	bohren meist in toten Hölzern; auch unter Rinde zu finden; einzelne Vorratsschädlinge
<u>Ptinidae</u>			phyto	Larven ernähren sich von Getreide- und anderen Abfällen und trockenen Pflanzenstoffen; Verpuppung in weichem Holz; Käfer auch an Geweben
<u>Mordellidae</u> <u>Serropalpidae</u> <u>Scarabaeidae</u> <i>Geotrupes</i> Latr.		thermophil	phyto phyto?	Entwicklung in verpilztem Holz, in Gallen und Stengeln Imagines unter loser Rinde alter Bäume etc.
<i>Onthophagus</i> Latr.			copro copro	alle Arten in und unter Kot von Pflanzenfressern; darunter Stollen i. d. Erde Arten dieser Gattung graben paarweise z. T. verzweigte Stollen i. d. Erde, an deren Ende die Brutkammern mit Kotproben versehen werden meist coprophag (Adulte und Larven)
<i>Aphodius</i> Ill. <i>Serica brunnea</i> L.	st	arboricol; psammophil	copro phyto	abends u. nachts auf Gebüsch; Larve lebt von Pflanzenwurzeln; in Forstkulturen gelegentlich
<i>Phyllopertha horticola</i> L.	eu	praticol u. floricol	schädlich; g phyto	auf Laubbäumen u. Sträuchern; Larve an Wurzeln von Gräsern und Klee; Blattfraß an Laubb. u. Rosen; g
<u>Lucanidae</u> <i>Platycerus caprea</i> Geer	st	silvicol, xylode- tricol u. arboricol	phyto	im morschen Holz von Laubbäumen; Nahrung: sich entfaltende Blattknospen; bes. m
<u>Cerambycidae</u> <i>Leptura</i> L.			xylo, polleno	
<u>Chrysomelidae</u> <i>Chrysomela</i> L.			phyto	Larven frei an Futterpflanzen
<u>Scolytidae</u> <i>Hylastes cunicularius</i> Er.	eu	silvicol, rhizicol-corticol	phloeo	oligophag v.a unter der Rinde von Wurzeln und Stubben von <i>Picea excelsa</i> u. pungens; Imagines benagen das Wurzelholz junger Bäume; g
<i>Hylastes angustatus</i> Hbst.	st	bes. silvicol, rhizicol-corticol	phloeo	oligophag unter der Rinde von Wurzeln oder der Stammbasis kranker und geschlagener <i>Pinus spec.</i> ; seltener an <i>Larix europaea</i> und <i>Picea excelsa</i> ; g
<i>Hylurgops palliatus</i> Gyll.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter der Rinde von Koniferen (kränkelnde Stämme, dicke abgestorbene Äste, Stubben); auch an Klafferholz und i. d. Bodenstreu; g
<i>Hylastinus obscurus</i> Marsh.	st	herbicol; thermophil	rhizo	oligophag vor allem in Wurzeln und am Wurzelhals von <i>Trifolium</i> u. a. Leguminosen; Überwinterung in den Wurzeln der Wirtspflanze; nicht a u. N
<i>Crypturgus pusillus</i> Gyll.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter dünner Rinde von Zweigen und Stämmen ( <i>Pinus spec.</i> <i>Picea excelsa</i> etc); meist in Gangsystemen anderer Scolytiden; g
<i>Dryocoetes autographus</i> Ratz.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter der Rinde kranker u. gefällter Stämme, dicker Äste und Stubben von <i>Picea excelsa</i> etc.; g
<i>Pityophthorus</i> <i>pityographus</i> Ratz.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter Rinde dünner Zweige und Äste von <i>Picea excelsa</i> u. a.; g
<i>Pityogenes chalcographus</i> L.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter dünner Rinde der Zweige und Äste absterbender und frisch geschlagener <i>Picea</i>
<i>Ips typographus</i> L.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	excelsa u. a.; g phloeo	oligophag unter dicker Rinde von <i>Picea excelsa</i> etc.; auch unter der Rinde frischer Stubben; überwintert am Fuß der Bäume; g
<u>Curculionidae</u>			phyto	alle Curculionidae sind phytophag; Larven fast aller Gattungen im Inneren der Pflanzen, Imagines ernähren sich meist von oberirdischen Pflanzenteilen

## 2 Arthropoden aus Stammstücken

Dargestellt sind die Rindenflächen der Stammstücke (Tab. 85) sowie die Schlupfzahlen der Adulti (Tab. 86 bis Tab. 102), Larven (Tab. 103 bis Tab. 105) und Puppen (Tab. 106) verschiedener Arthropoden-Gruppen. Angaben zur Ökologie finden sich in Tab. 107 und Tab. 108.

Mit Ausnahme der Rindenfläche (cm<sup>2</sup>) sind alle Werte in Individuen/m<sup>2</sup> Rindenfläche angegeben.

In der untersten Zeile sind die Mittelwerte für die exponierten Stammstücke berechnet (d. h. ohne Kontrollstammstücke).

Ort: AK = Archenkopf  
R = Herrenroint  
S = Schapbach  
Wi = Wimbach  
K = Kontroll-Stammstücke

Baumhöhe: 1 = im basalen Stammbereich, 5 = am Kronenansatz

Datum: 22.05.96 = 2 Wochen exponierte Stammstücke  
05.06.96 = 4 Wochen exponierte Stammstücke  
03.07.96 = 8 Wochen exponierte Stammstücke

Tab. 85: Rindenfläche der Stammstücke.

Ort	Stammhöhe	Datum	Rindenfläche (cm <sup>2</sup> )	Ort	Stammhöhe	Datum	Rindenfläche (cm <sup>2</sup> )
Ak	1	22.05.96	5647	S	5	22.05.96	4577
Ak	2	22.05.96	5095	S	1	05.06.96	5570
Ak	3	22.05.96	5010	S	2	05.06.96	5256
Ak	4	22.05.96	4706	S	3	05.06.96	6797
Ak	5	22.05.96	4139	S	4	05.06.96	4490
Ak	1	05.06.96	6023	S	5	05.06.96	4578
Ak	2	05.06.96	5577	S	1	03.07.96	5553
Ak	4	05.06.96	4879	S	2	03.07.96	5011
Ak	5	05.06.96	4302	S	3	03.07.96	4653
Ak	1	03.07.96	5699	S	4	03.07.96	4452
Ak	2	03.07.96	5354	S	5	03.07.96	4493
Ak	3	03.07.96	5166	Wi	1	22.05.96	4836
Ak	4	03.07.96	4621	Wi	2	22.05.96	4706
Ak	5	03.07.96	4193	Wi	3	22.05.96	4653
R	1	22.05.96	4836	Wi	4	22.05.96	4239
R	2	22.05.96	4533	Wi	5	22.05.96	3799
R	3	22.05.96	4340	Wi	1	05.06.96	5208
R	4	22.05.96	4008	Wi	2	05.06.96	4749
R	5	22.05.96	3551	Wi	3	05.06.96	4493
R	1	05.06.96	5402	Wi	4	05.06.96	4444
R	2	05.06.96	4660	Wi	5	05.06.96	4188
R	3	05.06.96	4487	Wi	1	03.07.96	4660
R	4	05.06.96	4188	Wi	2	03.07.96	4706
R	5	05.06.96	3815	Wi	3	03.07.96	4244
R	1	03.07.96	4748	Wi	4	03.07.96	4302
R	2	03.07.96	4575	Wi	5	03.07.96	3886
R	3	03.07.96	4121	K	1		4231
R	4	03.07.96	4182	K	2		4535
R	5	03.07.96	3713	K	3		4324
S	1	22.05.96	5315	K	4		4620
S	2	22.05.96	4965	K	5		4792
S	3	22.05.96	4746				4716
S	4	22.05.96	4705				

Tab. 86: Scolytidae aus Stammstücken I.

Ort	Stammhöhe	Datum	<i>Ips typographus</i>	<i>Hylurgops palliatu</i> s	<i>Trypodendron lineatum</i>	<i>Dryocoetes autographus</i>	<i>Orthothomicus laricis</i>
Ak	1	22.05.96	110	80			
Ak	2	22.05.96	306	206	27		
Ak	3	22.05.96	120	403	10		
Ak	4	22.05.96	212	104	2	2	
Ak	5	22.05.96	135	418			
Ak	1	05.06.96	60	282	491	5	
Ak	2	05.06.96	237	183	111	4	
Ak	3	05.06.96	453	197	611		
Ak	4	05.06.96	160	176	176	10	
Ak	5	05.06.96	344	270	556	5	
Ak	1	03.07.96	51	337	463	98	
Ak	2	03.07.96	67	674	306	90	
Ak	3	03.07.96	77	381	639	81	
Ak	4	03.07.96	50	206	623	95	2
Ak	5	03.07.96	45	265	971	79	7
R	1	22.05.96	211	139			
R	2	22.05.96	106	512			
R	3	22.05.96	154	39			12
R	4	22.05.96	105	294			
R	5	22.05.96	234	6			
R	1	05.06.96	107	65	19	9	2
R	2	05.06.96	217	433	242	2	9
R	3	05.06.96	138	185		4	7
R	4	05.06.96	112	255	427	5	7
R	5	05.06.96	246	92	317	3	
R	1	03.07.96	44	164	164	147	4
R	2	03.07.96	22	63	461	39	13
R	3	03.07.96	32	68	19	80	5
R	4	03.07.96	43	146	98	65	
R	5	03.07.96	35	78	531	16	
S	1	22.05.96	105	73		2	
S	2	22.05.96	125	99			
S	3	22.05.96	213	99			
S	4	22.05.96	53	249			2
S	5	22.05.96	44	238			
S	1	05.06.96	158	147			
S	2	05.06.96	213	53		6	
S	3	05.06.96	124	104		1	
S	4	05.06.96	198	11	2		
S	5	05.06.96	117	108		2	
S	1	03.07.96	47	45		58	
S	2	03.07.96	26	138		94	
S	3	03.07.96	15	273	2	39	
S	4	03.07.96	67	81		29	
S	5	03.07.96	38	82	4	62	2
Wi	1	22.05.96	424	23	2		2
Wi	2	22.05.96	334	30			
Wi	3	22.05.96	290	2			
Wi	4	22.05.96	300	2			
Wi	5	22.05.96	274				
Wi	1	05.06.96	150	15	75	12	
Wi	2	05.06.96	154	88	137	2	
Wi	3	05.06.96	151	80	93	9	
Wi	4	05.06.96	90	34	47	29	
Wi	5	05.06.96	236	43		10	2
Wi	1	03.07.96	26	15	322	101	
Wi	2	03.07.96	45	17	174	119	
Wi	3	03.07.96	33	85	156	87	
Wi	4	03.07.96	21	21 1	2	72	5
Wi	5	03.07.96	75	49		260	
K	1		407	2	2		
K	2		509				
K	3		553	2			
K	4		474				
K	5		242	2			
Mittelwert			139,65	150,42	138,17	30,55	1,35

Tab. 87: Scolytidae aus Stammstücken II.

Ort	Stammhöhe	Datum	<i>Crypturgus pusillus</i>	<i>Hylastes cunicularius</i>	<i>Pityogenes chalcographus</i>	<i>Hylurgops glabratus</i>	<i>Pityophthorus pityographus</i>	<i>Polygraphus poligraphus</i>
Ak	1	22.05.96						
Ak	2	22.05.96	2					
Ak	3	22.05.96	12					
Ak	4	22.05.96	2					
Ak	5	22.05.96						
Ak	1	05.06.96	2					
Ak	2	05.06.96		4				
Ak	3	05.06.96	10	2				
Ak	4	05.06.96						
Ak	5	05.06.96						
Ak	1	03.07.96	4	2				
Ak	2	03.07.96				2		
Ak	3	03.07.96		2		2		
Ak	4	03.07.96	4	2				
Ak	5	03.07.96		2			2	
R	1	22.05.96						
R	2	22.05.96	4					
R	3	22.05.96	2					
R	4	22.05.96	2					
R	5	22.05.96	3					
R	1	05.06.96						
R	2	05.06.96	2					
R	3	05.06.96		2	2			
R	4	05.06.96		2				
R	5	05.06.96			3			
R	1	03.07.96		2				
R	2	03.07.96						
R	3	03.07.96	2	2				
R	4	03.07.96		5		12		
R	5	03.07.96						
S	1	22.05.96	2					
S	2	22.05.96	4		2			
S	3	22.05.96						
S	4	22.05.96						
S	5	22.05.96	4					
S	1	05.06.96						
S	2	05.06.96						
S	3	05.06.96						
S	4	05.06.96						
S	5	05.06.96						
S	1	03.07.96		2				
S	2	03.07.96						
S	3	03.07.96						
S	4	03.07.96						
S	5	03.07.96		2				2
Wi	1	22.05.96	4					
Wi	2	22.05.96						
Wi	3	22.05.96		2	2			
Wi	4	22.05.96			5			
Wi	5	22.05.96						
Wi	1	05.06.96						
Wi	2	05.06.96	4					
Wi	3	05.06.96			2			
Wi	4	05.06.96						
Wi	5	05.06.96						
Wi	1	03.07.96						
Wi	2	03.07.96						
Wi	3	03.07.96			12			
Wi	4	03.07.96			2	2		
Wi	5	03.07.96						
K	1							
K	2							
K	3							
K	4							
K	5							
Mittelwert			1,15	0,55	0,50	0,30	0,03	0,03

Tab. 88: *Epuraea* sp. aus Stammstücken.

Ort	Stammhöhe	Datum	Summe <i>Epuraea</i> sp.	<i>Epuraea</i> <i>pusilla</i>	<i>Epuraea</i> <i>pygmaea</i>	<i>Epuraea</i> <i>boreella</i>	<i>Epuraea</i> sp.
Ak	1	22.05.96	18	14	2		2
Ak	2	22.05.96	14	8	2	2	2
Ak	3	22.05.96	8	6	2		
Ak	4	22.05.96	11	11			
Ak	5	22.05.96	12	12			
Ak	1	05.06.96	15	12	3		
Ak	2	05.06.96	20	14	2	2	2
Ak	3	05.06.96	41	31	10		
Ak	4	05.06.96	4	4			
Ak	5	05.06.96	21	5	16		
Ak	1	03.07.96	75	37	32	4	4
Ak	2	03.07.96	35	13	17	4	2
Ak	3	03.07.96	91	60	19	2	10
Ak	4	03.07.96	58	15	35	2	6
Ak	5	03.07.96	19	17			2
R	1	22.05.96	6	4		2	
R	2	22.05.96	4	2	2		
R	3	22.05.96	2	2			
R	4	22.05.96	5	2			2
R	5	22.05.96	6	3		3	
R	1	05.06.96	4	4			
R	2	05.06.96	34	30			4
R	3	05.06.96	2	2			
R	4	05.06.96	12	12			
R	5	05.06.96	31	26	3		3
R	1	03.07.96	11	2	4	2	2
R	2	03.07.96	11	4	4		2
R	3	03.07.96	17	17			
R	4	03.07.96	33	19	2	10	2
R	5	03.07.96	13	5			8
S	1	22.05.96	6	2	2		2
S	2	22.05.96	14	12	2		
S	3	22.05.96	11	11			
S	4	22.05.96	13	11			2
S	5	22.05.96	9		9		
S	1	05.06.96	13	5	2		5
S	2	05.06.96	6	4	2		
S	3	05.06.96	3	1			1
S	4	05.06.96	18	16			2
S	5	05.06.96	14	5	5		4
S	1	03.07.96	7		7		
S	2	03.07.96	18		18		
S	3	03.07.96	6	4			2
S	4	03.07.96	9	7	2		
S	5	03.07.96	4	2	2		
Wi	1	22.05.96	12	8	2		2
Wi	2	22.05.96	6	4		2	
Wi	3	22.05.96	2	2			
Wi	4	22.05.96	2	2			
Wi	5	22.05.96	18	13		3	3
Wi	1	05.06.96	19	19			
Wi	2	05.06.96	11	6	2	2	
Wi	3	05.06.96	13	11			2
Wi	4	05.06.96	7	7			
Wi	5	05.06.96					
Wi	1	03.07.96	2		2		
Wi	2	03.07.96	2				2
Wi	3	03.07.96	7	2			5
Wi	4	03.07.96	5	5			
Wi	5	03.07.96					
K	1						
K	2						
K	3		2			2	
K	4		2	2			
K	5						
Mittelwert			14,83	9,20	3,53	0,67	1,42

Tab. 89: *Rhizophagus* sp. aus Stammstücken.

Ort	Stammhöhe	Datum	Summe <i>Rhizophagus</i> sp.	<i>Rhizophagus dispar</i>	<i>Rhizophagus bipustulatus</i>	<i>Rhizophagus nitidulus</i>	<i>Rhizophagus ferrugineus</i>	<i>Rhizophagus</i> sp.
Ak	1	22.05.96	18	9	9			
Ak	2	22.05.96	69	24	16	24		6
Ak	3	22.05.96	24	8	10	2		4
Ak	4	22.05.96	17	4	8		2	2
Ak	5	22.05.96	14	5	7			2
Ak	1	05.06.96	48	7	12	28		2
Ak	2	05.06.96	11	5	5			
Ak	3	05.06.96	18	4	14			
Ak	4	05.06.96	18	6	8			4
Ak	5	05.06.96	23	9	5	9		
Ak	1	03.07.96	53	25	16	4	2	7
Ak	2	03.07.96	62	32	13	9	2	6
Ak	3	03.07.96	108	46	29	23	8	2
Ak	4	03.07.96	93	52	35	2	2	2
Ak	5	03.07.96	93	50	17	12		14
R	1	22.05.96	10	6	2			2
R	2	22.05.96	9	4	4			
R	3	22.05.96	12	7	5			
R	4	22.05.96	15	5	7			2
R	5	22.05.96	11	3	8			
R	1	05.06.96	15	11	4			
R	2	05.06.96	21	4	6	11		
R	3	05.06.96						
R	4	05.06.96	2	2				
R	5	05.06.96	13	8	5			
R	1	03.07.96	53	23	19	6		4
R	2	03.07.96	33	11	13	9		
R	3	03.07.96	41	27	10	5		
R	4	03.07.96	45	36	7			2
R	5	03.07.96	5		5			
S	1	22.05.96	2		2			
S	2	22.05.96	14		6			
S	3	22.05.96	6	8				
S	4	22.05.96	19	2	11	2		4
S	5	22.05.96	37	11	15	9		2
S	1	05.06.96	13	5	5			2
S	2	05.06.96	6	2		4		
S	3	05.06.96	4	1	1	1		
S	4	05.06.96	2	2				
S	5	05.06.96	9	5	2	2		
S	1	03.07.96	45	34	7			4
S	2	03.07.96	48	18	22		2	6
S	3	03.07.96	15	4	11			
S	4	03.07.96	13	4	9			
S	5	03.07.96	69	24	24	11		9
Wi	1	22.05.96	2		2			
Wi	2	22.05.96	6	2	4			
Wi	3	22.05.96	2	2				
Wi	4	22.05.96						
Wi	5	22.05.96	8		5	3		
Wi	1	05.06.96	8		4	2		2
Wi	2	05.06.96	19	6	11	2		
Wi	3	05.06.96	7	7				
Wi	4	05.06.96	16	7	7	2		
Wi	5	05.06.96	10	2	2			5
Wi	1	03.07.96	13	6	6			
Wi	2	03.07.96	6	4	2			
Wi	3	03.07.96	7	2	5			
Wi	4	03.07.96	14	7	5	2		
Wi	5	03.07.96	5	3	3			
K	1		2	2				
K	2		7	4	2			
K	3		9	5	5			
K	4		9	6	2			
K	5		4	2		2		
Mittelwert			22,98	10,12	7,83	3,07	0,30	1,58

Tab. 90: Staphylinidae aus Stammstücken I.

Ort	Stammhöhe	Datum	Summe Staphylinidae	<i>Phloeonomus pusillus</i>	<i>Leptusa pulchella</i>	<i>Placusa pumilio</i>	<i>Quedius plagiatu</i> s	<i>Paederus schönherri</i>	<i>Eusphalerum limbatum</i>
Ak	1	22.05.96	5		2		2		
Ak	2	22.05.96	20	10	2			2	
Ak	3	22.05.96	26	22	4				
Ak	4	22.05.96	2			2			
Ak	5	22.05.96	5	2					
Ak	1	05.06.96	7	2	3				
Ak	2	05.06.96	5	2	2			2	
Ak	3	05.06.96	6	2	4				
Ak	4	05.06.96	4	2	2				
Ak	5	05.06.96	5	2					
Ak	1	03.07.96	11	4	2	4	2		
Ak	2	03.07.96	7	4	2		2		
Ak	3	03.07.96	35	17	2	14			
Ak	4	03.07.96	11	4			4		
Ak	5	03.07.96	12		5	5			
R	1	22.05.96	2						2
R	2	22.05.96	2			2			
R	3	22.05.96	7	2	5				
R	4	22.05.96	7	2	2				
R	5	22.05.96							
R	1	05.06.96	2		2				
R	2	05.06.96	4	2	2				
R	3	05.06.96							
R	4	05.06.96							
R	5	05.06.96	5	3				3	
R	1	03.07.96	4		2				
R	2	03.07.96	7	2	2		2		
R	3	03.07.96	2						
R	4	03.07.96	19	14			5		
R	5	03.07.96	3						
S	1	22.05.96	8		4			4	
S	2	22.05.96	10		4	2		2	2
S	3	22.05.96	6	2	2				2
S	4	22.05.96	11	2	6	2			
S	5	22.05.96	7		4				2
S	1	05.06.96	2			2			
S	2	05.06.96	2						
S	3	05.06.96	1			1			
S	4	05.06.96	2			2			
S	5	05.06.96							
S	1	03.07.96	2				2		
S	2	03.07.96	4	2			2		
S	3	03.07.96	2	2					
S	4	03.07.96	2						
S	5	03.07.96	2				2		
Wi	1	22.05.96	2						
Wi	2	22.05.96	4		2				
Wi	3	22.05.96	4	2					
Wi	4	22.05.96	5	2					2
Wi	5	22.05.96	5	3				3	
Wi	1	05.06.96	6		4				
Wi	2	05.06.96	2			2			
Wi	3	05.06.96	2	2					
Wi	4	05.06.96	2	2					
Wi	5	05.06.96	2						
Wi	1	03.07.96	2						
Wi	2	03.07.96	2				2		
Wi	3	03.07.96	2				2		
Wi	4	03.07.96	2				2		
Wi	5	03.07.96							
K	1		2		2				
K	2								
K	3		9		2				2
K	4		2		2				
K	5								
Mittelwert			5,47	1,95	1,18	0,63	0,48	0,27	0,17

Tab. 91: Staphylinidae aus Stammstücken II.

Ort	Stammhöhe	Datum	<i>Phloeodromus</i> ?	<i>Leptusa ruficollis</i>	<i>Acrulia inflata</i>	<i>Anthrophagus alpestris</i>	<i>Omalium rivulare</i>	<i>Staphylinus ophthalmicus</i>	<i>Quedius invreae</i>
Ak	1	22.05.96			2				
Ak	2	22.05.96	2						
Ak	3	22.05.96							
Ak	4	22.05.96							
Ak	5	22.05.96						2	
Ak	1	05.06.96	2						
Ak	2	05.06.96							
Ak	3	05.06.96							
Ak	4	05.06.96							
Ak	5	05.06.96	2						
Ak	1	03.07.96							
Ak	2	03.07.96							
Ak	3	03.07.96							
Ak	4	03.07.96				2			
Ak	5	03.07.96							
R	1	22.05.96							
R	2	22.05.96							
R	3	22.05.96							
R	4	22.05.96			2				
R	5	22.05.96							
R	1	05.06.96							
R	2	05.06.96							
R	3	05.06.96		2					
R	4	05.06.96							
R	5	05.06.96							
R	1	03.07.96	2						
R	2	03.07.96							
R	3	03.07.96							
R	4	03.07.96		2					
R	5	03.07.96		3					
S	1	22.05.96							
S	2	22.05.96							
S	3	22.05.96							
S	4	22.05.96							
S	5	22.05.96							
S	1	05.06.96							
S	2	05.06.96				2			
S	3	05.06.96							
S	4	05.06.96							
S	5	05.06.96							
S	1	03.07.96							
S	2	03.07.96							
S	3	03.07.96							
S	4	03.07.96				2			
S	5	03.07.96							
Wi	1	22.05.96							2
Wi	2	22.05.96			2				
Wi	3	22.05.96	2						
Wi	4	22.05.96							
Wi	5	22.05.96							
Wi	1	05.06.96		2					
Wi	2	05.06.96							
Wi	3	05.06.96							
Wi	4	05.06.96							
Wi	5	05.06.96		2					
Wi	1	03.07.96	2						
Wi	2	03.07.96							
Wi	3	03.07.96							
Wi	4	03.07.96							
Wi	5	03.07.96							
K	1								
K	2								
K	3						5		
K	4								
K	5								
Mittelwert			0,20	0,15	0,10	0,10	0,00	0,03	0,03

Tab. 92: Staphylinidae aus Stammstücken III.

Ort	Stammhöhe	Datum	<i>Gyrohypnus angustatus</i>	<i>Eusphalerum longipenne</i>	<i>Omalium rugatum</i>	<i>Atheta trinotata</i>	<i>Syntomium aeneum</i>	<i>Tachinus laticollis</i>
Ak	1	22.05.96						
Ak	2	22.05.96		2	2			
Ak	3	22.05.96						
Ak	4	22.05.96						
Ak	5	22.05.96						
Ak	1	05.06.96						
Ak	2	05.06.96						
Ak	3	05.06.96						
Ak	4	05.06.96						
Ak	5	05.06.96						
Ak	1	03.07.96						
Ak	2	03.07.96						
Ak	3	03.07.96				2		
Ak	4	03.07.96						
Ak	5	03.07.96	2					
R	1	22.05.96						
R	2	22.05.96						
R	3	22.05.96						
R	4	22.05.96						
R	5	22.05.96						
R	1	05.06.96						
R	2	05.06.96						
R	3	05.06.96						
R	4	05.06.96						
R	5	05.06.96						
R	1	03.07.96					2	2
R	2	03.07.96						
R	3	03.07.96						
R	4	03.07.96						
R	5	03.07.96						
S	1	22.05.96						
S	2	22.05.96						
S	3	22.05.96						
S	4	22.05.96						
S	5	22.05.96						
S	1	05.06.96						
S	2	05.06.96						
S	3	05.06.96						
S	4	05.06.96						
S	5	05.06.96						
S	1	03.07.96						
S	2	03.07.96						
S	3	03.07.96						
S	4	03.07.96						
S	5	03.07.96						
Wi	1	22.05.96						
Wi	2	22.05.96						
Wi	3	22.05.96						
Wi	4	22.05.96						
Wi	5	22.05.96						
Wi	1	05.06.96						
Wi	2	05.06.96						
Wi	3	05.06.96						
Wi	4	05.06.96						
Wi	5	05.06.96						
Wi	1	03.07.96						
Wi	2	03.07.96						
Wi	3	03.07.96						
Wi	4	03.07.96						
Wi	5	03.07.96						
K	1							
K	2							
K	3							
K	4							
K	5							
Mittelwert			0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Tab. 93: Sonstige Coleoptera aus Stammstücken I.

Ort	Stammhöhe	Datum	Summe sonstige Coleoptera	Carabidae	Hydrophilidae	<i>Plegaderus saucius</i>	Cantharidae	Melyridae	<i>Dasytes plumbeus</i>
Ak	1	22.05.96	48		2				
Ak	2	22.05.96	96	2					
Ak	3	22.05.96	140						
Ak	4	22.05.96	166						
Ak	5	22.05.96	85	2					
Ak	1	05.06.96	27					2	
Ak	2	05.06.96	18						
Ak	3	05.06.96	8						
Ak	4	05.06.96	33						
Ak	5	05.06.96	7						
Ak	1	03.07.96	2						
Ak	2	03.07.96	0						
Ak	3	03.07.96	4						
Ak	4	03.07.96	2						
Ak	5	03.07.96	0						
R	1	22.05.96	12						2
R	2	22.05.96	71						
R	3	22.05.96	37						
R	4	22.05.96	67						
R	5	22.05.96	28						
R	1	05.06.96	26						
R	2	05.06.96	36						
R	3	05.06.96	15						
R	4	05.06.96	10						
R	5	05.06.96	53						
R	1	03.07.96	4						
R	2	03.07.96	6						
R	3	03.07.96	19						
R	4	03.07.96	0						
R	5	03.07.96	8						
S	1	22.05.96	40						
S	2	22.05.96	70						
S	3	22.05.96	51						
S	4	22.05.96	57	2					
S	5	22.05.96	57						
S	1	05.06.96	11						
S	2	05.06.96	69						
S	3	05.06.96	53						
S	4	05.06.96	20				2		
S	5	05.06.96	16						
S	1	03.07.96	4						
S	2	03.07.96	2				2		
S	3	03.07.96	8				2		
S	4	03.07.96	20						
S	5	03.07.96	7						
Wi	1	22.05.96	91						
Wi	2	22.05.96	114						
Wi	3	22.05.96	137						
Wi	4	22.05.96	28						
Wi	5	22.05.96	84						
Wi	1	05.06.96	25						
Wi	2	05.06.96	42						
Wi	3	05.06.96	31						
Wi	4	05.06.96	146						
Wi	5	05.06.96	29						
Wi	1	03.07.96	11						
Wi	2	03.07.96	12			2			
Wi	3	03.07.96	14						
Wi	4	03.07.96	12						
Wi	5	03.07.96	0						
K	1		28						
K	2		31						
K	3		34						
K	4		19						
K	5		15	2					
Mittelwert			38,15	0,10	0,03	0,03	0,10	0,03	0,03

Tab. 94: Sonstige Coleoptera aus Stammstücken II.

Ort	Stammhöhe	Datum	<i>Thanasimus formicarius</i>	<i>Thanasimus femoralis</i>	<i>Glischrochilus quadripunctatus</i>	<i>Pityophagus ferrugineus</i>	Elateridae	Dermestidae	<i>Silvanus bidentatus</i>
Ak	1	22.05.96							
Ak	2	22.05.96				4			
Ak	3	22.05.96							
Ak	4	22.05.96							
Ak	5	22.05.96							
Ak	1	05.06.96					4		
Ak	2	05.06.96							
Ak	3	05.06.96							
Ak	4	05.06.96	2		4			2	
Ak	5	05.06.96							
Ak	1	03.07.96							
Ak	2	03.07.96				2			
Ak	3	03.07.96			2	4			
Ak	4	03.07.96			2	9			
Ak	5	03.07.96			2	12			
R	1	22.05.96	2		2				
R	2	22.05.96							
R	3	22.05.96	2						
R	4	22.05.96							
R	5	22.05.96	3						
R	1	05.06.96	2						
R	2	05.06.96							
R	3	05.06.96							
R	4	05.06.96							
R	5	05.06.96							
R	1	03.07.96	2		2	8			
R	2	03.07.96			2	13			
R	3	03.07.96				10			
R	4	03.07.96			2	5			
R	5	03.07.96							
S	1	22.05.96							
S	2	22.05.96							
S	3	22.05.96	4						
S	4	22.05.96			2				
S	5	22.05.96			2				
S	1	05.06.96	2		2				
S	2	05.06.96			4				
S	3	05.06.96							1
S	4	05.06.96							
S	5	05.06.96							
S	1	03.07.96							
S	2	03.07.96				10			
S	3	03.07.96							
S	4	03.07.96							
S	5	03.07.96				4			
Wi	1	22.05.96							
Wi	2	22.05.96							
Wi	3	22.05.96							
Wi	4	22.05.96							
Wi	5	22.05.96		3					
Wi	1	05.06.96			2	2			
Wi	2	05.06.96			2				
Wi	3	05.06.96					2		
Wi	4	05.06.96							
Wi	5	05.06.96							
Wi	1	03.07.96				2			
Wi	2	03.07.96	2						
Wi	3	03.07.96							
Wi	4	03.07.96							
Wi	5	03.07.96							
K	1								
K	2								
K	3								
K	4								
K	5								
Mittelwert			0,35	0,05	0,53	1,42	0,10	0,03	0,02

Tab. 95: Sonstige Coleoptera aus Stammstücken III.

Ort	Stammhöhe	Datum	<i>Cryptophagus</i> sp.	<i>Atomaria</i> sp.	Lathridiidae	<i>Lathridius nodifer</i>	<i>Lathridius</i> sp.	<i>Cartodere</i> sp.	<i>Sericoderus lateralis</i>
Ak	1	22.05.96				46			
Ak	2	22.05.96		2		94			
Ak	3	22.05.96				138		2	
Ak	4	22.05.96	2			164			
Ak	5	22.05.96				85			
Ak	1	05.06.96				25			
Ak	2	05.06.96		2		11			
Ak	3	05.06.96				8			
Ak	4	05.06.96				29			
Ak	5	05.06.96				7			
Ak	1	03.07.96				2			
Ak	2	03.07.96							
Ak	3	03.07.96			2	2			
Ak	4	03.07.96				2			
Ak	5	03.07.96							
R	1	22.05.96				6		2	
R	2	22.05.96				71			
R	3	22.05.96				37			
R	4	22.05.96		2		62			
R	5	22.05.96				28			
R	1	05.06.96				26			
R	2	05.06.96				34	2		
R	3	05.06.96	2			13			
R	4	05.06.96				10			
R	5	05.06.96				50			
R	1	03.07.96				2			
R	2	03.07.96				4			
R	3	03.07.96				19			
R	4	03.07.96							
R	5	03.07.96				3			
S	1	22.05.96				40			
S	2	22.05.96				70			
S	3	22.05.96				51			
S	4	22.05.96				57			
S	5	22.05.96				55			
S	1	05.06.96				9		2	
S	2	05.06.96				65			2
S	3	05.06.96		1		44			3
S	4	05.06.96				18			
S	5	05.06.96				16			
S	1	03.07.96				2			
S	2	03.07.96							
S	3	03.07.96				4			
S	4	03.07.96				20			
S	5	03.07.96				7			
Wi	1	22.05.96				85	2	2	
Wi	2	22.05.96		4		110			
Wi	3	22.05.96		2		135			
Wi	4	22.05.96				28			
Wi	5	22.05.96				84			
Wi	1	05.06.96				25			
Wi	2	05.06.96				42			
Wi	3	05.06.96				27			
Wi	4	05.06.96				146			
Wi	5	05.06.96				29			
Wi	1	03.07.96				11			
Wi	2	03.07.96				8			
Wi	3	03.07.96				14			
Wi	4	03.07.96				7			
Wi	5	03.07.96	2						
K	1					28			
K	2					31			
K	3					32			
K	4					17			
K	5					13			
Mittelwert			0,10	0,22	0,03	36,45	0,07	0,13	0,08

Tab. 96: Sonstige Coleoptera aus Stammstücken IV.

Ort	Stammhöhe	Datum	<i>Subcoccinella vigintiquatuor-punctata</i>	<i>Scymnus abietis</i>	Cisidae	<i>Hypo-phleus linearis</i>	<i>Rhagium inquisitor</i>	Chryso-melidae	Ortho-peridae	Curculio-nidae
Ak	1	22.05.96								
Ak	2	22.05.96								2
Ak	3	22.05.96								
Ak	4	22.05.96								
Ak	5	22.05.96								
Ak	1	05.06.96								
Ak	2	05.06.96						2		
Ak	3	05.06.96								
Ak	4	05.06.96				2				
Ak	5	05.06.96								
Ak	1	03.07.96								
Ak	2	03.07.96								
Ak	3	03.07.96								
Ak	4	03.07.96								
Ak	5	03.07.96								
R	1	22.05.96	2							
R	2	22.05.96								
R	3	22.05.96								
R	4	22.05.96							2	
R	5	22.05.96								
R	1	05.06.96								2
R	2	05.06.96								
R	3	05.06.96								
R	4	05.06.96								
R	5	05.06.96		3						
R	1	03.07.96						2		
R	2	03.07.96	2							
R	3	03.07.96								
R	4	03.07.96								
R	5	03.07.96		5						
S	1	22.05.96								
S	2	22.05.96								
S	3	22.05.96								
S	4	22.05.96								
S	5	22.05.96							2	
S	1	05.06.96								
S	2	05.06.96							2	
S	3	05.06.96						1	1	
S	4	05.06.96								
S	5	05.06.96								
S	1	03.07.96	2							
S	2	03.07.96								
S	3	03.07.96			2					
S	4	03.07.96								
S	5	03.07.96								
Wi	1	22.05.96						2		
Wi	2	22.05.96								
Wi	3	22.05.96								
Wi	4	22.05.96								
Wi	5	22.05.96								
Wi	1	05.06.96								
Wi	2	05.06.96								
Wi	3	05.06.96						2		
Wi	4	05.06.96								
Wi	5	05.06.96								
Wi	1	03.07.96								
Wi	2	03.07.96	2							
Wi	3	03.07.96					2			
Wi	4	03.07.96							2	
Wi	5	03.07.96								
K	1									
K	2									
K	3							2		
K	4								2	
K	5									
Mittelwert			0,13	0,13	0,03	0,03	0,03	0,15	0,15	0,07

Tab. 97: Hymenoptera aus Stammstücken.

Ort	Stammhöhe	Datum	Summe Hymenoptera	Hymenoptera ?	<i>Rhopalicus tutela</i>	<i>Cosmophorus klugii</i>	<i>Tomicobia seitneri</i>
Ak	1	22.05.96					
Ak	2	22.05.96					
Ak	3	22.05.96					
Ak	4	22.05.96					
Ak	5	22.05.96					
Ak	1	05.06.96	2	2			
Ak	2	05.06.96					
Ak	3	05.06.96	6	6			
Ak	4	05.06.96	2	2			
Ak	5	05.06.96					
Ak	1	03.07.96					
Ak	2	03.07.96					
Ak	3	03.07.96	2	2			
Ak	4	03.07.96	2	2			
Ak	5	03.07.96	5	5			
R	1	22.05.96	4	4			
R	2	22.05.96	2	2			
R	3	22.05.96					
R	4	22.05.96					
R	5	22.05.96	3	3			
R	1	05.06.96					
R	2	05.06.96					
R	3	05.06.96	2	2			
R	4	05.06.96					
R	5	05.06.96					
R	1	03.07.96	4	4			
R	2	03.07.96	7	7			
R	3	03.07.96	2	2			
R	4	03.07.96					
R	5	03.07.96					
S	1	22.05.96					
S	2	22.05.96					
S	3	22.05.96	2	2			
S	4	22.05.96					
S	5	22.05.96					
S	1	05.06.96					
S	2	05.06.96					
S	3	05.06.96					
S	4	05.06.96	2	2			
S	5	05.06.96	2				2
S	1	03.07.96	2			2	
S	2	03.07.96	10		6	4	
S	3	03.07.96	6		6		
S	4	03.07.96	38	2	36		
S	5	03.07.96	2				2
Wi	1	22.05.96	4	4			
Wi	2	22.05.96					
Wi	3	22.05.96					
Wi	4	22.05.96					
Wi	5	22.05.96					
Wi	1	05.06.96					
Wi	2	05.06.96	2	2			
Wi	3	05.06.96	4	4			
Wi	4	05.06.96					
Wi	5	05.06.96					
Wi	1	03.07.96	6	2		4	
Wi	2	03.07.96	15	2	13		
Wi	3	03.07.96	38	2	33	2	
Wi	4	03.07.96	7	2		5	
Wi	5	03.07.96	23		3	21	
K	1						
K	2						
K	3		2	2			
K	4						
K	5						
Mittelwert			3,43	1,12	1,62	0,63	0,07

Tab. 98: Diptera aus Stammstücken I.

Ort	Stammhöhe	Datum	Summe Diptera	<i>Medetera</i> sp.	Lonchaeidae	Stratiomyidae	<i>Phaonia</i> sp.	Sciaridae	Cecidomyiidae	Phoridae	Tipulidae
Ak	1	22.05.96	2					2			
Ak	2	22.05.96	2								2
Ak	3	22.05.96									
Ak	4	22.05.96	4							2	
Ak	5	22.05.96	2					2			
Ak	1	05.06.96	3					2			
Ak	2	05.06.96	4					2			
Ak	3	05.06.96									
Ak	4	05.06.96	2								
Ak	5	05.06.96	7	7							
Ak	1	03.07.96									
Ak	2	03.07.96									
Ak	3	03.07.96	2								
Ak	4	03.07.96									
Ak	5	03.07.96	2	2							
R	1	22.05.96									
R	2	22.05.96									
R	3	22.05.96	2							2	
R	4	22.05.96									
R	5	22.05.96									
R	1	05.06.96									
R	2	05.06.96	2						2		
R	3	05.06.96	2							2	
R	4	05.06.96									
R	5	05.06.96	3								
R	1	03.07.96									
R	2	03.07.96	2	2							
R	3	03.07.96									
R	4	03.07.96									
R	5	03.07.96									
S	1	22.05.96									
S	2	22.05.96									
S	3	22.05.96									
S	4	22.05.96									
S	5	22.05.96	2						2		
S	1	05.06.96									
S	2	05.06.96									
S	3	05.06.96	1					1			
S	4	05.06.96	11					2		2	2
S	5	05.06.96	2								
S	1	03.07.96	4		2			2			
S	2	03.07.96									
S	3	03.07.96									
S	4	03.07.96	4					2			
S	5	03.07.96									
Wi	1	22.05.96	2				2				
Wi	2	22.05.96									
Wi	3	22.05.96									
Wi	4	22.05.96	7			2				2	
Wi	5	22.05.96									
Wi	1	05.06.96		6							
Wi	2	05.06.96	6							2	
Wi	3	05.06.96	2								
Wi	5	05.06.96									
Wi	1	03.07.96	6					6			
Wi	2	03.07.96	42					42			
Wi	3	03.07.96	45					45			
Wi	4	03.07.96	16					16			
Wi	5	03.07.96	8					8			
K	1										
K	2										
K	3										
K	4										
K	5										
Mittelwert			3,35	0,28	0,03	0,03	0,03	2,20	0,10	0,20	0,07

Tab. 99: Diptera aus Stammstücken II.

Ort	Stammhöhe	Datum	Simuliidae	Poecilobothrus sp.	Camillidae	Ephydriidae	Drosophilidae	Muscidae	Faniinae	Coenosia sp.	Tachinidae
Ak	1	22.05.96									
Ak	2	22.05.96									
Ak	3	22.05.96									
Ak	4	22.05.96	2								
Ak	5	22.05.96									
Ak	1	05.06.96								2	
Ak	2	05.06.96			2						
Ak	3	05.06.96									
Ak	4	05.06.96									2
Ak	5	05.06.96									
Ak	1	03.07.96									
Ak	2	03.07.96									
Ak	3	03.07.96									
Ak	4	03.07.96				2					
Ak	5	03.07.96									
R	1	22.05.96									
R	2	22.05.96									
R	3	22.05.96									
R	4	22.05.96									
R	5	22.05.96									
R	1	05.06.96									
R	2	05.06.96									
R	3	05.06.96									
R	4	05.06.96									
R	5	05.06.96						3			
R	1	03.07.96									
R	2	03.07.96									
R	3	03.07.96									
R	4	03.07.96									
R	5	03.07.96									
S	1	22.05.96									
S	2	22.05.96									
S	3	22.05.96									
S	4	22.05.96									
S	5	22.05.96									
S	1	05.06.96									
S	2	05.06.96									
S	3	05.06.96									
S	4	05.06.96		2						2	
S	5	05.06.96			2						
S	1	03.07.96									
S	2	03.07.96									
S	3	03.07.96									
S	4	03.07.96		2							
S	5	03.07.96									
Wi	1	22.05.96									
Wi	2	22.05.96									
Wi	3	22.05.96									
Wi	4	22.05.96									
Wi	5	22.05.96					2				
Wi	1	05.06.96									
Wi	2	05.06.96									
Wi	3	05.06.96									
Wi	4	05.06.96									
Wi	5	05.06.96									
Wi	1	03.07.96									
Wi	2	03.07.96									
Wi	3	03.07.96									
Wi	4	03.07.96									
Wi	5	03.07.96									
K	1										
K	2										
K	3										
K	4										
K	5										
Mittelwert			0,03	0,07	0,07	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03

Tab. 100: Sonstige Arthropoden aus Stammstücken I.

Ort	Stammhöhe	Datum	Summe Heteroptera	Anthorcoridae	Nabis sp.	Loricula sp.	sonstige Heteroptera	Raphidioptera	Collembola	Plecoptera
Ak	1	22.05.96	2			2				
Ak	2	22.05.96								
Ak	3	22.05.96								
Ak	4	22.05.96								
Ak	5	22.05.96	2			2				
Ak	1	05.06.96								
Ak	2	05.06.96								
Ak	3	05.06.96								
Ak	4	05.06.96								
Ak	5	05.06.96								
Ak	1	03.07.96								
Ak	2	03.07.96							2	
Ak	3	03.07.96								
Ak	4	03.07.96								
Ak	5	03.07.96								
R	1	22.05.96	4		2	2				
R	2	22.05.96	2			2				
R	3	22.05.96								
R	4	22.05.96								
R	5	22.05.96								
R	1	05.06.96	2			2				
R	2	05.06.96	2				2			
R	3	05.06.96								
R	4	05.06.96	2	2						
R	5	05.06.96	3			3				
R	1	03.07.96								
R	2	03.07.96								2
R	3	03.07.96								
R	4	03.07.96	2			2				
R	5	03.07.96	3				3			
S	1	22.05.96								
S	2	22.05.96								
S	3	22.05.96								
S	4	22.05.96						2		
S	5	22.05.96								
S	1	05.06.96								
S	2	05.06.96								
S	3	05.06.96	1			1				
S	4	05.06.96								
S	5	05.06.96								
S	1	03.07.96								
S	2	03.07.96								
S	3	03.07.96	2			2				
S	4	03.07.96								
S	5	03.07.96								
Wi	1	22.05.96								
Wi	2	22.05.96								
Wi	3	22.05.96	4			2	2			
Wi	4	22.05.96								
Wi	5	22.05.96								
Wi	1	05.06.96								
Wi	2	05.06.96								
Wi	3	05.06.96								
Wi	4	05.06.96								
Wi	5	05.06.96								
Wi	1	03.07.96								
Wi	2	03.07.96	2	2						
Wi	3	03.07.96								
Wi	4	03.07.96								
Wi	5	03.07.96	3			3				
K	1									
K	2									
K	3									
K	4									
K	5									
Mittelwert			0,60	0,07	0,03	0,38	0,12	0,03	0,03	0,03

Tab. 101: Sonstige Arthropoden aus Stammstücken II.

Ort	Stammhöhe	Datum	Dermaptera	Psocoptera	Thysanoptera	Cicadidae	Psyllina	Aphidae	Symphyla	Formicidae
Ak	1	22.05.96		5						2
Ak	2	22.05.96		8						
Ak	3	22.05.96		16						
Ak	4	22.05.96		25						
Ak	5	22.05.96		41						
Ak	1	05.06.96		23						
Ak	2	05.06.96		2						4
Ak	3	05.06.96		6				2		2
Ak	4	05.06.96		12						
Ak	5	05.06.96		9						
Ak	1	03.07.96								4
Ak	2	03.07.96		6						
Ak	3	03.07.96		6						
Ak	4	03.07.96	2							
Ak	5	03.07.96		7						
R	1	22.05.96								
R	2	22.05.96		7						
R	3	22.05.96		5						
R	4	22.05.96		2		2				
R	5	22.05.96		11						
R	1	05.06.96		7						
R	2	05.06.96							2	
R	3	05.06.96		7						
R	4	05.06.96								
R	5	05.06.96								
R	1	03.07.96		2		2				
R	2	03.07.96		4						
R	3	03.07.96								
R	4	03.07.96								
R	5	03.07.96		3						
S	1	22.05.96							2	
S	2	22.05.96								
S	3	22.05.96		2						
S	4	22.05.96								
S	5	22.05.96								
S	1	05.06.96								
S	2	05.06.96								
S	3	05.06.96								
S	4	05.06.96		2						
S	5	05.06.96								2
S	1	03.07.96								
S	2	03.07.96								
S	3	03.07.96								
S	4	03.07.96								
S	5	03.07.96	2			2				
Wi	1	22.05.96		2						
Wi	2	22.05.96								
Wi	3	22.05.96		2						2
Wi	4	22.05.96								
Wi	5	22.05.96								
Wi	1	05.06.96								
Wi	2	05.06.96				2				
Wi	3	05.06.96								2
Wi	4	05.06.96		2		2				
Wi	5	05.06.96								
Wi	1	03.07.96								
Wi	2	03.07.96								6
Wi	3	03.07.96								2
Wi	4	03.07.96					2			2
Wi	5	03.07.96								3
K	1									2
K	2			2						
K	3									
K	4									
K	5			4						
Mittelwert			0,07	3,70	0,03	0,17	0,03	0,03	0,07	0,52

Tab. 102: Sonstige Arthropoden aus Stammstücken III.

Ort	Stammhöhe	Datum	Neuroptera	Lepidoptera	Myriapoda	Araneae	Opiliones	Acari	Gastropoda
Ak	1	22.05.96							
Ak	2	22.05.96							
Ak	3	22.05.96							
Ak	4	22.05.96							
Ak	5	22.05.96							
Ak	1	05.06.96				2			
Ak	2	05.06.96							
Ak	3	05.06.96		2			2		
Ak	4	05.06.96							
Ak	5	05.06.96	2				2		
Ak	1	03.07.96							
Ak	2	03.07.96		2					
Ak	3	03.07.96				2			
Ak	4	03.07.96							
Ak	5	03.07.96							
R	1	22.05.96					2		
R	2	22.05.96							
R	3	22.05.96			2	2		2	
R	4	22.05.96					2		
R	5	22.05.96							3
R	1	05.06.96				2			
R	2	05.06.96					2	2	
R	3	05.06.96							
R	4	05.06.96					2		
R	5	05.06.96							
R	1	03.07.96			2				
R	2	03.07.96		2					
R	3	03.07.96							
R	4	03.07.96							
R	5	03.07.96							
S	1	22.05.96							
S	2	22.05.96							
S	3	22.05.96					2		
S	4	22.05.96							
S	5	22.05.96						2	
S	1	05.06.96							
S	2	05.06.96							
S	3	05.06.96		1		1	1		
S	4	05.06.96				31			
S	5	05.06.96		2					
S	1	03.07.96			2	18			
S	2	03.07.96							
S	3	03.07.96			2				
S	4	03.07.96							
S	5	03.07.96			2				
Wi	1	22.05.96							
Wi	2	22.05.96							
Wi	3	22.05.96							2
Wi	4	22.05.96						2	
Wi	5	22.05.96							3
Wi	1	05.06.96							
Wi	2	05.06.96							
Wi	3	05.06.96					2		
Wi	4	05.06.96							
Wi	5	05.06.96				2			
Wi	1	03.07.96							4
Wi	2	03.07.96							
Wi	3	03.07.96							
Wi	4	03.07.96							
Wi	5	03.07.96				3		3	
K	1								
K	2								
K	3								
K	4								
K	5								
Mittelwert			0,03	0,15	0,17	1,05	0,28	0,18	0,20

Tab. 103: *Thanasimus* sp.-Larven aus Stammstücken.

Ort	Stammhöhe	Datum	Summe <i>Thanasimus</i> sp.-Larven	<i>T. formicarius</i> -Larven	<i>T. femoralis</i> -Larven
Ak	1	22.05.96	25	25	
Ak	2	22.05.96	26	24	2
Ak	3	22.05.96	26	26	
Ak	4	22.05.96	47	47	
Ak	5	22.05.96	10	10	
Ak	1	05.06.96	2	2	
Ak	2	05.06.96	4	4	
Ak	3	05.06.96	29	29	
Ak	4	05.06.96	41	41	
Ak	5	05.06.96	23	23	
Ak	1	03.07.96	19	19	
Ak	2	03.07.96	13	13	
Ak	3	03.07.96	19	19	
Ak	4	03.07.96	24	24	
Ak	5	03.07.96	43	43	
R	1	22.05.96	10	10	
R	2	22.05.96			
R	3	22.05.96	37	37	
R	4	22.05.96	2	2	
R	5	22.05.96	31	31	
R	1	05.06.96	11	11	
R	2	05.06.96	21	21	
R	3	05.06.96	9	9	
R	4	05.06.96			
R	5	05.06.96	13	13	
R	1	03.07.96	29	29	
R	2	03.07.96	15	13	2
R	3	03.07.96	24	24	
R	4	03.07.96	2	2	
R	5	03.07.96	19	19	
S	1	22.05.96			
S	2	22.05.96	6	6	
S	3	22.05.96			
S	4	22.05.96	2	2	
S	5	22.05.96			
S	1	05.06.96	7	7	
S	2	05.06.96	10	10	
S	3	05.06.96	10	10	
S	4	05.06.96	9	9	
S	5	05.06.96	5	5	
S	1	03.07.96	5	5	
S	2	03.07.96	12	12	
S	3	03.07.96	4	4	
S	4	03.07.96	27	27	
S	5	03.07.96	11	11	
Wi	1	22.05.96	19	19	
Wi	2	22.05.96	11	11	
Wi	3	22.05.96	13	13	
Wi	4	22.05.96	2	2	
Wi	5	22.05.96	11	11	
Wi	1	05.06.96	29	29	
Wi	2	05.06.96	25	21	4
Wi	3	05.06.96	36	33	2
Wi	4	05.06.96	14	14	
Wi	5	05.06.96	29	29	
Wi	1	03.07.96	24	21	2
Wi	2	03.07.96	8	8	
Wi	3	03.07.96	31	28	2
Wi	4	03.07.96	26	26	
Wi	5	03.07.96	31	31	
K	1				
K	2				
K	3				
K	4				
K	5				
Mittelwert			16,52	16,23	0,23

Tab. 104: Larven aus Stammstücken I.

Ort	Stammhöhe	Datum	Staphylinidae-Larven	Rhizophagidae-Larven I	Rhizophagidae-Larven II	Stratiomyidae-Larven	Cecidomyidae-Larven	Raphidioptera-Larven	Heteroptera-Larven
Ak	1	22.05.96	2			7			
Ak	2	22.05.96		2					
Ak	3	22.05.96			8				
Ak	4	22.05.96		4	4				
Ak	5	22.05.96							
Ak	1	05.06.96		7	7				
Ak	2	05.06.96		22	4				
Ak	3	05.06.96		12					
Ak	4	05.06.96		4	12				
Ak	5	05.06.96		5					
Ak	1	03.07.96		63			2		
Ak	2	03.07.96		17					
Ak	3	03.07.96		68		12	2		
Ak	4	03.07.96	4	11		6	2	2	
Ak	5	03.07.96		74		7			
R	1	22.05.96						2	
R	2	22.05.96							
R	3	22.05.96		2	7				
R	4	22.05.96		10	2				
R	5	22.05.96			6			3	
R	1	05.06.96			4				
R	2	05.06.96			2			2	
R	3	05.06.96			2			2	
R	4	05.06.96		2	2				2
R	5	05.06.96		8					
R	1	03.07.96		8		8			2
R	2	03.07.96	2						
R	3	03.07.96		36		2			
R	4	03.07.96	5	7				2	
R	5	03.07.96		3		5			
S	1	22.05.96		6					
S	2	22.05.96		6	4				
S	3	22.05.96		8	13				
S	4	22.05.96		4	2				
S	5	22.05.96							
S	1	05.06.96		5					
S	2	05.06.96		2	4				
S	3	05.06.96			4				1
S	4	05.06.96		9	2	2			
S	5	05.06.96		2					
S	1	03.07.96	2	4		5			
S	2	03.07.96	2	2		2			
S	3	03.07.96		34		17		2	
S	4	03.07.96		29	7	4			
S	5	03.07.96	4	18	2				
Wi	1	22.05.96							
Wi	2	22.05.96		13	2	2			
Wi	3	22.05.96		2					
Wi	4	22.05.96							
Wi	5	22.05.96		3	5				
Wi	1	05.06.96							
Wi	2	05.06.96		15		4			
Wi	3	05.06.96		31					
Wi	4	05.06.96		5					
Wi	5	05.06.96							
Wi	1	03.07.96	2	101	2	19			
Wi	2	03.07.96	6	104		13			
Wi	3	03.07.96		33		82			
Wi	4	03.07.96	2	105		7			
Wi	5	03.07.96		67					
K	1								
K	2								
K	3								
K	4					2			
K	5								
Mittelwert			0,52	16,22	1,78	3,40	0,10	0,25	0,08

Tab. 105: Larven aus Stammstücken II.

Ort	Stammhöhe	Datum	Neuroptera-Larven	Coleoptera-Larven	Coleoptera-Larven I	Coleoptera-Larven III	Diptera-Larven	sonstige Larven
Ak	1	22.05.96						
Ak	2	22.05.96						
Ak	3	22.05.96						
Ak	4	22.05.96						
Ak	5	22.05.96						
Ak	1	05.06.96						
Ak	2	05.06.96						
Ak	3	05.06.96						
Ak	4	05.06.96		2				
Ak	5	05.06.96		2			2	
Ak	1	03.07.96		4				
Ak	2	03.07.96						
Ak	3	03.07.96						
Ak	4	03.07.96						
Ak	5	03.07.96		2	2			
R	1	22.05.96		2				
R	2	22.05.96						
R	3	22.05.96						
R	4	22.05.96						
R	5	22.05.96						
R	1	05.06.96						11
R	2	05.06.96		2				
R	3	05.06.96		2				
R	4	05.06.96		2				
R	5	05.06.96						
R	1	03.07.96						
R	2	03.07.96						
R	3	03.07.96						
R	4	03.07.96						
R	5	03.07.96						
S	1	22.05.96		2				
S	2	22.05.96						
S	3	22.05.96						
S	4	22.05.96						
S	5	22.05.96						
S	1	05.06.96						
S	2	05.06.96						27
S	3	05.06.96						1
S	4	05.06.96						
S	5	05.06.96				2		
S	1	03.07.96						
S	2	03.07.96						
S	3	03.07.96						
S	4	03.07.96	2					16
S	5	03.07.96						
Wi	1	22.05.96						2
Wi	2	22.05.96						
Wi	3	22.05.96						
Wi	4	22.05.96						5
Wi	5	22.05.96						
Wi	1	05.06.96						4
Wi	2	05.06.96						4
Wi	3	05.06.96						18
Wi	4	05.06.96				2		
Wi	5	05.06.96						
Wi	1	03.07.96						
Wi	2	03.07.96						
Wi	3	03.07.96						2
Wi	4	03.07.96						
Wi	5	03.07.96						
K	1							
K	2							
K	3							
K	4							
K	5							
Mittelwert			0,03	0,33	0,03	0,07	0,03	1,50

Tab. 106: Puppen aus Stammstücken.

Ort	Stammhöhe	Datum	Hymenoptera-Kokons	Lonchaea-Puppen	Lonchaeidae-Puppen	Diptera-Puppen	sonstige Puppen
Ak	1	22.05.96					
Ak	2	22.05.96					
Ak	3	22.05.96					
Ak	4	22.05.96					
Ak	5	22.05.96					
Ak	1	05.06.96					
Ak	2	05.06.96		2			
Ak	3	05.06.96	8				
Ak	4	05.06.96					
Ak	5	05.06.96					
Ak	1	03.07.96					
Ak	2	03.07.96					
Ak	3	03.07.96					
Ak	4	03.07.96					
Ak	5	03.07.96					
R	1	22.05.96					
R	2	22.05.96					
R	3	22.05.96					
R	4	22.05.96					
R	5	22.05.96					
R	1	05.06.96					
R	2	05.06.96					
R	3	05.06.96					
R	4	05.06.96					
R	5	05.06.96					
R	1	03.07.96					
R	2	03.07.96					
R	3	03.07.96					
R	4	03.07.96					
R	5	03.07.96					
S	1	22.05.96					
S	2	22.05.96					
S	3	22.05.96					
S	4	22.05.96					
S	5	22.05.96					
S	1	05.06.96					
S	2	05.06.96					
S	3	05.06.96					
S	4	05.06.96					
S	5	05.06.96					
S	1	03.07.96			2		
S	2	03.07.96				2	
S	3	03.07.96					
S	4	03.07.96					
S	5	03.07.96					
Wi	1	22.05.96					
Wi	2	22.05.96					
Wi	3	22.05.96					
Wi	4	22.05.96					
Wi	5	22.05.96					
Wi	1	05.06.96					
Wi	2	05.06.96					
Wi	3	05.06.96					
Wi	4	05.06.96					2
Wi	5	05.06.96					
Wi	1	03.07.96					
Wi	2	03.07.96	2				
Wi	3	03.07.96					
Wi	4	03.07.96					
Wi	5	03.07.96					
K	1						
K	2						
K	3						
K	4						
K	5						
Mittelwert			0,17	0,03	0,03	0,03	0,03

Tab. 107: Ökologie der Coleoptera aus Stammstücken.

**Erläuterungen**

**Familie/Gattung/Art:** fett gedruckte Namen = Borkenkäfer-Antagonisten.

**M** (Weite des Monotops): st = stenotop; eu = eurytop; Ubi = Ubiquist.

**Nahrung:** phyto = phytophag (entsprechend aphido, entomo, myceto, phleo, scolytido, xylo, xylomyceto); carni = carnivor; La = Larven.

**Ökologie und Verbreitung:** W = Westareal; Z = Zentralareal; S = Südareal; O = Ostareal; N = Nordareal; Na = Nahrung;

g = im gesamten Verbreitungsgebiet; a = alpin; suba = subalpin; m = montan;

**RLD** = Rote Liste Deutschland; **RLB** = Rote Liste Bayern (3 = Gefährdet).

Familie/Gattung/Art	M	Nische	Nahrung	Ökologie und Verbreitung
<u>Carabidae</u>				Ernährung hauptsächlich carnivor; z. T. Aas- oder Pflanzenfresser; vorwiegend bodenlebend
<u>Hydrophilidae</u>				an Wasser, Dung und faulenden Stoffen zu finden
<u>Histeridae</u>				
<b><i>Plegaderus saucius</i> Er.</b>	st	silvicol, corticol	carni, scolytido	Na: Larven von Scolytiden; unter Nadelholzrinde; SO bis Polen, Mittel- u. Westfalen; <b>RLD: 3</b>
<u>Staphylinidae</u>				
<i>Eusphalerum longipenne</i> Er.	eu	floricol	carni	v. a. auf blühenden Sträuchern; Waldränder; Harz: Fichtenwald; bes. m, nicht NW
<i>Eusphalerum limbatum</i> Er.	eu	floricol	carni m-sa	v. a. auf blühenden Sträuchern; Waldränder; Wiesen
<i>Acrulia inflata</i> Gyll.	st	silvicol, succicol, humicol	carni	u. a. unter schimmelnder und saftender Rinde (bes. von Fagus); Laubwälder; besonders m. N nur Ostpreußen
<i>Omalius rivulare</i> Payk. dem	Ubi	succicol, fungicol, phytodetricol saprophil	carni	v. a. in faulenden Vegetabilien; u. a. an ausfließendem Baumsaft; g
<i>Omalius rugatum</i> Rey.	st	silvicol, succicol, phytodetricol	carni	in grünem schimmelndem Nadelholzreisig (v. a. Picea); bes. m
<b><i>Phloeonomus pusillus</i> Grav.</b>	eu	corticol	carni	Na: Ipiden; v. a. unter morscher Nadelholzrinde; g
<i>Anthophagus alpestris</i> Heer	eu	herbicol, arboricol	carni	auf Gräsern, Kräutern und Bäumen (u. a. Picea); m-a: Alpen und Baden, Württemberg, Sachsen, Schlesien
<i>Syntormium aeneum</i> Müll.	eu	humicol, muscicol, hygrophil	carni	v. a. unter Moos und Laub an Stubben (Alnus, Fagus); unter Grasbüscheln und Reisig; im Mulm von Laubbäumen; g
<i>Paederus schönherri</i> Czwal.	st	ripicol, hygrophil	carni	auf Sand; zwischen Schotter; unter feuchtem Laub; in Detritus, Heu und Genist; m: SO-S bis Bayern; <b>RLD: 3</b>
<i>Gyrophynus angustatus</i> Steph.	eu	phytodetricol hygrophil	carni	in Detritus und faulenden Vegetabilien; u. a. Waldränder; bes. M-S
<i>Ocyopus ophthalmicus</i> Scop.	eu	humicol, phytodetricol xerophil	carni	auf Wegen; unter Steinen, Laub und Moos; in faulenden Vegetabilien und Heuhaufen; nicht a
<i>Quedius invreae</i> Grid.	eu	microcavernicol, xylodetricol, pholeophil	carni	v. a. in Nestern von Vespiden u. Bombus; im Mulm hohler Bäume bei Höhlenbrütern und in Schwämmen in Baumhöhlen; u. a. Wälder, Waldränder; W-Z bis Brandenburg, Sachsen; <b>RLD: 3</b>
<b><i>Quedius plagiatus</i> Mannh.</b>	eu	silvicol, xylodetricol, humicol	carni, scolytido	in Gebirgswäldern unter Nadelholzrinde; u. a. auch in Stubben u. unter Reisig; Na: Scolytiden- und Cerambyciden-Larven; m-suba; O-Z-SW: <b>RLD: 3</b>
<i>Tachinus laticollis</i> Grav.	Ubi	phytodetricol stercoricol, saprophil	phyto	Na: Substrat von Pflanzen; in faulenden Vegetabilien; an ausfließendem Baumsaft; g
<b><i>Placusa pumilio</i> Grav.</b>	eu	silvicol, corticol	carni	unter saftender und schimmelnder Rinde von Laubhölzern; nicht a und NO
<b><i>Leptusa pulchella</i> Mannh.</b>	eu	silvicol, corticol	carni	unter morscher verpilzter Rinde von (meist liegenden) Stämmen und Stubben mit Befall von anderen Insekten; g
<b><i>Leptusa ruficollis</i> Er.</b>	eu	silvicol, corticol, humicol	carni	unter verpilzter Rinde vor allem von toten Laubholzästen; unter Flechten und Stammmoos; in verpilztem Reisig und in Rindenhaufen; g

Fortsetzung Tab. 107.

Familie/Gattung/Art	M	Nische	Nahrung	Ökologie und Verbreitung
<i>Atheta trinitata</i> Kr.	eu	phytodetricol	carni	u. a. an verpilzten Laubholzstubben; an ausfließendem Baumsaft; Österreich: Wälder, Sandgruben; g
<u>Cantharidae</u>				Larven und Imagines leben räuberisch; vereinzelt benagen die Käfer auch frische Pflanzenteile
<u>Melyridae</u>			La: carni	La aller Arten leben räuberisch unter Rinde oder im morschen Holz abgestorbener Bäume
<i>Dasytes plumbeus</i> Müll.	Ubi	arboricol, herbicol und floricol	La: carni	u. a. auf Bäumen; Entwicklung in Laubbäumen; Larven räuberisch unter Rinde oder im morschen Holz abgestorbener Bäume; g
<u>Cleridae</u>				
<i>Thanasimus formicarius</i> L.	eu	silvicol, corticol	entomo, scolyto	Na: Scolytidae, bes. <i>Myelophilus piniperda</i> ; unter Rinde von Stämmen, Klaftern und Pfählen mit Scolytiden-Befall; auch auf dem Holz; g
<i>Thanasimus pectoralis</i> Fuss. (= <i>T. femoralis</i> Zett.)	st	silvicol, corticol	entomo, scolyto	Na: Scolytidae; unter Rindenschuppen von Koniferen; Mähren, Kärnten, Tirol, Bayern; <b>RLD: 3; RLB: 3</b>
<u>Elateridae</u>				u. a. carnivor (v. a. Insekten in morschem Holz oder unter morscher Rinde)
<u>Dermestidae</u>				Larven an Stoffen tierischer Herkunft
<u>Nitidulidae</u>				
<i>Eपुरaea boreella</i> Zett.	st	silvicol, corticol	carni, scolytido	Na: <i>I. typographus</i> u. <i>I. acuminatus</i> ; u. a. unter Rinde mit Ipsidenbefall (u. a. <i>Picea</i> ); m-suba; <b>RLD: 3</b>
<i>Eपुरaea pusilla</i> Ill.	st	silvicol, corticol und xylo-detricol	?	u. a. unter Koniferenrinde, die von Ipsiden befallen ist; g
<i>Eपुरaea pygmaea</i> Gyll.	st	silvicol, corticol und xylo-detricol	?	unter morscher Rinde von Koniferen mit Ipsidenbefall u. a.; bes.m
<i>Glisrochilus quadripunctatus</i> L.	st	silvicol, corticol	?	v. a. unter Koniferenrinde in den Gängen von <i>Blastophagus</i> , <i>Ips</i> und anderen Borkenkäfern; auch an Schnittflächen gefällter Koniferen; auch unter Laubholzrinde; g
<i>Pityophagus ferrugineus</i> L.	st	silvicol, corticol,	carni, scolytido	unter Rinde von Koniferen mit Ipsidenbefall; auf gefällten und entrindeten Stämmen und auf Klafterholz von Koniferen; Na: <i>Ips Hylastes</i> , <i>Dendroctonus</i> ; g
<u>Rhizophagidae</u>				
<i>Rhizophagus ferrugineus</i> Payk.	eu	silvicol, corticol	carni, scolytido	unter Nadelholzrinde mit Ipsidenbefall, v. a. von <i>Picea</i> ; bes. m-suba
<i>Rhizophagus dispar</i> Payk.	eu	silvicol, corticol	carni, scolytido	verfolgt öfter <i>I. typ.</i> und <i>I. amitinus</i> , u. a. unter feuchter Laub- und Nadelholzrinde; g
<i>Rhizophagus bipustulatus</i> F.	eu	bes. silvicol, corticol	carni, scolytido	Na: Ipsiden u. Pilzhyphen; v. a. unter Laubholzrinde, seltener unter Nadelholzrinde ( <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> ); g
<i>Rhizophagus nitidulus</i> F.	st	silvicol, corticol	carni, entomo	Na: Insektenlarven; montan auch unter Rinde von <i>Picea</i> und <i>Abies</i> ; g
<u>Cucujidae</u>				
<i>Silvanus bidentatus</i> F.	eu	bes. silvicol, corticol		v. a. unter trockener Rinde von Laubholzstämmen, aber auch von <i>Picea</i> ; g
<u>Cryptophagidae</u>				
<i>Cryptophagus</i> Hbst.			myceto	wahrscheinlich leben alle Arten von Schimmelpilzen
<i>Atomaria</i> Steph.			myceto	soweit bekannt alle Arten mycetophag
<u>Lathridiidae</u>				
<i>Lathridius</i> Hbst.			myceto	ernähren sich vom Mycel und von Sporen niederer Pilze (Schimmelpilze), einige auch von Holzpilzen
<i>Lathridius nodifer</i> Westw.	ubi	bes. phyto-detricol	myceto	v. a. in schimmelnden u. faulenden Vegetabilien: u. a. Holz, Rinde, Baummulm, Waldstreu; oft synanthrop; g

Fortsetzung Tab. 107.

Familie/Gattung/Art	M	Nische	Nahrung	Ökologie und Verbreitung
<i>Cartodere</i> Thoms.			myceto	ernähren sich vom Mycel und von Sporen niederer Pilze (Schimmelpilze), einige auch von Holzpilzen
<u>Corylophidae (Orthoperidae)</u>			carni	die Arten leben an schimmelnden und faulenden Pflanzenstoffen und sollen sich carnivor ernähren
<i>Sericoderus lateralis</i> Gyll.	eu	phytodetrical	carni	u. a. unter schimmelnder Rinde; g
<u>Coccinelidae</u>				
<i>Subcoccinella vigintiquatuor punctata</i> L.	eu	herbicol, bes. xerophil	phyto	seitener lichte Stellen in Wäldern und Mooren; polyphag v. a. auf Nelkengewächsen; g
<i>Scymnus abietis</i> Payk.	st	silvicol, arboricol, bes. akrodendrisc	carni, aphido	bes. auf Picea; aphidophag; bes. m; nicht NW
<u>Cisidae</u>			myceto	Na: vorwiegend Baumschwämme, in denen sie sich auch meist entwickeln; u. a. in Gängen von Borkenkäfern (Ernoporus)
<u>Tenebrionidae</u>				
<i>Hypophleus linearis</i> F.	st	silvicol, corticol bes. akro-dendrisc	carni, scolytido	Na: Scolytiden; selten unter der Rinde von Picea-Stämmen; v. a. in dünnen Pinus-Ästen der Wipfelregion bei Pityogenes (auch in Picea-Ästen); g
<u>Cerambycidae</u>				
<i>Rhagium inquisitor</i> L.	st	silvicol; xylo-detrical und corticol	xylo	unter Rinde und im morschen Holz stark anbrüchiger u. abgestorbener Stämme von Koniferen, bes. Pinus; g
<u>Chrysomelidae</u>			phyto	vorwiegend Pflanzenfresser
<u>Scolytidae</u>				
<i>Hylastes cunicularius</i> Er.	eu	silvicol, rhizicol-corticol	phleo	oligophag v. a. unter der Rinde von Wurzeln und Stubben von Picea excelsa u. pungens; Imagines benagen das Wurzelholz junger Bäume; g
<i>Hylurgops glabratus</i> Zett.	st	silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter der Rinde dicker stark durchfeuchteter geschlagener Stämme von Picea excelsa u. a.; m-suba; S bis Thüringen, Harz
<i>Hylurgops palliatus</i> Gyll.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter der Rinde von Koniferen (kränkelnde Stämme, dicke abgestorbene Äste, Stubben); g
<i>Polygraphus poligraphus</i> L.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter dünnerer Rinde geschädigter, absterbender und gesunder Stämme von u. a. Picea excelsa; g
<i>Crypturgus pusillus</i> Gyll.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter dünner Rinde von Zweigen und Stämmen (Pinus spec. Picea excelsa etc.); meist in Gangsystemen anderer Scolytiden; g
<i>Dryocoetes autographus</i> Ratz.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter der Rinde kranker und gefällter Stämme, dicker Äste und Stubben von Picea excelsa etc.; g
<i>Pityophthorus pityographus</i> Ratz.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter Rinde dünner Zweige und Äste von Picea excelsa u. a.; g
<i>Pityogenes chalcographus</i> L.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter dünner Rinde der Zweige und Äste absterbender und frisch geschlagener Picea excelsa u. a.; g
<i>Orthotomicus laricis</i> F.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter dünner Rinde (v. a. Wipfelregion) absterbender, toter oder geschlagener Pinus; selten u. a. an Picea excelsa; g
<i>Ips typographus</i> L.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phleo	oligophag unter dicker Rinde von Picea excelsa etc.; auch unter der Rinde frischer Stubben; überwintert am Fuß der Bäume; g
<i>Xyloterus lineatus</i> Ol.	eu	bes. silvicol, arboricol-lignicol	xylo-myceto	oligophag im Holz abgestorbener und gefällter Stämme (auch in geschälten) und in frischen Stubben von u. a. Picea excelsa; g
<u>Curculionidae</u>			phyto	alle Curculionidae sind phytophag; Larven fast aller Gattungen im Inneren der Pflanzen, Imagines ernähren sich meist von oberirdischen Pflanzenteilen

Tab. 108: Ökologie von Arthropoden aus Stammstücken.

Ordnung/Familie/Gattung/Art	Ökologie
<u>Hymenoptera</u>	
<i>Rhopalicus tutela</i> Walk.	Larvalparasit; Eiablage an Larven (Ektoparasit); v. a. bei Bk in dünnrindigen Stammstücken; z. T. 2 Generationen; sehr häufig; Wirte: <i>I. typographus</i> , <i>H. palliatus</i> ; <i>D. autographus</i> ; <i>P. chalcographus</i> ; <i>P. poligraphus</i> u. a. Bk
<i>Cosmophorus klugii</i> Ratz.	Imaginalparasit; bei der Parasitierung (Mai bis Juni) wird der Wirtskäfer vorübergehend gelähmt; Überwinterung als Larve; 1 Generation pro Jahr; seltener; Wirte: <i>I. typographus</i> , <i>H. palliatus</i> , <i>P. poligraphus</i> , <i>D. autographus</i> u.a. Bk
<i>Tomicobia seitneri</i> Ruschka	Imaginalparasit; Erzwespen bohren sich durch Öffnung im Absturz der Flügeldecken; 2-3 Generationen pro Jahr; häufig; Wirte: <i>I. typographus</i> u.a. <i>Ips</i> -Arten
<u>Diptera</u>	
<i>Phaonia</i> sp. (Anthomyiidae)	<i>Phaonia gobertii</i> Mik.: Larven räuberisch in Brutgängen verschiedener Bk ( <i>I. typographus</i> u. a.)
<i>Medetera</i> sp. (Dolichopodidae)	Larven leben räuberisch; Beute: <i>I. typographus</i> , <i>P. chalcographus</i> , <i>D. autographus</i> u. a. Bk
Lonchaeidae	Eier werden in Muttergänge gelegt; Larven fressen Larven, Puppen und Adulte der Borkenkäfer; Verpuppung in Borkenkäfer-Puppenwiegen; Beute <i>I. typographus</i> u. a. Bk
Sciaridae	<i>Sciara</i> sp.-Larven sind saprophag und in Borkenkäfer-Gängen wichtige Ausweichnahrung für räuberische Dipteren und Coleopteren (KL+F) *
Cecidomyiidae	Larven der Unterfamilie Lestremiinae saprophag und in Borkenkäfergängen wichtige Ausweichnahrung für räuberische Dipteren und Coleopteren (KL+F)
Stratiomyidae	Larven vertilgen Larven und Puppen von <i>I. typographus</i> (KL+F)
Phoridae	KL+F fanden eine saprophage Art in <i>I. typographus</i> -Gängen (Ausweichnahrung f. räuberische Dipteren und Coleopteren)
<u>Rhynchota</u>	
<i>Anthocoridae</i>	Larven und ausgewachsene Tiere leben räuberisch; die Beutetiere (Käfer und Larven) werden mit dem Rüssel ausgesaugt; Arten: <i>Scoloposcelis pulchella</i> Zett. ( <i>P. chalcographus</i> u.a. Bk); <i>Xylocoris cursitans</i> L. ( <i>I. typographus</i> u.a. Bk)
<u>Raphidioptera</u>	Larven leben räuberisch in Borkenkäfer-Gängen; Beute: Eier u. Larven verschiedener Bk

\* KL+F: KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974)

### 3 Arthropoden aus stehend befallenen Fichten

Dargestellt sind die Rindenflächen der Schwartlinge (Tab. 109), Brutparameter von *I. typographus* (Tab. 110, Tab. 111) sowie die Schlupfzahlen der Adulti (Tab. 112 bis Tab. 119), Larven (Tab. 120 bis Tab. 122) und Puppen (Tab. 123) verschiedener Arthropoden-Gruppen. Angaben zur Ökologie finden sich in Tab. 124 und Tab. 125.

Mit Ausnahme der Rindenfläche (cm<sup>2</sup>) und der Werte für die Brutparameter sind alle Werte in Individuen/m<sup>2</sup> Rindenfläche angegeben.

In der untersten Zeile sind die Mittelwerte für alle Schwartlinge berechnet.

Baum: KR1 = Kühroint 1  
 KR2 = Kühroint 2  
 KR3 = Kühroint 3  
 SA1 = Seeangerl 1  
 SA2 = Seeangerl 2  
 AKO1 = Archenkopf 1  
 AKO2 = Archenkopf 2  
 AK = Archenkanel

Höhe: 1 = im basalen Stammbereich,  
 5 = am Kronenansatz

Tab. 109: Rindenfläche der Schwartlinge von stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	Rindenfläche (cm <sup>2</sup> )
KR1	1	1740
KR1	2	1700
KR1	3	1715
KR1	4	1397
KR1	5	2488
KR2	1	1725
KR2	2	1600
KR2	3	1230
KR2	4	1344
KR2	5	2243
KR3	1	1740
KR3	2	2683
KR3	3	2655
KR3	4	2659
KR3	5	1201
SA1	1	1789
SA1	2	1488
SA1	3	1464
SA1	4	1296
SA1	5	2215
SA2	1	1512
SA2	2	1488
SA2	3	1140
SA2	4	1080
SA2	5	2022
AKO1	1	1800
AKO1	2	1584
AKO1	3	1350
AKO1	4	2551
AKO1	5	2727
AKO2	1	1472
AKO2	2	1500
AKO2	3	1344
AKO2	4	1320
AKO2	5	1127
AK	1	1450
AK	2	1224
AK	3	1150
AK	4	1248
AK	5	2199

Tab. 110: Besiedelung von stehend befallenen Fichten durch *I. typographus*.

Baum	Höhe	Borkendicke (mm)	Brutsysteme/ m <sup>2</sup>	Muttergänge/ m <sup>2</sup>	Einischen/ Weibchen	Larven/ Weibchen	Eimortalität (%)
KR1	1	6,3					
KR1	2	6,6	40	40			
KR1	3	5,8					
KR1	4	5,3					
KR1	5	4,9					
KR2	1	7,2	90	170	33,3	18	43,1
KR2	2	6,5	110	200	32,8	28,8	12,2
KR2	3	5,3	250	550	26,8	23,3	13,1
KR2	4	4,6	140	220	32,3	29,5	8,5
KR2	5	4,5	150	180	47,7	38	25
KR3	1	6,8	20	20			
KR3	2	4,1	240	660	30,8	27	12,2
KR3	3	5,0	420	950	33,7	32	5
KR3	4	4,1	350	680	30,7	24,3	16,9
KR3	5	4,6	320	650	22,2		
SA1	1	8,7	170	230	14,3	7,3	49,1
SA1	2	6,9	320	480	26,5	22,8	14,2
SA1	3	6,6	340	480	23,8	20,5	13,7
SA1	4	6,4	190	320			29,6
SA1	5	4,5					
SA2	1	6,0	220	280	22,3	17,3	22,5
SA2	2	6,0	370	710	37	28,3	21,1
SA2	3	4,9	380	690	39	24	37,9
SA2	4	4,5					
SA2	5	3,0					
AKO1	1	5,4	130	260	30,5	17,5	42,6
AKO1	2	4,9	270	470	23	21,5	6,5
AKO1	3	5,7	310	620	24,8	21	15,2
AKO1	4	5,3	350	410	25,8	24,8	3,9
AKO1	5	5,1	150	310	28,8	20	30,4
AKO2	1	9,5	60	90	14,8	8,8	40,7
AKO2	2	6,8	290	480	33,8	30,5	9,6
AKO2	3	7,5	210	390	31,5	27,5	12,7
AKO2	4	5,9	230	420	25,8	24,5	4,9
AKO2	5	4,7	320	580	23,7	21	10,6
AK	1	8,2	240	480			40,8
AK	2	8,7	380	810	19,3	17,5	9,1
AK	3	8,4	420	750	23	17	26,1
AK	4	8,0	490	890	19,8	17,5	11,4
AK	5	5,8	480	990	40,8	29,3	28,2
Mittelwert		6,0	256	468	28,4	22,8	20,6

Tab. 111: Besiedelung von stehend befallenen Fichten durch *I. typographus*.

Baum	Höhe	Mittelwert Muttergang- länge (cm)	Muttergang- cm/m <sup>2</sup>	Einischen/cm Ganglänge	Einischen/cm Ganglänge mit Einischen	Larven/cm Ganglänge	Larven/cm Ganglänge mit Einischen
KR1	1						
KR1	2	6,7	240				
KR1	3						
KR1	4						
KR1	5						
KR2	1	5,2	1750	4,1	5,4		
KR2	2	7,1	1120	3,6	6,4	3,2	5,7
KR2	3	6,4	3090	3,4	7,5	2,9	6,5
KR2	4	7,9	1350	4,2	7,5	3,8	6,7
KR2	5	6,4	1440	4,9	6,4		
KR3	1	9,5	120				
KR3	2	8,7	3610	4	7,7	3,5	6,7
KR3	3	7,4	6650	4,3	7,5		
KR3	4	6,4	4150	3,9	7,1		
KR3	5	9,9	3190	3,4	7,1		
SA1	1	7,4	1180	2,3			
SA1	2	4,9	2910	4,6	7	3,9	5,8
SA1	3	5,6	2730	4,2	8,6	3,6	7,4
SA1	4	7,1	2620	4,1	5,3		
SA1	5						
SA2	1	6,7	1520	3,1	7,2	2,4	5,8
SA2	2	6,3	3560	5,3	8,2		
SA2	3	8,3	5360	4,9	7,3		
SA2	4						
SA2	5						
AKO1	1	5,8	1480	4,3	8,4	2,3	4,7
AKO1	2	5,6	2770	3,6	8,1	3,4	7,6
AKO1	3	5,6	3260	3,8	8,4	3,2	7,1
AKO1	4	6,6	1880	3,9	8,2	3,7	8
AKO1	5	7,1	3250	3,9	6,6	2,7	4,8
AKO2	1	6,7	550				
AKO2	2	7,7	3040	4,2	13,7	3,8	12,3
AKO2	3	5,9	3610	4,5	9,4	3,9	8,3
AKO2	4	6,7	2610	4,4	6,8	4,2	6,5
AKO2	5	6,1	3470	3,4	6,9		
AK	1	6	2280	4	7		
AK	2	4,7	4030	3,5	10,5	3,2	9,6
AK	3	5,9	3340	3,5	7,9		
AK	4	6,2	5010	3,2	7,7	2,9	6,8
AK	5	5,7	5650	5	7,9	3,6	5,7
Mittelwert		6,7	2813	4,0	7,7	3,3	7,0

Tab. 112: Scolytidae aus stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	<i>Ips typographus</i>	Summe sonstige Scolytidae	<i>Poligraphus polygraphus</i>	<i>Crypturgus cinereus</i>	<i>Crypturgus pusillus</i>	<i>Pityogenes chalcographus</i>	<i>Hylurgops palliatus</i>
KR1	1							
KR1	2	100						
KR1	3							
KR1	4	7						
KR1	5							
KR2	1	191						
KR2	2	625	25		25			
KR2	3	821						
KR2	4	796	15		7		7	
KR2	5	495	18	4			13	
KR3	1	17						
KR3	2	256	134		134			
KR3	3	249	19		19			
KR3	4	376	19		19			
KR3	5	1557	42		42			
SA1	1	324	6	6				
SA1	2	1700	7		7			
SA1	3	690	34	7	27			
SA1	4	586	255	255				
SA1	5	5	388	388				
SA2	1	377	7					7
SA2	2	867	7		7			
SA2	3	588	96	96				
SA2	4		833	833				
SA2	5		1019	1019				
AKO1	1	367	28		28			
AKO1	2	69	101		101			
AKO1	3	237	59		15	44		
AKO1	4	78	16		16			
AKO1	5	187	66		66			
AKO2	1	95	7	7				
AKO2	2	273	293		293			
AKO2	3	848	67		67			
AKO2	4	841	76		76			
AKO2	5	1074	27		18	9		
AK	1	338	48		48			
AK	2	588	139		139			
AK	3	1217	113		113			
AK	4	873	8		8			
AK	5	782	14		5	9		
Mittelwert		406,7	96,2	63,6	30,6	1,3	0,6	0,1

Tab. 113: *Rhizophagus* sp. aus stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	Summe <i>Rhizophagus</i> sp.	<i>Rhizophagus</i> <i>dispar</i>	<i>Rhizophagus</i> <i>bipustulatus</i>	<i>Rhizophagus</i> <i>nitidulus</i>	<i>Rhizophagus</i> <i>ferrugineus</i>	<i>Rhizophagus</i> sp.
KR1	1						
KR1	2						
KR1	3						
KR1	4						
KR1	5						
KR2	1	6	6				
KR2	2						
KR2	3						
KR2	4						
KR2	5						
KR3	1	17	6		11		
KR3	2	13		4	8		
KR3	3						
KR3	4						
KR3	5						
SA1	1	11	6	6			
SA1	2						
SA1	3						
SA1	4						
SA1	5						
SA2	1	26	20				7
SA2	2	7	7				
SA2	3						
SA2	4						
SA2	5	5	5				
AKO1	1	28	22	6			
AKO1	2						
AKO1	3	7		7			
AKO1	4						
AKO1	5						
AKO2	1	7				7	
AKO2	2	13		13			
AKO2	3						
AKO2	4						
AKO2	5						
AK	1	21	14	7			
AK	2						
AK	3						
AK	4						
AK	5	9	5	5			
Mittelwert		4,3	2,2	1,2	0,6	0,1	0,1

Tab. 114: Staphylinidae aus stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	Summe Staphylinidae	<i>Placusa pumilio</i>	<i>Phloeonomus pusillus</i>	<i>Leptusa pulchella</i>	<i>Leptusa ruficollis</i>	<i>Nudobius lentus</i>	<i>Phyllodrepa poidea crenata</i>	<i>Quedius plagiatus</i>
KR1	1								
KR1	2								
KR1	3	6		6					
KR1	4								
KR1	5								
KR2	1	41	29	12					
KR2	2	25	25						
KR2	3	33	33						
KR2	4	22	15	7					
KR2	5	36	27		4				4
KR3	1	52	40	11					
KR3	2	21	13	8					
KR3	3	19	15	4					
KR3	4	4	4						
KR3	5	8					8		
SA1	1	22	17	6					
SA1	2	20	7		7	7			
SA1	3	48	27		7			14	
SA1	4	15	15						
SA1	5	5		5					
SA2	1	106	53	46	7				
SA2	2	20	20						
SA2	3	35	35						
SA2	4								
SA2	5								
AKO1	1	61	39	6	11	6			
AKO1	2	13	6		6				
AKO1	3	15	7			7			
AKO1	4								
AKO1	5	7	4			4			
AKO2	1	20	14		7				
AKO2	2	33	13		13	7			
AKO2	3	30	22				7		
AKO2	4	68	45		23				
AKO2	5	62	44		18				
AK	1	7		7					
AK	2	16	8	8					
AK	3	35	26		9				
AK	4	72	64			8			
AK	5	59	45		14				
Mittelwert		23,9	16,4	3,1	2,8	0,9	0,3	0,3	0,1

Tab. 115: „Sonstige Coleoptera“ aus stehend befallenen Fichten I.

Baum	Höhe	<i>Dromius fenestratus</i>	<i>Plegaderus saucius</i>	<i>Thanasimus formicarius</i>	<i>Thanasimus femoralis</i>	<i>Epuraea boreella</i>	<i>Laemophloeus alternans</i>
KR1	1						
KR1	2						
KR1	3						
KR1	4						
KR1	5						
KR2	1						
KR2	2						
KR2	3						
KR2	4						7
KR2	5			4			
KR3	1						
KR3	2						
KR3	3						
KR3	4						
KR3	5						
SA1	1		6				
SA1	2						
SA1	3						
SA1	4						
SA1	5						
SA2	1		7			7	
SA2	2						20
SA2	3						
SA2	4						
SA2	5						
AKO1	1						
AKO1	2				6		
AKO1	3						
AKO1	4						
AKO1	5						
AKO2	1						
AKO2	2						
AKO2	3						
AKO2	4						
AKO2	5						
AK	1						
AK	2						
AK	3						
AK	4			8			
AK	5	5			5		
Mittelwert		0,1	0,3	0,3	0,3	0,1	0,6

Tab. 116: „Sonstige Coleoptera“ aus stehend befallenen Fichten II.

Baum	Höhe	<i>Lathridius rugicollis</i>	<i>Cryptophagus acutangulus</i>	<i>Cartodere elongata</i>	<i>Corticaria abietum</i>	<i>Corticaria serrata</i>	Ptinidae
KR1	1						
KR1	2	6			6		
KR1	3						
KR1	4						
KR1	5						
KR2	1	6			6		
KR2	2				6		
KR2	3						
KR2	4				7		
KR2	5						
KR3	1	29			11		
KR3	2						
KR3	3						
KR3	4						
KR3	5	8	8		8		
SA1	1						
SA1	2				7		
SA1	3						
SA1	4					8	
SA1	5						
SA2	1				13		
SA2	2	7	7		7		
SA2	3				9		
SA2	4						
SA2	5						
AKO1	1						6
AKO1	2						
AKO1	3						
AKO1	4						
AKO1	5						
AKO2	1						
AKO2	2						
AKO2	3						
AKO2	4		8				
AKO2	5						
AK 1	7			7			
AK	2						
AK	3						
AK	4	16	8				
AK	5			5			
Mittelwert		1,8	0,6	0,1	1,9	0,1	0,1

Tab. 117: Hymenoptera aus stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	Summe Hymenoptera	<i>Roptrocerus xylophagorum</i>	<i>Rhopalicus tutela</i>	<i>Coeloides bostrichorum</i>	<i>Tomicrobia seitneri</i>	Ichneumoninae	Proctotrupoidea	sonstige Hymenoptera
KR1	1								
KR1	2								
KR1	3								
KR1	4								
KR1	5								
KR2	1								
KR2	2	19		19					
KR2	3								
KR2	4	7			7				
KR2	5	9		4	4				
KR3	1								
KR3	2	34	21	13					
KR3	3	49	26	23					
KR3	4	38	26	11					
KR3	5	83	58	25					
SA1	1								
SA1	2								
SA1	3	96	61	34					
SA1	4	69		62		8			
SA1	5								
SA2	1								
SA2	2								
SA2	3	18	18						
SA2	4								
SA2	5								
AKO1	1	6					6		
AKO1	2	6						6	
AKO1	3								
AKO1	4								
AKO1	5								
AKO2	1								
AKO2	2	27	20						7
AKO2	3	22	22						
AKO2	4	76	53	23					
AKO2	5	9	9						
AK	1								
AK	2								
AK	3								
AK	4	8	8						
AK	5	23	23						
Mittelwert		14,5	8,4	5,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1

Tab. 118: Diptera aus stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	Summe Diptera	<i>Medetera</i> sp.	Sciaridae	Otitidae	Cecido- myiidae	Phoridae	sonstige Diptera
KR1	1							
KR1	2							
KR1	3							
KR1	4							
KR1	5							
KR2	1	6					6	
KR2	2	6	6					
KR2	3							
KR2	4							
KR2	5							
KR3	1							
KR3	2							
KR3	3	4		4				
KR3	4	4		4				
KR3	5							
SA1	1	6			6			
SA1	2							
SA1	3							
SA1	4							
SA1	5							
SA2	1							
SA2	2							
SA2	3							
SA2	4							
SA2	5							
AKO1	1							
AKO1	2	6						6
AKO1	3	30	30					
AKO1	4	4				4		
AKO1	5							
AKO2	1	7		7				
AKO2	2							
AKO2	3							
AKO2	4							
AKO2	5							
AK	1							
AK	2							
AK	3	35	35					
AK	4	8						8
AK	5							
Mittelwert		2,5	1,3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3

Tab. 119: „Sonstige Arthropoda“ aus stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	Psocoptera	Dermaptera	Rhynchota	Aphidae	Lepidoptera	Myriopoda	Pseudoscorpiones	Araneae + Opiliones	Acari
KR1	1						6			
KR1	2									
KR1	3									
KR1	4									
KR1	5									
KR2	1	6							46	
KR2	2		6						19	
KR2	3		16							
KR2	4								7	
KR2	5			9						
KR3	1								11	
KR3	2	4							4	
KR3	3								23	
KR3	4								11	
KR3	5								17	
SA1	1		6						11	
SA1	2									
SA1	3									
SA1	4						8			
SA1	5				5					
SA2	1		7			7			13	7
SA2	2								7	
SA2	3		9							
SA2	4									
SA2	5								10	
AKO1	1		6						6	
AKO1	2								6	
AKO1	3									
AKO1	4								8	
AKO1	5		4				4		7	
AKO2	1								7	
AKO2	2									
AKO2	3								7	
AKO2	4		8				8			
AKO2	5						18			
AK	1				14				14	
AK	2								8	
AK	3	9								
AK	4	8							8	
AK	5	5	9				9			
Mittelwert		0,6	1,8	0,3	0,3	0,1	1,2	0,1	6,7	0,1

Tab. 120: *Thanasimus* sp.-Larven aus stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	<i>Thanasimus</i> sp.- Larven gesamt	<i>T. formicarius</i> - Larven	<i>T. femoralis</i> - Larven	<i>Thanasimus</i> sp.- Larven
KR1	1				
KR1	2	6			6
KR1	3				
KR1	4	7			7
KR1	5				
KR2	1	6	6		
KR2	2	56	44	6	6
KR2	3	8	8		
KR2	4	45	37		7
KR2	5	13	13		
KR3	1				
KR3	2	34			34
KR3	3	30			30
KR3	4	11			11
KR3	5	58	25	25	8
SA1	1	17	17		
SA1	2	47	47		
SA1	3	61	34	14	14
SA1	4	23	15	8	
SA1	5	9			9
SA2	1	13	7		7
SA2	2	27	27		
SA2	3	44	9		35
SA2	4				
SA2	5				
AKO1	1	33	22		11
AKO1	2	25	13		13
AKO1	3	22	7	15	
AKO1	4	8			8
AKO1	5	11	4		7
AKO2	1	7	7		
AKO2	2	7	7		
AKO2	3	37	30	7	
AKO2	4	30	15	15	
AKO2	5	62	35		27
AK	1	21			21
AK	2				
AK	3	87	78		9
AK	4	40	24	8	8
AK	5	68	27	5	36
Mittelwert		22,5	12,0	1,9	8,6

Tab. 121: Larven aus stehend befallenen Fichten I.

Baum	Höhe	<i>I. typographus</i> - Larven	Staphylinidae- Larven	Rhizophagidae- Larven	<i>Medetera</i> sp.- Larven	Lonchaeidae- Larven	<i>Lonchaea</i> sp.- Larven
KR1	1					11	
KR1	2	12					
KR1	3					17	
KR1	4					115	
KR1	5						
KR2	1	29	12	29			
KR2	2		19	19	6		6
KR2	3		8	276			
KR2	4			60		7	
KR2	5	13	9	62			
KR3	1			6			
KR3	2			4	8		
KR3	3			8		4	
KR3	4		4			4	
KR3	5			125	8	8	
SA1	1	22	6	17	11	78	
SA1	2	81	67	60	7		
SA1	3	20	7				
SA1	4	108		8		8	
SA1	5						
SA2	1	13		66	20	13	
SA2	2		7	81	7		
SA2	3	26		44			
SA2	4					9	
SA2	5						
AKO1	1				28	83	
AKO1	2		19	6	63	145	
AKO1	3		7	7	44	133	22
AKO1	4						
AKO1	5			11			
AKO2	1	14		27	7	20	
AKO2	2		13	47	73	13	
AKO2	3		7	67	15	7	
AKO2	4			83	8	15	
AKO2	5	9	9	53		27	
AK	1	41		28	21	21	
AK	2	8		106	41	57	
AK	3			26	35	17	
AK	4			40	8	144	
AK	5	5		36		9	
Mittelwert		8,7	4,4	29,3	8,9	21,0	0,6

Tab. 122: Larven aus stehend befallenen Fichten II.

Baum	Höhe	Stratiomyidae-Larven	Hymenoptera-Larven	Cerambycidae-Larven	Cecidomyiidae-Larven	Sciaridae-Larven	Neuropteroidea-Larven	sonstige Larven
KR1	1							
KR1	2							
KR1	3							
KR1	4							
KR1	5							
KR2	1		6	23	214	41		
KR2	2					94		
KR2	3		73			163		
KR2	4	7	82					
KR2	5		98			45		
KR3	1			6				
KR3	2					38		4
KR3	3		4			196	4	
KR3	4				4	83	4	
KR3	5		50			341		
SA1	1			28				
SA1	2		54		7	74		
SA1	3		61		14	171		
SA1	4		23					
SA1	5			9				
SA2	1			26	20	139		
SA2	2		13			13	7	
SA2	3		35					
SA2	4							
SA2	5							5
AKO1	1			17		11		
AKO1	2	6			32	183	19	
AKO1	3	15	7			207		15
AKO1	4							
AKO1	5					7		
AKO2	1			34	75	7		
AKO2	2	7	7	27		133	7	
AKO2	3		45			171		
AKO2	4		174		8			
AKO2	5		177		71	98		
AK	1	7			34	97	7	
AK	2	16	16	33	8	286		
AK	3		35			96		
AK	4	16	32		8	136		
AK	5		27			36		
Mittelwert		1,5	21,1	4,7	11,2	64,4	1,2	1,2

Tab. 123: Puppen aus stehend befallenen Fichten.

Baum	Höhe	<i>I. typographus</i> -Puppen	<i>Medetera</i> sp.-Puppen	Lonchaeidae-Puppen	Diptera-Puppen	Hymenoptera-Kokons	Hymenoptera-Puppen
KR1	1			11			
KR1	2						
KR1	3						
KR1	4			21			
KR1	5						
KR2	1	17		12			
KR2	2	6					
KR2	3			8			
KR2	4			7			
KR2	5					263	4
KR3	1						
KR3	2						4
KR3	3						8
KR3	4						4
KR3	5			25			
SA1	1			34			
SA1	2						
SA1	3	7		7			7
SA1	4	293			8		
SA1	5						
SA2	1						
SA2	2						
SA2	3	9					
SA2	4			19			
SA2	5						
AKO1	1						
AKO1	2		6				
AKO1	3			22			
AKO1	4				4		
AKO1	5				4		
AKO2	1			20			
AKO2	2			13			7
AKO2	3			37			15
AKO2	4			23			15
AKO2	5			53			9
AK	1	41			7		
AK	2			25			8
AK	3		17	17			
AK	4			32			
AK	5	5					
Mittelwert		7,5	0,4	7,8	0,4	8,7	1,9

Tab. 124: Ökologie der Coleoptera aus stehend befallenen Fichten.

Erläuterungen

Familie/Gattung/Art: fett gedruckte Namen = Borkenkäfer-Antagonisten.

M (Weite des Monotops): st = stenotop; eu = eurytop; Ubi = Ubiquist.

Nahrung: phyto = phytophag (entsprechend aphido, entomo, myceto, phleo, scolytido, xylomyceto); carni = carnivor; La = Larven.

Ökologie und Verbreitung: W = Westareal; Z = Zentralareal; S = Südareal; O = Ostareal; N = Nordareal; Na = Nahrung; g = im gesamten Verbreitungsgebiet; a = alpin; suba = subalpin; m = montan;

RLD = Rote Liste Deutschland; RLB = Rote Liste Bayern (3 = Gefährdet).

Familie/Gattung/Art	M	Nische	Nahrung	Ökologie und Verbreitung
<u>Carabidae</u>				
<b><i>Dromius fenestratus</i> F.</b>	eu	silvicol, corticol	carni	u. a. unter Rinde; g
<u>Histeridae</u>				
<b><i>Plegaderus saucius</i> Er.</b>	st	silvicol, corticol	carni, scolytido	Na: Larven von Scolytiden; unter Nadelholzrinde; SO bis Polen, Mittel- u. Westfalen
<u>Staphylinidae</u>				
<b><i>Phloeonomus pusillus</i> Grav.</b>	eu	corticol	carni	Na: Ipiden; v. a. unter morscher Nadelholzrinde; g
<i>Phyllodrepoidea crenata</i> Grav.	st	silvicol, corticol, phytodetrical	carni	unter morscher Laubholzrinde; unter Flechten und Stämmen; Laubwälder; m: SO-S und Kassel, Harz; <b>RLD: 3</b>
<b><i>Nudobius lentus</i> Grav.</b>	st	silvicol, corticol	carni, scolytido	unter Rinde absterbender und gefällter Bäume (v. a. Nadelhölzer); Na: v. a. Ipiden, aber auch Dipteren-Larven u. a.; g
<b><i>Quedius plagiatus</i> Mannh.</b>	eu	silvicol, xylodetrical, humicol	carni, scolytido	in Gebirgswäldern unter Nadelholzrinde; u. a. auch in Stubben u. unter Reisig; Na: Scolytiden- und Cerambyciden-Larven; m-suba; O-Z-SW
<b><i>Placusa pumilio</i> Grav.</b>	eu	silvicol, corticol	carni	unter saftender und schimmelnder Rinde von Laubhölzern; nicht a und NO
<b><i>Leptusa pulchella</i> Mannh.</b>	eu	silvicol, corticol	carni	unter morscher verpilzter Rinde von (meist liegenden) Stämmen und Stubben mit Befall von anderen Insekten; g
<b><i>Leptusa ruficollis</i> Er.</b>	eu	silvicol, corticol, humicol	carni	unter verpilzter Rinde v. a. von toten Laubholzästen; unter Flechten und Stämmen; in verpilztem Reisig und in Rindenhäuten; g
<u>Cleridae</u>				
<b><i>Thanasimus formicarius</i> L.</b>	eu	silvicol, corticol	entomo, scolyto	Na: Scolytidae, bes. <i>Myelophilus piniperda</i> ; unter Rinde von Stämmen, Klaftern und Pfählen mit Scolytiden-Befall; auch auf dem Holz; g
<b><i>Thanasimus pectoralis</i> Fuss. (= <i>T. femoralis</i> Zett.)</b>	st	silvicol, corticol	entomo, scolytido	Na: Scolytidae; unter Rindenschuppen von Koniferen; Mähren, Kärnten, Tirol, Bayern; <b>RLD: 3; RLB: 3</b>
<u>Nitidulidae</u>				
<b><i>Eपुरaea boreella</i> Zett.</b>	st	silvicol, corticol	carni, scolytido	Na: <i>I. typographus</i> u. <i>I. acuminatus</i> ; u. a. unter Rinde mit Ipidenbefall (u. a. <i>Picea</i> ); m-suba; <b>RLD: 3</b>
<u>Rhizophagidae</u>				
<b><i>Rhizophagus ferrugineus</i> Payk.</b>	eu	silvicol, corticol	carni, scolytido	unter Nadelholzrinde mit Ipidenbefall, v. a. von <i>Picea</i> ; bes. m-suba
<b><i>Rhizophagus dispar</i> Payk.</b>	eu	silvicol, corticol	carni, scolytido	verfolgt öfter <i>I. typ.</i> und <i>I. amitinus</i> , u. a. unter feuchter Laub- und Nadelholzrinde; g
<b><i>Rhizophagus bipustulatus</i> F.</b>	eu	bes. silvicol, corticol	carni, scolytido	Na: Ipiden u. Pilzhyphen; v. a. unter Laubholzrinde, seltener unter Nadelholzrinde ( <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> ); g
<b><i>Rhizophagus nitidulus</i> F.</b>	st	silvicol, corticol	carni, entomo	Na: Insektenlarven; montan auch unter Rinde von <i>Picea</i> und <i>Abies</i> ; g

Fortsetzung Tab. 124.

Familie/Gattung/Art	M	Nische	Nahrung	Ökologie und Verbreitung
<u>Cucujidae</u>				
<i>Laemophloeus alternans</i> Er.	st	silvicol, corticol		in den Gängen von Pityogenes u. Cryphalus unter Rinde von Pinus u. Picea, v. a. in Ästen, aber auch an Schnittflächen; g
<u>Cryptophagidae</u>				
<i>Cryptophagus acutangulus</i> Gyll.	eu	phytodetrical	myceto	mycetophag; vereinzelt auch unter verpilzter Rinde; meist synanthrop; g
<u>Lathridiidae</u>				
<i>Lathridius rugicollis</i> Ol.	eu	bes. silvicol, xylo-detrical	myceto	v. a. in am Boden liegendem noch grünem schimmelndem Reisig von Picea; u. a. auch in Rindenhäuten; seltener auf Ästen; bes. m
<i>Cartodere elongata</i> Curt.	eu	phytodetrical und humicol	myceto	u. a. unter schimmelnder Rinde; bes. synanthrop; g
<i>Corticaria serrata</i> Payk.	eu	oft nidicol, phytodetrical	myceto	v. a. an faulenden Vegetabilien (u. a. Holz); auf frisch geschlagenen Koniferen; seltener unter Rinde; bes. synanthrop; g
<i>Corticaria abietum</i> Motsch.	st	silvicol, xylo-detrical und corticol	myceto	u. a. an frisch geschlagenen Stämmen und unter morscher Rinde von Picea; bes. m, nicht NW u. SW; <b>RLD: 3</b>
<u>Ptinidae</u>				
			phyto	Na der Larven: Getreide- und andere Abfälle, trockene Pflanzenstoffe; Verpuppung in weichem Holz; Käfer auch an Geweben
<u>Scolytidae</u>				
<i>Hylurgops palliatus</i> Gyll.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter der Rinde von Koniferen (kränkelnde Stämme, dicke abgestorbene Äste, Stubben); g
<i>Polygraphus poligraphus</i> L.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter dünnerer Rinde geschädigter absterbender und gesunder Stämme von u. a. Picea excelsa; g
<i>Crypturgus cinereus</i> Hbst.	st	silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter der Rinde absterbender Pinus-Arten und Picea excelsa; meist im Gangsystem anderer Scolytiden; g
<i>Crypturgus pusillus</i> Gyll.	eu	silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter dünner Rinde von Zweigen und Stämmen (Pinus spec. Picea excelsa etc.); meist in Gangsystemen anderer Scolytiden; g
<i>Pityogenes chalcographus</i> L.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter dünner Rinde der Zweige und Äste absterbender und frisch geschlagener Picea excelsa u. a.; g
<i>Ips typographus</i> L.	eu	bes. silvicol, arboricol-corticol	phloeo	oligophag unter dicker Rinde von Picea excelsa etc.; auch unter der Rinde frischer Stubben; überwintert am Fuß der Bäume; g

Tab. 125: Ökologie von Arthropoden aus stehend befallenen Fichten.

Ordnung/Familie/Gattung/Art	Ökologie
<u>Hymenoptera</u>	
<i>Rhopalicus tutela</i> Walk.	Larvalparasitoid; Eiablage an Larven (Ektoparasitoid); v. a. bei Bk in dünnrindigen Stammartien; z. T. 2 Generationen; sehr häufig; Wirte: <i>I. typographus</i> , <i>H. palliatus</i> ; <i>D. autographus</i> ; <i>P. chalcographus</i> ; <i>P. poligraphus</i> u. a. Bk
<i>Roptrocercus xylophagorum</i> Ratz.	dringt in Muttergänge ein, um Eier an Borkenkäfer-Larven abzulegen (Ektoparasitoid); bei dünnrindigen Stammabschnitten Eiablage durch die Rinde; 2 Generationen pro Jahr; Larven der 2. Generation überwintern im Brutbild, Verpuppung frei; weit verbreitet; Wirte: <i>I. typographus</i> , <i>P. chalcographus</i> , <i>D. autographus</i> u. a. Bk an Laub- und Nadelhölzern
<i>Coeloides bostrichorum</i> Gir.	Eier durch die Rinde an oder auf die Wirtslarve gelegt (Ektoparasitoid); v. a. das 3. Larvenstadium parasitiert; bevorzugt dünnrindige Stammartien; i. d. R. 2 Generationen pro Jahr; an Fichte; Wirte: <i>I. typographus</i> , <i>P. chalcographus</i> u. a. Bk
<i>Tomicobia seitneri</i> Ruschka	Imaginalparasitoid; Erzwespen bohren sich durch Öffnung im Absturz der Flügeldecken; 2-3 Generationen pro Jahr; häufig; Wirte: <i>I. typographus</i> u. a. <i>Ips</i> -Arten
<u>Diptera</u>	
<i>Medetera</i> sp. (Dolichopodidae)	Larven leben räuberisch; Beute: <i>I. typographus</i> , <i>P. chalcographus</i> , <i>D. autographus</i> u. a. Bk
Lonchaeidae	Eier werden in Muttergänge gelegt; Larven fressen Larven, Puppen und Adulte der Borkenkäfer; Verpuppung in Borkenkäfer-Puppenwiegen; Beute <i>I. typographus</i> u.a. Bk
Sciaridae	<i>Sciara</i> sp.-Larven sind saprophag und in Borkenkäfer-Gängen wichtige Ausweichnahrung für räuberische Dipteren und Coleopteren (KL+F) *
Cecidomyiidae	Larven der Unterfamilie Lestremiinae saprophag und in Borkenkäfergängen wichtige Ausweichnahrung für räuberische Dipteren und Coleopteren (KL+F)
Stratiomyidae	Larven vertilgen Larven und Puppen von <i>I. typographus</i> (KL+F)
Phoridae	KL+F fanden eine saprophage Art in <i>I. typographus</i> -Gängen (Ausweichnahrung f. räuberische Dipteren und Coleopteren)

\* KL+F: KLAUSNITZER & FÖRSTER (1974)

In der Reihe der Forschungsberichte sind erschienen:

- Nr. 1 G. Enders  
**Theoretische Topoklimatologie**
- Nr. 2 R. Bochter, W. Neuerburg, W. Zech  
**Humus und Humusschwund im Gebirge**
- Nr. 3 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Zur Situation der Greifvögel in den Alpen**
- Nr. 4 G. Enders  
**Kartenteil: Theoretische Topoklimatologie**
- Nr. 5 O. Siebeck  
**Der Königssee – Eine limnologische Projektstudie**
- Nr. 6 R. Bochter  
**Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten**
- Nr. 7 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Der Funtensee**
- Nr. 8 H. Schmid-Heckel  
**Zur Kenntnis der Pilze in den Nördlichen Kalkalpen**
- Nr. 9 R. Boller  
**Diplopoden als Streuzersetzer in einem Lärchenwald**
- Nr. 10 E. Langenscheidt  
**Höhlen und ihre Sedimente in den Berchtesgadener Alpen**
- Nr. 11 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Das Bärenseminar**
- Nr. 12 H. Knott  
**Geschichte der Salinenwälder von Berchtesgaden**
- Nr. 13 A. Manghabati  
**Einfluß des Tourismus auf die Hochgebirgslandschaft**
- Nr. 14 A. Spiegel-Schmidt  
**Alte Forschungs- und Reiseberichte aus dem Berchtesgadener Land**
- Nr. 15 H. Schmid-Heckel  
**Pilze in den Berchtesgadener Alpen**
- Nr. 16 L. Spandau  
**Angewandte Ökosystemforschung im Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 17 W. Berberich  
**Das Raum-Zeit-System des Rotfuchses**
- Nr. 18 U. Mäck, R. Bögel  
**Untersuchungen zur Ethologie und Raumnutzung von Gänse- und Bartgeier**
- Nr. 19 B. Dittrich, U. Hermsdorf  
**Biomonitoring in Waldökosystemen**
- Nr. 20 F. Kral, H. Rall  
**Wälder – Geschichte, Zustand, Planung**
- Nr. 21 M. Klein, R.-D. Negele, E. Leuner, E. Bohl, R. Leyerer  
**Fischbiologie des Königssees: Fischereibiologie und Parasitologie**
- Nr. 22 W. Trauspurger  
**Fischbiologie des Königssees: Nahrungsangebot und Nahrungswahl, Bd. I**
- Nr. 23 R. Gerstmeier  
**Fischbiologie des Königssees: Nahrungsangebot und Nahrungswahl, Bd. II**
- Nr. 24 W. Hecht, M. Förster, F. Pirchner, R. Hoffmann, P. Scheinert, H. Rettenbeck  
**Fischbiologie des Königssees: Ökologisch-genetische Untersuchungen am Seesaibling und Gesundheitsstatus der Fische**
- Nr. 25 G. Hofmann  
**Klimatologie des Alpenparks**
- Nr. 26 K. Rösch  
**Einfluß der Beweidung auf die Vegetation des Bergwaldes**
- Nr. 27 H. Remmert, P. G. Rey, W. R. Siegfried, W. Scherzinger, S. Klaus  
**Kleinstmögliche Populationen bei Tieren**
- Nr. 28 B. Müller, W. Berberich, A. David  
**Schalenwild**
- Nr. 29 J. Köppel  
**Beitrag der Vegetation zum Wasserhaushalt**
- Nr. 30 H. Zierl et al.  
**Die Wallfahrt über das Steinerne Meer**
- Nr. 31 P. Pechacek  
**Spechte im Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 32 Chr. Dommermuth  
**Beschleunigte Massenabtragung im Jennergebiet**
- Nr. 33 R. Bögel  
**Untersuchungen zur Flugbiologie und Habitatnutzung von Gänsegeier**
- Nr. 34 A. Schuster  
**Singvögel im Biosphärenreservat Berchtesgaden**
- Nr. 35 M. Höper  
**Moose – Arten, Bioindikation, Ökologie**
- Nr. 36 T. Barthelmeß  
**Die saisonale Planktonzuckession im Königssee**
- Nr. 37 W. Lippert, S. Springer, H. Wunder  
**Die Farn- und Blütenpflanzen des Nationalparks**
- Nr. 38 G. Gödde  
**Die Holzbringung um den Königssee**
- Nr. 39 A. Stahr  
**Bodenkundliche Aspekte der Blaikenbildung auf Almen**
- Nr. 40 R. Braun  
**Die Geologie des Hohen Gölls**
- Nr. 41 F. Gloßner, R. Türk  
**Die Flechtengesellschaften im Nationalpark Berchtesgaden und dessen Vorfeld**
- Nr. 42 R. Türk, H. Wunder  
**Die Flechten des Nationalparks Berchtesgaden und angrenzender Gebiete**
- Nr. 43 V. Konnerth, J. Siegrist  
**Waldentwicklung im Nationalpark Berchtesgaden von 1983 bis 1997**
- Nr. 44 S. Schmidlein  
**Aufnahme von Vegetationsmuster auf Landschaftsebene**
- Nr. 45 Uli Brendel, Rolf Eberhardt, Karin Wiesmann-Eberhardt, Werner d'Oleire-Oltmanns  
**Der Leitfaden zum Schutz des Steinadlers in den Alpen**
- Nr. 46 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Forschung im Nationalpark Berchtesgaden von 1978 bis 2001**
- Nr. 47 T. Rettelbach  
**Die Antagonisten des Buchdruckers im Nationalpark Berchtesgaden**

Zu beziehen über die  
Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6, D-83471 Berchtesgaden

