

Versuche über den Verlauf des Schwärmens  
von Borkenkäfern und des Insektenbefalls  
an Kiefernholz in Mittelschweden

*Undersökningar av förloppet för barkborrarnas svärmning  
och insektsangrepp på tallvirke i Mellansverige*

HUBERTUS H. EIDMANN

Institut für Forstzoologie, Stockholm

## Abstract

ODC 145.7×19.92: 453

*Studies on bark beetle flight periods and the course of insect attack on pine logs in Central Sweden.*

*The flight periods of bark beetles and the insect attack on pine logs, felled at intervals of 20 days from January to June, were studied by using window traps and by marking fresh entrance holes in the logs followed by autumn inspection.*

*The periods of flight and attack had similar patterns. Blastophagus pini-perda and B. minor, as well as several other bark beetle species, had relatively short periods of flight and attack, while especially Pityogenes chalcographus had a long flight period with less accentuated peak. Trypodendron lineatum had a flight pattern with one early and one late peak.*

*The Blastophagus species attacked all groups of logs felled before the flight period with similar high intensity. They attacked logs felled during the flight period within short time but in small numbers. The upper side of the logs was more often attacked in the earlier part of the flight period than in the later one.*

*Dates for felling and of attack had no greater influence on success and length of the Blastophagus galleries. The mean production of one square metre surface area attacked by 82 galleries (mostly B. piniperda) was 933 young bark beetles leaving the logs, a population increase of about six times. The earliest exit holes of B. piniperda appeared on the logs 57—77 days after entrance of the females, for B. minor 90 days after entrance. The damage by tunneling of pine shoots began in July and amounted up to the following spring to 95 broken shoots per tree in close vicinity to the attacked logs, corresponding to 30 % of Blastophagus leaving the logs.*

Ms received 1974-02-14

Allmänna Förlaget

ISBN 91-38-01896-9

Berlingska Boktryckeriet, Lund 1974

# Inhalt

<b>1 Einleitung</b> . . . . .	5	3.4.2 Ober- und Unterseiten, Rindentyp	15
<b>2 Der Verlauf des Schwärmens von Borkenkäfern — Fallenversuch</b> . . . . .	7	3.5 Der Anteil misslungener Frassbilder	17
2.1 Versuchsanordnung . . . . .	7	3.6 Die Länge der Muttergänge . . . . .	18
2.2 Die Anzahl der gefangenen Individuen	7	3.7 Entwicklung und Schlüpfen der Insektenbrut . . . . .	18
2.3 Der Verlauf des Schwärmens . . . . .	7	3.8 Produktion von Jungkäfern und Triebfrass der Waldgärtner . . . . .	19
<b>3 Der Verlauf des Insektenbefalls an berindetem Kiefernholz — Markierungsversuch</b> . . . . .	12	<b>4 Diskussion</b> . . . . .	21
3.1 Versuchsmethode . . . . .	12	<b>5 Zusammenfassung, Summary</b> . . . . .	24
3.2 Die Insekten an dem Versuchsholz . . . . .	13	<b>6 Svensk sammanfattning</b> . . . . .	25
3.3 Der Zeitpunkt des Insektenbefalls . . . . .	13	<b>Literatur</b> . . . . .	26
3.4 Die Verteilung des Befalls . . . . .	15		
3.4.1 Fällungszeitpunkt . . . . .	15		

# 1 Einleitung

Der Einschlag von Nadelholz während des ganzen Jahres und besonders die längere Lagerung von berindetem Holz im Walde haben zu starkem Anstieg der Individuenzahlen holz- und rindenbrütender Insekten geführt. Auch andere Ursachen wie die Verschiebung des Schwerpunkts der Holzernte von Zwischen- auf Endnutzung haben zu dieser bedenklichen Entwicklung beigetragen. Die grossen Populationen von schädlichen Insekten, besonders Borkenkäfern, bedeuten ein erhebliches Risiko für Schäden nicht nur an liegendem Holz, sondern auch an dem stehenden Wald. Diese Gefahren sind durchaus ernst zu nehmen. Das beweisen nur allzu augenscheinlich die starke Zunahme der Kronenschäden an Kiefern durch Waldgärtnerfrass, die Massenvermehrungen des Buchdruckers und der häufige Befall stehender Fichten durch den Kupferstecher.

Geeignete biologische Gegenmassnahmen setzen eine genaue Kenntnis der Ökologie und Entwicklung der Insekten voraus. Die entomologische Abteilung der Königlichen Forstlichen Hochschule betreibt deshalb seit Jahren intensive Untersuchungen über holz- und rindenbrütende Insekten unter den neuen Bedingungen, die durch die forstliche Praxis gegeben sind.

Besonders wichtige Fragen sind der Verlauf von Schwärmen und Befall der Insekten und die quantitative Verteilung des Befalls an berindetem Holz in Abhängigkeit vom Fällungszeitpunkt.

Die Flugphase der Insekten — der Einfachheit halber meist als Schwärmen bezeichnet — und deren Befall an berindetem Holz sind zwei verschiedene Verhaltensabläufe. Die Erscheinungen weisen gewisse zeitliche Parallelität auf, aber sie werden teilweise von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst.

Aus technischen Gründen war es nicht möglich, das Schwärmen und den Verlauf des Befalls gleichzeitig zu studieren. Für die Praxis waren genauere Kenntnisse über den Befall dringend erforderlich. Deshalb wurde mit solchen Untersuchungen begonnen. Der Verlauf des Schwärmens konnte erst einige Jahre später studiert werden.

Die ersten Versuche über den Verlauf und die quantitative Verteilung des Insektenbefalls an berindetem Kiefern- und Fichtenholz, das von April bis Juni mit etwa zehntägigen Zeitabständen gefällt worden war, sind veröffentlicht (Eidmann 1965). In diesen Versuchen bewährte sich die Methode, den Verlauf des Borkenkäferbefalls durch Markieren aller Einbohrlöcher in kurzen Zeitabständen festzustellen.

Weitere Untersuchungen sollten die Ergebnisse in einem anderen Jahr überprüfen und auf Holz erweitern, das schon einige Zeit vor dem Beginn des Schwärmens der Borkenkäfer gefällt worden war. Weiterhin sollte die Produktion von Jungkäfern und der Verlauf ihres Schlüpfens bestimmt werden, schliesslich auch der Triebfrass der Waldgärtner an den Triebabbrüchen verfolgt werden. Zu diesem Zweck wurde 1964 in Bogesund (Uppland) ein neuer Versuch mit Kiefern angelegt. Ein weiterer Versuch mit Kiefer und Fichte in Dalarna 1965 wies Mängel auf und wird nicht näher besprochen. In beiden Versuchen wurde wieder die Markierungsmethode angewendet.

Wenn auch Schwärmen und Befall nicht gleichzeitig studiert werden konnten, so sollte doch der Verlauf des Schwärmens von Borkenkäfern in demselben Gebiet untersucht und verglichen werden, ob Schwärmen und Befall einander ähnlich verlaufen oder sich wesentlich voneinander unterscheiden. Das betraf besonders die Waldgärtner, aber auch die Phänologie weiterer Arten sollte

erfasst werden. Im Jahre 1968 wurde deshalb ein Versuch mit Fensterfallen ausgeführt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Fallen- und Markierungsversuche wiedergegeben. Der logischen Folge wegen ist der später ausgeführte Fallenversuch, der über das Schwärmen Aufschluss gibt, den Untersuchungen über den Befall vorangestellt. Eine weitere, 1964 begonnene Ver-

suchsserie über Insektenbefall an Kiefern- und Fichtenholz, das ab verschiedener Fällungszeitpunkte langfristig exponiert oder schattig im Walde lagert, wird separat veröffentlicht.

Herr fil. kand. Bengt Ehnström hat mir bei diesen Versuchen wertvolle Hilfe geleistet. Ihm und anderen Helfern sage ich hiermit meinen herzlichen Dank.

## 2 Der Verlauf des Schwärmens von Borkenkäfern — Fallenversuch

### 2.1 Versuchsanordnung

Anfang April 1968 wurden in etwa 1 km Entfernung vom Versuchsplatz Kiefernstammabschnitte variierender Dicke und Rindenbeschaffenheit geschlagen und an den Versuchsplatz transportiert. Dieser lag im Versuchspark Bogesund der Königlichen Forstlichen Hochschule in einem gemischten Kiefern-Fichten-Bestand mit Fichten-Unterswuchs. Der Versuchsplatz war rund 1 km von den Stellen entfernt, an denen die Markierungsversuche 1963 und 1964 ausgeführt worden waren, und etwa 300 m von der Wetterstation.

Das Versuchsholz, das zur Anlockung fliegender Käfer dienen sollte, wurde an einer mässig exponierten Stelle im Bestand einschichtig auf Unterlagen ausgelegt. An allen 4 Seiten des Holzes wurden rahmenlose Fensterfallen (50×60 cm) aufgestellt. Der untere Rand der Fallen befand sich etwa 1 m über dem Erdboden.

Die Fallen wurden in einigermaßen regelmässigen Zeitabständen geleert. Die eingesammelten Insekten wurden in Konservierungsflüssigkeit bis zum Sortieren und Bestimmen aufbewahrt. Die Fallen wurden von Anfang April bis Ende September inspiziert.

### 2.2 Die Anzahl der gefangenen Individuen

In den Fallen wurden mehrere der häufigsten Borkenkäferarten sowie *Rhizophagus*-Arten in grösserer oder sehr grosser Anzahl gefangen. Andere gemeine Arten wiederum kamen in den Fallen nur in geringer Anzahl oder gar nicht vor. Im Folgenden werden nur die für die vorliegende Untersuchung interessanten Käferarten behandelt, übrige in den Fallen gefangene Insekten (z.B. zahlreiche Dipteren) bleiben unerwähnt.

Tabelle 1 Gesamtzahl der wichtigsten Käfer, die in den Fensterfallen gefangen wurden. Bogesund 1968.

<i>Blastophagus piniperda</i>	348
<i>Blastophagus minor</i>	330
<i>Hylurgops palliatus</i>	6420
<i>Trypodendron lineatum</i>	5607
<i>Cryphalus abietis</i>	286
<i>Hylastes brunneus</i>	4359
<i>Pityogenes chalcographus</i>	878
<i>Pityogenes quadridens</i>	2
<i>Ips typographus</i>	8
<i>Rhizophagus</i> spp.	1398
<i>Thanasimus</i> spp.	31

Die Gesamtzahl der Individuen, die in den Fallen gefangen wurden (Tab. 1), spiegelt nicht direkt die Häufigkeit der einzelnen Arten in dem Gebiet wieder, da sie von verschiedenen Faktoren wie Lockwirkung, Flugverhalten und Falleneffekt beeinflusst wird. Trotzdem sind die geringen Zahlen für *Ips typographus* und *Pityogenes quadridens* sowie das Fehlen anderer gemeiner Arten bemerkenswert.

### 2.3 Der Verlauf des Schwärmens

Der Verlauf des Schwärmens ist weitgehend von der Temperatur abhängig. Schon vor Versuchsbeginn traten Ende März 1968 dreimal vereinzelt Tageshöchsttemperaturen von 12—15°C und zugehörige Tagesmittel von 8—10°C an der Wetterstation auf. Schwärmende Borkenkäfer oder Befall von berindetem Holz wurden um diese Zeit aber noch nicht beobachtet. Das schliesst nicht aus, dass einzelne Käfer schon flogen.

Erst mit den stetig höheren Temperaturen Mitte April (s. Abb. 1 a) begannen die sogenannten frühschwärmenden Arten allgemein zu fliegen. *Blastophagus piniperda* und *B. minor* begannen, praktisch gleichzeitig,

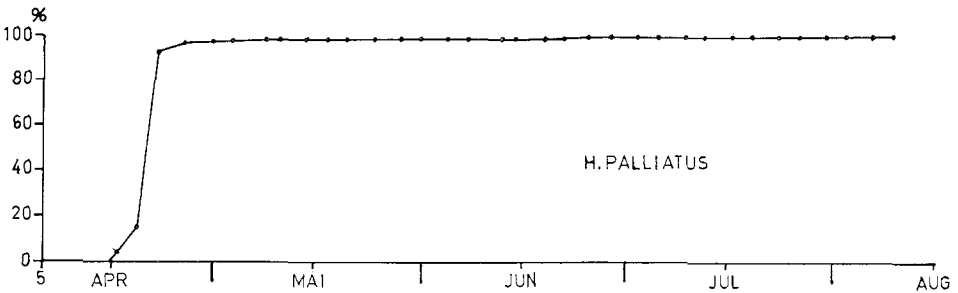
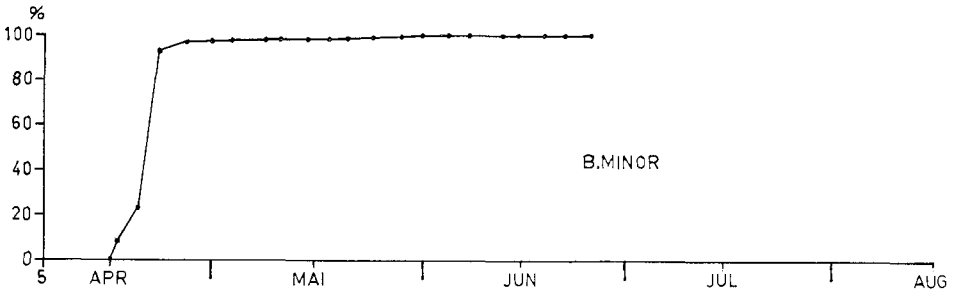
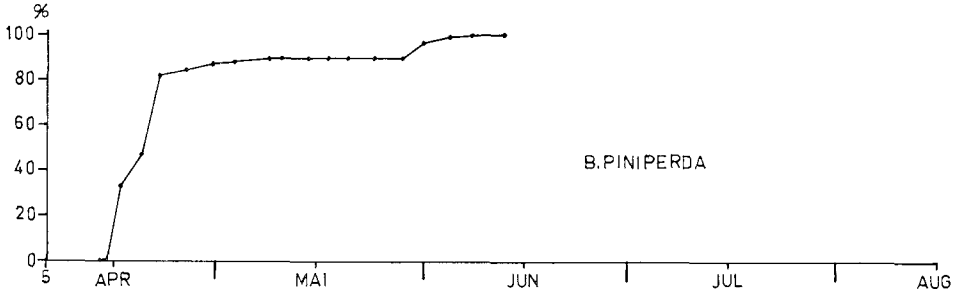
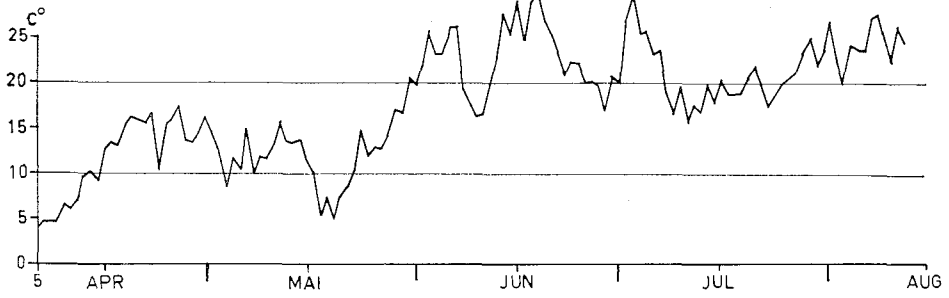


Abbildung 1 Temperaturverlauf und Summenhäufigkeitsverteilung (in %) für Fallenfänge der Borkenkäfer Bogenzucht 1968. a. Tagesmaxima der Lufttemperatur, b. Verlauf des Schwärmens von *B. piniperda*, c. Verlauf des Schwärmens von *B. minor*, d. Verlauf des Schwärmens von *H. palliatus*, e. Verlauf des Schwärmens von *T. lineatum*, f. Verlauf des Schwärmens von *C. abietis*, g. Verlauf des Schwärmens von *H. brunneus*, h. Verlauf des Schwärmens von *P. chalcographus*.

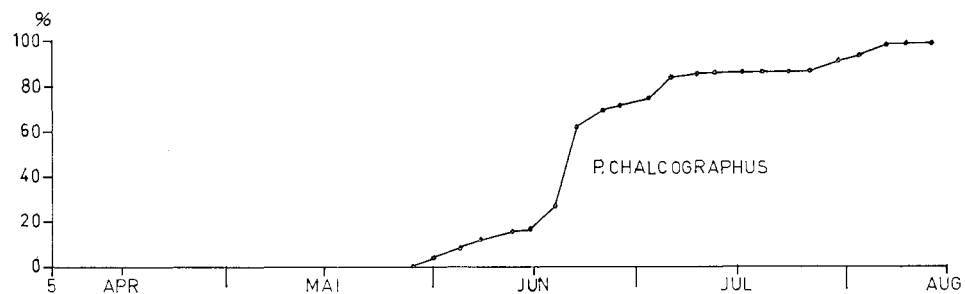
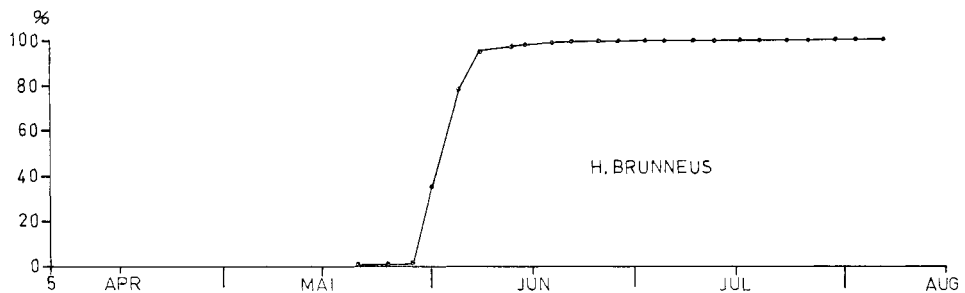
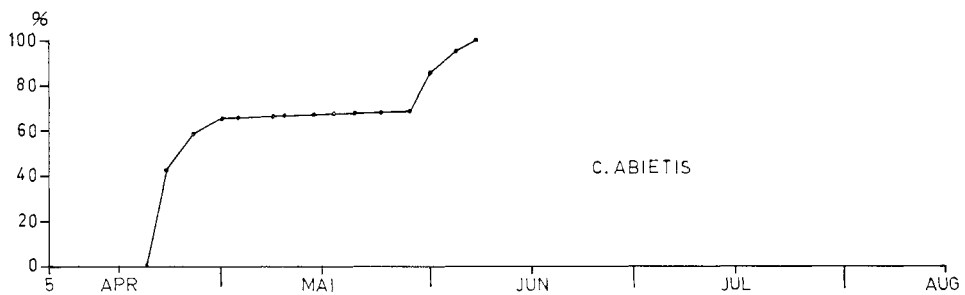
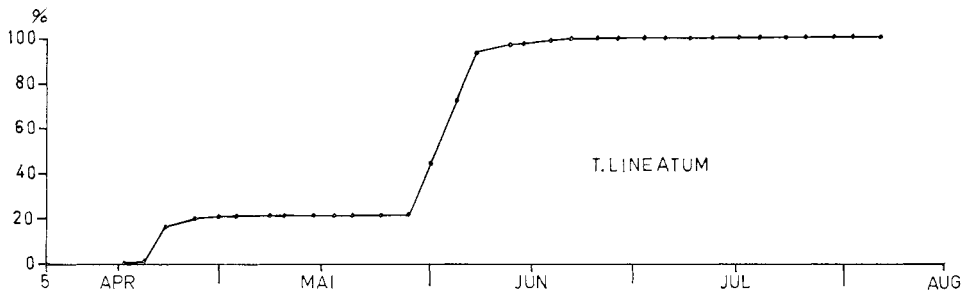




Tabelle 2 Anzahl der Käfer in den Fallen bei den Inspektionen. Bogenlund 1968. (Nur Arten mit Gesamtzahl über 100 Individuen.)

Inspektions- datum	pi	mi	pall	lin	abiet	brun	chalc	Rhiz.
14.4.	2			2				
16.4.	113	26	252	8				4
19.4.	40	49	762	44	1			1
22.4.	132	228	4970	848	120	2		56
26.4.	8	11	228	175	46	0		40
30.4.	12	1	63	70	20	0		18
3.5.	0	1	9	6	1	0		1
8.5.	3	1	9	1	1	0		0
10.5.	0	0	10	1	1	0		0
14.5.	0	1	3	5	2	0		0
17.5.	0	0	0	3	0	0		0
20.5.	0	2	3	1	1	0		0
24.5.	1	0	0	20	0	21		1
28.5.	0	0	0	29	2	18	1	0
31.5.	27	4	12	1238	51	1490	33	25
4.6.	7	0	4	1666	28	1845	36	180
7.6.	4	0	4	1132	12	761	46	533
12.6.	1	0	6	168		111	14	71
14.6.		0	0	16		13	6	2
18.6.		0	11	77		35	97	227
21.6.		0	32	64		22	301	123
25.6.		1	10	7		1	78	21
28.6.			9	8		2	16	4
2.7.			3	0		5	27	5
5.7.			7	8		19	76	17
9.7.			1	3		5	17	15
12.7.			2	2		0	0	2
16.7.			0	3		0	0	2
19.7.			0	0		1	0	5
23.7.			0	1		2	6	5
26.7.			0	0		3	3	4
30.7.			0	4		1	38	4
2.8.			0	0		0	18	10
6.8.			0	2		1	45	9
9.8.			0	0		1	1	0
13.8.			0	0			0	0
16.8.			1	0			0	1
20.8.			1	1			9	3
23.8.			1	0			8	1
27.8.			2	2			0	3
30.8.			0	1			1	0
3.9.			1				0	0
6.9.			1				1	4
14.9.			0					1
21.9.			3					
28.9.			1					

pi = *B. piniperda*  
mi = *B. minor*  
pall = *H. palliatus*  
lin = *T. lineatum*

abiet = *C. abietis*  
brun = *H. brunneus*  
chalc = *P. chalcographus*  
Rhiz. = *Rhizophagus* spp.

mit dem anhaltenden Auftreten von Höchsttemperaturen über 12°C bei Tagesmitteln über etwa 10°C zu fliegen. Der Verlauf des Schwärmens zeigte anfangs eine geringe Verzögerung von *B. minor* gegenüber *piniperda* (Abb. 1 b, c, Tab. 2), die aber schnell eingeholt wurde.

Dazu gesellte sich *Hylurgops palliatus*. Diese ausserordentlich zahlreich gefangene Art hatte einen Verlauf des Schwärmens, der mit dem von *B. minor* fast identisch war (Abb. 1 d). Etwas langsamer in Gang kamen *Trypodendron lineatum* und *Cryphalus abietis* (Abb. 1 e, f).

Alle diese Arten erreichten bis zum 22.4., also innerhalb rund einer Woche, relativ hohe Individuenzahlen in den Fallen. Für einige Arten kulminierte um diese Zeit das Schwärmen (s. Abb. 1 b, c, d). Das geht deutlich aus dem Prozentsatz am gesamten Fang hervor: *piniperda* 82 %, *minor* und *palliatus* 93 %.

Dagegen zeigte *T. lineatum* einen ausgesprochen zweigipfligen Verlauf des Schwärmens. Einen ähnlich zweigipfligen Verlauf des Schwärmens hatte auch *C. abietis*.

Mit der starken Erwärmung Ende Mai und Anfang Juni (Temperaturmaxima erstmalig über 18°C) kamen nicht nur die zweiten Schwärmhöhepunkte von *T. lineatum* und *C. abietis*, sondern auch der Schwärmbeginn von *Hylastes brunneus* (2 Ex. doch schon am 22.4.) und *Pityogenes chalcogra-*

*phus*. Das Schwärmen von *H. brunneus* kulminierte schnell, bis zum 7.6. wurden 95 % aller Individuen gefangen. Der Verlauf des Schwärmens von *H. brunneus* war dem späteren Schwärmen von *T. lineatum* sehr ähnlich (s. Abb. 1 g, e).

Dagegen verlief das Schwärmen von *P. chalcographus* langsamer, zeitlich stark in die Länge gezogen und mit weniger stark ausgeprägtem Höhepunkt (Abb. 1 h). *P. chalcographus* war auch die einzige Borkenkäferart, von der grössere Individuenzahlen noch relativ spät in der Saison gefunden wurden (s. Tab. 2).

Das Ende der Schwärmzeit lag für die meisten Borkenkäferarten relativ früh. Bis Ende Mai bzw. Anfang Juni war für *piniperda*, *minor*, *palliatus* und *abietis* das Schwärmen praktisch beendet, für *lineatum* und *brunneus* bis Mitte Juni. Nachzügler kamen allerdings bei mehreren Arten noch bis August—September vor (s. Tab. 2).

*Rhizophagus* flog von Mitte April bis September, mit Höhepunkten Ende April und Juni. Es handelte sich wenigstens um die Arten *dispar*, *ferrugineus*. Die Arten wurden nicht getrennt, deshalb unterbleibt eine Analyse des Schwärmverlaufs. *Thanasimus* spp. wurden zwischen Mitte April und Mittsommer gefangen, die meisten Individuen Anfang Juni. *Ips typographus* kam zwischen Ende Mai und Anfang September in den Fallen vor.

### 3 Der Verlauf des Insektenbefalls an berindetem Kiefernholz — Markierungsversuch

#### 3.1 Versuchsmethode

Der Versuchsplatz lag im Versuchspark Bogesund der Königlichen Forstlichen Hochschule. Er war im selben Bestand (Kiefern-Fichten-Mischwald mit etwas Birke) wie der Versuch 1963, etwa 400 m von diesem entfernt auf derselben Seite des Bestandes und etwas höher gelegen.

Tabelle 3 Markierungsversuch 1964: Zeitpunkte für Fällungen, Durchschnittswerte für Durchmesser und Rindendicke sowie Mantelflächen der einzelnen Versuchsgruppen. Bogesund 1964.

Gruppe	Fällung Datum	cm $\phi$ mit Rinde	mm Rinden- dicke	m <sup>2</sup> Man- tel- fläche ohne Rinde
1	17.1.	9,7	4,4	4,91
2	6.2.	9,3	4,6	4,64
3	26.2.	10,0	4,1	6,05
4	19.3.	10,8	5,1	6,38
5	7.4.	12,0	4,8	6,72
6	29.4.	11,1	5,8	6,51
7	16.5.	12,1	6,4	5,98
8	6.6.	11,8	4,4	7,21
zus.		10,8	4,9	48,40

Anlage, Markierung und Inspektion der Versuche waren gleichartig wie im Vorjahr (s. Eidmann 1965). Das Holz wurde in etwa 20-tägigen Abständen von Januar bis Juni gefällt. Die 3 m langen Stammabschnitte der einzelnen Fällungsgruppen (6—7/Gruppe) wurden jeweils gemeinsam einschichtig und ohne seitliche Berührung auf Unterlagen im Halbschatten ausgelegt. Messungen der Lichtstärke ergaben folgende Verhältniszahlen: offene Flächen 100 %, Versuchs-

holz 35 %, dichter Wald 8 % Belichtung. Die Zeitpunkte der Fällungen und andere Daten für das Versuchsholz wie Durchmesser, Mantelfläche und Rindendicke gehen aus Tab. 3 hervor. Die Rindenbeschaffenheit der einzelnen Metersektionen wurde nach dem Aussehen beurteilt. Messungen in der Mitte jeder Sektion ergaben folgende Durchschnittswerte für die Rindendicke der Rindentypen:

Rindentyp	grob	grob-Üb.	Über-gang	Üb.-Sp.	Spiegel
Durchschnittliche Rindendicke in mm	10	6	4	3	2

In etwa 5-tägigen Intervallen wurden die Einbohrlöcher und die Fluglöcher der Borkenkäfer markiert. Auch andere Beobachtungen wurden bei diesen Inspektionen notiert. Die abschliessenden Inspektionen begannen Mitte September. Das Holz wurde sektionsweise entrindet. Die Ergebnisse wurden getrennt für Ober- und Unterseiten aufgezeichnet. Genaueres über die Ausführung der abschliessenden Inspektionen findet man in dem Bericht über die Versuche 1963 (Eidmann 1965).

Zum Unterschied gegenüber den früheren Versuchen wurden bei den Inspektionen auch alle Fluglöcher der jungen Borkenkäfergeneration markiert. Ab Juli wurde die Rinde auf den Oberseiten des Versuchsholzes anfänglich in geringem Grade, später aber in zunehmendem Masse von Spechten angegriffen. An den weggehackten Rindenstückchen wurden die Fluglöcher nicht gezählt, und im September wurde die Markierung der Fluglöcher wegen der Tätigkeit der

Spechte eingestellt. Deshalb ist die festgestellte Anzahl der Fluglöcher geringer als die wirkliche Anzahl.

Zur groben Schätzung des Schadens, den die Waldgärtner in der nächsten Umgebung der Brutplätze durch ihren Reifungsfrass anrichten, wurden bei den Inspektionen und später bis zum nächsten Frühjahr sämtliche frischen, von *Blastophagus* ausgehöhlten Kieferntriebabbrüche eingesammelt und gezählt. Es wurde nur in der unmittelbaren Umgebung des Versuchsholzes auf einer Fläche von 600 m<sup>2</sup> gesammelt. Auf dieser Fläche standen 45 Kiefern mit einem Brusthöhendurchmesser von 6—32 cm, im Mittel 15,3 cm.

### 3.2 Die Insekten an dem Versuchsholz

Die wichtigste und am stärksten vertretene Borkenkäferart war *Blastophagus piniperda*. An zweiter Stelle kam *Blastophagus minor*. *Orthotomicus proximus* war relativ schwach vertreten. Von *Pityogenes quadridens*, der im Vorjahr reichlich an dem Versuchsholz auf Bogesund vorgekommen war, fanden sich nur 6 Gangsysteme. Die Art trat jedoch an den Zöpfen der Versuchsbäume in der Umgebung des Versuchsplatzes reichlicher auf. *Crypturgus*-Gänge wurden an einem Stammabschnitt vereinzelt gefunden. *Ips acuminatus*, *Hylurgops*, *Dryocoetes* und *Trypodendron* fehlten völlig.

Folgende Cerambycidenarten wurden an dem Versuchsholz beobachtet: *Acanthocinus aedilis*, *Asemum striatum*, *Criocephalus rusticus* und *Rhagium inquisitor*. *R. inquisitor* war die häufigste Art, *A. aedilis* kam nur spärlich vor. *Monochamus* fehlte an dem Versuchsholz. Nicht selten war der Buprestide *Phaenops cyanea*. Diese Art und *C. rusticus* befielen nur die beiden zuletzt gefällten Versuchsgruppen. Eine Holzwespe, nämlich *Sirex juvencus*, wurde nur einmal am 1.9. bei der Eiablage am Holz der Gruppe 8 beobachtet.

Unter den Curculioniden dominierte *Pissodes pini*. Von *Pissodes piniphilus* wurden nur einzelne Exemplare gefunden. *Hylobius abietis* war nicht häufig, und nur ein Käfer

von *Hylobius pinastri* wurde an den Stammabschnitten beobachtet.

Imagines von *Thanasimus formicarius* zeigten sich häufig an dem Versuchsholz. Bei den abschliessenden Inspektionen wurden auch Larven dieser räuberischen Art gefunden. Zeitweise sehr häufig waren parasitische Hymenopteren.

### 3.3 Der Zeitpunkt des Insektenbefalls

Der März des Jahres 1964 war kühl. Die eigentlich Frühjahrswärme kam Mitte April. Im Versuchsgebiet traten die ersten Temperaturmaxima über 12°C und die ersten Tagesmittel über 8°C um den 16. April auf (Abb. 2 a). Um den 19.4. blühten *Tussilago farfara* und *Anemone hepatica* am Versuchsplatz.

Mit dem Ansteigen der Temperatur Mitte April begannen *Blastophagus piniperda* und *B. minor* zu schwärmen. Die ersten Einbohrungen in das Versuchsholz fielen zwischen den 16. und 18.4. Beide Arten begannen gleichzeitig, das Versuchsholz zu befallen. Die Hälfte der Käfer von *B. piniperda*, die insgesamt das Holz befielen, hatte sich schon am 20.4. eingebohrt. Für *B. minor* dauerte es einige Tage länger, bis die Hälfte aller Einbohrungen erreicht war.

Gegen Ende April kamen in Verbindung mit kühlerem Wetter Nachtfroste vor. Mitte Mai, also einen Monat nach Schwärmbeginn hatten beide Waldgärtnerarten über 85% aller Muttergänge anzulegen begonnen. Einbohrungen von *B. minor* wurden ab Mitte Juni praktisch nicht mehr festgestellt, während für *B. piniperda* einzelne Neueinbohrungen noch bis Mitte Juli markiert wurden. Der Verlauf des Einbohrens geht aus Tab. 4 und Abb. 2 b, c hervor.

Zu Beginn der Schwärmzeit war der Anteil der Einbohrungen von *B. piniperda* auf den Oberseiten der Stammabschnitte höher als bei späterem Befallszeitpunkt. *B. minor* bohrte sich seltener auf Oberseiten ein, ab Mitte Mai gar nicht mehr (s. Tab. 4).

Beide Arten befielen die vor dem Schwärmbeginn gefällten Versuchsgruppen 1—5 gleichzeitig, sie bevorzugten also nicht

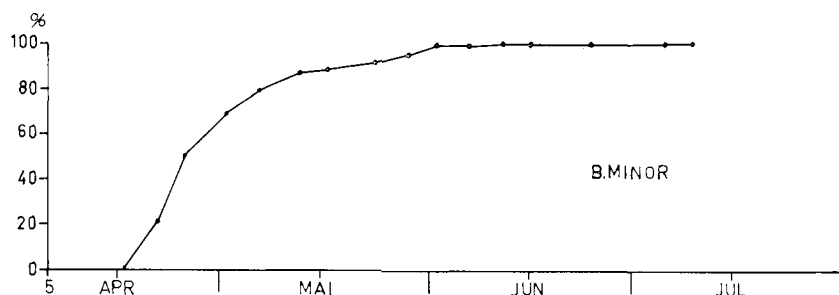
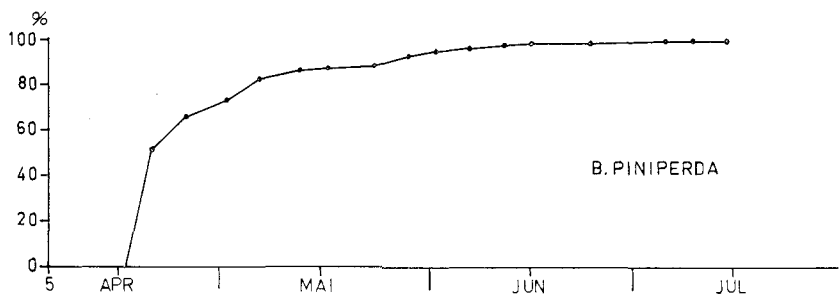
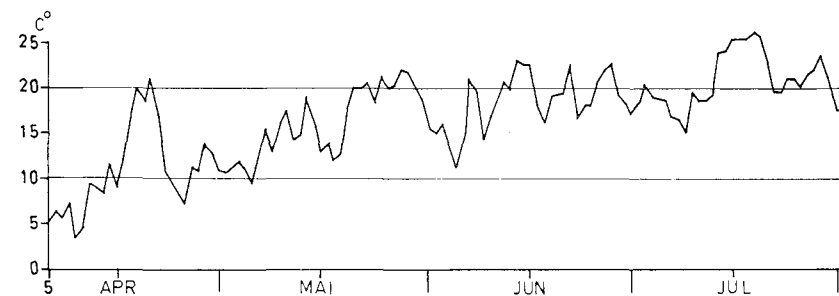


Abbildung 2 Temperaturverlauf und Summenhäufigkeitsverteilung (in %) für markierte Einbohrungen der *Blastophagus*-Arten in das Versuchsholz Bogesund 1964. a. Tagesmaxima der Lufttemperatur, b. Verlauf des Befalls von *B. piniperda*, c. Verlauf des Befalls von *B. minor*.

Stammabschnitte mit einer bestimmten Lagerungsdauer. An den Versuchsgruppen, die nach Beginn der Schwärmzeit gefällt worden waren, bohrten sich die ersten Käfer zwischen 0 und 13 Tagen nach dem Fällen ein. Deutliche Unterschiede im Zeitpunkt des Einbohrens von *B. piniperda* und *B. minor* zwischen verschiedenen Rindentypen, Stammabschnitten oder Metersektionen traten nicht zutage.

Da *Orthotomicus proximus* und besonders *Pityogenes quadridens* das Versuchsholz nur schwach befielen, lässt sich der Verlauf der

Einbohrungen nicht verfolgen. Die Eingangslöcher wurden markiert: für *O. proximus* zwischen Ende Mai und Mitte Juli, für *P. quadridens* Ende Mai—Anfang Juni.

Der Zeitraum, innerhalb dessen *Pissodes pini* das Versuchsholz mit Eiern belegte, kann ungefähr angegeben werden. Die Käfer dieser Art wurden von Anfang Mai bis Mitte August an den Stammabschnitten gefunden. Wie Abb. 3 zeigt, waren sie Mitte Juni am häufigsten. *Rhagium inquisitor* wurde in der zweiten Mai- und ersten Junihälfte an dem Versuchsholz beobachtet.

Tabelle 4 Anzahl der Einbohrungen von *B. piniperda* und *B. minor* bei den Inspektionen und Prozentsatz der jeweiligen Einbohrungen an der Oberseite des Versuchsholzes. Bogesund 1964.

Datum	<i>B. piniperda</i>		<i>B. minor</i>	
	Anzahl	% Ober- seite	Anzahl	% Ober- seite
19./20.4.	600	74	38	13
25.4.	172	49	54	7
1.5.	84	38	34	9
6.5.	107	30	19	10
12.5.	47	34	14	14
16.5.	13	15	2	50
23.5.	12	8	5	0
28.5.	49	26	8	0
1.6.	24	21	8	0
6.6.	18	11	—	—
11.6.	14	36	1	0
15.6.	9	22	—	—
24.6.	7	29	—	—
5.7.	8	12	—	—
9.7.	4	0	1	0
14.7.	1	0	—	—
20.7.	—	—	—	—
ohne Mark.	34	41	4	0
zus.	1203		188	

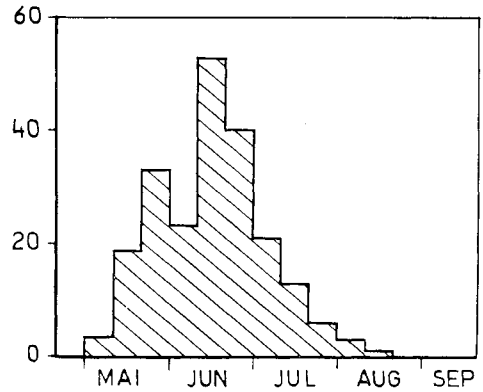


Abbildung 3 Anzahl der Imagines von *Pissodes pini*, die bei den Inspektionen an dem Versuchsholz gefunden wurden (zusammengefasst in Dekaden). Bogesund 1964.

und *P. cyanea* wurden nur an den beiden zuletzt gefällten Versuchsgruppen gefunden.

Aus Tab. 6 geht hervor, dass der grösste Teil des Insektenfrasses unter der Rinde des Versuchsholzes von Borkenkäfern herrührte. Die wichtigste Art war *B. piniperda* (vergl. Tab. 5). An den von Borkenkäfern weniger befallenen Gruppen 6—8 traten andere Insekten, besonders *Pissodes*, stärker auf.

### 3.4 Die Verteilung des Befalls

#### 3.4.1 Fällungszeitpunkt

Der Fällungszeitpunkt bzw. die Dauer der Lagerung wirkt sich in verschiedener Weise auf den Befall durch die einzelnen Arten aus (s. Tab. 5). *B. piniperda* befiel die vor dem Schwärmbeginn gefällten Gruppen ziemlich gleichmässig, die später gefällten Gruppen dagegen schwächer und schwächer. Auch *B. minor* kam an Holz, das nach dem Schwärmbeginn gefällt wurde, kaum vor. Auffallend ist die von Gruppe 2 zu Gruppe 5 steigende Anzahl der Einbohrungen von *minor*.

Der stärkere Befall von *P. pini* an den drei letzten Versuchsgruppen hängt wohl teilweise damit zusammen, dass dieses Holz weniger von Borkenkäfern heimgesucht war. Dagegen besteht eine gewisse Ähnlichkeit in der Verteilung des Befalls von *R. inquisitor* auf die Versuchsgruppen. *C. rusticus*

#### 3.4.2 Ober- und Unterseiten, Rindentyp

In sämtlichen Versuchsgruppen war im Durchschnitt die Unterseite der Stammabschnitte stärker von Insekten ausgenutzt als die Mantelfläche der Oberseite (Tab. 6). Das hängt teilweise damit zusammen, dass Arten wie *B. minor* und *Pissodes* die Unterseiten zur Brut bevorzugen. *O. proximus* befiel die Oberseiten. *B. piniperda* bohrte sich signifikant zahlreicher auf den Oberseiten ein (656:547). Die Mantelfläche, die von der Brut eines *piniperda*-Weibchens ausgenutzt wurde, war aber im Durchschnitt an den Unterseiten grösser als an den Oberseiten des Versuchsholzes. Dadurch nahm der Frass von *piniperda* insgesamt an den Unterseiten trotz geringerer Anzahl von Muttergängen etwas mehr Platz ein als an den Oberseiten (7,33 m<sup>2</sup> gegenüber 7,22 m<sup>2</sup>).

Die Verteilung des Befalls hängt auch von der Dicke und Beschaffenheit der Rinde ab.

Tabelle 5 Anzahl der Einbohrungen von Borkenkäfern und Anzahl der bei den abschliessenden Inspektionen gefundenen, lebenden Larven anderer Käfer in den einzelnen Versuchsgruppen. Bogesund 1964.

Gruppe	Anzahl Einbohrungen				Anzahl lebende Larven				
	pini-perda	minor	proximus	quadridens	Pissodes	Rhagium	Acanthocinus	Criocephalus	Phaenops
1	204	6	—	—	112	101	—	—	—
2	175	5	—	—	36	53	—	—	—
3	192	16	25	—	69	56	—	—	—
4	302	46	9	—	79	168	—	—	—
5	241	112	5	—	88	48	4	—	—
6	50	3	8	—	249	29	—	—	—
7	30	—	—	6	234	2	—	24	9
8	9	—	—	—	246	—	—	8	21
zus.	1203	188	47	6	1113	457	4	32	30

Tabelle 6 Prozentsatz der Mantelfläche, die in den einzelnen Fällungsgruppen von Insekten ausgenutzt war. Bogesund 1964.

Gruppe	Ober- Unter- seite	zus. %	Scolytiden %	Andere Insekten	
				%	Arten
1	O	54	47	7	Rhagium, Pissodes
	U	71	58	13	Rhagium, Pissodes, Acanthocinus
	zus.	62	52	10	
2	O	52	50	2	Rhagium, Pissodes
	U	60	53	7	Rhagium, Pissodes
	zus.	56	51	5	
3	O	39	36	3	Rhagium, Pissodes
	U	49	39	10	Rhagium, Pissodes
	zus.	43	37	6	
4	O	57	49	8	Rhagium, Pissodes
	U	73	54	19	Rhagium, Pissodes
	zus.	66	52	14	
5	O	66	62	4	Rhagium, Pissodes, Acanthocinus
	U	68	58	10	Rhagium, Pissodes, Acanthocinus
	zus.	66	59	7	
6	O	22	11	11	Rhagium, Pissodes
	U	38	14	24	Rhagium, Pissodes
	zus.	30	12	18	
7	O	19	5	14	Rhagium, Pissodes, Phaenops, (Criocephalus)
	U	41	6	35	Pissodes, (Criocephalus)
	zus.	29	5	24	
8	O	14	0	14	Pissodes, Phaenops, (Criocephalus)
	U	38	3	35	Pissodes, (Criocephalus)
	zus.	26	2	24	

Je geringer die Rindendicke war, desto geringer war im Durchschnitt die von Insektengängen ausgenutzte Mantelfläche. Auch das Verhältnis im Befall zwischen Ober-

und Unterseiten nahm mit der Rindendicke ab. Die Unterseiten waren also mit abnehmender Rindendicke in zunehmendem Grad stärker befallen als die Oberseiten (Tab. 7).

Tabelle 7 Die von Insektengängen ausgenutzte Mantelfläche (in Prozent) unter verschiedenen Rindentypen. Bogesund 1964.

	Rindentyp					
	grob	grob-Üb.	Übergang	Üb.-Sp.	Spiegel	zus.
Oberseiten	74	58	41	19	10	40
Unterseiten	76	69	56	45	32	54
zusammen	75	63	48	32	21	47
Verhältnis O : U	0,97	0,84	0,73	0,42	0,31	0,74

Tabelle 8 Prozentuale Verteilung der Einbohrungen bzw. der angetroffenen Larven auf die verschiedenen Rindentypen. Bogesund 1964.

	Anzahl	Rindentyp				
		grob	grob-Üb.	Übergang	Üb.-Sp.	Spiegel
piniperda	1203	55	22	15	4	4
minor	188	15	22	33	9	21
proximus	47	4	6	2	13	75
quadridens	6	—	—	(100)	—	—
Pissodes	1113	22	6	15	17	40
Rhagium	457	75	14	6	2	3
Acanthocinus	4	100	—	—	—	—
Criocephalus	32	75	25	—	—	—
Phaenops	30	60	33	7	—	—

Angabe 100 % für *P. quadridens* in Klammern wegen geringer Anzahl; die Art bevorzugt normalerweise Spiegelrinde (s. Eidmann 1965).

Die einzelnen Arten bevorzugen oft bestimmte Rindentypen. Wie Tab. 8 zeigt, bevorzugten *B. piniperda*, *R. inquisitor*, *C. rusticus* und *P. cyanea* deutlich die Sektionen mit dicker Rinde, während z.B. *O. proximus* dünne Rinde stärker befiel.

Der Durchschnitt betrug 6 % für *piniperda*, 21 % für *minor*, 19 % für *proximus* und 50 % für *quadridens*. Eine stärkere Abhängigkeit von dem Zeitpunkt des Einbohrens und von dem Rindentyp stellte sich nicht heraus. Allerdings ist es möglich, dass das Misslingen von Frassbildern bei *piniperda* (insgesamt 75 misslungene Frassbilder) von dem Rindentyp beeinflusst wird:

### 3.5 Der Anteil misslungener Frassbilder

Misslungene Frassbilder können einen Anhaltspunkt dafür liefern, dass bestimmte Umweltbedingungen der betreffenden Art nicht zusagen. Als misslungene Frassbilder werden Einbohrungen und Muttergänge von Borkenkäfern bezeichnet, bei denen keine Larvengänge ausgebildet sind.

Der Anteil misslungener Frassbilder variierte zwischen den Versuchsgruppen, doch traten keine bestimmten Tendenzen zutage.

Rindentyp	grob	grob-Üb.	Übergang	Üb.-Sp.	Spiegel
Missl. Frassbilder					
<i>B. piniperda</i>	4 %	6 %	8 %	22 %	19 %

Diese Annahme stimmt gut damit überein, dass die Art Stammteile mit dickerer Rinde bevorzugt befällt.



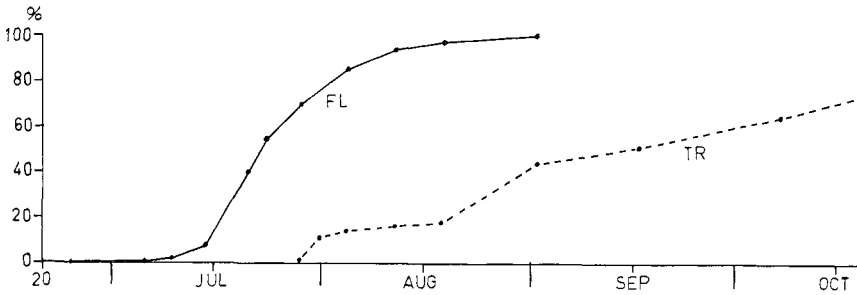


Abbildung 4 Summenhäufigkeitsverteilung (in %) für Schlüpfen der Waldgärtner (FL) und Auftreten der Triebabbrüche (TR), Bogenlund 1964.

### 3.6 Die Länge der Muttergänge

Die Muttergänge gelungener Frassbilder von *B. piniperda* waren im Durchschnitt 97,0 mm lang. Es zeigten sich keine deutlichen Unterschiede in der Länge der Muttergänge zwischen Fällungsgruppen, Ober- und Unterseiten, Rindentypen oder Einbohrterminen. Jedenfalls traten eindeutige Tendenzen in den Variationen der Länge nicht zutage.

Für *B. minor* ergaben sich ebenfalls keine wesentlichen Unterschiede in der Länge der Muttergänge zwischen Fällungsgruppen oder Rindentypen. Die früher festgestellten Tendenzen zu kürzeren Muttergängen auf den Oberseiten des Versuchsholzes und bei späterem Einbohrtermin (Eidmann 1965) deuteten sich in diesem Versuch nur schwach an. Die Muttergänge von *B. minor* waren im Mittel 102,0 mm lang.

Die durchschnittliche Länge der Muttergänge für gelungene Frassbilder von *Orthotomicus proximus* betrug 73,5 mm.

### 3.7 Entwicklung und Schlüpfen der Insektenbrut

Die Entwicklung der *Blastophagus*-Arten wurde an Stammabschnitten in einiger Entfernung vom Versuchsholz verfolgt. Das Vorkommen von Luftlöchern und Fluglöchern an den Versuchsgruppen wurde notiert. Weitere Aufschlüsse über die Entwicklung gaben die abschliessenden Inspektionen.

Ende April waren alle untersuchten *Blastophagus*-Gänge mit Einischen versehen. Larven wurden erst in der zweiten Maihälfte festgestellt. Ende Mai erreichten die ersten Luftlöcher von *B. piniperda* die Oberfläche des Versuchsholzes. Die ersten Luftlöcher von *B. minor* wurden Anfang Juni beobachtet. Um diese Zeit erreichte anscheinend auch eine grössere Zahl von Muttergängen ihre volle Länge, und alle untersuchten Frassbilder enthielten Larven. In den Gängen von *minor* befanden sich noch beide Elterntiere. Die ♂♂ von *piniperda* hatten dagegen schon Anfang Mai begonnen, die Muttergänge zu verlassen. Im Juni verliessen die restlichen ♂♂ sowie die meisten ♀♀ von *piniperda* und auch die Elterntiere von *minor* die Muttergänge. Die durch den Befall von *B. minor* verursachte Verblauung des Holzes entwickelte sich besonders im Juni.

Anfang Juli wurden die ersten Fluglöcher von *B. piniperda* an dem Versuchsholz festgestellt. Die ersten mit Sicherheit von *B. minor* herrührenden Fluglöcher wurden Anfang August beobachtet. Das stimmt mit der Entwicklung am Vergleichsholz überein; dort wurden bis 23.7. noch keine jungen Imagines von *minor* unter der Rinde gefunden. Der Verlauf des Schlüpfens beider Arten gemeinsam geht aus Tab. 9 und Abb. 4 hervor. Die Arten sind gemeinsam aufgeführt, da sich nicht in jedem Fall feststellen liess, von welcher Art das Flugloch stammte. *B. piniperda* dominierte aber stark und verursachte bis etwa Anfang August alle

Fluglöcher (abgesehen von Hymenopterenfluglöchern).

Aus den Markierungen ergab sich, dass die ersten Fluglöcher von *B. piniperda* 55—77 Tage, im Durchschnitt etwa 10 Wochen nach dem Einbohren des ♀ auftraten. Vom Höhepunkt des Einbohrens bis zum Höhepunkt des Schlüpfens dauerte es etwa 94 Tage. *B. minor* hatte eine längere Entwicklung. Die ersten Fluglöcher zeigten sich etwa 3 Monate nach dem Einbohren der Elterntiere.

Es traten keine wesentlichen Unterschiede im Zeitpunkt des Ausfliegens der Jungkäfer zwischen den Fällungsgruppen auf, die vor dem Schwärmbeginn gefallt worden waren. Die später gefällten Stammabschnitte waren später befallen worden und wurden daher auch später von den Jungkäfern verlassen. Die ersten Käfer schlüpften aus den Oberseiten des Versuchsholzes. Bis zum 20.7. flog die überwiegende Mehrzahl aus den Oberseiten aus, die Mehrzahl der danach markierten Fluglöcher war an den Unterseiten.

Das erste Flugloch von *O. proximus* wurde am 1.9. beobachtet. Bei den abschliessenden Inspektionen kamen bis in den November Puppen und Imagines von *proximus* unter der Rinde vor. Nach den Ergebnissen der Markierungen vergehen vom Einbohren der Elternkäfer bis zur Verwandlung zur Imago rund 3 Monate. *Pissodes pini* befand sich bei den abschliessenden Inspektionen im Herbst im Larvenstadium. In den Fällungsgruppen 1—5 lagen alle lebenden *Pissodes*-Larven in Puppenwiegen, ebenso der überwiegende Teil der Larven in den Gruppen 6—8, während die übrigen Larven noch aktiv waren. *Rhagium*, *Crioccephalus*, *Acanthocinus* und *Phaenops* befanden sich in verschiedenen Larvenstadien. Die wenigen angetroffenen *Acanthocinus*-Larven lagen in Puppenwiegen.

### 3.8 Produktion von Jungkäfern und Triebfrass der Waldgärtner

Die Anzahl von Jungkäfern, die das Holz verliessen, kann nur ungefähr angegeben werden. Bis zum 1.9. waren 14 474 Flug-

Tabelle 9 Waldgärtner Bogesund 1964: Anzahl Fluglöcher und heruntergefallener Kieferntriebe bei den Inspektionen.

Datum	Fluglöcher	Triebe
24.6.	0	(1)
5.7.	40	0
9.7.	124	6
14.7.	772	3
20.7.	4713	0
23.7.	2186	5
28.7.	2258	50
31.7.		453
4.8.	2331	116
11.8.	1169	103
18.8.	480	45
1.9.	401	1115
16.9.		331
7.10.		557
20.10.		413
17.11.		401
15.12.		528
19.4.65		168
zus.	14 474	4294

löcher gezählt worden. Bei einem Geschlechterverhältnis der Elterngeneration von 1:1 hatten sich also *B. piniperda* und *B. minor* wenigstens um das 5-fache vermehrt. Zwischen Oberseiten und Unterseiten des Versuchsholzes bestand kein wesentlicher Unterschied in der Anzahl ausgezählter Fluglöcher pro gelungenem Frassbild: 11,6 Fluglöcher/Frassbild für Oberseiten, 11,1 Fluglöcher/Frassbild für Unterseiten.

Wie zu erwarten, waren Befall und Produktion von Jungkäfern trotz gewisser Variationen zwischen den einzelnen Versuchsgruppen korreliert: Je mehr Einbohrungen bzw. Frassbilder, desto mehr Jungkäfer. Die durchschnittliche Anzahl Fluglöcher pro m<sup>2</sup> von *piniperda* und *minor* ausgenutzter Mantelfläche betrug 1017 für Oberseiten (Befallsdichte 88 MG/m<sup>2</sup>) und 858 für Unterseiten (Befallsdichte 76 MG/m<sup>2</sup>). Ein negativer Einfluss höherer Befallsdichte auf die Anzahl der Fluglöcher machte sich nicht bemerkbar.

Die Jungkäfer begannen bald mit dem Reifungsfrass. Der erste Triebabbruch wurde schon vor dem Auftreten von Fluglöchern gefunden (am 24.6.), war also wahr-

scheinlich auf Frass eines Altkäfers zurückzuführen. Ab Anfang Juli wurden dann vereinzelte, ab Ende Juli zahlreiche Triebabbrüche am Versuchsplatz gefunden (Abb. 4). Der höchste Tagesdurchschnitt (151 Triebabbrüche/Tag) wurde zwischen dem 28. und

31.7. erreicht. Insgesamt wurden bis zum nächsten Frühjahr unter den 45 Kiefern auf 600 m<sup>2</sup> 4294 Triebabbrüche gefunden, die von Waldgärtnern ausgehöhlt waren, also durchschnittlich 95 Triebabbrüche pro Kiefer.

## 4 Diskussion

Die Versuche ergaben grosse Ähnlichkeit im zeitlichen Verlauf zwischen dem Schwärmen einiger Borkenkäferarten und ihrem Befall an liegendem, bruttauglichem Holz. Beide sind, bedingt durch die Flugaktivität der Käfer, stark von der Temperatur abhängig. Sie werden auch, wiederum temperaturabhängig, von dem Verlassen der Überwinterungsstellen beeinflusst (s. Daterman, Rudinsky & Nagel 1965). Im Einzelnen mögen sich kleine zeitliche Unterschiede zwischen Flug und Befall u.a. dadurch ergeben, dass angeflogene Käfer sich in das Holz auch einbohren können, wenn niedrige Temperatur keine Flugaktivität zulässt. Für *B. piniperda* und *Ips acuminatus* hat Bakke (1968) die Ähnlichkeit von Schwärmen und Befall mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung (Tag bis Tage) nachgewiesen. Im allgemeinen liegt also offenbar der zweckmässige Umstand vor, dass der Befall mehr oder weniger unmittelbar auf die Flugphase folgt.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden und anderer Versuche kann man die Borkenkäfer auf verschiedene Weise hinsichtlich ihres Schwärmens und Befalls gruppieren. Zu den Arten, die sich zum Flug mit niedrigeren Temperaturen (etwa über 12°C) begnügen und daher früh zu schwärmen beginnen, gehören *B. piniperda*, *B. minor* und *H. palliatus* (vergl. Subansenee 1971). Höhere Temperaturen (über 15°C, mehrere Arten über 18°C) fordern die später schwärmenden Arten *H. brunneus*, *P. chalcographus*, die Mehrzahl von *P. quadridens* (vergl. Bakke 1968, Andersson & Leonardsson 1969), *I. typographus*, *I. acuminatus* und *I. sexdentatus* (vergl. u.a. Valenta 1963), anscheinend auch *O. proximus* sowie *Dryocoetes autographus* (s. Daterman e.a. 1965). Eine besondere Stellung nehmen *T. lineatum* und auch *C. abietis* ein, da sie zwar früh zu schwärmen beginnen, aber zusam-

men mit den später schwärmenden Arten noch einmal hohe Flugaktivität zeigen.

Eine andere Gruppierung kann man nach dem Verlauf des Schwärmens vornehmen, allerdings unter der Voraussetzung, dass keine extremen Witterungsverhältnisse wie Kälteeinbrüche den Verlauf wesentlich ändern.

Die erste Gruppe sind Arten, deren Schwärmen und Befall schnell einsetzt und in relativ kurzer Zeit kulminiert. Über 80 % der Individuen fliegen innerhalb weniger Tage oder Wochen. Dazu gehören *B. piniperda* (vergl. Bakke 1968, Salonen 1973), *B. minor*, *H. palliatus*, *H. brunneus* und auch *H. cunicularius* und *H. opacus* (Andersson & Leonardsson 1969) sowie *I. typographus* (vergl. Annala 1969). Das Vorkommen von erneutem Flug für Geschwisterbruten kann bei *I. typographus* (vergl. Annala 1969, Valenta 1964) und auch anderen Arten wie *B. piniperda* (Šrot 1968) besonders während Massenvermehrungen die Verhältnisse komplizieren. Auch andere spezielle Bedingungen wie verzögerte Entwicklung und Reifungsfrass (z.B. *I. typographus*) können die Flugzeit in die Länge ziehen.

Eine zweite Gruppe ist charakterisiert durch lang ausgedehnte Schwärmzeit mit schwächer ausgeprägter Kulmination. Dazu gehört besonders *P. chalcographus* (vergl. Andersson & Leonardsson 1969) und anscheinend auch *P. quadridens* (vergl. Bakke 1968), jedenfalls wenn man nach dem Verlauf des Befalls schliessen darf (s. Eidmann 1965).

*T. lineatum* und *C. abietis* lassen sich nicht ohne weiteres einer dieser beiden Gruppen zuordnen. Sie zeigten in den vorliegenden Untersuchungen zwei ausgeprägte Höhepunkte des Schwärmens mit geringer Flugaktivität dazwischen (s. auch Andersson & Leonardsson 1969). Die weitaus grösseren

Mengen von *T. lineatum*, die im zweiten Höhepunkt Ende Mai und Anfang Juni gefangen wurden, sprechen gegen die Annahme, dass es sich dabei ausschliesslich oder vorwiegend um erneut schwärmende Käfer handelte. Nach den Ergebnissen von Daterman e.a. 1965 darf man eher auf Käfer schliessen, die aus dem Winterquartier kamen, während die erneut fliegenden Käfer hauptsächlich später auftraten. In anderen Untersuchungen (Annala e.a. 1972) war die Zweigipfligkeit nicht immer deutlich ausgeprägt. Die Aufstellung einer dritten Gruppe für den Schwärmverlauf wäre deshalb verfrüht.

Die Versuche in Mittelschweden ergaben wiederholt, dass *B. piniperda* und *B. minor* praktisch gleichzeitig schwärmten bzw. das Holz befielen. Allerdings hatte *B. minor* ganz zu Anfang etwas geringere Aktivität als *piniperda*. Nach anderen Beobachtungen (z.B. Valenta 1963, Lekander, unpubl. Ber.) beginnt *minor* später (etwa 1—2 Wochen) als *piniperda* zu schwärmen. Die Hauptursache für diese Unterschiede dürfte in der Temperatur an den Überwinterungsstellen liegen.

Bei mehreren Arten kam wahrscheinlich teilweise erneutes Schwärmen und Geschwisterbrut vor. Bei *B. piniperda* deutete eine etwas gehäufte Zahl von Einbohrungen und Fallenfängen nach Mitte Mai darauf hin (s. Abb. 1 b, 2 b). Es handelte sich nur um einen geringen Anteil der Käfer. Nach Šrot 1968 kommen bei *piniperda* bis zu 80 % Geschwisterbruten vor. Eine zweite Generation wurde bei keiner der untersuchten Borkenkäferarten festgestellt.

Die Stärke und Verteilung des Insektenbefalls an berindetem Holz hängen von verschiedenen Faktoren ab.

Der Hiebszeitpunkt spielt eine wesentliche Rolle. Holz, das zwischen Mitte Januar und dem Schwärmbeginn der Waldgärtner gefällt wurde, hatte ziemlich gleichmässigen Befall von *B. piniperda*. Dagegen nahm der Befall von *B. minor* an Holz mit kürzer werdendem Zeitabstand zwischen Fällen und Schwärmen zu. Nach den Ergebnissen der unveröffentlichten Untersuchungen trifft das aber nicht immer zu. Daher muss man vor-

läufig davon ausgehen, dass das im Winter und vor dem Schwärmen gefälltes Kiefernholz gleichermassen empfänglich für Waldgärtnerbefall ist.

Nach Beginn des Schwärmens gefälltes Holz wurde in allen Versuchen innerhalb kurzer Zeit (0—14 Tage) von den Waldgärtnern befallen. Ab Mitte Mai gefälltes Holz wurde von *B. minor* nicht mehr, von *B. piniperda* nur noch schwach befallen. Auch darin stimmen alle Versuche gut überein. Allerdings muss man mit klimabedingten geographischen Variationen rechnen. Das später gefällte Holz wurde mehr von anderen Arten wie *Pissodes* befallen. Insgesamt wies es aber geringeren Insektenbefall auf.

Die mehr oder weniger exponierte Lage des Brutmaterials bzw. die Temperatur (auch Feuchtigkeit) beeinflusst die Verteilung des Befalls. In den Markierungsversuchen waren zu Anfang der Befallszeit die Einbohrungen von *B. piniperda* zahlreicher an den Oberseiten, später wurden die Unterseiten mehr befallen. *B. minor* bohrte sich an Oberseiten nur zu Anfang der Befallszeit ein. Insgesamt war *B. piniperda* an den Oberseiten etwas häufiger als an den Unterseiten. In dem Versuch in Dalarna waren 76 % des *piniperda*-Befalls, vor allem die Einbohrungen zu Beginn der Schwärmzeit, an den Oberseiten, andererseits kann extreme Exponierung das Gegenteil bewirken. Diese Zusammenhänge sind wichtig für Gegenmassnahmen, sie unterstreichen u.a., dass chemische Massnahmen vor Schwärmbeginn ausgeführt werden sollten.

Die Beschaffenheit der Rinde ist von Bedeutung für das Brutverhalten der einzelnen Arten (vergl. Tab. 8). Daraus erklärt sich, dass in allen Versuchen die ausgenutzte Mantelfläche mit abnehmender Rindendicke abnahm. Für den Forstschutz betont das erneut die Gefahr, die besonders von grobrindigen Kiefernabschnitten ausgeht. Die Mantelfläche von Ober- und Unterseiten kann bei verschiedenen Rindentypen unterschiedlich ausgenutzt werden. In dieser Hinsicht variieren die Ergebnisse der Versuche, bedingt durch die jeweiligen befallenden Arten und die Lage des Holzes.

Besonders enge Bereiche in der Wahl der Brutstelle zeigten die Arten *Pityogenes quadridens*, *Criocephalus rusticus* und *Phaeonops cyanea*.

Auf das Gelingen der Waldgärtnerbruten hatten offenbar Fällungszeitpunkt und Einbohrtermin keinen wesentlichen Einfluss. Der Anteil misslungener Frassbilder lässt jedenfalls im Vergleich der Versuche keine deutlichen Tendenzen erkennen. Dagegen kann es besonders bei *B. minor* vorkommen (Eidmann 1965), dass späterer Einbohrtermin kürzere Muttergänge und damit geringere Eizahl (vergl. Eidmann & Nuorteva 1968) bedingt.

Die Dauer der Entwicklung bis zum Schlüpfen der ersten Jungkäfer hat grosse praktische Bedeutung, da sie den spätesten Termin für die Holzabfuhr bestimmt. *B. piniperda* hat die schnellste Entwicklung vom Einbohren der Elterntiere bis zum Schlüpfen der Jungkäfer. Diese Dauer betrug übereinstimmend in den Jahren 1963 und 1964 im Durchschnitt zehn Wochen (mindestens 64 bzw. 57 Tage). Von 50 % der Einbohrungen bis 50% des Schlüpfens vergingen 94 Tage. Der Höhepunkt des Schlüpfens liegt also einige Wochen nach dem Auftreten der ersten Fluglöcher (vergl. Abb. 4). Innerhalb eines Monats verliessen etwa drei Viertel der jungen *B. piniperda* das Brutmaterial. Das frühere Auftreten von Fluglöchern an den Oberseiten ist tem-

peraturbedingt. An exponiertem Holz treten Fluglöcher früher auf als an Holz, das im Schatten lagert (unpubl. Vers.).

Für die Praxis haben diese Ergebnisse die Konsequenz, dass berindetes Kiefernholz aus Wintereinschlag spätestens Ende Juni abzufahren ist. Wurde das Holz nach Beginn der Schwärmzeit und vor Juni (in kälteren Bedingungen evtl. später) geschlagen, so sollte es nicht länger als höchstens zwei Monate im Walde lagern. Im Juni und später geschlagenes Kiefernholz kann bis zum nächsten Frühjahr berindet im Walde liegen bleiben, wenn Befall von anderen Insektenarten und Pilzen keinen Wertverlust bedeutet.

Die Waldgärtner hatten sich an dem Versuchsholz wenigstens um das fünffache vermehrt (Verhältnis geschlüpfte Jungkäfer : Altkäfer). Diese Vermehrung liegt durchaus im Bereich der praktischen Erfahrung und an der unteren Grenze der Werte, die man ohne die Einwirkung von Parasiten und Räubern erwarten darf (s. Eidmann & Nuorteva 1968). Nimmt man nach Šrot 1968 an, dass ein Käfer im Durchschnitt einen Trieb zu seinem Reifungsfrass braucht, so hätten wenigstens 30 % der Jungkäfer die Kronen der unmittelbar bei dem Brutmaterial stehenden Kiefern befallen. Dieser Befall, der pro Kiefer von durchschnittlich 15 cm Bhd 95 Triebe vernichtete, verursachte merklichen Schaden.

## 5 Zusammenfassung

Das Schwärmen von Borkenkäfern und der Insektenbefall an berindetem Kiefernholz wurden in Uppland, Mittelschweden, mit Hilfe von Fensterfallen (1968) und laufender Markierung der Einbohrlöcher am Versuchsholz (1964) studiert. Das Kiefernholz für den Markierungsversuch wurde in 8 Gruppen zwischen Mitte Januar und Anfang Juni gefällt, im Herbst sektionsweise entrindet und genau inspiziert.

Schwärmen und Befall verliefen zeitlich einander ähnlich. *Blastophagus piniperda* und *B. minor* begannen bei Temperaturen über 12°C (Mitte April) gleichzeitig zu fliegen und das Holz zu befallen. Die meisten Individuen von *Blastophagus* und von *Hylurgops palliatus* flogen innerhalb kurzer Zeit. Bei Temperaturen über 18°C (Ende Mai) schwärmten *Hylastes brunneus* und *Pityogenes chalcographus*. *H. brunneus* flog innerhalb kurzer Zeit, während *P. chalcographus* eine lang ausgedehnte Flugzeit hatte. *Trypodendron lineatum* und *Cryphalus abietis* hatten einen ersten Höhepunkt zusammen mit den frühschwärmenden Arten und ein zweites Maximum des Schwärmens zusammen mit *H. brunneus*. Imagines von *Pissodes pini* kamen von Mai bis August, hauptsächlich im Juni an dem Versuchsholz vor.

*B. piniperda* befiel Holz, das zwischen Mitte Januar und dem Beginn der Schwärmzeit gefällt war, ziemlich gleichmässig, während *B. minor* in diesem Versuch die länger gelagerten Stammabschnitte schwächer angriff. Nach Beginn des Schwärmens gefälltes Holz wurde innerhalb von 0—13 Tagen von Waldgärtnern befallen. Holz, das ab

Mitte Mai gefällt war, hatte nur noch schwachen Borkenkäferbefall.

Zu Beginn der Befallszeit bohrten sich die Waldgärtner häufiger auf Oberseiten der Stammabschnitte ein als später. Die von Insekten ausgenutzte Mantelfläche nahm mit der Rindendicke ab.

Fällungszeitpunkt und Einbohrtermin hatten keinen wesentlichen Einfluss auf Gelingen und Länge der Muttergänge. Die Produktion von jungen *Blastophagus*-Imagines betrug bei einer mittleren Dichte von 82 gelungenen Muttergängen pro m<sup>2</sup> ausgenutzter Mantelfläche im Durchschnitt 933 Jungkäfer/m<sup>2</sup> oder 11,3 Jungkäfer/Muttergang.

*B. piniperda* brauchte vom Einbohren der Weibchen bis zum Auftreten der ersten Fluglöcher jeweils mindestens 57—77 Tage, im Durchschnitt 70 Tage. Das Schlüpfen kulminierte 94 Tage nach dem Höhepunkt des Einbohrens. *B. minor* hatte eine längere Entwicklung mit den ersten Fluglöchern 3 Monate nach dem Einbohren der Elterntiere. Die ersten Fluglöcher wurden bei *B. piniperda* Anfang Juli, bei *B. minor* Anfang August beobachtet.

Triebabbrüche, die von der jungen *Blastophagus*-Generation ausgehöhlt waren, wurden in grösserer Anzahl ab Ende Juli gefunden. Der höchste Tagesdurchschnitt wurde Ende Juli erreicht. Unter 45 Kiefern unmittelbar bei dem Versuchsholz (Mittel 15 cm Bhd) wurden bis zum nächsten Frühjahr insgesamt 95 Triebabbrüche pro Kiefer eingesammelt. Das entspricht 30 % der jungen Waldgärtner, die aus 15,5 m<sup>2</sup> ausgenutzter Mantelfläche ausgeflogen waren.

## 7 Sammanfattning

Barkborrarnas svärmning och insektsangrepp på obarkat tallvirke studerades i Uppland med hjälp av fönsterfällor (1968) och fortlöpande märkning av ingångshål på försöksvirket (1964). Tallvirket för märkningsförsöket fälldes i 8 grupper mellan mitten av januari och början av juni. På hösten barkades virket sektionvis för analys av insektsangreppen.

Svärmning och angrepp hade liknande tidsförlopp. Större och mindre mörghorren (*Blastophagus piniperda* och *B. minor*) började i mitten av april vid temperaturer över 12°C samtidigt att svärma och angripa virket. De flesta individer av *Blastophagus* och av bleka bastborren (*Hylurgops palliatus*) svärmade inom kort tid. I slutet av maj vid temperaturer över 18°C svärmade bruna tallbastborren (*Hylastes brunneus*) och sextandade barkborren (*Pityogenes chalcographus*). Medan tallbastborren flög kort tid, hade sextandade barkborren en långt utdragen svärmningstid. Randiga vedborren (*Trypodendron lineatum*) och strimmiga granborren (*Cryphalus abietis*) hade ett första svärmningsmaximum tillsammans med de tidiga arterna och ett andra maximum tillsammans med bruna tallbastborren. Tallvivlar (*Pissodes pini*) uppträdde på försöksvirket från maj till augusti, huvudsakligen i juni.

Virke, som fällts mellan mitten av januari och svärmningens början, angreps tämligen jämnt av större mörghorren, medan mindre mörghorren i detta försök i mindre omfattning angrep det längre tid lagrade virket. Virke fällt efter svärmningens början an-

greps av mörghorren inom 0—13 dygn. På virke fällt efter mitten av maj förekom endast svaga barkborreangrepp.

I angreppsperiodens början förekom inborrningar av mörghorror på översidan oftare än vid senare tidpunkt. Den av insekter utnyttjade mantelytan ökade med tilltagande barktjocklek.

Tidpunkter för fällning och för mörghorrenas angrepp hade inget väsentligt inflytande på misslyckande eller längd av modergångar. I medeltal var angreppstätheten 82 lyckade modergångar per m<sup>2</sup> utnyttjad mantelyta. Produktionen av nya mörghorror uppgick till 11,3 ungskalbaggar per modergång eller 933 ungskalbaggar per m<sup>2</sup>.

Från honornas inborrning i virket till kläckningens början (första observerade flyghålen) behövde större mörghorren 57—77 dygn, i medeltal 70 dygn. Kläckningen kulminerade 94 dygn efter tidpunkten för de flesta inborrningarna. Mindre mörghorrens utveckling tog längre tid, med de första flyghålen 3 månader efter honornas inborrning. De första flyghålen observerades för större mörghorren i början av juli, för mindre mörghorren i början av augusti.

Nedfallna tallskott, som urholkats av de unga mörghorren, förekom i större antal från och med slutet av juli. Det högsta dygnsmedeltalet uppnåddes i slutet av juli. Under 45 tallar (medeltal för bhd 15 cm) i omedelbar närhet av försöksvirket insamlades till nästa vår totalt 95 nedfallna skott per träd. Detta motsvarar 30% av de unga mörghorren, som lämnade 15,5 m<sup>2</sup> utnyttjad mantelyta.



# Literatur

- Andersson, W. & Leonardsson, L.** 1969. Några insektsarters svärmning. — Stencil Stat. Skogsmästarsk. Skinnskatteberg, 44 pp. + App.
- Annala, E.** 1969. Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). — Ann. Zool. Fenn. 6, 161—207.
- Annala, E., Bakke, A., Bejer-Petersen, B. & Lekander, B.** 1972. Flight period and brood emergence in *Trypodendron lineatum* (Oliv.) (Col., Scolytidae) in the Nordic countries. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 76 (4), 28 pp.
- Bakke, A.** 1968. Ecological studies on bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) associated with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Norway with particular reference to the influence of temperature. — Medd. Norsk Skogfors.vesen 21, 443—602.
- Daterman, G. E., Rudinsky, J. A. & Nagel, W. P.** 1965. Flight patterns of bark and timber beetles associated with coniferous forests of Western Oregon. — Oregon St. Univ. Agric. Exp. Sta. Techn. Bull. 87, 46 pp.
- Eidmann, H. H.** 1965. Untersuchungen über die Verteilung und den Verlauf von Insektenbefall an berindetem Kiefern- und Fichtenholz. — Rapp. Upps. Inst. Skogsent. Skogshögsk. Stockholm 3, 59 pp. + Fig., Tab.
- Eidmann, H. H. & Nuorteva, M.** 1968. Der Einfluss der Siedlungsdichte und anderer Faktoren auf die Anzahl der Nachkommen von *Blastophagus piniperda* L. (Col., Scolytidae). — Ann. Ent. Fenn. 34, 135—148.
- Salonen, K.** 1973. On the life cycle, especially on the reproduction biology of *Blastophagus piniperda* L. (Col., Scolytidae). — Acta Forest. Fenn. 127, 72 pp.
- Šrot, M.** 1968. (Beitrag zur Bionomie des grossen Waldgärtners (*Myelophilus piniperda* L.) und zu den neuen Methoden der chemischen Bekämpfung von Schädlingen). — Lesn. časopis 41 (14), 375—390.
- Subansenee, W.** 1971. Flight period and emergence in Denmark of the adult bark beetle *Hylurgops palliatus* Gyll. (Coleoptera, Scolytidae). — Copenhagen Royal Vet. Agric. Univ. Yearbook 114—123.
- Valenta, V.** 1963. (Biologie, Ökologie und Biophänologie der Kiefernstammkäfer in der litauischen SSR.) — Lietuvos Misku Ukio Mokslinio Tyrimo Inst. Darbai 7, 226—281.
- Valenta, V.** 1964. (Biologie, Ökologie und Biophänologie der Fichtenstammkäfer in der litauischen SSR.) — Lietuvos Misku Ukio Mokslinio Tyrimo Inst. Darbai 8, 257—293.